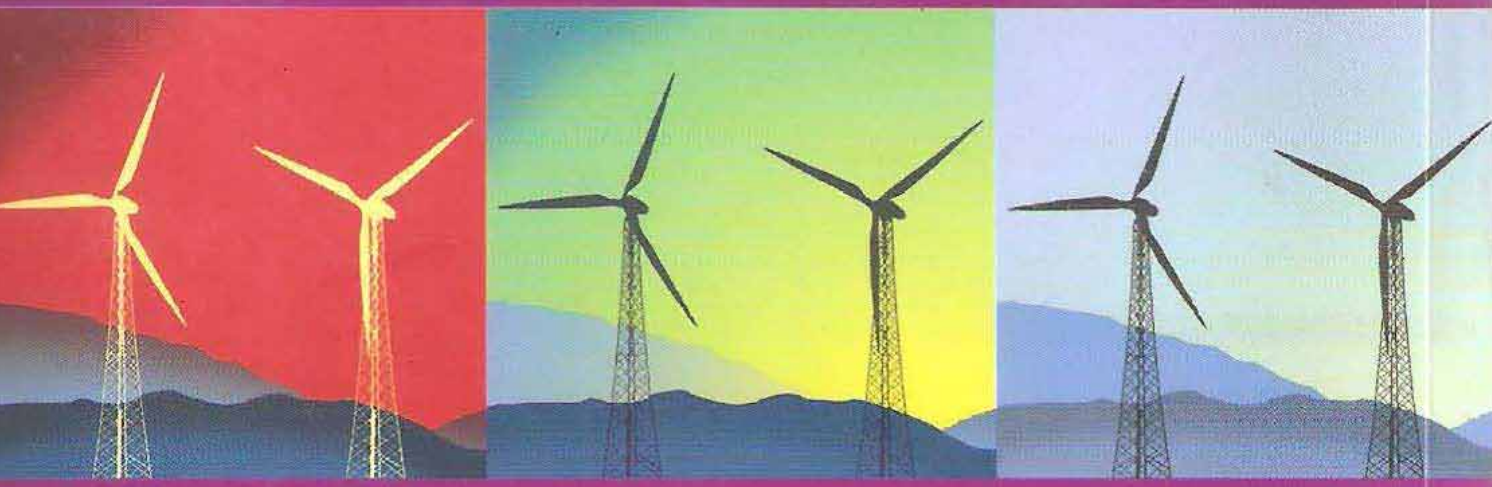
علوم ضروری (۱)



انرژی جایگزین

راهنمای آسان درباره فناوری انرژی آینده

مارک والیزیویچ

ترجمه: فرزاد هراتی

انتشارات به‌تدبیر

به نام خدا

علوم ضروری(۱)

انرژی جایگزین

راهنمای آسان درباره فناوری انرژی آینده

تألیف: مارِک والیزیویچ

ترجمه: فرزاد هراتی

ویرایش: امیرحسین شهبازلو، محمدرضا هراتی

انتشارات به‌تدبیر

والیزیویچ، مارک
Walisiewicz, Marek
انرژی جایگزین: راهنمای آسان درباره فناوری انرژی آینده/ تألیف مارک والیزیویچ؛ ترجمه فرزاد هراتی؛ ویرایش امیرحسین شهبازلو، محمدرضا هراتی. -- تهران: بهتدبیر، ۱۳۸۴.
۷۱ ص.: مصور(رنگی)، ، جدول (رنگی)، نمودار (رنگی). -- (علوم ضروری؛ ۱)
ISBN 964-96284-2-8
فهرستنویسی براساس اطلاعات فیپا.
عنوان اصلی:
Alternative energy, c2002.
واژهنامه.
کتابنامه: ص. ۷۱.
۱. انرژیهای پایان ناپذیر. الف. هراتی، فرزاد، ۱۳۶۳ - ، مترجم. ب. عنوان. ج. عنوان: راهنمای آسان درباره فناوری انرژی آینده.
TJ ۸۰۸/۸الف۲و ۶۲۱/۰۴۲
۱۳۸۴
کتابخانه ملی ایران
م۸۴-۲۳۵۱۶

انتشارات بهتدبیر
تهران: صندوق پستی ۱۳۹۶ ـ ۱۴۵۱۵
تلفن: ۴۴۰۹۲۶۰۵، دورنگار: ۴۴۰۵۰۱۶۵
E-mail: behtadbir@yahoo.com

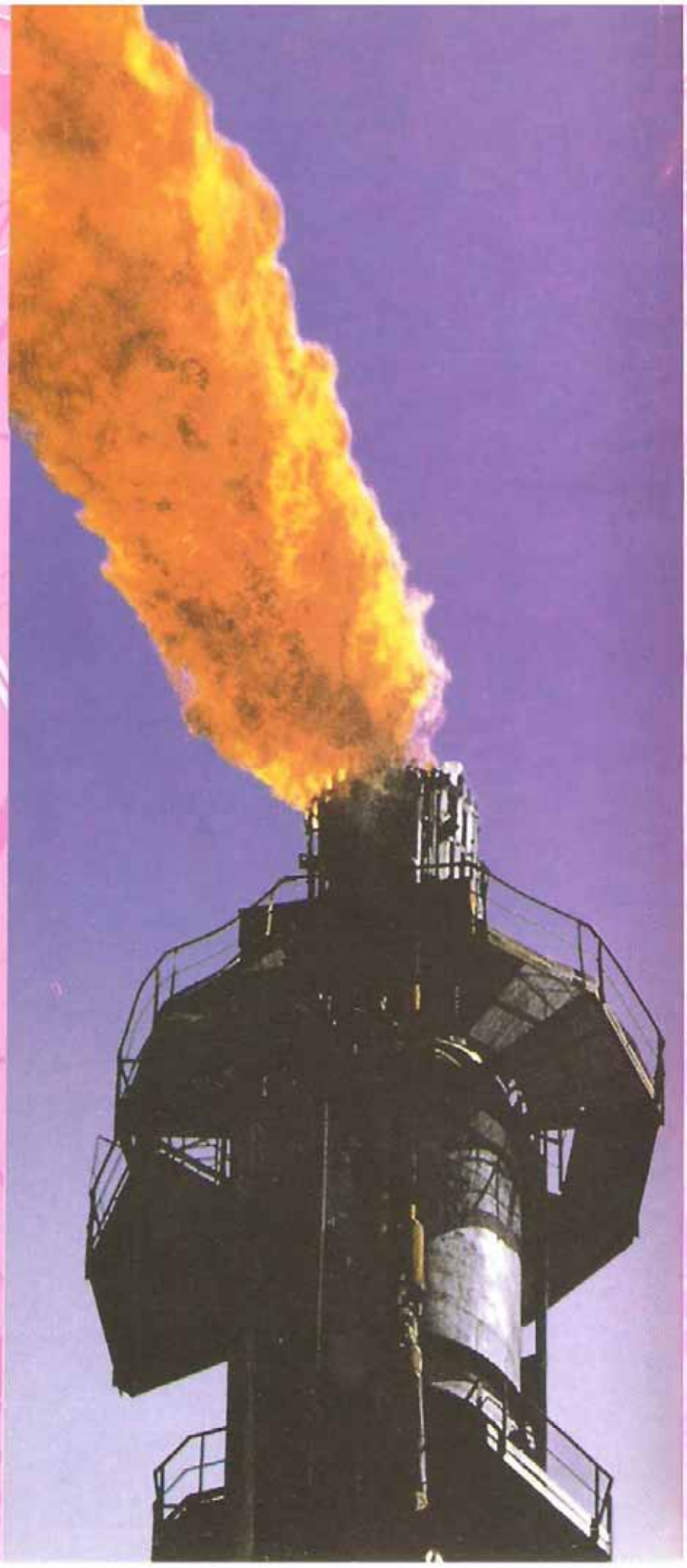
انرژی جایگزین
راهنمای آسان درباره فناوری انرژی آینده
تألیف: مارک والیزیویچ
ترجمه: فرزاد هراتی
ویرایش: امیرحسین شهبازلو، محمدرضا هراتی
ناشر: انتشارات بهتدبیر
نوبت چاپ: اول، ۱۳۸۴
شمارگان: ۵۰۰۰ نسخه
حروفچینی: شهیر
صفحهآرایی و اجرای کامپیوتری: سیماریس گرافیک
لیتوگرافی: دنیای تجسم و تصویر
چاپ: توکل
قیمت: ۲۳۰۰ تومان
شابک: ۸ ـ ۲ ـ ۹۶۲۸۴ ـ ۹۶۴ ISBN: 964-96284 -2 - 8
حق چاپ و انتشار محفوظ و مخصوص انتشارات بهتدبیر است

فهرست

عنوان	صفحه
معتادان به انرژی	۴
موجودی انرژی	۶
محدودیتهای توسعه	۱۳
راه‌حل فنی؟	۲۰
انرژی هسته‌ای، امیدی ناکام؟	۲۲
کمتر و تمیزتر	۲۸
منابع تجدیدپذیر	۳۲
گرفتن انرژی از آب	۳۴
گرفتن انرژی از باد	۴۳
گرفتن انرژی از آفتاب	۴۶
مولدهای سبز	۵۳
انرژی حاصل از درون زمین	۵۷
واقعیتهای جایگزین	۶۱
فهرست اصطلاحات	۶۶
منابع برای مطالعات بیشتر	۷۱

معتادان به انرژی

اجداد ما تا ۲۵۰ سال پیش کاملاً به منابع انرژی طبیعی متکی بودند. حیوانات گاوآهن را می‌کشیدند، آسیابهای بادی غلات را آسیا می‌کردند و نیروی محرک اصلی در جامعه، قدرت بازوی بشر بود. امروزه در کشورهای توسعه‌یافته، سهم قدرت جسمانی در کارهای انجام شده کمتر از یک درصد است و مجموعه وسیعی از کالاها و خدماتی که وجودشان به نظر بدیهی می‌رسند با مصرف روزافزون سوختهای فسیلی ـ زغال‌سنگ، نفت و گاز ـ امکانپذیر شده است. رفاه جهان صنعتی امروز به واسطهٔ سوختهای فسیلی تضمین شده است و طی دهه‌های گذشته رفتار ما به گونه‌ای بوده است که گویی این منابع تمام‌نشدنی‌اند. ولی ما امروزه دوراندیش‌تریم. جنگها و بحرانهای سیاسی، آسیب‌پذیری منابع تأمین سوخت ما را نشان داده‌اند و همه ما از تأثیر زیست‌محیطی اعتیادمان به انرژی آگاه شده‌ایم. عصر سوخت فسیلی به پایان خود نزدیک می‌شود و احتمالاً مورخین آینده آن را امری خلاف قاعده ـ دوره مصرف ناپایدار ـ قلمداد خواهند کرد. در دهه‌های آتی باید وابستگی خود را به سوختهای فسیلی پایان دهیم. احتمالاً این تغییر و تحول، آسان نخواهد بود و برای همه ما پیامدهای اساسی خواهد داشت.



شعله گاز

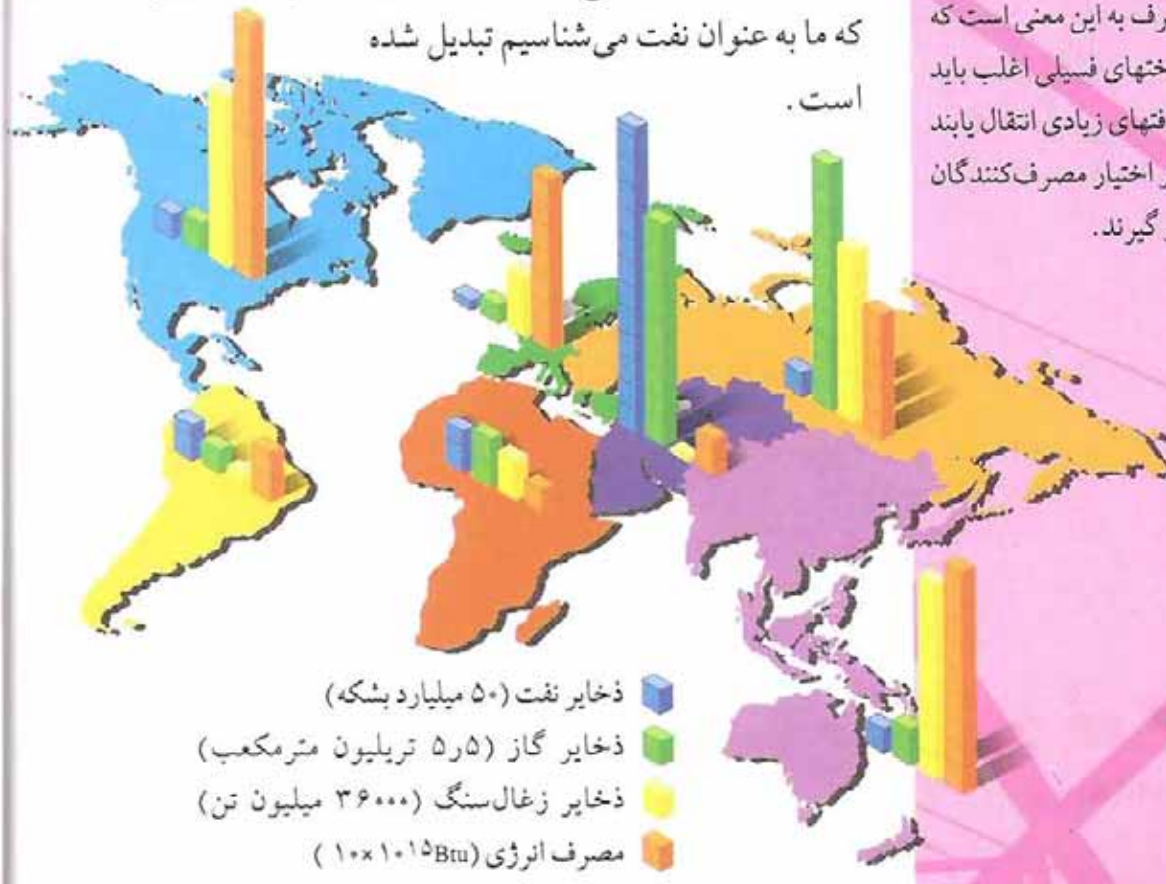
کشف و استخراج سوختهای فسیلی از زمین، به خودی خود یک فرایند کامل و فشرده انرژی است. در اینجا گاز از سنگوی نفتی، که برای تعمیر و نگهداری عادی بسته شده، شعله‌ور شده است.

موجودی انرژی

بشر اشتهای سیری‌ناپذیری به انرژی دارد. تقاضای جهانی انرژی از سال ۱۹۵۰ تاکنون حدود سه برابر شده است، به گونه‌ای که انرژی مصرفی امروزه معادل ۱۰۰۰۰ میلیون تن نفت در سال است. به عقیده سازمان جهانی انرژی[1]، مصرف انرژی تا سال ۲۰۲۰، حدود ۵۰ درصد افزایش خواهد یافت. بیشترین انرژی مورد نیاز ما از سوختهای فسیلی ـ زغال‌سنگ، گاز و مخصوصاً نفت که به حیاتی‌ترین منبع انرژی در کره زمین تبدیل شده است ـ تأمین می‌شود.

ذخایر نفت که اقتصاد ما به آن وابسته است حدود ده‌ها میلیون سال عمر دارند و منشأ آنها دریاهای قدیمی است که مملو از جانوران و گیاهان بسیار کوچک بوده‌اند. با مرگ این موجودات زنده، بقایای آنها در حوضه‌های کف دریا ته‌نشین شد و گل و لایی غنی از مواد آلی پدید آورد. در طی هزاران سال، این گل و لای توسط لایه‌های رسوبی بالای آن مدفون و فشرده شده و به تدریج به مخلوطی از ترکیبات پیچیده کربن و هیدروژن که ما به عنوان نفت می‌شناسیم تبدیل شده است.

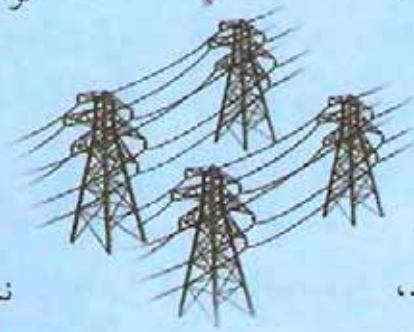
منابع
این نقشه، توزیع غیریکسان ذخایر شناخته شده سوختهای فسیلی در سراسر جهان را نشان می‌دهد. ناهمخوانی میان منابع و مصرف به این معنی است که سوختهای فسیلی اغلب باید مسافتهای زیادی انتقال یابند تا در اختیار مصرف‌کنندگان قرار گیرند.



1. World Energy Council

انرژی چیست؟

انرژی مفهومی مبهم است. دیده نمی‌شود و هیچ عنصر مادی ندارد. تنها می‌دانیم وجود دارد چون اثرات آن را می‌بینیم و تنها به خاطر کارهایی که می‌تواند برای ما انجام دهد، به آن بها می‌دهیم. دانشمندان انرژی را توانایی انجام کار ـ حرکت دادن جسمی در برابر نیروی مقاوم ـ تعریف کرده‌اند. به سادگی دیده می‌شود چوب گلف در حال ضربه دارای انرژی است، چون می‌تواند توپ را روی زمین چمن جابه‌جا کند. این نوع انرژی ـ انرژی حرکت دادن اجسام ـ انرژی جنبشی خوانده می‌شود. نوع دیگر انرژی، انرژی پتانسیل است: آب پشت سد نمی‌تواند حرکت کند، اما مطمئناً وقتی آزاد شود، توانایی انجام کار دارد. همه انواع دیگر انرژی ـ گرمایی، شیمیایی، الکتریکی و هسته‌ای ـ را می‌توان صورتهای انرژی جنبشی یا پتانسیل در نظر گرفت. جسمی داغ است تنها بدان سبب که اتمهای تشکیل‌دهنده آن سریع‌تر از اتمهای یک جسم سرد حرکت می‌کنند؛ نفت منبع انرژی شیمیایی



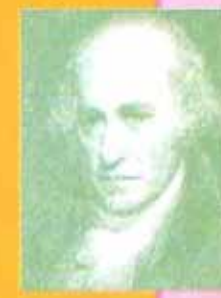
اتلاف انرژی در هنگام تبدیل

زغال‌سنگ در نیروگاه سوزانده می‌شود و با بازده‌ای در حدود ۵۰ درصد به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود، ۱۰ درصد دیگر نیز در هنگام انتقال هدر می‌رود؛ و یک لامپ معمولی، الکتریسیته را با بازده تنها ۵ درصد به نور تبدیل می‌کند. بنابراین بازده کلی استفاده از زغال‌سنگ برای روشن کردن منازلمان کمی بیش از ۲ درصد است.

است، چون پیوندهای مولکولی آن انرژی پتانسیل را ذخیره می‌کنند؛ و انرژی الکتریکی تولید شده توسط مولد، جریان الکترونهای در حال حرکت در درون سیم است. طبق یکی از اصول بنیادی فیزیک به نام قانون اول ترمودینامیک، انرژی نمی‌تواند خلق یا نابود شود. وقتی ما انرژی "تولید" یا "مصرف" می‌کنیم، در حقیقت تنها یک نوع انرژی را به نوعی دیگر تبدیل می‌کنیم. در فرایند تبدیل، همیشه مقداری انرژی به یکی از شکلهای ناخواسته آن تبدیل می‌شود، بنابراین تبدیل انرژی هیچ‌گاه بازده صددرصد ندارد.

اندازه‌گیری انرژی

دانشمندان انرژی را با واحدی به نام ژول (J) اندازه می‌گیرند. یک ژول انرژی بسیار اندکی است ـ یعنی در حدود یک‌هزارم انرژیی است که از روشن کردن یک کبریت آزاد می‌شود. بنابراین برای بیان میزان انرژی موجود در انواع سوخت از مضربهای بزرگی مانند میلیون(MJ)، بیلیون یا میلیارد (GJ) و تریلیون (TJ) استفاده می‌شود. سوختهای مختلف اغلب با واحدهای متفاوتی اندازه‌گیری می‌شوند. یک بشکه نفت معادل ۱٫۶ گیگاژول؛ یک فوت مکعب گاز معادل ۲۵ گیگاژول و یک واحد گرمایی بریتانیا (Btu) معادل ۱۰۵۵ ژول است. توان ـ سرعتی که انرژی مصرف یا تبدیل می‌شود ـ با واحد وات اندازه‌گیری می‌شود. هر وات معادل یک ژول بر ثانیه است. در اینجا نیز اغلب ضرایب بزرگ (MW، GW و TW) به کار می‌روند.



جیمز وات[1]

وات از نام جیمز وات، مخترع ماشین بخار برگرفته شده است.

گاز و زغال‌سنگ هم منشأ مشابهی دارند و میلیونها سال طول کشیده تا تشکیل شوند. فهمیدن این نکته که سوختهای فسیلی پایان‌پذیرند مشکل نیست؛ هر چه هم روشهای استخراج ما پربازده و به‌صرفه باشند، این منابع مطمئناً روزی به پایان خواهند رسید.

ترکیب سوختها

این نمودار منابع انرژی سراسر جهان را نشان می‌دهد. چنان که می‌بینید اکثر آنها سوختهای فسیلی‌اند.

چه مقدار باقی مانده؟

در سال ۱۹۷۲، گروه بانفوذی از طراحان و دانشمندان، کتابی تحت عنوان *محدودیتهای توسعه*[2] منتشر کردند که در آن پیش‌بینیهایی در مورد سرنوشت جامعه صنعتی انجام شده بود. از جمله موارد پیش‌بینی در این کتاب یکی آن بود که منابع نفت جهان تا سال ۱۹۹۲ تمام خواهد شد. واضح است چنین اتفاقی نیفتاد و این بررسی اولیه اشکالات این‌گونه پیش‌بینیها را به وضوح نشان داد. به عنوان اولین قدم، تشخیص مقدار دقیق سوختهای فسیلی باقیمانده مشکل است. معمولاً غنی‌ترین لایه‌های زغال‌سنگ به صورت رگه‌های بزرگ در سطح زمین قابل رؤیت هستند، اما میدانهای نفتی و

1. James Watt 2. *The Limits to Growth*

گازی چندین کیلومتر زیر زمین نهفته‌اند. فناوری کشف و استخراج ذخایر نفت و گاز به طور مستمر در حال پیشرفت است و منابع تولید انرژی را که زمانی دور از دسترس به نظر می‌رسید، در اختیار ما می‌گذارد. از این گذشته، پیش‌بینی سرعت مصرف منابع شناخته شده سوخت فسیلی، در آینده مشکل است. سرعت مصرف انرژی رابطه پیچیده‌ای با شرایط اقتصادی دارد و همیشه مطابق انتظار با گذشت زمان افزایش نمی‌یابد. مصرف انرژی در آمریکا در دهه ۱۹۶۰ به میزان حیرت‌آور سالیانه ۴٫۵ درصد افزایش یافت، در حالی که در اوایل دهه ۱۹۸۰، مصرف انرژی برای ۴ سال، تا قبل از افزایش دوباره آن، حدود ۱۱ درصد کاهش یافت.

با آمار و ارقام فعلی، "طول عمر" ذخایر شناخته شده زغال‌سنگ ۲۵۰ سال، نفت ۴۰ سال و گاز ۷۰ سال است، اما با توجه به موارد احتیاطی فوق، این آمارها را نباید چیزی بیش از "حدس و گمان" در نظر گرفت. در واقع به نظر اکثر کارشناسان بعید به نظر می‌رسد که کمبود سوختهای فسیلی در جهان، بلافاصله به محدود شدن توسعه اقتصادی در دهه‌های آتی منجر شود.

نفت والها را نجات داد

در اواسط قرن نوزدهم، در هر سال به طور متوسط در حدود ۱۵۰۰۰ وال شکار می‌شد، زیرا روغن موجود در بینی والها را به عنوان سوختی کامل و پاک برای چراغها، شمعها و... به کار می‌بردند. با اولین چاههای نفت و فراوانی روغنهای معدنی، این گونهٔ جانوری از انقراض نجات پیدا کرد.

میراث انرژی ما

وابستگی فعلی ما به زغال‌سنگ، نفت و گاز، میراثی از گذشته است. موتورهای بخار که عامل شروع انقلاب صنعتی در قرن هجدهم بودند به منبع نیرویی فشرده و قابل حمل مانند زغال‌سنگ نیاز داشتند. اختراع

استخراج معادن روباز

حدود ۶۰ درصد از زغال‌سنگ جهان در معادن روباز تولید می‌شود. در آنجا برشگرهای غول‌پیکر، تکه‌های زغال‌سنگ به اندازه خانه را استخراج می‌کنند. با کاهش ذخایر نفتی، احتمالاً این نوع معدنکاری گسترده‌تر خواهد شد.

موتور احتراق داخلی در دهه ۱۸۷۰ ، نخستین متقاضی سوختهای منابع پرانرژی مانند نفت بود. از آن زمان تاکنون تمام زیربنای اقتصادی ما بر مبنای این سوختهای فسیلی متعدد و ارزان قرار دارد و امروزه نیروگاهها ، اتومبیلها و حتی سیستمهای گرمایش خانگی ، جزئی از این مجموعهٔ فناورانه‌اند. بسیاری از این فناوریها در تغییر وضعیت انرژی امروزی منسوخ شده است. به عنوان نمونه اتومبیل را در نظر بگیرید: بخش بزرگ انرژی شیمیایی که هنگام سوختن بنزین در موتور آزاد می‌شود ، صرف حرکت دادن پیستونها نمی‌شود ، بلکه به گرما

مولدها

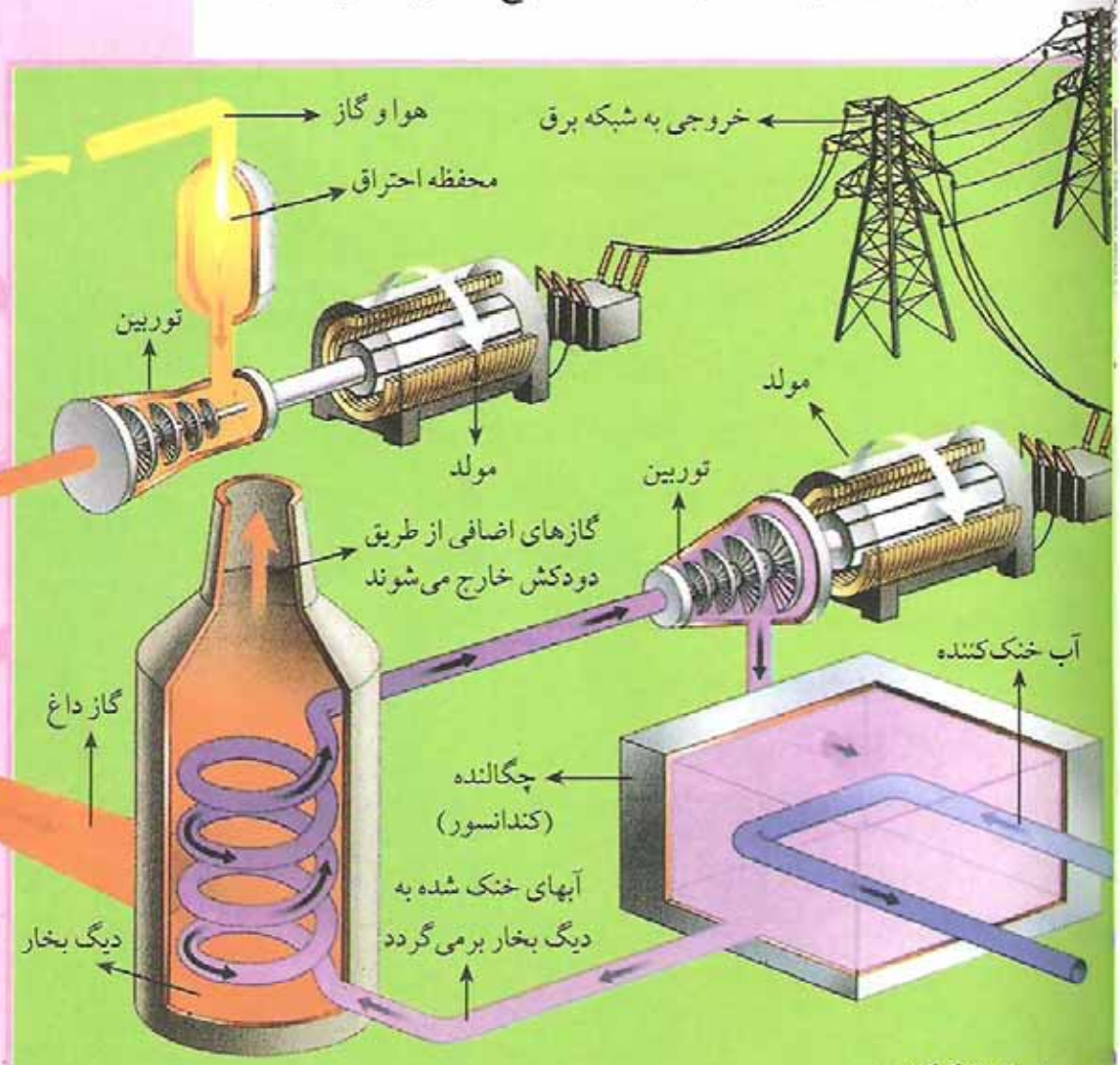
مولد نیروگاه مانند دینامی در مقیاسی بزرگ‌تر است. با چرخاندن آهنرباهای عظیم درون مولد با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه ، جریان الکتریکی در سیم‌پیچهای مسی اطراف آهنربا که در مجموع آرمیچر نامیده می‌شود ، پدید می‌آید.

