

TEHNOLOGIA PRATI ARMATI®

PLANTE PERENE CU RĂDĂCINI FOARTE ADÂNCI FOLOSITE LA STABILIZAREA ȘI VEGETALIZAREA ZONELOR ÎN PANTĂ, DEGRADATE SAU ARIDE

- CONTRIBUIE LA RESPECTAREA PROTOCOLULUI DE LA KYOTO –

PRATI ARMATI® este o nouă tehnologie ecologică de consolidare a versanților, împotriva eroziunii și deșertificării, pentru vegetalizarea zonelor degradate sau aride. **PRATI ARMATI®** utilizează un amestec de plante perene -multe dintre acestea, autohtone – care consolidează terenul în profunzime și creează o pătură vegetală densă, ce reduce sensibil infiltrarea apei meteorice, cauza principală a alunecărilor de teren.

Această nouă tehnologie de consolidare vegetală a terenului prezintă următoarele caracteristici:

Caracteristici botanice și agronomice:

- plante perene
- rustice
- naturale (nemodificate genetic)
- multe dintre plante sunt autohtone
- non-infestante
- plante furajere de cea mai bună calitate

Caracteristici ale rădăcinilor:

- viteza de creștere (atinge până la 2 m în 12-18 luni, în terenuri normale – vezi fotografia alăturată)
- adâncime mare (2,50-5,00 m în funcție de gradul de compactare a terenului)
- densitate radicală ridicată (3-7 rădăcini pe cm²)
- rădăcini subțiri (diametru cuprins între 0,1 și 3 mm) și omogene
- rezistența minimă la întindere a rădăcinilor ajunge până la 205 Mpa (20,5 kg/mm²)



Caracteristici fiziologice:

- adaptabilitate la orice tip de teren (pământuri fine măloase argiloase până la pietriși nisipuri; aceste plante cresc și pe rocile cu coeziune scăzutăși alterate)
- adaptabilitate la condiții pedo-climatice extreme (pH: 4/11; temperatura : -45⁰ C ... + 60⁰ C)
- rezistență foarte mare la secetă, la mediu salin, la inundare și la incendiu, (cu o mare capacitate de regenerare după incendiu)
- plante pionier, capabile să se dezvolte chiar și în soluri sărace în substanțe organice și nutritive sau în soluri poluate, favorizând vegetalizarea
- eficacitate fotosintetică ridicată(plantele C4) ce contribuie la o absorbție considerabilă de CO2

Proprietăți hidrologice:

- evapotranspirație profundă
- impermeabilizare a versantului
- protecție împotriva formării de fisuri și crevase

Sinergii și posibilitatea de a utiliza PRATI ARMATI® la lucrări civile și de tehnică biologicăși observații asupra impactului lor asupra mediului

înconjurător și asupra peisajului

- lucrări în beton armat
- strat de protecție împotriva surpărilor și eroziunii
- gabioane și protecția versanților stâncoși
- geogriile, geotextile, geomembrane
- structuri de consolidare naturale și palisade în lemn
- drenaje de suprafață sau de adâncime

PRATI ARMATI® este o Tehnologie unică datorită ansamblului caracteristicilor descrise mai sus.

Avantaje tehnice, de realizare și economice

Această tehnologie de consolidare vegetală a terenului, care utilizează un amestec de specii de plante cu rădăcini adânci, permite rezolvarea problemelor legate de eroziune și, adesea, elimină complet (cu avantaje considerabile pentru

beneficiarii și întreprinderile care realizează lucrările) materialele, lucrările și costurile suplimentare, datorită:

- terenului vegetal adăugat (pentru că ele cresc chiar și în medii complet sterile, ca sterilul, zgura, cenușa...)
- suprafața versanților (care trebuie să fie de preferință defrișată, rugoasă și neregulată)
- hidro-însamânțări tradiționale, îmbogățite cu fibre, etc (care rezolvă problema eroziunii)

Se reduc în mod considerabil *durata lucrărilor și riscurile legate de realizarea acestora* și se elimină costurile de întreținere periodică.



Avantaje privind mediul înconjurător și peisagistica zonei:

PRATI ARMATI® este o tehnologie complet naturală care permite renaturalizarea completă și foarte rapidă a zonelor sterile și evitarea impactelor cu efecte negative asupra mediului înconjurător, care caracterizează geogriile, geotextilele, etc.

Amestecul **PRATI ARMATI®** este compus în mare parte din plante C4, foarte eficiente la absorbția de CO₂ din atmosferă (ele absorb mai mult cu 30% CO₂ din atmosferă, față de plantele obișnuite), contribuind astfel la cerințele fixate de Protocolul Kyoto și, mai ales în cazul lucrărilor rutiere, la realizarea infrastructurilor compatibile cu mediul înconjurător.

Aplicații:

Tehnologia de consolidare vegetală se poate aplica pentru:

- taluzurile rambleelor rutiere, feroviare;

- malurile torenților, canale, fluvii, versanți din apropierea mării - faleze;
- consolidarea și protecția versanților afectați de alunecări de teren;
- restaurarea și vegetalizarea, minelor de suprafață, zonelor poluate.

Tehnologia de punere în aplicare

Tehnologia de punere în aplicare prevede un șantier simplu și rapid cu răspândirea pe suprafața supusă intervenției, a unui amestec de apă, anumite îngrășăminte, clei natural, și un amestec de semințe tehnice cu caracteristicile descrise în cele ce urmează. Acestea sunt hidro-semințe care se împrăștie cu utilaje specializate, dotate cu cisterne de la 1000 l până la 10000 l, plasate pe vehicule, 4X4 sau chiar atașate pe șenile. Pentru traversarea denivelărilor, sau în cazul șantierelor cu acces dificil, se folosesc furtunuri lungi până la 300 m (vezi foto de mai jos).



Diferite aplicații ale tehnologiei Prati Armati

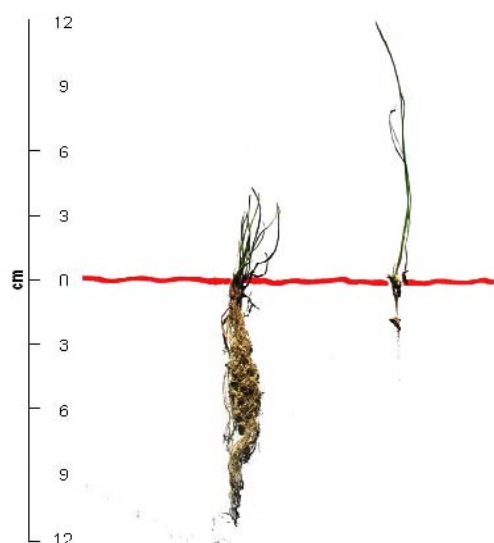


Pentru suprafețele foarte întinse sau inaccesibile se pot folosi elicopterele.

