



26 aprile 1986.

COSA È SUCCESSO ALLA CENTRALE NUCLEARE DI CHERNOBYL?

MARTINA MACCHIARELLA | IV I | 03.04.2020

ABSTRACT

Ho scelto questo argomento perché rappresenta uno dei peggiori disastri dell'umanità a livello mondiale, pensavo che sarebbe stato interessante analizzarlo sotto l'ottica fisica; è corretto che tutti vengano a conoscenza della storia della centrale nucleare di Chernobyl per fare in modo che un errore del genere non venga commesso una seconda volta.

- COS'E' UNA CENTRALE ELETTRONUCLEARE?
- 26 APRILE 1986 ORE 1:23
- COME POSSIAMO IMPEDIRE CHE SI RIPETA?

COS'E' UNA CENTRALE ELETTRONUCLEARE?

Si intende una centrale elettrica che, attraverso l'uso di uno o più reattori nucleari, sfrutta il calore prodotto da una reazione di fissione nucleare per generare vapore a temperatura e pressione elevate, col fine di azionare delle turbine a vapore accoppiate ad alternatori, e produrre così elettricità.

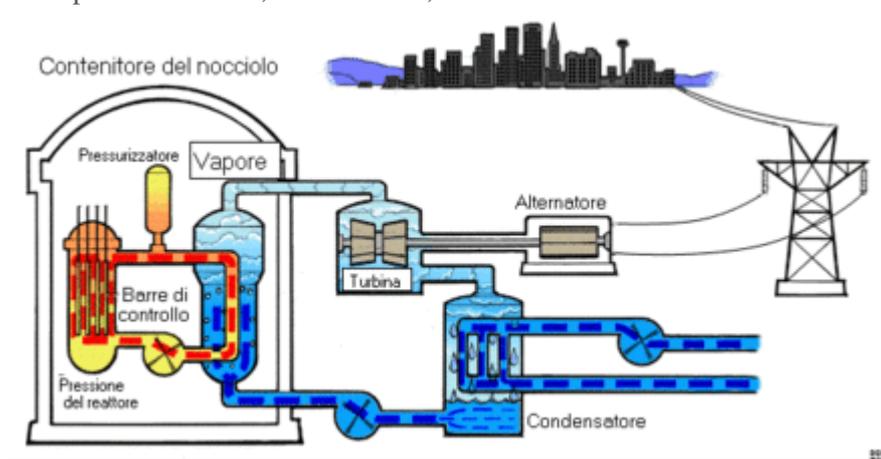
La fissione nucleare fu ottenuta sperimentalmente per la prima volta dal gruppo guidato da **Enrico Fermi** nel 1934 "bombardando" l'uranio con neutroni opportunamente rallentati con un blocco di paraffina. Tuttavia, i fisici italiani non compresero correttamente il processo che avevano creato identificando erroneamente i prodotti di fissione con nuovi elementi transuranici. Nel 1938, quando Fermi si recò a Stoccolma per ritirare il suo premio Nobel per la fisica, la spiegazione corretta del fenomeno venne descritta dai chimici tedeschi **Otto Hahn** e **Fritz Strassmann**, insieme ai fisici austriaci **Lise Meitner** e **Otto Robert Frisch**. Dopo la Seconda guerra mondiale, il timore che la ricerca sui reattori nucleari potesse incoraggiare un rapido sviluppo di armi nucleari e l'opinione di molti scienziati che invece ritenevano occorresse un lungo periodo di sviluppo, spinsero i Governi a tenere sotto stretto controllo la ricerca in questo settore. La maggioranza delle ricerche sui reattori nucleari fu pertanto indirizzata a fini puramente militari e per diversi anni le principali scoperte nel campo delle applicazioni dell'energia atomica continuarono ad essere incentrate sulle armi con la realizzazione di migliaia di testate atomiche in grado di alimentare quel timore costante di una guerra nucleare tra superpotenze che fu la base della guerra fredda. Di cruciale importanza fu il "manifesto di Einstein-Roosevelt" dell'agosto 1939, una lettera mandata da Einstein al presidente americano nella quale lo scienziato esprimeva le sue preoccupazioni riguardo la creazione di queste armi di distruzione; in una parte della lettera di Einstein, si cita:

☛ *Questo nuovo fenomeno condurrebbe anche alla costruzione di bombe, ed è immaginabile - sebbene molto meno certo - che bombe estremamente potenti di un nuovo tipo possano perciò essere costruite. Una singola bomba di questo tipo,*

trasportata da una imbarcazione e fatta esplodere in un porto, potrebbe distruggere molto agevolmente l'intero porto insieme a una parte del territorio circostante. ┌

Il 27 giugno 1954, la centrale nucleare di Obninsk divenne il primo impianto al mondo a generare elettricità per una rete di trasmissione e produceva circa 5 MW di potenza. La potenza complessiva delle centrali nucleari aumentò velocemente, passando da meno di 1 GW nel 1960 a 100 GW nei tardi anni Settanta e 300 GW nei tardi anni Ottanta.

In una centrale nucleare a fissione refrigerata ad acqua leggera viene realizzata una fissione nucleare al fine di utilizzarne il calore scaturito per portare a ebollizione dell'acqua, sfruttando il vapore acqueo così ottenuto per la produzione di energia elettrica tramite un ciclo di Rankine, ciclo in cui - come in un motore a vapore - il vapore sotto pressione viene incanalato per generare la rotazione di turbine accoppiate ad alternatori elettrici, per poi tornare allo stato liquido condensando tramite raffreddamento, pronto ad un nuovo ciclo ebollizione-vapore-condensazione. Il principio fisico alla base della generazione del calore in una centrale nucleare a fissione è la *fissione nucleare*, ovvero la scissione del nucleo di atomi pesanti quali uranio e plutonio. Ad agosto 2007 vi erano 439 centrali nucleari operative nel mondo, in 31 diversi stati, che attualmente producono il 17% dell'energia elettrica mondiale. La potenza degli impianti varia da un minimo di 40 MW fino ad oltre 1 GW (1000 MW). Le centrali più moderne hanno tipicamente potenza compresa tra i 600 MW e i 1600 MW. Infine, per quanto riguarda il rendimento termodinamico, va evidenziato che le centrali nucleari hanno una efficienza di conversione del calore in energia elettrica media, per le relativamente medie temperature del vapore che producono. Infatti, solo una parte variabile dal 30% al 35% della potenza termica sviluppata dai reattori è convertita in elettricità, per cui una centrale da 1000 MW elettrici (MW_e) ha in genere una produzione di calore di 3000-3500 MW termici (MW_t). La media delle unità nucleari necessita di dissipare in atmosfera, in un fiume o in mare, enormi quantità di calore con un fabbisogno di acqua di raffreddamento veramente molto cospicuo; se per qualche motivo la portata d'acqua al condensatore di raffreddamento del vapore fosse insufficiente, si dovrebbe ridurre la produzione di energia elettrica, alla stregua di un qualunque impianto termico, sia nucleare, o a solare termodinamico.



26 APRILE 1986 ORE 1:23

La centrale iniziò la sua costruzione nel 1970 su progetto di Viktor Brjuchanov; l'impianto non è più in produzione dallo spegnimento del reattore 3, avvenuto il 15 dicembre del 2000. L'impianto era composto da 4 reattori, ciascuno da 1.000 MW_e di potenza elettrica lorda (925 MW_e di potenza elettrica netta) e da 3.200 MW_t di potenza termica lorda; era prevista la costruzione di altri 2 reattori, ciascuno da 1.000 MW_e di potenza elettrica lorda. Il reattore numero 4, quello che causò l'incidente, fu ordinato il 1° aprile 1979, consegnato il 22 dicembre 1983 ed entrò in produzione il 26 marzo 1984. I reattori 5 e 6 furono ordinati il primo dicembre 1981. A seguito dell'incidente al reattore numero 4 i lavori per gli ulteriori due reattori furono cancellati nel 1988. L'impianto di Chernobyl aveva un reattore di tipo RBMK—Reaktor Bolšoj Moščnosti Kanalnyj, o "reattore di grande potenza a canali"—che impiegava acqua sia per raffreddare il nucleo, che per generare vapore dalle reazioni. Il dettaglio importante è che la maggior parte delle barre di controllo di Chernobyl erano fatte di boro, con punte in grafite. Le barre scivolavano dentro al reattore per rallentare la sua attività. Il boro rallentava la reazione, ma la grafite, per un attimo, la accelerava. Questo difetto di progettazione è stato uno dei fattori principali dell'esplosione.

