



Università degli
studi di Brescia



Università degli
studi di Catania



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Workshop
SiCon 2015

SITI CONTAMINATI
Esperienze negli interventi di risanamento



Hotel Villa Diodoro
Via Bagnoli Croci, 75
Taormina, 5-7 febbraio 2015

Piante erbacee a radicazione profonda per il contrasto dell'erosione ed il ripristino ambientale di siti contaminati

Nicola Era, Tiziana Verrascina, Marcello Zarotti
Prati Armati srl
Via del Cavaliere, 18 - 20090 Opera (MI) - Italia
www.pratiarmati.it



GITISA
Gruppo Italiano di
Ingegneria Sanitaria Ambientale

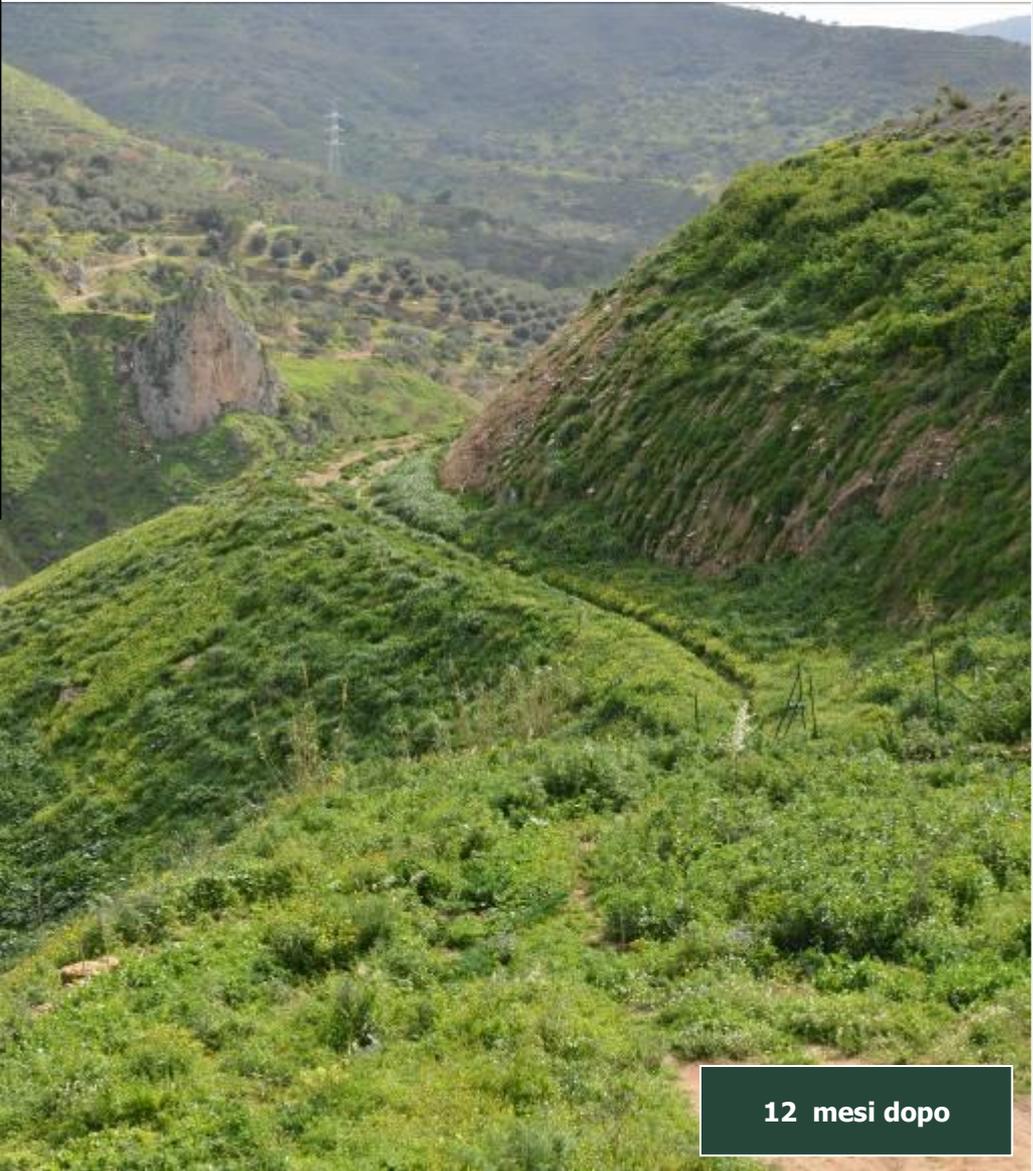




2012 Discarica di Casteldaccia (PA)



2012
Prima dell'intervento



12 mesi dopo

L'ottimo inerbimento della discarica circa 12 mesi dopo il primo intervento di idrosemina

PROVE SU TERRENI INQUINATI DA METALLI PESANTI

Discariche minerarie (sterili di tracciamento e di trattamento)

LOCALITA'	Gùspini (VS) – fraz. Montevecchio																								
CANTIERE	Discarica mineraria																								
OBIETTIVI	Test di germinazione																								
LITOTIPO	Sterili di tracciamento e di trattamento. I minerali coltivati sono la galena (solfuro di Pb) e la calamina (solfuro di Zn)																								
SEMINA	3 MAGGIO 2010																								
NOTE	<p>Il cantiere è brullo da 30 anni</p> <table border="1"><thead><tr><th colspan="2">INQUINANTI</th></tr></thead><tbody><tr><td>As</td><td>arsenico</td></tr><tr><td>Cd</td><td>cadmio</td></tr><tr><td>Co</td><td>cobalto</td></tr><tr><td>Cr</td><td>cromo</td></tr><tr><td>Cu</td><td>rame</td></tr><tr><td>Hg</td><td>mercurio</td></tr><tr><td>Ni</td><td>nichel</td></tr><tr><td>Pb</td><td>piombo</td></tr><tr><td>Sb</td><td>antimonio</td></tr><tr><td>Se</td><td>selenio</td></tr><tr><td>Zn</td><td>zinco</td></tr></tbody></table> <p> Inquinanti in concentrazioni molto superiori ai limiti massimi</p>	INQUINANTI		As	arsenico	Cd	cadmio	Co	cobalto	Cr	cromo	Cu	rame	Hg	mercurio	Ni	nichel	Pb	piombo	Sb	antimonio	Se	selenio	Zn	zinco
INQUINANTI																									
As	arsenico																								
Cd	cadmio																								
Co	cobalto																								
Cr	cromo																								
Cu	rame																								
Hg	mercurio																								
Ni	nichel																								
Pb	piombo																								
Sb	antimonio																								
Se	selenio																								
Zn	zinco																								



Per testare la capacità di queste piante di vegetare anche su suoli contaminati, sono state effettuate presso il Centro Ricerche ECOTEC di Cagliari delle prove di germinazione sui materiali delle miniere di Montevecchio (Sardegna).



