

# Best practices industriali nella costruzione, gestione, chiusura e messa in sicurezza di TSF

Cesare Castiglia

*Associazione Georisorse e Ambiente (GEAM), Planeta Studio Associato*

# Presentazione del relatore



- Ingegnere per l'Ambiente ed il Territorio, indirizzo Geotecnologie (Politecnico di Torino, 2000)
- Specializzato in ingegneria ambientale e geotecnica per i settori industriale, civile e minerario
- Presidente in carica dell'associazione Georisorse e Ambiente (GEAM) con sede presso il Politecnico di Torino, dipartimento DIATI
- Socio di Planeta Studio Associato (Chivasso, TO)



# Sommario dei contenuti

- ▶ Documentazione di riferimento
- ▶ Pianificazione e progettazione della chiusura di TSF
  - ▶ Pianificazione delle attività di chiusura
  - ▶ BAT per la chiusura e la copertura di TSF
- ▶ Messa in sicurezza statica e ambientale di TSF dismesse
  - ▶ Approccio metodologico
  - ▶ Tecnologie di dewatering
- ▶ Rassegna dei principali siti italiani
- ▶ Considerazioni conclusive

# Documentazione di riferimento: linee guida

- ▶ International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank: Technical Note 7 - Tailings Storage Facilities - Good practice note on dam safety (2021)
- ▶ International Council of Mining and Metals (ICMM): Global industry standard on tailings management (2020)
- ▶ Alberta Energy Regulator: Manual 19 - Decommissioning, Closure, and Abandonment of Dams at Energy Projects (2020)
- ▶ JRC Science for Policy Report: EUR 28963 EN - Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries (2018)
- ▶ The International Network for Acid Prevention - Global Acid Rock Drainage (GARD) Guide (2018, <http://www.gardguide.com/>)
- ▶ Victoria State Government: Technical Guideline: Design and Management of Tailings Storage Facilities (2017)
- ▶ Australian Government: Leading Practice Sustainable Development Program for the Mining Industry (2016)
- ▶ UN Economic Commission for Europe: Safety guidelines and good practices for tailings management facilities (2014)
- ▶ Sustainable Improvement in Safety of Tailings Facilities (TAILSAFE) (WP3, WP4) (2004)
- ▶ International Atomic Energy Agency: IAEA-TECDOC-1403 The long-term stabilization of uranium mill tailings (2004)

# Documentazione di riferimento: normativa

- ▶ Decreto Legislativo 30 maggio 2008 n.117 - Attuazione della direttiva 2006/21/CE relativa alla gestione dei rifiuti delle industrie estrattive e che modifica la direttiva 2004/35/CE)
  - ▶ decreto interministeriale 16 aprile 2013 «modalità per la realizzazione dell'inventario nazionale»
- ▶ Ordinanza del Commissario delegato per l'emergenza ambientale delle aree minerarie dismesse del Sulcis-Iglesiente e del Guspinese della Regione Autonoma della Sardegna del 12 aprile 2010, n.5
  - ▶ Linee Guida per la caratterizzazione e le bonifiche delle aree minerarie dismesse – 2009 - Allegato all'Ordinanza n. 5 del 12 aprile 2010
- ▶ *(per analogia) Decreto Legislativo 3 settembre 2020, n. 121 - Attuazione della direttiva (UE) 2018/850, che modifica la direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti*

# Pianificazione delle attività di chiusura di una TSF

- ▶ La pianificazione delle attività di chiusura di una TSF ed i relative requisiti devono:
  - ▶ essere sviluppati fin dalle fasi iniziali del Progetto, anche per essere inclusi nel costo totale dell'operazione;
  - ▶ essere verificati ed aggiornati durante la vita dell'opera;
- ▶ i requisiti per la chiusura sono spesso regolati dalla normativa locale;
- ▶ alla chiusura può seguire un periodo di post-gestione.

