

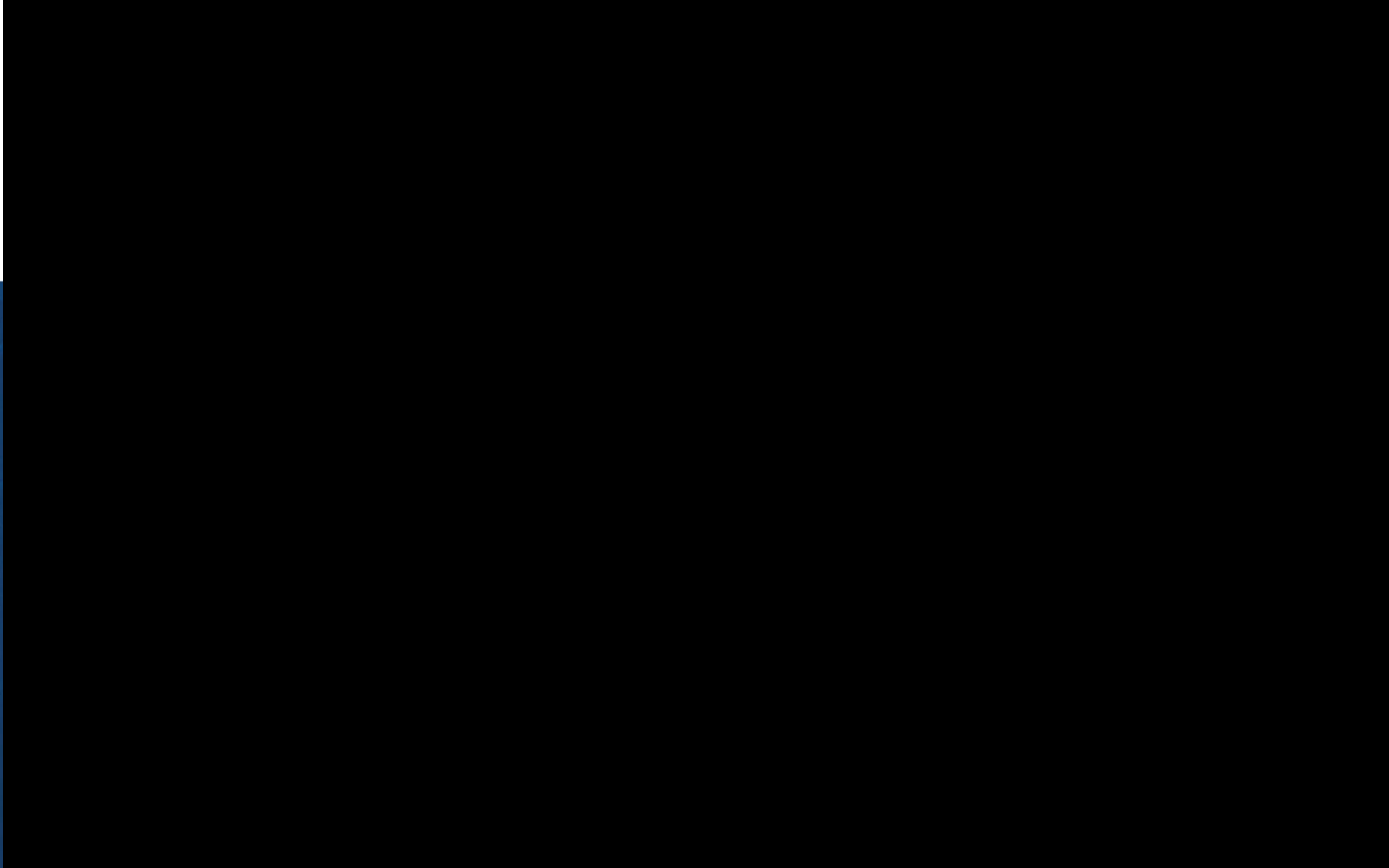


ULTRA SAFE NUCLEAR

Znacznie więcej niż energia elektryczna

**Modularny Mikro Reaktor – IV generacji
przełom w koncepcji energetyki**

Konferencja: „Modułowy Atom dla Biznesu” Warszawa, 12 czerwca 2023



UWAGA

Prezentowane w dalszej części tego materiału ilustracje zastosowań reaktora MMR[®] mają służyć inspiracji i nie stanowią proporcjonalnych w wymiarach i zestawionych z poszanowaniem technicznych zasad projektowania koncepcji przyszłych instalacji. Zostały przygotowane z wykorzystaniem narzędzi graficznych AI i nie odnoszą się do żadnych istniejących już obiektów.



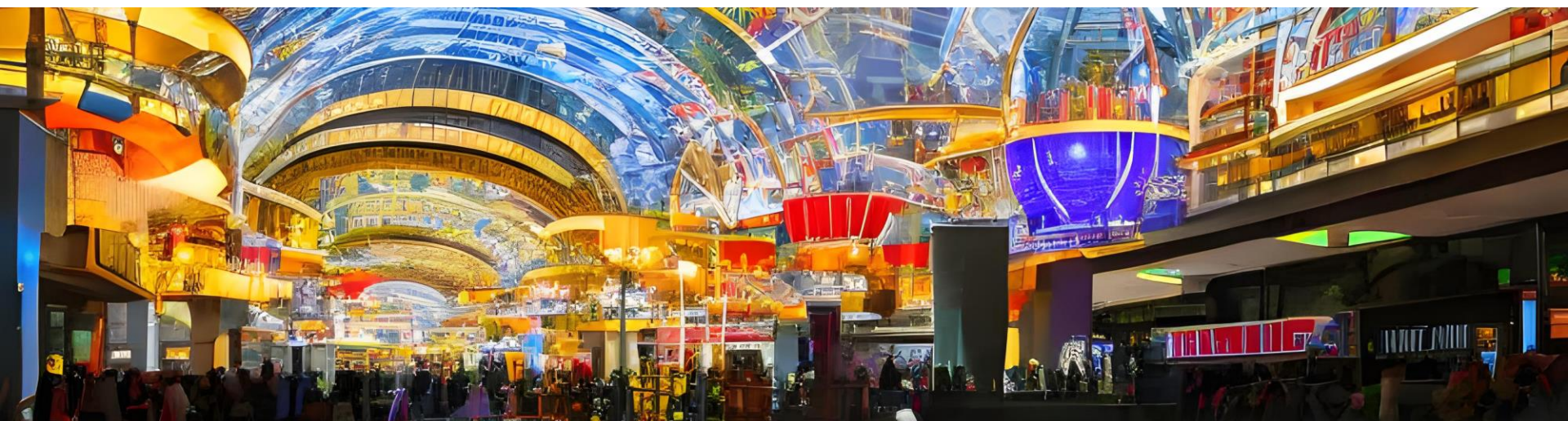
Produkcja energii elektrycznej – do wykorzystania na miejscu

- Jednym z najbardziej oczywistych zastosowań MMR[®] jest produkcja energii elektrycznej.
- W zależności od modelu MMR[®] może dostarczać nawet do 15 MW energii, co wystarcza na zasilanie około 15 000 domów/mieszkań w bezpośredniej okolicy.
- MMR[®] może również zapewnić gwarantowane zasilanie dużych hoteli, kompleksów biurowych i apartamentowców oraz centrów handlowych wraz z towarzyszącą infrastrukturą, taką jak oświetlenie, windy, lodówki, systemy monitoringu wideo, telekomunikację, klimatyzację, pompy wodno-ściekowe, oraz obiekty spa i baseny.
- Co równie ważne, MMR[®] może dostarczać wystarczającą ilość energii do ładowania pojazdów elektrycznych dla mieszkańców apartamentów, hoteli oraz pracowników biurowych.