**Miniere di Montevecchio (Sardegna):
da oltre 30 anni non si sviluppa alcun tipo di vegetazione**

Nelle miniere di Montevecchio sono stati abbancati residui di coltivazione di minerali come la galena (solfo di piombo), la blenda (solfo di zinco) che risultano fortemente contaminati da arsenico, cadmio, cobalto, cromo, rame, mercurio, nichel, piombo, antimonio, selenio, zinco con concentrazioni anche 10 volte superiori ai limiti massimi di legge.

Parametri determinati sul campione tq	Data inizio analisi	Unità di misura	Valori trovati	Valori di riferimento
As	01/06/10	mg/Kg	544,4	50
Cd	01/06/10	mg/Kg	140,3	15
Pb	01/06/10	mg/Kg	9263,0	1000
Zn	01/06/10	mg/Kg	20216,5	1500

Concentrazioni di alcuni inquinanti in uno dei campioni di terreno prelevati

Sui campioni di terreno prelevati da 7 diverse discariche dello stesso distretto minerario sono state fatte delle valutazioni qualitative sulla germinabilità di 9 specie erbacee a radicazione profonda. I 63 vasi risultanti sono stati sottoposti a periodici cicli irrigui.



I vasi ad 1 mese dalla semina

Ad 1 mese dalla semina 4 delle 9 specie testate sono state in grado di vegetare su tutti i campioni di terreno contaminato, sviluppando contestualmente un apparato radicale che ha completamente esplorato tutto il volume di terreno contenuto in ogni singolo vaso.



Sviluppo radicale ed epigeo 1 mese dopo la semina

Dopo 1 mese dalla semina ciascun vaso delle specie germinate su suoli contaminati è stato trapiantato in un tubo di plexiglas trasparente lungo 2 m e con diametro di 20 cm contenente lo stesso tipo di terreno contaminato contenuto nel vaso.

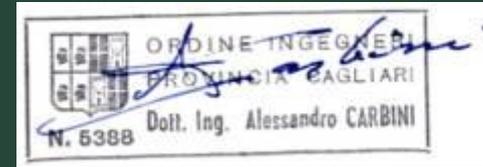


L'apparato radicale in tubi di prova dopo 1 anno dalla semina

PROVE SU FANGHI ROSSI

LOCALITA'	Monteponi (prov Carbonia-Iglesias)
TIPOLOGIA CANTIERE	Scarto delle lavorazioni dei minerali nell'impianto elettrolitico di Monteponi (prov Carbonia-Iglesias)
OBIETTIVI INTERVENTO	Prove di germinazione dei PRATI ARMATI® sui fanghi rossi
ESTENSIONE	Circa 70.000 mq
LITOTIPO	Fanghi rossi





Caratterizzazione **Fanghi Rossi**

I **Fanghi Rossi** veri e propri sono disposti in terrazzi lungo il versante sud di Punta Bellavista e sono costituiti dallo scarto delle lavorazioni dei minerali nell'impianto elettrolitico di **Monteponi (prov Carbonia-Iglesias)**. I depositi di fanghi rossi ricoprono una superficie di circa 7 ettari e hanno un volume stimato di circa 800.000 m³; rappresentano da decenni una sorgente di elevato inquinamento dovuto a processi di ruscellamento e infiltrazione delle acque meteoriche oltre alla dispersione area dovuta alla deflazione eolica.

Nell'area dei fanghi rossi sono stati inoltre depositati materiali di diversa provenienza: residui di fonderia, di trattamento gravimetrico e di lisciviazione, residui della laveria magnetica, scorie mineralizzate Waeltz, residui di scavo. Più in dettaglio gli abbancamenti "Fanghi Rossi", sono discariche di residui di tracciamento e scappellamento, discariche di scorie di fusione, abbancamenti di sabbie di flottazione e di ghiaie di trattamento meccanico, che sono stati campionati per mezzo di pozzetti e sondaggi e sottoposti a determinazioni analitiche.

Su tutti i campioni prelevati dai sondaggi sono stati determinati i parametri pH, Fe₂O₃, As, Cd, Cr_{tot}, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Stot, Sb (Antimonio), Se, SO₄, Zn, Fluoruri, CN (Cianuri) liberi.



Ubicazione Prelevamento Campioni per le prove di germinazione dei Prati Armati:

A: Campioni misti "Fanghi Rossi" (Secchio verde)

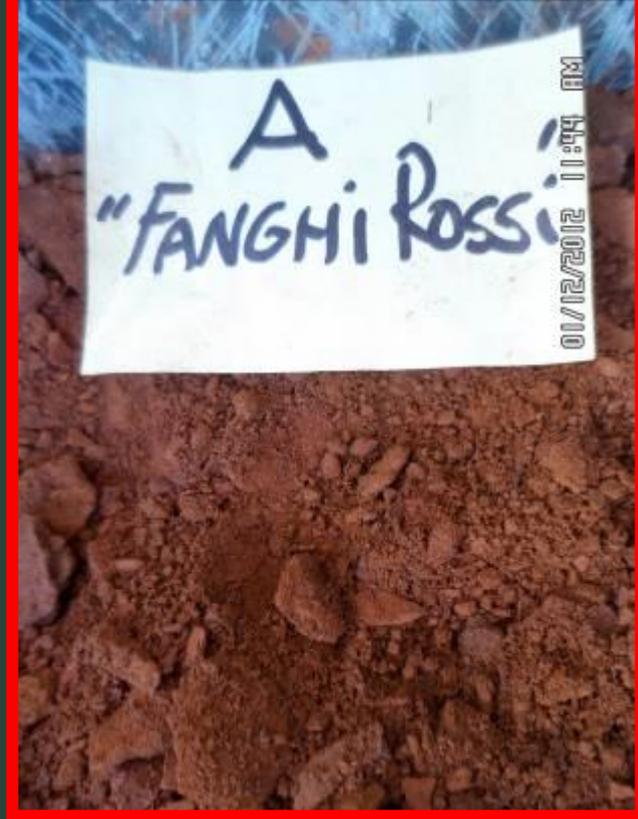
B: Campione misto (busta in plastica) *discariche di scorie nere di fusione*

C: Campione misto "discarica" (secchio blu) *abbancamenti di sabbie di flottazione e di ghiaie da trattamento meccanico*

I 3 campioni sono stati presi dove è stata eseguita la caratterizzazione con sondaggi 250, 25P e 25S sono stati realizzati sul ripiano a quota 175 metri s.l.m..