# Pianificazione delle attività di chiusura di una TSF

- ▶ Le principali problematiche da affrontare in fase di chiusura e post-gestione sono:
  - ▶ La stabilità fisica della costruzione
    - ▶ Instabilità dei versanti
    - ▶ Eventi naturali (alluvioni, terremoti, tornado)
    - ▶ Deterioramento progressive (erosione, ammaloramento dei materiali, azione degli animali)
  - ▶ La stabilità chimica del rifiuto ed il contenimento delle emissioni (es. ARD);
  - ▶ Le aspettative sulla destinazione finale del sito, che spesso è destinato ad applicazioni utili per la comunità locale

# Best Available Techniques (BAT) per la chiusura di una TSF (1)

- ▶ **BAT 11.** *In order to help ensure the short-term and long-term structural stability of the extractive waste deposition area, BAT is to use the following technique: “Design for Closure”*
  - ▶ *identification of the covering techniques (BAT 38);*
  - ▶ *identification of the techniques to prevent and control water and wind erosion (BAT21, BAT 49);*
  - ▶ *Cost assessment and cost benefit analysis;*
  - ▶ *Environmental Risk and Impact Evaluation (BAT 5)*
  - ▶ *Specific indication of the closure process to be followed (progressive or entirely carried out at closure, wet or dry cover, final landform and rehabilitation)*
  - ▶ *Possibility of premature closure*
  - ▶ *Long term stability analysis (BAT 22)*
  - ▶ *Control and monitoring procedures (BAT 3, BAT 23, BAT 40, BAT 48, BAT 52)*

JRC Science for Policy Report: EUR  
28963 EN - Best Available Techniques  
(BAT) Reference Document for the  
Management of Waste from  
Extractive Industries (2018)



# Best Available Techniques (BAT) per la chiusura di una TSF (2)

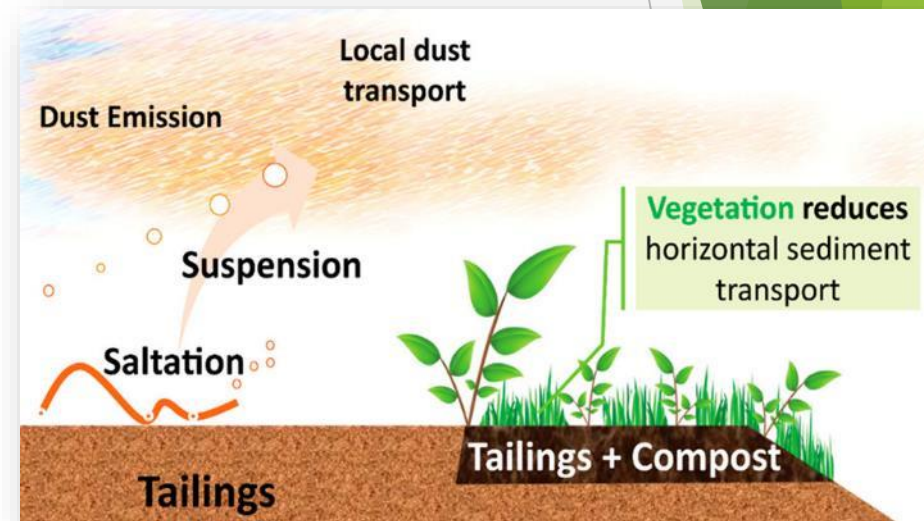
- ▶ **BAT 38.** *In order to prevent or minimise groundwater status deterioration and soil pollution, BAT is to use one or a combination of techniques, appropriately selected from the following list:*
- ▶ **Dry Covers**
  - ▶ *Progressive rehabilitation*
  - ▶ *Temporary covers*
  - ▶ *Vegetative covers*
  - ▶ *Permeable dry covers*
  - ▶ *Impermeable and low flux dry cover*
  - ▶ *Oxygen consuming dry covers*



JRC Science for Policy Report: EUR  
28963 EN - Best Available Techniques  
(BAT) Reference Document for the  
Management of Waste from  
Extractive Industries (2018)

# Best Available Techniques (BAT) per la chiusura di una TSF (3)

- ▶ **BAT 38.** *In order to prevent or minimise groundwater status deterioration and soil pollution, BAT is to use one or a combination of techniques, appropriately selected from the following list:*
- ▶ **Dry Covers**
  - ▶ *Progressive rehabilitation*
  - ▶ *Temporary covers*
  - ▶ *Vegetative covers*
  - ▶ *Permeable dry covers*
  - ▶ *Impermeable and low flux dry cover*
  - ▶ *Oxygen consuming dry covers*



