

DALLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO ALL'OPERATIVITÀ IN CAMPO

Applicazione del sistema di gestione della sicurezza in un intervento di bonifica con potenziale presenza di fosforo bianco

Alberto Deambrogio, Ufficio Tecnico; Alfredo Paganelli, Ufficio HSEQ – Petroltecnica SpA



**TERRA
THERAPY®**



Assoreca
ASSOCIAZIONE AMBIENTE . ENERGIA
SICUREZZA . RESPONSABILITÀ SOCIALE

REMTECH EXPO
FERRARA EXPO


CONVEGNO

**LA TUTELA DEI LAVORATORI
NELLE OPERAZIONI DI BONIFICA
IN SITI CONTAMINATI**

17.09.2026 | H 14.30
BLUE ROOM - PRIMO PIANO
REMTECH EXPO 26 | FERRARA FIERE

Dal rinvenimento alla gestione del terreno

Una sequenza di decisioni tecniche e HSE, non un singolo intervento

FASE 1 – Rinvenimento e bonifica bellica

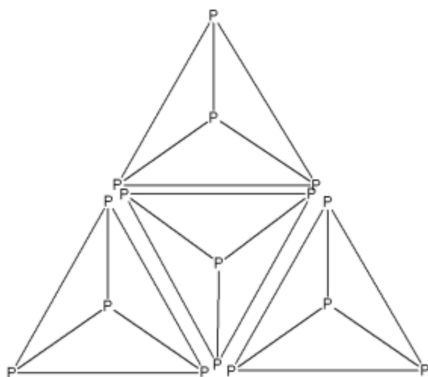
- Maggio 2022. Rinvenimento ordigno residuo bellico inesploso della II^a Guerra Mondiale (bomba d'aereo da 100 libbre contenente fosforo bianco) presso importante rete viaria nazionale in fase di realizzazione
- Giugno 2022. messa in sicurezza ordigno (posizionamento in un contenitore colmo di acqua) per parziale fuoriuscita fosforo bianco
- Dicembre 2022. Operazioni di bonifica dell'ordigno:
 - rimozione dispositivo di innesco e sua distruzione in loco
 - ordigno, despolettato, distrutto per combustione in sito dedicato secondo norme tecniche Forze Armate
 - potenziale perdita di fosforo bianco nel terreno post rimozione ordigno
 - Area delimitata e protetta con cumuli di terreno («dune»)



Fosforo Bianco

Una sequenza di decisioni tecniche e HSE, non un singolo intervento

Il fosforo bianco è una delle principali forme allotropiche dell'elemento fosforo. Si presenta come un solido ceroso e volatile costituito da molecole tetraedriche P_4 .



Aspetto del fosforo bianco

Frazi H

- H250. Spontaneamente infiammabile all'aria
- H330. Letale se inalato
- H300. Letale se assimilato
- H314. Provoca gravi ustioni cutanee e gravi lesioni oculari
- H400. Molto tossico per gli organismi acquatici



Regolamento (EC) No. 1272/2008 (CLP)

Effetti e classificazione

- Il fosforo bianco è una sostanza altamente tossica che a contatto con l'ossigeno presente nell'aria produce anidride fosforica generando calore. L'anidride fosforica reagisce violentemente con composti contenenti acqua e li disidrata producendo acido fosforico. Il calore sviluppato da questa reazione brucia la parte restante del tessuto molle. Il risultato è la distruzione completa del tessuto organico.

Impiego nella II^a Guerra Mondiale

- Durante la seconda guerra mondiale, il fosforo bianco fu impiegato massicciamente da entrambi gli schieramenti per scopi tattici e strategici. Venne utilizzato principalmente negli attacchi aerei per provocare vasti incendi nei centri urbani e, a livello di fanteria, per generare cortine fumogene o come arma incendiaria.

Progetto di bonifica: perimetro e obiettivi

Caso studio: gestione integrata del terreno potenzialmente contaminato da fosforo bianco

FASE 2 - Progetto di bonifica terreno

Perimetro e obiettivi

- Sito/localizzazione: importante rete viaria nazionale in fase di realizzazione
- Committente e interfaccia con Enti coinvolti
- Rischio: potenziale presenza di fosforo bianco
- Attività:
 - verifica presenza fosforo bianco
 - scavo selettivo e confezionamento terreno/rifiuto
 - conferimento rifiuto a impianto autorizzato
 - campionamento finale
- Finalità:
 - operare senza esposizioni: proteggere i lavoratori
 - produrre evidenze tecniche tracciabili

Dati tecnici essenziali

Contaminante	terreno potenzialmente contaminato da fosforo bianco
Griglia	lotti rappresentativi dell'area di scavo; profondità di avanzamento max 0,1 m
Campioni	prelievo campioni rappresentativi dei lotti e quartatura
Rifiuto	EER 17 05 03* ove confermato/gestito cautelativamente

Soggetti coinvolti e responsabilità operative

La sicurezza si governa rendendo esplicita la catena delle decisioni

FASE 2 - Progetto di bonifica terreno

Soggetti coinvolti e responsabilità operative

- Ruoli definiti prima dell'accesso operativo in area
- Supervisione tecnico-ambientale continua durante le fasi critiche
- Coordinamento tra HSE, produzione, laboratorio, trasporto e impianto.
- Responsabilità documentale collegata alla gestione del rifiuto e alle evidenze.