نیروگاهها

نیروگاههای وابسته به سوختهای فسیلی ، قلب جامعه صنعتی‌اند. کارامدترین طراحیها ، گاز طبیعی را می‌سوزانند و توانایی تبدیل ۵۰ درصد از انرژی شیمیایی به انرژی الکتریکی را دارند. انرژی گاز در دو مرحله به دست می‌آید: اول گاز با هوای فشرده مخلوط شده و در محفظه احتراق می‌سوزد. گازهای خروجی منبسط شده به داخل مجموعه‌ای از پره‌های چرخان توربین که مولد الکتریکی بزرگی را به گردش درمی‌آورد رانده می‌شود. سپس این گازهای خروجی که هنوز گرم‌اند ، به دیگ بخار حاوی لوله‌های آب وارد می‌شوند و آب را به بخار تبدیل می‌کنند. بخار منبسط شده مجموعه دیگری از توربینهای متصل به مولد را به حرکت درمی‌آورد. الکتریسیته تولید شده به شبکه سراسری ولتاژ قوی فرستاده می‌شود.

تبدیل و به صورت انرژی هدر رفته آزاد می‌شود. موتورهای برقی اتومبیلها را با بازده بیشتری به حرکت درمی‌آورند، با این حال ۹۹ درصد اتومبیلهای جهان هنوز با بنزین کار می‌کنند. ظاهراً که اسراف ما در مصرف روزمره انرژی برنامه‌ریزی شده است و این امر به ویژه در کشورهای ثروتمند و توسعه یافته‌تر مشاهده می‌شود.

میل و اشتیاق ما به انرژی باعث شده که تمرکز تولید و عرضه آن در اختیار تعداد معدودی از دولتها و شرکتهای نفتی قرار گیرد. میلیاردها دلار سرمایه‌گذاری برای مستقر شدن، استخراج، حمل و نقل، تصفیه



سیستمهای خنک‌کننده

بعد از اینکه بخار داغ از داخل توربینها عبور کرد، متراکم می‌شود و آب حاصل به دیگ بخار برمی‌گردد تا دوباره گرم شود. آب خنک‌کننده که گرم شده است، از داخل دودکشهای عظیم بخار عبور می‌کند و در آنجا روی شن پاشیده می‌شود تا با هوایی که به برجها از طریق قاعده آنها وارد می‌شود، آب خنک شود.

ارزیابی
هر شهروند آمریکایی روزانه انرژی معادل ۳۵ کیلوگرم زغال‌سنگ مصرف می‌کند، یعنی مصرف سرانه انرژی در آمریکا پنج برابر میانگین جهانی است.

و توزیع سوختهای فسیلی لازم است و
ذخایر نیز به طور یکسان توزیع
نشده‌اند. خاورمیانه به تنهایی بیش
از ۵۰ درصد نفت جهان را در کمتر
از ۵ره درصد از مساحت خاک
خود دارد و آمریکا دارای بیش از
یک‌چهارم زغال‌سنگ جهان
است. تولید الکتریسیته نیز کم و
بیش توسط تعداد کمی از شرکتهای
برق کنترل می‌شود که هزاران نیروگاه سوخت فسیلی و هسته‌ای را با قابلیت تولید به طور متوسط یک میلیارد وات، در سراسر جهان تأسیس و اداره می‌کنند.

اگر اتمام ذخایر سوختهای فسیلی جهان در آیندهٔ نزدیک بعید به نظر رسد و اگر تمایل دولتها و شرکتها تأمین انرژی مورد نیاز ما باشد، عقل سلیم به ما می‌گوید که برای تغییر و تحول جهش و انگیزه کمی وجود دارد ـ در حالی که ما با سرعت فزاینده‌ای به سوزاندن سوختهای فسیلی ادامه خواهیم داد. نیروهای جدیدی در کار اقتصادی، محیط زیستی و سیاسی وجود دارند که ما را به تغییر الگوهای مصرف انرژی در قرن بیست و یکم وادار می‌کند. این نیروها در بخش بعدی بیان خواهند شد.

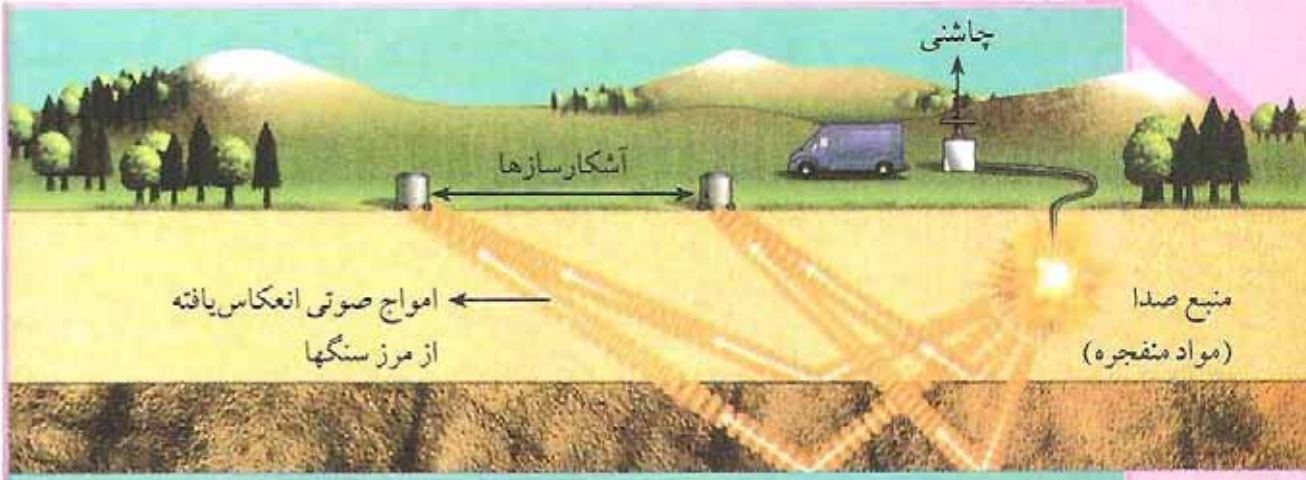
نقشه انرژی
این نقشه رنگی کره زمین نشان‌دهنده چگونگی تمرکز استفاده از الکتریسیته برای روشنایی در شب در نواحی صنعتی است (زرد).
نواحی قرمز رنگ نقشه مربوط به شعله‌های نفت است.

محدودیتهای توسعه

تا دهه ۱۹۵۰، آمریکا در زمینه نفت کاملاً خودکفا بود و به میزان کافی "طلای سیاه" از میادین نفتی وسیع تگزاس[1] و لوییزیانا[2] برای تأمین تقاضاهای شهری و خانگی تولید می‌کرد. امروزه این کشور برای تأمین نیمی از نفت مورد نیاز خود به واردات از خاورمیانه، آمریکای مرکزی و نیجریه متکی است. این واردات آمریکا را در برابر حوادث سیاسی در خارج به شدت آسیب‌پذیر کرده است: به عنوان مثال در سال ۱۹۷۳، اعضای عرب سازمان اوپک[3] (سازمان کشورهای تولیدکننده و صادرکننده نفت) تحریم نفتی علیه برخی از کشورهای غربی وضع کردند. یک‌شبه قیمتهای سوخت سه‌برابر شد و امواج تکان‌دهنده آن کل اقتصاد آمریکا را نیز تحت تأثیر قرار داد؛ آشفتگی اقتصادی مشابهی نیز در زمان انقلاب ایران و دوباره در جنگ خلیج فارس مشاهده شد. این بحرانهای انرژی باعث شد تا در آمریکا در زمینه تبدیل انرژی و انرژیهای جایگزین سرمایه‌گذاریهایی انجام شود. اما تأثیرات آنها کوتاه‌مدت بود. هنگامی که این خطرات قریب‌الوقوع از بین می‌روند، سیاستمداران بار دیگر فشارهای ناشی از رشد اقتصادی با سوختهایی نظیر زغال‌سنگ و نفت و گاز را می‌پذیرند. بی‌ثباتی سیاسی در جهان نفتخیز و مناطق غنی از گاز در قرن بیست و یکم باعث تجدید خاطرات غرب می‌شود و اکنون بسیاری از مردم

جهان پرجمعیت
افزایش جمعیت جهان طی دهه‌های آتی باعث دگرگونی در سیاست و اقتصاد تأمین و تولید انرژی خواهد شد.

1. Texas 2. Louisiana 3. OPEC (Oil Producing and Exporting Countries)



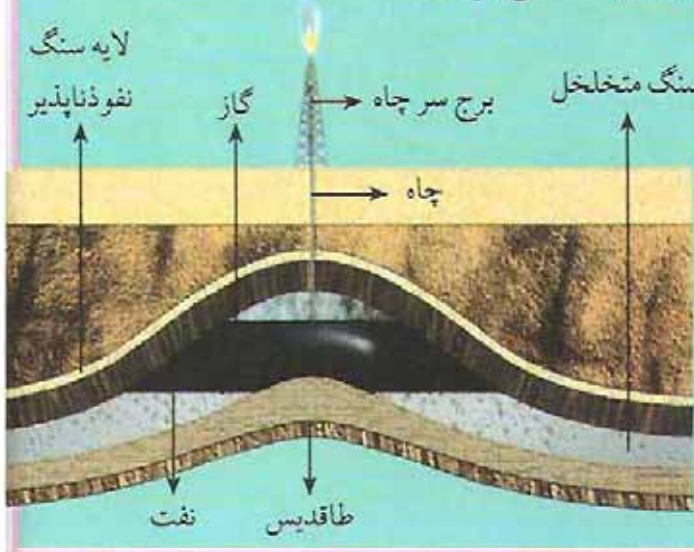
کشف و استخراج

در طی میلیونها سال، فشار و دمای زیر زمین باعث تبدیل بقایای موجودات زنده به زغال‌سنگ، نفت و گاز شده است. نفت و گاز سیال‌اند، بنابراین قادر به عبور از میان سنگهای متخلخل، و دور شدن از منشأ اصلی خود هستند و اغلب زیر کلاهکهای نفوذناپذیر گِل‌سنگ و سنگ گچ به دام می‌افتند. بزرگ‌ترین ذخیرهٔ زیرزمینی قادر به نگهداری بیش از ۵۰۰ میلیون بشکه نفت است. قبل از آغاز گمانه‌زنی (حفاری آزمایشی در محلهای احتمالی)، این نهشته‌ها با استفاده از مجموعه‌ای از راهکارهای

بررسی لرزه‌ای

صدای انفجار در سطح، توسط لایه‌های گوناگون سنگ به سمت بالا منعکس می‌شود. کشف و آشکار ساختن این امواج منعکس‌شده، به زمین‌شناسان امکان می‌دهد تا نقشه‌های چندبعدی سنگهای عمق زمین را برای یافتن نفت و زغال‌سنگ رسم کنند.

زمین‌شناسی مشخص می‌شود. هنگامی که چاه مورد تأیید حفر شد، سطوح جانبی آن با پوشش حفاظتی آستر شده و در بالای آن شیری برای کنترل جریان نفت یا گاز تعبیه می‌شود.



ذخایر محبوس

نفت و گاز معمولاً در چین‌خوردگی کاسه‌ای‌شکل از سنگهای نفوذناپذیر به نام طاقدیس به دام می‌افتد. اگر آنها با فشار خود قادر به خارج شدن از چاه نباشند، با تزریق آب یا بخار، آنها را به سطح زمین می‌رانند.

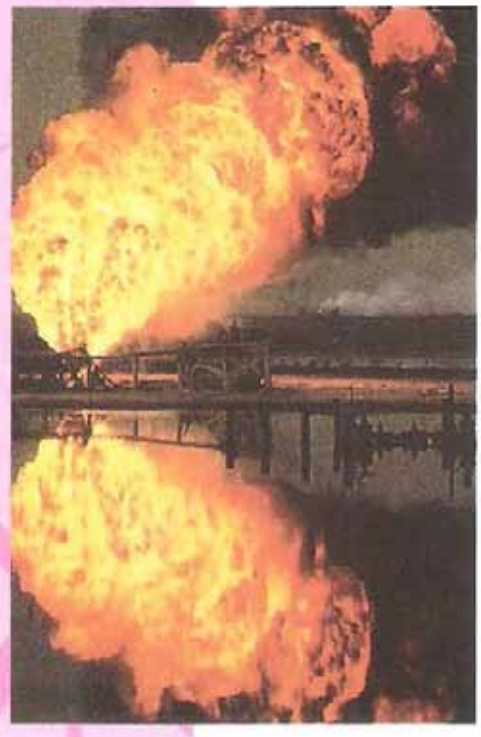
غرب درباره هزینه‌های کنترل برای تأمین انرژی از طریق دیپلماسی و مداخله نظامی پرسش می‌کنند.

افزایش هزینه‌ها

قبل از دهه ۱۸۶۰، نفت منبعی فراوان و بدون استفاده بود. جویندگان اولیه نفت برای دست‌یابی به منابع آن، تنها نیاز به حفر چاههای کم‌عمقی داشتند که در اثر فشار خود به سطح زمین فوران می‌کردند. دوره چاههای فورانی به سر آمده است. آسان‌یاب‌ترین منابع نفت و گاز تمام شده‌اند و امروزه شرکتهای نفتی برای یافتن نهشته‌های زیرزمینی نیاز به کار طاقت‌فرسا دارند. امروزه هر چاه نفت به طور متوسط بیش از ۳ کیلومتر عمق دارد و تنها یک‌سوم چاههای جدید به نفت می‌رسند. یافتن نفت به فعالیتی پرهزینه تبدیل شده است که کاشفان آن را به بدترین مناطق مثل صحراهای دورافتاده، منطقهٔ منجمد قطب شمال و از همه چشمگیرتر به زیر دریا کشانده است. اکنون خلیج فارس، دریای شمال و خلیج مکزیک حدود یک‌سوم نفت جهان را تأمین می‌کنند. از این گذشته به تولید رساندن این منابع دور از دسترس نیز پرهزینه‌تر است: سکوی نفتی استات‌فیورد بی[1] که ۲۷۰ متر بالاتر از دریای شمال است، یکی از بزرگ‌ترین و پرهزینه‌ترین سازه‌های روی کره زمین است. انتقال نفت به فاصله هزاران کیلومتر از چاه تا پالایشگاه نیز بر میزان هزینه‌ها می‌افزاید.

آتش‌زدن نفت

حفظ و نگهداری ذخایر سوختهای فسیلی عوارض زیست‌محیطی و مالی زیادی به کشورهای توسعه‌یافته تحمیل می‌کند. نابود شدن چاههای نفت در طول جنگ خلیج فارس در سال ۱۹۹۱ باعث رها شدن روزانه، حدود شش میلیون بشکه نفت در محیط زیست کویت شد.



از جنبه صرفه اقتصادی، تولید نفت و در مقیاس کمتر، گاز، به تدریج کم‌اهمیت می‌شود و سرانجام زمانی می‌رسد که انرژی حاصل از چاههای نفت با انرژی ورودی به آنها برابر می‌شود. مدتها قبل از اینکه چنین اتفاقی روی دهد، فناوری انرژیهای دیگر ـ باد، آب، نور خورشید، بیوماس (زیست‌توده) و زمین‌گرمایی

1. Statfjord B

ـ جاذبهٔ اقتصادی خواهد یافت و به احتمال بسیار در جهان صنعتی در مقیاس وسیع به کار خواهند رفت.

محدودیتهای زیست‌محیطی

در دهه‌های آتی، نیروهای اقتصادی و سیاسی در مقابل مصرف سوختهای فسیلی مقاومت خواهند کرد، اما دغدغه مهمتری عامل بزرگ‌ترین تغییر و تحول در الگوهای مصرف ما خواهد بود ـ آسیب دیدن محیط زیست.

هر بار که سوختهای فسیلی در اتومبیلها و نیروگاهها سوزانده می‌شوند، گاز کربن دی‌اکسید (CO_2) به عنوان ضایعات آزاد می‌شود. این گاز به طور طبیعی در جو وجود دارد و همچون پوششی باعث حبس شدن گرمای خورشید و در نتیجه گرم شدن سطح زمین می‌شود. در واقع بدون این "اثر گلخانه‌ای"، سیارهٔ ما منجمد می‌شد. اما امروزه بسیاری از دانشمندان بر این باورند که فعالیتهای بشر باعث آزاد شدن مقادیر بسیار زیاد CO_2 در جو شده است و به همین سبب گلخانه جهانی گرم‌تر می‌شود: منبع موثق هیئت میان‌دولتی تغییر وضعیت آب و هوایی سازمان ملل[1]، پیش‌بینی کرده است که دمای سطح زمین تا سال ۲۱۰۰ به میزان ۱٫۵ تا ۳٫۵ درجه سانتیگراد افزایش خواهد یافت. اگرچه ممکن است این مقدار زیاد به نظر نرسد، اما می‌تواند صدمات زیادی به قسمتهای مختلف

تغییر بادها

تغییر آب و هوا در اثر مصرف سوختهای فسیلی باعث دگرگونی در الگوهای آب و هوای جهان شده است. افزایش انرژی گرمای محبوس در اتمسفر طی سالهای آینده، احتمالاً باعث افزایش تندبادهای استوایی سهمگین و افزایش خطر سیل و طغیان خواهد شد.

1. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

جهان وارد کند. با گرم شدن کره زمین سامانه‌های آب و هوایی به طور چشمگیری تغییر خواهد کرد: آب و هوا در بعضی کشورها مرطوب‌تر و در بعضی خشک‌تر خواهد شد؛ بعضی کشورها در معرض توفانها و سیلهای سهمگین‌تر قرار خواهند گرفت، در حالی که بقیه ممکن است سردتر شوند. براساس یکی از نظریه‌ها در این زمینه ممکن است گرم شدن زمین باعث توقف یا انحراف منبع آب گرم جریان گلف استریم[1] ـ جریان آب گرمی که از اقیانوس اطلس نشأت می‌گیرد ـ شود، در نتیجه اروپای غربی به صحرای خشک و منجمدی تبدیل می‌شود. اگر مدلهای بدبینانه‌تر درست باشند، گرم شدن زمین می‌تواند باعث افزایش تراز آب دریاها به میزان یک متر در طول ۵۰ سال شود. کشورهایی مانند مالدیو به سادگی در زیر اقیانوس ناپدید می‌شوند و میلیونها نفر ساکنان دلتاهای پست و کم‌ارتفاعی مانند گنگ[2] و مکونگ[3] آواره خواهند شد.

گرم شدن زمین تنها بخشی از ماجراست: سوختن زغال‌سنگ در نیروگاهها باعث تولید گازهای اضافی می‌شود که با آب موجود در اتمسفر ترکیب می‌شوند و ابرهای حاوی اسید سولفوریک و اسید نیتریک پدید می‌آورند. ابرهای اسیدی می‌توانند قبل از فرو ریختن باران به فواصل دوری از منبع آلودگی منتقل شوند. این "باران اسیدی" بلافاصله به برگ درختان آسیب وارد می‌کند و در دریاچه‌های آب شیرین باعث مرگ ماهیها می‌شود. به رغم کوششهای انجام شده در جهت تنظیم و پاکسازی

1. Gulf Stream 2. Ganges 3. Mekong
4. Valdez

این بنزین است

کارشناسان تخمین زده‌اند که تنها در آمریکا، هزینه‌های زیست‌محیطی استفاده از بنزین سالانه بین ۲۰۰ تا ۹۰۰ میلیارد دلار است.

خط لوله

انتقال سوختهای فسیلی کاری عظیم است. بزرگ‌ترین میدان نفتی آمریکا در سواحل آلاسکا، ۴۰۰ کیلومتری شمال مدار شمالگان قرار دارد، که توسط خط لوله‌ای به طول ۱۰۰۰ کیلومتر از سه رشته کوه و سه منطقه زلزله‌خیز اصلی می‌گذرد و به بندر والدز[4] متصل می‌شود.

خروجی نیروگاههای برق، باران اسیدی عامل آسیبهای عظیمی است که به اکوسیستمهای شمال شرقی آمریکا، کانادا و اسکاندیناوی وارد شده است.

حمل و نقل سوختهای فسیلی در سرتاسر جهان عوارض زیست‌محیطی شدیدی تحمیل می‌کند. امروزه بزرگ‌ترین نفت‌کشها گنجایشی افزون بر ۴۰۰۰۰۰ تن دارند و اگرچه ناوگان آنها در جهان پیشینه ایمنی بسیار خوبی دارد ولی در موقعیتهای استثنایی، که بعضی از موارد درست کار نمی‌کنند، می‌تواند آسیبهای فاجعه‌آمیزی به بار آورد. هنگامی که نفت‌کش اکسون والدز[1] در ۲۴ مارس ۱۹۸۹ به جزیره مرجانی برخورد کرد، ۴۲ میلیون لیتر نفت خام به منطقه پرینس ویلیام سوند[2] در آلاسکا سرازیر شد. در حدود ۲۰۰۰ کیلومتر از خط ساحلی را لجن ضخیمی پوشاند، حیات وحش و طبیعت محلی نابود شد و عملیات پاکسازی توسط سپاهی متشکل از ۱۱۰۰۰ داوطلب انجام شد. از سال ۱۹۷۰ تاکنون بیش از ۵۰ مورد نشت نفت در مقیاس مشابه روی داده است. به طور کلی همیشه مقدار کمی نفت از کشتیها و خطوط لوله نشت می‌کند و در نتیجهٔ این موارد، اساساً هیچ منطقه ساحلی نیست که از آسیب آلودگی سوختهای فسیلی در امان مانده باشد.

طی دو دهه گذشته، جنبش زیست‌محیطی توجه جهانیان را به هزینه‌های پنهان مصرف سوختهای فسیلی جلب کرده است. با این حال، بسیاری از دولتها هنوز چنانکه باید به این موضوع توجه نمی‌کنند. در نشست زمین[3] در سال ۱۹۹۲ در ریودوژانیرو[4]، ملل پیشرفته متعهد شدند که انتشار گازهای گلخانه‌ای در سال ۲۰۰۰ را به همان حدی که در سال ۱۹۹۰ بوده است برسانند. آنها موفق نشدند و منافع اقتصادی پیروز شدند: انتشار گازها در سال ۲۰۰۱، از آرمان نشست ریودوژانیرو ۱۴ درصد بیشتر بود.

پس از تنها یک نسل، جمعیت انسانها بیش از

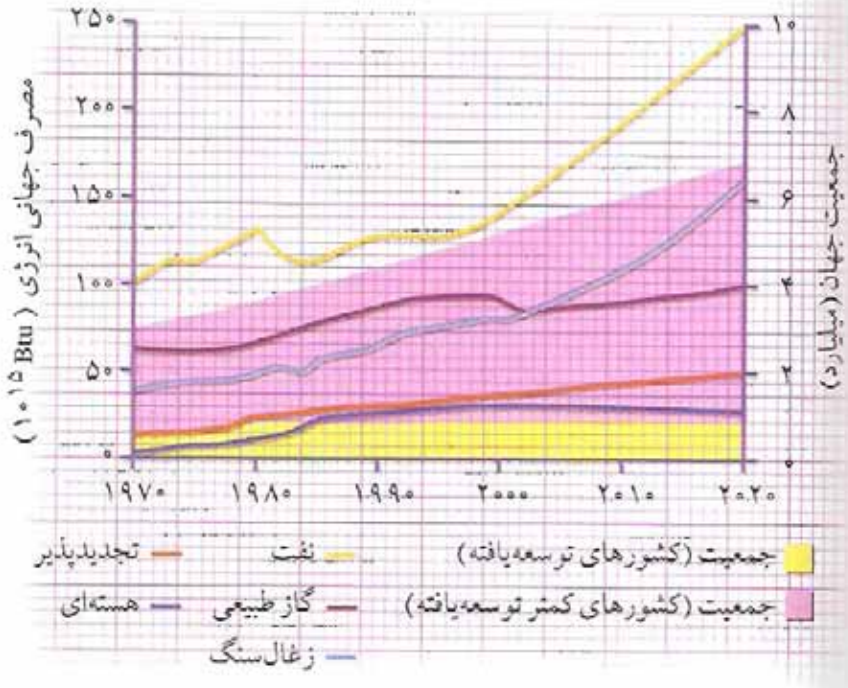
باران اسیدی

باران اسیدی به جنگلها آسیب وارد می‌کند؛ این باران به برگهای سبز صدمه می‌زند و باعث آبشویی و حذف مواد غذایی حیاتی در خاک مانند کلسیم و منیزیم می‌شود.

1. Exxon Valdez 2. Prince William Sound 3. Earth Summit
4. Rio de Janeiro

چشم‌انداز آینده

در این نمودار الگوهای مصرف انرژی در گذشته و برآورد آینده آن با برآورد رشد جمعیت با هم آمده است. این آمار و ارقام اداره اطلاعات انرژی آمریکا، نشان می‌دهد مصرف نفت و زغال‌سنگ طی دهه‌های آینده به طور سرسام‌آوری افزایش خواهد یافت.



۳۳ درصد افزایش یافته و جمعیت امروز جهان به بیش از ۶ میلیارد نفر رسیده است. عمده این افزایش در کشورهای در حال توسعه روی داده است که در آنها میانگین مصرف سرانه انرژی در سال ۸ر۰ تن نفت است، که با ۸ر۴ در کشورهای صنعتی مقایسه می‌شود. اما کشورهای کمتر توسعه‌یافته به سرعت خود را به غرب می‌رسانند؛ در چین و هند مصرف الکتریسیته سالانه ۷ درصد افزایش می‌یابد و بهترین برآوردها بیانگر آن است که طی ۲۰ سال آینده، سهم کشورهای در حال توسعه در انتشار آلاینده CO_2 جهان به ۴۴ درصد بالغ خواهد شد که در قیاس با رقم ۲۸ درصد امروزی، رشدی چشمگیر است.