JRC Science for Policy Report: EUR  
28963 EN - Best Available Techniques  
(BAT) Reference Document for the  
Management of Waste from  
Extractive Industries (2018)

# Best Available Techniques (BAT) per la chiusura di una TSF (4)

- ▶ **BAT 38.** *In order to prevent or minimise groundwater status deterioration and soil pollution, BAT is to use one or a combination of techniques, appropriately selected from the following list:*
- ▶ **Dry Covers**
  - ▶ *Progressive rehabilitation*
  - ▶ *Temporary covers*
  - ▶ *Vegetative covers*
  - ▶ *Permeable dry covers*
  - ▶ *Impermeable and low flux dry cover*
  - ▶ *Oxygen consuming dry covers*



JRC Science for Policy Report: EUR  
28963 EN - Best Available Techniques  
(BAT) Reference Document for the  
Management of Waste from  
Extractive Industries (2018)

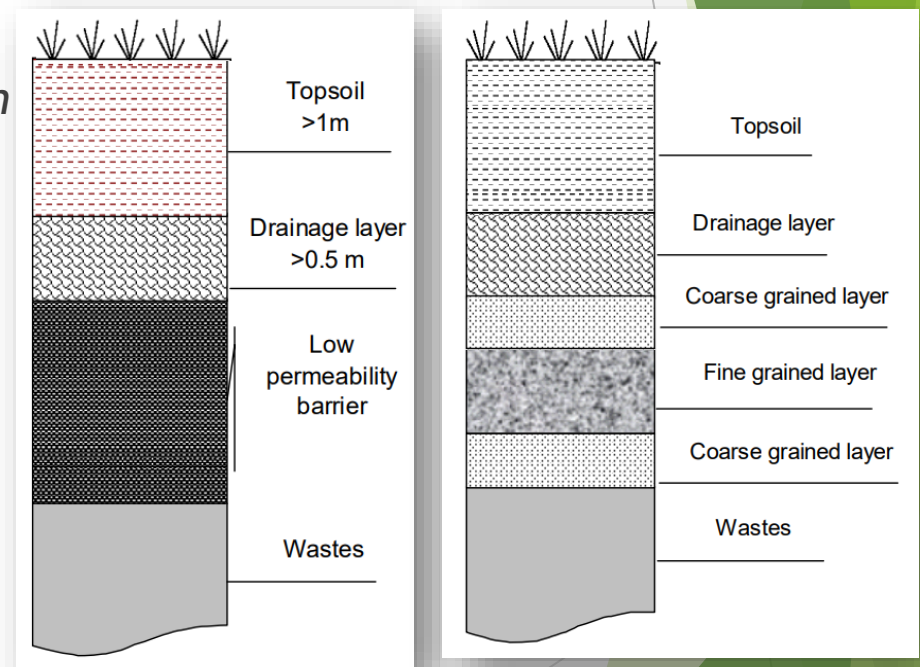


# Best Available Techniques (BAT) per la chiusura di una TSF (5)

- ▶ **BAT 38.** In order to prevent or minimise groundwater status deterioration and soil pollution, BAT is to use one or a combination of techniques, appropriately selected from the following list:

- ▶ **Dry Covers**

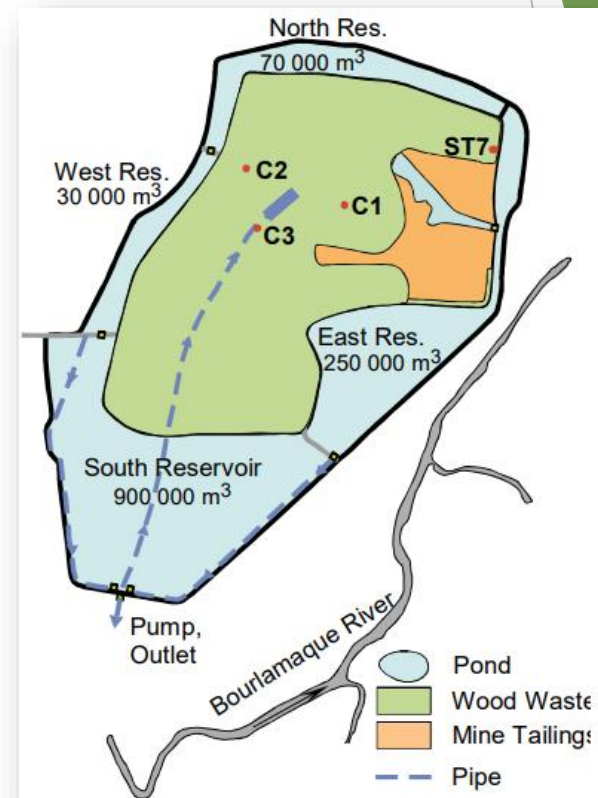
- ▶ Progressive rehabilitation
- ▶ Temporary covers
- ▶ Vegetative covers
- ▶ Permeable dry covers
- ▶ Impermeable and low flux dry cover
- ▶ Oxygen consuming dry covers