W zależności od modelu MMR® może dostarczać nawet do 15 MW energii, co wystarcza na zasilanie około 15 000 mieszkań/domów w bezpośredniej okolicy. To niewielkie miasto lub dzielnica dużego miasta.



MMR® może dostarczać wystarczającą ilość energii do ładowania pojazdów elektrycznych dla mieszkańców apartamentów i hoteli oraz pracowników biurowych.



MMR® może również zasilać duże hotele, kompleksy biurowe i apartamentowce oraz centra handlowe wraz z towarzyszącą infrastrukturą, taką jak oświetlenie, pompy wodno-ściekowe, windy, lodówki, systemy monitoringu wideo, telekomunikacji, klimatyzację oraz obiekty spa i baseny

Wysokotemperaturowe ciepło przemysłowe

- Wysokotemperaturowe ciepło jest niezbędne w wielu gałęziach przemysłu, w szczególności chemicznego, petrochemicznego, materiałów budowlanych, produkcji papieru i in.
- MMR[®] może dostarczać wysokotemperaturowe ciepło do różnych procesów przemysłowych, takich jak suszenie, sterylizacja, wypiek, topienie i rafinacja.
- Istotną cechą MMR[®] jest możliwość lokalizacji źródła w bezpośrednim sąsiedztwie energochłonnego procesu przemysłowego.
- Użycie MMR[®] może dać gwarancję:
 - pełnej dyspozycyjności, nawet w sytuacji kryzysu czy zagrożenia,
 - braku strat na przesyłaniu i braku strat na przemianie form energii,
 - Zerowej emisyjności i tym samym zerowych kosztów za zanieczyszczanie.





Wysokotemperaturowe ciepło jest niezbędne w wielu gałęziach przemysłu: chemicznego, petrochemicznego, materiałów budowlanych, papierniczym i in.



MMR[®] może dostarczać wysokotemperaturowe ciepło dla różnych procesów przemysłowych, takich jak suszenie, sterylizacja, wypiek, topienie, obsługa procesów chemicznych, w tym rafinacji.



Elektryfikacja transportu

- MMR[®] może również wspierać elektryfikację transportu publicznego i indywidualnego.
- Najmniejszy model MMR[®] jest zdolny do dostarczania wystarczającej ilości energii dla pięciu **jednocześnie** ruszających szybkich pociągów elektrycznych (np. Pendolino) **w systemie rozproszonym geograficznie**.
- MMR[®] może umożliwić również masową komunikację samochodową i autobusową- w tym publiczną autobusową - poprzez zapewnienie możliwości szybkiego ładowania lub zasilenie przewodów trakcyjnych prądem stałym lub zmiennym w miejscu zapotrzebowania.
- Ponadto, dzięki swojemu systemowi magazynowania z użyciem stopionej soli, MMR może dostosowywać się do dynamicznego popytu, przechowując nadmiar ciepła do późniejszego wykorzystania przy produkcji energii. Standardowo bufor ciepła umożliwia przesunięcie do 12 godzin.





MMR[®] może wesprzeć masową i indywidualną komunikację samochodową poprzez zapewnienie możliwości szybkiego ładowania.



Wsparcie lokalnych systemów zaopatrzenia w świeżą wodę:

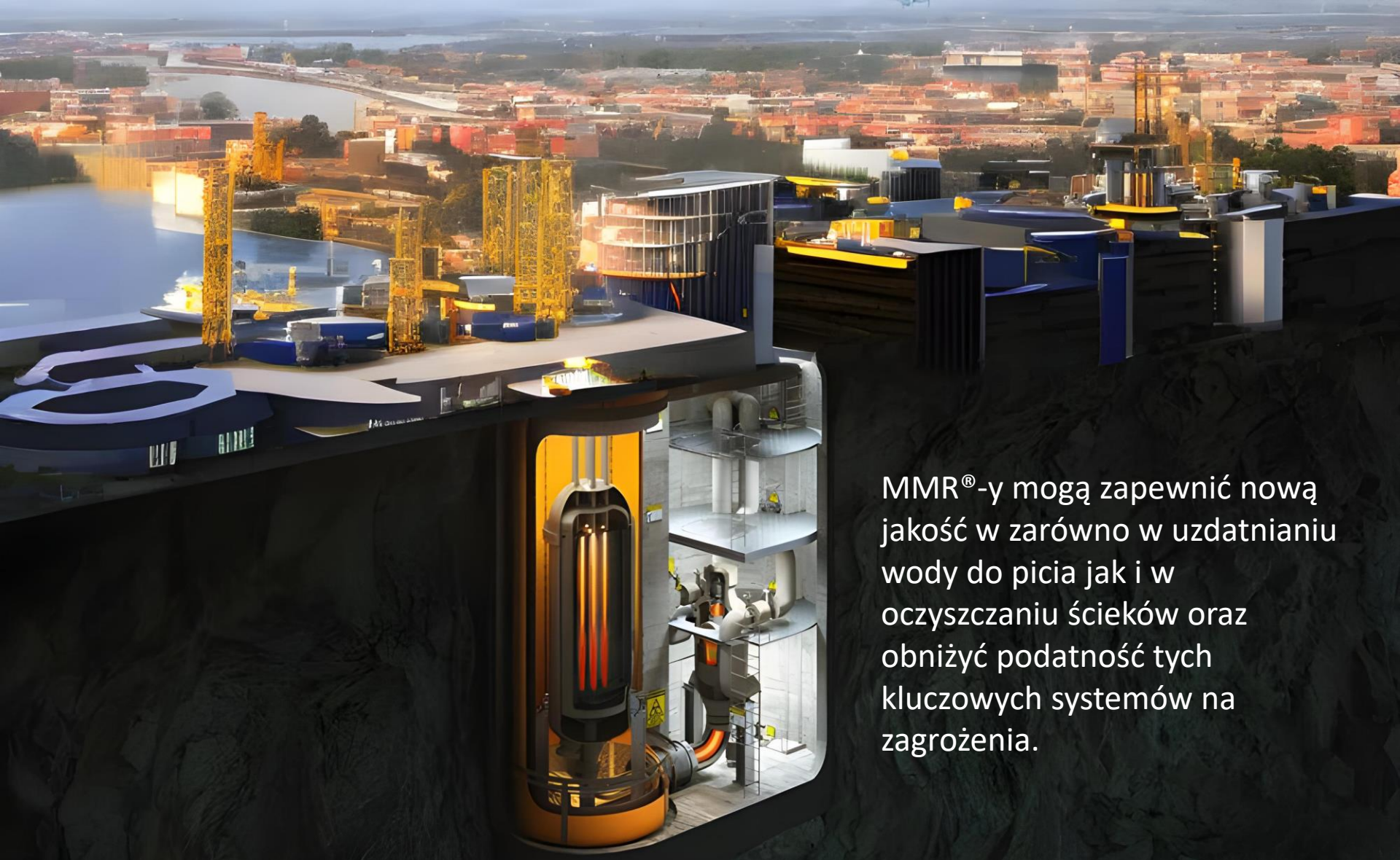
- Jednym z potencjalnych zastosowań MMR[®] jest **miejscowe** dostarczenie energii do odsalania wody morskiej i/oraz oczyszczanie wody pitnej.
- Można wykorzystać wysokotemperaturowe ciepło z MMR[®] do odparowania wody morskiej i kondensacji czystej wody w procesie wielostopniowej destylacji.
- Można zaradzić deficytowi czystej wody i zapewnić ludności dostęp do wody pitnej oraz zmniejszyć zależność od odległych źródeł wody. Dostęp do świeżej wody jest niezbędny dla gospodarki, społeczeństwa i środowiska.
- Brak odpowiedniego zaopatrzenia w świeżą wodę stanowiłby wyzwanie dla utrzymania zdrowia publicznego, sanitacji oraz naturalnych siedlisk.
- Utrzymanie energetyczne procesów zapewniających dostęp do świeżej wody ma więc znaczenie dla bezpieczeństwa narodowego i zdolności obronnych.