Este esențial să nu confundăm această nouă Tehnologie de vegetalizare a solului cu hidro-semințele tradiționale care utilizează amestecul de graminee și leguminoase care nu au nici o legătură cu caracteristicile excepționale descrise, în ceea ce privește :



- profunzimea rădăcinilor (câțiva metri, spre deosebire de câțiva zeci de centimetri – în cazul speciilor de ierburi tradiționale)
- rezistența medie la tracțiune a rădăcinilor (până la 205 Mpa, spre deosebire de 10 – 30 Mpa a speciilor ierboase tradiționale)
- rapiditatea de creștere a rădăcinilor (de aproape zece ori mai mare decât a speciilor ierboase tradiționale)



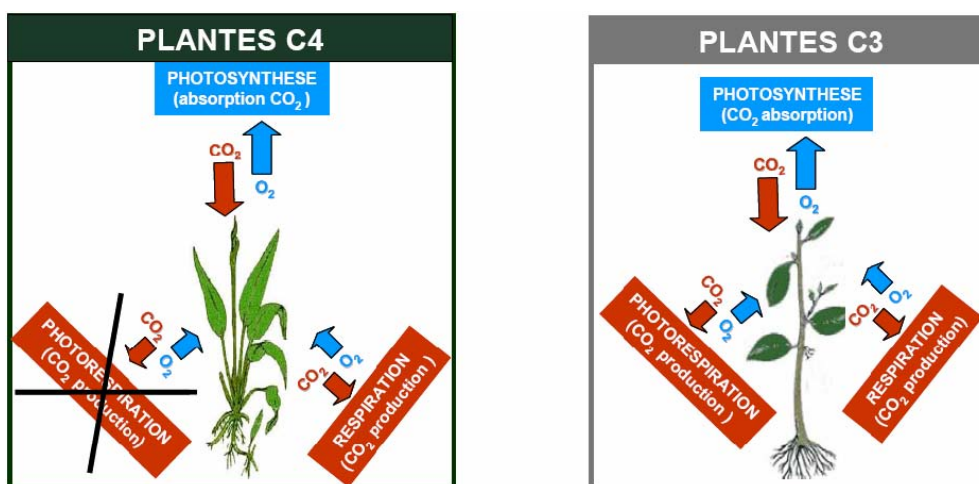
Comparație între o graminee utilizată în tehnologia Prati Armati® (în stânga, cu rădăcină deja profundă și articulată) și o graminee tradițională (în dreapta, cu o rădăcină

Paginile următoare detaliază principalele aspecte tehnice care caracterizează această tehnologie de vegetalizare a solului.

PRATI ARMATI® și Protocolul de la Kyoto

Tehnologia **PRATI ARMATI®** presupune în mare parte plante ierboase C4, care prezintă o fotosinteză modificată în comparație cu plantele mai comune C3 (mai mult de 90% din speciile de plante de pe planetă sunt plante C3).

În procesul de fotosinteză a plantelor C3, CO₂ este încorporat într-un compus de 3 atomi de carbon. La aceste plante există fie respirația, fie foto-respirația, care poate reduce fotosinteza cu până la 50%. Fotosinteza se dezactivează la grade foarte ridicate de temperatură și luminozitate.



Plantele PRATI ARMATI C4 absorb din atmosferă cu 30% mai mult CO₂ decât plantele obișnuite, și contribuie realizarea cerințelor impuse prin Protocolul de la Kyoto

Plantele C4 prezintă o fotosinteză modificată în care CO₂ este încorporat într-un compus de 4 atomi de carbon.

Plantele PRATI ARMATI® C4 sunt mult mai eficiente decât plantele obișnuite C3 datorită următorilor factori:

- absența foto-respirației, și astfel o fotosinteză mai eficientă în comparație cu plantele C3
- pierderea de apă limitată: rezistența crescută la climatele cele mai aride
- toleranța crescută la solurile salin
- creșterea rapidă, chiar și în condiții imposibile pentru plantele C3
- fotosinteza nu se dezactivează la grade de temperatură și luminozitate foarte ridicate,

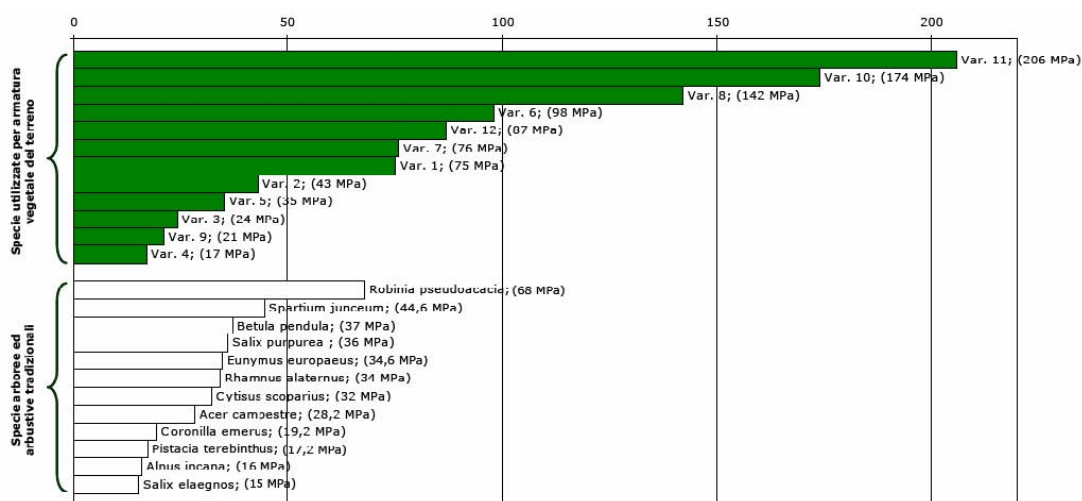
Rezistența la întindere a rădăcinilor și creșterea Coeficientului de siguranță la alunecare a versanților (F_s)

Scopul principal al consolidării terenurilor în pantă cu specii vegetale este cel de creștere a rezistenței la alunecare, sau la eroziune. În fapt se urmărește creșterea Coeficientului de siguranță (F_s), adică raportul dintre suma factorilor care contribuie la stabilitatea versantului (coeziune, forță de frecare, rezistența rădăcinilor), și cea a factorilor ce creează instabilitate (saturație, componenta tangențială a greutății la suprafața de alunecare, etc). Cu cât F_s devine mai ridicat, cu atât terenul este mai stabil.

Speciile ierboase utilizate în vederea consolidării terenurilor în pantă au rădăcinile cu secțiune constantă, diametrul de 0,1-3,0 mm și o rezistență la tracțiune foarte mare. În ceea ce privește valoarea coeficientului F_s , eficacitatea diverselor specii vegetale, variază în funcție de rezistența mecanică a rădăcinilor.