Soggetto	Responsabilità nel caso
Committente	Indirizzi, autorizzazioni operative e interfaccia contrattuale
Impresa cat. 9A	Esecuzione attività ambientali e gestione operativa in sito
Laboratorio analisi	Campionamento qualificato, conservazione e prove analitiche
Impianto smaltimento	Ricezione del rifiuto e gestione in filiera autorizzata
Figure sicurezza	POS, briefing, controllo DPI, emergenze, coordinamento interferenze

Inquadramento normativo e implicazioni operative

Dalla conformità formale alle decisioni esecutive in cantiere

FASE 2 - Progetto di bonifica terreno:

Inquadramento normativo e implicazioni operative

- D.Lgs. 152/06, Parte IV, Titolo V: confronto con CSC e qualità ambientale del suolo.
- Regolamento CLP: pericolosità del fosforo bianco e frasi H250, H300, H314, H330, H400
- D.Lgs. 81/08: valutazione agenti chimici, DPI, sorveglianza sanitaria, POS e formazione.
- Rifiuti/ADR: confezionamento, deposito temporaneo, trasporto e conferimento autorizzato.
- PSC/CSE/POS, coordinamento imprese e gestione interferenze)

Ambiente

campioni, CSC,
accertamento qualità

Sicurezza

valutazione rischio, DPI,
procedure

Rifiuti

EER, deposito, impianto
autorizzato

Coordinamento

interferenze, permessi,
ruoli

Sistema aziendale di sicurezza: modello operativo

Un ciclo di prevenzione che integra HSE, produzione e organizzazione

FASE 2 - Progetto di bonifica terreno

Sistema aziendale di sicurezza: modello operativo

- La prevenzione è progettata insieme alle modalità di lavoro.
- Ogni fase è collegata a pericoli, misure, ruoli e soglie decisionali.
- Briefing e controlli trasformano la procedura in comportamento operativo.
- Le evidenze di campo alimentano correzioni e miglioramento continuo.



Il modello collega decisione, esecuzione e controllo:
non separa sicurezza e qualità della bonifica.

Documenti, strumenti e presidi in campo

Dal POS alla decontaminazione: la procedura diventa barriera operativa

FASE 2 - Progetto di bonifica terreno

Documenti, strumenti e presidi in campo

- POS e valutazione rischio specifica per attività con agente chimico pericoloso.
- Briefing di avvio turno, verifica condizioni e riduzione del personale esposto.
- Permessi e controlli su scavo, movimentazione, deposito temporaneo e conferimento
- DPI differenziati per condizioni ordinarie e fenomeni termici o fumi.
- Sorveglianza sanitaria, unità di decontaminazione e gestione post-intervento.

Organizzazione

ruoli, accessi, coordinamento

Procedure

POS, permessi, briefing

Presidi collettivi

recinzioni, teli HDPE, acqua, inerti

DPI

antiacido, nitrile, ABEK/autorespiratore

Emergenza

sopravento, pochi operatori, contenimento

Barriere cumulative: ciascun livello riduce la probabilità di esposizione e la gravità delle conseguenze.

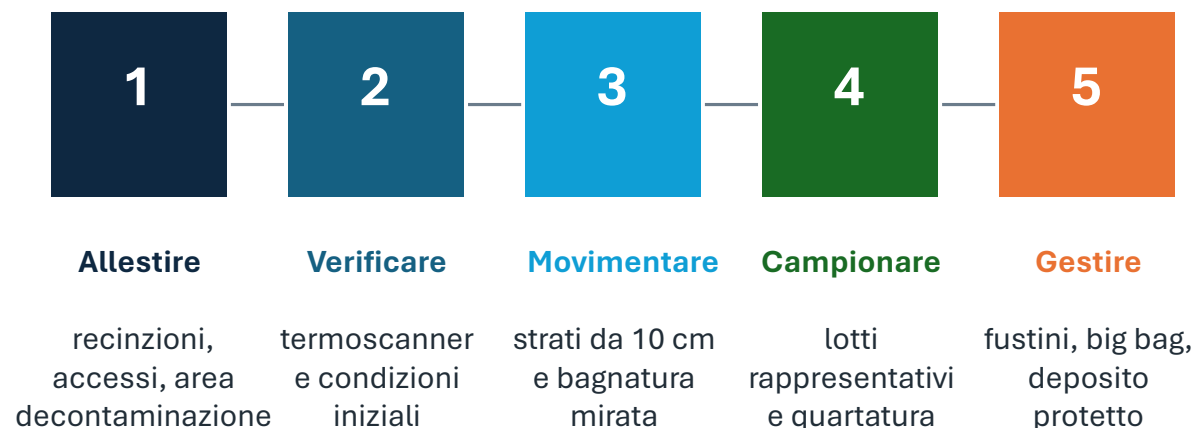
Implementazione nel caso: sequenza operativa

La sicurezza è stata incorporata nella micro-organizzazione del lavoro

FASE 2 - Progetto di bonifica terreno

Implementazione nel caso: sequenza operativa

- Area di lavoro segregata, segnalata e dotata di unità di decontaminazione.
- Verifica termica preliminare e bagnatura controllata prima della movimentazione.
- Scarifica e rivoltamento per strati successivi di 10 cm con controllo continuo.
- Campionamento per lotti e gestione differenziata del materiale in base alle evidenze.
- Deposito temporaneo protetto e confezionamento idoneo in caso di criticità.