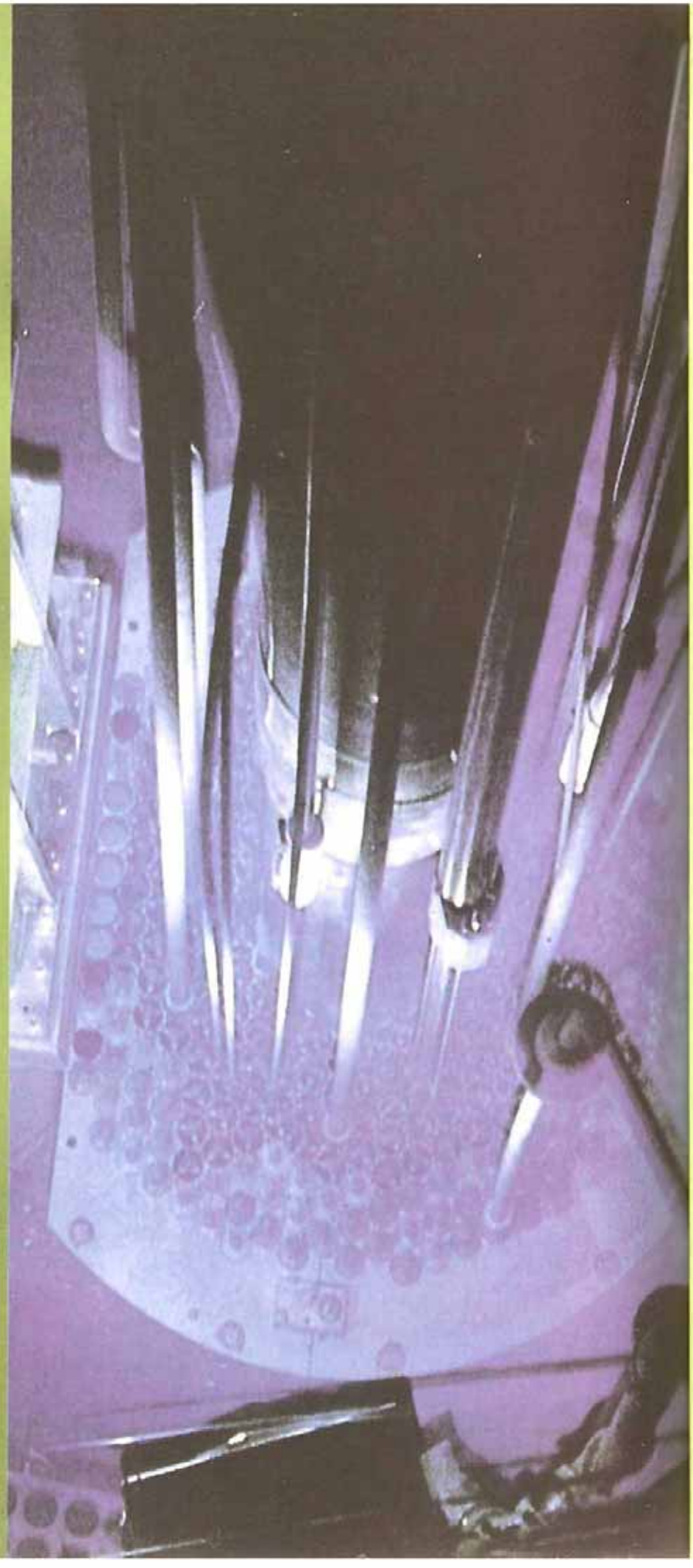
ما در دوران تکوین یک بحران جهانی زیست‌محیطی قرار داریم - بحرانی که دولت و صنعت باید به آن واکنش نشان دهند. در کوتاه‌مدت، راه‌حلهای فنی و تخصصی به ما فرصتی خواهند داد. مصرف عاقلانه انرژی هسته‌ای، تبدیل انواع انرژی به یکدیگر و نظارت سختگیرانه بر انتشار آلاینده‌ها، باعث افزایش عمر مفید منابع سوخت فسیلی کنونی خواهد شد. اما در درازمدت، انرژیهای جایگزین و تجدیدپذیر مطمئناً نقش عمده‌ای در برآوردن نیازهای ما خواهند داشت.

راه حل فنی؟

اتکا به فناوری برای حل بحران آشکار انرژی، فریبنده و وسوسه‌انگیز است. مطمئناً پیشرفت دانش به ما اجازه تولید انرژی تمیز، ارزان و فراوانی می‌دهد تا دیگر به سوختهای فسیلی وابسته نباشیم. اما چشم‌انداز چنین راه حل فنی چندان مطلوب نیست. هنگامی که برای اولین بار شکافت هسته‌ای کشف شد و اولین رآکتور تجاری غیرنظامی در سال ۱۹۵۷ در بندر شیپینگ پنسیلوانیا[1] به بهره‌برداری رسید، بسیاری از مردم تصور می‌کردند که جام مقدس انرژی کشف شده است. با این حال، انرژی شکافت هسته، تاکنون فقط توانسته است جوابگوی بخش کوچکی از تقاضای جهانی باشد. گداخت هسته‌ای را نیز زمانی به عنوان برترین و بهترین منبع انرژی می‌پنداشتند، اما امروزه دانشمندان مطمئن نیستند که حتی بتوان این فناوری را به طور اقتصادی به کار گرفت و اخیراً در ایالات متحده موارد تحقیق در این زمینه، حدود ۴۰ درصد کاهش یافته است. در این میان، فناوریهایی که کمتر بلندپروازانه‌اند به تدریج در معادله انرژی تفاوتی واقعی پدید می‌آورند؛ وسایل و فنون تولید ساده و اغلب غیرجذاب به ما کمک می‌کنند تا انرژی را با بیشترین بازده به کار بریم و به بهترین نحو از منابع کنونی بهره گیریم.

---

1. Shippingport Pennsylvania



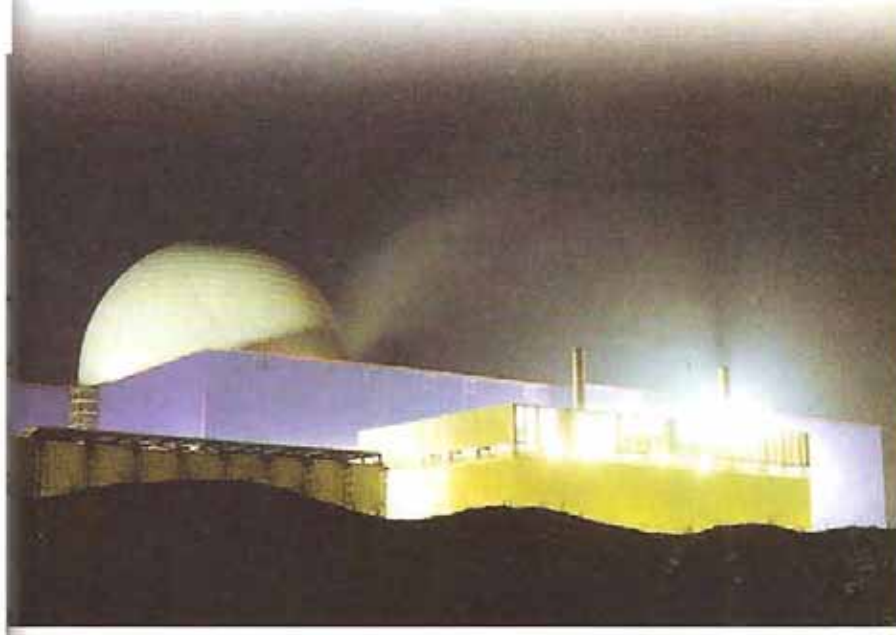
انرژی اتمی

میله‌های حاوی گلوله‌های سوخت هسته‌ای را وارد محفظه واکنش نیروگاه می‌کنند. انرژی هسته‌ای همچنان برای برآوردن تقاضای جهانی نقش مهمی دارد، گرچه آینده آن چندان معلوم نیست.

انرژی هسته‌ای، امیدی ناکام؟

در شانزدهم سپتامبر ۱۹۵۴، لوئیس اشتراوس[2]، رئیس کمیته انرژی اتم
آمریکا در نیویورک در مقابل جماعتی از نویسندگان علمی قرار گرفت
با اعتماد به نفس کامل اعلام کرد فرزندان آنان از الکتریسیته به عنوا
"انرژی ارزان" بهره‌مند خواهند شد. وعده انرژی نامحدود هسته‌ای

دوره صلح‌آمیز تحقیق در مورد بمب اتمی ـ همچو
آهنگی گوشنواز برای جهانیانی بود که از مصیبت جنگ
خلاص شده بودند. هنوز پس از گذشت نیم قرن، ای
وعده به تحقق نپیوسته است و انرژی هسته‌ای
با توجه به هزینه، ایمنی و مشکلات غیرقابل
حل خلاصی از زباله‌های آن اهمیت قبلی خو
را از دست داده است. در دهه ۱۹۷۰، هزینه‌های
بالای تولید الکتریسیته از نیروگاههای انرژی هسته‌ای، بهره‌برداران ایالات
متحده را وادار به لغو ۱۲۱ رآکتور طراحی شده کرد. سپس در سال ۱۹۷۹
بروز خطری در رآکتور تری‌مایل‌آیلند[3] در ایالت پنسیلوانیای آمریکا، که با
زحمت این خطر دفع شد، باعث خدشه‌دار شدن اذهان عمومی در مورد
انرژی هسته‌ای به مدت یک دهه شد و به دنبال آن، حادثه چرنوبیل[4]
نگرانیهای جهانیان را به شدت تجدید کرد.



اولین شکافت

فیزیکدان نیوزیلندی، ارنست راترفورد[1] پایه‌گذار نظریه جدید اتمی است. مطالعات جامع او دربارهٔ طبیعت رادیواکتیویته در اوایل قرن بیستم، دانشمندان را به شکافت اتم قادر ساخت.

نیروگاههای برق

گنبد این نیروگاه، هسته رادیواکتیو رآکتور هسته‌ای را در خود جای داده است. یک کیلوگرم سوخت هسته‌ای اورانیوم دارای بازده انرژی معادل سوختن ۱۲۰۰۰ بشکه نفت است.

1. Ernest Rutherford 2. Lewis Strauss 3. Three Mile Island 4. Chernobyl

از جنبه‌های اقتصادی نیز انرژی هسته‌ای در بهترین حالت، ناکامی و در بدترین حالت ـ به قول مجله فوربس[1] ـ "مصیبتی عظیم" است. آخرین رآکتور تجاری آمریکا در مدت حدود ۲۳ سال تکمیل شد و برای ساخت آن بیش از ۷ میلیارد دلار هزینه صرف شد.

عجیب نیست که بسیاری از کشورهای اروپای غربی ساختمانهای جدیدالتأسیس نیروگاههای انرژی هسته‌ای را تعطیل کردند و آلمان و سوئد تصمیم دارند نیروگاههای موجود را به تدریج از رده خارج کنند. در آمریکا احتمالاً تا سال ۲۰۲۰ نیمی از ظرفیت هسته‌ای امروز به دلیل پایان عمر مفید ۴۰ ساله نیروگاهها از دست خواهد رفت. با این وجود، هنوز برای نوشتن سوگنامه صنعتی خیلی زود است. هم اکنون در حدود ۴۴۰ رآکتور فعال در جهان وجود دارند و کشورهایی چون فرانسه و کره جنوبی برای تأمین نیمی از الکتریسیته خود به "نیروگاههای هسته‌ای" وابسته‌اند. نیروگاههای هسته‌ای جدید اساس اهداف استقلال‌طلبانه ژاپن در زمینهٔ انرژی‌اند و چین در نظر دارد تا ظرفیت هسته‌ای خود را طی دو دهه آینده چهار برابر کند.

حتی در غرب نیز، مطالب زیادی در حمایت و اعتماد و تکیه بیشتر بر انرژی هسته‌ای به گوش می‌رسد. آنها یک دلیل دارند: انرژی هسته‌ای، گاز گلخانه‌ای کربن دی‌اکسید تولید نمی‌کند. بنابراین سهم کمتری در گرم شدن جهان دارد. طی سالهای اخیر پیشرفتهای فوق‌العاده‌ای در ایمنی و بازده رآکتورها حاصل شده است و امروزه دولتهای زیادی در حال دستیابی به فناوریهای جدیدی‌اند که از نظر آنها سبب می‌شود انرژی هسته‌ای جایگاه قبلی خود را در قرن بیست و یکم بازیابد.

امروزه نیروگاه هسته‌ای خیلی شبیه نیروگاه سوخت فسیلی کار می‌کند (صفحه ۱۰ را ببینید). با استفاده از انرژی گرمایی گاز را متراکم می‌کنند

سندروم چینی[2]

بزرگ‌ترین مایهٔ هراس انرژی هسته‌ای، گداخت هسته مرکزی است ـ هنگامی که واکنش درون هسته از کنترل خارج شود. در اوایل دوران هسته‌ای، شایعه‌پردازان در ایالات متحده نظریه غیرممکنی در این باره که هسته مسیر خود در زمین را ذوب می‌کند و از چین سر درمی‌آورد، اعلام کرده بودند.

1. *Forbes* 2. the china Syndrome

و گاز نیز به نوبهٔ خود توربینهای متصل به مولدهای الکتریکی را به ک
می‌اندازد. تنها تفاوت در این است که گرمای حاصل از شکافت (خر
کردن اتم) هسته‌های ناپایدار عناصر طبیعی رادیواکتیو بیش از گرما
حاصل از سوزاندن گاز یا زغال است. معمول‌ترین سوخت مورد استفاد
یکی از ایزوتوپهای اورانیوم به نام اورانیوم ۲۳۵ (۲۳۵ ـ U) است که د
سرتاسر جهان از کانی پیچ‌بلند (گونه‌های گوناگون کانی اورانینیت
استخراج می‌شود. آن را تصفیه و تغلیظ می‌کنند و به شکل گلوله فشرده
سپس به شکل میله‌های بلندی درمی‌آورند که همان سوخت مورد استفا
در رآکتور هسته‌ای است.

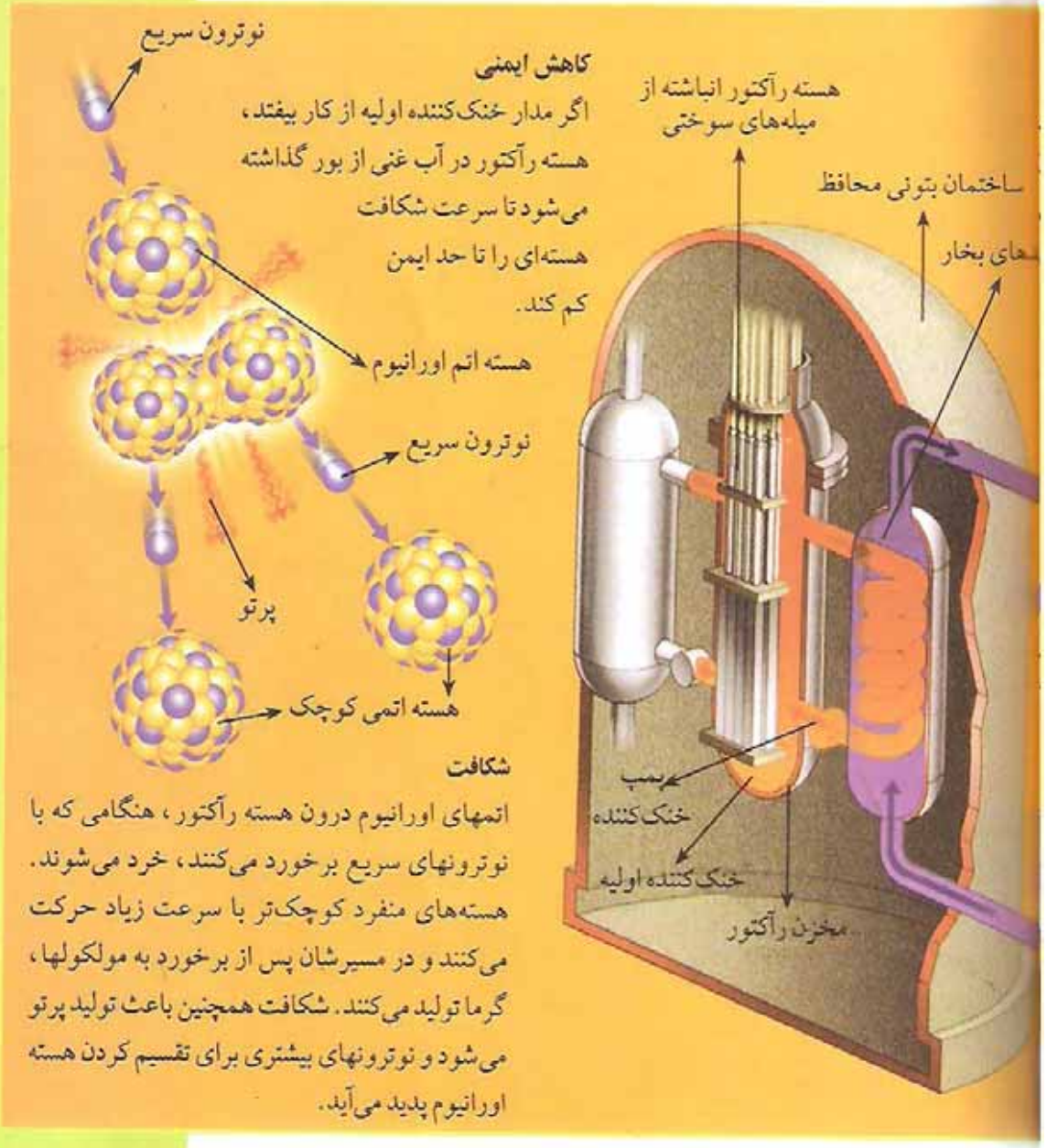
درون رآکتور

قسمت مرکزی نیروگاه اتمی، "هسته‌ای" متشکل از حدود ۱۲۰ تن سوخت اورانیوم به شکل ۳۵۰۰۰ میله سوخت است. میله‌های سوختی گرمای خود را به آبی (خنک‌کننده اولیه) که آنها را مخزنی با دیواره ضخیم و تحت فشار احاطه کرده است، انتقال می‌دهند. خنک‌کننده اولیه، این گرما را به یک "حلقه" (مداربسته) جداگانه آب (خنک‌کننده ثانویه) در مجموعهٔ مولدهای بخار انتقال می‌دهد. بخار برای به حرکت درآوردن توربینهای متصل به مولد الکتریکی به کار می‌رود. خنک‌کننده ثانویه دوباره به مایع تبدیل شده و به سیستم برمی‌گردد. جداسازی حلقه‌های آب خنک‌کننده باعث می‌شود که خطر آلوده شدن آبی که وارد محیط زیست می‌شود به حداقل برسد.

طراحی رآکتور

حدود سه‌چهارم رآکتورهای هسته‌ا
دنیا، از آب تحت فشار به عنوا
خنک‌کننده اولیه و بقیه از سدی
مایع برای خنک‌کردن استفاد
می‌کنند.

اورانیوم ۲۳۵ رادیواکتیو است. هسته آن خود به خود به دو اتم کوچک‌تر تقسیم می‌شود و همراه آن گرما و همچنین دو یا سه نوترون آزاد می‌شود. اگر این نوترونها با هسته اورانیوم ۲۳۵ مجاور برخورد کنند، آن را نیز به دو قسمت تقسیم می‌کنند و گرما و نوترونهای بیشتری آزاد می‌کنند. اگر مقدار اورانیوم موجود کافی باشد (حدود ۴ کیلوگرم)، واکنشی زنجیره‌ای آغاز می‌شود که مقدار زیادی انرژی تولید می‌کند: این همان چیزی است که به سلاح هسته‌ای قدرت نابودی می‌دهد. در رآکتور سرعت شکافت را با میله‌های گرافیتی جاذب نوترونهای سریع، به دقت کنترل می‌کنند. بنابراین یک منبع یکنواخت انرژی گرمایی پدید می‌آید که به خنک‌کننده ـ



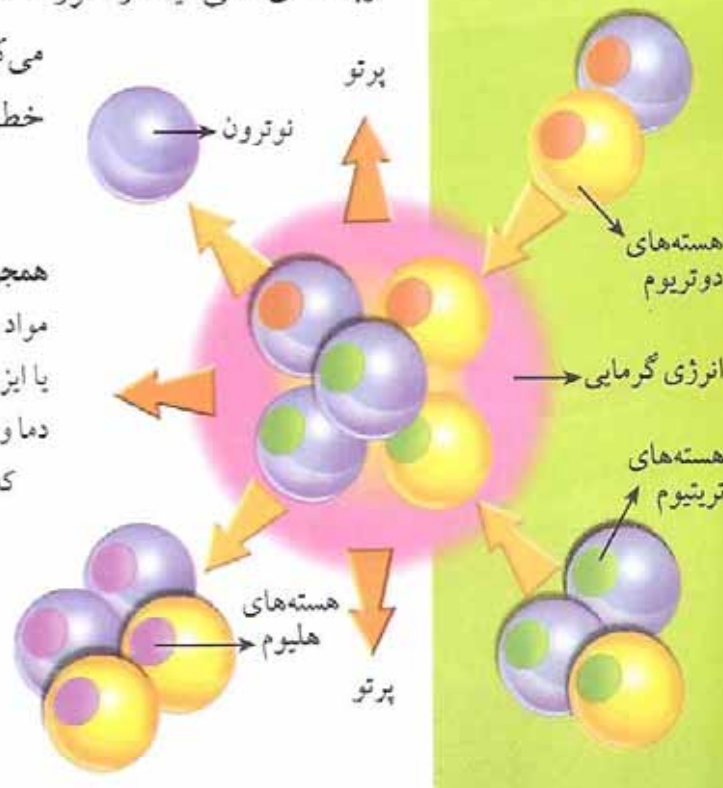
اثر دومینو
شکافت هسته‌ای و گداخت هسته‌ای هر دو از جمله واکنشهای زنجیره‌ای‌اند. آنها را باید به دقت متعادل کرد تا انرژی گرمایی در شرایط کنترل‌شده‌ای آزاد شود.

معمولاً آب تحت فشار تا حدود ۱۵۰ اتمسفر ـ انتقال می‌یابد.

رآکتورهای امروزی بسیار بزرگ و قدرتمندند، طوری که توانایی تولید ۱۰۰۰ مگاوات برق را دارند. مغز آنها متشکل از میله‌های سوختی با قطری حدود ۴ متر است که درون مخزن فولادی با دیواره‌هایی به ضخامت ۲۰ سانتیمتر برای مقاومت در برابر فشار عظیم خنک‌کننده، نگهداری می‌شوند: در حدود ۲۰۰ سیستم فرعی پیچیده برای تداوم بی‌اشکال فعالیت نیروگاه لازم است. اما طرحهای آینده بسیار متفاوت خواهد بود. ائتلافی از کشورهای صنعتی هم اکنون در حال ساختن نسل بعدی رآکتورهایی هستند که کوچک‌تر (حدود ۱۰۰ مگاوات)، ساده‌تر (متشکل از ۲۵ سیستم فرعی)، ارزان‌تر و به طور ذاتی ایمن‌تر از دستگاههای غول‌پیکر امروزی‌اند. احتمالاً نخستین نمونه این طرح در سال ۲۰۰۶ پا به عرصه وجود خواهد گذاشت و شاید مایهٔ تجدید حیات صنعت هسته‌ای شود.

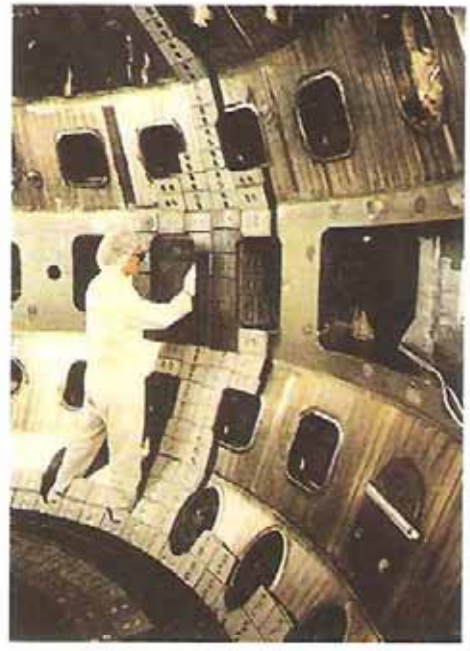
گذشته از بازدهی این طرح، شکافت همواره نقص بزرگی دارد: زباله‌های اتمی. یک رآکتور سالیانه ۲۰ تن سوخت مصرف شده تولید می‌کند که برای بیش از ۱۰۰۰۰ سال به‌طور خطرناکی، خاصیت رادیواکتیویتهٔ خود را

همجوشی هسته
مواد خام مورد استفاده در گداخت هسته‌ای، دو گونه یا ایزوتوپ از هیدروژن ـ تریتیوم و دوتریوم ـ است. دما و فشار بالا، هسته‌ها را وادار به همجوشی می‌کند که در نتیجه آن هلیوم، یک نوترون آزاد، گرما، و پرتو تولید می‌شود.



د حفظ می‌کند. درحال حاضر
معادل ۵۰ سال از این مواد
ز باطله خطرناک "موقتاً" در
ه استخرهای خنک‌کننده پر از
آب ذخیره شده‌اند، اما یافتن
مکانی دائمی با مشکلات
بسیاری همراه است. یکی از مکانهای محتمل برای دفن زباله‌های هسته‌ای
در کوهستان یوکا[1] نزدیک لاس وگاس[2]، به مدت ۲۰ سال با صرف هزینه‌ای
معادل ۷ میلیارد دلار مورد بررسی قرار گرفت، ولی دربارهٔ مناسب بودن
یا نبودن آن تصمیمی اتخاذ نشد.

تنها امید بلندمدت برای رهایی از مواد باطله انرژی هسته‌ای، گداخت است ـ منبعی که انرژی ستاره‌ها و خورشید را پدید می‌آورد. در گداخت، هسته اتمهای هیدروژن به ترکیب با یکدیگر وادار می‌شود و هلیوم و مقادیر زیادی انرژی در واکنشی دنباله‌دار تولید می‌گردد. از لحاظ نظری فقط ۲۵ گرم از ماده خام توانایی تولید انرژی مورد نیاز برای سراسر عمر یک نفر در کشورهای صنعتی را دارد. اما مشکلی وجود دارد. وادار کردن هسته‌ها به همجوشی نیازمند گرمایی معادل ۵۰ میلیون درجه سانتیگراد است تا بتوان بر نیروهای الکتریکی که آنها را از هم دور نگه می‌دارد غلبه کرد ـ کمابیش شبیه هل دادن قطبهای "همنام" دو آهنربای بزرگ به سوی هم است. با وجود میلیاردها دلار سرمایه‌گذاری بر روی تحقیقات گداخت هسته‌ای از دهه ۱۹۵۰ تاکنون، دانشمندان تنها موفق شده‌اند تا واکنش گداخت را فقط برای کمتر از چند ثانیه ادامه دهند.



1. Yucca 2. Las Vegas 3. Stanley Pons
4. Martin Fleischmann 5. Utah

گداخت سرد

در سال ۱۹۸۹، استنلی پونز[3] و مارتین فلایشمن[4] دو دانشمند از دانشگاه یوتا[5]، هنگامی که اعلام کردند موفق شده‌اند با تجهیزات ساده روی میزی، جوش سرد را انجام دهند، تیتر اول روزنامه‌ها و خبرها شدند. با این حال، آزمایشهای بعدی آنها برای تکرار کارشان به نتیجه نرسید و اکثر جامعه دانشمندان گداخت سرد را پدیده‌ای واقعی تلقی نکردند.

رآکتور گداخت

این نمونه اولیه رآکتور گداخت همانند دونات غول‌پیکری است که دربرگیرنده مواد خام هیدروژن داغ است. این مواد به صورت پلاسما هستند ـ مخلوطی از هسته‌های دارای بار مثبت و الکترونهای دارای بار منفی، که توسط آهنرباهای الکتریکی قوی کنترل می‌شود.

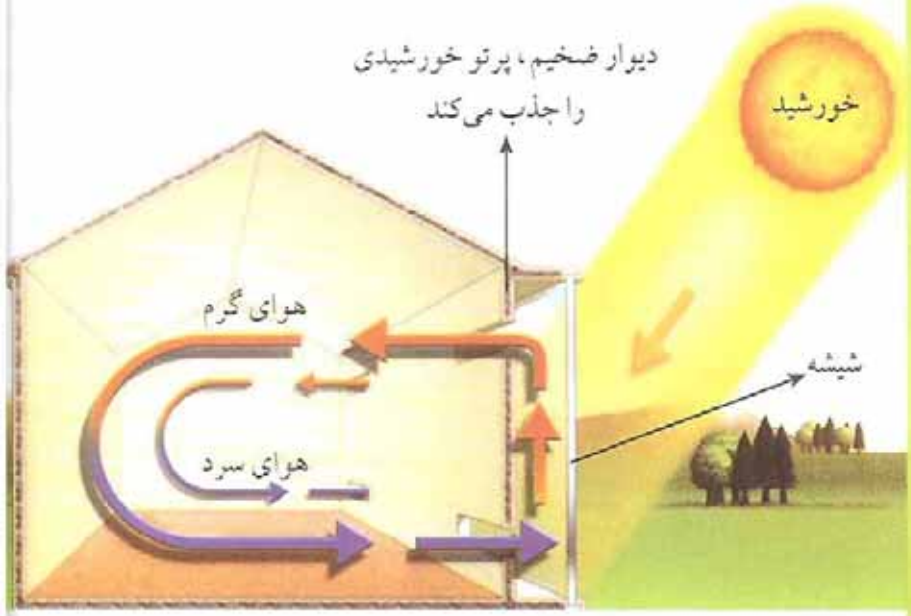
کمتر و تمیزتر

هزینه کردن میلیاردها دلار برای تحقیقات در زمینه فناوریهای جدید انرژ
تنها راه برآورده کردن تقاضای آینده نیست. با استفاده متفکرانه از انرژ
و ارزیابی دوبارهٔ کل زنجیرهٔ تأمین انرژی ـ از چاه نفت و رخساره زغال‌سنگ
تا پریزهای برقی خانه و باک بنزین ماشینهایمان ـ می‌توان تا ۹۰ درصد
در انرژی مصرفی صرفه‌جویی کرد. حفاظت یک سری
روشهای سریع و ملموس برای
کاهش تأثیرات مصرف سوخت
فسیلی ارائه می‌کند، اما این امر نیازمند
این است که همگی شیوه زندگی‌مان را
تا حدودی با شرایط جدید سازگار کنیم.