Încercările de laborator efectuate la Institutul Hidraulic Agronomic al Universității din Milano, au indicat valori ale rezistenței la tracțiune foarte ridicate pentru 12 dintre speciile ierboase care formează amestecul PRATI ARMATI®.

Valorile foarte mari ale rezistențelor la tracțiune (în verde) ies în evidență mai ales în comparație cu datele disponibile pentru anumiți arbuști și plante arborescente (în alb). Conform testelor efectuate la Universitatea din Milano, speciile ierboase utilizate la lucrările de consolidare vegetală prezintă valori excepționale ale rezistenței medii la tracțiune, atingând 205 MPa (cu valori maxime de 468 Mpa, echivalente cu rezistența unui otel de calitate medie).



Valori ale rezistenței la tracțiune a anumitor specii utilizate pentru consolidarea vegetală a terenului și a anumitor specii de arbuști și de plante arborescente (Bonfanti 2004)

Programul de calcul utilizat pentru determinarea rezistenței la forfecare și a coeficientului de stabilitate a terenurilor consolidate cu rădăcini Prati Armati®

Dezvoltarea unui program de calcul a fost posibilă ca urmare a observării și cuantificării aspectelor fizice și mecanice care caracterizează speciile folosite.

$$\Delta S_r = 1.15 \left(\int_{\phi_1}^{\phi_2} (T_r(\phi) \cdot F_d(\phi)) d(\phi) \right) \frac{A_r}{A}$$

ΔS_r creșterea rezistenței la forfecare a terenului în prezența rădăcinilor

$T_r(\phi)$ valoarea rezistenței la forfecare la tracțiunea rădăcinilor funcție de coeziunea terenului

$F_d(\phi)$ distribuția diametrului rădăcinilor funcție de coeziunea terenului

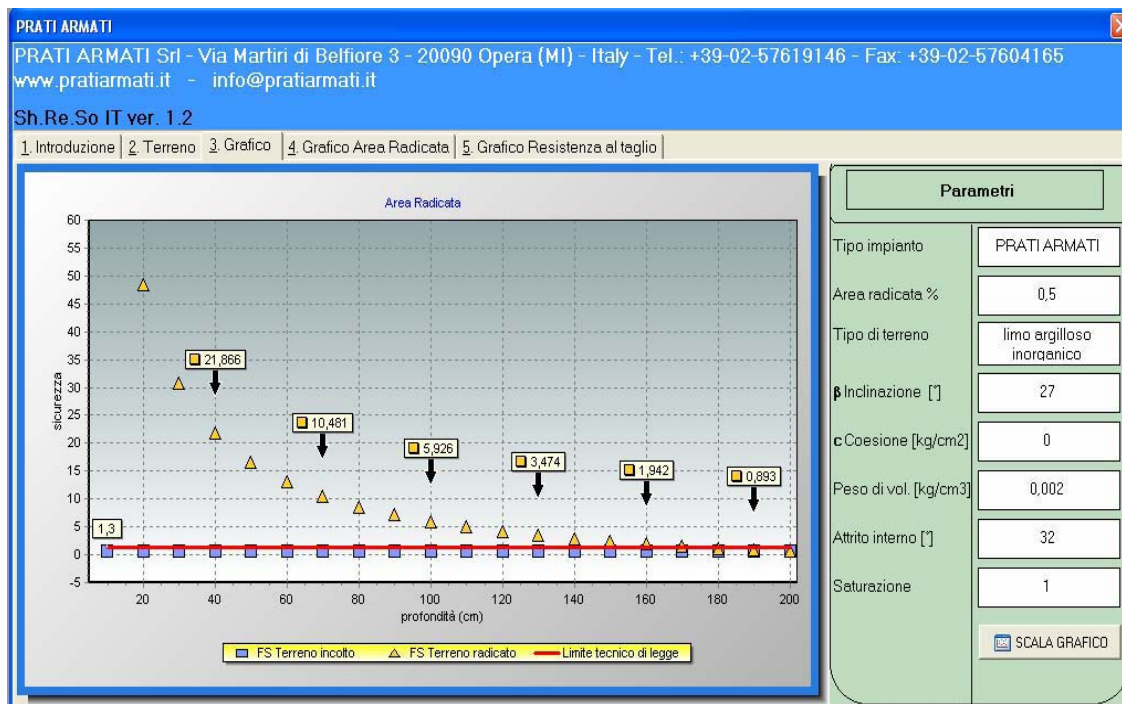
A_r/A raportul dintre suprafața efectivă a terenului ocupat de rădăcini și aria totală

Plecând de la parametri aleși de utilizatori (tipul solului, panta, coeziunea, greutatea volumetrică a terenului, adâncimea rădăcinilor, etc.), programul furnizează valoarea creșterii rezistenței la rupere a terenului tratat. În urma acestui calcul rezultă fie forța de rupere adăugată, fie coeficientul de stabilitate pentru o pantă.

Pentru 12 dintre speciile utilizate în amestec s-au făcut teste de rezistență la tracțiune, s-au măsurat diametrele, s-a analizat adâncimea de rupere, obținându-se în final parametri necesari pentru relația de mai sus. Integrarea acestei funcții în software alături de cea care descrie comportamentul în adâncime a zonei rădăcinilor, permit calcularea per total a volumului solului înrădăcinat.

Așadar, acest program de calcul face posibilă evaluarea rezultatelor care se pot obține prin folosirea acestei noi tehnologii de consolidare vegetală a terenului, în condițiile creșterii forței de rupere și a coeficientului de stabilitate (F_s). Rezultatele programului pot fi utilizate și ca date inițiale pentru cele mai tradiționale și mai complexe modele geotehnice de stabilitate.

Graficul de mai jos ilustrează rezultatele obținute cu acest program într-o situație în care s-a făcut o comparație între terenul consolidat vegetal (linia galbenă) și același tip de pământ, însă necultivat (linia albastră). Datele prezentate demonstrează în mod evident contribuția rădăcinilor la creșterea coeficientului de stabilitate, într-o regiune a graficului caracterizată prin echilibru.



