

برچیدن نیروگاه‌های مشکلی که از بین

سال برای برچیدن نهایی رآکتورهای تعطیل شده صبر کند و شاید هم اصلاً این کار را نکند. بنابراین، رآکتورهای قدیمی می‌توانند به زودی به یک چیز ثابت و دائمی تبدیل شوند. نکته مضحک در برچیدن نیروگاه‌های هسته‌ای این است که هرچه این نیروگاه‌ها بیشتر کار کنند، قسمت‌های درونی آنها بر اثر بمباران نوترون، رادیواکتیو بیشتری جذب می‌کنند و هرچه رادیواکتیویته بیشتر باشد، برچیدن نیروگاه‌ها و ذخیره یا دفن زباله‌های رادیواکتیو باقی‌مانده مشکل‌تر، خطرناک‌تر و پرهزینه‌تر خواهد بود. بنابراین پس از بستن رآکتور چندین دهه صبر کردن برای برچیدن کامل آن، کار را به همان نسبت آسان‌تر و کم‌خطرتر می‌سازد.

* کارشناس انرژی و محقق عالی‌رتبه پیشین در آنستیتو ورلد وایچ، واشینگتن‌دی.سی. بخشی از این مقاله از کاری که ورلد وایچ انجام داده اقتباس شده است.

مشکل چگونگی برخورد با رآکتورهای تعطیل شده پیوسته بزرگتر می‌شود. از اول ۱۹۹۹، نود و چهار رآکتور هسته‌ای تعطیل شده‌اند. در همین حال، تنها ۴۲۹ رآکتور کاربری داشته است و این امر بدان معناست که از هر پنج و نیم رآکتوری که تاکنون ساخته شده یکی از آنها برای همیشه تعطیل شده است. با این وجود تنها تعداد معدودی از آنها در واقع برچیده شده‌اند.

عدم پیشرفت در برچیدن رآکتورها تا حدودی نیز برنامه‌ریزی شده است. بعضی از کشورها مانند ژاپن و ایالات متحد سیاست‌هایی اعلام کرده‌اند که به موجب آنها رآکتورهای تعطیل شده باید ظرف یک دو دهه بعد از تعطیلی کاملاً برچیده شوند. کشورهای دیگر مانند کانادا و فرانسه تمایل دارند که چندین دهه صبر کنند. در حد افراطی آن، پادشاهی انگلستان تصمیم گرفته است تا بیش از صد

تصور کنید در هزاره آینده هستید و در چشم‌اندازی سفر می‌کنید که در آن گنبدی بلند بتونی که در پرده‌ای از ابهام و ممنوعیت پوشیده شده و سیم‌های خاردار و سایر موانعی که برای حفاظت آن تعبیه شده، در حال پوشیدن است. کشیشی این ویرانه‌ها را حفاظت می‌کند و همه کسانی را که شاید تمایل داشته باشند به حریم آن تجاوز کنند، می‌راند و خطراتی را که در این حریم در کمین آنها نهشته هشدار می‌دهد. چنین تصویری می‌تواند سرنوشت آینده بیش از ۵۰۰ رآکتور هسته‌ای غیرنظامی‌ای باشد که در نیمه دوم قرن بیستم ساخته شده‌اند. تقریباً در تمامی صنایع، از میان برداشتن کارخانه‌ها و تجهیزات فرسوده کاری ساده و نسبتاً کم هزینه است، اما در مورد نیروگاه‌های اتمی به دلیل وجود مقدار زیادی تشعشعات در تأسیسات فرسوده کار بسیار پیچیده و پرهزینه است. یک نیروگاه هسته‌ای پس از بسته شدن کامل از یک چیز مفید که برق تولید می‌کرد و آن را به مصرف‌کنندگان انرژی می‌فروخت به توده‌ای بتونی و فولادی متشکل از زباله‌های رادیواکتیو تبدیل می‌شود که منتظر نابودی نهایی و دور شدن از انسان، پوسته و آب‌های زمین و جو اطراف آن است. هرچند که بعید به نظر می‌رسد که سناریویی مانند آنچه گذشت به وقوع پیوندد، ولی این حقیقت باقی می‌ماند که جوامع بشری هنوز به سرنوشت نیروگاه‌های هسته‌ای از کارافتاده نیندیشیده‌اند.