افزایش بازده انرژی لزوماً به معنای توقف رشد اقتصادی نیست.
عنوان مثال در آمریکا از سال ۱۹۸۰ تاکنون، ثروت فردی به میزان ۰
درصد افزایش یافته در حالی که مصرف سرانه انرژی در همان دوره زمان
حدود ۳ درصد کاهش داشته است. در سراسر جهان ابداعات نو در زمی
معماری، حمل و نقل، طراحی نیروگاهها و تجهیزات الکتریکی،
صرفه‌جویی در مصرف انرژی و تعدیل افزایش جهانی تقاضا برا
سوختهای فسیلی کمک می‌کند.

صرفه‌جویی

حفاظت انرژی ممکن است جذابیت چندانی نداشته باشد، اما تغییر تدریجی الگوی مصرف انرژی شاید بیشتر به صلاح ما باشد تا اینکه به یک راه‌حل سریع فناوری جدید تن دهیم.



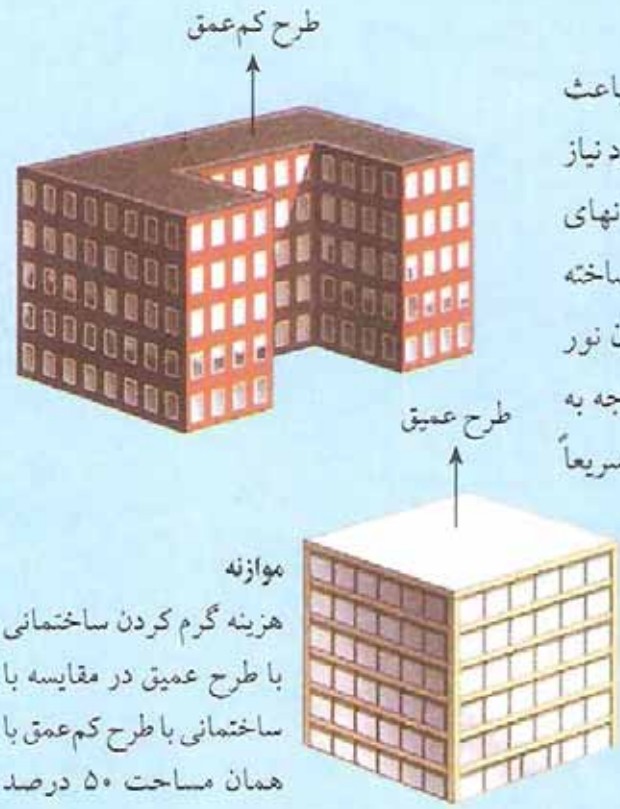
دیوار ترومب

با تغییرات ساده در طراحی ساختمان می‌توان انرژی مصرفی برای گرمایش خانگی را کاهش داد. دیوار ترومب ـ دیواری با مصالح جاذب گرما و با فاصله هوایی از دیوار شیشه‌ای که به نام مخترع آن فلیکس ترومب نامگذاری شده است ـ از انرژی خورشیدی به بهترین نحو استفاده می‌کند.

Trombe wall 2. Felix Trombe

هندسه سبز

توجه دقیق به شکل و حالت ساختمان باعث صرفه‌جویی قابل توجهی در انرژی مورد نیاز برای گرم کردن آن می‌شود. ساختمانهای اداری و کارخانه‌های قدیمی به گونه‌ای ساخته می‌شدند که در طی روز بیشترین میزان نور طبیعی به داخل آنها وارد شود و با توجه به سطح وسیع به کار رفته برای آن حجم، سریعاً گرما را از دست می‌دادند. امروزه معمارها "طرح عمیق" را که گرما را حفظ می‌کند بیشتر می‌پسندند. هزینه روشنایی اضافی مورد نیاز در مقایسه با صرفه‌جویی در گرمایش فضا اندک است.



موازنه

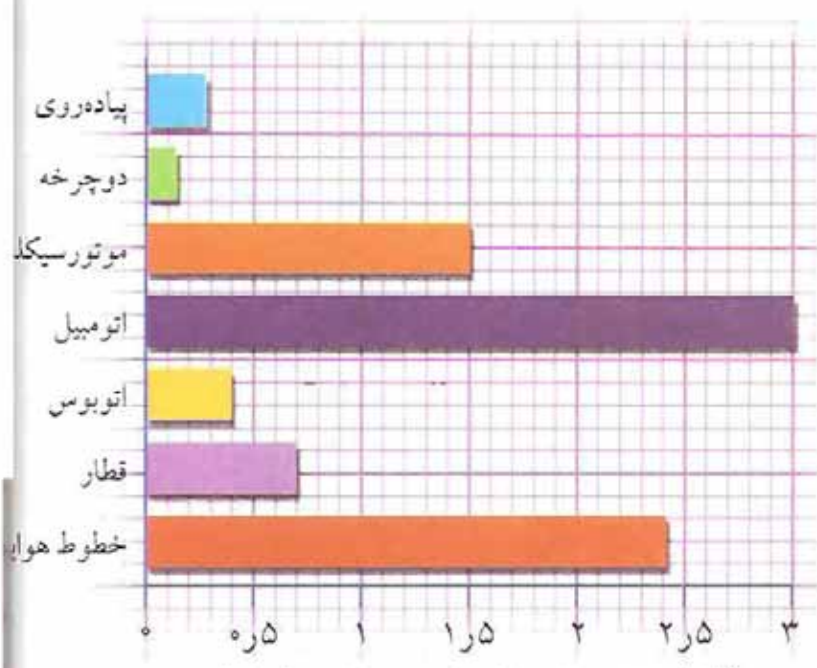
هزینه گرم کردن ساختمانی با طرح عمیق در مقایسه با ساختمانی با طرح کم‌عمق با همان مساحت ۵۰ درصد کمتر است.

نماسازی خانه

در حدود ۳۲ درصد انرژی تولیدی در جهان پیشرفته صرف حمل و نقل می‌شود، ۲۵ درصد برای صنعت و بیش از ۴۰ درصد برای خانه‌ها و اداره‌ها به کار می‌رود. بیشتر انرژی خانگی برای گرم کردن آب و فضای خانه صرف می‌شود و تعجب‌آور نیست که برخی از بزرگ‌ترین موارد صرفه‌جویی در مصرف انرژی در این بخش حاصل شده است. تحقیق در سوئد و کانادا، خانه‌های "سوپرایزوله" را در اختیار ما گذارد، خانه‌هایی با روشهای ساخت ابتکاری که اتلاف انرژی را به حداقل می‌رسانند. در دیوارها لایه‌ای ۲۰ سانتیمتری پشم معدنی عایق را بین دو لایه بتن سبک جای می‌دهند. پنجره‌ها از شیشه‌های سه‌جداره‌اند و سیستم تهویه کنترل‌شده، هوای خروجی را برای گرم کردن اولیهٔ هوای تازه ورودی به کار می‌برد، بنابراین ۷۰ درصد گرمای هوای "مانده" حفظ می‌شود. بعضی از خانه‌های سوپرایزوله به گرمایشی بسیار اندک نیازمندند و تنها گرمای حاصل از روشنایی چراغها، آشپزی و بدن ساکنان خانه برای حفظ دمای

جابه‌جا شدن

این نمودار، انرژی مصرفی در مسافرتی یک کیلومتری را در بین شیوه‌های گوناگون جابه‌جایی مقایسه می‌کند. تحولات اجتماعی همانند استفاده از اتومبیلهای مشارکتی، استفاده بیشتر از وسایل حمل و نقل عمومی و کاهش مسافرتهای هوایی تأثیرات شگرفی بر مصرف جهانی انرژی می‌گذارد.



مگاژول (MJ) به ازای جابه‌جایی هر مسافر در یک کیلومتر

مناسب در سرتاسر سال کافی است.

ساختمانهای دیگر ـ موسوم به طرحهای خورشیدی غیرفعال ـ به گونه‌ای طراحی می‌شوند که با به دام انداختن و حفظ انرژی خورشیدی، هزینه‌های گرمایش را کاهش دهند. این نوع ساختمانها عموماً سطوح شیشه‌ای بزرگی رو به خورشید دارند و همراه با دیواره‌ها و کفهای ضخیمی‌اند که گرما در طول روز ذخیره و در طی شب آزاد می‌کند. بخشی از آنها ممکن است در زیر زمین قرار گیرد: فقط ۳ متر پایین‌تر از سطح زمین، تغییرات دمای فصلی در حدود چند درجه است، در حالی که دمای فصلی در سطح زمین بین ۳۰ و ۱۵ - درجه سانتیگراد تغییر می‌کند. استفاده از زمین به عنوان حایل گرمایی، به حفظ انرژی بسیار کمک می‌کند و از دهه ۱۹۷۰ تاکنون در آمریکا دهها هزار سازه "امن در زمین" ساخته شده است.

در کشورهای صنعتی مانند انگلستان، اتومبیلهای شخصی، سهم حیرت‌آور ۸۰ درصد از کل انرژی مصرفی برای حمل و نقل و نیز ۵ درصد کل کربن دی‌اکسید تولید شدهٔ کشور را به خود اختصاص می‌دهند. تحقیقات گسترده‌ای در زمینه بهبود بازده اتومبیلها انجام شده است که از آن جمله می‌توان اینها را برشمرد: کاهش ضریب مقاومت هوا، استفاده

مواد سبک‌وزن و ساختن موتورهایی که با کامپیوتر کنترل می‌شوند. در تمامی این موارد هدف، بهبود صرفه‌جویی مصرف سوخت اتومبیلهایی است که به صورت انبوه تولید می‌شوند. گسترش اتومبیلهای الکتریکی با "انتشار آلایندگی صفر" نیز همچنان با توجه به مشکل ذخیره انرژی در باتریهای الکتریکی متوقف مانده است. باتریهای اسیدی ـ سربی متداول بیش از ۲۳۰ کیلوگرم وزن دارند، حدود ۸ ساعت طول می‌کشد تا شارژ شوند و دارای دامنهٔ حرکتی تا ۳۲۰ کیلومتر هستند، در حالی که باتریهای پیشرفته‌تر سولفور سدیمی یا لیتیمی بسیار گران‌قیمت‌اند و طول عمر کوتاهی دارند. با این حال اتومبیلهایی که با ترکیب بنزین و برق باتری کار می‌کنند آینده امیدوارکننده‌تری دارند. در این "اتومبیلهای ترکیبی" (هیبرید)، موتور بنزینی سبک‌وزنی توسط موتور الکتریکی که با مجموعه‌ای باتری کوچک کار می‌کند به کار می‌افتد. هنگامی که اتومبیل ترمز می‌کند، موتور به طور معکوس کار می‌کند ـ مانند یک مولد ـ و باتری را پر می‌کند، طوری که هیچ‌گاه به شارژ خارجی نیاز ندارد. این فکر مهندسی مبتکرانه، اکنون در اتومبیلهای خانوادگی استفاده می‌شود که در نتیجه آن مصرف سوخت به ۴ لیتر برای هر ۱۰۰ کیلومتر می‌رسد. کاهش مصرف انرژی و همچنین آلودگی هوا، قابل ملاحظه است.

منفعتهای غیرفعال

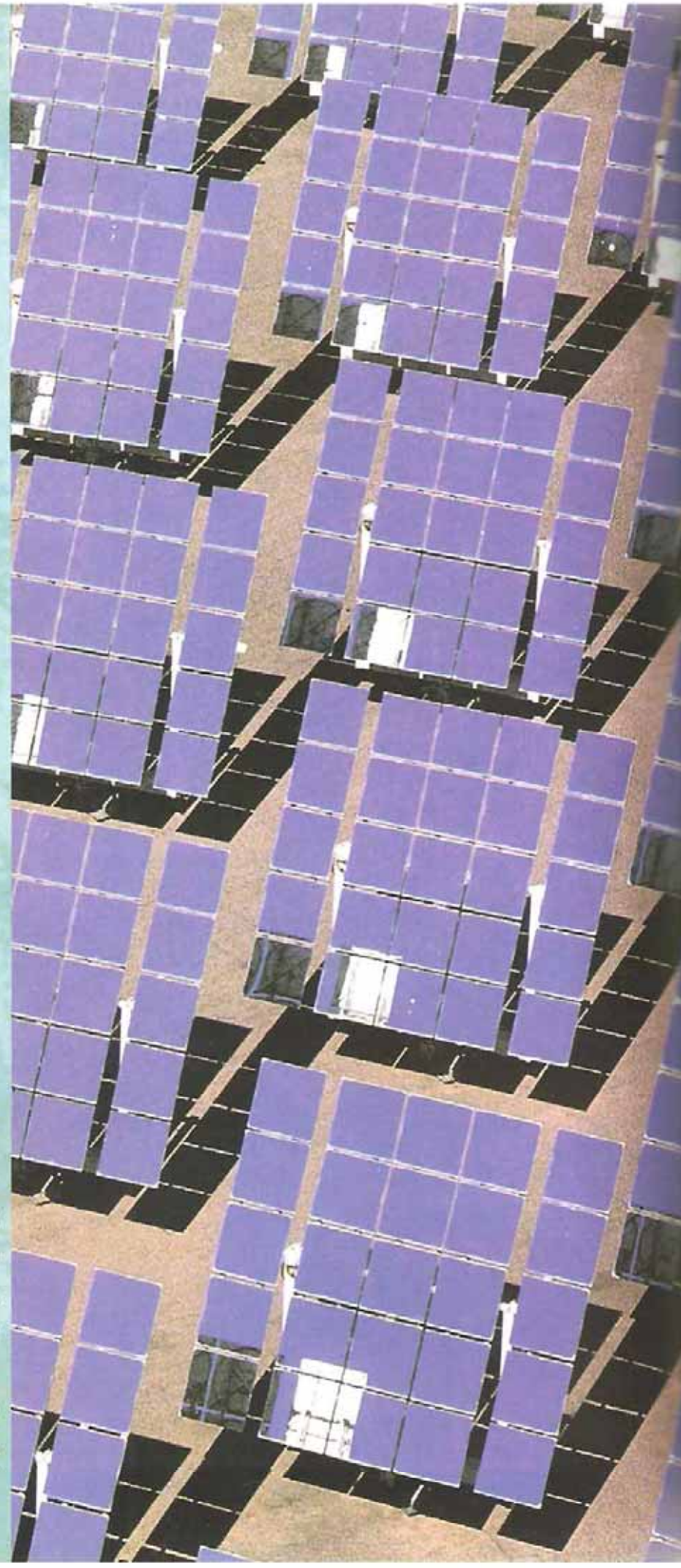
این ساختمان، معماری چشمگیر را با افزایش بازده انرژی همراه کرده است. سطح شیشه‌ای بزرگ، اثر گرمایش خورشیدی را به حداکثر می‌رساند.

اجبار به رانندگی

یک خانواده معمولی در آمریکا تقریباً ۲۰ درصد از درآمد خود را صرف هزینه‌های رانندگی می‌کند ـ یعنی بیشتر از آنچه صرف غذا می‌شود. بهترین تخمینها نشان می‌دهد که سالانه ۳۴ میلیارد لیتر سوخت در راهبندان به هدر می‌رود.

منابع تجدیدپذیر

انرژی، پیرامون ما را فرا گرفته است. قسمت مرکزی زمین همچون دیگی حاوی سنگهای مذاب است و جو سیاره ما با مقادیر عظیمی انرژی خورشیدی، حمام آفتاب می گیرد ـ انرژیی که برای برآوردن ۱۵۰۰۰ برابر کل تقاضای فعلی جهان کافی است. علیرغم وجود این منبع عظیم انرژی تجدیدپذیر طبیعی، ما همچنان به دلیل سهولت، هزینه و منفعت سیاسی، بر سوختهای فسیلی و انرژی هسته‌ای متکی هستیم. مشکل عمده طرفداران انرژی تجدیدپذیر، مهار کردن این منابع پراکنده در مقیاس به قدر کافی بزرگ است. به عنوان مثال نور خورشیدی که به سطح زمین می‌رسد در سطح وسیعی پراکنده می‌شود که جمع‌آوری آن را مشکل و پرهزینه می‌سازد. اما در دهه‌های اخیر، با توجه به دغدغه‌های زیست‌محیطی و بحرانهای همیشگی سوختی، مهندسان فناوریهایی را اختراع و طرح‌ریزی کرده‌اند که انرژی تجدیدپذیر را اقتصادی‌تر ساخته است. استخدام این مهندسان توسط شرکتهایی که فرصتهای خود را بر روی نفت و گاز بنا نهاده‌اند نشانگر این است که انرژی تجدیدپذیر نقش مهمی در زندگی ما در قرن بیست و یکم خواهد داشت.



ردیابهای خورشیدی
ردیفهایی از انعکاسگرها در یک نیروگاه برق خورشیدی در آلبوکرک[1] نیومکزیکو، نور خورشید را بر روی دیگ بخار غول‌پیکری متمرکز می‌کنند.

1. Albuquerque

گرفتن انرژی از آب

انرژی آبی یکی از قدیمی‌ترین و توسعه‌یافته‌ترین فناوریهای انرژ
تجدیدپذیر است. سه‌هزار سال پیش چرخهای آبی به عنوان اولین جایگز
انرژی ماهیچه‌ای برای به حرکت درآوردن آسیا برای آسیا کردن غلات
به حرکت درآوردن آب در سیستمهای آبیاری در اختیار مردم قرار گرفت
این وسایل چوبی پر سر و صدا که مستقل از هم در بخشهای مختلف خا
دور و نزدیک توسعه یافتند، نیای تأسیسات برق‌آبی پیشرفته و عظ
امروزی‌اند که ۱۹ درصد الکتریسیته جهان را با بازده عملیاتی تا ۹۰ درص
تولید می‌کنند.

نیروگاههای برق‌آبی براساس قواعد ساده‌ای کار می‌کنند. توربینها
آب متحرکی که به سمت پایین رودخانه جاری است انرژی می‌گیرند و ا
انرژی را برای چرخش مولدهای الکتریکی به کار می‌برند. ساختن سد
روی رودخانه‌ها، کار کنترل میزان آب را که از توربینها می‌گذرد دقیق
می‌کند؛ بدین ترتیب خروجی نیروگاه را می‌توان با میزان تقاضا وفق دا
بزرگ‌ترین تأسیسات امروزی مانند ایتایپو[1] روی رودخانه پارانا[2] در برز
ظرفیت تولید ۱۰۰۰۰ مگاوات ـ معادل ۱۰ نیروگاه انرژی سوخت فسیل
بزرگ ـ را دارد و با جریان آب در سرعتهای ۹۰۰۰ تن بر ثانیه کار می‌کنا
نیروگاههای موجود، در مقابل نیروگاههای در حال ساخت، حقیر جل

سد کارون ۳

سد کارون ۳ با ۲۰۵ متر ارتفاع بر روی رود کارون در استان خوزستان قرار دارد. سد، انرژی پتانسیل آب ذخیره شده را به ۲۰۰۰ مگاوات انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند.

1. Itaipu 2. Parana

همراهی با جریان

نیروگاههای برق‌آبی قادر به تولید چند صد وات تا بیشتر از ۱۰۰۰۰ مگاوات انرژی هستند. خروجی هر کدام از تأسیسات به حجم آبی که از توربینها می‌گذرد و "ارتفاع" (اختلاف سطح) ـ فاصله عمودی بین توربین و سطح آب دریاچه یا منبع بالایی ـ وابسته است. در نیروگاهی با اختلاف سطح زیاد، آب ممکن است از ارتفاع ۲۰۰ متری از منبع ذخیره، از طریق کانال یا لوله انتقال آبی[1]، به توربین بریزد و فشار آب هنگامی که به توربین می‌رسد حدود ۲۰ اتمسفر خواهد بود. جریانی نسبتاً اندک از این آب پرسرعت برای تولید انرژی خروجی قابل توجهی کفایت می‌کند. در نیروگاهی با اختلاف سطح اندک، که آب از چند متری پایین می‌ریزد، حجم وسیعی از آب و در نتیجه توربینهای بزرگتری لازم است تا از آن مقدار مفیدی انرژی به دست آید.

نیروگاه با اختلاف سطح (ارتفاع) متوسط

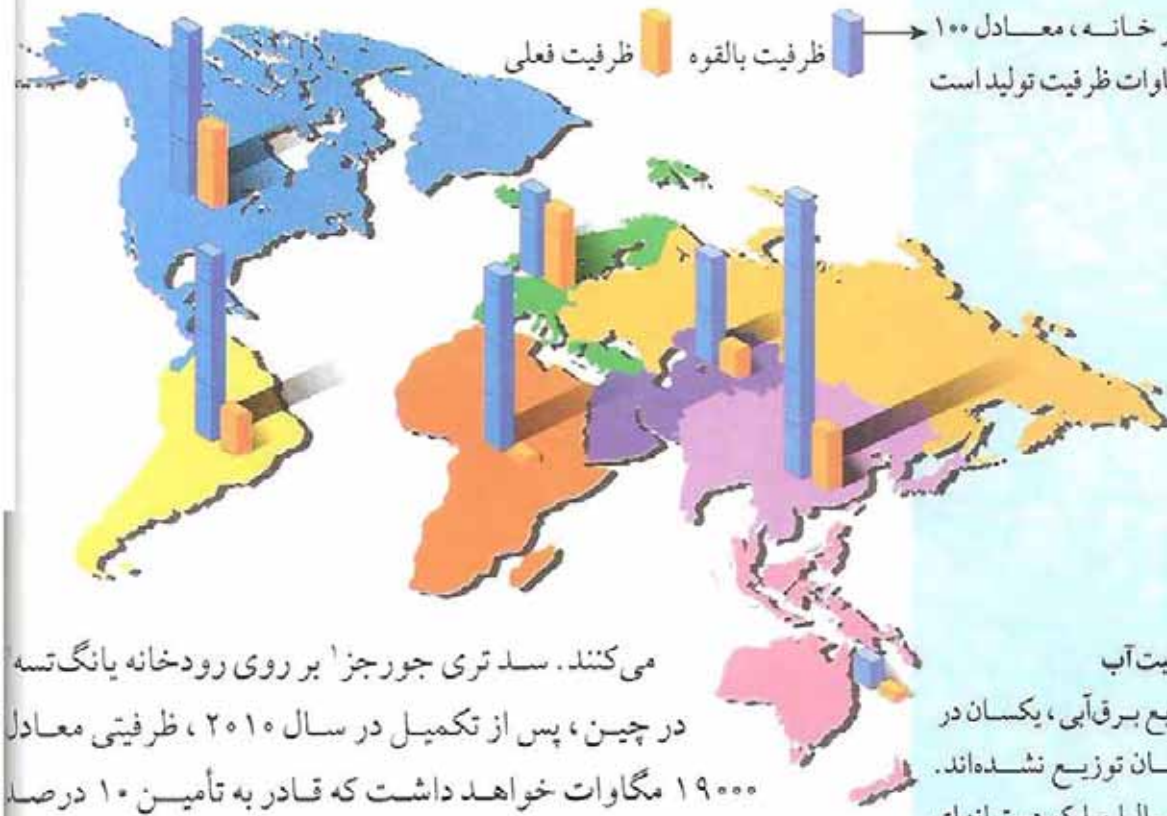
تأسیساتی در مقیاس کوچک با اختلاف سطحی معادل ۳۰ متر، مانند آنچه در بالا نشان داده شده است، می‌تواند از جریان آبی با دبی ۳ مترمکعب بر ثانیه، حدود ۵۰۰ کیلووات انرژی تولید کند.

توربین آبی

توربینهای مورد استفاده در نیروگاه برق‌آبی با اختلاف سطح متوسط، شبیه پروانه‌های کشتی است و عرضی در حدود ۱ متر دارد. پره‌های ثابت بالای پروانه، جریان آب را یکدست و آرام می‌کنند.

---

1. pen- stock



ظرفیت آب

منابع برق‌آبی، یکسان در جهان توزیع نشده‌اند. استرالیا با کوهستانهای معدود و بارندگی اندک، توانایی کمی برای تولید این نوع انرژی دارد، در حالی که در آفریقا ظرفیتهای بالقوه عظیم و فراوان کاملاً بدون استفاده مانده است.

می‌کنند. سد تری جورجز[1] بر روی رودخانه یانگ‌تسه[2] در چین، پس از تکمیل در سال ۲۰۱۰، ظرفیتی معادل ۱۹۰۰۰ مگاوات خواهد داشت که قادر به تأمین ۱۰ درصد الکتریسیته چین است. طول این سازه ۳ر۲ کیلومتر و منبع ذخیره‌ای (دریاچه پشت سد) به عرض ۶۳۰ کیلومتر ایجاد خواهد کرد.

نیروگاههای برق‌آبی

اگرچه انرژی برق‌آبی پاک است و در حین عملیات هیچ‌گونه آلاینده‌ای منتشر نمی‌کند، توسعهٔ گسترده آن به اندازهٔ مورد نیاز، مشکلات آشکاری دارد. منبع ذخیره (دریاچه پشت سد) عظیمی که در طرح یانگ‌تسه ایجاد می‌شود، بیش از یک میلیون نفر را آواره خواهد کرد، ۱۰۰ شهر را در زیر آب فرو می‌برد و بسیاری از زیستگاههای باارزش را نابود می‌سازد. سدها، آلودگیهایی را که از شهرهای بزرگ در بالادست سد به آب وارد می‌شوند متمرکز می‌کنند، و فعالیتهای مهمی را در پایین‌دست آن مختل خواهند کرد. به عنوان مثال، ساخت سد آسوان در مصر در سال ۱۹۶۴ باعث ایجاد اختلال شدید در صنعت ماهیگیری شرق مدیترانه شد.

تولید انرژی برق‌آبی، توانایی توسعه نیافته عظیمی دارد. ظرفیت جهانی

1. Three Gorges 2. Yangtze

موجود امروزی در حدود ۷۰۰ گیگاوات است که سهم کوچکی از میزان تخمینی ۳ تراواتی است که می‌گویند اگر تمامی منابع در دسترس به کار روند، تولید خواهد شد. در حال حاضر، استفاده از انرژی برق‌آبی در سطح جهان در حال افزایش است، اما سرعت آن آهسته و فقط ۵ر۱ درصد در سال است. کار بر روی این گزینه با توجه به نگرانیهای مربوط به عملکرد و کارآیی اقتصادی و تأثیرات زیست‌محیطی حاصل از ساخت منابع ذخیره و سدهای عظیم، به کندی پیش می‌رود.