Sigla	Strato	Matrice	pH	As	Cd	Cu	Hg	Pb	Sb	Zn
25O	0,00 - 0,20	Riporto carbonatico	6,8	85	882	577	101,3	15.610	19	108.800
25O	0,20 - 2,00	Fanghi rossi	7,0	57	409	345	61,3	15.410	13	78.840
25P	0,00 - 2,00	Fanghi rossi	6,9	68	457	386	58,5	18.120	12	89.110
25S	0,00 - 0,20	Riporto carbonatico	7,0	73	174	326	98,0	10.330	10	54.290
25S	0,20 - 2,00	Fanghi rossi	7,1	44	176	306	36,7	21.730	7	59.760

Determinazioni analitiche (mg/kg) nei campioni di fanghi rossi utilizzati per effettuare le prove di germinazione









PROVE SU TERRENI INQUINATI DA IDROCARBURI

LOCALITA'	Sardegna, presso impianto petrolchimico
OBIETTIVI	Test di tipo qualitativo per verificare quali specie PRATI ARMATI® sono in grado di germinare e vegetare su suoli fortemente inquinati da metalli pesanti
NOTE	Idrocarburi totali rilevati: 4150 ppm Limiti di legge: 1000 ppm



PROVE DI GERMINAZIONE SU SUOLI INQUINATI DA IDROCARBURI



Campione di terreno inquinato da idrocarburi. Campione con 4150 ppm di idrocarburi totali prelevati da area contaminata in un complesso petrolchimico. Limiti di legge 1000 ppm

PROVE DI GERMINAZIONE SU SUOLI INQUINATI DA IDROCARBURI





I risultati dopo soli 20 giorni

**DISCARICHE A PENDIO
IL CASO DI CASTELDACCIA (PA)**

LOCALITA'	SICILIA nord occidentale
TIPOLOGIA CANTIERE	Discarica a Pendio
OBIETTIVI INTERVENTO	<ol style="list-style-type: none"> 1. Blocco dell'erosione idrica ed eolica 2. Immobilizzazione dei rifiuti 3. Riduzione della produzione di percolato 4. Riduzione drastica costi e tempi di intervento 5. Riduzione drastica costi energetici di intervento 6. Riduzione drastica delle emissioni di inquinanti dovuti all'utilizzo di tecniche tradizionali 7. Non utilizzo di materiali e manufatti plastici, argilla, terreno vegetale, etc per la messa in sicurezza 8. Rinaturalizzazione con specie autoctone 9. Eliminazione di ogni manutenzione post-impianto
ESTENSIONE	Circa 20.000 mq
LITOTIPO	Rifiuti
DATA INTERVENTO	Marzo 2012



Discarica a pendio in Sicilia

Prima dell'intervento



Discarica a pendio in Sicilia



La discarica prima della semina. Si noti il terreno completamente sterile e brullo

IMPIANTO DI PRATI ARMATI® SU UNA DISCARICA A PENDIO IN SICILIA



12 mesi dopo

Discarica a pendio in Sicilia

Prima dell'intervento





12 mesi dopo

L'ottimo inerbimento della discarica circa 12 mesi dopo il primo intervento di idrosemina



2 anni dopo

La discarica circa 2 anni dopo l' intervento di idrosemina



2 anni dopo

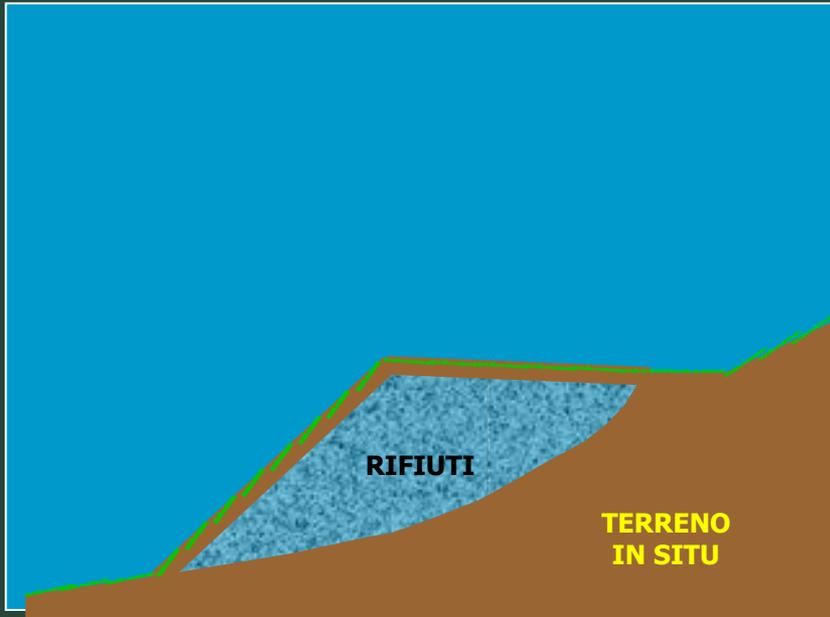
La discarica circa 2 anni dopo il primo intervento di idrosemina



2 anni dopo

La discarica circa 2 anni dopo il primo intervento di idrosemina

UNA SOLUZIONE SEMPLICE PER UN PROBLEMA COMPLESSO: PIANTE ERBACEE A RADICAZIONE PROFONDA PER LA MESSA IN SICUREZZA D'EMERGENZA DELLE DISCARICHE A PENDIO