فرانسو شه نویه مدیر "آژانس زباله‌های هسته‌ای فرانسه" در ۱۹۹۰ هشدار داد که "بهره‌گیری ما از نیروگاه هسته‌ای و محول کردن رسیدگی به زباله‌های اتمی به نسل‌های آینده، بی‌مسئولیتی از جانب ما خواهد بود." با این حال اتفاق از قبل افتاده، و احتمالاً تا سه یا چند دهه دیگر ادامه خواهد یافت. اگر چه انتظار می‌رود رآکتورهای هسته‌ای سی تا چهل سال کار کنند ولی میراث رادیواکتیو آنها (و از جمله ساختار فیزیکی رآکتورهای از رده خارج شده) برای هزاران سال باقی خواهد ماند.

برچیدن: پیچ‌ها و مهره‌ها

"برچیدن" اساسی یک نیروگاه هسته‌ای در سه مرحله انجام می‌گیرد که دستورالعمل آن توسط "سازمان بین‌المللی انرژی اتمی" تعیین شده است. این مراحل عبارت‌اند از: برچیدن قسمت‌های مربوط به سوخت و تجهیزات جانبی، تضمین در محبوس کردن بدون خطر بخش‌ها و اجزای رادیواکتیو باقی‌مانده؛ و در نهایت برچیدن نیروگاه و از میان برداشتن کامل آن. اولین کار، تخلیه دوران رآکتور از سوخت و انتقال آن به خارج از محل نیروگاه است. در مرحله دوم تمام مواد رادیواکتیو باقی‌مانده محبوس و مضمون می‌شود؛ گاهی این مرحله، مرحله "ذخیره بی‌خطر" نامیده می‌شود. موادی مانند فلزات و بتون که کمتر آلوده شده‌اند، در صورتی که سی تا صد سال بمانند، مقدار زیادی از رادیواکتیو خود را از دست می‌دهند. مرحله سوم، شامل برچیدن تمامی عناصر از محل و مفید سازی آن برای اهداف دیگر است.

از آنجا که تأسیسات ملی مناسب هنوز در بسیاری از کشورها وجود ندارد، استفاده‌کنندگان از نیروگاه‌ها بر آن شده‌اند برچیدن نهایی را تا دسترسی به راه‌حل‌های تصویب شده در مورد دفن زباله‌های اتمی به تعویق اندازند. دلیل دیگر برای به تعویق انداختن، هزینه آن است. (به مقاله مراجعه شود). به عنوان مثال، در مورد نیروگاه "ماگنوکس الکتریک" (Magneox Electric) انگلستان که راهبرد "ذخیره بی‌خطر" را برای مدت ۱۳۵ سال اتخاذ کرده است، این حقیقت که هزینه‌های برچیدن نیروگاه، بعد از ۱۳۵ سال از حساب کم می‌شود، باعث شده است که حساب کنونی شرکت درخشان باشد.

هسته‌ای: نخواهد رفت

نیکلاس لسنن



نیروگاه هسته‌ای گوندرمینگن دریاواریا، آلمان درحین برجیده شدن.

وام گرفتن از آینده که هرگز نمی‌توانیم آن را بازپرداخت نماییم، خاطر نشان می‌سازند. باقی گذاشتن میراثی که نه تنها زندگی آینده را تضعیف می‌کند بلکه ممکن است زندگی را برای هزاران سال آینده به خطر اندازد، اقدامی عاری از مسئولیت و بی‌سابقه است.

