



## Zero-Carbon Reliable Energy Anywhere

La Ultra Safe Nuclear Italia SRL è l'estensione in Italia della USNC, un'azienda americana nata nei laboratori di Los Alamos dal lavoro di ingegneri italiani, leader globale nello sviluppo di tecnologie avanzate legate alla produzione di energia nucleare sicura, pulita, decarbonizzata e accessibile. La USNC produce batterie (MMR™) nucleari progettate per ridurre a zero la possibilità di rilasci radioattivi, con caratteristiche di sicurezza intrinseche che ne permettono l'uso in prossimità delle persone e nelle imprese.

La Ultra Safe Nuclear Italia si propone di collaborare con la filiera italiana dell'industria nucleare creando valore anche grazie all'apporto delle professionalità e l'esperienza scientifica e tecnica dei suoi professionisti. L'obiettivo delle batterie MMR™ è di fornire calore, energia elettrica ed idrogeno direttamente negli stabilimenti italiani ed europei e farlo in modo affidabile, programmabile, economicamente stabile, conveniente ed indipendente da cambiamenti geopolitici.

### Modi di utilizzazione

I Micro Reattori Modulari (MMR™) della Ultra Safe Nuclear sono come grosse stufe prodotte in serie che possono essere spedite ed installate in poche settimane, poi scaldano per anni senza ricarica. Queste stufe possono anche definirsi "batterie" perché la carica contenuta può essere estratta a seconda della necessità dell'utente. Come in una batteria elettrica, se si usa meno energia la carica dura di più.

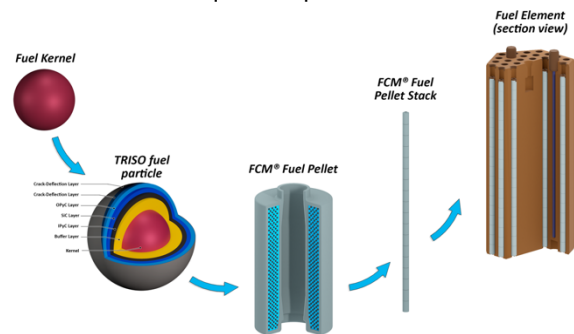
Gli ingegneri di USNC, lavorando col Dipartimento dell'Energia (DoE) del governo degli Stati Uniti d'America, hanno sviluppato una tecnologia capace di confinare permanentemente gli scarti nucleari da mandare nei depositi geologici. I materiali pericolosi sono racchiusi in una scorza di grafite e carburo di silicio, un materiale duro quasi come il diamante, al centro di sferette di 1 mm di diametro la cui pelle sarebbe già sufficiente ad isolare i prodotti di fissione. Migliaia di sferette sono incastonate in cartucce, anch'esse di carburo di silicio, per fornire una corazzatura ed una seconda barriera alla diffusione. Il contenuto è segregato dalla biosfera per tempi molto più lunghi di quelli necessari al decadimento di tutta la radioattività.

L'idea chiave della USNC è stata quella di usare la stessa tecnologia per confinare permanentemente il combustibile e tutti i suoi prodotti di reazione. Il combustibile USNC è interamente ceramico e non si deteriora fino ad oltre 2300°C. Le cartucce di combustibile, facili da maneggiare, sono usate in un Micro Reattore Modulare (MMR™) di quarta generazione che impiega grafite come moderatore ed elio come fluido per l'estrazione del calore. L'incapsulamento consente l'uso multiplo delle cartucce, senza riprocessamento, utilizzando la tecnologia "Deep burning" sviluppata col DoE fino al consumo di tutto

il contenuto energetico commercialmente utile. Le batterie MMR possono utilizzare come combustibile un composto di uranio-238 arricchito tra il 5% e il 20% di uranio-235; è anche possibile riutilizzare il combustibile nucleare MOX ossia le scorie delle vecchie centrali.

L'uranio-238 nel combustibile è importante perché assorbe neutroni in quantità crescente all'aumentare della temperatura nel reattore. Questa proprietà fisica causa naturalmente ed inevitabilmente lo spegnimento della reazione a catena se la batteria MMR si riscalda anche di poco sopra la sua temperatura di funzionamento di 600°C.