Logica decisionale

Se emergono segnali di presenza o fenomeni termici: fermare, mettere in sicurezza, limitare operatori, confinare e confezionare secondo procedura.

Rischi specifici e misure di controllo

Correlare il rischio alla misura è la base della tutela dei lavoratori

FASE 2 - Progetto di bonifica terreno

Rischi specifici e misure di controllo

- Il rischio non è solo chimico: include innesco, fumi, contatto, dispersione e interferenze.
- Le misure sono progressive: prevenzione, monitoraggio, contenimento, emergenza
- Le soglie operative devono indicare quando proseguire, fermare o cambiare assetto.
- La riduzione dell'esposizione guida tempi, numero operatori e modalità di accesso.

Rischio individuato	Misura di controllo adottata
Reazione piroforica / fumi	Termoscanner, lavoro sopravento, inerti asciutti, acqua nebulizzata solo dopo contenimento
Inalazione sostanze tossiche	Maschera pieno facciale ABEK; autorespiratore in caso di fenomeni termici; personale minimo
Contatto cutaneo / ustioni	Tuta antiacido o Cat. III, guanti nitrile, stivali, lavaggio e decontaminazione
Dispersione ambientale	Teli HDPE, contenimento, deposito protetto, evitare dilavamento e ruscellamento
Interferenze operative	Delimitazione, accessi controllati, briefing, supervisione tecnico-HSE e stop work

Dal rinvenimento alla gestione del terreno

Una sequenza di decisioni tecniche e HSE, non un singolo intervento

FASE2 - Progetto di bonifica terreno

Cronistoria

- Dicembre 2023. Tavolo tecnico in Prefettura assieme agli Enti competenti (Comune, ARPA, Provincia, VV.FF.) per definizione procedure operative legate all'attività di bonifica del terreno.
- Dicembre 2023. Campionamento terreno per caratterizzazione dello stesso come rifiuto e verifica presenza o meno fosforo bianco nel campione.
- Febbraio 2024. Attività di bonifica mediante scavo e smaltimento del terreno su cui era posizionato l'ordigno.

Sono state svolte e coordinate le seguenti attività di verifica al fine di minimizzare i rischi per l'ambiente circostante e per gli operatori coinvolti con le operazioni di scavo:

- verifica preliminare con termoscanner dell'area d'intervento al fine di verificare eventuali reazioni esotermiche dovute alla presenza di fosforo bianco;
- preliminare irrorazione con acqua del terreno da rimuovere al fine di ritardare/annullare eventuali reazioni esotermiche;
- asportazione terreno posto sotto e nell'intorno dell'ordigno bellico rimosso e suo conferimento come rifiuto ad impianto di trattamento;
- prelievo di campioni dal fondo dell'area di scavo, da sottoporre ad analisi chimiche di laboratorio per la certificazione dello scavo.

Dal rinvenimento alla gestione del terreno

Una sequenza di decisioni tecniche e HSE, non un singolo intervento



Criticità gestite e lezioni apprese

La risposta operativa diventa patrimonio tecnico per le bonifiche complesse

FASE 2 - Progetto di bonifica terreno

Criticità gestite e lezioni apprese

- La criticità principale era l'incertezza: contaminante non visibile e potenzialmente reattivo.
- Le procedure hanno funzionato perché erano già tradotte in presidi, ruoli e *stop condition*.
- La qualità del dato ambientale è stata protetta dalla disciplina operativa del cantiere.

Criticità	Risposta operativa	Lezione appresa
Contaminante puntuale e non omogeneo	Griglia per lotti, strati da 10 cm, termoscanner	Cercare segnali deboli, non solo valori medi
Possibili fenomeni termici	Inerti, lavoro sopravento, personale minimo, DPI dedicati	L'emergenza va progettata prima dell'accesso
Cumuli derivati da "dune" movimentate	Aree HDPE, separazione flussi, controllo qualitativo	La tracciabilità fisica sostiene la tracciabilità documentale
Rifiuto con pericolosità cautelativa	Fustini/big bag, deposito protetto, impianto autorizzato	Compliance e sicurezza sono parte della stessa filiera

Grazie per l'attenzione

Alberto Deambrogio, Ufficio Tecnico
alberto.deambrogio@petroltecnica.it

Alfredo Paganelli, Ufficio HSEQ
alfredo.paganelli@petroltecnica.it