Schema di discarica a pendio



Esempio di discarica a pendio

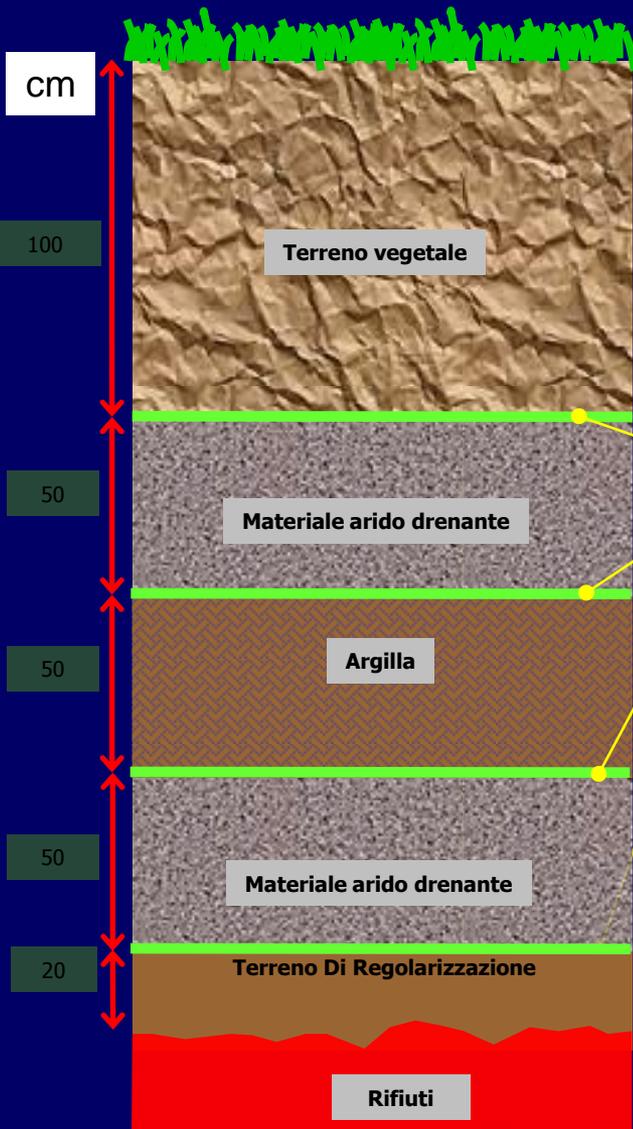
Il ripristino ambientale di tali siti è tecnicamente complesso e costoso sia da un punto di vista economico, sia energetico.

Le soluzioni più utilizzate per la messa in sicurezza di discariche a pendio finora sono state:

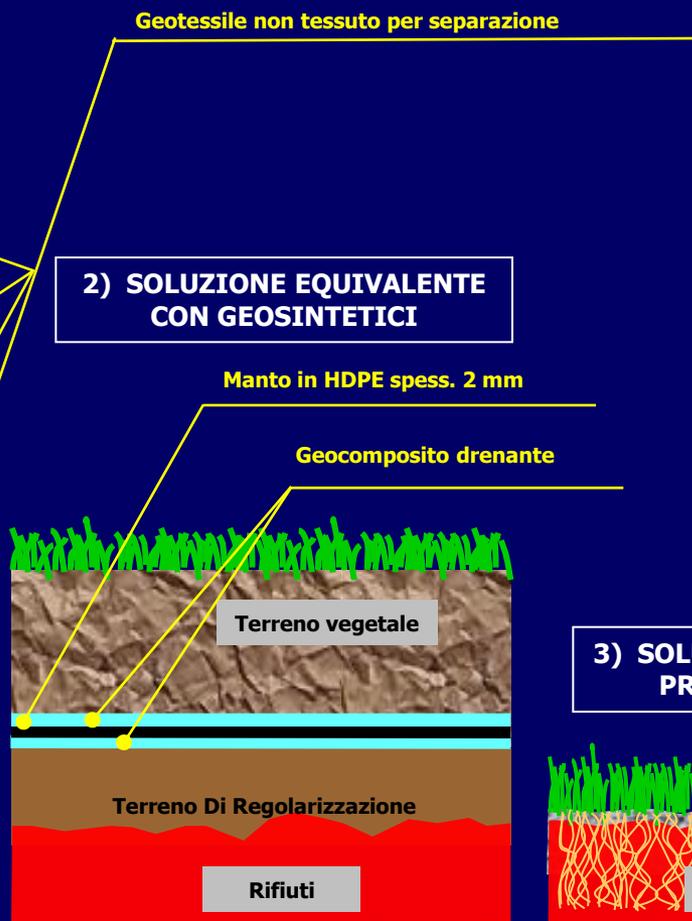
1. impermeabilizzazione minerale;
2. impermeabilizzazione con geosintetici;

A queste si è affiancata negli ultimi anni una particolare soluzione vegetale che impiega esclusivamente piante erbacee a radicazione profonda: i PRATI ARMATI® .

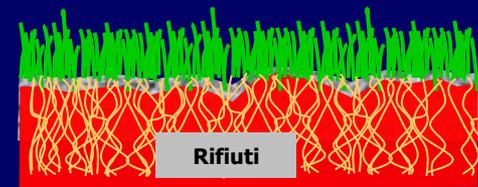
1) IMPERMEABILIZZAZIONE MINERALE (D.Lgs. 36/2003)

