

L'energia nucleare, i reattori nucleari a fissione e le loro principali caratteristiche

Reattore modulare di piccole dimensioni – **SMR Small Modular Reactor**

Gli SMR sono piccoli reattori nucleari, caratterizzati da una potenza fino a 300 MW(e) per unità (definizione World Nuclear Association) e da un progetto semplificato.

Sono sviluppati allo scopo di affrontare efficacemente problematiche legate alla sostenibilità ambientale e alla sicurezza.

Gli SMR presentano le seguenti caratteristiche:

Piccoli - tutti i componenti principali sono alloggiati nel contenitore a pressione del reattore.

In virtù delle dimensioni ridotte rispetto ai reattori tradizionali, gli SMR sono di facile installazione in aree limitate e possono essere eventualmente abbinati a fonti rinnovabili intermittenti, come solare ed eolico, allo scopo di adeguare la potenza generata alle variazioni richieste dal carico. Sono quindi una fonte flessibile e a bassa emissione di carbonio.

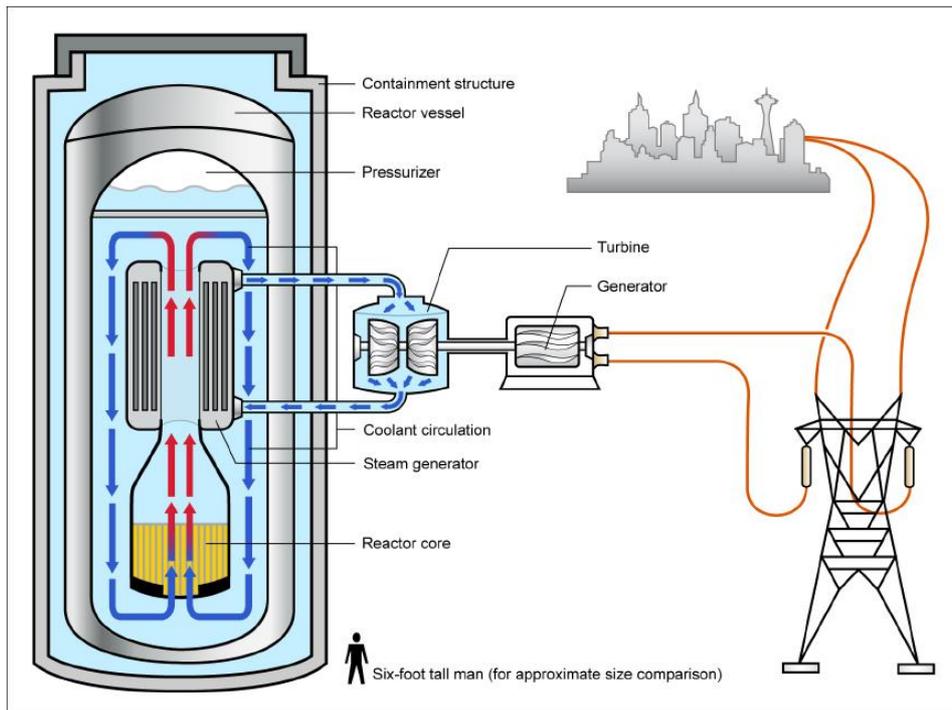
Queste caratteristiche fanno sì che gli SMR svolgano un ruolo chiave nella transizione verso la decarbonizzazione dei sistemi energetici nazionali, aiutando i Paesi a raggiungere gli obiettivi di sviluppo sostenibile.

Un particolare sottoinsieme degli SMR è rappresentato dai cosiddetti **microreattori**, progettati per generare energia elettrica fino a 10 MW(e).

Modulari - le parti principali del reattore sono pre-assemblate direttamente in fabbrica a partire da componenti e sistemi industriali standard.

I moduli sono poi spediti nel sito prescelto via strada o ferrovia per l'installazione. In questo modo sono più facili e più rapidi da costruire, con conseguenti benefici sui costi di investimento. Inoltre, possono essere installati progressivamente, sì da soddisfare in modo incrementale la domanda di energia;

Sono **Reattori multipurpose**, ossia producono non solamente energia elettrica ma anche, grazie alla elevata temperatura raggiungibile da alcuni refrigeranti, energia termica da sfruttare come calore di processo per l'industria chimica e dell'acciaio, per la produzione di idrogeno, il teleriscaldamento oppure la desalinizzazione dell'acqua di mare.



Source: GAO, based on Department of Energy documentation. | GAO-15-652

Possono essere ad *acqua leggera* o di tipo *avanzato*. Un SMR ad *acqua leggera* è fondamentalmente una versione più piccola dei reattori ad acqua esistenti ed utilizza lo stesso tipo di combustibile, vale a dire UO_2 arricchito fino al 5% in U-235, con elementi di combustibile di dimensioni ridotte.