Energia cieplna do oczyszczania ścieków

- Kolejnym potencjalnym zastosowaniem MMR[®] jest zasilanie energetyczne radykalnego oczyszczania ścieków.
- Konwencjonalne metody oczyszczania ścieków przy użyciu ciepła polegają na zabiciu patogenów i częściowym odfiltrowaniu zanieczyszczeń.
- MMR[®] może umożliwić bardziej zrównoważone, zajmujące mniej miejsca i ekonomiczne rozwiązanie dla oczyszczania ścieków za pomocą tzw. utleniania w nadkrytycznej wodzie (374 °C przy 22.1 MPa).
- Technologie oczyszczania ścieków, które wykorzystują nadkrytyczną wodę, polegają na utlenianiu związków organicznych w wodzie w wysokich temperaturach i pod wysokim ciśnieniem.
- MMR[®] może być również zintegrowany z lokalnym systemem energetycznym (np. klastrem energii) w trybie pętli komunalnej, w którym system utleniania w nadkrytycznej wodzie funkcjonuje w procesie zamkniętego obiegu, w którym ciepło i woda są odzyskiwane i ponownie wykorzystywane.





MMR[®]-y mogą zapewnić nową jakość w zarówno w uzdatnianiu wody do picia jak i w oczyszczaniu ścieków oraz obniżyć podatność tych kluczowych systemów na zagrożenia.

Ciepło do chłodzenia i ogrzewania

- MMR[®] może także miejscowo dostarczać ciepło dla sieci grzewczych (niska temperatura i mniejsze ciśnienie) do ogrzewania mieszkań, domów i firm w systemach sieci ciepłowniczych, również w układzie rozproszonym co poprawia efektywność i odporność sieci na awarie oraz energię elektryczną do zasilania pomp ciepła lub chłodziw absorpcyjnych.
- Stosowanie systemów centralnego ogrzewania opartych na sieciach ciepłowniczych jest znacznie bardziej efektywne, gdy ciepło jest dostarczane na stosunkowo krótką odległość, niż używanie indywidualnych urządzeń (takich jak pompy ciepła) zasilanych elektrycznie. Możliwe są też systemy hybrydowe, umożliwiające w lecie chłodzenie w oparciu o dostarczone ciepło z sieci ciepłowniczej.
- MMR[®] z racji wszechstronnych zastosowań może być efektywny ekonomicznie w systemach ciepłowniczych o sezonowym spadku zapotrzebowania, zapewniając jednak nadal źródło ciepłej wody do celów użytkowych.



Wytwarzanie wodoru do zużycia na miejscu

- Kolejne możliwe zastosowanie MMR[®] to produkcja wodoru przeznaczonego do wykorzystania na miejscu.
- MMR[®] może być wykorzystany do produkowania wodoru przy wykorzystaniu wysokotemperaturowego ciepła do rozszczepiania cząsteczek wody w procesie rozszczepiania termochemicznego lub elektrolizy wysokotemperaturowej.
- Wodór może być wykorzystywany bezpośrednio jako czyste paliwo do pojazdów, takich jak samochody, autobusy i ciężarówki z układami wodorowych ogniw paliwowych lub z instalacjami przystosowanymi do spalania wodoru w silnikach.
- Wodór jest też stosowany jako surowiec do produkcji amoniaku i metanolu, które mogą być podstawą paliw syntetycznych i mają perspektywy stosowania w transporcie wraz z pojazdami elektrycznymi (EVs), ale też są ważnymi substancjami chemicznymi w różnych branżach (np. produkcja nawozów sztucznych).





MMR[®] umożliwia produkcję wodoru poprzez wykorzystanie wysokotemperaturowego ciepła do rozszczepiania cząsteczek wody w procesie rozszczepiania termochemicznego lub elektrolizy wysokotemperaturowej