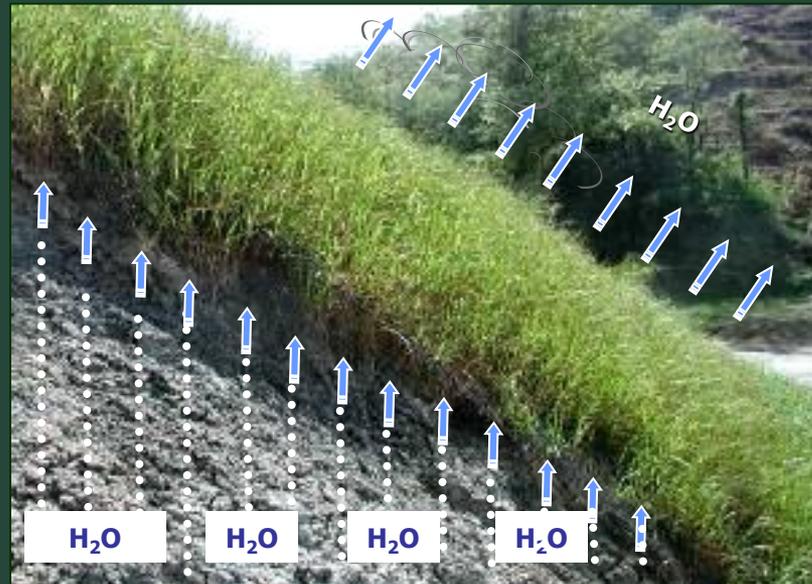
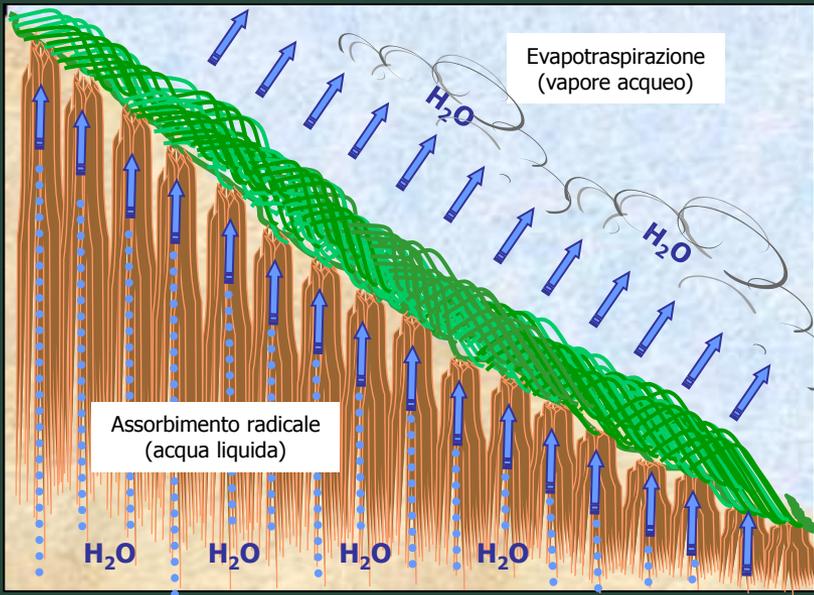


2) SOLUZIONE EQUIVALENTE CON GEOSINTETICI

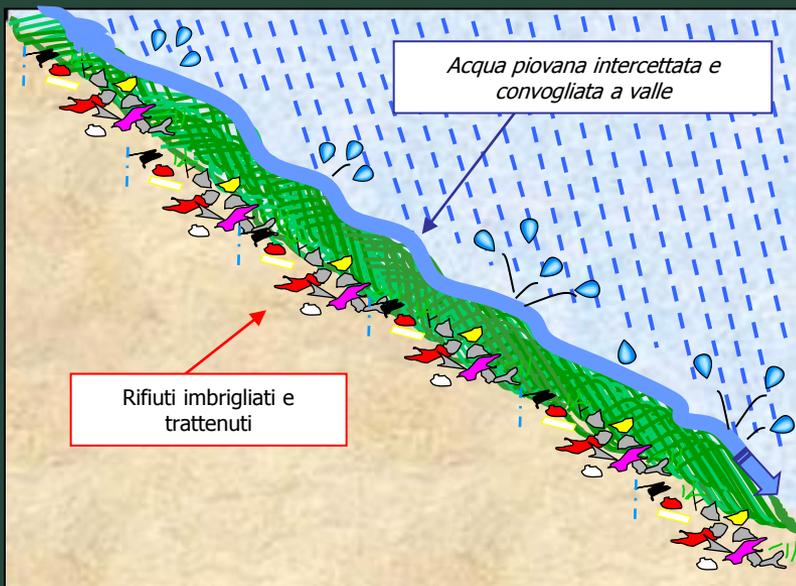


3) SOLUZIONE VEGETALE PRATI ARMATI®





La traspirazione: l'acqua assorbita dalle radici viene trasferita all'atmosfera attraverso la pianta come vapore: diminuisce così la frazione di acqua che penetra ed alimenta la produzione di percolato.



PRATI ARMATI® su discarica a pendio: versante sigillato, minore produzione di percolato, rifiuti imbrigliati

CONFRONTO FRA LE DIFFERENTI SOLUZIONI DI IMPERMEABILIZZAZIONE

CARATTERISTICHE	SOLUZIONE MINERALE	SOLUZIONE CON GEOSINTETICI	SOLUZIONE VEGETALE PRATI ARMATI®
Spessore materiali utilizzati (plastici, argilla, etc)	Molto Elevato	Elevato	Nullo
Incremento della resistenza al taglio	Nullo	Nullo	Elevato
Impermeabilità	Elevata	Elevata	Elevata
Riduzione della saturazione idrica	Nulla	Nulla	Elevata
Influenza sulla stabilità versante	Nulla	Nulla	Elevata
Aspetto Paesaggistico	Molto Negativo	Molto Negativo	Molto positivo
Durata della soluzione	Limitata	Media	Lunga-Illimitata
Pregio ambientale del sito dopo il trattamento	Nulla	Nulla	Ottima
Tempi di realizzazione	Molto Lunghi	Lunghi	Molto Brevi
Consumo di Risorse	Molto Elevate	Molto Elevate	Molto Limitate
Cantierabilità della soluzione	Difficoltosa o Impossibile	Molto difficoltosa	Molto semplice
Produzione di gas serra e altri gas inquinanti (CO, NOx, SOx, pm)	Molto Alta	Molto Alta	Molto Bassa
Necessità di terreno vegetale	Si	Si	No
Costi di manutenzione	Elevati	Elevati	Nulli
Impatto ambientale	Negativo elevato	Negativo elevato	Positivo-Migliorativo
Sottrazione di CO ₂	Nulla	Nulla	Molto elevata (fino al 400% in più rispetto a inerbimenti tradizionali)

Terreno vegetale+georeti, geocelle + biostuoie+mulch+.....

Terreno vegetale+idrosemina tradizionale.....

Idrosemina con mulch, matrici di fibre legate etc

**Energia sprecata
per la realizzazione di varie
tipologie di impianti antierosivi**

Solo PRATI ARMATI®

POLITECNICO DI MILANO:

analisi energetica e di inquinamento per varie soluzioni antierosive (superficie di riferimento: 1 ha = 10.000 mq)

7.3 Risultati del caso studio: DISCARICA A PENDIO

7.3.1. Confronto fabbisogni energetici e inquinamenti prodotti per la sistemazione di 1 ha di discarica pendio

Sono state confrontate le richieste energetiche (espresse in GJ) e l'inquinamento emesso (CO₂, CO, NO_x, SO_x e pm), analizzando le tre soluzioni seguenti:

- soluzione minerale;
- soluzione con geocomposito;
- soluzione con piante a radicazione profonda PRATI ARMATI® (R.P.)