Il meltdown è quindi impossibile.



Struttura di una perla TRISO, incastonamento di migliaia di perline in cartucce stampate in 3D, inserite in un elemento di combustibile composto di grafite.

Le batterie MMR sono state sviluppate per fornire energia alle miniere situate oltre il circolo polare artico dove il prezzo dell'energia era proibitivo, per questo dovevano essere non solo ultrasicure ma anche estremamente semplici da utilizzare e controllabili da lontano, anche se a prezzi elevati. La crescita del costo dei combustibili fossili e la spinta per la decarbonizzazione le hanno rese competitive e appetibili per tutte le industrie energivore.



La Ultra Safe Nuclear sta allestendo una prima linea di produzione in Alabama (USA) e programma di installare una seconda linea di produzione in Italia per il mercato europeo.

## 1. Utilizzi delle batterie MMR™.

Ogni batteria MMR produce 50 MW di calore ad oltre 600°C e può essere usata per sostituire bruciatori di combustibili fossili in impianti esistenti o nuovi, eliminando così produzione di CO<sub>2</sub> e pericoli di incendi ed esplosione. Il livello di sicurezza è dimostrato dal fatto che due delle prime tre batterie MMR prodotte saranno installate sotto edifici scolastici per il teleriscaldamento dei campus e per fornire energia elettrica negli USA ed in Finlandia.



*Implementazione prevista nel campus dell'Università di Urbana-Champaign in Illinois.*

Possono essere usate in stabilimenti industriali per produrre energia affidabile, stabile e garantita a valle del contatore, evitando i costi di trasmissione. Possono fornire calore di processo, energia elettrica e/o idrogeno per l'industria chimica, metallurgica, ceramica, carta, del cemento, desalinizzazione, affinamento di minerali ed ogni uso energivoro. Sono progettate per essere utilizzate singolarmente o in gruppi per soddisfare richieste di energia crescenti.

Possono essere ottimizzate per compensare le mancanze delle energie rinnovabili. Per far questo, il calore viene accumulato a 600°C in un deposito di sali fusi, gli stessi usati nei concentratori solari. L'accumulo può continuare per giorni per poi produrre energia elettrica in giorni nebbiosi o notti senza vento. Si può così utilizzare l'energia eolica o solare, che costa meno, quando è disponibile e soddisfare con il calore accumulato nei sali la richiesta di energia durante i costosi picchi di carico responsabili dell'aumento delle bollette.

## 2. Quanta energia prodotta.

La carica tipica di una batteria MMR contiene 3 TW-ora (3 milioni di MW-ora) di energia termica, l'equivalente del contenuto di una superpetroliera di 250.000 tonnellate. La batteria MMR può entrare a regime o spegnersi in dieci minuti. Una volta

esaurita, può essere ricaricata con un nuovo nocciolo mentre il vecchio viene ritirato per il riuso delle cartucce o per il loro smaltimento.

## 3. Durata.

Il nocciolo contiene pastiglie di boro che, come l'uranio, si consuma assorbendo neutroni. Viene introdotto in percentuale calibrata per bilanciare il consumo di uranio. Di conseguenza la batteria rimane produttiva a livello di potenza costante fino alla fine del boro presente. Se utilizzata alla piena potenza di 50 MW, i 3 TW-ora contenuti durano circa 7 anni.

## Sicurezza

### 4. Massima temperatura.

Se il raffreddamento viene interrotto, la reazione a catena si spegne automaticamente grazie all'azione dell'uranio-238 che assorbe più neutroni all'aumentare della temperatura. Quindi la batteria MMR è intrinsecamente stabile. La bassa potenza la rende perfino incapace di surriscaldarsi o danneggiarsi.

### 5. Impossibilità di meltdown.

La batteria MMR™ è costruita unicamente con materiali ceramici, con temperature di fusione oltre i 2000°C, più di 1000°C al di sopra della massima temperatura raggiungibile se il raffreddamento fosse interrotto a piena potenza. Il meltdown è quindi impossibile, anche in caso di sabotaggio.