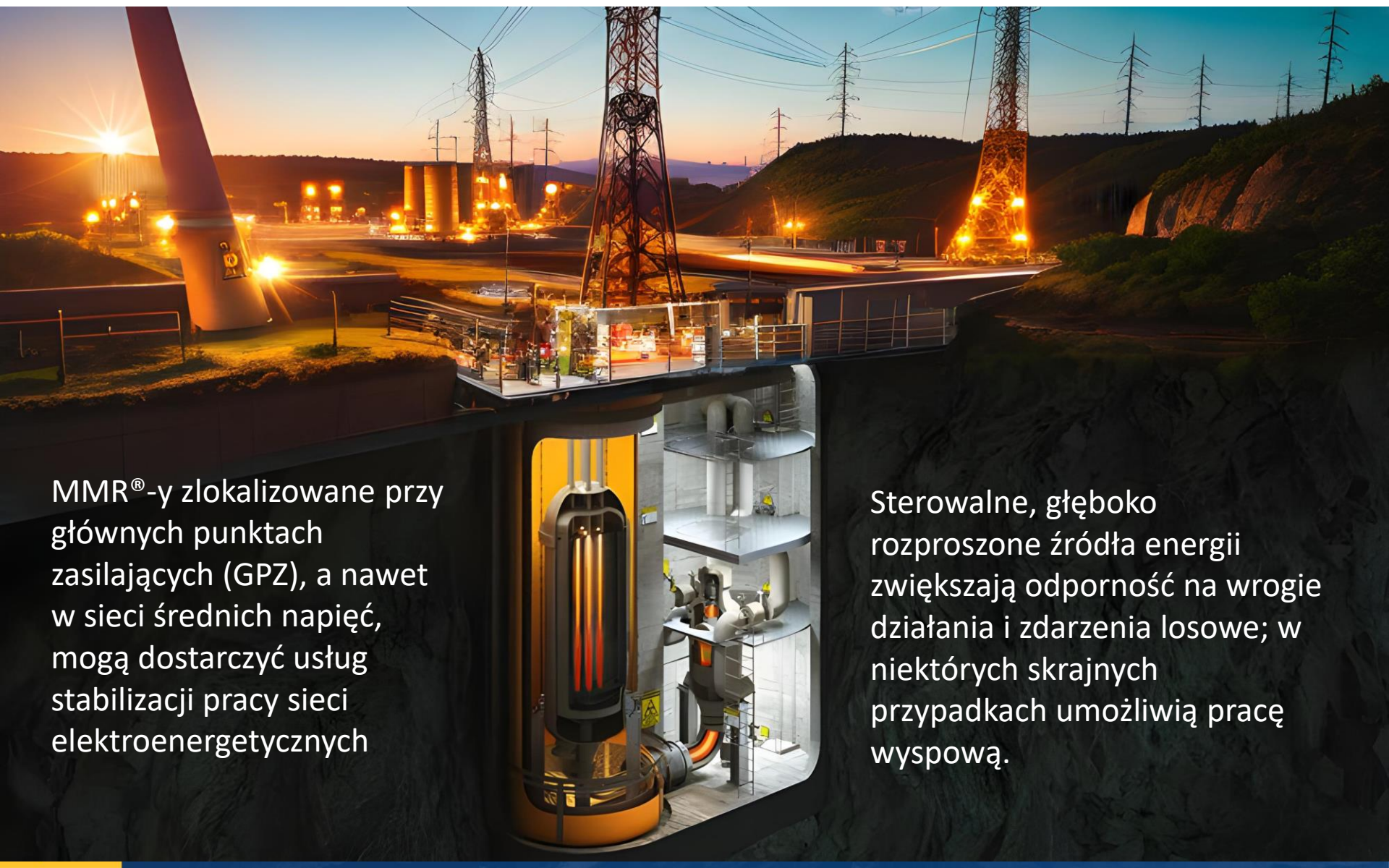


Wodór stosowany jest bezpośrednio jako paliwo do samochodów, autobusów i ciężarówek z napędami wodorowymi lub jako surowiec do produkcji amoniaku, metanolu i paliw syntetycznych.

Usługi sieciowe dla elektroenergetyki

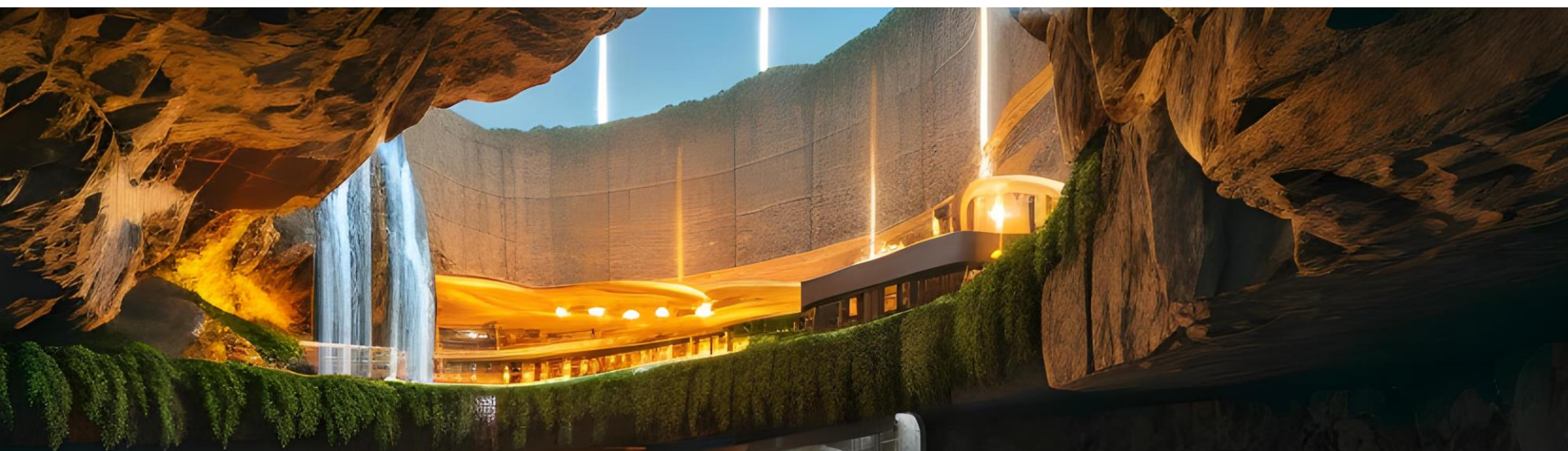
- MMR[®]-y zlokalizowane przy głównych punktach zasilających (GPZ), a nawet w sieci średnich napięć, mogą dostarczyć usług stabilizacji pracy sieci elektroenergetycznych:
 - Bilansowanie energii generowanej przez niesterowalne OZE, eliminacja przeciążeń i szybkie wznowienie generacji
 - Stabilizacja częstotliwości i przesunięcia fazowego,
 - Usługi przywracania zasilania po wystąpieniu blackout-u,
 - Możliwość obsługi doraźnych silnych wzrostów i spadków zapotrzebowania np. przez szybkie ładowarki.
- Sterowalne, głęboko rozproszone źródła energii zwiększają odporność na wrogie działania i zdarzenia losowe; w niektórych skrajnych przypadkach umożliwią pracę wyspową.





MMR[®]-y zlokalizowane przy głównych punktach zasilających (GPZ), a nawet w sieci średnich napięć, mogą dostarczyć usług stabilizacji pracy sieci elektroenergetycznych