نادیده گرفتن نخستین هشدارها

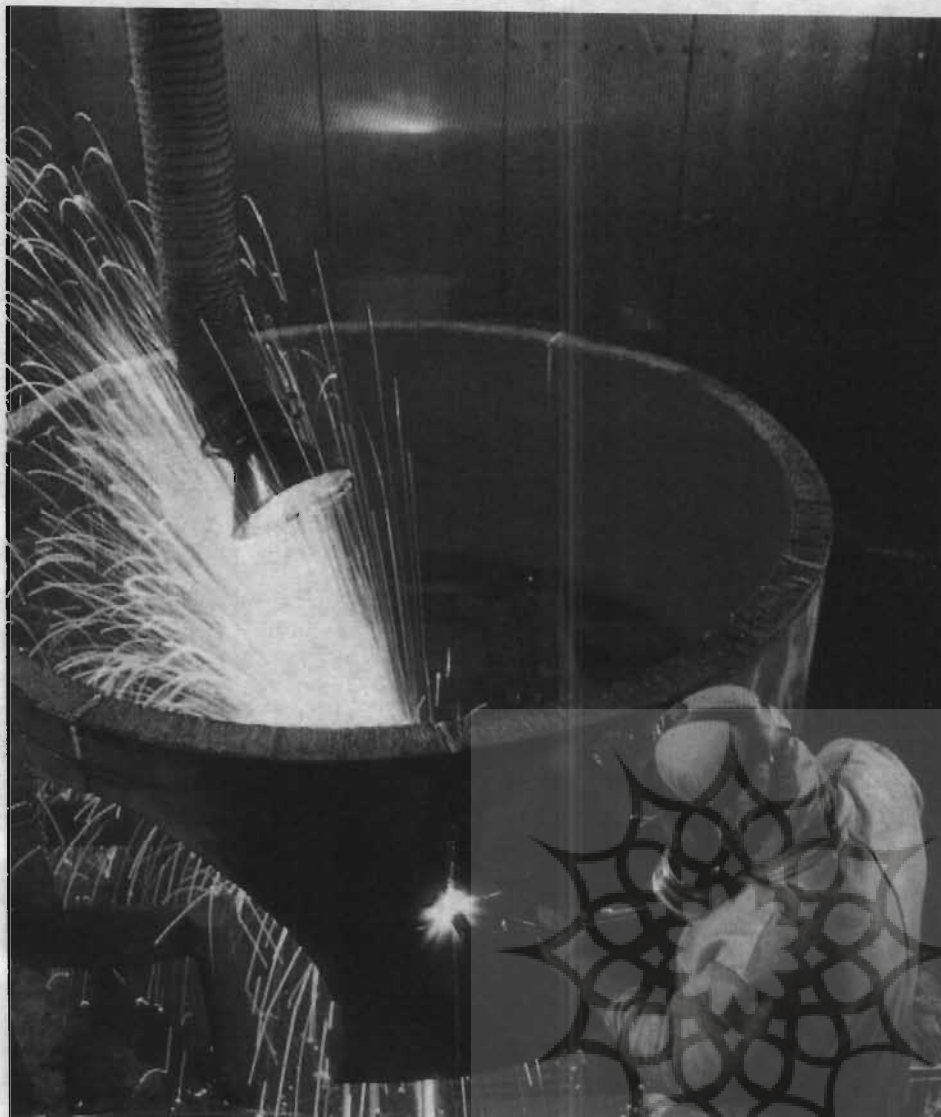
سیاستمداران به طور سنتی نسبت به حل مسئله‌ای که تا بعد از پایان دوره اشتغال سیاسی آنها مطرح نخواهد شد، تمایلی ندارند. در حقیقت، هم دولت‌ها و هم صنایع هشدارهای مربوط به زیاده‌های رادیواکتیو از جمله مسئله برجیدن تأسیسات نیروگاه‌های هسته‌ای را نادیده گرفته‌اند. در ۱۹۵۱، جیمز بی کونانت، رئیس دانشگاه هاروارد و رئیس پیشین "پروژه منهن" (Manhattan Project) درباره تولید بمب

هیچ اقدام سیاسی‌ای در این مورد که زیاده‌ها کجا دفن شوند اتخاذ نکرده است.

برخی دانشمندان به مردم اطمینان می‌دهند که مسئله زیاده رادیواکتیو را می‌توان از طریق دفن آنها حل کرد هرچند که عده دیگری از دانشمندان در این مورد بحث می‌کنند که آیا اصلاً می‌توان این مسئله را به روش معمولی "حل" کرد. زیاده‌ها را نمی‌توان نابود کرد و دانشمندان هم نمی‌توانند ثابت کنند، در صورتی که زیاده‌ها دفن شوند حتماً از پوسته زمین و جو زمین دور خواهند شد.