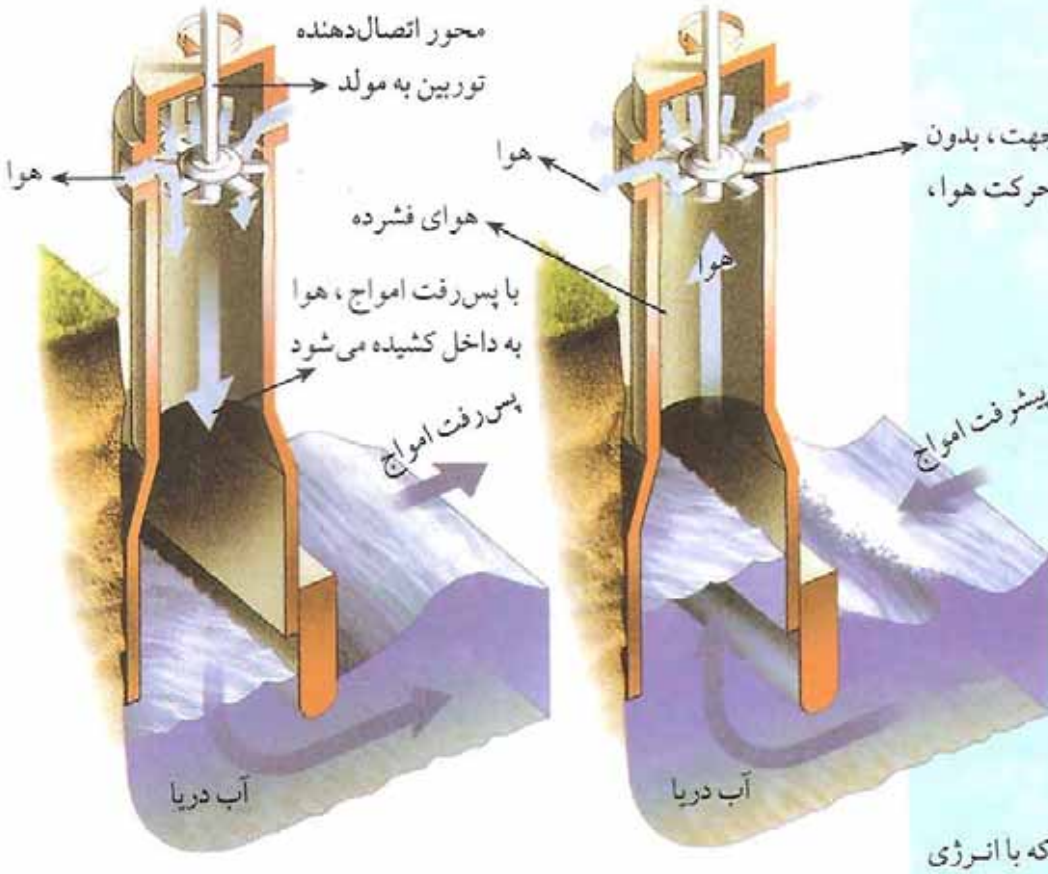
افزایش بهره‌برداری و استفاده از انرژی برق‌آبی در مقیاسهای کوچک‌تر (موسوم به میکرو- برق‌آبی) حیات تازه‌ای به زندگی این فناوری قدیمی بخشیده است. نیروگاههای میکرو- برق‌آبی ظرفیتی کمتر از ۵ مگاوات دارند و برای تأمین نیاز روستاهای محلی و صنایعی که احتیاج به انتقال انرژی به فواصل دور دارند، بهترین‌اند. این نیروگاهها تأثیر اندکی بر محیط و منظره طبیعت دارند و حتی می‌توانند بر روی کانالها و کارهای آبی موجود قرار بگیرند، و بنابراین نیاز به عملیات ساختمانی را به حداقل می‌رسانند. رونق میکرو- برق‌آبی در کشورهایی مانند چین که بیش از ۱۰۰۰۰۰ واحد آن در آنجا تأسیس شده، کاملاً آشکار است. این فناوری به سرعت در سرتاسر جهان گسترش می‌یابد.

انرژی امواج

تولید انرژی برق‌آبی در حقیقت بهره‌گیری غیرمستقیم از انرژی خورشیدی است. این گرمای خورشید است که سیستم آب و هوایی زمین را تنظیم و آب را تبخیر می‌کند تا بعداً به صورت باران برای تغذیه نهرها و رودخانه‌ها فرو ریزد. این نکته در مورد فناوری تجدیدپذیر دیگری نیز که بر مبنای آب جاری است، صدق می‌کند ـ انرژی امواج. امواج هنگامی به وجود می‌آیند که باد آب سطح اقیانوسهای آزاد را به حرکت وامی‌دارد و بدین ترتیب امواج خروشان محلی ایجاد می‌شوند. انرژی متلاطم آنها پراکنده می‌شود و به شکل امواج آرام به فواصل دور ـ تا هزاران کیلومتر ـ منتقل می‌شود.

بالا آمدن موج

انرژی طبیعی اقیانوسها برای موج‌سوارها بسیار آشناست، اما انرژی امواج ممکن است روزی در پاسخ به تقاضای الکتریسیته پاک، به خصوص در کشورهای موج‌خیز مانند کشورهای ساحلی اقیانوس اطلس شمالی، به درد بخورد.



دستگاه ساحلی

در این دستگاه که با انرژی امواج کار می‌کند، اتاق هوا سطح آب را بالا می‌کشاند. با راهیابی امواج به اتاق، هوای محبوس فشرده می‌شود و در نتیجه توربین متصل به مولد را به حرکت وامی‌دارد. با پس‌رفت امواج، هوای مکیده شده به داخل بار دیگر توربین را می‌چرخاند.

امواج تا رسیدن به آبهای کم‌عمق، نزدیک به ۶۰ درصد انرژی خود را به علت اصطکاک با سطح دریا از دست می‌دهند.

اساساً مهار انرژی امواج دشوارتر از مهار انرژی رود جاری است. امواج همیشه در یک جهت و یکنواخت حرکت نمی‌کنند و هر گونه وسیله‌ای که برای گرفتن انرژی آنها تحت شرایط "عادی"(معمولی) دریا طراحی می‌شود، باید توانایی مقاومت در برابر توفانهای سهمگین را نیز داشته باشد. این مشکلات هیچ‌گونه خللی در کار مهندسان برای ابداع وسایل مبتکرانه جهت استفاده از انرژی امواج وارد نکرده است. این وسایل به دو گروه کلی شناور و ثابت تقسیم می‌شوند.

حسن دستگاههای شناور آن است که می‌توان آنها را به دور از ساحل یعنی جایی که امواج پرانرژی‌اند به کار گرفت، اما رسیدگی روزمره به آنها مشکل و کابلهای انتقال انرژی به ساحل طولانی و در خطر آسیب دیدن است. دستگاه شناور نویدبخشی معروف به "کلام[1]"، حلقه دونات‌شکلی

1. The clam

است با ۱۲ محفظه که از داخل به هم متصل شده است (قطری در حدود ۷۰ متر دارد). هر محفظه درزبندی شده و پر از هوا، دیوار لاستیکی انعطاف‌پذیری رو به آبهای آزاد دارد. هنگامی که امواج به دیواره ضربه می‌زنند، هوای درون محفظه ـ از طریق توربین ـ با فشار به محفظه مجاور وارد می‌شود و مولدهای کوچک متصل به توربین، انرژی تولید می‌کنند.

توربینهای موجی
توربینهای زیرآبی در حدود ۲۰ متر قطر دارند و می‌توانند ۶ر۰ مگاوات انرژی از جریانهای جزر و مدی تولید کنند. مجموعه‌هایی شبیه به این، طی دهه‌های آینده ممکن است از مناظر عادی سواحل ما شوند.

دستگاههای ثابت، یا محکم به بستر دریا در قسمتهای کم‌عمق ثابت می‌شوند یا در ساحل نصب می‌شوند، و بنابراین دسترسی و قابلیت اطمینان بهتری دارند. در بسیاری از طرحها، برای فشردن هوا که به نوبه خود توربین را به حرکت درمی‌آورد از انرژی امواج استفاده می‌شود.

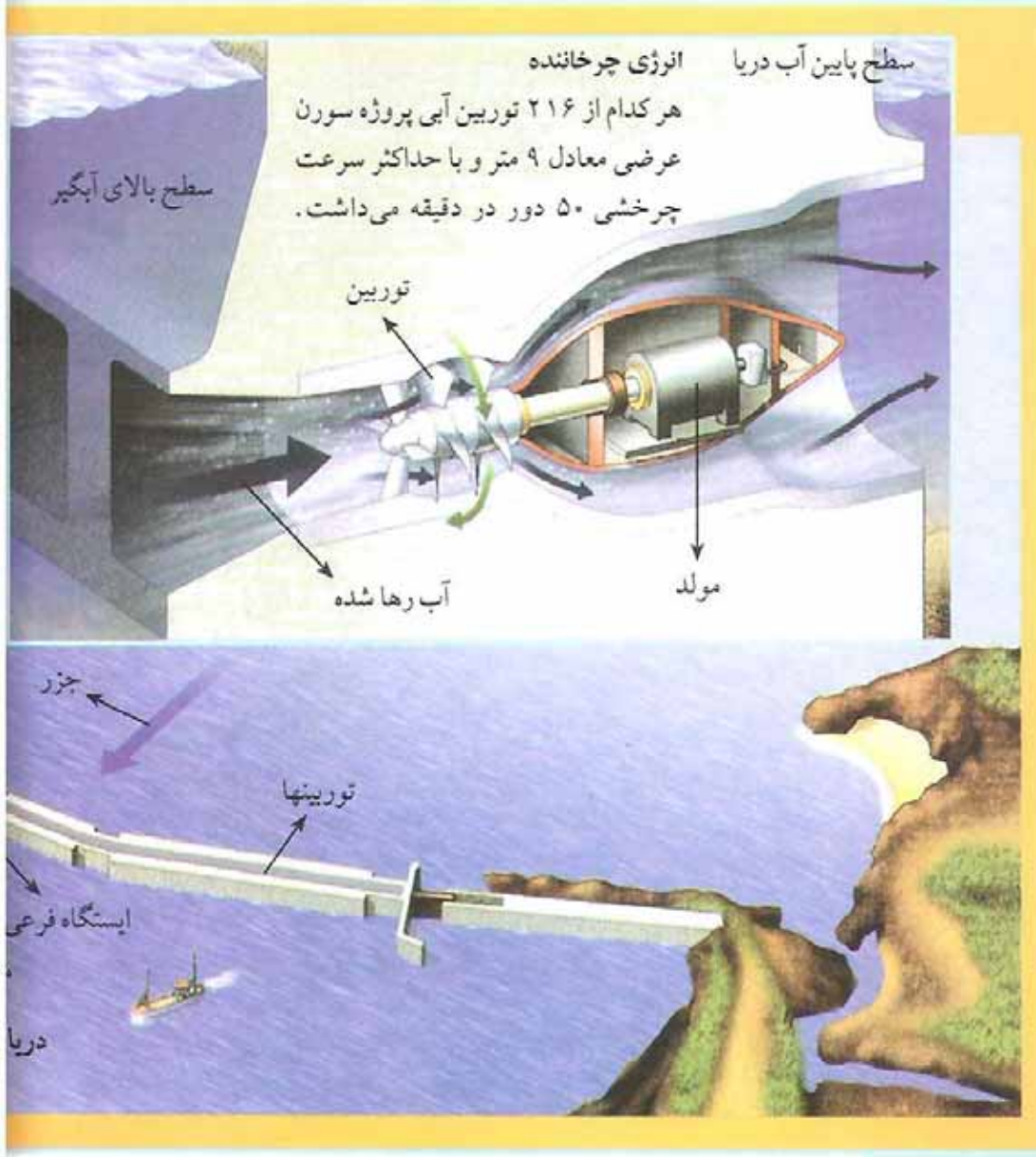
تاکنون، دستگاههای شناور تنها در مراحل نمونه اولیه، آزمایش شده‌اند. دستگاههای ثابت در کشورهایی مانند بریتانیا، پرتقال و نروژ که توسط دریا احاطه شده‌اند و در آنها هزینه‌های بالای توسعه و نصب در درازمدت جبران می‌شود، در حال تولید انرژی‌اند. شورای جهانی انرژی تخمین می‌زند که از لحاظ نظری، ۲ تراوات انرژی ـ یک‌ششم تقاضای جهانی ـ را می‌توان از اقیانوسهای جهان به دست آورد، اما واقعیت این است که تبدیل انرژی امواج، هنوز در ابتدای راه است. شاید طی چند دهه آینده این فناوری تنها در مناطق دورافتاده و توفانی، که انرژیهای معمول در آنجا گران است، جایگاهی بیابد.

تبدیل جزر و مد

بالا و پایین رفتن روزانه جزر و مد، منبع انرژی پاک، عظیم و کاملاً دست‌نخورده‌ای ـ تا ظرفیت ۱۰۰۰ گیگاوات طبق بعضی از برآوردها ـ عرضه می‌کند. در قرون وسطی از آسیاهای جزر و مدی در اروپای شمالی برای آسیا کردن غلات استفاده می‌شد، اما در طرحهای امروزی نظر بر آن است که از جریان آب جزر و مد در مقیاسهای بزرگ‌تری بهره‌برداری کنند.

ماه و جزر و مد
بالا و پایین رفتن آب دریا در اثر جاذبه کششی ماه بر روی آب اقیانوسهای جهان است. این نیرو، آب را به سمت بالا می‌کشد، در نتیجه آب در نزدیک‌ترین سمت به ماه به صورت یک برآمدگی بالا می‌آید. هنگامی که کره زمین در طول روز حول محور خود می‌چرخد، این بالا آمدن موقتی سطح آب به ترتیب در تمامی دریاهای کره جغرافیایی دیده می‌شود.

به طور کلی دو رهیافت مهندسی برای استفاده از جزر و مد به عنوان منبع انرژی تجدیدپذیر وجود دارد. در روش اول، از مجموعه‌ای از توربینهای بزرگ، مانند آسیاهای بادی، در زیر آب در محلهایی که جزر و مد قوی اتفاق می‌افتد، استفاده می‌کنند. این نقاط ـ کانالهای بین جزایر یا اطراف دماغه‌ها ـ معمولاً کمیاب‌اند. اما تعداد آنها آنقدر هست که در تأمین نیاز آینده انرژی سهم قابل توجهی ایفا کنند. این فناوری حمایت مشتاقانه دولتها و صنعت را به همراه دارد. روش دوم بسیار شبیه نیروگاههای برق‌آبی موجود است، زیرا در این روش از آب‌بندهایی وسیع شبیه سد برای به دام



انداختن جزر و مد ورودی و سپس رها کردن این آبها به سوی مجموعه‌ای از توربینها استفاده می‌شود. طرحهای آزمایشی موفق در روسیه، و فرانسه، یعنی کشوری که نیروگاه لارانس[1] در استان بریتانی[2]، ۳۰ سال است که ۲۴۰ مگاوات انرژی را تولید می‌کند، به ثبت رسیده‌اند. با این حال، بزرگ‌ترین و بلندپروازانه‌ترین پروژه‌ها مانند آب‌بند ۹ گیگاواتی بر روی دهانه رود سورن[3] انگلستان به دلیل تردید در هزینه‌های گزاف آن به اشکال برخورده‌اند و در همان حد طرح باقی مانده‌اند. همچنین دورنمای ساختن این‌گونه آب‌بندها بر روی بزرگ‌ترین دهانه رودهای دنیا، اعلام خطری

نیروگاه انرژی جزر و مدی به این طریق کار می‌کند که به مد پیش‌رونده امکان حرکت به سوی دریچه‌های آب‌بند را می‌دهد، سپس آب حاصل از جزر و مد را در پشت آب‌بند به دام می‌اندازد و نگه می‌دارد. در جزر، آب به دام افتاده از طریق مجموعه‌ای از توربینهای متصل به مولدهای الکتریکی آزاد می‌شود. اگر این آب‌بند بر روی دهانه رود سورن بسته می‌شد، آبگیر حاصل از آن مسافتی معادل ۴۸۰ کیلومتر مربع را به خود اختصاص می‌داد.

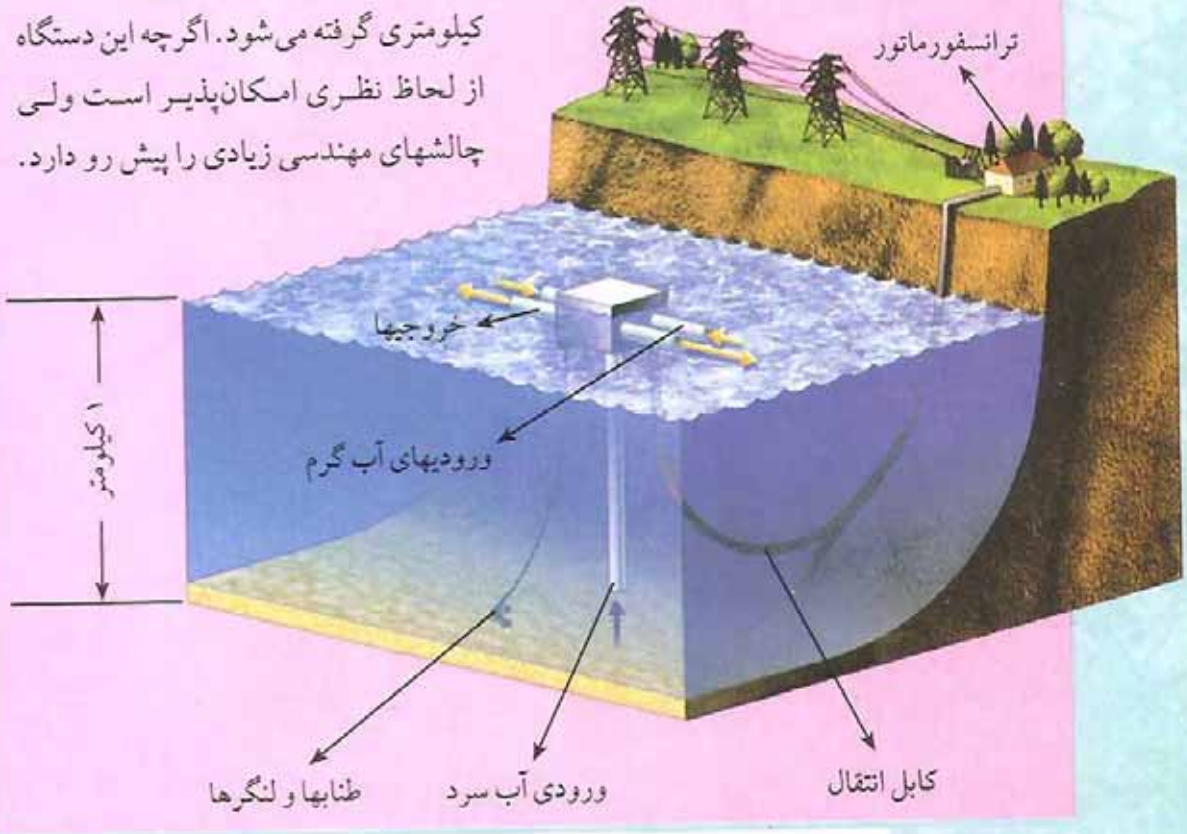
پروژه سورن

ساحل غربی انگلستان به دلیل تغییر زیاد ارتفاع آب در هنگام جزر و مد ـ در حدود ۶ متر ـ مکانی بسیار مناسب برای نیروگاه انرژی جزر و مدی است. دهانه رود سورن به دلیل جزر روزانه و تقویت جریان جزر و مد به خاطر شکل خاص کانال ـ تقریباً شبیه اثر لب‌پر زدن آب در وان حمام، هنگامی که با تناوب مناسب جلو و عقب می‌روید ـ مکان بسیار مناسبی است. در پروژه مطرح شده در دهه ۱۹۸۰ نظر بر آن بود که آب‌بندی ۱۶ کیلومتری بر روی رود سورن ساخته شود که می‌توانست ۷ درصد از نیاز انرژی بریتانیا را از طریق ۲۱۶ توربین به کار رفته در طول مسیر تأمین کند. اگرچه بعدها در سال ۱۹۸۸، هزینه‌های پروژه فراتر از ۸ میلیارد پوند رفت و احداث چنین آب‌بند عظیمی هرگز صورت واقعیت به خود نگرفت.

1. La Rance 2. Brittany 3. Severn

انرژی گرمایی اقیانوس

دریا گردآورندهٔ عظیم انرژی خورشید است. در نواحی استوایی و گرمسیری، خورشید دمای آبهای سطحی را تا بیش از ۲۵ درجه سانتیگراد می‌رساند، در حالی که دمای آب در اعماق دریا در حد ۵ درجه سانتیگراد باقی می‌ماند. دستگاهی موسوم به مبدل انرژی گرمایی اقیانوس[1] می‌تواند با استفاده از اختلاف دما، مانند یک یخچال معکوس برای تولید الکتریسیته عمل کند. نمونه‌های اولیهٔ این دستگاه از واحد شناوری، که از سازوکار "یخچال" همراه با مبدل استفاده می‌کند، تشکیل شده است. آب گرم از سطح دریا و آب سرد توسط لوله‌هایی از عمق ۱ کیلومتری گرفته می‌شود. اگرچه این دستگاه از لحاظ نظری امکان‌پذیر است ولی چالشهای مهندسی زیادی را پیش رو دارد.



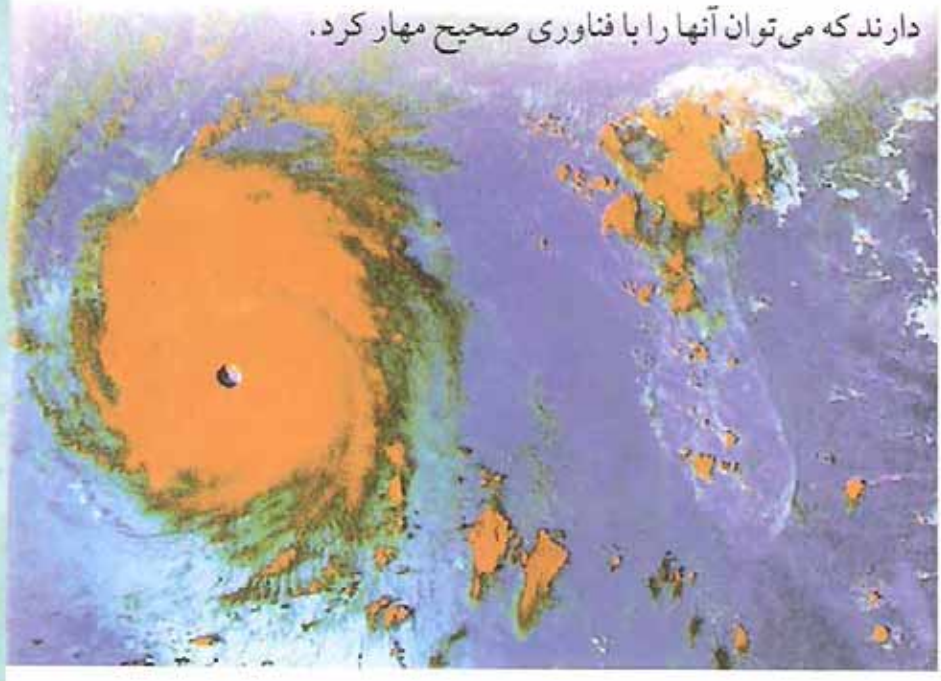
برای حافظان محیط زیست است. این سازه‌ها ممکن است باعث جلوگیری از مهاجرت ماهیها شوند و بر گونه‌های خاصی از پرندگان که از لجن‌زارهای جزر و مدی تغذیه می‌کنند تأثیر بگذارند. از سوی دیگر، آب‌بندها منافع زیادی دارند. گذشته از تولید مقادیر زیادی الکتریسیته پاک، آنها قادر به مقابله با سیلهایی‌اند که در نتیجه گرم شدن زمین، بیش از پیش به امری معمولی تبدیل می‌شوند.

1. Ocean Thermal Energy Convertor (OTEC)

گرفتن انرژی از باد

گرفتن انرژی از باد به دوران بلوغ خود رسیده است. امروزه تولید الکتریسیته از باد واقعاً ارزان‌تر از تولید الکتریسیته در نیروگاههای زغال‌سنگی یا هسته‌ای است و پیشرفتهای فناوری از لحاظ هزینه، صنعت گسترده باد را به رقابت با گاز سوق داده است. هم اکنون نیروی باد، در سرتاسر جهان ۱۷۰۰۰ مگاوات انرژی را تأمین می‌کند که برای بیش از ۱۰ میلیون خانواده کافی است و طبق نظر بانک سرمایه‌گذاری آلمان، این ظرفیت طی چند سال آینده، سالانه ۲۵ درصد رشد خواهد داشت.

باد یکی از فراوان‌ترین منابع کره زمین است. باد هنگامی به وجود می‌آید که یک طرف جو زمین بیشتر از ناحیه دیگر توسط خورشید گرم شود. تفاوت در دمای هوا، موجب اختلاف فشار می‌شود و باد، جریان هوا از مناطق پرفشار به کم‌فشار است. بعضی از بادها نتیجه حرکت چرخشی هوا در مقیاسی وسیع در جو زمین‌اند: این بادهای همیشگی در مناطق معتدل از غرب و در مناطق استوایی از شرق، که باد بِسامان نامیده می‌شوند، می‌وزند. افزون بر این سامانه‌های اصلی جهانی باد، بادهای محلی قابل پیش‌بینی ـ نسیم ملایم دریا و بادهای دره و کوهستان ـ وجود دارند که می‌توان آنها را با فناوری صحیح مهار کرد.



جبهه هوا

توفان شدید اندرو[1] در سال ۱۹۹۲ خلیج مکزیک را با سرعت ۲۵۰ کیلومتر در ساعت درنوردید. این گونه توفانها که به ندرت روی می‌دهند، خرابیهای فراوانی به بار می‌آورند، اما توفانهای ضعیف‌تر، بادهای قابل اطمینان‌تری هستند که می‌توان از آنها برای تولید انرژی استفاده کرد.

1. Andrew

انسان حدود هزار سال است که از انرژی محرک باد استفاده می‌کند. طرح اولین آسیاهای بادی از قایقهای بادی اقتباس شده است که از بادبانهای برزنتی عظیم متصل به بازوهای شعاعی برای به چرخش درآوردن محور مرکزی استفاده می‌کنند. این گونه دستگاهها در بابل و چین حدود ۲۰۰۰ سال پیش از میلاد برای تلمبه کردن آب و آسیا کردن غلات به کار می‌رفت، و در قرن دوازدهم، این فناوری در اروپا گسترش یافت. در دهه ۱۷۰۰ میلادی، در جای‌جای انگلستان پیش از صنعتی شدن، ماشینهای بادی که تعدادشان بیش از ۱۰۰۰۰ بود به چشم می‌خورد، اما انرژی باد با رواج انرژی بخار و زغال‌سنگ، ارزش خود را از دست داد. این انرژی دیگر بی‌رونق ماند تا اینکه بحران انرژی در سال ۱۹۷۳ منجر به تحقیقات تازه‌ای درباره انرژی باد در مقیاس تجاری شد.

توربینها
در سرعتهای بالای باد، توربینهای بادی با دو یا سه پره بازده بیشتری نسبت به طرحهای سنتی چندپره‌ای دارند. پره‌های شبیه ملخ هواپیما که در این عکس می‌بینید، تجهیزات توربینی یک مگاواتی است.

در حال پرواز

توربینهای بادی مدرن بیشتر الهام‌گرفته از فناوریهای فضایی‌اند تا طرح قایق بادی ـ در واقع مقداری از پیشرفتهای اولیه توسط ناسا[1] برای دولت آمریکا انجام شده است. اولین تولید انبوه توربینهای بادی مدرن با بازده بالا در اوایل دهه ۱۹۸۰ در دانمارک انجام شد. مهندسان به پیشرفتهای چشمگیری در توان خروجی و قابلیت اطمینان توربینها دست یافته‌اند، اما مبنای طرح اکثر ۲۰۰۰۰ توربین بادی به کار رفته در سراسر جهان برای تولید برق در مقیاسهای بزرگ، همان مدلهای اولیه دانمارکی است. دو و بعضی اوقات، سه پرهٔ شبیه به بال، به محوری افقی که مولد الکتریکی را توسط مجموعه‌ای از چرخدنده‌ها به چرخش درمی‌آورد، متصل شده‌اند. پره‌ها همان‌گونه که بالهای هواپیما، نیروی بالابری را تولید می‌کنند،

1. NASA

انـرژی باد را به انـرژی حرکتی (جنبشی) تبدیل می‌کنند. کل این مجموعه اعم از پـره‌ها، دنده‌ها و مولد به گونه‌ای می‌چرخـد که به طور عمـودی و مستقیـم در معرض باد قرار بگیرد و حداکثـر تبدیل انرژی انجام می‌شـود.

انـرژی تولید شـده توسط توربین، بستگی به قطر پره‌ها و سـرعت باد دارد. به این دلیـل، توربینها را در بالای برجهایـی به ارتفاع ۵۰ متـر و در مکانهای باز و نواحی ساحلـی نصب می‌کننـد تا تمـاس با باد را به حداکثر برسانند. بزرگ‌ترین واحـدها با پره‌های عظیم، قادر به تولیـد بیـش از ۱ مگاوات انـرژی‌اند، اما بسیـاری از واحدهای کوچک‌تر (هر کـدام با توان تولیـد ۲۰۰ کیلووات) اغلب به صـورت گروههای ده‌تایی یا صـدتایی در "مراکز تولید انرژی بادی" که به سـرعت به منظره‌ای عادی در جهان تبـدیل می‌شـوند قرار می‌گیـرند. اروپا پیشتـاز این صنعت رو به رشـد است ـ ۱۳ درصد الکتریسیته دانمارک از منابع بادی به دست می‌آید ـ اما بیشترین پروژه‌های بلندپروازانه را آمریکا دارد. نیروگاهی متشکل از ۳۰۰ توربین در محل آزمایشی در ایالت نوادا نزدیک مرز کالیفرنیا قادر به تولید ۲۵۰ مگاوات انرژی در سال ۲۰۰۵ خواهد بود.

