راکتورهای کوچک ماژولار (SMR) یک فن‌آوری در حال ظهور است که می‌تواند نقش مهمی در برآورده‌سازی تقاضای رو به رشد انرژی جهانی داشته باشد. این رشد تقاضا عمدتاً به دلیل رشد جمعیت و نیازهای روزافزون کشورهای در حال توسعه از جمله افزایش شهرنشینی و صنعتی شدن است. برآورده‌سازی تقاضای بالای انرژی، مستلزم استفاده بهینه از منابع انرژی موجود و همچنین تغییرات راهبردی در ترکیب سبد انرژی و به‌کارگیری منابع جدید انرژی است.

در حوزه نیروگاه‌های هسته‌ای امروزه علاقه روزافزونی برای توسعه راکتورهای کوچک ماژولار (SMR) و کاربردهای آن ایجاد شده است. این راکتورهای پیشرفته دارای سه خصوصیت زیر هستند:

1. دارای توان الکتریکی پایین و حداکثر تا ۳۰۰ مگاوات هستند،
2. بصورت ماژولار ساخته می‌شوند،
3. در کارخانه‌ها ساخته شده و جهت نصب و بهره‌برداری به محل احداث نیروگاه منتقل می‌شوند.

رآکتورهای ماژولار کوچک، SMR، از جدیدترین نوآوری­ها در صنعت مهندسی هسته­ای در دهه­های اخیر به شمار مي‌آيند. بر خلاف رآکتورهای بزرگ، SMRها از مزایای ساده‌سازی و طراحی استانداردشده - که روند دريافت مجوز را تسهیل می‌نماید- ايمني بالاتر و زمان کوتاه احداث برخوردارند. طراحی این رآکتورهای پیشرفته بر اساس رآکتورهای نسل III+ و IV است. بارزترین تفاوت SMRها با رآکتورهای مرسوم قدرت در ماهیت ماژولار (پكيج بودن) آنهاست. اگرچه در برخی از رآکتورهای مدرن آب سبک از اين روش نيز استفاده مي‌شود، ولی در SMRها بخش­هایي مانند مدار اول به صورت یک پكيج ساخته‌شده که این امر سبب می‌شود قسمت اعظمی از تجهیزات اصلی نیروگاه در محل کارخانه ساخته‌شده و سپس، به محل نصب انتقال یابند. این موضوع تأثیر به‌سزایی در سرعت بخشیدن به روند ساخت و کاهش هزینه­هاي اجرا دارد. به‌کارگیری زیرساخت­ها و تأسیسات جانبی به صورت مشترک برای چند واحد نیروگاه SMR امکان افزایش بهره­وری و کاهش هزینه­های تولید را نيز فراهم می‌‌کند.

توسعه‌دهندگان اين تكنولوژي، مزاياي مختلفي براي آن مطرح كرده‌اند كه به‌طور خلاصه برخي از مهم‌ترين آنها عبارتند از:

* رقابت‌پذیری اقتصادي: در صورت تحقق شرايطي از جمله ساخت به‌صورت سري، انبوه و ماژولار،
* افزايش تعداد واحدهاي توليد برق: با توجه به انعطاف‌پذيري بهتر اين راكتورها،
* پتانسيل توليد همزمان برق و حرارت: مناسب براي كاربردهايي مانند آب‌شیرین‌کن‌ها،
* مناسب استفاده و كاربرد در مناطق دورافتاده.

از اصلی‌ترین دلایل توسعه SMR ها در سطح دنیا می‌توان به برآورده‌سازی نیاز به تولید برق منعطف برای طیف گسترده‌ای از کاربران، کاربردهای متنوع، جایگزین مناسب برای نیروگاه‌های فسیلی، افزایش عملکرد ایمنی، نیاز به سرمایه اولیه کمتر، همگن‌سازی تولید برق در کشورهای در حال توسعه با شبکه‌های برق کوچک در مناطق دور افتاده و خارج از شبکه و ایجاد سیستم‌های انرژی ترکیبی هسته‌ای و تجدیدپذیر است. بسیاری از SMR ها برای بازارهای انرژی طراحی شده‌اند که راکتورهای بزرگ اتمی در آنها قابل استفاده نیستند. با استفاده از فن‌آوری ماژولار، در این راکتورها تولید اقتصادی برق را از طریق کاهش زمان ساخت، هدف قرار داده‌اند. اکثر طرح‌های SMR دارای ویژگی‌های ایمنی پیشرفته و یا حتی ایمنی ذاتی بوده و به عنوان یک یا چند واحد در کنار هم برپا می‌شوند.

به‌‌رغم مزايايي كه مطرح شده، اين تكنولوژي هنوز با چالش‌هاي مختلفي روبه‌روست. برخي از مهم‌ترين چالش‌های پیشروی اين تكنولوژي عبارتند از:

* ابهام در رقابت‌پذیری اقتصادي و بازار اين راكتورها: در حال حاضر تمامي عوامل مطرح شده براي رقابت‌پذيري اقتصادي اين راكتورها، به‌صورت تئوري بوده و نياز است كه در عمل به اثبات برسند. چون هيچ نيروگاهي از اين نوع تاكنون به بهره‌برداري نرسيده است.
* موانع نهادي براي كسب مجوز و نگراني‌هاي ايمني: فرآيند كسب مجوز براي يك طراحي جديد در اين زمينه طولانی‌مدت و هزينه‌بر است.
* منحني يادگيري تكنولوژي: هزينه احداث يك نيروگاه كه اولين در نوع خود است، بالاتر از هزينه نيروگاه‌هايي است كه قبلاً ساخته شده‌اند.

در حال حاضر، بیش از 50 طرح SMRs در 10 کشور دنیا شامل آرژانتین، چین، فرانسه، هند، ایتالیا، ژاپن، کره جنوبی، روسیه، آفریقای جنوبی و آمریکا با کاربردهای مختلف در دست طراحی است. سه طرح صنعتی SMR در مراحل نهایی ساخت هستند یا ساخته شده‌اند که عبارتند از: (CAREM, PWR) در آرژانتین، (HTR-PM,ACP100) در چین و یک واحد قدرت شناور (KLT40) در روسیه. مطابق برنامه‌ریزی‌ها، بهره‌برداری از آنها بین سال‌های 2019 تا ۲۰۲۲ آغاز می‌گردد و علاوه بر این فدراسیون روسیه در حال حاضر 6 راکتور از نوع RITM200 در حال نصب بر روی کشتی‌های یخ‌شکن‌ هسته‌ای دارد؛ ولی تاکنون راکتورهای از این نوع را بر روی خشکی نصب نکرده است. همان‌طور که اشاره شد در حال حاضر، كشورهاي زیادی در حال بررسي توسعه اين راكتورها هستند، اما هنوز نمونه‌اي از اين راكتورها به بهره‌برداري تجاری نرسيده است.