JRC Science for Policy Report: EUR  
28963 EN - Best Available Techniques  
(BAT) Reference Document for the  
Management of Waste from  
Extractive Industries (2018)

# Best Available Techniques (BAT) per la chiusura di una TSF (6)

- ▶ **BAT 38.** *In order to prevent or minimise groundwater status deterioration and soil pollution, BAT is to use one or a combination of techniques, appropriately selected from the following list:*
- ▶ **Dry Covers**
  - ▶ *Progressive rehabilitation*
  - ▶ *Temporary covers*
  - ▶ *Vegetative covers*
  - ▶ *Permeable dry covers*
  - ▶ *Impermeable and low flux dry cover*
  - ▶ *Oxygen consuming dry covers*



JRC Science for Policy Report: EUR  
28963 EN - Best Available Techniques  
(BAT) Reference Document for the  
Management of Waste from  
Extractive Industries (2018)

# Best Available Techniques (BAT) per la chiusura di una TSF (7)

- ▶ **BAT 38.** *In order to prevent or minimise groundwater status deterioration and soil pollution, BAT is to use one or a combination of techniques, appropriately selected from the following list:*
- ▶ **Wet Covers**
  - ▶ Free water covers
  - ▶ Wet covers (wetlands)
- ▶ **Not suitable if (Wels, 2000)**
  - ▶ a water cover would result in too much contaminated seepage;
  - ▶ the embankments would not be stable and/or could not be economically stabilized;
  - ▶ the water balance for the cover pond would be such that the water cover could not be sustained.



JRC Science for Policy Report: EUR  
28963 EN - Best Available Techniques  
(BAT) Reference Document for the  
Management of Waste from  
Extractive Industries (2018)

# Messa in sicurezza di TSF dismesse

Approccio metodologico e tecnologie di dewatering

# Messa in sicurezza di TSF dismesse

- ▶ *Ove si riscontri una condizione di emergenza è necessario agire tempestivamente, mediante interventi atti ad impedire effetti dannosi per l'ambiente e per la salute umana. In particolare si dovranno eseguire:*
  - ▶ *interventi atti ad impedire la diffusione della contaminazione verso le matrici ambientali circostanti;*
  - ▶ *interventi atti ad impedire il contatto diretto dei contaminanti con i possibili fruitori dell'area (anche occasionali).*
- ▶ *Qualora le azioni sopradette vengano attuate in un'area in cui sia già stata formulata una linea di progetto operativo degli interventi, occorre individuare delle misure di messa in sicurezza d'emergenza che non compromettano, dal punto di vista tecnico ed economico, gli interventi successivi.*
- ▶ *In ogni caso le misure di MISE dovranno prevedere l'utilizzo delle "migliori tecniche di intervento a costi sostenibili" (Best Available Technology Not Entailing Excessive Costs, BATNEEC).*

*Commissario delegato per l'emergenza ambientale relativamente alle aree minerarie del Sulcis-Iglesiente e del Guspinese della Regione Autonoma della Sardegna - Linee guida per la caratterizzazione e la bonifica delle aree minerarie dismesse (2009)*



# Messa in sicurezza di TSF dismesse

## Funzione

- ▶ *Impedire smottamenti e frane dei rifiuti di estrazione su edifici e infrastrutture*
- ▶ *Contenere la mobilità delle particelle degli inquinanti*

## Tecnologia

- ▶ *Sistemi di contenimento al piede degli abbancamenti di fini minerari e copertura impermeabile*
  - ▶ *Sistemi per il contenimento statico degli abbancamenti (gabbionate)*
  - ▶ *Sistema di drenaggio e trattamento del percolato*
- ▶ *Canale di guardia*
- ▶ *Sistema di impermeabilizzazione (capping)*

