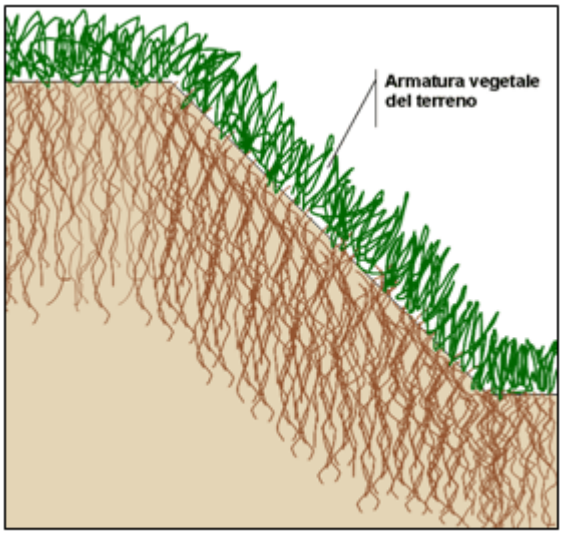
https://www.pratiarmati.it/esempi-di-cantieri/cantieri-fluviali/

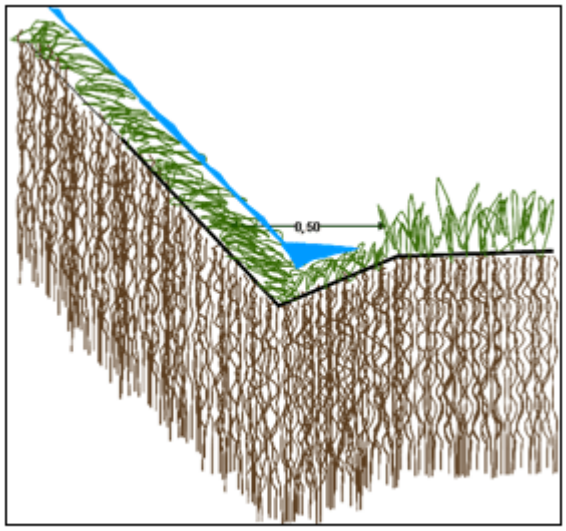


CQOP SOA
PRATI ARMATI S.r.l.
ricerca · bioingegneria · tecnologie ambientali
Via del Cavaliere 18 · 20073 Opera (MI)
Tel. +39-02-57619146 r.a.
Iscritta al RI di MI al n. 03574380964 · R.E.A. 1684984 · C.F./P.IVA 03574380964
Cap.Soc. € 65.850,00 i.v.
info@pratiarmati.it · © Prati Armati ®
ISO 9001

SISTEMI-MATERIALI-MANUFATTI-ANTIEROSIVI/TECNICHE ANTIEROSIONE SU SCARPATE IN BAGNATO



Scarpata di canale protetta da armatura vegetale



Fosso di guardia protetto da armatura vegetale



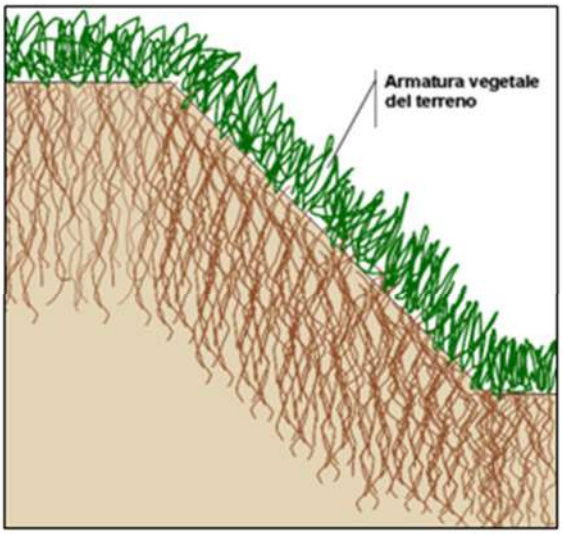
Il cantiere dopo circa 4 anni consolidato e rinaturalizzato con questa innovativa tecnologia

Questa innovativa tecnologia di armatura vegetale del terreno può essere efficacemente utilizzata per la protezione di scarpate in bagnato, anche in abbinamento a tutte le tradizionali tecniche di ingegneria naturalistica realizzate a protezione di canali e corsi d'acqua, che prevedano l'uso di palizzate in legno, massicciate o gabbionate, georeti o rinforzi pesanti in blocchetti di calcestruzzo. Infatti, come detto in precedenza, questo tipo di impianto di armatura vegetale del terreno, protegge le opere tradizionali (siano esse opere civili o di ingegneria naturalistica), agendo in sinergia con le stesse, prolungandone la durata e riducendo le esigenze di manutenzione. Nei paragrafi che seguono vengono illustrate le varie soluzioni adottabili per la protezione di scarpate in bagnato, che vedono questa innovativa tecnologia di armatura vegetale utilizzata in alcuni casi tal quale o abbinata a varie tipologie di rinforzi leggeri o pesanti in funzione delle velocità dei flussi previsti nei corsi d'acqua.