صدای نیروگاه بادی
منتقدان انـرژی باد از زشتی تصـویر و آلـودگـی صـوتی نیروگاههـای بادی شـکایت می‌کننـد. نصـب مجمـوعه توربینهـا در مناطق دورافتاده و حتـی کرانه‌های ساحلی به تقلیل ایـن نگرانیهـا کمـک شایانی کرده است.

گرفتن انرژی از آفتاب

خورشید یک رآکتور عظیم گداخت هسته‌ای است. در هر ثانیه ۵ میلیارد کیلوگرم ماده را به انرژی تبدیل می‌کند که در نتیجه این واکنش، دمای مرکز آن به ۴۰ میلیون درجه سانتیگراد و دمای سطح آن به ۶۰۰۰ درجه سانتیگراد می‌رسد. در حقیقت، تنها بخش کوچکی از انرژی خروجی خورشید به سیاره ما می‌رسد. بیشتر آن به فضا تابیده می‌شود و یا توسط جو خارجی زمین جذب یا منعکس می‌شود. اما با وجود این همه اتلاف، انرژی ورودی که در یک روز آفتابی تابستان به یک مترمربع از سطح زمین می‌رسد در حدود ۱ کیلووات است. مقدار انرژی خورشیدی رسیده به ایالات متحده در طول یک سال بیش از ۲۰۰۰ برابر کل انرژی تولیدی تمام نیروگاههای زغال‌سنگی آن کشور است.

سرزمینهای آفتابی
در اروپای شمالی و بخشهای شمالی آمریکا مقدار انرژی خورشیدی در دسترس، در ماه تیر ۱۰ برابر دی است. با این حال در همین نواحی معتدل، موارد زیادی وجود دارند که کاربرد انرژی خورشیدی در آنها جاذبهٔ اقتصادی دارد و به‌صرفه است.

چشم‌اندازهای روشن‌تر

بسیاری از دانشمندان بر این باورند که انرژی خورشیدی در درازمدت به مهمترین فناوری تجدیدپذیر تبدیل خواهد شد. یکی از دلایل آن حضور دائمی و فراگیر انرژی خورشیدی است. برخلاف انرژیهای باد، موج و جزر و مد که تنها در مکانهای بخصوصی قابل بهره‌برداری‌اند، نور خورشید همه جا وجود دارد. از این انرژی حتی می‌توان در نواحی معتدل همواره ابری نیز استفاده کرد. نور خورشید را می‌توان توسط دستگاههای کوچک در مقیاس خانگی جذب کرد و نگه داشت، و بنابراین مصرف‌کننده نهایی از وابستگی به تولید انرژی متمرکز آزاد خواهد شد.

روشهای متفاوتی برای تبدیل انرژی خورشیدی به شکلهای مفیدی از

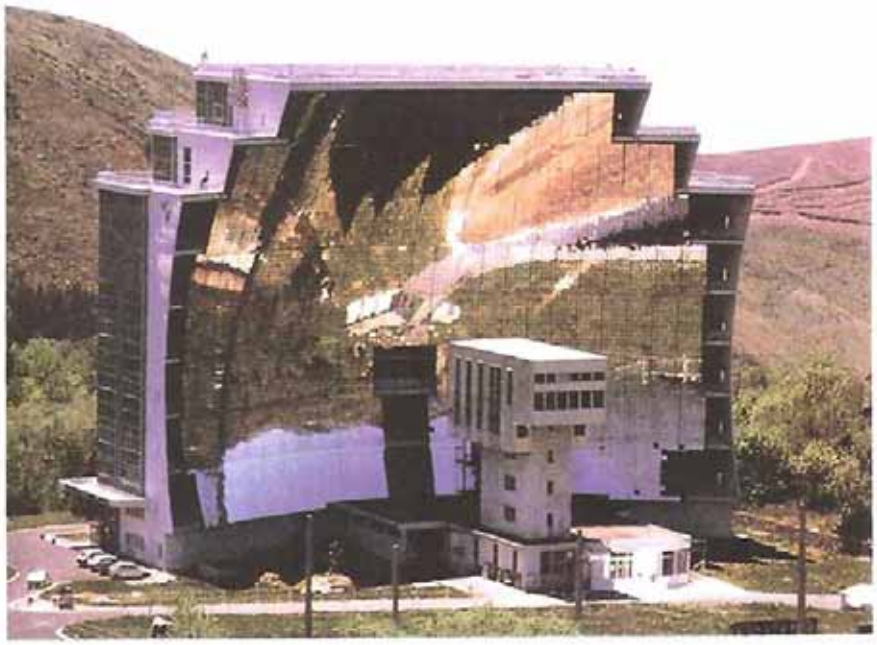
نرژی الکتریکی و گرمایی وجود دارد. در مقدماتی‌ترین سطح، سیستمهای غیرفعال هستند که از طراحی هوشمندانه‌ای برای به حداکثر رساندن انرژی خورشیدی "طبیعی" جمع‌آوری شده و باقیمانده در خانه‌ها، اداره‌ها و کارخانه‌ها بهره می‌برند. اما سیستمهای فعال متفاوت‌اند زیرا فقط انرژی خورشیدی را جمع نمی‌کنند، بلکه آن را متمرکز می‌کنند و طی فرایندهایی به درجات بالاتری از انرژی تبدیل می‌کنند.

یکی از اولین گزارشها از سیستم خورشیدی فعال، در افسانه‌های قرن دوم پیش از میلاد یونان آمده است. ارشمیدس[1] ریاضیدان یونانی، استادی و ابتکار خود را در جنگ یونانیان علیه رومیان که زادگاهش سیراکیوز[2] را محاصره کرده بودند، به کار برد. ارشمیدس به سربازان یونانی آموزش داد تا از سپرهای مفرغی براق خود همچون آینه برای منعکس کردن آفتاب شدید مدیترانه بر روی قایقهای رومیان استفاده کنند. به این طریق یونانیها موفق شدند تا بادبادنهای رومی را قبل از رسیدن قایقها به ساحل آتش بزنند. شاید داستان ارشمیدس کاملاً ساختگی باشد اما بر اصول علمی منطقی و دقیقی استوار است. همین اصول در قرن بیستم توسط مهندسان برای ساخت کوره‌ها و نیروگاههای خورشیدی عظیم در کشورهایی مانند اسپانیا و ایتالیا و ایالت کالیفرنیا که میزان تابش خورشید در آنجا کاملاً

نیروگاه خورشیدی

این نیروگاه انرژی خورشیدی در بارستو[3] کالیفرنیا از طرح مدوری متشکل از ۱۸۰۰ آینهٔ ۷×۷ متر تشکیل شده است. آینه‌ها نور خورشید را بر روی جمع‌کننده‌ای مرکزی متمرکز می‌کنند و دمای آن را تا ۵۱۰ درجه سانتیگراد بالا می‌برند.

1. Archimedes 2. Syracuse 3. Barstow



سهمی
منعکس‌کننده عظیم سهمی‌شکل در نیروگاه خورشیدی اودیو ـ فون ـ رومئو[1] در پیرنس[2] فرانسه به ویژه در جمع‌آوری و متمرکز کردن نور خورشید کاراست.

کافی است، به کار رفته است. این نیروگاهها از صدها آینه تخت یا آینه خودکار تشکیل یافته‌اند که به گونه‌ای تنظیم می‌شوند تا نور خورشید را به سمت یک دریافت‌کننده مرکزی ـ که معمولاً بر بالای برج نصب می‌شود ـ هدایت کنند و در نتیجه دمای آن را به بیش از ۶۰۰ درجه سانتیگراد برسانند. برای خنک کردن دستگاه دریافت‌کننده و انتقال انرژی خورشیدی متمرکز که بعداً برای تولید بخار به کار می‌رود از روغنهای مصنوعی استفاده می‌کنند. بخار تولید شده، به نوبه خود، توربینهای معمولی متصل به مولد را به کار می‌اندازد.

بزرگ‌ترین نیروگاههای خورشیدی با توان تولیدی ۱۰ مگاوات انرژی می‌توانند سهم چشمگیری در رفع نیاز الکتریسیته عمومی داشته باشند، اما در مقیاس بسیار کوچک‌تر، فناوری مشابه چشم‌انداز خوبی دارد. به عنوان نمونه در جهان در حال توسعه، ۷۵ درصد انرژی مصرفی خانگی برای پخت غذا به کار می‌رود (در مقایسه با آمار تقریباً یک درصدی آمریکا). جمع کردن

پختن غذا
استفاده از اجاقهای خورشیدی در کشورهای در حال توسعه به جبران خسارتهای زیست‌محیطی در اثر جمع کردن هیزم کمک می‌کند.

1. Odeillo -Font-Romeau 2. pyrennees

هیزم به کارگران زیادی نیاز دارد و افزایش تقاضا برای سوخت، باعث ایجاد مشکلات زیست‌محیطی از جمله جنگل‌زدایی و بیابان‌زایی می‌شود. در این گونه کشورها، اجاق خورشیدی راهکار مناسبی است. کارآمدترین نمونه‌های این اجاقها بیشتر بر پایه آینه‌ای سهمی‌شکل با قطر ۱ مترند. آینه بشقابی‌شکل، نور جمع‌آوری شده خورشید را در نقطه کوچکی که ظرف غذا قرار دارد متمرکز می‌کند. با استفاده مناسب از این کوره‌های خورشیدی می‌توان ۱ لیتر آب را در کمتر از ۳ دقیقه به دمای جوش رساند. از همه مهمتر آنکه ساخت کوره‌های خورشیدی ارزان است و غیر از نور خورشید به سوختی نیاز ندارد.

آب داغ

در حال حاضر، بیشترین کاربرد انرژی خورشیدی در جهان پیشرفته، تأمین آب گرم خانه‌ها و استخرهای شناست. تنها در ایالات متحده، بیش از دو میلیون خانه به "صفحات جمع‌کننده تخت" مجهزند که نور خورشید را با بازده حدوداً ۵۰ درصد به آب گرم رضایت‌بخشی تبدیل می‌کنند. جمع‌کننده‌ها از صفحات فلزی نازک سیاه‌رنگی تشکیل شده‌اند تا میزان جذب پرتو خورشیدی را به حداکثر برسانند. گرمای جذب شده، به یک شبکه از

صفحات جمع‌کننده تخت

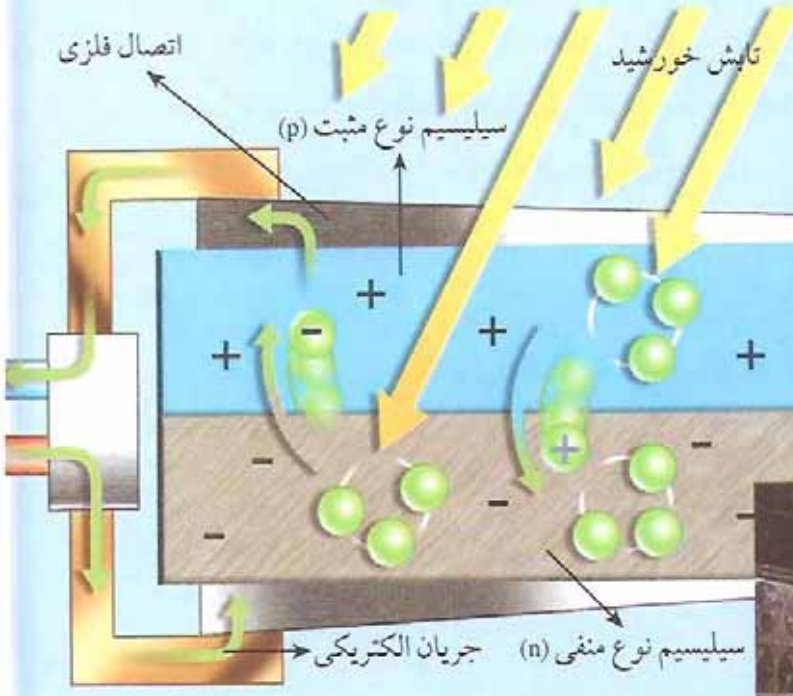
دستگاههای خورشیدی گرم‌کننده آب بیش از پیش در حالتی متداول بر روی سقف خانه‌های جدید نصب می‌شوند. کل دستگاه در جعبه عایقی، محکم و درزگیری می‌شود. این جعبه شیشه دولایه‌ای دارد و مانند گلخانه برای به دام انداختن انرژی گرمایی خورشید به کار می‌رود.

پیلهای فوتوولتایی

پیلهای فوتوولتایی (PV) منبع انرژی فشرده، بادوام ولی گرانی هستند. بیشتر پیلها از بلورهای عنصر سیلیسیم که به منظور تغییر نحوهٔ هدایت الکتریکی آن، با ناخالصیهایی "تقویت" می‌شود، ساخته شده‌اند. دو نوع متمایز و مشخص سیلیسیم ـ با نامهای منفی (n) و مثبت (p) ـ در لایه نازکی به هم فشرده می‌شوند و بین اتصالات فلزی قرار می‌گیرند تا یک پیل فوتوولتایی را بسازند. هنگامی که نور به اتم سیلیسیمی در قسمت مثبت برخورد می‌کند، یک الکترون از شبکه بلوری خارج می‌شود. ناخالصیهای سیلیسیم مثبت مانع از "بازگشت" الکترون به مکان اولیه‌اش می‌شود. در عوض الکترون، مسیر دارای کمترین مقاومت را دنبال می‌کند تا به قسمت منفی برسد. "حفره" مثبت توسط الکترون مهاجر که به نوبه خود به درون قسمت p مهاجرت می‌کند ایجاد می‌شود. با تابش نور بیشتر به پیل، الکترونهای زیادی در قسمت منفی به راه می‌افتند و حفره‌های زیادی در قسمت مثبت تشکیل می‌شود. با اتصال این دو بخش به یکدیگر جریان الکتریکی ایجاد می‌شود.

ساندویچ p-n

در هنگام برخورد پرتوهای نور به یک سلول خورشیدی، نیمه‌هادی بخش مثبت تمایل به جمع کردن بار مثبت و نیمه‌هادی بخش منفی تمایل به جمع کردن بار منفی دارد.



ساخت پیل

پیلهای فوتوولتایی (PV) قادر به تولید الکتریسیته با بازده ۳۰ درصدانند. آنها از بلور سیلیسیم منفرد بزرگی که به دو لایه خیلی نازک گرد بریده شده‌اند، ساخته می‌شوند.

لوله‌های پر آب که در مقابل یا داخل سطح هر صفحه قرار گرفته‌اند، انتقال می‌یابد. سرعت جریان آب درون لوله‌ها توسط تلمبه‌ای که با ترموستاتی کنترل می‌شود، تنظیم می‌گردد تا آب حتماً همواره به صورت یکنواخت تا دمای ۸۲ درجه سانتیگراد گرم شود. به این ترتیب آب خنک‌کننده گرما را به منبع آب گرم داخلی خانه انتقال می‌دهد.

یک خانه معمولی در ایالتی آفتابی نظیر فلوریدا، برای تأمین آب گرم مورد نیاز خود به ۴ مترمربع جمع‌کننده خورشیدی نیاز دارد، اما حسن گرمایش خورشیدی در این است که حتی در آب و هوای خنک‌تر می‌تواند با سیستم گرمایش متداول خانگی تلفیق شود و مصرف سوخت را کاهش دهد.

انرژی درونی
صفحات فوتوولتایی تعبیه شده در نمای خارجی این ساختمان اداری در زوریخ سوئیس، برای جبران کمبود تولید برق خانگی، الکتریسیته تولید می‌کند.

فناوری پیشرفته در انرژی خورشیدی

از نیمه دوم قرن بیستم، بی‌شک انرژی فوتوولتایی، ستاره درخشان انرژی تجدیدپذیر بوده است. سرآغاز این انرژی به دوران اوج مسابقه فضایی برمی‌گردد، هنگامی که مهندسین به دنبال راههای جدیدی برای تأمین انرژی مطمئن برای ماهواره‌ها بودند. اما امروزه پیلهای فوتوولتایی به چیزی معمولی تبدیل شده‌اند که از ماشین‌حسابهای جیبی تا نیروگاههای چندمگاواتی را به راه می‌اندازند. در سال ۱۹۹۰، یعنی هنگامی که فضاپیمای جستجوگر خورشید[1] با استفاده از انرژی خورشیدی، ۴۰۶۰ کیلومتر بر فراز آمریکا پرواز کرد و رکوردی برای پرواز با حداقل سوخت برجای گذاشت، قابلیت این فناوری به نحو چشمگیری ثابت شد.

انرژی فوتوولتایی (PV) اساساً با دیگر فناوریهای توضیح داده شده در این بخش متفاوت است. این تفاوت از آنجا ناشی می‌شود که این انرژی بر پایهٔ اصول فیزیکی با نام انرژی فوتوالکتریک که توسط فیزیکدان آلمانی، هاینریش هرتز[2]، در اواخر قرن نوزدهم کشف شد قرار دارد. هرتز متوجه شد که بعضی از فلزات هنگامی که تحت تأثیر تابش خورشید قرار می‌گیرند،

1. Sun Seeker 2. Heinrich Hertz

الکترون ساطع می‌کنند، در نتیجه با سیمکشی مناسبی می‌توان جریان الکتریکی ایجاد کرد. پیلهای فوتوولتایی از این اثر استفاده می‌کنند و بدون هیچ بخش متحرک و بی‌نیاز از تولید و ذخیره و تبدیل انرژی گرمایی، مستقیماً از نور خورشید، الکتریسیته تولید می‌کنند. مهم‌تر از همه این موارد، سلولهای PV از سیلیسیم، که بعد از اکسیژن فراوان‌ترین عنصر در پوسته زمین است، ساخته می‌شوند.

فناوری PV به نظر مناسب می‌آید، اما به دلیل ساده‌ای هنوز نتوانسته است جایگزین دیگر اشکال انرژی شود: هزینه.

قیمت پیلهای خورشیدی از دهه ۱۹۵۰ تاکنون بیش از ۱۰۰۰ برابر کاهش یافته است و همچنان موفقیتهای تازه‌ای در ساخت با هدف کاهش هزینه حاصل می‌شود. اما در کشورهای ابری، تولید الکتریسیته با نیروگاههای PV در مقیاس بزرگ هنوز هشت برابر گران‌تر از تولید الکتریسیته توسط نیروگاههای گازی است. یک خانه در مناطق معتدل به ۱۰ مترمربع پیل PV برای خودکفایی در الکتریسیته نیاز دارد، و هزینهٔ بین ۱۰۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰ دلار، در حال حاضر این فناوری را دور از دسترس اکثر مصرف‌کننده‌های خانگی قرار می‌دهد.

با این حال، موارد زیادی وجود دارد که در آنها کاربرد انرژی PV بهترین راه است. الکتریسیته پیلهای خورشیدی، برق ایستگاههای تقویت‌کننده رادیو در مناطق دوردست را فراهم می‌کند و در جهان پیشرفته امروز که دو میلیارد نفر به شبکه برق‌رسانی دسترسی ندارند، پیلهای فوتوولتایی وسیله نجات واقعی است. آنها تلمبه‌های آب، سیستمهای روشنایی و واحدهای سردکننده بیمارستانها را به کار می‌اندازند و ارتباط الکترونیکی در روستاهای دورافتاده را میسر می‌سازند.

ماهواره خورشیدی
یکی از بلندپروازانه‌ترین طرحها برای مهار انرژی خورشیدی، فرستادن مجموعه عظیمی از PVها به مدار استواست. این مجموعه، انرژی را به صورت امواج ماکروویو به زمین باز می‌تاباند. مزیت این سیستم نسبت به نیروگاههای انرژی PV زمینی این است که در ۲۴ ساعت شبانه‌روز ـ مگر گاهی که کسوف روی می‌دهد ـ قادر به تولید انرژی است.

مولدهای سبز

به وسیله‌ای بیندیشید که انرژی خورشیدی را جمع‌آوری و ذخیره کند، آلودگی تولید نکند، هزینه‌ای برای ساخت نداشته باشد و در طول عمر مفیدش، خود را تجدید نماید. به سیاره‌ای سبز فکر کنید.

گیاهان، مواد اولیه آب را از خاک و کربن دی‌اکسید را از جو زمین می‌گیرند و با استفاده از انرژی خورشید برای به راه انداختن این فرایند، آن مواد را به قند و اکسیژن تبدیل می‌کنند. برگها، ساقه‌ها، تنه‌ها و ریشه‌های آنها به طور مؤثری، انرژی شیمیایی را ذخیره می‌کنند و هنگامی که گیاه سوزانده می‌شود، می‌میرد، تجزیه و فاسد می‌شود و یا توسط حیوانات خورده می‌شود این انرژی آزاد می‌شود.

البته هزاران سال است که انسانها از چوب و دیگر مواد با منشأ بیولوژیکی (بیوماس) به عنوان سوخت استفاده می‌کنند و همچنان بیش از ۸۵ درصد انرژی مصرفی کشورهایی مانند کنیا و نپال از این طریق تأمین می‌شود. از آنجا که بیوماس می‌تواند جایگزینی واقعی برای سوختهای فسیلی باشد، امروزه توجه جهان توسعه‌یافته دوباره به بیوماس معطوف شده است. بیوماس یا سوختهای زیستی در حدود ۳٫۶ درصد از انرژی مصرفی آمریکا را تأمین می‌کنند و در هدفگذاریهای جدید اروپا برای انرژی جایگزین، سهم سوختهای زیستی در انرژی مصرفی سال ۲۰۱۰، ۸٫۳ درصد پیش‌بینی شده است. سوختهای زیستی، شکلهای بسیار متفاوتی دارند. بعضی از محصولات مانند درخت بید بیشه‌زار و میسکانتاس[1] (یک نوع نی شبیه چمن) فقط برای محتوای انرژیشان کاشته می‌شوند. دلیل استفاده از این گیاهان این است که به سرعت رشد می‌کنند و با تجهیزات اصلاح شده زراعی می‌توان آنها را برداشت کرد. مزیت دیگر این گیاهان این است که در زمینهای زراعی مازاد نیز رشد می‌کنند ـ و اضافه بر آن، زیستگاههای جدیدی را برای حیات وحش ایجاد می‌کنند.

کاشتن برای سوزاندن

درخت بید بیشه‌زار، صرفاً به عنوان محصولی برای تولید انرژی کاشته می‌شود و تنها بعد از ۴ سال از زمان کاشت، محصول را برداشت می‌کنند و در کوره می‌سوزانند.

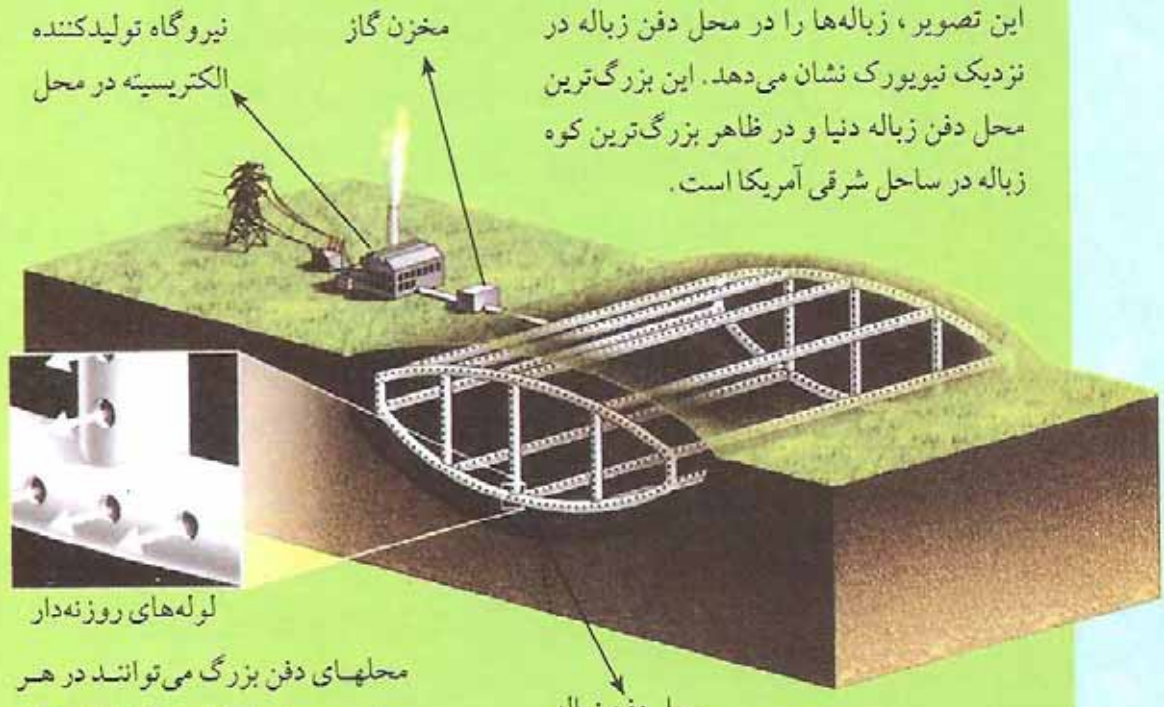
1. Miscanthus

محل تجمع زباله‌ها

مردم آمریکا سالیانه ۸۴ میلیون تن زباله کاغذی و ۴۴ میلیون تن زباله غذا دور می‌اندازند. تنها در نیویورک سالانه آن قدر زباله تولید می‌شود که می‌توان با آن زمین فوتبالی به ارتفاع ۵ کیلومتر را پوشاند. بعضی از این زباله‌ها سوزانده می‌شوند و از گرمای حاصل برای تولید الکتریسیته استفاده می‌شود؛ مقداری بازیافت می‌شوند؛ ولی بخش وسیعی در گودالهای عظیم محل دفن زباله مدفون می‌شوند. پس از چند سال، این زباله‌های مدفون شده، مخلوطی از گازها ـ اساساً متان و کربن دی‌اکسید ـ را آزاد می‌سازند. در صورتی که ساختمانها در نزدیکی یا روی محل دفن قدیمی بنا شوند، این گازها می‌توانند خطرناک باشند. اما می‌توان از این گازها استفاده مناسب نیز نمود. بسیاری از محلهای مدرن دفن زباله با شبکه‌ای از لوله‌های روزنه‌دار که در عمق ۲۰ متری زباله مدفون می‌شوند، گاز احتراق‌پذیر را جمع می‌کنند و به مکانهای ذخیره‌سازی انتقال می‌دهند. این گاز از آنجا با لوله به نیروگاه فرستاده می‌شود تا سوزانده و الکتریسیته تولید شود.

کوه زباله

این تصویر، زباله‌ها را در محل دفن زباله در نزدیک نیویورک نشان می‌دهد. این بزرگ‌ترین محل دفن زباله دنیا و در ظاهر بزرگ‌ترین کوه زباله در ساحل شرقی آمریکا است.



دیگر سوختهای زیستی، محصولات فرعی زراعت و جنگل‌کاری‌اند: با رسیدگی صحیح، کاه و نی، چوب، خرده‌های سیب‌زمینی، سبوس برنج، الیاف نارگیل، زباله خانگی و فضولات حیوانی نظیر کود مرغی را می‌توان به عنوان سوخت مصرف کرد.

زباله طلایی

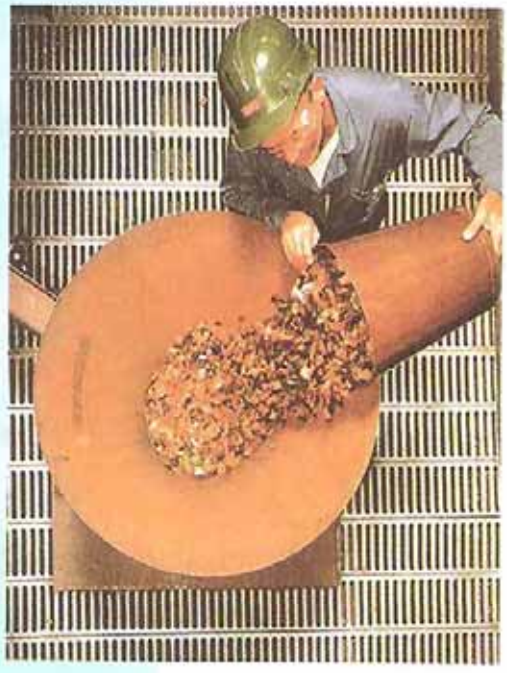
مدفوع طیور نوعی زباله خشک است که سوختی عالی تولید می‌کند. نیروگاهی در بریتانیا به این طریق ۱۲٫۵ مگاوات انرژی تولید می‌کند.