*Commissario delegato per l'emergenza ambientale relativamente alle aree minerarie del Sulcis-Iglesiente e del Guspinese della Regione Autonoma della Sardegna - Linee guida per la caratterizzazione e la bonifica delle aree minerarie dismesse (2009)*

# Messa in sicurezza di TSF dismesse - dewatering e capping

Mineral	Chemistry/ Mineralogy	Mineral processing	Tailings characteristics	Tailings management	Closure and after care
Base metals	Mostly sulphides	Flotation	Often potentially acid generating	Slurried, sub-aqueous discharge backfill (coarse fraction)	Wet cover or dewater & dry cover
Bauxite	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , SiO <sub>2</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO, TiO <sub>2</sub>	Bayer process	Elevated pH, salinity	Slurried or thickened	Dewater and dry cover, discharge treatment
Coal	Carbon, ash, sulphur	Coarse fractions in jigs/ dense medium, flotation for fines	Clay, shale, sandstone, sulphides, can be radioactive	Coarse tailings on heaps/ old pits, fines in ponds, sort or filtered and to heaps	Dewater and dry cover
Phosphate	Apatite, phlogopite mica, carbonates, silicates	Flotation	Fine particles and slimes (<0.1 mm) mainly contain clay creating settling problems	Slurries in ponds	Dewater and dry cover
Precious metals	Complex sulphides, native gold	CN leach, spirals, shaking table	Some potentially acid generating, in case of CN leach, contain cyanide, complexed metals, thiocyanate	Slurried, backfill (coarse fraction), CN destruction	Wet cover or dewater & dry cover raised ground water table
Uranium	Uranium oxides, carbonates, silicates, sulphides	Conventional mill process, heap or in situ leaching	Radioactivity, some potentially acid generating	Slurried, sub-aqueous discharge	Wet cover or dewater & dry cover

*TAILSAFE - Closure and restoration plans for disused tailings facilities (2004)*

# Messa in sicurezza di TSF dismesse - dewatering e capping

- ▶ *Geotechnical issues for capping installation (Wels, 2000)*
  - ▶ *consolidation of near-surface tailings to achieve strength gains, improve trafficability, and allow safe placement of initial cover layer;*
  - ▶ *stability of tailings slopes during dewatering of tailings ponds and/or cover placement;*
  - ▶ *long-term settlement of tailings and its impact on cover integrity and final surface shaping.*
- ▶ *Environmental issues to be considered (Wels, 2000)*
  - ▶ *management of contaminated (free) pond water;*
  - ▶ *management of contaminated pore water expelled during tailings consolidation;*
  - ▶ *management of (uncontaminated) surface water on top of the cover.*

# Messa in sicurezza di TSF dismesse - dewatering e capping

- ▶ Tecnologie per il dewatering dei tailings, funzionale alla chiusura della TSF
  - ▶ Emungimento/dragaggio dell'acqua surnatante



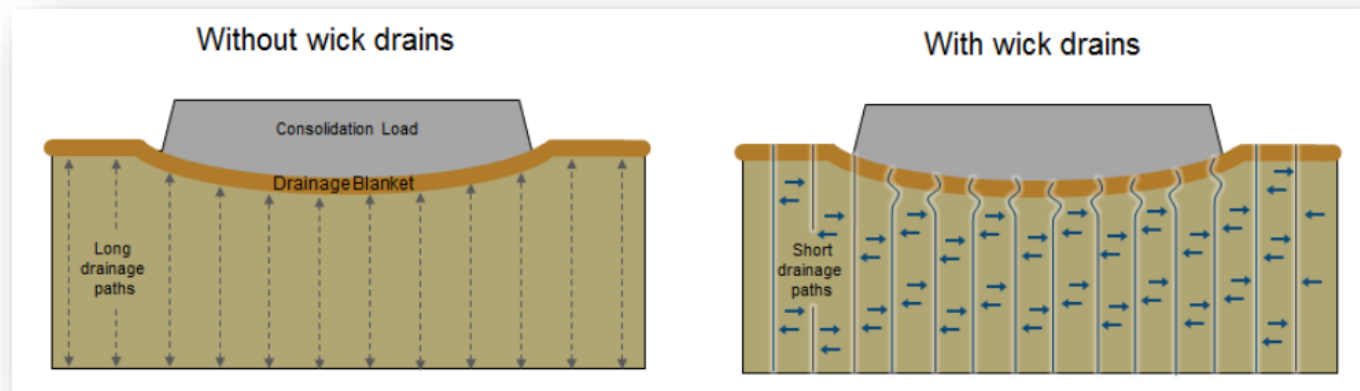
# Messa in sicurezza di TSF dismesse - dewatering e capping

