

Università Politecnica delle Marche

Dipartimento di Scienze della Vita e dell'Ambiente

Corso di Laurea in Scienze del Controllo Ambientale e della Protezione Civile

# **Tecnologie di gestione dei rifiuti radioattivi ed esempi di bonifica di siti contaminati da radionuclidi**

*Radioactive waste management technologies and examples of remediation strategies applied to radionuclide contaminated sites*

*Tesista: Mancinelli Federico*

*Docente relatore: Professor Dell'Anno Antonio*

*Anno accademico 2020/2021*

*Sessione autunnale ottobre 2021*



# Obiettivo

Lo scopo di questa tesi è quello di descrivere alcune metodologie, sia passate sia attuali, di gestione dei rifiuti radioattivi, elencando i loro vantaggi e svantaggi.

Ad oggi non esiste alcuna tecnica che azzeri il rischio causato da questi materiali, ma grazie all'utilizzo di metodi innovativi sviluppati negli ultimi anni è possibile una riduzione della loro pericolosità e del loro impatto ambientale: Questi metodi verranno qui brevemente presentati.

Resta importante la bonifica dei siti con contaminazioni avvenute in passato, quando non era ancora presente una rigida regolamentazione: seguiranno degli esempi.

—

# Rifiuti radioattivi: che cosa sono?

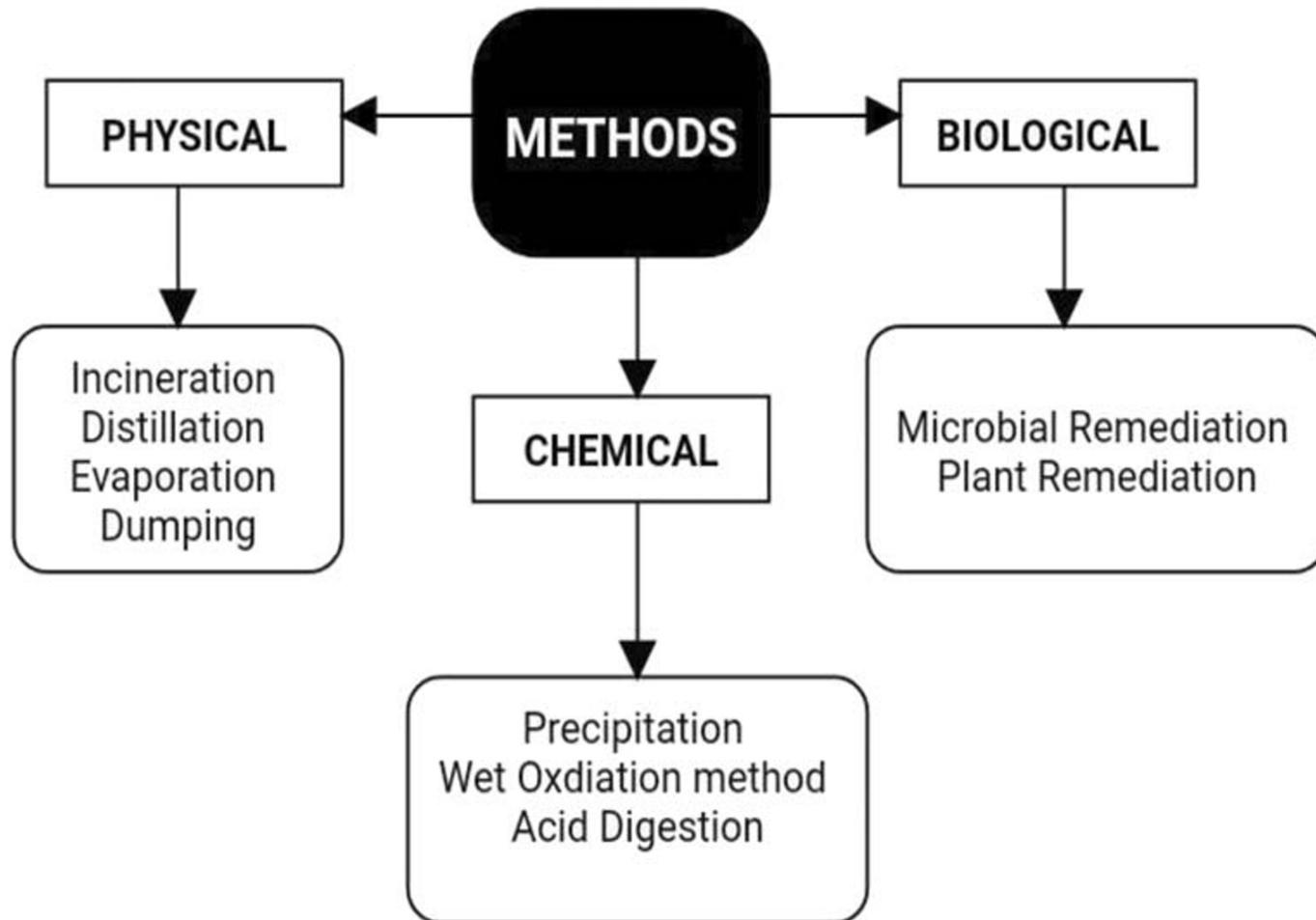
---



# Classificazione dei rifiuti radioattivi (IAEA)

<b>Rifiuti radioattivi a vita molto breve</b>	Stoccati per brevi periodi (qualche anno), per dare tempo ai radionuclidi presenti di decadere naturalmente