عمل آوردن گیاهان

سه راه عمده برای مصرف سوختهای زیستی وجود دارد. اول، سوختهای جامد را می‌توان در خانه برای تولید گرما، یا در نیروگاهها برای تولید گرما و الکتریسیته به کار برد. اساساً این سوختها وقتی سوزانده می‌شوند، نسبت به موقعی که به طور طبیعی تجزیه و فاسد می‌شوند، کربن دی‌اکسید بیشتری تولید نمی‌کنند، بنابراین مصرف آنها در نهایت سهمی در گرمایش جهانی ندارد. دوم، می‌توان آنها را به سوختهای مایع تبدیل کرد: بیواتانول (الکل) را می‌توان از باقیمانده‌های جنگل‌کاری، کاه و پوشال، نیشکر و ذرت، به روش تخمیر و تقطیر به دست آورد. و روغنهای گیاهی مانند روغن خرما و روغن دانه شلغم روغنی را می‌توان به عنوان جایگزینهای سوخت دیزل، عمل آورد. این سوختهای زیستی مایع به راحتی قابل انتقال‌اند و برای به کار انداختن موتور اتومبیلها و کامیونها استفاده می‌شوند؛ در بحران سوختی آمریکا در دهه ۱۹۷۰ برای مقابله با کاهش ذخایر گاز، مخلوطی از بیواتانول در ایستگاههای گاز فروخته می‌شد. جنبه‌های اقتصادی تولید اتانول هنوز موضوعی جنبی

تله‌های گاز

خرده‌های چوب را در رآکتور آزمایشی می‌ریزند و بیوماس به گازی غنی از متان، که جایگزین مناسبی برای گاز طبیعی است، تبدیل می‌شود.



نیروگاه بیوگاز
این تأسیسات عظیم در شمال ایتالیا، گاز قابل احتراق از بقایای ذرت خوشه‌ای تولید می‌کند.

و حاشیه‌ای است، اما تحقیقات جاری، امکان استفادهٔ عملی از قابلیتهای این سوخت پاک را نوید می‌دهد.

سوم، اینکه بیوماس را می‌توان به گاز قابل احتراقی تبدیل کرد. در فنی موسوم به گازی کردن، چوب تحت فشار بالا با بخار و اکسیژن گرم می‌شود. مخلوط گازی حاصل را که ارزش انرژی آن در حدود یک‌دهم متان خالص است، می‌توان برای از بین بردن آلاینده‌ها "تصفیه شیمیایی" کرد و سپس در توربینهای گازی معمولی پربازده برای تولید الکتریسیته به کار برد (صفحه ۱۰ را ببینید). روش دیگر تولید گاز پرانرژی از بیوماس، استفاده از باکتری در فرایند تبدیل است. در شرایط مرطوب و گرم و بدون هوا، باکتری هر گونه ماده آلی را هضم و به عنوان محصول فرعی گاز متان قابل احتراق تولید می‌کند. هم اکنون تولید "بیوگاز" تجارت بزرگی است. مواد خام ـ معمولاً فضولات حیوانی یا مواد گیاهی مرطوب ـ به رآکتور فلزی بزرگی به ظرفیت بالغ بر ۲۰۰۰ مترمکعب خورانده می‌شود و به مدت ۱۰ تا ۲۵ روز در دمای ۳۵ درجه سانتیگراد باقی می‌ماند. گاز تولید شده ـ در حدود ۴۰۰ مترمکعب برای هر تن از ماده خشک ـ از طریق شیر خارج شده و در نیروگاه برای تولید الکتریسیته سوزانده می‌شود، در حالی که باقیمانده فضولات به عنوان کود کشاورزی به کار می‌رود.

سوخت الکلی
بیش از ۴۰ درصد سوخت مصرفی اتومبیلها در برزیل، الکل (اتانول) تولید شده از تقطیر نیشکر است.

در کشورهای در حال توسعه، بیوگاز منبع مهم انرژی در مقیاس خانگی است، به طوری که دوسوم خانه‌های روستایی در چین به بیوگاز به عنوان اولین گزینهٔ سوخت تکیه می‌کنند. این فناوری به سرعت در غرب، جایی که واحدهای بیوگاز، فضولات خانگی را در سطح محلی به منظور تولید انرژی تجدیدپذیر به کار می‌گیرند، رواج می‌یابد.

انرژی حاصل از درون زمین

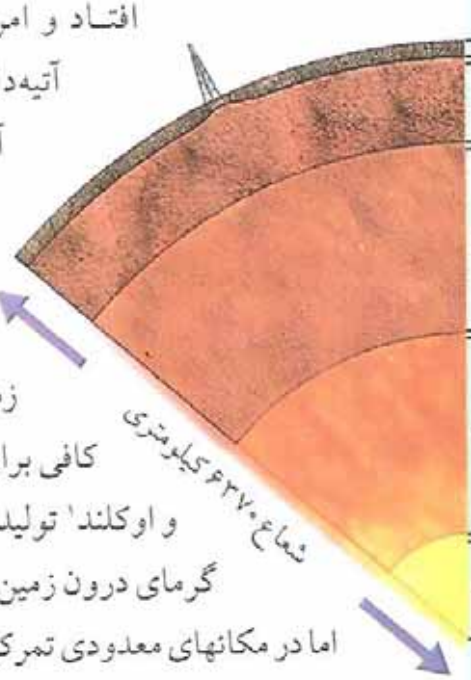
همه ما روی دیگ عظیمی ایستاده‌ایم. هزاران کیلومتر زیر پای ما، انرژی آزاد شده توسط واپاشی طبیعی عناصر رادیواکتیو، دمای داخلی سیاره ما را همواره در حدود ۷۰۰۰ درجه سانتیگراد نگاه می‌دارد. این منبع عظیم گرما، هنگامی که سنگهای ذوب شده (ماگما) از طریق ترکی در پوستهٔ جامد زمین به صورت آتشفشانی فوران می‌کنند، و نیز هر جا که آب داغ و بخار به صورت چشمه‌های آب گرم و آبفشانها در سطح زمین ظهور می‌کنند، به طرز حیرت‌آوری آشکار می‌شود.

بشر، قرنهای متمادی از انرژی رایگان زمین (زمین‌گرمایی) بهره جسته است. رومیها بخارهای زیر زمین را از طریق لوله انتقال می‌دادند تا خانه‌هایشان را گرم کنند و در بسیاری از شهرها نظیر ریکیاویک[1] در ایسلند[2] انرژی زمین‌گرمایی برای گرم کردن منازل، ادارات و کارخانجات به کار می‌رود. توانایی واقعی انرژی زمین‌گرمایی از هنگامی معلوم شد که بخارهای زیرزمینی برای تولید الکتریسیته به کار رفت. اولین نیروگاه زمین‌گرمایی در سال ۱۹۱۳ در لاردرلو[3]، ایتالیای شمالی رسماً به راه

فوران

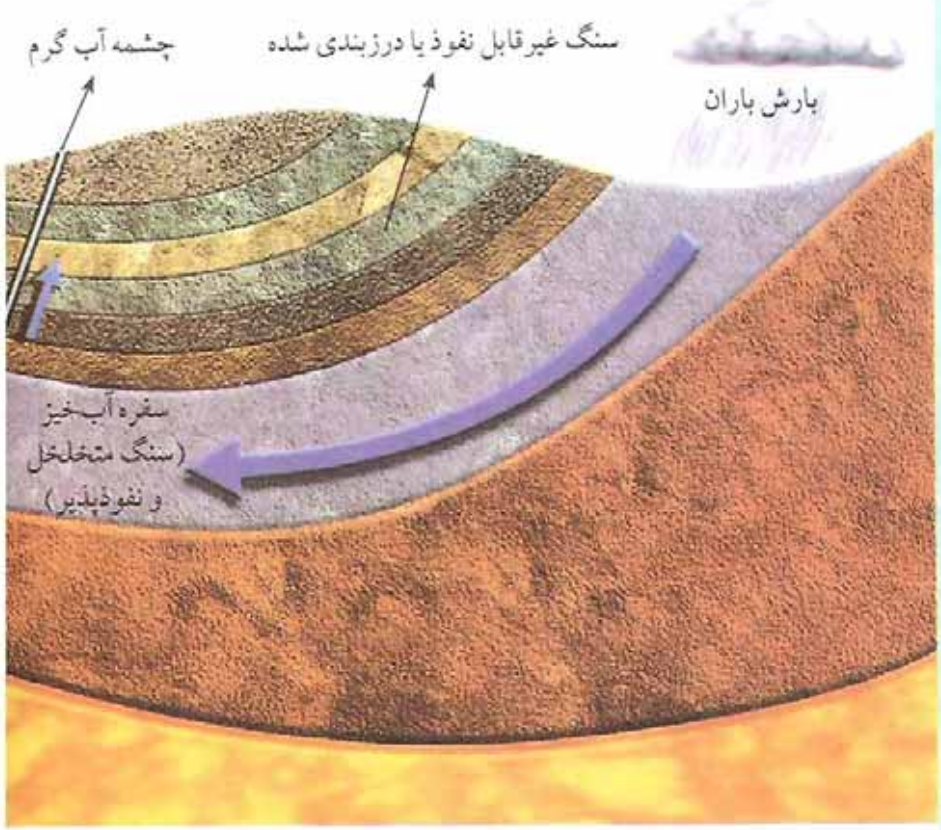
در فوران کیلائو[4]، یکی از فعال‌ترین آتشفشانهای دنیا که در هاوایی[5] است، انرژی در اعماق زیاد زیر پوسته زمین آزاد می‌شود. دمای گدازه‌های تازه فوران کرده از ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد فراتر می‌رود.

1. Reykjavik 2. Iceland 3. Larderello 4. Kilauea 5. Hawaii



افتـاد و امروزه انـرژی زمیـن‌گرمایی یکی از آتیه‌دارترین منابع تجدیدپذیر است. در آمریکا ۲۸۵۰ مـگاوات برق از انرژی گرمایی ـ تقریباً چهـار بـرابر مجموع انـرژی خورشیـدی و بادی ـ تولیـد می‌شـود و بـزرگ‌ترین نیـــروگاه زمین‌گرمایی در گایزر[1] کالیفرنیا، انرژی کافی برای تأمین نیاز شهرهای سانفرانسیسکو و اوکلند[2] تولید می‌کند.

گرمای درون زمین از سراسر سطح سیاره بیرون می‌آید، اما در مکانهای معدودی تمرکز کافی برای برداشت انرژی در مقیاس اقتصادی وجود دارد. این مکانها در بخشهایی از زمین قرار دارند که سنگهای نیمه‌مایع جبه زمین به سمت پوسته حرکت می‌کنند و در فاصله ۱٫۶ کیلومتری از سطح زمین "نقطه داغ" ایجاد می‌کنند.



سیاره مذاب

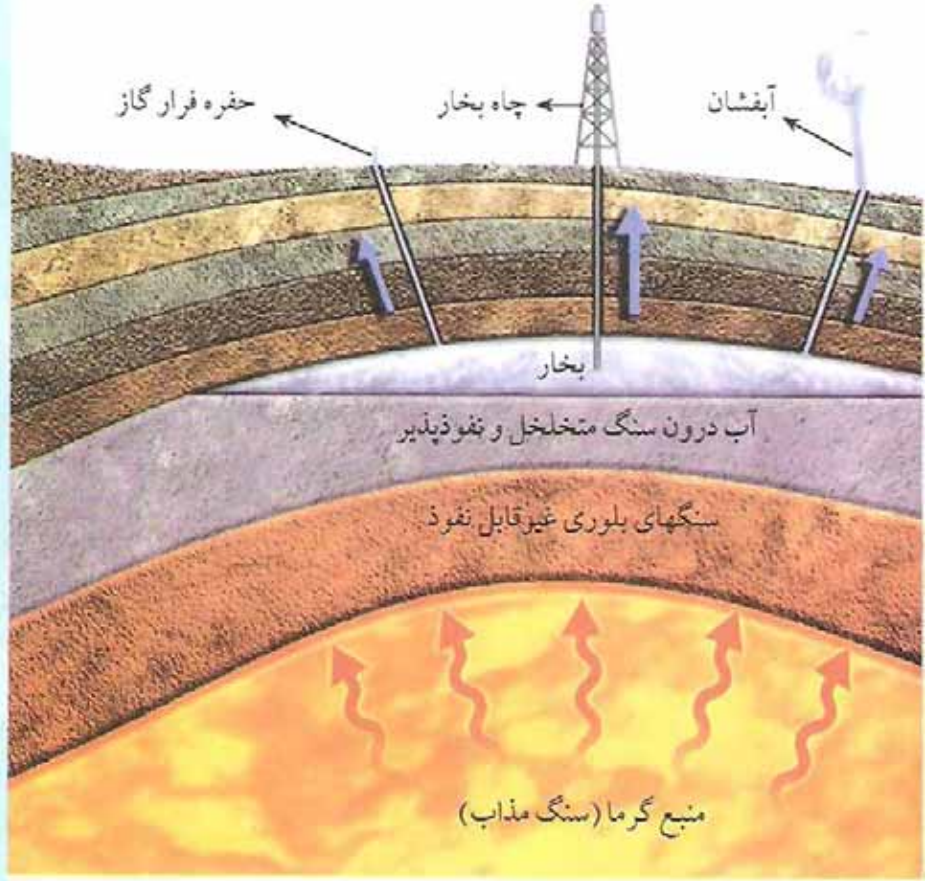
زمیـن سـاختاری لایـه‌لایـه است که دمای آن با افزایش عمـق زیـاد می‌شـود. در محدوده پوسته جامد به ازای افزایش هر ۹۰ متر عمق، دما حـــدود ۲ درجه سانتیگـراد افزایش مـی‌یابـد. در بالای جبـــه، دمای سنگهـــای نیمـه‌ذوب در حـدود ۱۰۰۰ درجـه سانتیگراد است. پس دما با حرکت به سمت هسته به کندی افزایش می‌یابد. تنها در بعضی مکانها، ماگمای مـذاب به سمـت ترکهـای پوسته نزدیک سطح بالا می‌رود تا "نقاط داغ" را پدید آورد.

1. Geysers 2. Oakland

حلقه آتش

سنگهای مذاب داغ در نزدیکی سطح زمین یعنی در هر جایی که صفحات پوسته زمین به هم برخورد می‌کنند (نواحی قرمز)، وجود دارند. این مکانها ـ با توانایی زیاد برای انرژی زمین‌گرمایی ـ همچنین محلهای اصلی وقوع آتشفشان و زلزله‌اند.

با حفاری از پوسته به سمت ماگما و تلمبهٔ آب بر سنگهای مذاب و داغ برای استخراج انرژی آن، امکان برداشت گرما از زمین وجود دارد. اما این دستیابی مستقیم نسبتاً خطرناک است، چون امکان فوران گدازه‌های آتشفشان از این حفره‌ها وجود دارد. در عمل، بیشترین میزان انرژی زمین‌گرمایی اقتصادی از آبهای زیرزمینی که دمایشان بین ۱۵۰ و ۲۵۰ درجه سانتیگراد است و توسط ماگما در لایه‌های تحتانی آن به صورت بخار درآمده‌اند، استخراج می‌شود. این بخار به همان روش نیروگاههای معمولی برای به کار انداختن توربینها و مولدها استفاده می‌شود (صفحه ۱۰ را ببینید). اگر سفره آب‌خیز مناسبی در بالای نقاط داغ وجود نداشته باشد، با تلمبه کردن آب به درون شکاف سنگها می‌توان منبع زیرزمینی



مولد زمینی

انرژی زمین‌گرمایی را هر جا که سنگهای مذاب به سطح زمین نزدیک شوند و آب درون سفره آب‌خیز را گرم کنند، می‌توان استحصال کرد. بخار محبوس، از چاههای حفر شده استخراج می‌شود و برای به کار انداختن توربینها به کار می‌رود. همچنین بخار و آب داغ به صورت طبیعی از سفره‌های آب‌خیز به صورت چشمهٔ آب گرم، آبفشان و یا گاز داغ آزاد می‌شوند.

نیروگاه زمین‌گرمایی
آبهای گرم بلولاگون[1]، در مجاورت نیروگاه اسوارتسنگی[2] در ایسلند، به طور پیوسته با آب گرم باطله نیروگاه دوباره تأمین می‌شود.

مصنوعی ایجاد و با استخراج بخار برگشتی به سطح زمین، از انرژی گرمایی اعماق زمین استفاده کرد.

کاوش در اعماق

آنچه که انرژی زمین‌گرمایی را به منبع پرجاذبه انرژی تجدیدپذیر تبدیل می‌کند، تمرکز و تجمع آن است. برخلاف انرژیهای بادی، موجی و خورشیدی که پراکنده هستند، انرژی زمین‌گرمایی را می‌توان به نحو مقرون به‌صرفه از یک منبع نقطه‌ای و متمرکز به دست آورد. صنعت تولید انرژی زمین‌گرمایی در سطح جهانی در حدود ۸ درصد در سال رشد داشته است و بهترین برآوردها نشان می‌دهد که این انرژی به تنهایی قادر به تولید ۱۱۵۰۰۰ مگاوات از انرژی مورد نیاز در آمریکا خواهد بود. با این حال عقاید مخالفی هم وجود دارند: کارشناسان محیط زیست متذکر می‌شوند که بخارات زیرزمینی، آلوده‌کننده‌هایی مانند سولفید هیدروژن و مواد معدنی سمی را با خود به سطح می‌آورند که بعدها به نهرها، رودها و دریاچه‌ها می‌رسند و می‌توانند بر زندگی آبزیان تأثیر بگذارند. منتقدان همچنین یادآور می‌شوند که نیروگاههای زمین‌گرمایی، گاز گلخانه‌ای کربن دی‌اکسید منتشر می‌کنند. البته میزان انتشار در سطح بسیار پایینی قرار دارد ـ در حدود یک‌هزارم میزان انتشار از یک نیروگاه سوخت فسیلی با ظرفیت معادل.

1. Blue Lagoon 2. Svartsengi

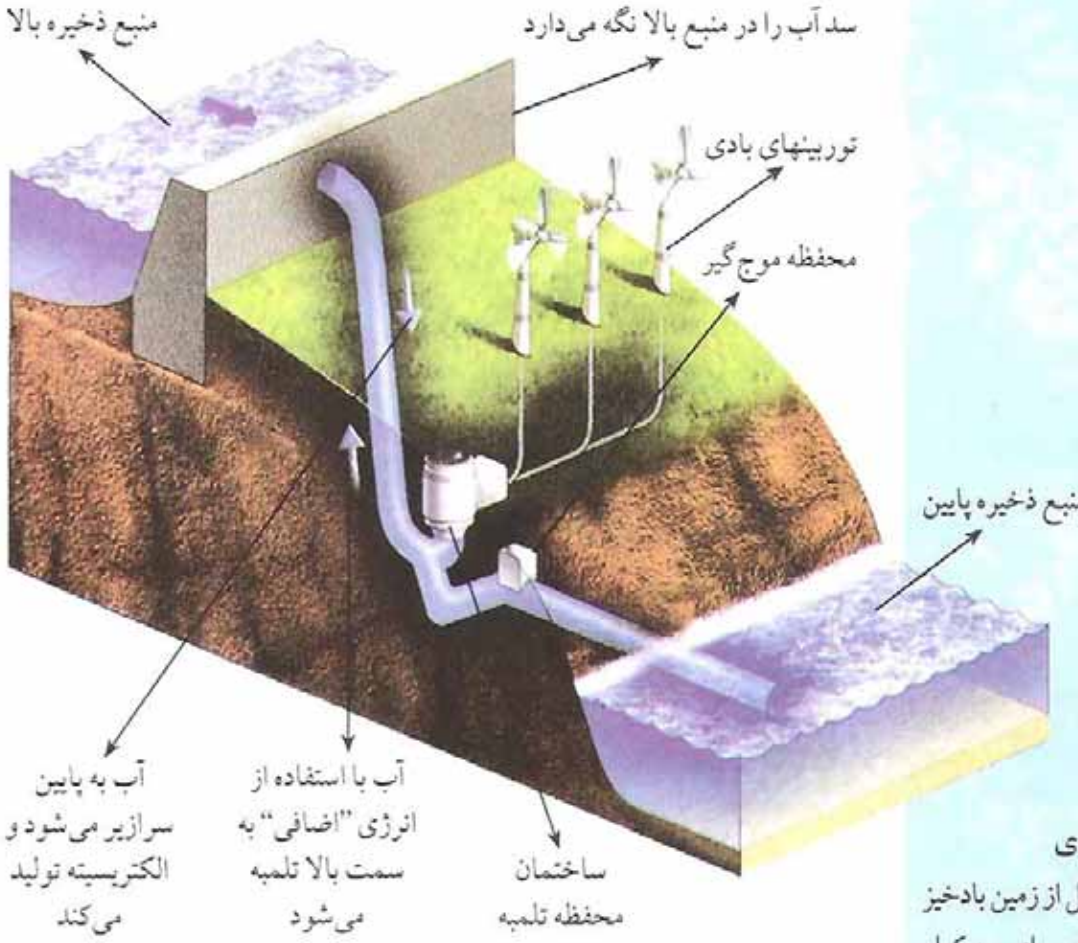
واقعیتهای جایگزین

سرمایه‌گذاران باهوش می‌دانند که انرژی سبز، یکی از صنایع کلیدی برای رشد در قرن ۲۱ خواهد بود. به طور کلی، انرژی باد به تنهایی ارزشی بیش از ۳ر۲ میلیارد دلار دارد و بازیگران اصلی در تجارت انرژی با سرعت به سمت گسترش انرژیهای تجدیدپذیر حرکت می‌کنند. برآوردها نشان می‌دهد که تا سال ۲۰۵۰، ۵۰ درصد انرژی مورد نیاز دنیا توسط انرژیهای تجدیدپذیر تأمین می‌شود. در گذشته، مهم‌ترین دلیل مخالفت با انرژیهای تجدیدپذیر هزینه آنها بود: وقتی سوختهای فسیلی، ارزان و فراوان‌اند چه نیازی به تحقیق و توسعه منابع جدید انرژی است؟ اما هنگامی که هزینه‌های واقعی سوختهای فسیلی آشکار شد، این مخالفتها نیز کم‌رنگ شد: گروه سرشناسی از متفکران آمریکایی در مرکز بین‌المللی ارزیابی فناوری[1]، محاسبه کرده است که ارزش یک دلار بنزین خریداری شده از پمپ بنزین، هنگامی که هزینه‌های نهفته نظیر آلودگی هوا، زمین و دریا و مالیاتهای سنگین شرکتهای نفتی به حساب آورده شوند، عملاً بین ۵ تا ۱۵ دلار خواهد بود. بسیاری از دولتها درصدد هموار کردن میدان رقابت‌اند. این امر با ارائه ساختارهای مالیاتی منصفانه‌تر برای تشویق مالیاتی فناوریهای

نو و کهنه

در آینده‌ای نه چندان دور، نیازهای انرژی ما با ترکیبی از سوختهای فسیلی متداول و انرژیهای تجدیدپذیر تأمین خواهد شد. این پمپ بنزین در غرب لندن، صفحات فوتوولتایی را برای تبدیل نور خورشید به الکتریسیته به کار می‌برد. سپس الکتریسیته تولید شده، انرژی لازم برای پمپهای بنزین و روشنایی را تأمین می‌کند.

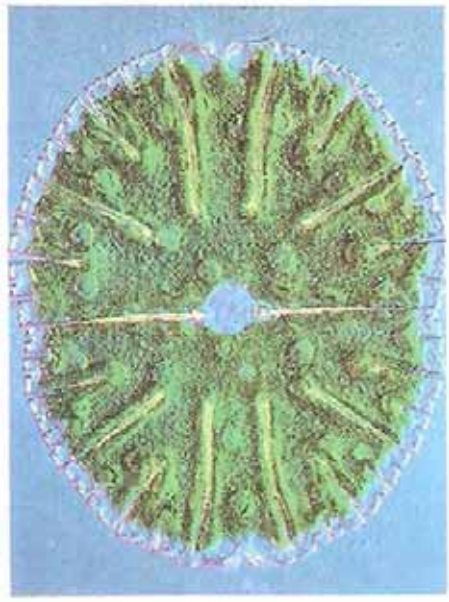
1. International Center for Technology Assessment



مخزن تلمبه‌ای
انرژی حاصل از زمین بادخیز را می‌توان برای به کار انداختن تلمبه‌ای که آب را از منبعی به منبعی دیگر در سطحی بالاتر انتقال می‌دهد، به کار برد. انرژی ذخیره شده را می‌توان به راحتی با معکوس کردن جریان آزاد ساخت و از تلمبه به عنوان مولدی برای تغذیه شبکه الکتریسیته استفاده کرد.

پاک‌تر، سرمایه‌گذاری مستقیم در فناوریهای تجدیدپذیر، و با تعیین اهداف انرژی سبز محقق می‌شود. به عنوان مثال در بریتانیا، شرکتهای تولیدکننده انرژی قانوناً موظف‌اند که تا سال ۲۰۱۰، ۱۰ درصد از الکتریسیته خروجی خود را از منابع تجدیدپذیر تولید کنند. مصرف‌کننده‌ها نیز به منابع تجدیدپذیر روی می‌آورند. آزادسازی در تجارت انرژی در اواخر دهه ۱۹۹۰، به این معنی بود که مردم می‌توانند شرکت تأمین‌کننده الکتریسیته خانگی خود را انتخاب کنند. بسیاری، شرکتهای با بیشترین صلاحیت محیط زیستی را انتخاب کردند و امروزه طرحهای انرژی متعددی برای تولید الکتریسیته سبز از منابع تجدیدپذیر وجود دارد.

طی چند سال آینده منابع تجدیدپذیر، مکمل سوختهای فسیلی و انرژی هسته‌ای خواهند بود؛ و از لحاظ نظری در دوره‌ای طولانی‌تر می‌توانند جایگزین منابع انرژی متداول امروزی شوند. اگر این اتفاق بیفتد، تنها یک مشکل می‌ماند که باید رفع شود ـ قابلیت پیش‌بینی تهیه و عرضه. انرژی تنها در صورتی مفید است که در مکان، صورت و زمان مناسب و

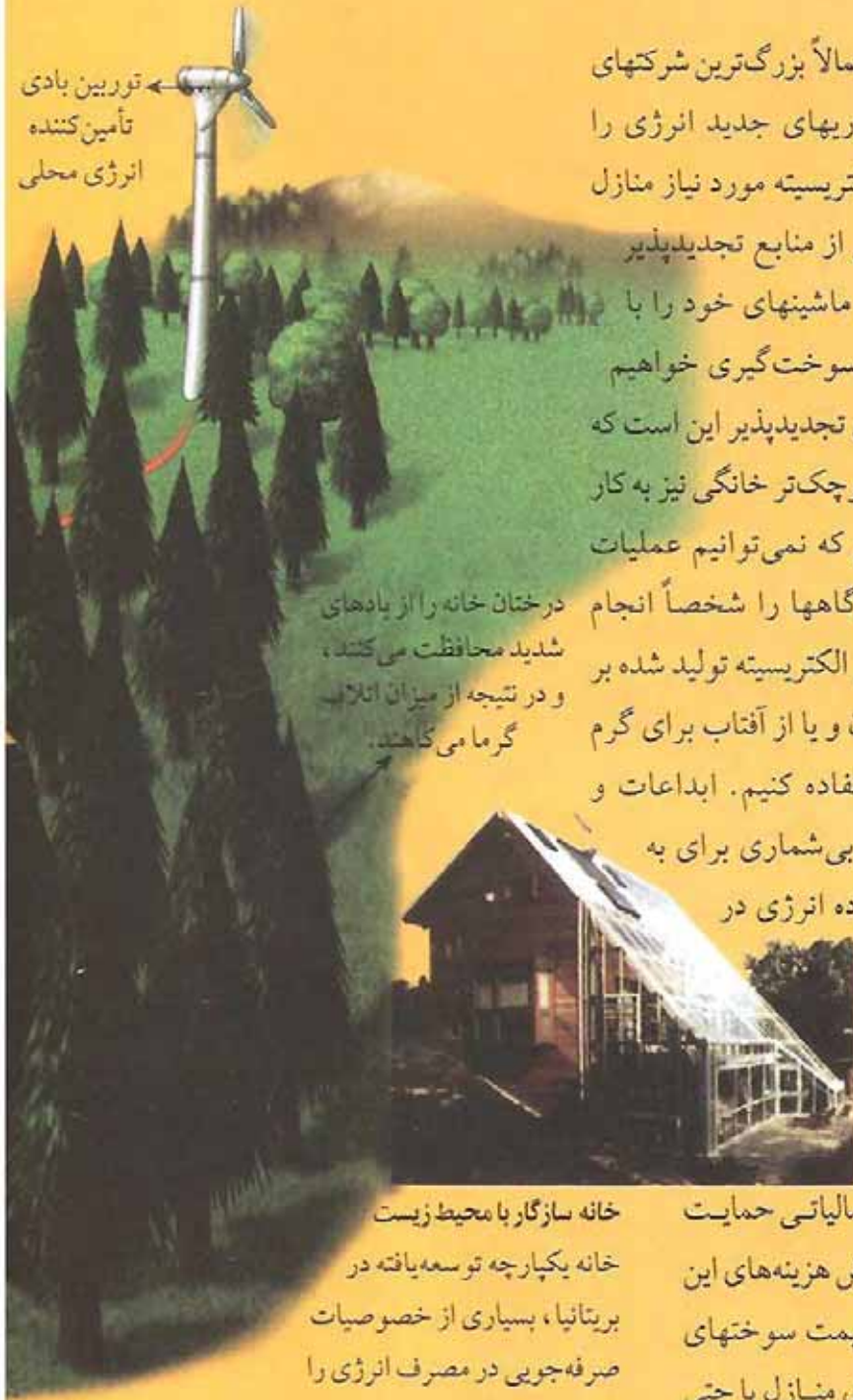


هیدروژن سبز
در شرایط مناسب، بعضی از جلبکها، آب را برای تولید گاز هیدروژن تجزیه می‌کنند. دانشمندان دانشگاه کالیفرنیا در حال ارزیابی قابلیت هیدروژن جلبکی به عنوان سوختی برای آینده هستند.