- ▶ Tecnologie per il dewatering dei tailings, funzionale alla chiusura della TSF
  - ▶ Emungimento/dragaggio dell'acqua surnatante
  - ▶ Mud farming



# Messa in sicurezza di TSF dismesse - dewatering e capping

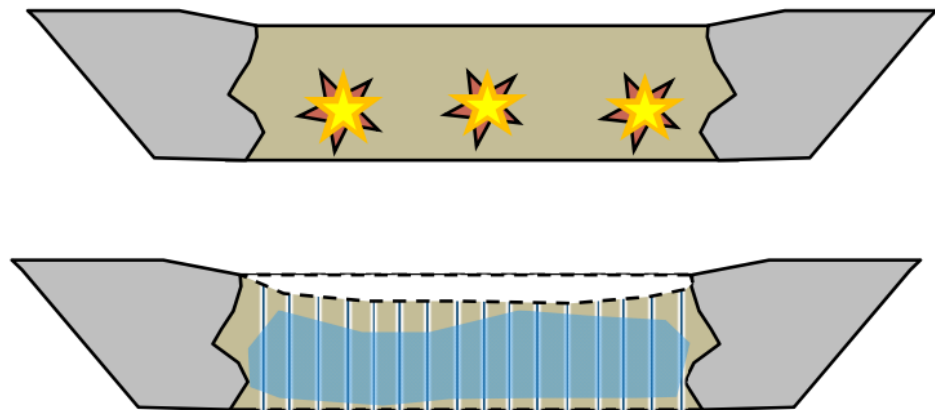
- Tecnologie per il dewatering dei tailings, funzionale alla chiusura della TSF
  - Emungimento/dragaggio dell'acqua surnatante
  - Mud farming
  - Dreni e precarico (capping temporaneo)





# Messa in sicurezza di TSF dismesse - dewatering e capping

- ▶ Tecnologie per il dewatering dei tailings, funzionale alla chiusura della TSF
  - ▶ Emungimento/dragaggio dell'acqua surnatante
  - ▶ Mud farming
  - ▶ Dreni e precarico (capping temporaneo)
  - ▶ Explosive compaction



# Messa in sicurezza di TSF dismesse - dewatering e capping

- ▶ Tecnologie per il dewatering dei tailings, funzionale alla chiusura della TSF
  - ▶ Emungimento/dragaggio dell'acqua surnatante
  - ▶ Mud farming
  - ▶ Dreni e precarico (capping temporaneo)
  - ▶ Explosive compaction
  - ▶ Elettrocinesi con geosintetici