Sono le ore 1:23 della notte del 26 aprile 1986 quando la centrale nucleare di Chernobyl è scossa da un'esplosione. Il sito si trova a 18 chilometri dalla città di Chernobyl, a 3 chilometri da Pripjat, nell'area settentrionale di un'Ucraina ancora parte dell'Unione Sovietica. E' proprio in quel giorno che, nel pieno della notte, si decide di effettuare un test di sicurezza che sarebbe successivamente risultato devastante; questo test era stato sottoposto ad operai che non ne avevano ancora le competenze, particolare che risultò fondamentale nel disastro.

Alle ore **00:00** comincia il turno notturno del supervisore Aleksandr Akimov, che sostituisce Yuri Tregub, il quale comunque decide di rimanere per assistere al test, anche perché, a causa del ritardo, i dieci ingegneri elettrici convocati per il test sono esausti e il personale del turno di notte è meno esperto e non del tutto preparato.

Alle ore **00:28** si spostano delle barre di moderazione rivestite di grafite che servono a ridurre, aumentare o controllare la reazione di fissione nucleare da parte del combustibile all'interno del nocciolo. Sconcerta la caduta improvvisa di potenza del reattore, da 1.500 MW_t a 30 MW_t . Akimov vuole abortire il test, Anatoly Dyatlov impone di proseguire. Dopo mezz'ora, la potenza si assesta sui 200 MW_t .

Alle ore **1:03** si attivano quattro pompe di raffreddamento ausiliarie.

Alle ore **1:19** gli operatori escludono i sistemi di spegnimento automatico, innescati dai bassi livelli di acqua, per timore che possano interrompere lo svolgimento del test.

Inoltre, per far salire del 7% la potenza, rimuovono tutte le barre di moderazione, tranne sei, in violazione delle procedure.

Alle ore **1:21** saltano i tappi delle condutture di combustibile. Valeriy Perevozchenko è testimone oculare, dal livello 50 in cui era, che cappellotti pesanti 350 chili stanno saltando per aria e ricadendo, schiantandosi sulle strutture edili dell'impianto.

Alle ore **1:21** la pressione del vapore è in caduta libera.

Alle ore **1:23** si tenta il reinserimento di emergenza delle barre di moderazione: la temperatura dell'acqua è altissima, i refrigeranti bollono. Akimov preme il pulsante per

l'emergenza di classe 5. Le barre di moderazione sono però inefficaci perché immerse solo per due metri invece dei sette necessari. Akimov prova a disconnettere i loro ganci per farle cadere, ma non si muovono. Il pannello di controllo indica l'assenza di flusso d'acqua e il malfunzionamento delle pompe.

Alle ore **1:23:44** un'esplosione. Il reattore raggiunge una potenza 120 volte superiore a quella normale, il combustibile nucleare si disintegra, tutto il vapore in eccesso verso le turbine fa esplodere le condutture.

Alle ore **1:23:45** *seconda esplosione, è il disastro*. Il coperchio di 1.000 tonnellate del combustibile nucleare è scagliato in aria, si scatena il rilascio di radiazioni. L'aria raggiunge il reattore e l'ossigeno innesca uno spaventoso incendio di grafite. Il metallo dei tubi fa reazione con l'acqua, si produce H (idrogeno) che esplose. La colonna degli elementi radioattivi espulsi si è alzata a due chilometri d'altezza e si è dispersa per un raggio di 1.200 chilometri. Vi furono in questo momento le prime vittime tra il personale addetto alla centrale. Si spengono le luci, si innalzano nubi di polvere e fumo nei locali.

Alle ore **1:26** si attivano gli allarmi d'incendio. Dyatlov ordina l'avvio dei sistemi di raffreddamento presumendo che il reattore fosse intatto e che l'esplosione fosse solo dei serbatoi d'acqua. Alcuni impiegati vengono a più riprese mandati a controllare dal livello 26 al 35, ricevendo dosi fatali di radiazioni in pochi minuti.