1.000 GJ corrispondono all'energia contenuta in 25 t di petrolio.



Illustrazione 31: confronto dei fabbisogni energetici richieste dalle diverse soluzioni

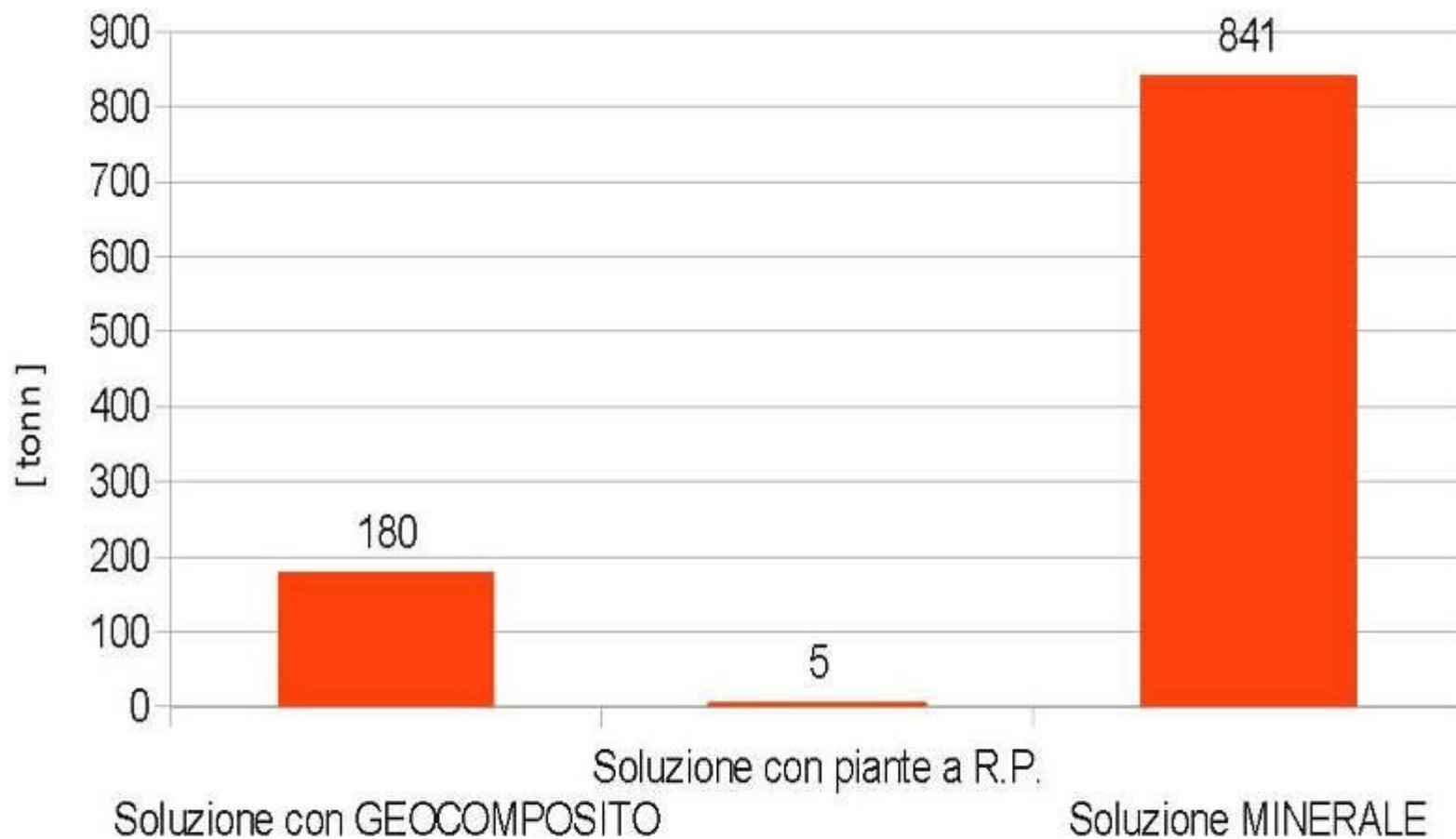


Illustrazione 35: confronto emissioni di CO₂ per le tre soluzioni

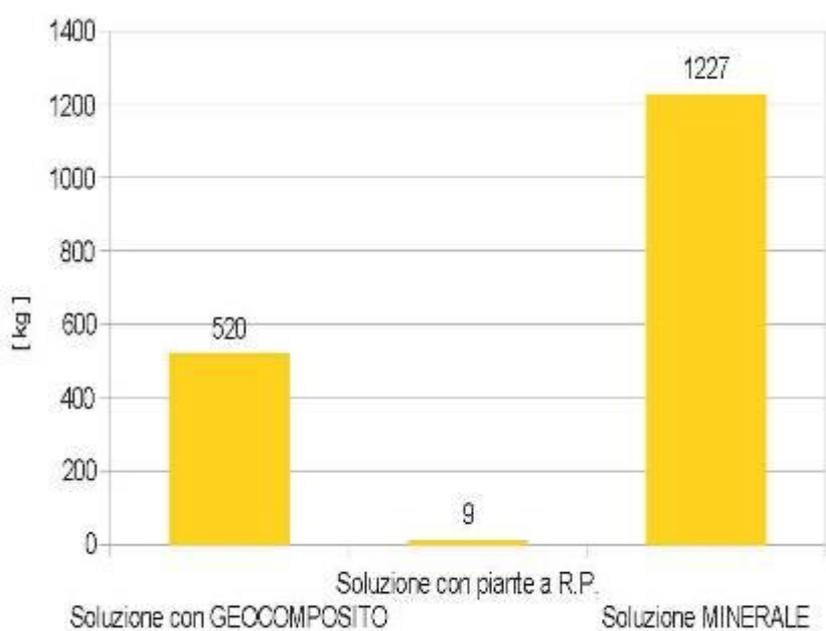