اثبات یک فرضیه، از طریق روش علمی، احتیاج به نمایش دارد. ولی چنین اثباتی در مورد زیاده‌های رادیواکتیو، به صدها نسل انسان نیازمند است و خطرات گسترده‌ای را به دنبال دارد. منتقدان، از مردم بومی گرفته تا دانشمندان، همگی غالباً وقاحت تمدن ما را در تمایل به پیشرفت در زمان و

به علاوه، رادیواکتیویته ساختمان اصلی - به ویژه ظرف اصلی رآکتور که در آن انفجالات هسته‌ای صورت می‌گیرد - برای صدها هزار سال دوام خواهد یافت. به عنوان مثال در مرکز رآکتور، جایی که بمباران شدید نوترون‌ها از انفجالات زنجیره‌ای شکاف اتم را تجربه کرده است، ماده رادیواکتیو «نیکل ۵۹» یافت می‌شود. نیکل ۵۹ هشتاد هزار سال نیمه فعال است یعنی حدود یک میلیون سال طول خواهد کشید تا خطر آن برطرف شود. برنامه‌های کنونی حاکی از آن است که زیاده‌های اتمی را باید دفن کرد و آنها را از انسان و پوسته زمین و جو دور ساخت تا زمانی که خطر آنها کاملاً برطرف شود. ولی هیچ کشوری تاکنون



تکنیسینی که لباس ایمنی بر تن دارد با مشعل بزرگ در حال بریدن دیواری است.

هسته‌ای در زمان جنگ، برای مردم از زیاده‌هایی سخن گفت که چندین نسل دوام خواهند یافت. در ۱۹۵۷، در میزگردی در "آکادمی ملی علوم ایالات متحد" هشدار داده شد که "برخلاف سایر زیاده‌ها، خطرات مربوط به دور انداختن زیاده‌های رادیواکتیو به قدری زیاد است که جای هیچ‌گونه شکی باقی نگذاشته." در سال ۱۹۶۱، در گردهمایی آکادمی دیگری تأکید شد که قبل از صدور پروانه برای تأسیسات هسته‌ای جدید باید مسئله زیاده‌های اتمی حل شود. گوش شنوایی برای این گونه توصیه‌ها وجود نداشت و کشورها یکی پس از دیگری به سوی ساختن نیروگاه‌های هسته‌ای تاختند. یوروکرات‌های دولتی و سخنگویان صنایع به مردم اطمینان دادند که مسئله برچیدن نیروگاه‌ها و دور انداختن زیاده‌های اتمی را می‌توان حل کرد و با این حال منابع محدودی به این مسائل اختصاص داده شد.

به گفته کارول ویلسون، اولین مدیرعامل کمیسیون انرژی اتمی ایالات متحد، کار کردن با زیاده‌های اتمی "جالب نبود ... و به خاطر توجه به زیاده‌های اتمی به کسی نقل و نبات نمی‌دادند." بنابراین اواخر دهه ۱۹۷۰ که مسائل و حوادث ایمنی، پرسش‌های مربوط به اثرات بهداشتی، هزینه‌های سر به فلک کشیده، و اعتماد عمومی رو به کاهش، از سرعت ساخت و ساز رآکتورهای اتمی کاست، مسئله مزبور به طور مجازی و تقریباً به طور عملی مسکوت ماند. شاید هنوز بسیاری از افراد عقیده داشته باشند که موضوع برچیدن رآکتورهای از کار افتاده و دور ریختن زیاده‌های آنها، مسئله نگران کننده‌ای نیست. این امر ممکن است حقیقت داشته باشد، ولی حتی اگر یک راه حل فنی و یا اجتماعی مثلاً یک مرکز روحانی هسته‌ای ایجاد شود که از پوسته و جو زمین حفاظت کند، در آن صورت هم یک صورت حساب سنگین و پرداخت نشده برای دست یافتن بدان باقی خواهد ماند.