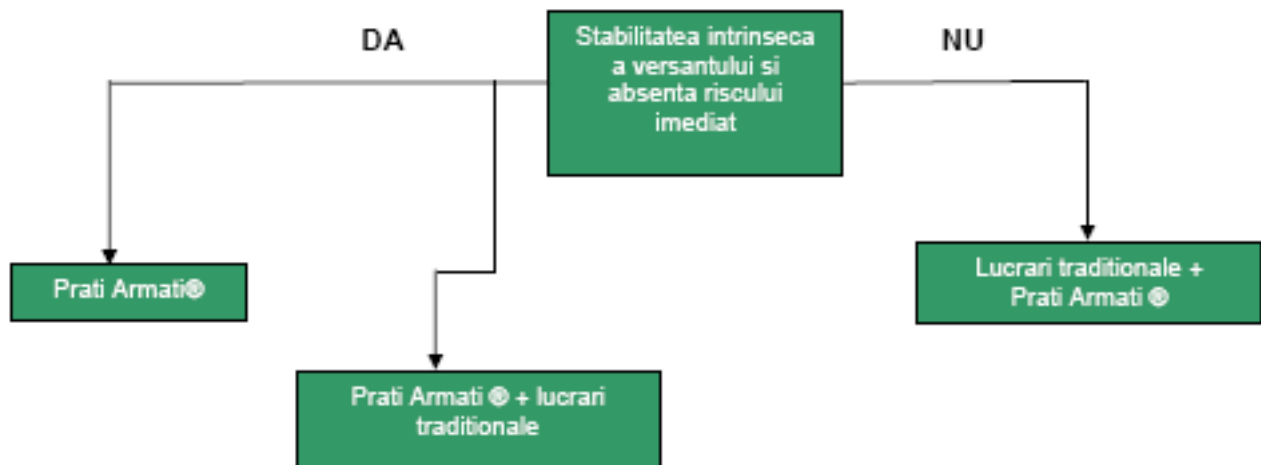
Coeficientului de siguranță la alunecare a terenului consolidat prin tehnologia Prati Armati® (linia galbenă)

Posibilitatea utilizării PRATI ARMATI® concomitent cu lucrările tradiționale

Unul dintre aspectele cele mai interesante ale consolidării vegetale a terenului cu PRATI ARMATI®, constă în faptul că în anumite cazuri, această tehnologie completează, integrează și ameliorează efectele lucrărilor tradiționale (civile sau biologice), acționând în sinergie cu acestea, având în vedere că PRATI ARMATI®:

- completează funcția de protejare a terenului, acționând în mod uniform pe toată suprafața în curs de consolidare
- protejează lucrările tradiționale
- reduce impactul lucrărilor tradiționale asupra mediului înconjurător, conferind peisajului un aspect natural și reînverzit.

Conform schemei următoare, în cazul în care eroziunea superficială afectează versanții stabili în interior, și în absența riscului imediat, consolidarea vegetală a terenului poate înlocui în mod eficient lucrările tradiționale de stabilizare folosite pentru tratarea eroziunii superficiale. Această consolidare se produce cu evidente beneficii economice și asupra lucrărilor (cost și timp de intervenție minime) și are un impact pozitiv asupra mediului înconjurător ca urmare a efectului de renaturalizare.



Există și cazuri în care este mai oportună utilizarea acestei noi tehnologii concomitent cu metodele tradiționale (civile sau biologice), așa cum se arată în exemplele următoare, unde îmbinarea se face cu pământ armat, cu gabioane sau cu structuri de armare cu palisade.



Florinas (SS)



Castelviscardo (TR)



Lumezzane (BS)

Proprietăți hidrologice

La Conferința din 5 decembrie 2006, organizată cu sprijinul Provinciei Terni, referitor la noile tehnologii, Prof. Giovanni Calabresi a remarcat:

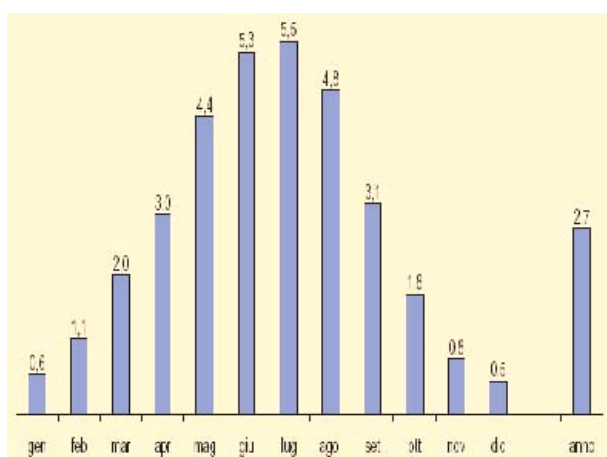
Vegetația este unul dintre elementele care influențează echilibrul unui versant și posibilitatea apariției pericolului de alunecări. Efectele vegetației asupra echilibrului versanților, în condiții normale, sunt următoarele:

- transferul de rezistență prin intermediul rădăcinilor
- creșterea evaporării apei pluviale
- diminuarea gradului de saturație a solului
- diminuarea presiunii interstițiale
- diminuarea infiltrației...

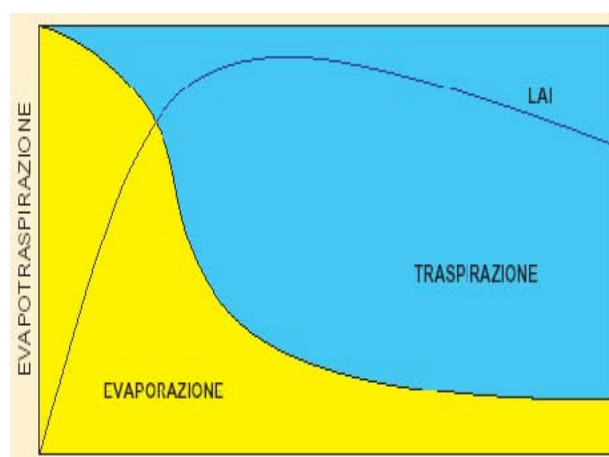
Evapotranspirația

Una dintre proprietățile hidrologice cele mai importante pentru acest tip de aplicație este evapotranspirația plantelor (efect legat de evaporarea apei din sol și de transpirația frunzelor) care reduce umiditatea pământului la suprafață, întârziind și diminuând saturația. Aceasta limitează presiunea interstițială din porii pământului, evitându-se astfel pericolul reducerii substanțiale a coeziunii în solurile fine (prăfoase, argiloase, mârloase).