Illustrazione 39: confronto emissioni CO

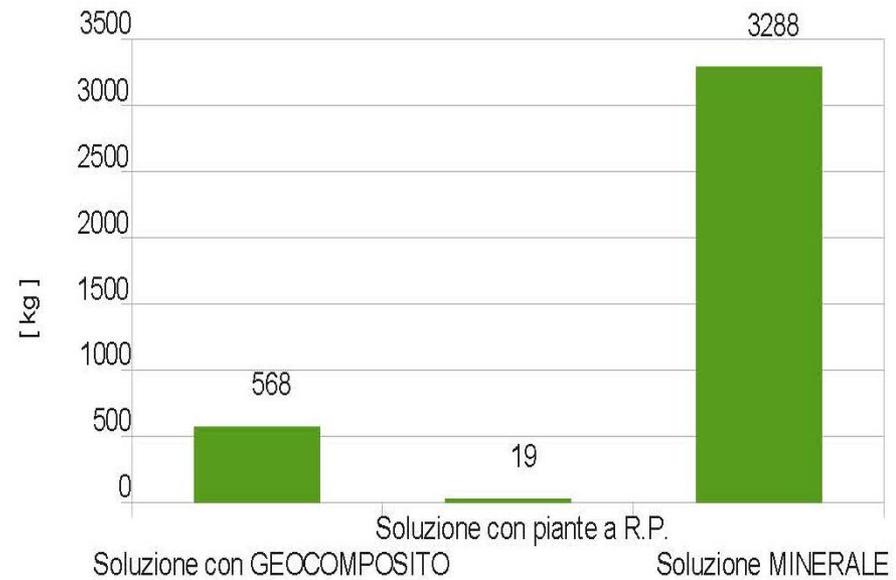


Illustrazione 43: confronto emissioni NO_x

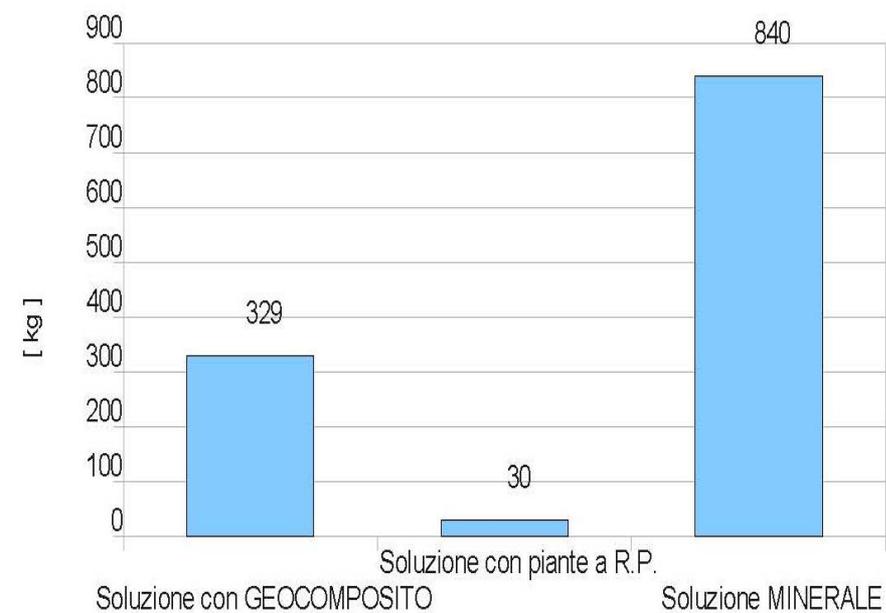


Illustrazione 44: confronto emissioni SO_x

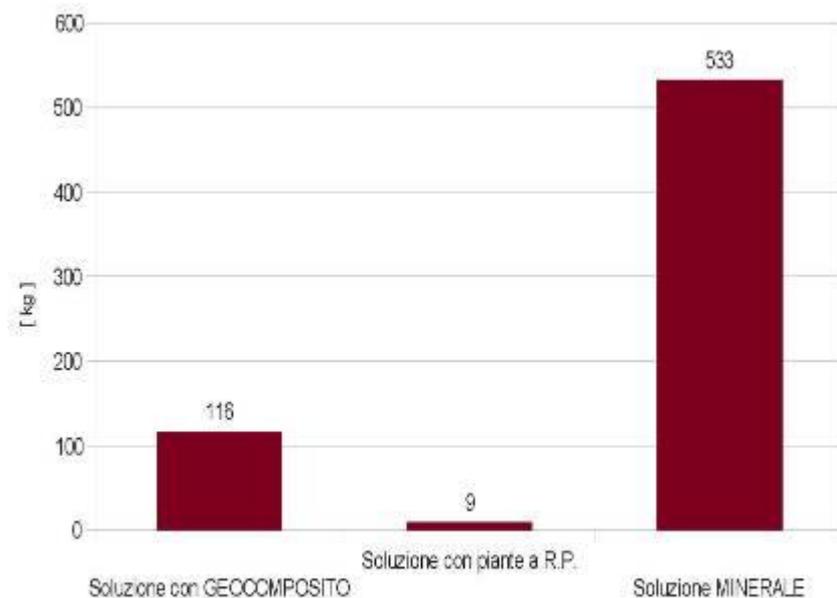
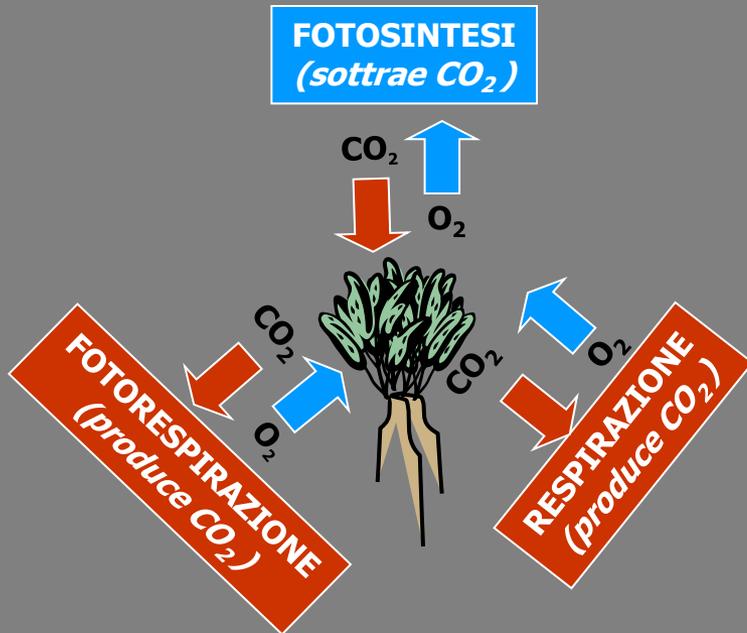