Alle ore **1:28** arrivano i primi pompieri comandati da Volodymyr Pravik.

Alle ore **1:35** i pompieri già combattono il fuoco nei locali turbina. Ci sono frammenti di grafite radioattivi – ognuno dei quali capace di dare una scarica letale di radiazioni – e caldi nel raggio di centinaia di metri.

Alle ore **4:30** si continua a seguire la versione di Akimov, che reputa il reattore intatto e il danno solo nei serbatoi d'acqua. Continuano a essere inviate persone a controllare, ignorando i loro responsi e facendogli ricevere dosi mortali di radiazioni. Si continua a pompare acqua nel reattore causando ulteriori eruzioni e cortocircuiti che si estendono anche a tutti e quattro i blocchi.

Alle ore **6:35** le 37 brigate di vigili del fuoco estinguono tutti gli incendi tranne quello al reattore n.4. C'è il rischio che il calore e l'incendio si propaghino verso il blocco 3, il 2 e poi l'1; inoltre, un'esplosione in sala macchine potrebbe condurre alla distruzione di tutti e quattro i reattori, con conseguenze apocalittiche, inimmaginabili. Per scongiurare quest'evenienza pensano all'ultimo minuto di sparare azoto liquido; funziona. Degli otto pompieri che l'hanno fatto, quattro muoiono per radiazioni poco dopo.

Alle ore **20:00** si costituisce un comitato d'emergenza governativo con a capo Valery Legasov. Ci si accorge dei pezzi di grafite in tutta l'area. Gli abitanti di Pripjat e le famiglie si radunano sul ponte della ferrovia, con un'ottima vista sulla centrale, per ammirare le fiamme multicolori come un arcobaleno (tipiche dell'incendio di grafite) che s'innalzano addirittura oltre il fumo stesso. Tristemente, quello che non sapevano è che la lieve brezza portava con sé radiazioni di 500 Roentgen (l'esposizione a 750 Roentgen/h è letale). Nessuna delle persone sul ponte quella notte è sopravvissuta.

Figure 4.1: Thyroid cancer in children under 15 years of age at diagnosis.

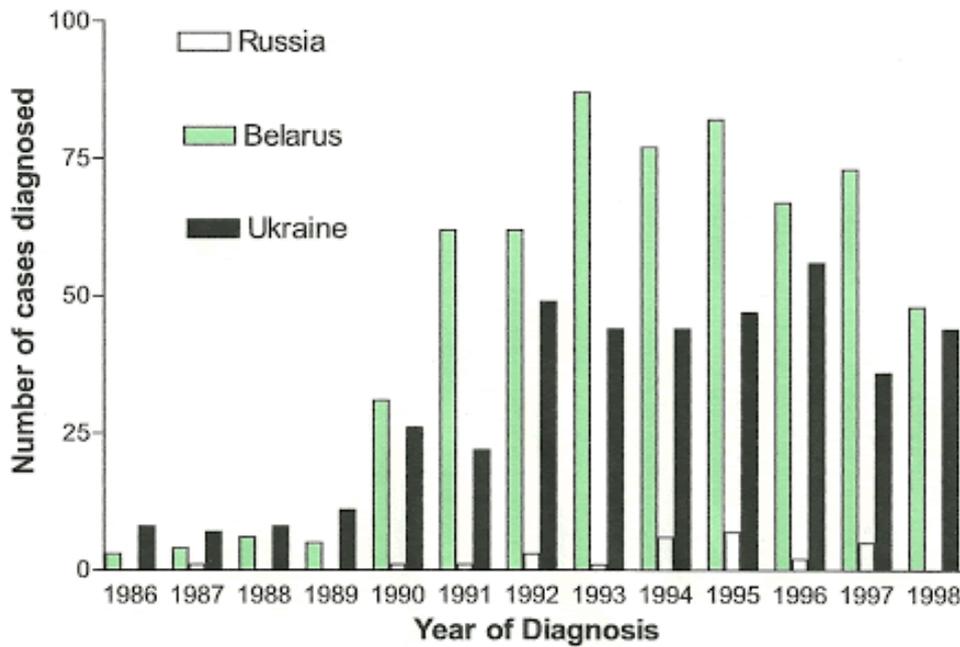
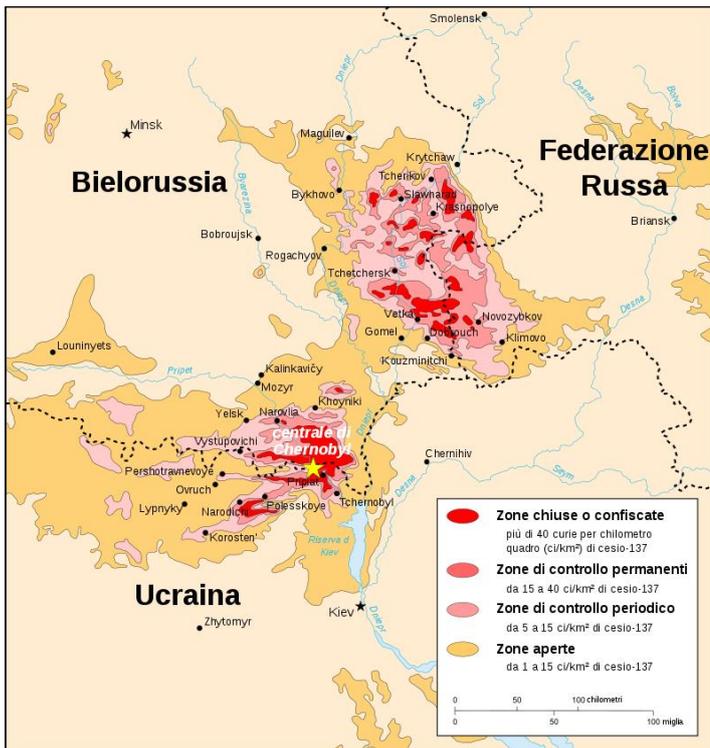


