

CAZURI PRACTICE DE REABILITARE AMBIENTALA

NICOLA ERA*, GUIDO SPANEDDA**, si TIZIANA VERRASCINA*

*Prati Armati srl, Via del Cavaliere 18 - 20090 Opera
(MI) e-mail: info@pratiarmati.it

**Centrul de Cercetari Ecotec, Loc. Macchiareddu 6^a Strada Ovest - 09010 Uta (CA)

REZUMAT

Reabilitarea ambientala a zonelor contaminate și a depozitelor de deșeuri scoase din folosinta, de multe ori, s-a dovedit problematica, mai ales din cauza dificultatilor de înrădăcinare a speciilor de plante folosite, pentru renaturalizarea solurilor aride și / sau contaminate. De-a lungul anilor, s-au aplicat diferite tehnologii de renaturalizare si de protecția a solului. Dintre acestea, se afirma, tot mai mult, o tehnologie ecologica inovatoare, care utilizează numai plante erbacee perene cu radacini adanci, ce pot fi folosite si în zonele în care condițiile pedoclimatice au fost considerate, până acum câțiva ani, prohibitive pentru dezvoltarea vegetatiei: terenuri aride, zone stancoase, soluri aditivatate cu var până la 5%, soluri contaminate cu deșeuri, hidrocarburi și metale grele în concentrații chiar si de 10 ori mai mari decât limita superioară admisa de lege. În plus, aceste plante au capacitatea de a rezista la temperaturi ridicate cauzate de fermentarea deșeurilor organice din depozitele de deșeuri.

Cuvinte cheie: fenomene erozive, aparat radical, efecte mecanice si hidraulice, protectia de suprafata a versantilor, toleranta la soluri contaminate

1 FENOMENELE EROZIVE SI REABILITAREA AMBIENTALA

Fenomenele erozive de pe teritoriul italian sunt foarte frecvente, ele aflandu-se, in stransa legatura cu conditiile climatice caracteristice zonei, si in special cu precipitatiile.

Intensitatea actiunii erozive depinde de mai multi factori, cum ar fi: intensitatea si durata precipitatiilor, lungimea si inclinarea versantului, permeabilitatea solului si gradul de saturatie, vegetatia, erodabilitatea intrinseca a solului, legata, in principal, de caracteristicile granulometrice ale acestuia.

Rolul vegetatiei in protejarea versantilor impotriva eroziunii a fost mult timp studiata si documentata de cercetari experimentale.

Pentru reducerea fenomenelor de eroziune, si deci, pentru reducerea pierderilor de sol, datorate alunecarilor de teren, aceasta tehnologie bazata pe plante erbacee cu radacini adanci, poate fi considerata avantajoasa, din urmatoarele motive:

- vegetatia micșoreaza impactul picaturilor de ploaie, prin disiparea energiei cinetice ale acestora, atenuand astfel actiunea eroziva (splash erosion);
- in caz de precipitatii intense, o parte semnificativa a apei meteorice se scurge pe suprafata plantelor, chiar si atunci cand aceasta vegetatie este uscata, reducand vizibil infiltratiile de apa;
- prezenta vegetatiei reduce viteza de curgere a apei pe suprafata solului, si implicit intensitatea eroziva;
- gratie capacitatii de transpiratie a plantelor, ce absorb prin radacini apa din sol, si o transfera inapoi acestuia sub forma de vapori, apare o intarziere in saturatia completa a solului;
- se obtine o consolidare a solului prin aparatul radicular;
- si verifica o actiune de limitare, filtrare si contrastare a fenomenului de desfacere in granule a rocilor;

Exista mai multe abordari pentru estimarea cantitativa a eroziunii (pierdere de sol), cum ar fi cele bazate pe modele teoretice, model fizice la o scara mai redusa si modele empirice. Dintre acestea din urma se evidentiaza Ecuatia Universala de calcul a pierderii solului – USLE-*Universal Soil Loss* (Wishmeier si Smith, 1965;1978), ecuatie empirica adoptata pentru estimarea eroziunii hidrice de catre *United States Department of Agriculture*. Aceasta ecuatie este, in general, raspandita in formula de mai jos:

$$A = R \times K \times LS \times P \times C \quad (1)$$

unde:

A: pierderea specifica a solului [t/ha an], asociata fenomenelor de *rill si interill erosion*;

R: *Rainfall-Runoff Erosivity Factor*. factor climatic, depinde de intensitatea si de durata precipitatiilor [MJ mm/ha h an];

K: *Soil Erodibility Factor*. factor pedologic, ce exprima erodabilitatea terenului [t h/MJ mm];

LS: factor geometric, depinde de lungimea si inclinarea a versantului;

P: *Support Practices Factor*. factor reductiv, depinde de eventualele interventii de protectie, control si consolidare;

C: *Cover-Management Factor*: factor reductiv, rolul vegetatiei.