نیروی هسته‌ای در حال حاضر

نیروی هسته‌ای تجاری ظاهراً حداقل برای نسل جدید - به اوج خود رسیده است. در ۱۹۹۰ تاکنون در سراسر جهان، ظرفیت نیروگاه هسته‌ای کمتر از پنج درصد افزایش یافته و در ۱۹۹۸، ظرفیت جهان در واقع تا حدودی کاهش یافت. اگرچه احتمال دارد ظرفیت جهانی ظرف یکی دو سال آینده افزایش یابد، ولی می‌توان گفت با متوقف شدن خط تولید رآکتور و با افزایش سرعت در بسته شدن رآکتورهای قدیمی‌تر و بی‌صرفه و نامقبول از نظر سیاسی، این ظرفیت به سرعت روبه کاهش خواهد گذاشت.

تا پایان ۱۹۹۸، ۴۲۹ رآکتور مشغول به کار بود که یکی کمتر از پنج سال قبل از آن بود. ساخت سی و سه رآکتور جدید در دست اقدام است. از این تعداد، احتمالاً هفت نیروگاه تا سال ۲۰۰۱ به شبکه خواهد پیوست، احتمال دارد کار ساخت چهارده رآکتور دیگر هرگز به اتمام نرسد. در اروپای غربی صدوپنجاه رآکتور فعال وجود دارد و تنها یک رآکتور جدید در دست ساخت است. در حقیقت، دولت‌های اروپای غربی موضوع بسته شدن رآکتورهای موجود را کم کم مطرح

کرده‌اند، این امر در تلاش‌های دولت‌های آلمان و سوئد برای از دور خارج کردن انرژی هسته‌ای مشهود است. در دیگر کشورهای اروپا، دولت‌ها - از جمله دولت فرانسه تدریجاً کاهش وابستگی کشورشان را به اتم عنوان کرده‌اند.

در اروپای مرکزی و شرقی و همچنین در روسیه و اوکراین، حدود شصت و هشت رآکتور آنها فعالانه کار می‌کنند. اگرچه بسیاری از این کشورها در نظر دارند صنایع هسته‌ای خود را گسترش دهند، ولی بعد از حادثه چرنوبیل در ۱۹۸۶، با محدودیت‌های مالی و مخالفت‌های عمومی مواجه شده‌اند.

در کشورهای آمریکایی ۱۲۳ رآکتور وجود دارد هرچند که تنها دو واحد از آنها - یکی در آرژانتین و دیگری در برزیل - در دست احداث‌اند. در کانادا و ایالات متحد، صنعت هسته‌ای تحت فشار اقتصادی فوق‌العاده‌ای قرار دارد چرا که رآکتورها از نظر اقتصادی نمی‌توانند با سایر ابزار تولید خدمات برق رقابت کنند.

آسیا با هشتاد و هشت رآکتور فعال و بیست و شش رآکتور در دست احداث، به عنوان آخرین

استحکامات صنعت نیروی هسته‌ای باقی می‌ماند، هرچند که در اینجا نیز کاهش سرعت در ایجاد نیروگاه‌های جدید مشهود است. ژاپن تنها دو رآکتور در دست احداث دارد و کره جنوبی به خاطر تحمل دو ضربه سنگین تحولات سیاسی و بحران اقتصادی، تمایل به ساخت نیروگاه را از دست داده است. تایوان مشغول ساخت دو رآکتور نهایی است و نهایی بودن این رآکتورها مورد تأیید همگان است. تلاش برای ایجاد صنایع هسته‌ای تجاری در کشورهایمانند اندونزی، تایلند و ویتنام نیز در سال‌های اخیر بی‌ثمر مانده است.

چین در حال حاضر بلند پروازانه‌ترین برنامه را در جهان دارد. این کشور در نظر دارد تعداد رآکتورهای خود را از سه واحد موجود به بیش از پنجاه واحد برساند. هر چند که احتمال دارد برنامه‌های جاه‌طلبانه چین با شکست مواجه شود، زیرا این برنامه‌ها در همه کشورهای که مسائل اقتصادی، ایمنی، برچیدن رآکتور و زیاده‌های رادیواکتیو حساسیت مردم را برانگیخته شکست خورده‌اند.