Grafico che testimonia le morti di ragazzi dai 15 anni in giù per cancro dall'anno dell'esplosione al 1998.



L'incendio sprigiona una grande nuvola, densa di materiale radioattivo, che comincia a contaminare tutta l'area attorno alla centrale. 336mila persone devono essere evacuate. A cominciare da Pripjat, la città più vicina: 47mila abitanti, nel giro di poche ore, devono abbandonare per sempre le loro case. È un evento di grado 7, il più grave mai avvenuto in una centrale nucleare. Viene mobilitato l'esercito, gli abitanti della città sono caricati su autobus e camion ed evacuati in massa, mentre squadre di migliaia di operai e tecnici, chiamati poi *liquidators* e *biorobots*, vengono inviate per i primi disperati interventi di contenimento della fuga radioattiva. Sono gli eroi di Chernobyl: per fare in fretta lavorano in prossimità

del nucleo dell'esplosione, anche senza protezioni adeguate, pur sapendo che così

avranno i giorni contati a causa dell'esposizione alle radiazioni migliaia di volte oltre la norma. Molti di loro moriranno di tumori e leucemie nell'arco di poche settimane o mesi; altri vedranno le terribili conseguenze del loro sacrificio manifestarsi nei loro figli.

Nei giorni successivi il vento fa percorrere centinaia di chilometri alla nuvola. Prima verso la Bielorussia e i Paesi Baltici, poi Svezia e Finlandia, e ancora Polonia, Germania settentrionale, Danimarca, Paesi Bassi, Mare del Nord e Regno Unito.

Successivamente, Cecoslovacchia, Ungheria, Jugoslavia, Austria, Italia settentrionale, Svizzera, Francia sud-orientale, Germania meridionale e ancora Italia, stavolta centrale. Tra il 4 e il 6 maggio la nube torna verso l'Ucraina, poi Russia, Romania, Moldavia, Balcani, Grecia e Turchia. Tutte le aree dove è piovuto sono da considerarsi a rischio, il suolo potrebbe essere contaminato. L'emissione di vapore radioattivo si interrompe soltanto il 10 maggio. Lo stesso giorno, si deciderà che l'Italia abbandonerà le centrali nucleari.









COME POSSIAMO IMPEDIRE CHE SI RIPETA?