Quelli cosiddetti *avanzati* utilizzano altri tipi di refrigeranti, come gas, metalli liquidi o sali fusi.

L'esercizio sicuro degli SMR si basa fondamentalmente su sistemi di *sicurezza passiva* e su caratteristiche di *sicurezza intrinseca* del reattore, ossia su sistemi che si affidano a fenomeni fisici (ad esempio la circolazione naturale per convezione, la gravità) che non richiedono l'intervento dell'uomo, riducendo al minimo sia gli errori umani che quelli legati a difetti nell'alimentazione elettrica.

Questi maggiori margini di sicurezza riducono significativamente il potenziale rilascio di radioattività nell'ambiente in caso di incidente.

Qui di seguito viene presentato il prototipo SMR americano NuScale.

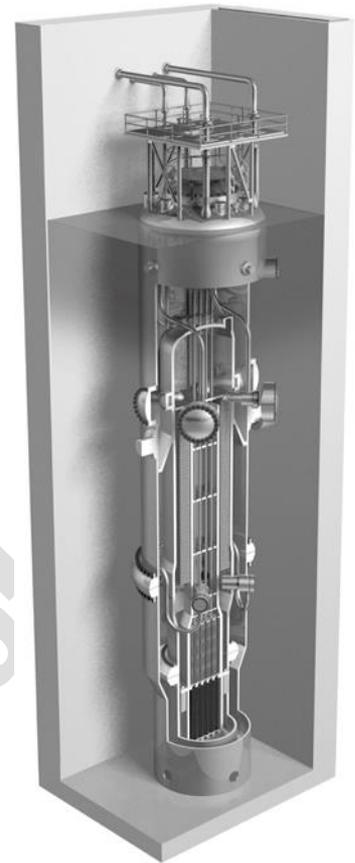
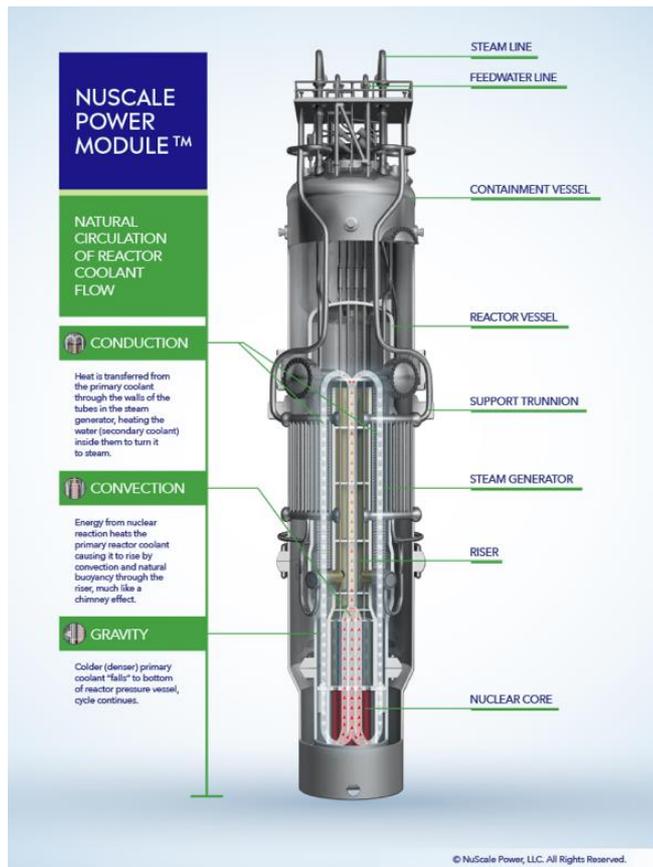
Si tratta di un modulo di reattore ad acqua leggera pressurizzata in grado di produrre fino a 77 MW(e) netti.

Il progetto prevede che nocciolo e contenitore in pressione siano situati all'interno di una piscina di cemento rivestita in acciaio.