صحیحی باشد. به عنوان مثال، مصرف الکتریسیته در شبکه ملی برق‌رسانی بریتانیا در ساعت ۲ بامداد در کمترین سطح خود است ولی در ساعت ۱۱ صبح با ۷۰ درصد افزایش مواجه است و در ماههای زمستان، مصرف بسیار بیشتر از تابستان است. نیروگاههای گازسوز را می‌توان مطابق با تقاضا روشن و خاموش کرد، اما این انتخاب برای منابع تجدیدپذیر وجود ندارد ـ نمی‌توانیم بادها، موجها و جزر و مدها را کنترل کنیم.

یک راه‌حل، ذخیره اضافی انرژی از منابع تجدیدپذیر و آزاد ساختن آن برای مقابله با نوسانات تقاضاست. این امر به راحتی با تلمبه کردن آب به سمت بالا، هنگامی که انرژی فراوان است و رها کردن آن در هنگام تقاضا، امکان‌پذیر است، اما فناوری پیشرفته‌تر راه‌حل بهتری پیش روی ما قرار می‌دهد. انرژی تجدیدپذیر اضافی به شکل الکتریسیته یا گرما را می‌توان برای تجزیه آب به عناصر تشکیل‌دهنده‌اش ـ گازهای اکسیژن و هیدروژن ـ به کار برد. این گازها را می‌توان برای سهولت در ذخیره و انتقال، مایع کرد و سپس در دستگاهی به نام پیل سوختی برای تولید الکتریسیته مجدداً با هم ترکیب نمود. پیلهای سوختی با بازدهی بیش از ۷۰ درصد کار می‌کنند و تنها زباله آنها، آب است. این پیلها برای راه انداختن موتور اتوبوسها و اتومبیلها استفاده می‌شوند و به عنوان منبع انرژی آینده با استقبال عظیمی روبه‌رو شده‌اند.

ماشین پاک
این ماشین با گاز هیدروژن پیل سوختی کار می‌کند و می‌تواند با یک مخزن هیدروژن ۳۰۰ کیلومتر را طی کند بی‌آنکه سبب آلودگی جو شود.



خانه‌های آینده

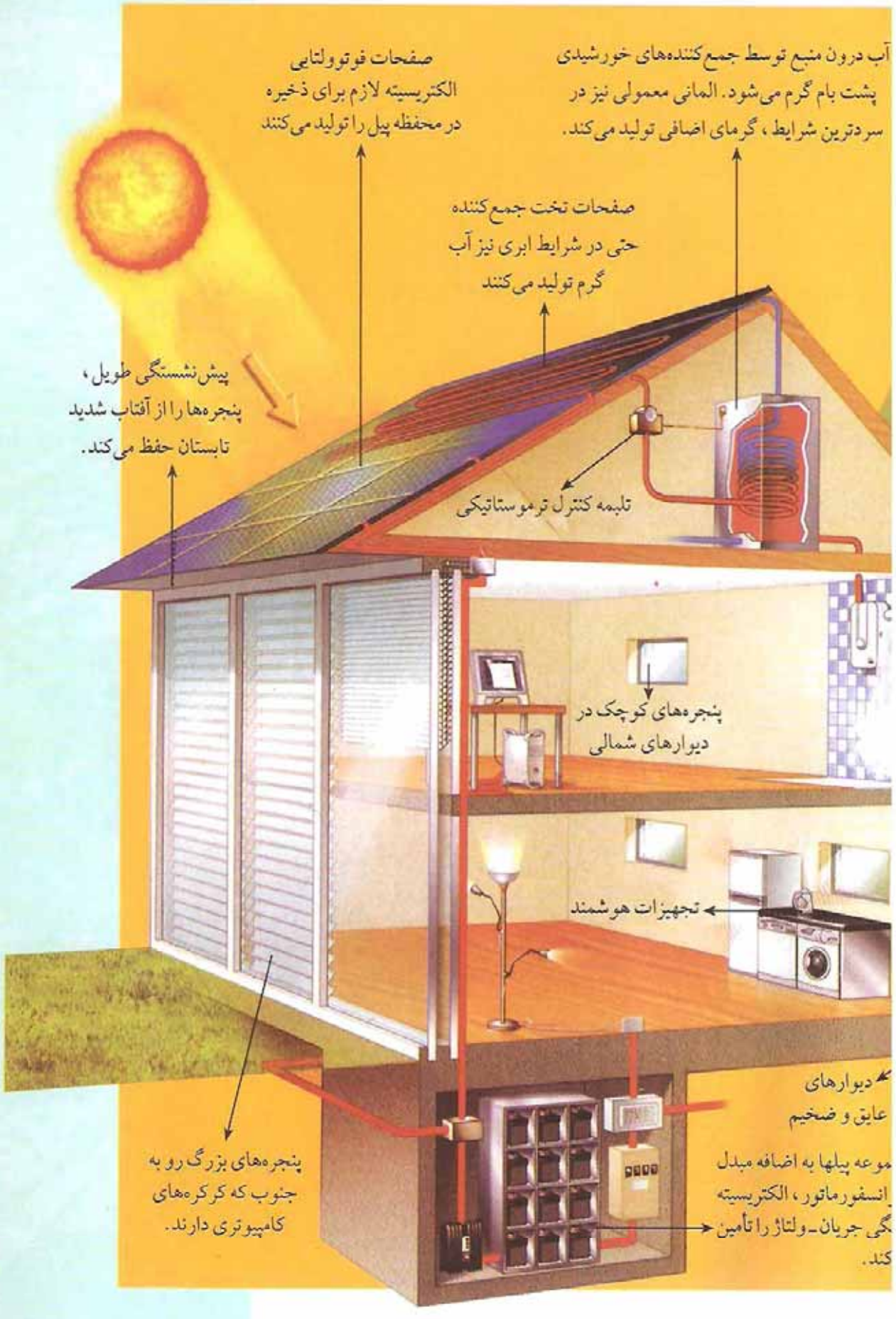
طی دهه‌های آتی، احتمالاً بزرگ‌ترین شرکتهای انرژی دنیا نیز فناوریهای جدید انرژی را برخواهند گزید. الکتریسیته مورد نیاز منازل ما، با روند پرشتابی از منابع تجدیدپذیر تأمین خواهد شد و ماشینهای خود را با اتانول یا هیدروژن سوخت‌گیری خواهیم کرد. اما حسن انرژی تجدیدپذیر این است که می‌تواند در مقیاس کوچک‌تر خانگی نیز به کار برده شود. در حالی که نمی‌توانیم عملیات تصفیه نفت و نیروگاهها را شخصاً انجام دهیم، می‌توانیم از الکتریسیته تولید شده بر روی پشت بامهایمان و یا از آفتاب برای گرم کردن منازلمان استفاده کنیم. ابداعات و نوآوریهای فناورانه بی‌شماری برای به حداکثر رساندن بازده انرژی در خانه‌های جدید به کار برده می‌شود که اغلب با یارانه‌های دولتی و معافیتهای مالیاتی حمایت می‌شوند. با کاهش هزینه‌های این فناوریها و افزایش قیمت سوختهای فسیلی، بازده انرژی منازل یا حتی خودکفایی آنها نه استثنا که قاعده خواهد شد. شکلی که در اینجا آمده است، فناوریهایی را که امروزه در یک خانه می‌توان به کار برد، در کنار یکدیگر نشان می‌دهد.

خانه سازگار با محیط زیست

خانه یکپارچه توسعه‌یافته در بریتانیا، بسیاری از خصوصیات صرفه‌جویی در مصرف انرژی را نشان می‌دهد.

کنترل با فناوری پیشرفته

در خانه‌های آینده فناوری اطلاعات نقش مهمی ایفا می‌کند. کامپیوترها انرژی تولیدی و دمای داخلی را کنترل و ریزتراشه‌ها امکان ارتباط دستگاهها برای مصرف بهینه انرژی را فراهم می‌کنند.


آب درون منبع توسط جمع‌کننده‌های خورشیدی
پشت بام گرم می‌شود. المانی معمولی نیز در
سردترین شرایط، گرمای اضافی تولید می‌کند.
صفحات فوتوولتایی
الکتریسیته لازم برای ذخیره
در محفظه پیل را تولید می‌کنند
صفحات تخت جمع‌کننده
حتی در شرایط ابری نیز آب
گرم تولید می‌کنند
پیش‌نشستگی طویل،
پنجره‌ها را از آفتاب شدید
تابستان حفظ می‌کند.
تلمبه کنترل ترموستاتیکی
پنجره‌های کوچک در
دیوارهای شمالی
تجهیزات هوشمند
دیوارهای
عایق و ضخیم
موعه پیلها به اضافه مبدل
انسفورماتور، الکتریسیته
گی جریان ـ ولتاژ را تأمین
کند.
پنجره‌های بزرگ رو به
جنوب که کرکره‌های
کامپیوتری دارند.

فهرست اصطلاحات

آرمیچر armature
سیم‌پیچی رسانا که بخش متحرک مولد الکتریکی را تشکیل می‌دهد.

اتان ethane
گازی بی‌رنگ و بی‌بو و قابل اشتعال که عموماً از اجزای سازنده گاز طبیعی است.

اتانول ethanol
مایع آلی بی‌رنگ که از تخمیر قند به دست می‌آید؛ الکل اتیلیک نیز نامیده می‌شود.

اثر فوتوولتایی photovoltaic effect
انتشار الکترون از سطح فلز وقتی نور به آن می‌تابد.

اثر گلخانه‌ای green house effect
گرم شدن جو زمین به سبب به دام افتادن گرما توسط گازهای موجود در هوا. این گازها عموماً، کربن دی‌اکسید، متان و ازون‌اند.

ارتفاع head
در تولید برق‌آبی، اختلاف ارتفاع آب به دام افتاده در پشت سد، که از تراز توربینها (مبدأ) سنجیده می‌شود.

الکترون electron
ذره‌ای بنیادی که بار منفی حمل می‌کند. الکترونها یکی از عناصر اساسی سازنده اتمهایند.

الکتریسیته سبز green electricity
اصطلاحی محاوره‌ای برای توصیف الکتریسیته‌ای که از منابع تجدیدشونده به دست می‌آید.

انرژی الکتریکی electrical energy
انرژی موجود در الکترونهای جاری در یک مدار، یا در موجهای الکترومغناطیس مانند امواج نور.

انرژی پتانسیل potential energy
انرژی ذخیره شده به سبب موقعیت یا شکل یک جسم.

انرژی جنبشی kinetic energy
انرژی که اجسام متحرک دارند.

انرژی زمین‌گرمایی geothermal power
انرژی حاصل از به دام افتادن انرژی گرمایی ذخیره شده به صورت طبیعی در سنگهای پوسته زمین.

انرژی شیمیایی chemical energy
انرژی ذخیره شده در پیوندهای شیمیایی یک مولکول.

ایرفول airfoil
جسمی که به گونه‌ای شکل داده شده که بتواند نیروی بالابری در جهت عمود بر جهت حرکت خود، یا عمود بر جهت سیالی که از آن می‌گذرد، پدید آورد.

ایزوتوپها isotopes
اتمهایی با تعداد یکسان پروتون و الکترون، ولی تعداد متفاوت نوترونها.

باتری خورشیدی solar cell

وسیله‌ای بدون هیچ بخش متحرک که تنها بر اثر **فوتوولتایی**، انرژی خورشیدی حاصل از آفتاب را جمع می‌کند، و مستقیماً به الکتریسیته تبدیل می‌کند.

باران اسیدی acid rain

باران با غلظت بالای اسید سولفوریک یا اسید نیتریک

برق‌آبی hydroelectric

مولد الکتریکی که انرژی مکانیکی آن با استفاده از آب جاری تأمین می‌شود.

بشکه barrel

واحد حجم که اغلب در صنعت نفت استفاده می‌شود؛ یک بشکه معادل ۱۶۰ لیتر است.

بیوگاز biogas

مخلوطی عموماً متشکل از متان و کربن دی‌اکسید که از تخمیر مواد آلی به دست می‌آید.

بیوماس biomass

هر شکل از مواد آلی که حاوی انرژی به شکل شیمیایی باشد، معمولاً در ترکیبات عنصر کربن یافت می‌شود. بیوماس شامل کود حیوانی، ضایعات کشاورزی، فضولات انسانی، و چوب است.

پتروشیمی petrochemical

مواد شیمیایی مشتق از نفت خام یا گاز طبیعی.

پروتون proton

از اجزای اصلی اتم که در هسته قرار دارد و دارای بار مثبت است.

پلاسما plasma

گاز رسانای الکتریکی متشکل از تعداد مساوی هسته مثبت و الکترون.

پن‌استاک penstock

در نیروگاه برق‌آبی، لوله‌ای با ظرفیت زیاد که آب را به توربین انتقال می‌دهد.

پ‌هاش pH

میزان اسیدی یا بازی بودن یک ماده شیمیایی. pH آب خالص برابر ۷ است. pH اسیدها از ۷ کمتر و pH بازها از ۷ بیشتر است.

پیل سوختی fuel cell

وسیله‌ای که جریان الکتریکی را از واکنش شیمیایی بین هیدروژن و اکسیژن تولید می‌کند.

ترا tera (T)

پیشوندی برای نشان دادن ضریب ۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ (10^{12}). یک تراوات (TW) معادل 10^{12} وات است.

ترمودینامیک thermodynamics

علم جریان و تبدیل انرژی.

ترموستات thermostat

وسیله‌ای کنترلی که دمای یک سیستم را ثابت نگه می‌دارد.

تن کوچک short ton

واحد وزن که اغلب برای اندازه‌گیری منابع زغال‌سنگ به کار می‌رود. یک تن کوچک معادل ۰٫۹۰۷۲ تن متریک است.

توربین turbine

ماشینی متشکل از مجموعه‌ای از تیغه که بر روی یک محور مرکزی سوار شده‌اند. این تیغه‌ها توسط سیال در حال حرکتی مانند آب، بخار یا هر گاز دیگری به چرخش درمی‌آیند و معمولاً مولد الکتریکی را به کار می‌اندازند.

توربین گازی gas turbine
وسیله‌ای برای تولید الکتریسیته از طریق مهار نیروی گرما. انبساط گاز ـ که معمولاً با سوزاندن سوختی حاصل می‌شود ـ توربین را به چرخش درمی‌آورد.

توسعه پایدار sustainable development
توسعه‌ای که نیازهای امروز را تأمین، و در همان حال از محیط زیست و منابع آن برای نسلهای آینده محافظت کند.

جذب خورشیدی insolation
مقدار انرژی خورشیدی که به سطح معینی از زمین می‌رسد.

ذخیره reserve
مقدار منبع انرژی که می‌دانیم با استفاده از فناوریها و فنون استخراج کنونی بازیافتنی است.

رادیواکتیویته radioactivity
فروپاشی خودبه‌خود عناصر سنگین که با انتشار اشعه X، الکترونهای سریع یا هسته هلیم با بار مثبت همراه است.

ژول joule
واحد استاندارد بین‌المللی انرژی و کار. یک ژول مقدار کاری است که نیروی یک نیوتنی، وقتی نقطه اثر خود را به اندازه یک متر جابه‌جا کند، انجام می‌دهد.

سد، آب‌بند barrage
مانعی مصنوعی که بر روی رودخانه برای متوقف کردن جریان رودخانه و افزایش عمق آن ایجاد می‌شود.

سفره آب‌خیز aquifer
لایه سنگی متخلخل و نفوذپذیر که آب زیرزمینی کافی برای تأمین آب چاهها ذخیره می‌کند و انتقال می‌دهد.

سنگ معدن، کانه ore
سنگهای طبیعی کشف شده که مواد معدنی باارزشی دارند.

سوخت فسیلی fossil fuel
سوختی ـ زغال‌سنگ، نفت یا گاز طبیعی ـ که از بقایای فسیل شده گیاهان و حیوانات به دست می‌آید.

شبکه grid
شبکه سراسری یا منطقه‌ای تولید، انتقال و توزیع انرژی الکتریکی.

شکافت fission
تقسیم شدن خودبه‌خود یا القایی هسته یک اتم سنگین به دو یا چند جزء سبک‌تر.

طاقدیس anticline
چین‌خوردگی عظیم لایه‌های سنگی، معمولاً با قطری ۱۰۰ تا ۳۰۰ کیلومتر.

قانون اول ترمودینامیک
first law thermodynamics
قانون فیزیکی که بقای انرژی در یک سیستم بسته را به اختصار بیان می‌کند. گرمای داده شده به یک سیستم به اضافه کار انجام شده، برابر با تغییر کل انرژی سیستم است.

کار work
وسیله‌ای برای سنجش انرژی، هنگامی که نیرویی جسمی را به حرکت درمی‌آورد.

کربن دی‌اکسید carbon dioxide
گازی بی‌رنگ که هنگام سوختن سوختهای کربن‌دار تشکیل می‌شود. به صورت طبیعی در جو زمین موجود است و در اثر گلخانه‌ای سهم به سزایی دارد.

کیلو kilo (k)

پیشوندی برای نشان دادن ضریب ۱۰۰۰. یک کیلووات معادل ۱۰۰۰ وات است.

گاز طبیعی natural gas

هر گونه گازی که در پوسته زمین یافت شود، اما بیشتر مواقع به گازهای هیدروکربن مربوط به استخراج نفت خام اطلاق می‌شود. به این مفهوم، گاز طبیعی اساساً متان، اتان و کربن دی‌اکسید است.

گرمایش خورشیدی غیرفعال

passive solar heating

بهره‌برداری از خود یک ساختمان برای جمع‌آوری و ذخیره‌سازی پرتوهای خورشیدی که به آن می‌رسد. بعضی از این سازه‌ها به گونه‌ای طراحی می‌شوند که بتوانند حداکثر گرمای ممکن را به دام اندازند.

گرمایش خورشیدی فعال

active solar heating

گرم کردن ساختمان با استفاده از جمع‌کننده‌های خورشیدی متصل به تلمبه‌ها یا پروانه‌هایی که گرمای داخل را منتقل می‌کنند.

گیگا giga (G)

پیشوندی برای نشان دادن ضریب ۱۰۰۰۰۰۰۰۰ (10^9). یک گیگاوات (GW) معادل 10^9 وات است.

ماگما magma

سنگهای مذاب زیر پوسته و جبه زمین. ماگمای رسیده به سطح زمین را گدازه گویند.

مبدل حرارتی heat exchanger

هر وسیله‌ای که برای انتقال گرما بین دو گاز یا مایع به کار می‌رود.

متان methane

گازی بی‌رنگ و بی‌بو که جزء اصلی گاز طبیعی است.

مخزن تلمبه‌ای pump storage

وسیله‌ای برای ذخیره کردن مازاد انرژی الکتریکی. این انرژی برای تلمبه کردن آب به ارتفاع بالا به کار می‌رود و در زمان زیاد بودن تقاضا، برای تولید انرژی بیشتر، آب را رها می‌کنند.

مگا mega (M)

پیشوندی برای نشان دادن ضریب ۱۰۰۰۰۰۰ (10^6). یک مگاوات (MW) معادل 10^6 وات است.

منبع تجدیدپذیر (منبع تجدیدشونده)

renewable resource

منبع انرژی که به طور طبیعی دوباره جایگزین می‌شود.

مولد generator

وسیله‌ای که انرژی مکانیکی (حرکتی) را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند.

نوترون neutron

یکی از اجزای اصلی اتم که در داخل هسته قرار دارد و بار الکتریکی ندارد.

نور light

صورتی از پرتوهای مغناطیس با طول موج ۴۰۰ تا ۸۰۰ نانومتر که با چشم غیرمسلح انسان قابل دیدن باشد.

نیروی جاذبه gravitational force

یکی از نیروهای بنیادی طبیعت؛ و نیروی جاذبه بین دو جرم.

نیمه عمر half life

زمان لازم برای متلاشی شدن نیمی از یک

ایزوتوپ رادیواکتیو.

نیوتن **newton**

واحد معمولی بین‌المللی نیرو. یک نیوتن، نیروی مورد نیاز برای وارد کردن شتاب ۱ متر بر مجذور ثانیه ($1\ m/s^2$) بر جرمی معادل ۱ کیلوگرم است.

وات **watt**

واحد استاندارد بین‌المللی توان. یک وات (W) معادل توان خروجی یا مصرفی یک ژول بر ثانیه است.

واحد گرمایی انگلیسی

British thermal unit (Btu)

واحد انرژی است. یک واحد Btu معادل انرژی مورد نیاز برای افزایش درجه حرارت یک پوند آب به میزان ۱ درجه فارنهایت است.

هسته **nucleus**

قسمت مرکزی اتم که بار مثبت و متراکم دارد و از **پروتونها** و **نوترونها** تشکیل شده است.

همجوشی **fussion**

فرایند به هم پیوستن دو هسته اتم برای تشکیل هسته‌ای بزرگ‌تر. به دلیل کاهش جرم هستهٔ تولید شده، انرژی آزاد می‌شود.

هیدروترمال **hydrothermal**

نوعی انرژی **زمین‌گرمایی** که آب گرم شده در سفره‌های آب زیرزمینی را برای به کار انداختن **توربینها** در سطح زمین به کار می‌برد.

هیدروکربن **hydrocarbon**

هر ترکیب شیمیایی که فقط شامل اتمهای هیدروژن و کربن باشد.

منابع برای مطالعات بیشتر

منابع کتاب:

Transforming Electricity: The Coming Generation of Change, Walt Patterson, EarthScan, 1999.

Prospects for Sustainable Energy, Edward S. Cassedy Jr, Cambridge University Press, 2000.

Energy, Roger A. Hinrichs, Lin Kleinbach, Thomson Learning, 2001.

Energy and the Environment, Peter Hodgson, Bowerdean Publishing, 1997.

Renewable Energy, Godfrey Boyle, Oxford University Press, 1996.

Ecohouse: a Design Guide, Sue Roaf, Christopher Day, Architectural Press, 2001.

Eco-tech, Catherine Slessor, Thames and Hudson, 2001.

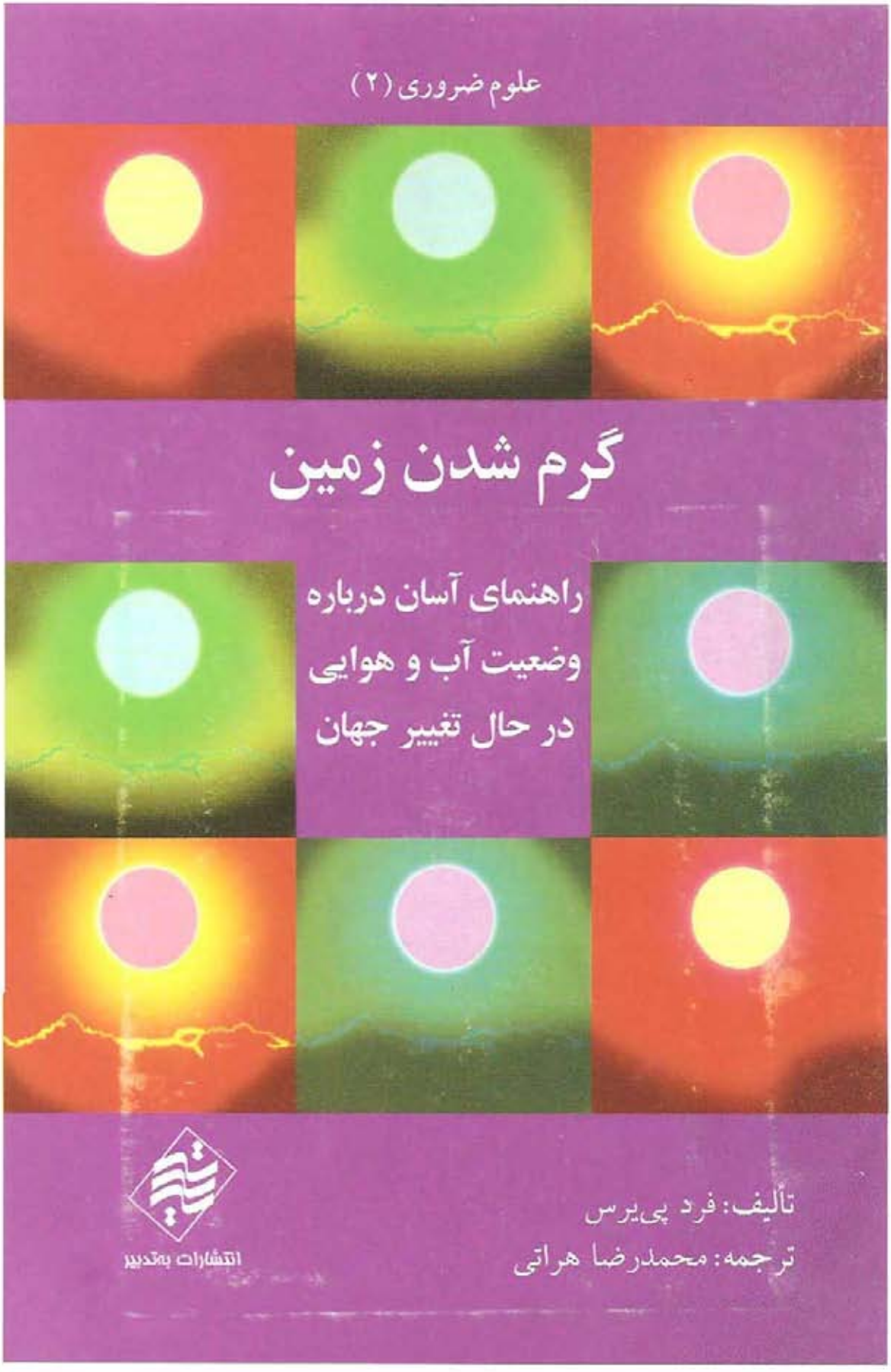
منابع اینترنت:

http://www.wri.org، وب‌سایت مؤسسه منابع جهان.

http://www.eia.doe.gov، وب‌سایت اداره اطلاعات انرژی ایالات متحده آمریکا.

http://www.icta.org، وب‌سایت مرکز بین‌المللی ارزیابی فناوری.

انتشارات به‌تدبیر منتشر کرد:



جامعه مدرن بر پایه انرژی بنا شده است. اما ذخایر سوختی متداول نظیر نفت و گاز رو به اتمام‌اند و استفاده از آنها برای سلامتی انسان و محیط زیست ضرر دارد. آیا فناوریهای جدید و پاک قادر به جوابگویی تقاضای روزافزون انرژی در آینده خواهند بود؟

در این کتاب جذاب، مارک والیزیویچ (Marek Walisiewicz) نویسنده، ابعاد اقتصادی، زیست‌محیطی و سیاسی مشکلات انرژی در جهان را تدوین و تنظیم می‌کند و چگونگی رفع این موارد با کمک ابداعات فناوری را مورد بررسی قرار داده است.

کتابهای راهنمای **علوم ضروری** توسط مؤلف نامدار بین‌المللی، مجری برنامه، روزنامه‌نگار، و دانشمند پژوهشگر، جان گریبین (John Gribbin) ویرایش شده است. در این کتابها تصاویر زنده همراه با متن کارشناسانه و روان برای توضیح عنوانهای علمی مهم روز، با بیانی ساده‌تر از هر زمان، ارائه شده است.

3672404

انتشارات به‌تدبیر