Rifiuti radioattivi di attività molto bassa	Emettono radioattività di livelli paragonabili a quella naturale e quindi vengono sotterrati
Rifiuti radioattivi di bassa attività	Oggetti contaminati per l'esposizione a radiazioni, trattati con diverse tecnologie
Rifiuti radioattivi di attività intermedia	Involucro metallici delle barre di uranio utilizzate nei reattori nucleari, sono altamente radioattivi.
Rifiuti radioattivi di alta attività	Barre di uranio esauste utilizzate per generare calore sono altamente radioattive, contengono Uranio e i sottoprodotti del suo decadimento come $^{235}\text{U}$ , Pu, $^{137}\text{Cs}$ , $^{90}\text{Sr}$ , $^{99}\text{Tc}$ $^{237}\text{Np}$ . Le barre vanno mantenute nelle profondità marine in condizioni di raffreddamento per circa 10 anni,

# Gestione dei rifiuti radioattivi



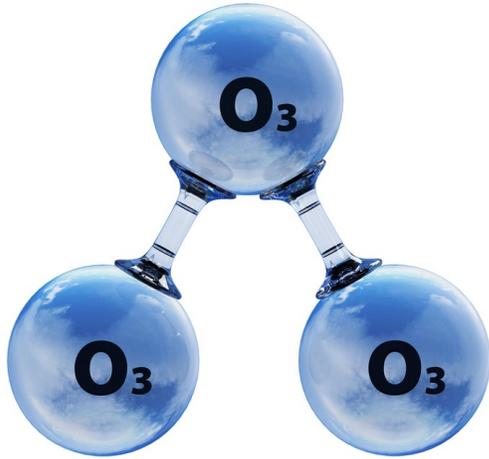
Sulla base della classificazione del rifiuto radioattivo, questo riceve uno specifico trattamento che ne riduce la pericolosità.

- Il combustibile nucleare esausto viene riprocessato. Il riprocessamento è una operazione che consente il recupero della parte di combustibile ancora utilizzabile e la riduzione del volume fino al 5% di quello iniziale, le scorie rimanenti vengono invece stoccate permanentemente (dumping).
- Le restanti tipologie di rifiuti radioattivi ricevono altri trattamenti: fisici, chimici o biologici.