Printre masurile ce vizeaza reducerea efectelor eroziunii, prezinta un interes deosebit cele care actioneaza direct asupra vegetatiei, prin plantarea de specii cu radacini adanci, contribuind astfel la reducerea factorilor P si C , ce apar in ecuatia de mai sus.

Cele mai raspandite tehnici antierozive folosite în prezent, dateaza din 1950-60. Toate implica utilizarea unor produse sintetice, cum ar fi geocelule, geogridurile, geomembrane, geotextile, sau diferite structuri de consolidare naturale, care, în condiții pedoclimatice dificile, pot sa nu rezolve complet problema eroziunii și sa nu permita o renaturalizare rapida.

Eroziunea intensă împiedica formarea de humus și accelerează spalarea de nutrienți, facand foarte dificila dezvoltarea vegetație. Unele specii pioniere reușesc uneori sa prinda radacini pe zone de panta degradate si aride, iar de multe ori, pentru a le eradica este suficient un eveniment meteoric un pic mai puternic.

Studii recente, in schimb, au scos în evidență, capacitatea unor speciile erbacee cu radacini adanci (PRATI ARMATI), de a vegeta în condiții pedoclimatice prohibitive, în care speciile de plante folosite in mod obisnuit la actiunile de inierbare nu se pot dezvolta, reusind astfel sa previna foarte eficient fenomenele de eroziune. Aceste specii se comporta ca si plante pioniere crescand in medii aride si contaminate, unde dezvolta o deasa patura vegetala și sporesc fertilitatea solului, făcându-l potrivit pentru cultivarea de specii de plante mai exigente, cum ar fi arbustii si arborii.

2 TESTE DE GERMINARE SI DE PROFUNZIME A RADACINILOR IN MEDII CONTAMINATE

Pentru a testa capacitatea speciilor PRATI ARMATI de a creste pe soluri contaminate, au fost efectuate probe de germinare pe materiale similare cu cele ale haldelor de steril din zona Montevocchio, sud-vestul Sardiniei, care contineau și alte materiale reziduale minerale, cum ar fi: galena (sulfura de plumb) și blenda (sulfură de zinc). Analiza cantitativă a contaminatorilor, aflati în diferite probe de sol, a fost realizata prin spectrometrie optica de emisie cu plasmă ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometer). Principalii contaminatori detectati au fost: arsenicul, cadmiul, cobaltul, cromul, cuprul, mercurul, nichelul, plumbul, antimoniul, seleniul, zincul, acestia avand in unele cazuri, concentrații de peste zece ori mai mari decât limita superioară admisa de lege. Ca un exemplu, vom lista de mai jos concentrațiile detectate în proba de sol nr 14.

Parametrii detectati in proba de sol	Data de inceput a analizei	Unitate de masura	Valori gasite	Valori de referinta
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

Figura 1. Continutul de agenti poluanti aflati in una dintre probele de sol contaminat, si utilizat pentru probele de germinare PRATI ARMATI

2.1 Teste de germinare

Pentru a testa germinarea diferitelor specii erbacee cu radacini adanci, au fost utilizate 7 probe de sol, asemanatoare, din punct de vedere al caracteristicilor, cu solul din 7 halde diferite ale aceluasi district minier. A fost testata germinabilitatea la 9 specii diferite de plante erbacee cu radacini adanci: cu fiecare proba de sol a fost umplut un ghiveci cu diametru de 16 cm.

Au fost monitorizate in total 63 de ghivece. Ghivecele au fost udete pentru a simula precipitatiile.

La o luna dupa insamantare, au fost evidentiata urmatoarele rezultate: din cele 9 specii erbacee testate, cel putin 4 au fost capabile sa germineze in toate probele de sol, dezvoltand in acelasi timp un aparat radicular pe intreg volumul pamantului aflat in ghiveci.



a)



b)

Figura 2. Rezultate dupa o luna de la insamantare. a) Ghivece de proba. b) Dezvoltarea aparatului radicular in interiorul ghiveciului

Același experiment a identificat, care din speciile erbacee testate au dovedit adaptabilitate la conditii critice, și care pot fi utilizate pentru reabilitarea siturilor contaminate cu arsenic, cadmiu, cobalt, crom, cupru, mercur, nichel, plumb, antimoniu, seleniu, zinc.