De exemplu, dacă luăm în considerare un gazon de graminee tradiționale de 12 cm înălțime, evapotranspirația are o valoare de aproximativ 5 mm pe zi, pe perioada verii (adică 5 l/m^3 pe zi), dupăcum se vede în graficul a).



a) Evapotranspirația în cazul unui gazon tradițional



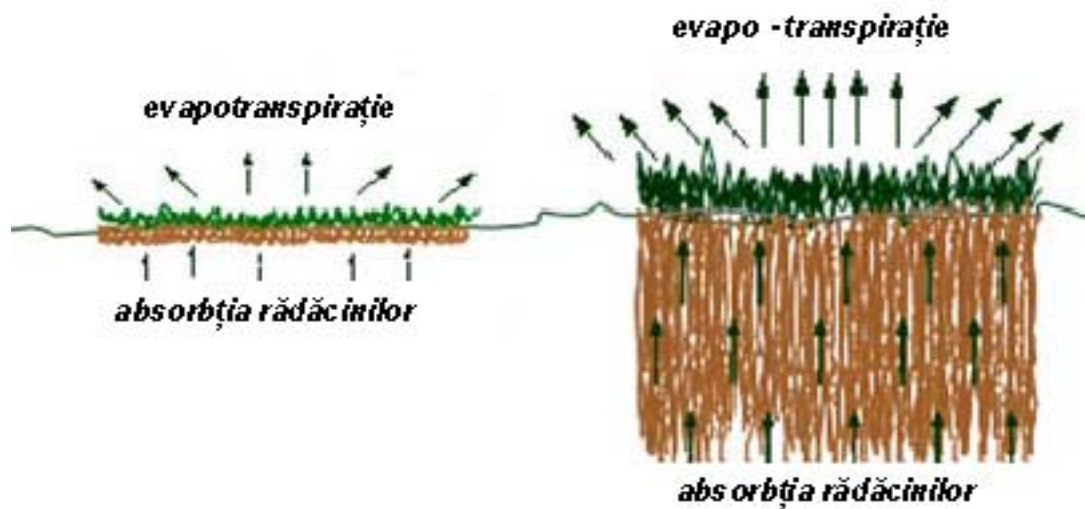
b) Raportul dintre evaporație și transpirație privind gradul de acoperire cu vegetație

În graficul b) se arată raportul dintre evaporarea apei din sol și transpirația frunzelor în decursul timpului, în legătură cu indicele de acoperire cu vegetație a terenului, LAI (m^2 de frunze/ m^2 de sol). Se constată că transpirația frunzelor este cea care prevalează atunci când gazonul crește, fapt foarte important în cazul utilizării unui strat vegetal crescut, precum **PRATI ARMATI®**.

La final, se constată că acolo unde vegetația lipsește sau este redusă, în timpul sezonului rece, terenul este cuprins de o rețea de fisuri și crăpături care provoacă creșterea gradului de infiltrare a apei în adâncime și o agravare a eroziunii. În cazul versanților, acest fapt poate duce la surpări și alunecări mai mici sau mai mari.

În graficul următor se arată un gazon tradițional (la stânga), unde captarea apei ajunge până la 30-40 cm, corespunzător cu adâncimea maximă a rădăcinilor. În cazul **PRATI ARMATI®** (figura din dreapta), evapotranspirația este mult mai mare, fie datorită masei vegetale mult mai mari (ca urmare a selecției speciilor, plantele pot crește până la 50-150 cm înălțime), fie ca urmare a profunzimii și densității

rădăcinilor care coboară nivelul de captare a apei pe toată suprafața terenului însămânțat, până la câțiva metri în adâncime.



Evapotranspirația unui gazon obișnuit (stânga) și a unui cu plante **PRATI ARMATI®** (la dreapta)

Măsurătorile au demonstrat că valoarea medie a evapotranspirației în cazul utilizării plantelor Prati Armati®, poate fi de 10 ori mai mare decât în cazul unui gazon obișnuit. În valori absolute aceasta reprezintă aproximativ 50 de tone de apă pe zi pe hectar, în anotimpul cald.

Transpirația plantelor este cu atât mai importantă cu cât există mai multă apă în sol. În perioadele de secetă plantele sunt capabile să își închidă stomatele (fotografie la microscop electronic). Astfel plantele pot supraviețui în condiții de secetă fără să usuce pământul în mod excesiv. Acest mecanism se aplică mai ales speciilor **PRATI ARMATI®**, care datorită rădăcinilor foarte dezvoltate, pot repera apa aflată la adâncime.

Fotografia de mai jos este realizată pe un amplasament pe care a fost aplicată această tehnologie. Se constată că unele plante din anumite zone sunt în repaus vegetativ din cauza lipsei apei (plante gălbui), în timp ce altele amplasate în zone unde există apă sunt verzi și în plin fenomen de evapotranspirație.



Stomată vegetală Castelviscardo (TR) – Iunie 2006

Odată cu venirea ploilor, plantele **PRATI ARMATI®** recuperează activitatea vegetativă și înverzesc complet. În general, pentru hidro-semițele tradiționale acest fenomen nu are loc din cauza faptului că rădăcinile lor slab dezvoltate nu pot supraviețui perioadelor îndelungate de secetă. Același principiu se aplică plantelor arborescente, adesea utilizate în intervențiile de renaturalizare, mai ales în primele etape după începerea lucrărilor.

Scurgerea superficială și reducerea infiltrației

O altă caracteristică hidrologică foarte importantă a tehnologiei **PRATI ARMATI®** este creșterea stratului vegetal care interceptează ploile, chiar și pe cele mai puternice, ceea ce duce la reducerea energiei cinetice, protejând astfel versantul împotriva eroziunii superficiale.

În imaginile următoare se poate observa clar că, indiferent de anotimp, partea densă, aeriană a plantei se repliază în cazul precipitațiilor foarte intense și favorizează scurgerea superficială, a apelor meteorice chiar și în cantități foarte mari.



Orvieto (TR)



Appiano (BZ)



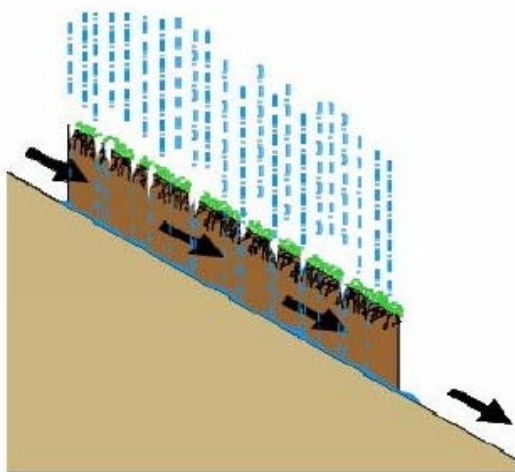
Cittadella (PD)



Cittadella (PD)

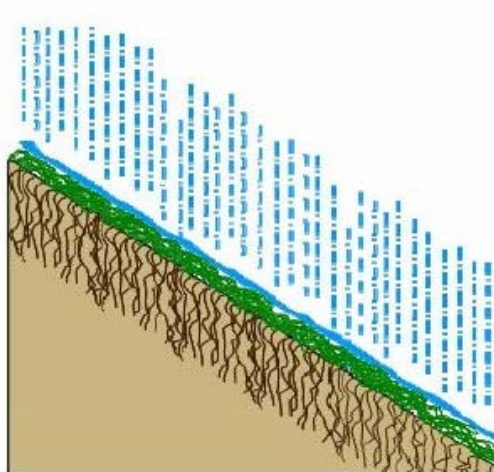
În urma utilizării acestei tehnologii, rezultă pe de o parte efecte combinate de stabilizare a versantului (conform schemelor care urmează) și o reducere rapidă și drastică a eroziunii superficiale, iar pe de altă parte, o diminuare evidentă a infiltrației apelor meteorice în sol (infiltrația fiind cauza principală a surpărilor și a alunecărilor de teren).