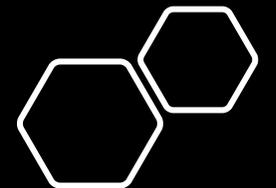
## Tecniche fisiche

- Incenerimento
- Distillazione
- Evaporazione
- Dumping



## Tecniche chimiche

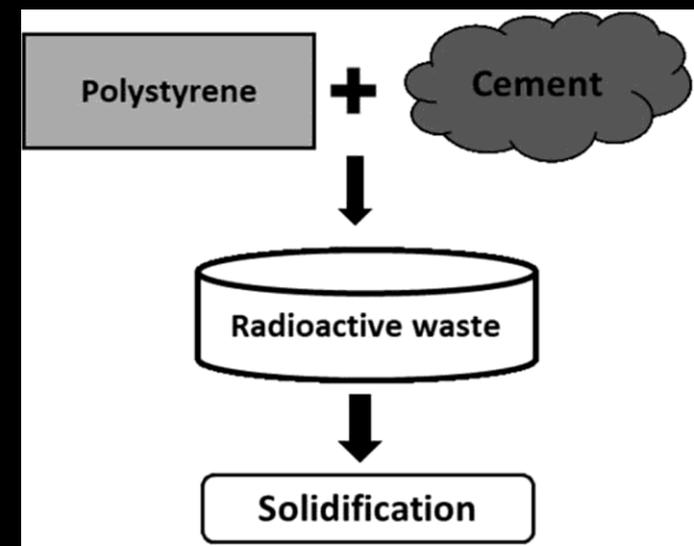
- Precipitazione
- Ossidazione ad umido
- Digestione acida





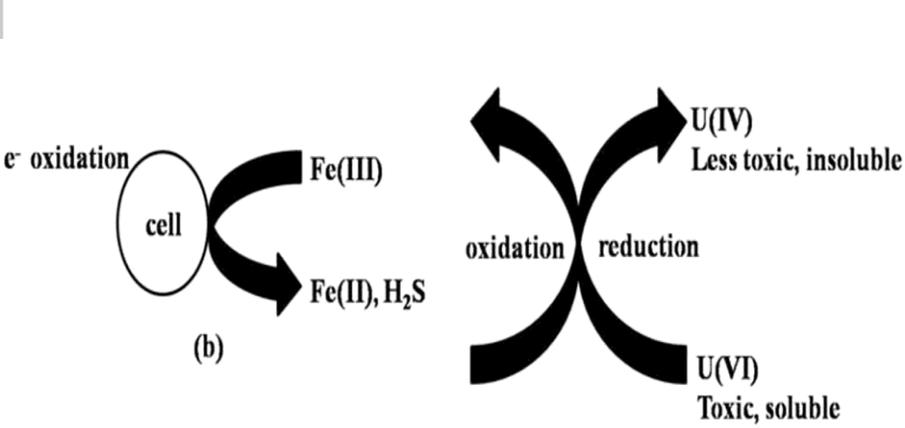
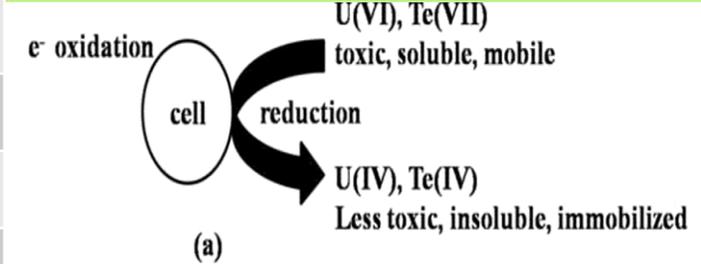
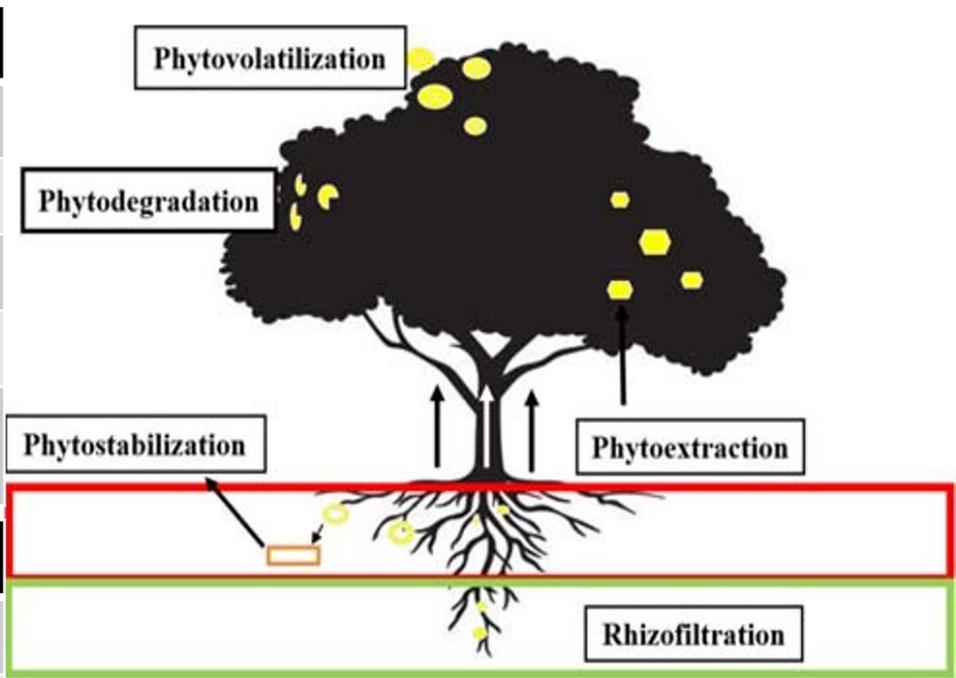
## UTILIZZO DEL CEMENTO PORTLAND