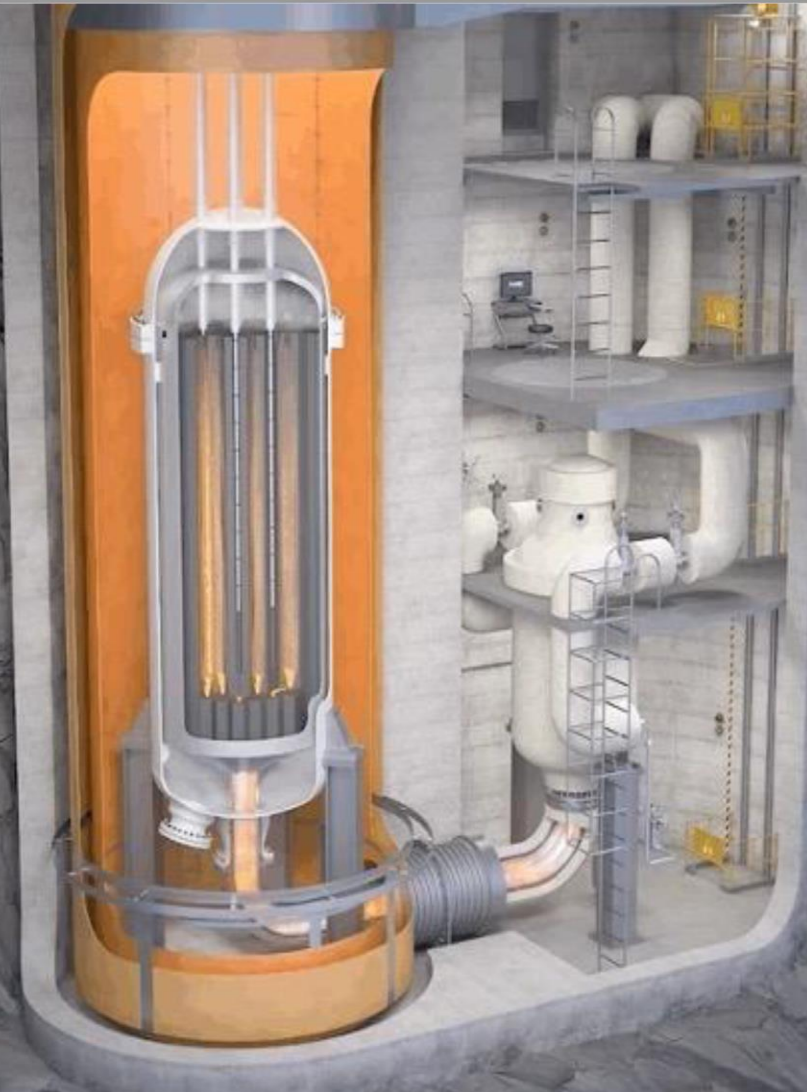
Sterowalne, głęboko rozproszone źródła energii zwiększają odporność na wrogie działania i zdarzenia losowe; w niektórych skrajnych przypadkach umożliwią pracę wyspową.



Technicznie, strefa zagrożenia dla MMR[®]-a kończy się na betonowej obudowie reaktora (na cytadeli). Są to reaktory IV generacji, zapewniające bezpieczeństwo na nowym poziomie.



Zakłada się, że najbliższych latach regulatorzy bezpieczeństwa jądrowego w poszczególnych państwach zaczną dopuszczać stosowanie takich rozwiązań bezpośrednio w miejscu normalnego, długotrwałego przebywania osób postronnych.



MMR™ “Energy Unit”

Output

Equivalent to:

- 3B kWh (sup. steam) -- >1BkWh (charged battery)

Can produce:

- power as needed, >10 MWe
- superheated steam as needed, up to 30 MWt

40 year lifetime

Up to 3 refuelings (cartridge exchange)

MMR™ “Energy Unit” Attributes / Features

A Nuclear Fission Battery

City-Safe Design

Rapid Construction

Small Operating Staff

Ultra Safe Nuclear Supported
Maintenance



Od paliwa FCM do Modularnego Mikro-Reaktora (MMR®)