La fusione del nocciolo del reattore avvenuta in Ucraina nel 1986 continua a influenzare le strategie energetiche globali ancora oggi, obbligando i fornitori di energia nucleare a sviluppare tecnologie più sicure e resistenti e sollevando dubbi sull'uso del nucleare in generale. Questi insegnamenti hanno un valore incommensurabile, ma non sono gli unici che possiamo trarre da Chernobyl: nello specifico, questo famigerato incidente ha condotto a uno dei più emblematici esempi di ripresa dopo un disastro naturale.

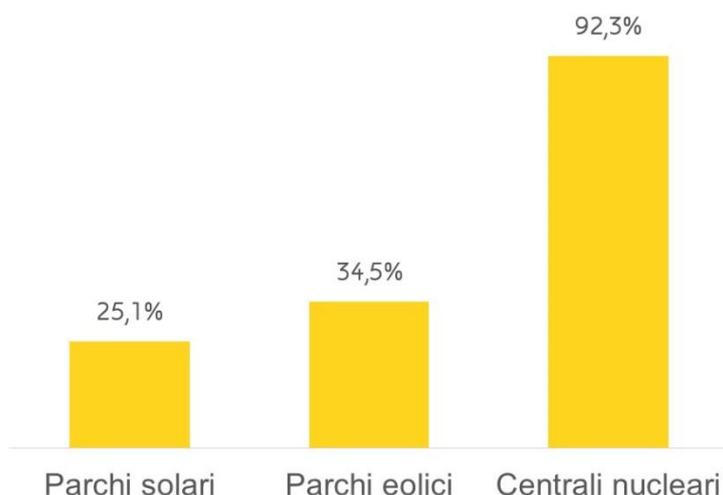
L'energia nucleare è in declino. Nei trent'anni precedenti al disastro di Chernobyl, nel mondo sono stati costruiti 409 reattori nucleari. Nei trent'anni successivi, soltanto 194 sono stati effettivamente messi in funzione. Finora possiamo contare quattro generazioni di reattori nucleari: Chernobyl apparteneva alla I Generazione; gran parte dei reattori attualmente operativi sono di II Generazione; la maggioranza di quelli in fase di costruzione sono di III Generazione; mentre la IV Generazione dovrebbe essere introdotta a partire dagli anni '20 del 2000. I reattori di III Generazione presentano notevoli progressi rispetto ai predecessori, con particolare focus sulla prevenzione di eventuali fusioni del nocciolo, disastri naturali, errori umani o attacchi terroristici. Alcuni di questi miglioramenti appaiono logici, come il rafforzamento strutturale o l'aumento del grado di automazione dei processi. Ad ogni modo, il funzionamento dei reattori è concepito per garantire la massima sicurezza. Per esempio, in caso di spegnimento, questi reattori hanno un "periodo di grazia" di 72 ore durante il quale per mantenere la sicurezza non occorre alcun intervento umano. Le specifiche dei reattori che apparterranno alla IV Generazione sono ancora in fase di definizione, ma è certo

che presenteranno notevoli vantaggi a livello ambientale ed energetico. Con la stessa quantità di combustibile nucleare sarà possibile generare 100-300 volte più energia rispetto al passato. La Germania si è impegnata a chiudere tutte le centrali nucleari entro il 2022; Eppure, questo allontanamento dai rischi del nucleare sta ostacolando alcuni tra i più interessanti progressi tecnologici in campo energetico nel mondo. Molti scienziati esperti di clima ed energia affermano che l'energia nucleare rappresenta uno strumento accessibile e conveniente nella lotta al cambiamento climatico. La **Union of Concerned Scientists**, che in genere non è a favore dell'energia nucleare, segnala che la chiusura delle centrali nucleari comporterebbe la comparsa di nuove stazioni di gas naturale, con un conseguente aumento delle emissioni di carbonio del 6%. Anche se i componenti necessari alla creazione del combustibile nucleare provengono da industrie estrattive inquinanti come quella mineraria, questa situazione sta cambiando. Il rendimento energetico del combustibile nucleare sta aumentando in modo esponenziale e, sebbene non siano ancora state trovate soluzioni di contenimento permanenti per le scorie nucleari altamente radioattive, i passi avanti compiuti in relazione al ciclo del combustibile nucleare sono motivo di ottimismo.