Schema A



***Hidro-semințe tradiționale cu
aport de pământ vegetal***

Schema B



***Consolidare vegetala fără aport
de pamânt***

Schema A indică următoarele:

- Speciile de plante utilizate pentru hidro-semințele tradiționale prezintă rădăcini scurte, cu o rezistență la tracțiune scăzută, fapt care nu garantează creșterea forței de surpare și a coeficientului de stabilitate a solului. În plus, uscarea care se produce vara, din cauza rădăcinilor scurte, împiedică dezvoltarea păturii vegetale care ar trebui să protejeze versantul, favorizând astfel infiltrațiile.
- În cazul precipitațiilor abundente se produc eroziunea superficială, infiltrația puternică, saturația solului, creșterea presiunii interstițiale și apărând posibilitatea alunecării materialelor de dimensiuni diferite sau neomogene. În mod concret, în exemplul ilustrat în schemă, există un strat argilos cu o permeabilitate scăzută și un strat superficial mai dezagregat și alterat (de exemplu, terenul vegetal), așa cum este cazul sistemelor tradiționale de consolidare a versanților. Din cauza infiltrației și a scurgerilor apare pericolul alunecării sau surpării straturilor superficiale.

Schema B ilustrează caracteristicile particulare ale amestecului PRATI ARMATI datorită rezistenței excepționale la secetă, care garantează vegetalizarea solului indiferent de anotimp. Această tehnologie poate fi aplicată la aproape orice tip de sol (de la soluri fine măloase argiloase, până la soluri nisipoase sau prundiș; PRATI ARMATI® crește și pe roci cu rezistență scăzută sau alterate), chiar și pe pământuri sterile, fără să fie nevoie de stratul de pământ vegetal, evitându-se astfel posibilitatea unor eventuale alunecări de teren.

Versantul va beneficia de o protecție completă, în orice perioadă a anului, prin:

- Stoparea eroziunii și a scurgerii șuvoaielor de apă
- Diminuarea infiltrației datorită scurgerii superficiale de apă meteorică favorizată de stratul vegetal dens care se pliază în cazul precipitațiilor puternice
- Amplificarea evapotranspirației profunde
- Diminuarea saturației solului
- Diminuarea presiunii interstițiale
- Creșterea coeziunii terenului

După operațiunea de reglare a cursului apelor superficiale, stratul vegetal se pliază singur, favorizând scurgerea superficială și colectarea apei la baza versanților, de unde poate fi eliminată prin canale și șanțuri de protecție. Această operațiune

este ilustrată în fotografia următoare - o lucrare realizată la Orvieto pentru provincia Terni, pe pante foarte întinse.



Orvieto (TR) Particularități ale canalului

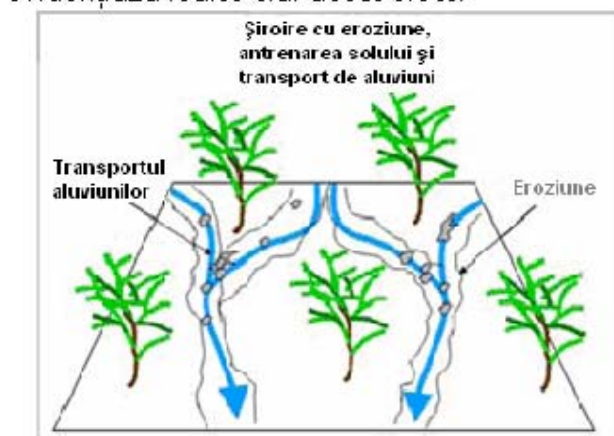
Astfel, stratul vegetal rezultat în urma acestor lucrări se aseamănă cu acoperișurile de stuf care permit scurgerea apei rezultată din precipitațiile cele mai intense, asigurând astfel impermeabilitatea locuinței.



În sfârșit, chiar și în cazul ploilor cele mai ușoare infiltrația este redusă sau evitată datorită evapotranspirației apei în exces, descrisă în paginile anterioare.

Pentru protecția versanților acest tip de lucrări este mult mai eficient decât în cazul utilizării speciilor arborescente. Acestea din urmă (a se vedea schema din partea stângă), nu realizează o acoperire compactă a versantului cu strat vegetal. Prin urmare, în spațiul dintre plante se produc scurgeri puternice în șiroaie, eroziunea și deplasarea solului dezagregat fiind garantată. Fotografia din dreapta

evidențiază foarte clar acest efect.



Renaturalizare

Un alt element care prezintă interes este efectul de renaturalizare care poate fi obținut prin Tehnologia **PRATI ARMATI®**, în cazul în care beneficiarul nu ar vrea să evite dezvoltarea succesivă a speciilor arbustive și arborescente, de exemplu în albia fluviilor, unde prezența speciilor cu trunchi înalt, constituie o problemă de întreținere foarte serioasă. În acest caz renaturalizarea poate fi evitată prin lucrări sistematice de îndepărtare a ierbii și prin intervenții prin care se controlează creșterea buruienilor.

În cazurile în care controlul buruienilor nu reprezintă o problemă, intervențiile de întărire vegetală a solului pot favoriza renaturalizarea. Speciile ierboase care pot forma rapid un strat vegetal și protejează versanții împotriva eroziunii, se comportă ca niște plante pioniere capabile să se dezvolte chiar și în solurile cele mai sărace în substanțe organice și în elemente nutritive. Aceste plante favorizează așadar creșterea succesivă a plantelor arbustive și arborescente pe un sol consolidat și fertil.

Acest proces de renaturalizare presupune următoarele faze:

- Speciile ierboase cu creștere rapidă consolidează rapid terenul, fertilizându-l și ameliorând structura organică a solului
- Pe măsura trecerii timpului, semințele luate de vânt, păsările sau alte animale, sau chiar semințele sau micile plante instalate pe parcursul lucrărilor, se pot elibera ușor pe o întăritură, fără să fie repurtate de eroziunea continuă
- În câțiva ani speciile arbustive și arborescente se dezvoltă luxuriant și integrează complet în mediul înconjurător și în peisaj, situl restaurat și renaturalizat.

Așadar, renaturalizarea poate fi înlesnită și accelerată adăugând semințele speciilor locale în același timp cu hidro-semințele, sau în mod succesiv, odată cu lucrările de intervenție, înainte sau după semănare.