Illustrazione 45: confronto emissioni pm

I PRATI ARMATI® E IL PROTOCOLLO DI KYOTO

I PRATI ARMATI® assorbono fino al 400% in più di CO₂ rispetto alle più diffuse piante erbacee

PIANTE TRADIZIONALI

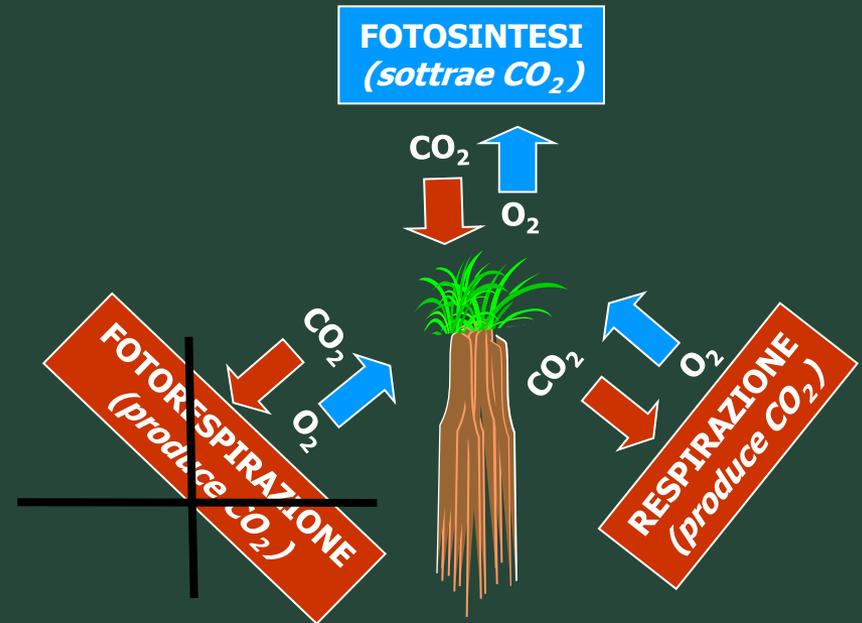


In queste piante è presente sia la respirazione sia la fotorespirazione.

La fotorespirazione può ridurre del 50% la fotosintesi

La fotosintesi è disattivata da temperatura e luminosità molto elevate

PRATI ARMATI®



I PRATI ARMATI® sono molto più efficienti delle piante tradizionali grazie a:

- maggiore efficienza fotosintetica
- resistenza a climi aridi
- tolleranza a suoli salini
- rapido accrescimento in condizioni proibitive

La fotosintesi non è disattivata da temperatura e luminosità molto elevate

I PRATI ARMATI® E IL PROTOCOLLO DI KYOTO

I PRATI ARMATI® possono immagazzinare fino a 5 volte l'anidride carbonica (CO₂) assorbita dalle più comuni piante erbacee impiegate negli inerbimenti tradizionali, contribuendo così ai crediti stabiliti dal Protocollo di Kyoto.

TIPOLOGIE VEGETALI	TONNELLATE DI CO ₂ ASSORBITA PER ETTARO OGNI ANNO (t/ha/anno)
Foresta decidua temperata (piante C3)	20
Prateria temperata (piante C3)	8
Coltura <i>annuale</i> di mais (pianta C4):	41,5
Impianto antierosivo <i>perenne</i> di PRATI ARMATI® (piante C4)	Fino a 40

Capacità di assorbimento di CO₂ di diverse tipologie vegetali espressa in tonnellate per ettaro e per anno



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Marcello Zarotti - Prati Armati srl

www.pratiarmati.it



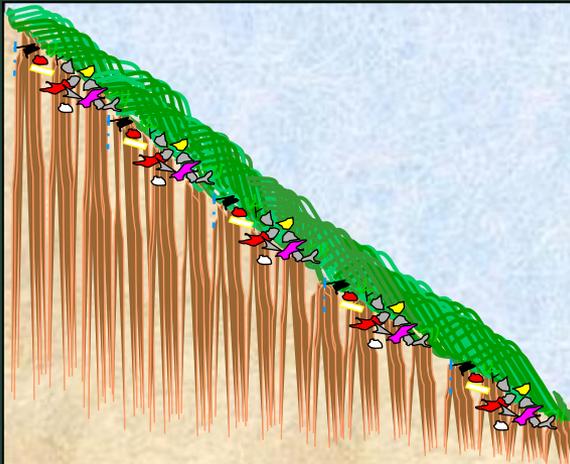
L' impermeabilizzazione minerale e quella con geosintetici spesso non sono convenienti né efficaci: gli interventi richiedono tempi lunghi, sono costosi, pericolosi, complessi, se non addirittura impossibili da realizzare, soprattutto in condizioni di forte pendenza.

D'altro canto le tradizionali specie erbacee, arbustive o arboree:

- non sigillano il versante: l'acqua penetra in profondità, aumentando la produzione di percolato;
- non riesco ad attecchire e vegetare in condizioni di aridità e inquinamento;
- non imbrigliano i rifiuti affioranti.

Le Specie Erbacee a Radicazione Profonda (come i PRATI ARMATI®) possono invece fornire una soluzione rapida, economica e sicura per la messa in sicurezza d'emergenza di queste discariche. Tali interventi (cfr. D.M. 471/99) rientrano oltretutto nella categoria delle tecniche "*in situ*", senza cioè movimentazione o rimozione del suolo inquinato e dei rifiuti. I PRATI ARMATI® infatti:

- crescono anche su suoli sterili e fortemente inquinati da metalli pesanti, idrocarburi, rifiuti;
- incrementano la resistenza al taglio del terreno ed il suo fattore di sicurezza;
- riducono l'erosione eolica ed idrica e la conseguente dispersione di inquinanti;
- riducono il trascinarsi a valle dei rifiuti affioranti, che vengono inglobati nella copertura vegetale: isolano quindi i rifiuti dall'ambiente esterno;
- riducono la produzione di percolato nelle discariche grazie a:
 - elevata riduzione delle infiltrazioni di acque meteoriche dovuta al ruscellamento al di sopra della coltre erbacea allettata;
 - intensa capacità traspirativa di queste piante;
- conferiscono un aspetto verde e naturale alla discarica, migliorandone l'impatto visivo.



Le profonde radici dei PRATI ARMATI® imbrigliano il terreno e trattengono i rifiuti.
Le piante non risentono delle condizioni fitotossiche presenti in situ.