### 6. Impossibilità di dispersione di radioisotopi.

Come già menzionato, il combustibile USNC si presenta sotto forma di perline (chiamate TRISO) incapsulate in carburo di silicio, un materiale usato nelle punte da trapano. Il centro, di mezzo millimetro di diametro, è di ossido di uranio. Fra l'uranio e il carburo di silicio c'è uno strato di carbone attivo poroso capace di trattenere tutti i prodotti di reazione, seguito da strati alternati di grafite densa e carburo di silicio. Le sferette sono a loro volta incapsulate in cartucce stampate in 3D e cementate in una matrice compatta di carburo di silicio. Le pareti delle cartucce sono sufficienti per confinare tutti i prodotti di fissione per milioni di anni, molto più dei 200.000 anni necessari perché anche il plutonio decada sotto il livello di radioattività naturale. Come risultato, è impossibile disperdere materiali radioattivi nell'ambiente durante la produzione di energia, lo smaltimento finale, e nemmeno in caso del peggior incidente.



Il combustibile USNC, noto come *Fully Ceramic Micro-encapsulated* (FCM™), è dall'origine pronto per lo smaltimento in depositi geologici e viene preso in considerazione anche per aumentare la sicurezza di altri reattori nucleari.

## 7. Resistenza ad attacchi esterni.

La batteria MMR™ è piccola, installata in un pozzo di 6 metri di diametro chiusa da uno spesso tappo in cemento ed invisibile dall'esterno. Anche se la batteria fosse colpita direttamente da un missile abbastanza potente da penetrare il coperchio ed il contenitore in acciaio, e mandare quindi in pezzi il nocciolo, le cartucce di combustibile sono così dure che resterebbero intatte nel cratere, senza dispersione di materiali radioattivi nell'aria o nella falda acquifera e sarebbe facile recuperarle.



*Le ceramiche sono molto efficienti per confinare materiali. Anfore di terracotta, fatte di argilla cotta a fuoco di legna, esposte ad attacco salino e biologico in fondo al mare, sono state capaci di conservare intatti vini e grano per 2.000 anni. Il carburo di silicio è mille volte più duro e stabile e talmente poco permeabile da garantire confinamento degli elementi radioattivi per milioni di anni.*

## 8. Impossibilità di generare esplosioni chimiche.

La batteria USNC non usa acqua né come moderatore né come refrigerante ed è quindi impossibile causare esplosioni di vapore come nel caso dell'incidente avvenuto a Chernobyl, o di idrogeno come nel caso di Fukushima.

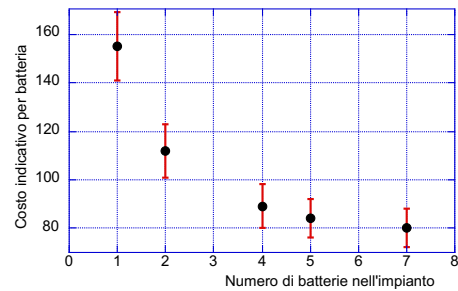
## 9. Resistenza alla proliferazione.

La micro incapsulazione in perline praticamente indistruttibili, e poi in cartucce durissime, rende praticamente impossibile accedere ai materiali attinici prodotti. Il poco plutonio prodotto nelle cartucce non è comunque utilizzabile a fini militari. La lunga esposizione al flusso neutronico consuma oppure trasforma il plutonio-239 (l'unico utile come esplosivo) in plutonio-240 che invece blocca ogni esplosione.

## 10. Nessun problema con il combustibile esaurito.

A fine vita, le batterie MMR™ vengono ritirate per riusare le cartucce di combustibile non completamente consumato, mentre l'impianto può essere facilmente ricaricato con un nuovo nocciolo e continuare a produrre energia.

## Costi e Tempistiche



*Costo previsto al MW-h a seconda del numero di batterie usate in un centro di uso. Batterie di seconda generazione saranno ancora più efficienti e convenienti.*

## 11. Costo indicativo dell'impianto e della carica.

La ultra sicurezza fornita dalle cartucce FCM permette l'eliminazione dei costosi sistemi di raffreddamento ridondanti necessari nei reattori tradizionali raffreddati ad acqua. Il risparmio e la semplificazione sono enormi e portano ad un costo dell'energia competitivo.