سیاره ما

باشد. با این همه حتی در نظام‌هایی که ایجاد ذخایر نقدی حقیقی را الزامی می‌سازند، اگر راکتورها قبل از پایان عمر مورد انتظارشان تعطیل شوند، همان طور که در مورد بیش از صد راکتوری که اکنون برای همیشه تعطیل شده‌اند چنین بوده است، امکان دارد کمبودهای مالی به آسانی جلوه‌نمایی کنند. در حقیقت، هزینه‌های تعطیل قبل از موعد راکتورهای بازارهای الکتریسیته ایالات متحد می‌تواند از پانزده میلیارد دلار فراتر رود. در سال‌های اخیر، دولت سوئد میزان پولی را که لازم است سازمان‌های خدمات عمومی برای برچیدن تأسیسات هسته‌ای جمع‌آوری کنند، بالا برد.

در کشورهای دیگر از جمله فرانسه و بیشتر کشورهای در حال توسعه، دولت مایل است برای برچیدن راکتورهای اتمی در زمانی که موقعیت ایجاد کند، پول ذخیره کند و با این کار متضمن شود که نسل کنونی که از نیروی نیروگاه‌های هسته‌ای استفاده می‌کند هزینه برچیدن آنها را به نسل‌های آینده منتقل نمی‌کند.

در پایان باید گفت برچیدن نیروگاه‌ها می‌تواند به بیشترین هزینه باقی مانده که صنعت هسته‌ای و دولت‌های حامی آن با آن مواجه‌اند تبدیل شود، به ویژه آنکه اگر تلاش برای تمدید زباله‌های رادیو اکتیو نافرجام بماند، حتی اگر هیچ زباله هسته‌ای دیگری ایجاد نشود، برای مدتی که با تصور معمول ما از زمان در چالش است، رسیدگی به زباله‌های موجود به بذل توجه و سرمایه‌گذاری‌های لازم نیاز خواهد داشت. چالش در برابر جوامع بشری این است که باید زباله‌های اتمی از جمله بقایای حقیقی نیروگاه‌های تعطیل شده را برای هزاران سال، که عمر پرخطر این مواد را تشکیل می‌دهند، نگاه داشت. با توجه به این امر و صرف‌نظر از اینکه عاقبت نیروی اتمی چه خواهد شد، عصر نیروی هسته‌ای برای مدتی بسیار طولانی ادامه خواهد یافت.

با وجودی که هزینه برچیدن نیروگاه‌ها در چند مورد واقعاً تجربه شده، اما هنوز میزان قطعی هزینه‌ها و محل پرداخت آنها مشخص نیست. گمانه‌زنی در مورد هزینه برچیدن نیروگاه‌ها بین ده درصد تا چهل درصد و حتی صد درصد سرمایه‌ابتدایی این نیروگاه‌ها متغیر بوده است، یعنی هزینه برچیدن یک راکتور عظیم بین پنجاه میلیون تا بیش از سه میلیارد دلار خواهد بود.

چه کسی خواهد پرداخت و چه مقدار؟

در حقیقت راکتور کوچک ۱۶۷ مگاواتی یانکی رو در ماساچوست آمریکا که هزینه ساخت آن در ۱۹۶۰ بالغ بر ۱۸۶ میلیون دلار بود، برچیدن آن در سه دهه بعد یعنی در سال ۱۹۹۳ چیزی بیش از ۳۵۰ میلیون دلار هزینه برداشت. در واقع، اگر توجیه هزینه ساخت و راه‌اندازی راکتورهای اتمی برای دولت‌ها و سازمان‌های خدمات عمومی کار مشکلی بوده است، برچیدن آنها می‌تواند مشکل‌تر باشد. در بریتانیای کبیر، سال‌ها بود که سازمان دولتی خدمات عمومی اصرار می‌کرد که هزینه برچیدن نیروگاه‌های اضافی نسبتاً کم خواهد بود. سپس در ۱۹۸۹ هنگامی که دولت در جریان یک تلاش ناموفق برای خصوصی سازی صنایع هسته‌ای کشور بود، سازمان مزبور اعتراف کرد که برچیدن نیروگاه‌ها تقریباً چهار برابر آنچه قبلاً گفته بود، هزینه دارد.