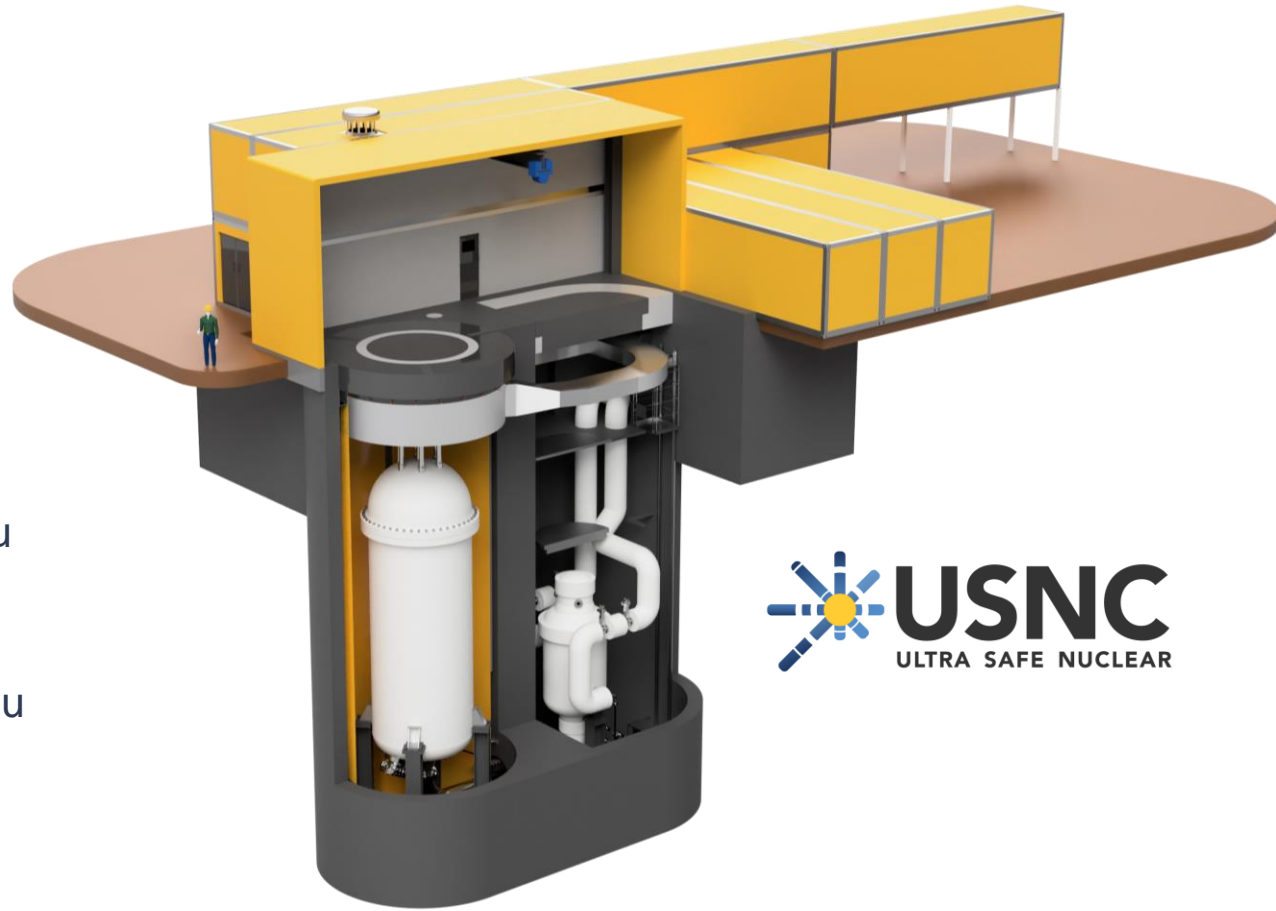


15 MW wysokotemperaturowego ciepła emitowane bez przerwy przez 20 lat.

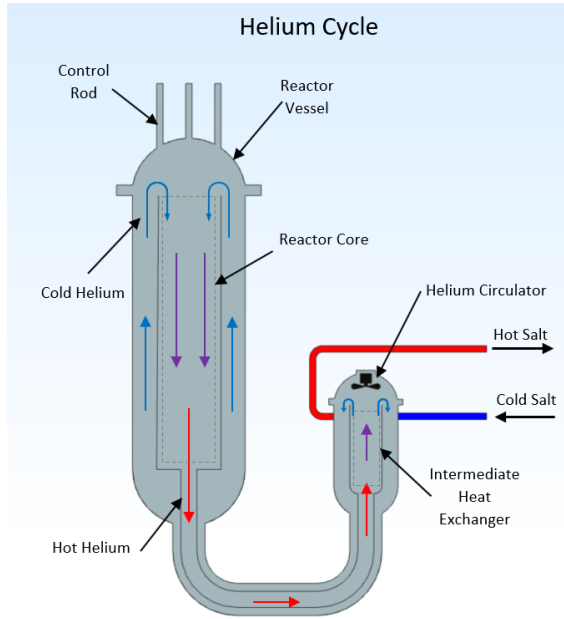


Zespół reaktora MMR[®]

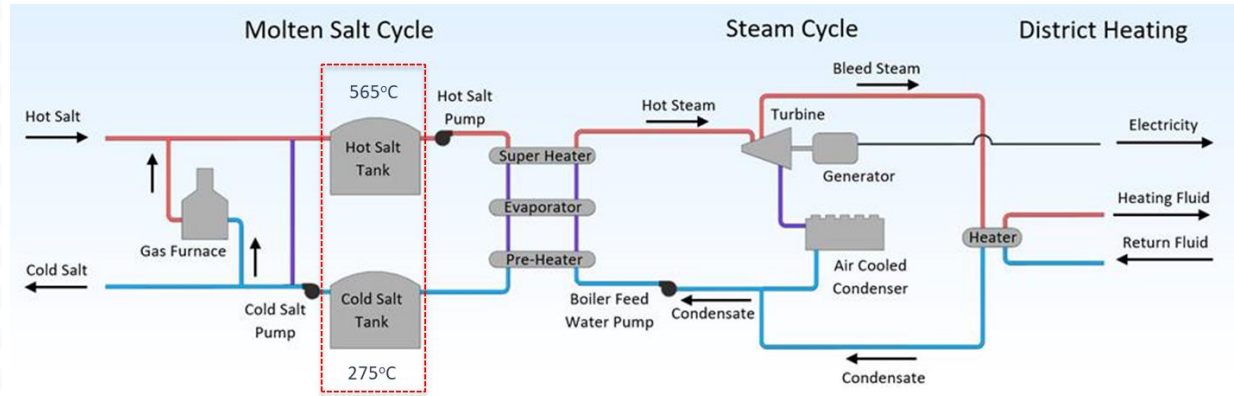
- Skontenerowana mikro-modularna konstrukcja
- Produkcja wielkoseryjna
- Szybki montaż
- Zaprojektowany do pracy w kogeneracji
- Umożliwia produkcję wodoru
- Łatwe i bezpieczne wyjęcie oraz składowanie paliwa wypalonego pod koniec cyklu
- Pełne bezpieczeństwo od stopienia paliwa



Uproszczony Schemat Procesowy EJ z reaktorami MMR[®]



Cykl Helowy



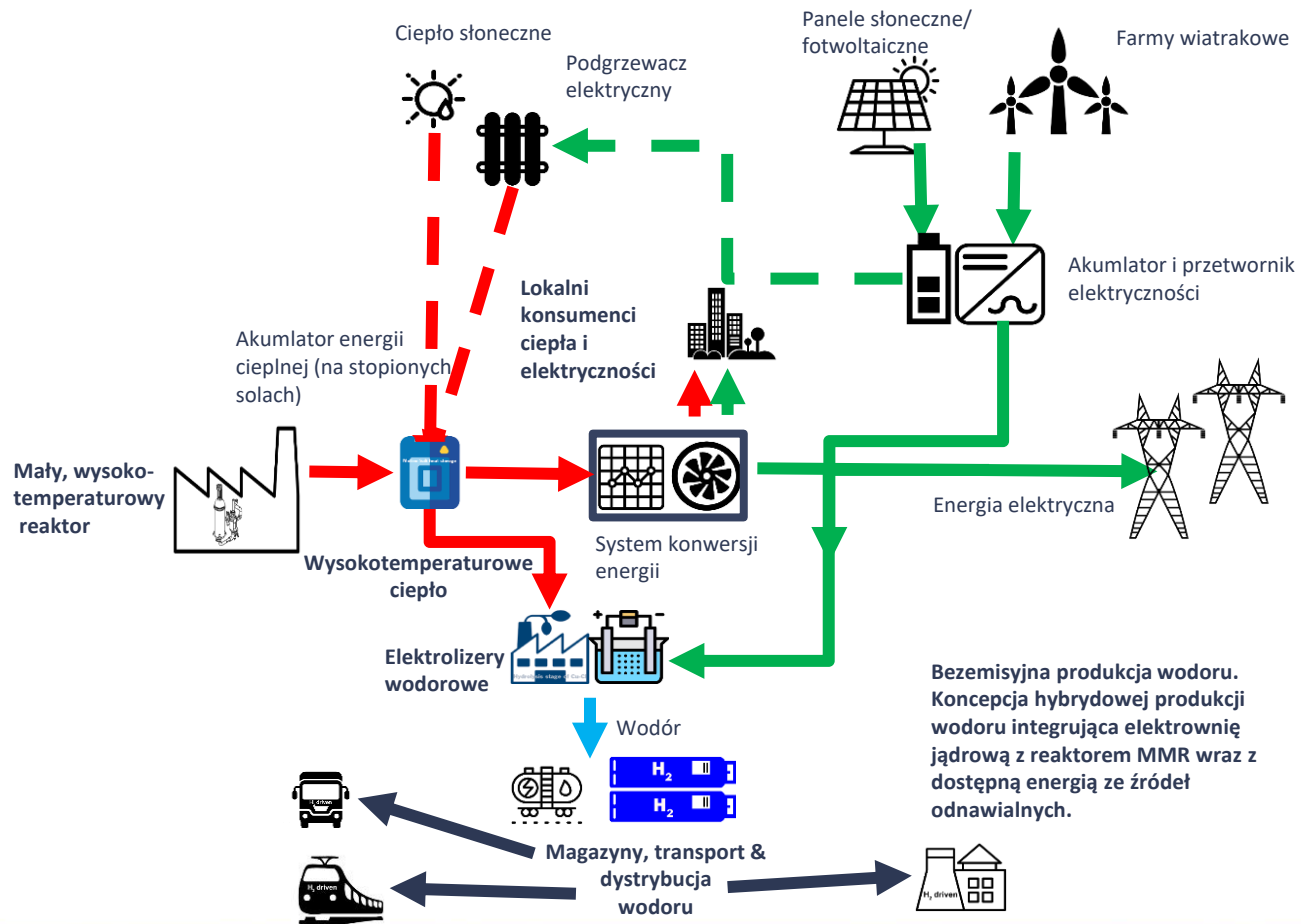
Cykl na Stopionych Solach

Cykl Parowy

Cykl Kogeneracji



Zintegrowany, hybrydowy system energetyczny z produkcją wodoru – klaster energii



Typowy plan EJ z MMR®

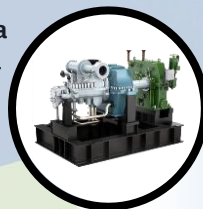
Moc cieplna 30 MWth (15 x 2)