Il costo dell'energia prodotta varia a seconda del numero delle unità impiegate in un distretto energetico, come illustrato nella figura qui sopra e nella tabella seguente.

configurazione	descrizione	€/MW-ora elet.	€/MW-ora term.
Iniziale 600°C pessimista	45 MW-term, efficienza 33%	72.6	21.6
Iniziale 600°C ottimista	50 MW-term, efficienza 36%	69.6	19.7
Alta temp. 750°C	efficienza 40% @	53.9	19.7
HALEU	combustibile 20% di uranio-235	45.8	16.5
Con riciclo del combustibile	+ 30% maggior efficienza energetica	41.0	14.6

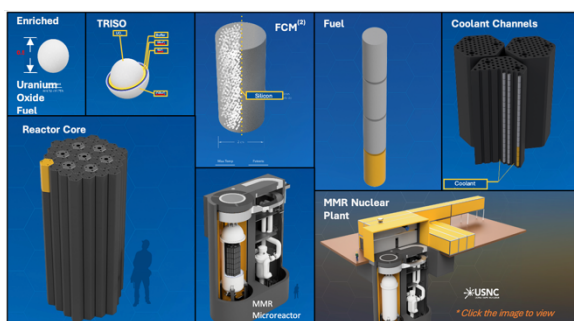
*Costi dell'energia (elettricità e calore) previsti per gruppi di 7 batterie, con differenti versioni e combustibili. Valutazione fatta con costi di componenti e manodopera USA.*

## 12. Quando?

La prima batteria USNC entrerà in funzione in Canada, a Chalk River, nel 2027. La seconda nel campus universitario di Urbana, nell'Illinois (USA), nel 2028. I primi utilizzi in Europa sono previsti in Polonia e in Finlandia. La prima batteria in Italia potrebbe essere accesa fin dal 2029.

## 13. Disponibilità di uranio.

Le batterie MMR™ possono consumare uranio-235 arricchito fra il 5% e il 20% o consumare combustibile MOX derivante dal riprocessamento delle scorie (il combustibile esausto) delle centrali tradizionali.



Struttura della batteria, centinaia di cartucce di combustibile sono inserite in esagoni di grafite, 5 strati di 37 moduli formano il nocciolo, racchiuso in una grossa pentola a pressione, in un pozzo di 15 m di profondità. Una turbina circola l'elio per estrarre il calore, che è poi trasferito all'utilizzatore in forma di un flusso di sali fusi bollenti.

L'uranio è abbondante: ce n'è a sufficienza nelle miniere già conosciute per fornire tutta l'energia del mondo per oltre un secolo. Estraeandolo dal mare con tecnologie già note e a costi contenuti se ne potrebbe disporre per più di un millennio.

Il mediterraneo, con la sua salinità elevata è uno dei mari più ricchi in uranio.

## 14. Carbon footprint.

Le batterie MMR producono energia con una delle carbon footprint più basse come illustrato nella figura più sotto. Si pensi che sono seconde solo al nucleare tradizionale a causa dell'energia spesa per formare gli scudi ceramici. Quando anche le fabbriche USNC useranno l'energia prodotto dalle proprie batterie MMR™, la loro carbon footprint diventerà trascurabile.



La pentola a pressione che contiene il reattore viene trasportata senza il nocciolo, che arriva smontato e separatamente. Il contenuto energetico di un nocciolo è equivalente a quello di una superpetroliera da 250.000 tonnellate.

Energy source	CO <sub>2</sub> g/kWh
Conventional Nuclear	2
USNC battery MMR	11.5
Eolic	17
Solar	34
Methane	500
Carbon	1000

Carbon footprint di diverse sorgenti di energia.

### Contatto Business per L'Italia

Riccardo DeSalvo, Senior Advisor  
[riccardo.desalvo@ultrasafe-nuclear.com](mailto:riccardo.desalvo@ultrasafe-nuclear.com)

Ivan Lonati, Ingegnere Nucleare  
[ivan.lonati@ultrasafe-nuclear.com](mailto:ivan.lonati@ultrasafe-nuclear.com)

Video di illustrazione dei processi di produzione



<https://vimeo.com/869285197/15af7166ab?share=copy>

<https://vimeo.com/638894137?share=copy>

<https://vimeo.com/806119888/00e42bf9c3?share=copy>