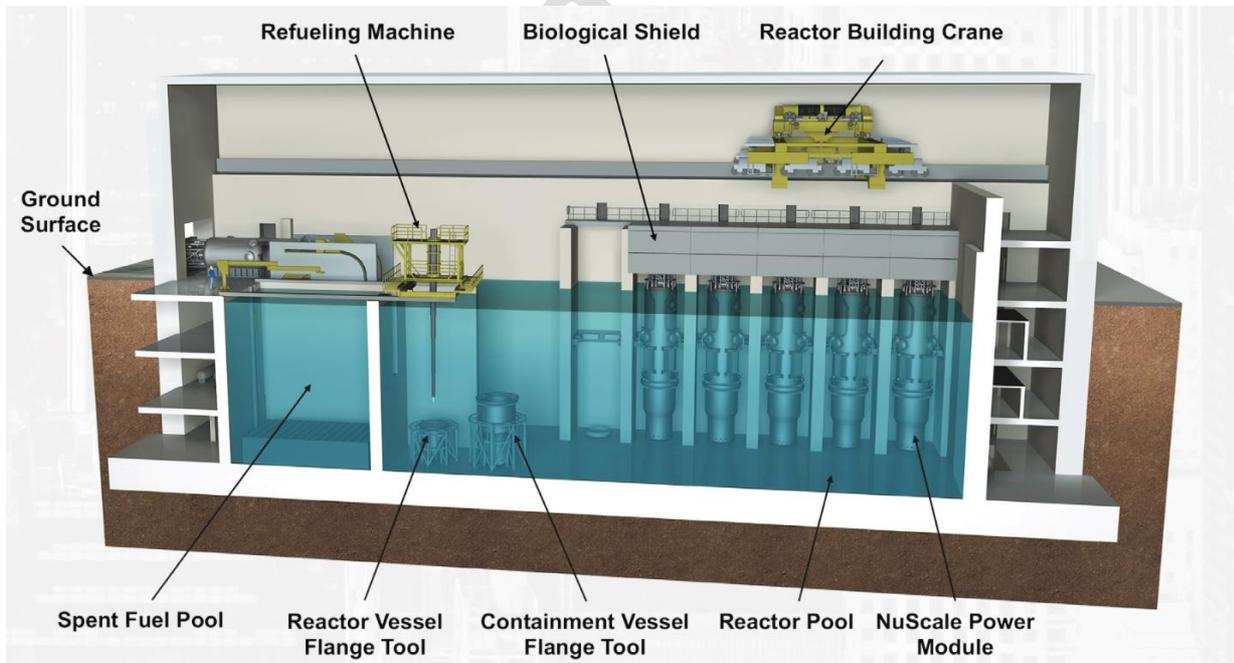
È possibile fino a 12 moduli per centrale.

Ogni modulo è alto 23,3m, ha un diametro di 4,6m.

Il nocciolo è costituito da 37 elementi di combustibile a UO_2 arricchito a circa il 5%.



Modulo di SMR NuScale



Sezione trasversale dell'edificio reattore

Le caratteristiche del reattore modulare NuScale sono qui riassunte (fonte NuScale)

| NuScale Small Modular Reactor: Technical Specifications | | | |
|---|------------------------------------|------------------------------|---|
| VOYGR Plant Design Objective (Plant Operation) | 60 years | Moderator | Light water |
| Thermal Power (per module) | 250 MWt | Steam Generators Number | 2 independent tube bundles integrated into reactor vessel |
| | | Configuration | Once through helical |
| Electrical Power (per module) | 77 MWe (gross) | Operating Cycle Length | 18 months |
| Thermal Efficiency | >30% | Outage Duration | 10 days |
| Reactor Type | Integral Pressurized Water Reactor | Containment Parameters: | |
| | | Design Temperature | 316°C (600°F) |
| | | Design Pressure | 83 bar (1200 psia) |
| | | Nominal Operating Pressure | <0.07 bar (<1 psia) |
| | | Vessel Diameter | 4.6 m |
| Core | UO ₂ | Primary System Parameters: | |
| | | Design Temperature | 343°C (650°F) |
| | | Design Pressure | 152 bar (2200 psia) |
| | | Nominal Operating Pressure | 138 bar (2000 psia) |
| | | Fuel Enrichment | <4.95% |
| No. of Fuel Elements | 37 (17 x 17 pin array) | | |
| Core Height | 2.0 m | | |
| Coolant | Light water | Secondary System Parameters: | |
| | | Design Temperature | 343°C (650°F) |
| | | Feedwater Temperature | 93°C (200°F) |
| | | Turbine Inlet Pressure | 35 bar (500 psia) |

Esistono più di 80 progetti commerciali di SMR nei principali Paesi nuclearizzati come Stati Uniti, Regno Unito, Corea del Sud, Francia, Argentina, Canada, Cina e Russia. Sia le istituzioni pubbliche che quelle private stanno partecipando attivamente agli sforzi per portare a maturazione la tecnologia SMR entro il prossimo decennio. Partendo da un costo di investimento iniziale unitario più basso rispetto alle centrali tradizionali, la sfida principale sarà dimostrare la loro competitività economica.



Small Modular Reactor in costruzione a Changjiang nella provincia cinese di Hainan