Dupa aceste prime teste de germinare, a urmat a doua faza de testare, cea a profunzimii radacinilor diferitelor specii erbacee in soluri contaminate.

2.2 Probele de inradacinare

Dintre ghivecele cu specii care au reusit sa germineze in soluri contaminate, au fost alese 4, unul pentru fiecare specie. Fiecare ghiveci a fost transplantat intr-un tub de plexiglass transparent cu o lungime de 2 m si un diametru de 20 cm, ce continea acelasi tip de pamant contaminat ca si cel aflat initial in ghiveci. Tuburile au fost prevazute cu un sistem de irigatie prin picurare. Datorita transparentei materialului din care au fost facute aceste tuburi a fost posibila monitorizarea in timp a cresterii radacinilor celor 4 specii erbacee.

La aproximativ un an de la insamantare s-a evidentiat faptul ca, cresterea radacinilor a fost intensa in cazul tuturor speciilor testate, si in 50% din cazuri s-a depasit un metru in adancimea radacinilor, ajungand la una dintre specii sa se depaseasca 1,80 m adancime.

Testul de profunzime a radacinilor a demonstrat nu numai faptul ca esentele erbacee au fost capabile sa germineze in sol contaminat, dar si faptul ca acestea reusesc sa creasca si sa dezvolte in profunzime aparatul radicular.

Experimentul a dezvăluit care dintre speciile erbacee testate au fost capabile să crească în solul contaminat. Ca urmare, a fost posibila selectionarea esențelor erbacee utile pentru reabilitarea siturilor contaminate cu arsenic, cadmiu, cobalt, crom, cupru, mercur, nichel, plumb, antimoniu, seleniu, zinc.



a)



b)

Fig. 3. a) Unul dintre tuburile folosite in testele de inradacinare. b) un detaliu al aparatului radical

3 UTILIZARI DE PLANTE ERBACEE CU RADACINI PROFUNDE PENTRU RENATURALIZAREA DE CARIERELOR - MINELOR – DEPOZITELOR DE DESEURI

Domeniul de aplicare al unor tehnologii, ca si cea dezvoltata în Italia de către PRATI ARMATI srl, este destul de mare: taluzurile rambleelor rutiere și feroviare, cariere, mine, depozite de deseuri, diguri, faleze, protecția malurilor de fluvii, torenți, canale artificiale .

În cazul siturilor contaminate și a depozitelor de deșeuri, în special:

– într-un timp scurt se poate realiza acoperirea acestora si protectia versantilor de eroziunea hidrica;

- se reduce deflatia eoliana care genereaza nori de praf poluanti;
 - aceste plante izoleaza deseurile de mediul ambiant extern si imbunatatesc impactul vizual al zonei tratate;
 - se reduce drastic producerea de levigat in depozitele de deseuri, din cauza intensei capacitati de transpiratie a acestor plante si reducerii semnificative a infiltratiilor de ape meteorice, datorita impermeabilizarii versantului, care are loc pentru ca o parte importanta a acestei ape se scurge deasupra paturii vegetale.
 - se reduce antrenarea la vale a deseurilor de la suprafata, care vin inglobate in patura vegetala.
- Tratamentul depozitelor de deseuri scoase din folosinta, cu plante erbacee cu radacini profunde, nu substituie lucrarile de reabilitare, dar poate oferi o solutie rapida si accesibila pentru punerea in siguranta, in caz de urgenta a depozitelor de deseuri aflate in panta. Aceste lucrari (a se vedea DM 471/99) in plus, se încadrează în categoria tehnicilor "in situ", adica fara manipularea sau îndepartarea solului poluat si al deseurilor.

3.1 Un exemplu de interventie pentru renaturalizarea unui depozit de deseuri RSU

Un exemplu tipic de interventie cu specii erbacee cu radacini adanci, pentru renaturalizarea unui depozit de deseuri RSU din Sardinia si reprezentata in Figurile 4 a) si 4 b). Dupa cateva luni de la interventie, speciile erbacee folosite, au renaturalizat complet versantul, in ciuda conditiilor pedoclimatice nefavorabile incoltirii. In plus, sistemul de radacini adanci a protejat portiunea superficiala a versantului, blocand in acelasi timp eroziunea si reducand producerea de levigat (v. Fig.4b).



a)



b)

Fig.4 Depozitul de deseuri RSU din Ozieri (SS): a) Situatia in noiembrie 2005, inainte de interventie b) Dupa interventia de renaturalizare cu PRATI ARMATI (mal 2006)

3.2 Un Exemplu de interventie pentru renaturalizarea unei cariere scoase din folosinta

Un exemplu de interventie pentru renaturalizarea unei cariere scoase din folosinta prin utilizarea de specii erbacee cu radacini adanci este cel realizat in Sicilia, langa Catania, intr-o zona utilizata in prezent pentru activitati industriale de separare a RSU. Interventia poate fi vazuta in Figurile 5 a) e 5 b).