Sciacca (AG): consolidarea și renaturalizarea unei ravenă de argilă



Trento: renaturalizarea unei zone glaciare sterile



Bolzano: ranforsare și vegetalizare alături de arbori locali

Absența infestării

Speciile ierboase utilizate în lucrările de consolidare vegetală cu tehnologia **PRATI ARMATI®** nu prezintă nici un pericol de infestare. La polul opus există buruienile care se propagă în mod virulent și necontrolat și care nu au nici un fel de utilitate.

Absența infestării este demonstrată pe toate șantierele pe care s-a aplicat această tehnologie, unde se observă o diferență vizibilă între zona consolidată și zona care nu a fost tratată. Nici măcar după trecerea anilor nu se observă nici un fel de infestare (a se vedea fotografiile următoare).



Ancona



Appiano (BZ)



Florinas (SS)

Specii autohtone

Această nouă tehnologie utilizează un amestec de 12 specii de plante dintre care multe sunt autohtone, provenind fie din țările europene, fie din alte părți ale lumii. Speciile, varietățile și proveniențele folosite în fiecare lucrare sunt în funcție de caracteristicile pedo-climatice ale amplasamentului și de exigențele particulare ale beneficiarului.

Pe parcursul implementării tehnologiei, pentru favorizarea renaturalizării successive a zonelor tratate, se pot adăuga și semințe ale speciilor locale ierboase, sau arborescente.

Rezistența la incendii

Speciile folosite pentru consolidarea vegetală a terenului au o capacitate ridicată de refacere după incendii datorită adâncimii mari a rădăcinilor.

În fotografia din dreapta se poate observa efectul distructiv al unui incendiu asupra unei geogrilă de plastic reînverzită cu hidro-semințe tradiționale.



Reafcere rapidă după incendiu



Geogrilăși sămânță tradițională după un incendiu

Rezistența la secetă

În mod obișnuit, pentru consolidarea vegetală a terenului nu este necesar un aport de apă. Aceasta reprezintă un mare avantaj pentru lucrările de armare și renaturalizare a taluzurilor rutiere, feroviare, a ravenelor, torenților, minelor și în general în zone unde nu sunt posibile lucrări de irigare.

Capacitatea extraordinară a plantelor **PRATI ARMATI®** de a supraviețui în condiții de secetă se explică fie prin adâncimea rețelei de rădăcini, care poate detecta umiditatea prezentă în straturile profunde ale solului, fie prin fiziologia plantelor ce alcătuiesc **PRATI ARMATI®**.

Fiind sisteme naturale, plantele sunt capabile de ași regla singure condițiile de creștere: atunci când solul prezintă un grad înalt de umiditate, plantele extrag apa în exces din straturile profunde, provocând evaporarea și ameliorând proprietățile geotehnice ale terenului. Vara gradul de evaporare se reduce considerabil, ca urmare a capacității plantelor de a-și reduce stomatele (ilustrate la microscop în paginile anterioare).

Fotografia din partea stângă prezintă șantierul deschis în martie 2004, la Sciacca (Sicilia), pe un teren alcătuit din argile gri, expus vânturilor din sud și temperaturilor toride ale verii. Instalarea tehnologiei s-a făcut cu succes fără nici un aport de apă.

Fotografia din dreapta prezintă șantierul Chilivani Ambiente din Ozieri (Sardinia), unde s-au descărcat deșeuri urbane și în care irigațiile (planificate inițial pentru întreaga perioadă a verii), au fost suspendate în totalitate încă de la sfârșitul lunii iunie. Cu toate acestea plantele au rezistat foarte bine la seceta verii astfel încât în luna noiembrie au reînverzit.



Sciacca (AG): teren argilos



Depozit de deșeuri urbane la Ozieri (SS)

Rezistența la mediu salin

Amestecul de plante **PRATI ARMATI®** cuprinde specii foarte rustice, care tolerează concentrații de sare foarte ridicate, până la o valoare aproximativă de 10,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (aproximativ 1/5 din concentrația de sare din apa mării).

Imaginile următoare prezintă exemple de taluzuri care se găsesc la marginea mării: în fotografia din stânga, utilizarea tehnologiei, efectuată în 2002, pentru comuna Ancona; în centru, instalarea realizată în 2004 pentru comuna Castelsardo (Sardinia), situată foarte aproape de mare, pe un șantier foarte expus vântului Mistral; În dreapta, instalarea realizată pentru Portul Genova în 2002.



Ancona



Appiano (BZ)



Florinas (SS)

Întreținerea

Odată ce stratul vegetal s-a dezvoltat complet, tehnologia nu mai are nevoie de întreținere, (cu excepția eventualăa cosirii plantelor), eliminându-se astfel, pentru beneficiar, orice costuri suplimentare. În plus, utilizarea **PRATI ARMATI®** pentru consolidarea vegetală a solului contribuie pe termen lung la eficientizarea lucrărilor civile (canale, drenaje) și la reducerea ulterioară a costurilor de întreținere.

Fotografiile următoare prezintă un șantier deschis în localitatea Ancona, pe o suprafață gravă, și arată: în partea stângă, un canal înfundat într-o zonă neconsolidată vegetală; în dreapta, un canal curățat complet, într-o zonă limitrofă, tratată cu **PRATI ARMATI®**.



Ancona – canal înfundat în zona netratată cu PRATI ARMATI®



Canal curățat complet în zona protejată de PRATI ARMATI®

Rezistența la inundații

Speciile **PRATI ARMATI®** prezintă o rezistență remarcabilă la imersiune, fiind așadar posibilă folosirea lor la consolidarea malurilor înalte ale lacurilor, bazinelor, fluviilor sau torenților.

În acest scop se ilustrează imagini ale unui șantier de la Pordenone, pentru Ingineria Civilă, Ministerul Lucrărilor Publice, Departamentul Apelor, în lungul malului fluviului Noncello, afluent al Medunei, mal care se prăbușise din cauza inundațiilor.

Consolidarea vegetală a solului a fost realizată între anii 1998 și 2000 după o planificare corectă, folosindu-se specii ierboase cu rădăcini profunde precum și alte lucrări de inginerie biologică (structuri de consolidare a malurilor și drenaje în piatră). Tehnologia instalată a rezistat atât numeroaselor inundații sezoniere cât și inundațiilor puternice din luna noiembrie (2000, 2002), în urma cărora nivelul apei a crescut cu mai mult de 20 metri, astfel încât vegetația a fost scufundată complet. Aceste fenomene s-au prelungit pe parcursul a aproximativ 4 zile.

Imaginile următoare prezintă zona asupra căreia nu s-a intervenit și care s-a prăbușit ca urmare a evenimentelor descrise anterior cu aproximativ 10 metri trăgând în jos trunchiurile copacilor.

Astfel se demonstrează în mod clar eficiența acestui tip de intervenție care împiedică producerea oricărei eroziuni sau alunecări.