Il cemento Portland, unitamente a materiali polimerici, fornisce un'ottima barriera che scherma le radiazioni ionizzanti, con il vantaggio di un costo ridotto.



Radionuclide	Pianta	Processo	Matrice
Sr, Cs	Betulla	Fitoestrazione	Suolo
Sr, Cs	Girasole	Rizofiltrazione	Acqua di falda
Sr, Cs	Erba latte	Rizofiltrazione	Acqua di falda
U	Canna	Fitoestrazione	Suolo
Cs, Co	Giacinto acquatico	Rizofiltrazione	Rifiuto liquido

Radionuclide	Emivita	Microorganismo	Interazione
$^{238}\text{U}$ , $^{235}\text{U}$	$4,41 \times 10^9$ anni	Geobacter	Rid $\text{U}6 \rightarrow \text{U}4$
$^{237}\text{Np}$	$2,14 \times 10^6$ anni	shewanella	Rid $\text{Np}5 \rightarrow \text{Np}4$
$^{239}\text{Pu}$	24100 anni	Geobacter	Rid $\text{Pu}6/\text{Pu}5 \rightarrow \text{Pu}4$
$^{137}\text{Cs}$	30 anni	E.coliKup(Trko)	Trasporto
$^{90}\text{Sr}$	29 anni	Micrococcus	Bioaccumulazione



# Tecniche biologiche

- Bioremediation microbica
- Plant remediation

# Siti contaminati

Durante tutte le attività industriali e di laboratorio in cui viene impiegato materiale radioattivo o anche nel caso in cui il materiale sia già stoccato, esiste la possibilità che il rifiuto fuoriesca e vada a contaminare l'ambiente circostante.

Anche le minime perdite quotidiane ammesse dalla legge possono risultare in una contaminazione dopo molti anni di attività.

In questi casi, se i valori presenti superano quelli di concentrazione soglia di contaminazione, bisogna procedere alla bonifica o alla messa in sicurezza permanente.

Di seguito vengono presentati alcuni casi studio.