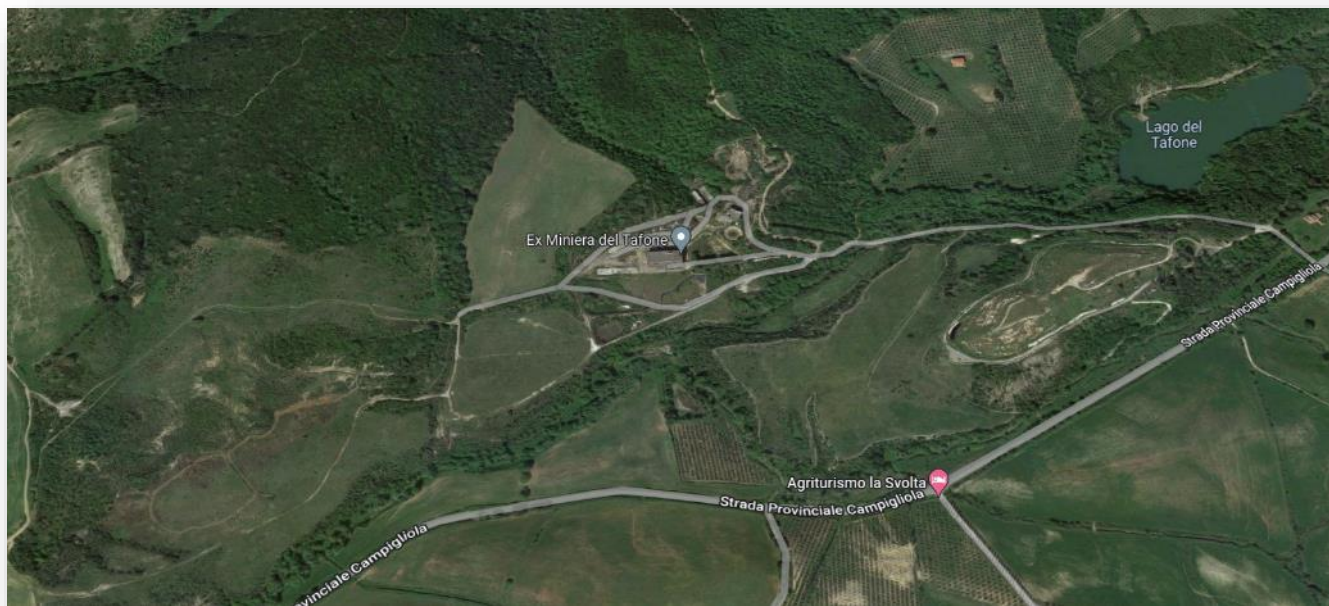


# Messa in sicurezza di TSF dismesse

Rassegna dei principali siti italiani

# Messa in sicurezza di TSF dismesse

*TSF Tafone sud e Tafone nord, Manciano (GR)*



# Messa in sicurezza di TSF dismesse

*TSF Gavorrano-San Giovanni, Gavorrano (GR)*





# Messa in sicurezza di TSF dismesse

*TSF Niccioleta, Massa Marittima (GR)*



# Messa in sicurezza di TSF dismesse

*TSF Fenice Capanne, Massa Marittima (GR)*





# Messa in sicurezza di TSF dismesse

*TSF Montevecchio Levante, Guspini (SU)*



# Messa in sicurezza di TSF dismesse

*TSF Miniera San Giovanni, Iglesias (SU)*





# Messa in sicurezza di TSF dismesse

*TSF San Giorgio, Iglesias (SU)*





# Messa in sicurezza di TSF dismesse

*TSF Masua, Iglesias (SU)*



# Considerazioni conclusive



## Pista Da Cross Sa Tressa



Fabrizio Asunis  
6 recensioni

★★★★★ 3 anni fa

Allenamento ciclocross con i ragazzi





# Considerazioni conclusive



## Indice di rischio per recettori umani:

	PUNTEGGIO
IRIm Sb	4.02E-03
IRIm As	3.64E+02
IRIm Cd	1.46E+02
IRIm Hg	8.61E-05
IRIm Ni	
IRIm Pb	1.62E+02
IRIm Cu	3.56E-05
IRIm Sn	
IRIm Zn	2.47E-04
IRIm F	
IRIm C<12	1.02E-04
<b>IRcomplessivo (somma valori soprastanti)</b>	<b>6.73E+02</b>

# Considerazioni conclusive

THEMATIC SECTION: MINE TAILINGS: PROBLEM OR OPPORTUNITY? TOWARDS  
A COMBINED REMEDIATION AND RESOURCE RECOVERY APPROACH



## Preface to the Thematic Section: Mine Tailings: Problem or Opportunity? Towards a Combined Remediation and Resource Recovery Approach

Lieven Machiels<sup>1</sup> · Max Frenzel<sup>2</sup> · Daniel Goldmann<sup>3</sup> · Mirja Illikainen<sup>4</sup> · Stephan Pfister<sup>5</sup>

© The Minerals, Metals & Materials Society 2021, corrected publication 2021

## The Italian Database GeMMA: from monitoring production to cataloguing mining wastes, a starting point for recovering critical raw materials from abandoned mines?

*Mauro Lucarini\*, Roberta Carta, Fiorenzo Fumanti, Lucio Martarelli and Monica Serra*

European Geologist 49 | May 2020

# Grazie per l'attenzione

Q&A