به همین منوال، اگر چه اکثر کشورها ملزم هستند هزینه برچیدن یک راکتور را در طول فعالیت آن راکتور تأمین کنند، ولی بیشتر این هزینه‌ها "اداری" است. یعنی سازمان خدماتی اعتبار مالی لازم را برای برچیدن تأسیسات اتمی تأمین می‌کند ولی آن پول نقد حقیقی صرف فعالیت‌های دیگر می‌شود. بدین ترتیب، هیچ تضمینی وجود ندارد که وقتی آن سازمان برای برچیدن تأسیسات واقعاً به پول نیاز دارد، آن پول را در اختیار داشته

کارگری به کمک یک بازوی پنجه‌دار، ظرف‌های حاوی زباله‌های هسته‌ای را پشت یک دیوار حفاظتی ساخته شده از سرب و بتون انبار می‌کند.



با از بین رفتن صخره‌های مرجانی بر اثر گرم شدن کره زمین جزیره‌نشینان مورد تهدید قرار می‌گیرند.

گرم شدن کره زمین موجب از بین رفتن تدریجی صخره‌های مرجانی شده و بسیاری از جزیره‌نشینان جهان را به ویژه در اقیانوس آرام و هند در معرض تهدید قرار داده است. طبق بررسی‌ای که اخیراً توسط "اتحادیه صخره‌های مرجانی جهان" مستقر در ایالات متحد (جی سی آرای) صورت گرفت، افزایش درجه حرارت کره زمین در سال گذشته، بیشتر صخره‌های مرجانی اطراف مجمع‌الجزایر سیشل را در اقیانوس هند از بین برد. صخره‌های رنگی که قسمتی از آنها مرجان و قسمتی دیگر گیاه است، با جلوگیری از فرسایش سواحل، موطنی برای بسیاری از انواع ماهی‌ها ایجاد و توجه جهانگردان را جلب می‌کنند. این صخره‌ها مأمین انواع جانوران‌اند و جنگل‌های همیشه سبز اقیانوس‌ها ناهیده شده‌اند. دکتر توماس گورو، رئیس جی سی آرای که سرپرستی بررسی مزبور را برعهده داشت می‌گوید "هیچ جایگزینی برای مرجان‌های مرده وجود ندارد."

امکان دارد صخره‌های مرجانی بر اثر رویدادهایی چون آلودگی و توفان‌های دریایی نیز از بین بروند ولی این گونه خسارات در مقایسه با خسارات ناشی از گرم شدن کره زمین ناچیز است. دانشمندان می‌گویند گرمای اضافی در جو زمین که بر اثر افزایش گازهای گلخانه‌ای از قبیل دی‌اکسید کربن به وجود می‌آید، وارد اقیانوس‌ها می‌شود. وقتی درجه حرارت از حد معینی بالاتر می‌رود، مرجان‌ها سفید می‌شوند و جلبک‌هایی را که رنگ و مواد غذایی آنها را تأمین می‌کنند، از خود دور می‌سازند. اگر گرما برای مدتی طولانی ادامه یابد، مرجان‌ها ضعیف می‌شوند و گاهی اوقات کاملاً از بین می‌روند.

سفید شدن تدریجی مرجان‌ها در دهه ۱۹۸۰ مشاهده شد ولی در سال گذشته که گرم‌ترین سال قرن بود، به میزان فاحشی افزایش یافت. محققان می‌گویند در ۱۹۹۸ شرایط ناشی از گرمای غیرعادی در آب دریا بیش از پنج ماه ادامه یافت و به صخره‌های اطراف جزیره‌های مسکونی مانند جزایر سیشل، موریتانی، مالدیو و سری لانکا صدمات زیادی وارد آورد.

به گفته گورو، "نود درصد مرجان‌های سیشل و برخی از جزیره‌های اندونزی هم اکنون از بین رفته‌اند. عواقب این امر را در ده سال آینده مشاهده خواهیم کرد." سدهای مرجانی مرده تاکنون تجزیه نشده‌اند، اگر تجزیه شوند، جزیره‌های منطقه اقیانوس هند که در سطح پایین قرار دارند، دچار فرسایش ساحلی شدیدی خواهند شد و خسارات عظیمی را در ماهیگیری تجربه خواهند کرد.