Tempo medio di rendimento dell'energia solare, eolica e nucleare

Percentuale di tempo in cui gli impianti funzionano a pieno regime

Dati del 2016



Fonte: eia

Un'altra soluzione (a lungo termine) è stata presentata dalla NASA; Luca Parmitano, un astronauta italiano, ha accennato ad un progetto che, in molti anni, potrebbe far sostituire la fissione nucleare con la fusione nucleare. La prima, sebbene ci serva a produrre energia, è inquinante. La fusione nucleare, un altro tipo reazione nucleare,

nel quale i nuclei di due o più atomi si uniscono tra loro, danno come risultato il nucleo di un nuovo elemento chimico. Uno dei progetti di tale reazione prevede l'utilizzo di He₄ (elio quattro), che è un isotopo dell'elio estremamente raro sulla Terra, ma abbondante sulla Luna. L'idea sarebbe quella di avere una tecnologia nucleare che ci permetta di utilizzare l'He₄, ovvero una tecnologia che possa aiutarci ad estrarre l'elemento dal terreno lunare, trasportarlo sulla Terra e utilizzarlo come energia completamente pulita, per poi successivamente chiudere parte delle centrali nucleari per ridurre ulteriormente il problema dell'inquinamento. Ovviamente non è un progetto realizzabile nell'arco di un anno, ma la NASA ha grandi speranze per i successivi decenni.

A 32 anni di distanza dall'esplosione del nocciolo del reattore, l'area che circonda Chernobyl non è la terra desolata e arida che molti immaginano. Al contrario, si è trasformata in una fiorente ecosfera con una fauna sempre più ricca che viene considerata il luogo ideale per condurre ricerche orientate a favorire il ripristino delle popolazioni animali. L'episodio di Chernobyl ha stimolato il miglioramento delle misure di sicurezza nelle centrali nucleari di tutto il mondo e del decadimento radioattivo nell'atmosfera nel tempo, ma si può affermare che il suo maggior contributo ricada nell'ambito del recupero ambientale. Se i turisti in visita si agitano all'idea di attivare i contatori Geiger quando incoraggiati dalle guide, gli animali non sembrano condividere queste preoccupazioni. Lupi, linci, cavalli selvatici e altre specie popolano la zona di esclusione di Chernobyl. Questa ecosfera è sopravvissuta contro ogni aspettativa. Molti alberi sono stati abbattuti e sotterrati perché eccessivamente radioattivi. Alcuni soldati sovietici sono stati incaricati di uccidere tutti i cani presenti nell'area, una scelta che è stata molto criticata. Tuttavia, il dibattito sul reale impatto delle perdite sulla fauna locale rimane acceso. Alcuni scienziati segnalano che le popolazioni animali stanno infatti prosperando, beneficiando dell'assenza dell'uomo nella loro ripresa, un elemento importante quando si affronta l'argomento dell'estinzione di massa.





Turisti che visitano il famoso sarcofago che ha ricoperto il reattore che ha causato il disastro.

SITOGRAFIA:

https://it.wikipedia.org/wiki/Disastro_di_%C4%8Cernobyl%27

https://it.wikipedia.org/wiki/Centrale_nucleare_di_%C4%8Cernobyl%27

<https://tg24.sky.it/mondo/approfondimenti/chernobyl-disastro-storia.html>

<https://www.focus.it/cultura/storia/chernobyl-quando-e-esplosa-la-centrale-nucleare>

<https://www.lifegate.it/persone/stile-di-vita/chernobyl>

<https://www.gqitalia.it/news/article/chernobyl-cose-successo-e-come-ha-cambiato-le-nostre-vite>

[https://www.gettyimages.it/immagine/centrale-nucleare-di-
chernobyl?mediatype=photography&page=9&phrase=centrale%20nucleare%20
di%20chernobyl&sort=best](https://www.gettyimages.it/immagine/centrale-nucleare-di-chernobyl?mediatype=photography&page=9&phrase=centrale%20nucleare%20di%20chernobyl&sort=best)

<https://www.eni.com/it-IT/tecnologie/reattori-nucleari-dopo-chernobyl.html>

Martina Macchiarella IV I