Moc elektryczna netto 11.87 MWe

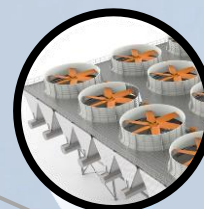
Nuclear Plant (NP)
80 m

Adjacent Plant (AP)

Turbina Parowa



Powietrzny Kondensator Wentylatorowy



100 m



Wytwornica Pary

90 m

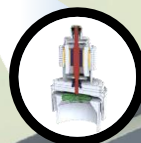
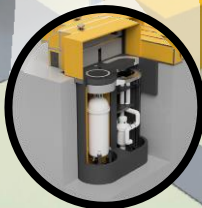
Okres eksploatacji

20 lat

Bez wymiany paliwa

80 m

Nuclear Reactors



Cyrkulator helu



Zasobnik ciepła w stopionych solach
Magazyn energii



Układy energetyczne MMR[®] – Cechy wyróżniające

Cechy technologii

- Reaktor z zerową strefą wyłączenia - EPZ. Wbudowane bezpieczeństwo reaktora – integralność paliwa FCM we wszystkich stanach ruchowych i awaryjnych.
- Dojrzała technologia reaktorów HGTR chłodzonych helem, innowacyjne, bezpieczniejsze paliwo.
- Głębokie (bliskie 100%) wypalenie paliwa pozwala na kampanię paliwową trwającą 20 lat do przeładunku bloku paliwowego.
- Modularny Projekt – wszystkie moduły są wielkości kontenerowej dla ułatwienia transportu, budowane i testowane w warunkach fabrycznych.
- Elektrownie kogeneracyjne z reaktorami MMR[™] mogą być stosowane w układach klasycznych, energetyki rozproszonej lub do zastosowań przemysłowych.
- Elastyczność ruchowa pozwala na bilansowanie energii ze źródeł energii odnawialnych.
- Parametry cieplne pozwalają na efektywną produkcję bezemisyjnego wodoru z zastosowaniem wysokotemperaturowych technologii stało-tlenkowych lub Cu-Cl, ze sprawnością netto procesów powyżej 60%.
- Gwarancja stałych kosztów produkcji energii i wodoru w okresie między przeładunkiem paliwa.
- Minimalne koszty operacyjne w zakresie obsługi i eksploatacji.
- Filozofia bezpieczeństwa bloku typu „walk away”.