Dupa cateva luni de la interventie, speciile erbacee folosite au renaturalizat complet versantul, blocand eroziunea (v. Fig.5b).



a)



b)

Fig 5. Cariera scoasa din folosinta langa Catania, folosita in prezent pentru activitati industriale de transformare a deseurilor. a) Situatie in februarie 2010, inainte de interventie b) Renaturalizarea de dupa interventie (aprilie 2011)

3.3 Exemple ulterioare de interventii pentru renaturalizarea unei cariere scoase din folosinta

Un alt exemplu de interventie de renaturalizare a unei cariere de calcar scoasa din uz, prin folosirea de specii erbacee cu radacini adanci, este cel realizat in Umbria la Spoleto.

Dupa aproape 7 luni de la interventie, in ciuda conditiilor pedoclimatice nefavorabile, speciile erbacee utilizate au inceput sa se dezvolte, declansand procesul de renaturalizare. Acest proces nu este inca terminat, si in poza 6 b) sunt vizibile primele rezultate ale procesului de renaturalizare inceput.



a)



b)

Fig 6. Cariera de calcar scoasa din uz la Spoleto (PG). a) Situatie in octombrie 2010, inainte de interventie. b) Primele dovezi ale renaturalizarii (mai 2011).

4 CONCLUZII

Utilizarea de plante erbacee perene cu radacini adanci permite blocarea eroziunii si renaturalizarea zonelor in care conditiile pedoclimatice au fost pana acum cativa ani considerate prohibitive pentru dezvoltarea vegetatiei: terenuri aride, zone stancoase, soluri aditivate cu var pana la 5%, soluri contaminate cu deseuri, cu hidrocarburi, si metale. Utilizarea acestor plante apare, deci, promitatoare pentru refacerea mediului ambiant al zonelor contaminate si al depozitelor de deseuri scoase din folosinta. De-a lungul anilor, intrebuintarea de plante erbacee cu radacini adanci in

astfel de cazuri s-a realizat cu succes, asa cum arata si exemplele prezentate mai sus. S-a obtinut o rapida renaturalizare a chiar si in cazul carierelor si a depozitelor de deseuri, unde de obicei inradacinarea vegetatiei este deosebit de dificila. Prin astfel de interventii, se poate reduce semnificativ producerea de levigat in depozitele de deseuri si se poate efectua punerea in siguranta, in caz de urgenta, a depozitelor de deseuri aflate in panta, acolo unde constrangerile de timp si costurile excesive nu permit interventii de reabilitare traditionale.

5 BIBLIOGRAFIE

- Bischetti G.B., Bonfanti F., Greppi M., 2001 . *Masurarea rezistentei la tractiune a radacinilor: aparatura pentru experimente si metodologia de analiza*. Documente Idronomia Montana, 21/1, 349-360.
- Bischetti G.B., Chiaradia E. A., Epis T., 2009. *Teste de tractiune facute pe radacinile diferitelor specii de plante PRATI ARMATI®. Raport final*. Departamentul de Inginerie Agrara, Universitatea din Milano.
- Bonfanti F., Bischetti G., 2001. *Rezistenta la tractiune a radacinilor si exemplu de interactiune sol – radacini*. Institutul de Hidraulica Agrara, Milano – Raport intern.
- Prati Armati srl, arhiva fotografica si baza de date.
- Rassam D.W., Cook F., 2002. *Predicting the shear strength envelope of unsaturated soils*. Geotechnical Testing Journal, Technical Note, 25: 215-220.
- Rettori A., Cecconi M., Pane V., Zarotti C. 2010. *Stabilizarea superficiala a versantilor cu tehnologia Prati Armati®: implementarea unui model de calcul pentru evaluarea coeficientului de siguranta* Accademia Nazionale dei Lincei – X Ziua Mondiala a Apei, Conferinta: Alunecari de teren si Instabilitate Hidrogeologica, martie 2010.
- Richards, L.A., 1931. *Capillary conduction of liquids through porous medium*. Physics, Vol. 1.
- Waldron L.J., 1977. *The shear stress resistance of root-permeated homogeneous and stratified soil*. Soil
- W.H. Wishmeier, D.D. Smith, 1965. Predicting rainfall erosion losses from cropland east of the Rocky Mountain. Agr. Handbook, n. 282, U.S. Dept. of Agr.