Realizarea lucrărilor pe mal



Hidro-însămânțare



Lucrările după 1 an



Un șantier inundat în nov. 2002



Un arbore rămas de la alunecare în zona netratată



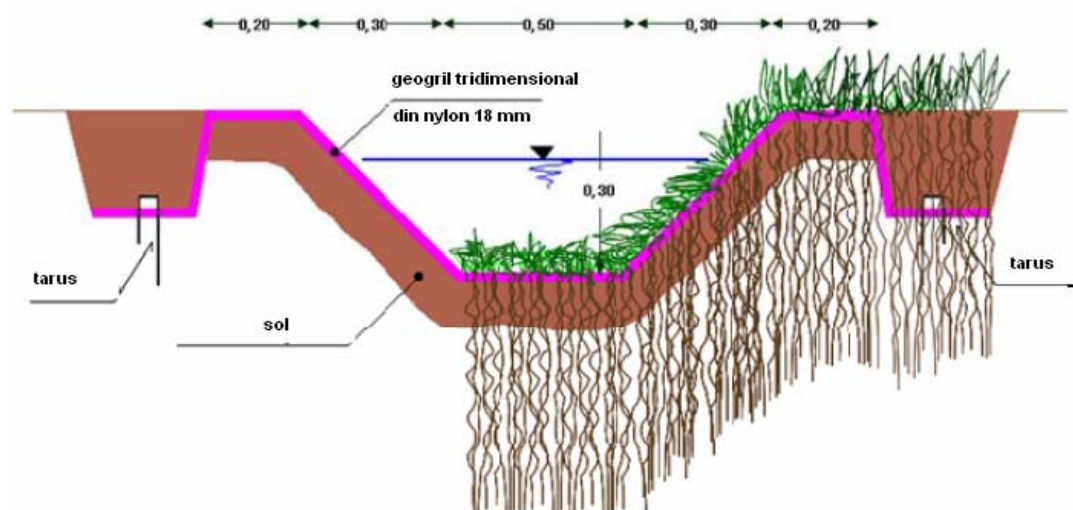
Particularități ale zonei neconsolidate și surpate, cu arbori dezrădăcinați și alunecări ale malului mai înalt de 10 m



Vedere de ansamblu a șantierului consolidat, 2 ani după intervenție

Protecția canalelor și șanțurilor

Pentru asigurarea canalizării eficiente a apelor pluviale, sau pentru protecția canalelor sau șanțurilor se pot utiliza pe lângă această tehnologie, geogrilă tridimensională (de exemplu, geogrilă din nylon de 18 mm), îngropată și înverzită cu acest tip de strat vegetal, după cum se poate observa în schema următoare. Tehnologia de consolidare vegetală fixează în profunzime geogrilă, o protejează la suprafață datorită masei vegetale care interceptează și încetinește viteza de curgere a apei, garantând astfel rezultate mai rapide și mai durabile în timp. Astfel are loc o ancorare mai bună a geogrilei care protejează canalul chiar și în cazul fluxului de apă care atinge sau depășește viteza de 5-6 m/sec.



Realizarea acestui tip de canal presupune următoarele operațiuni:

- Săparea canalului
- Instalarea geogrilei tridimensionale
- Îngroparea laterală a geogrilei și fixarea cu picheteți
- Umplerea geogrilei cu pământ excavat
- Realizarea stratului vegetal (prin lucrările descrise în capitolul anterior)

Nu este necesar aportul de pământ vegetal pentru umplerea geogrilei, aceasta datorită rusticității speciilor descrise. Se poate utiliza chiar pământul rezultat în urma excavării canalului.

În comparație cu alte geogrilă sau materiale disponibile în comerț, se preferă geogrițele din nylon, aceasta ca urmare a specificațiilor tehnice superioare și a rezistenței îndelungate în timp.

Eficiența acestui tip de strat vegetal folosit pentru protecția canalelor pe terenuri consolidate cu geogrilile (și prin urmare creșterea rezistenței la viteza fluxului apelor care trece la 5-6 m/sec., spre deosebire de 2,5 m/sec în cazul geogrililor simple îngropate), este demonstrată în exemplul următor, care descrie o intervenție realizată pentru localitatea Ancona.

În partea stângă se observă un canal întărit cu o geogrilă reînverzită prin metode tradiționale. Lipsa de eficiență contra eroziunii este demonstrată prin amplasarea de puțuri la baza canalului de drenaj, înfundate aproape complet cu deșeuri (fotografia din stânga jos).

În fotografiile din partea dreaptă se observă o zonă limitrofă reabilitată cu strat vegetal **PRATI ARMATI®**. În acest caz canalul de drenaj este protejat complet ca urmare a densității stratului vegetal care stopează complet eroziunea: observați puțurile situate la baza canalului de drenare, complet curățat și după 2 ani de la intervenție.

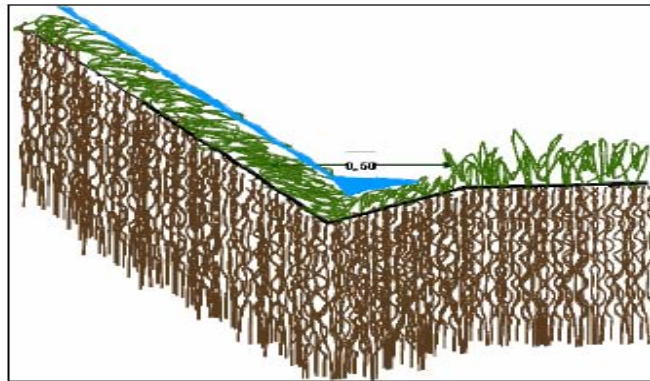


Canal cu geogrilile din plastic și hidrosemințe tradiționale

*Canal cu geogrilile din și **PRATI ARMATI®***

Acest tip de consolidare vegetală se poate aplica împreună cu oricare dintre tehnicile tradiționale de inginerie biologică folosite pentru protecția canalelor și cursului apelor, care prevăd utilizarea de structuri în lemn, piatră spartă sau gabioane, sau chiar pentru lucrările de instalare a blocurilor de ciment pentru reînverzire.

În anumite cazuri care nu prezintă situații critice în ceea ce privește viteza de curgere (nu mai mare de 1,5m/sec., cel puțin până când consolidarea vegetală nu s-a realizat complet), această tehnologie poate fi utilizată și pentru simple șanțuri de protecție pentru canale mici reînverzite, așa cum se ilustrează în schema de mai jos.



Octombrie 2001: malul unui canal surpat în urma inundațiilor



Malul consolidat cu Prati Armati® în 2002



Noiembrie 2006: hidro-semințe PRATI ARMATI utilizate pentru consolidare hidrologică (praguri), în Sudul Italiei



**Zona consolidată și înverzită în mai 2007
Vegetația s-a pliat în urma unei inundații**