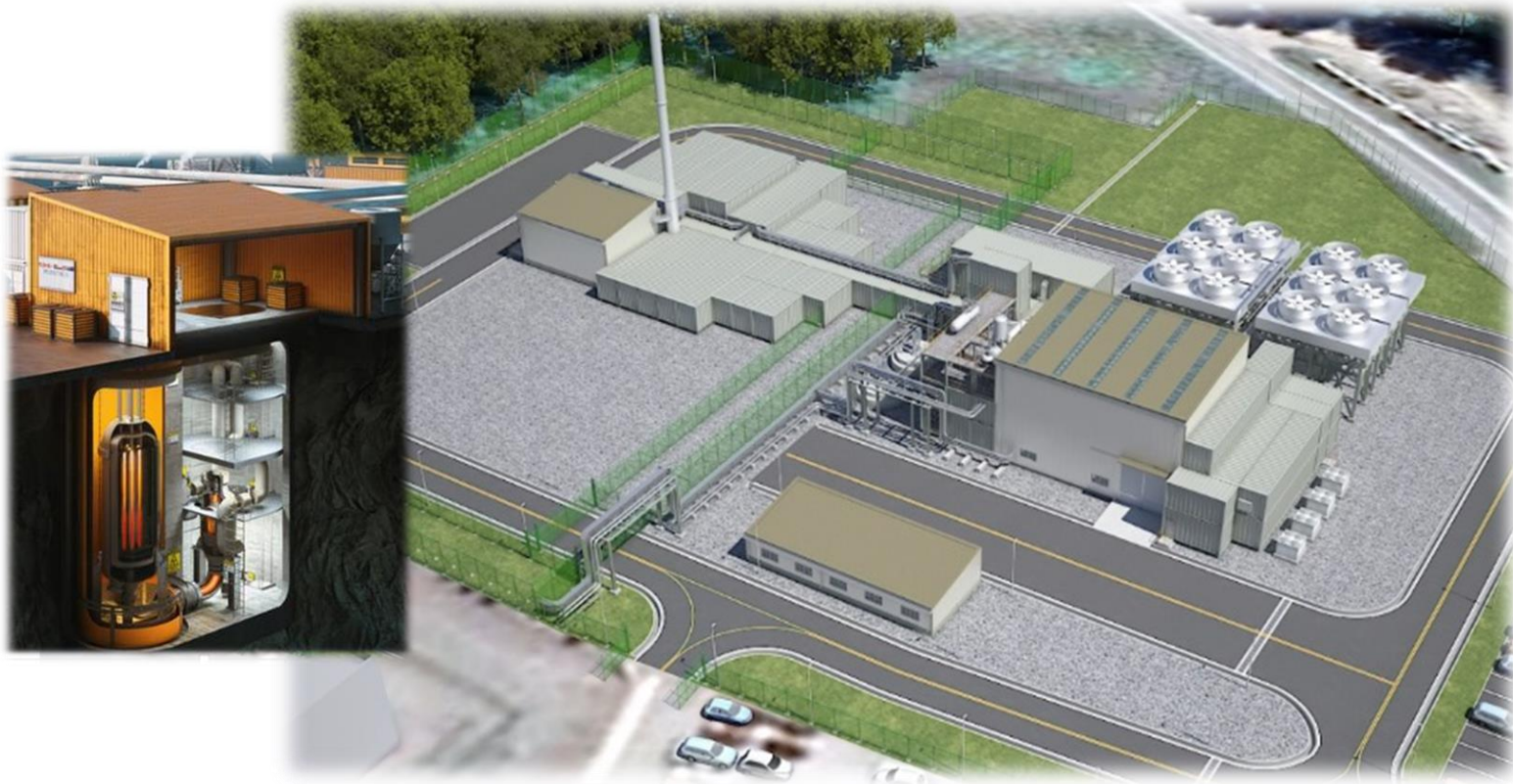
© Ultra Safe Nuclear 2022



Opcje budowy elektrowni



Projekt demonstracyjny Chalk River w Kanadzie



1 reaktor 15 MW_t , turbozespół parowy $5,5\text{ MW}_e$



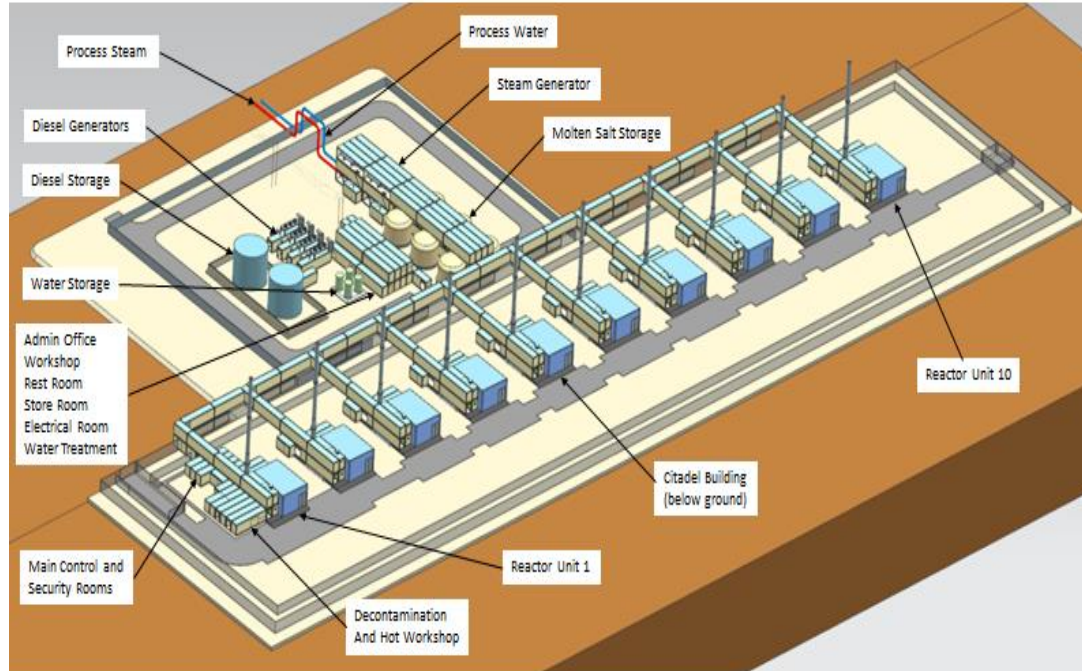
Projekt reaktora badawczego – Uniwersytet Illinois



1 reaktor 15 MW_t , turbozespół parowy $5,5\text{ MW}_e$



Schemat Budowy Instalacji Wieloreaktorowej

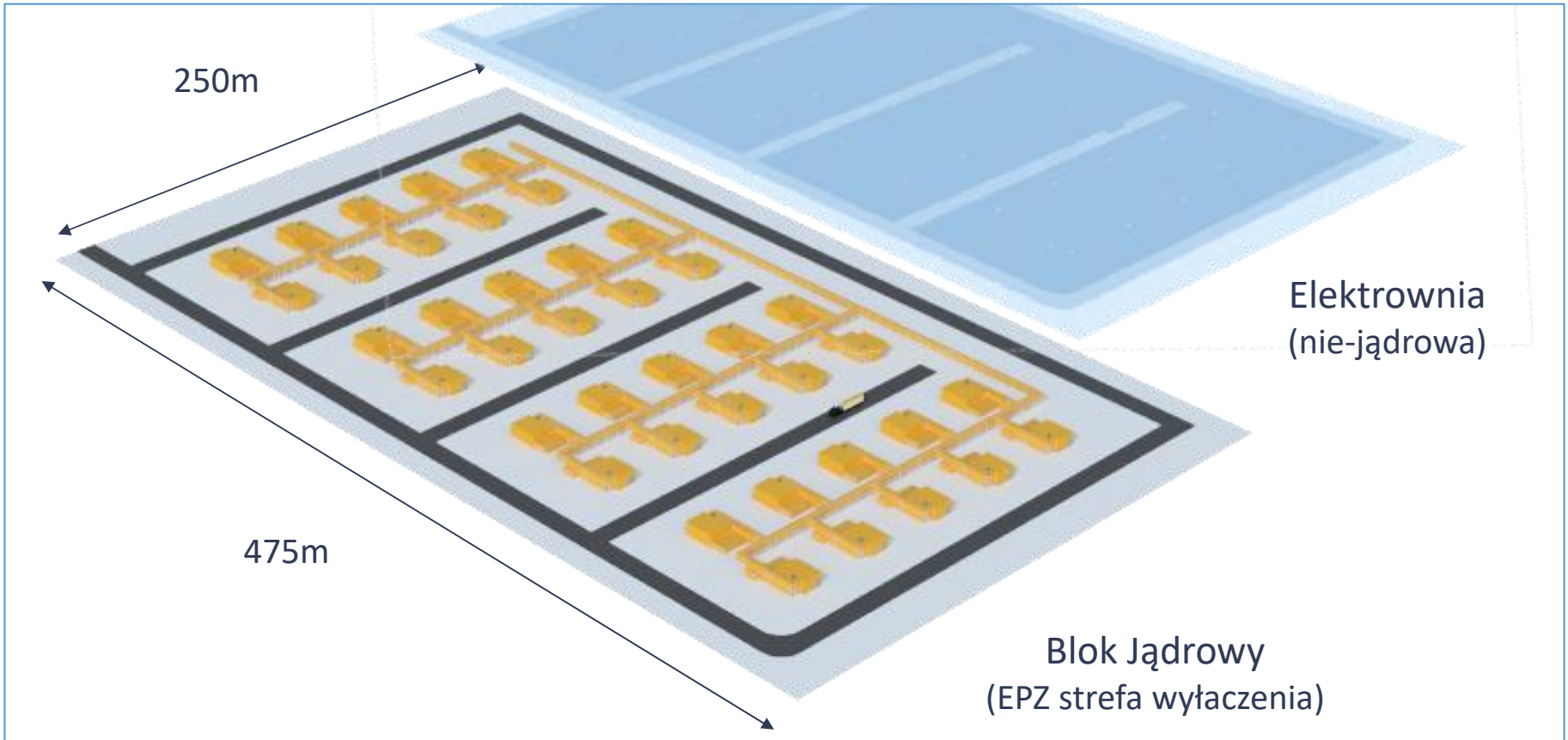


10 reaktorów po $30 MW_t$, turbozespół parowy $120 MW_e$



Wieloreaktorowy Układ Energetyczny z mikroreaktorami MMR[®]

(40 x 15 MW_t, 250 MW_e lub 40 x 30 MW_t, 500 MW_e)





© USNC - Ultra Safe Nuclear Corporation
2288 W Commodore Way, Seattle, WA 98199
+1 206-906-9741 info@usnc.com