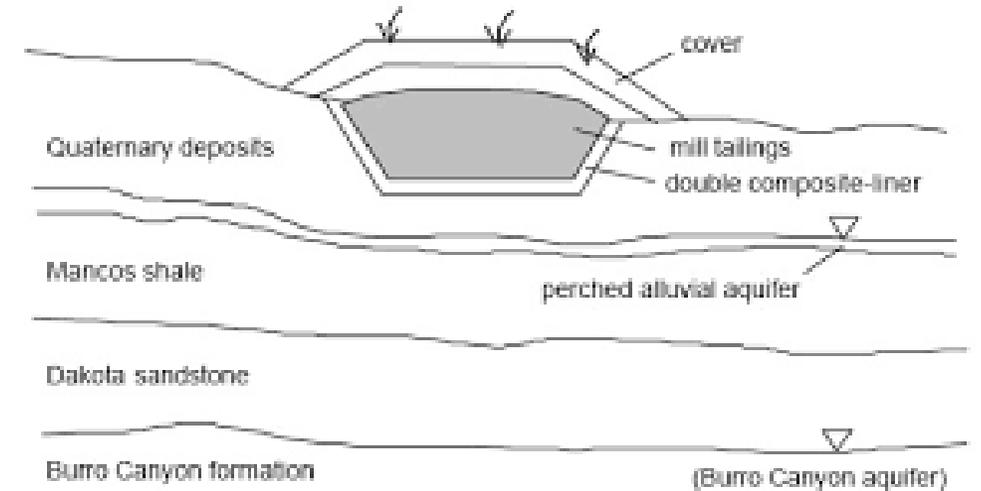
# Bonifica delle acque caso studio: pump and treat Hanford site



- Sistema pump and treat progettato ed utilizzato per trattare un pennacchio di contaminazione dovuto ad un impianto di separazione del plutonio.
- Circa 180 mila miliardi di litri di acqua contaminata versati nel suolo, gli inquinanti hanno raggiunto l'acqua di falda sotto al sito, contaminando un'area di 207 km<sup>2</sup>
- La struttura di trattamento include 6 edifici: due pozzi di estrazione, due di iniezione e gli edifici di trattamento biologico e radiologico.
- Sono implementati sia il sistema di scambio ionico radioattivo che il sistema biologico in condizioni anaerobiche per rimuovere contaminanti non radioattivi.

# Bonifica delle acque caso studio: natural attenuation Monticello Mill

- L'impianto di Monticello Mill utilizzava Uranio e Vanadio per scopi militari tra il 1942 e il 1960.
- La sorgente della contaminazione è dovuta ai residui delle lavorazioni posizionati in cumuli lungo il torrente che scorre attraverso il sito di Montezuma Creek.
- A causa della lisciviazione dai materiali di scarto si è prodotto un pennacchio di contaminazione da uranio nell'acqua di falda al di sotto del sito.
- I cumuli sono stati rimossi e dopo un tempo di valutazione è stata riscontrata una significativa riduzione della concentrazione di uranio nell'acqua di falda.





# Bonifica dei suoli Escavazione e smaltimento

- Per la bonifica dell'atollo di Enewetak (oggetto di test nucleari condotti tra il 1972 e il 1980) e di altre isole facenti parte delle Marshall Island è stata rimossa una grande quantità di suolo contaminato da plutonio, Il materiale è stato poi stato depositato nel cratere di Cactus (formato nel 1958 come risultato di una esplosione nucleare), e successivamente ricoperto con una cupola di cemento.
- Dopo l'incidente alla centrale nucleare di Chernobyl, per bonificare il sito, sono stati rimossi i primi 5-10 cm di superficie di suolo altamente radioattivo e trasportati in diverse discariche vicino alla centrale.
- Nei pressi della centrale di Fukushima la rimozione del 90% della contaminazione è stata raggiunta raschiando i primi 5 cm di suolo dai campi di riso adiacenti.

# Conclusioni

- La gestione delle scorie radioattive è un problema complicato. Gli studi scientifici degli ultimi anni propongono soluzioni di gestione per le varie categorie di rifiuto radioattivo.
- La tipologia più pericolosa di rifiuto è sicuramente quello di alta attività che si genera negli impianti nucleari.
- E' necessario imparare a stoccare permanentemente in condizioni di sicurezza assoluta questo tipo di rifiuto, data anche la richiesta energetica in aumento esponenziale che in futuro comporterà l'installazione di nuovi impianti in tutto il mondo.
- La bonifica di siti con contaminazioni passate è importante non solo per ripristinare i luoghi non accessibili, ma anche come campo di prova per intervenire su possibili contaminazioni future.



***Grazie per  
l'attenzione***

---