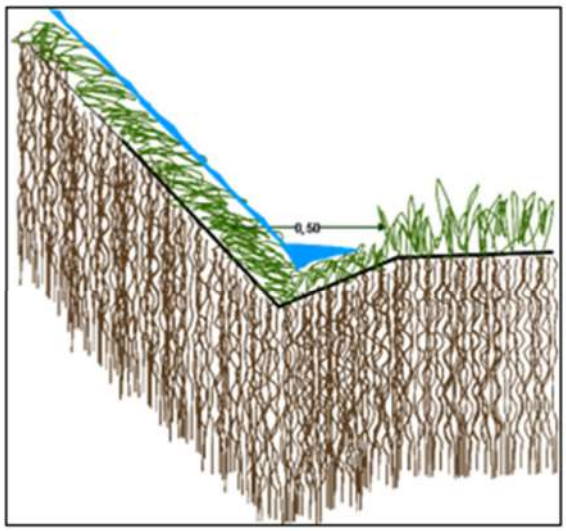
In generale si sottolinea che a differenza di altri tipo di inerbimento che impiegano specie tradizionali, è possibile con la soluzione tipo *"prati armati"* operare sul terreno tal quale, grazie alla rusticità delle specie utilizzate in grado di attecchire su qualsiasi tipo di terreno, senza quindi dover apportare terreno vegetale. Questa caratteristica, garantisce inoltre una rapida rinaturalizzazione e mascheramento dei rinforzi tipo georeti in nylon o calcestruzzo utilizzati per proteggere le scarpate in bagnato.

VELOCITA' RIDOTTE (FINO A 1,5 M/SEC): SISTEMI-MATERIALI-MANUFATTI-ANTIEROSIVI-TECNICHE-ANTIEROSIONE su scarpate in bagnato: armatura vegetale del terreno di sponde e argini con piante erbacee a radicazione profonda.

In alcuni casi, ove non vi siano situazioni critiche come velocità di scorrimento (stimabili in non oltre 1,5 m/sec almeno fino a che l'impianto di armatura vegetale non sia andato completamente a regime) è possibile realizzare con questa tecnologia dei semplici fossi di guardia o canalette inerbite, come nello schema di fianco. E' un tipo di impianto che consente di minimizzare i costi e la complessità dell'intervento, realizzando delle sponde consolidate e rinverdite o anche dei semplici fossi di guardia in terra inerbiti con la particolare tecnologia descritta in precedenza (vedere schemi seguenti). La fitta coltre vegetale dell'inerbimento di armatura vegetale, unita all'azione dell'apparato radicale caratterizzato da notevole profondità e elevata resistenza a trazione, garantirà, una volta a regime, l'ottimale protezione della sponda o del fosso di guardia ed il suo mantenimento nel tempo.

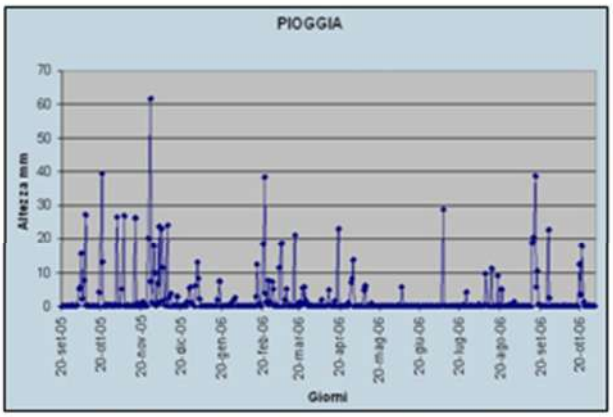


Scarpata di canale protetta da armatura vegetale



Fosso di guardia protetto da armatura vegetale

Per questi tipi di intervento, gli unici inconvenienti potrebbero eventualmente insorgere nel periodo in cui la vegetazione non sia emersa e andata a regime, in quanto flussi d'acqua particolarmente violenti che si verificassero nelle prime settimane dall'intervento potrebbero erodere le sponde o i fossi di guardia non ancora perfettamente protetti dalla copertura vegetale. Questo rischio è in realtà scongiurato dai seguenti fattori. In primo luogo dall'elevata resistenza ad eventi meteorici anche rilevanti, dimostrata delle specie utilizzate negli impianti di armatura vegetale anche quando le piantine sono appena emerse e la parte epigea non supera i 2-3 cm di altezza. Nell'impianto realizzato con questa tecnologia ad Orvieto (come indicato nella relazione dell'Ing. Marcello Boccio della Provincia di Terni, in occasione di un convegno tenutosi ad Orvieto lo scorso 5 dicembre 2006), si sono avute intorno al 20 novembre 2005 precipitazioni pari a 60 mm caduti in un solo giorno. Questo è avvenuto dopo soli 2 mesi dall'idrosemina (eseguita a fine settembre 2005), quando lo sviluppo delle piantine era quello mostrato dalla foto sotto riportata, senza che alcun danno venisse arrecato al versante, anch'esso caratterizzato da pendenze rilevanti (fino a 70-80°).



Precipitazioni registrate a Orvieto tra il Settembre 2005 e Ottobre 2006 – Fonte Provincia di Terni



Orvieto (TR): copertura vegetale sviluppatasi in 2 mesi che ha resistito alle piogge del Novembre 2005

In secondo luogo, anche nel caso in cui precipitazioni eccezionali dovessero verificarsi quando i semi non siano ancora germogliati, per cui le piante non siano neanche emerse, l'idrosemina prevede l'uso di collanti naturali particolarmente resistenti (benché perfettamente eco-compatibili) che proteggono il materiale distribuito durante la posa in

opera, nei primi tempi dopo l'intervento, prima dell'attecchimento delle piantine. In ogni caso, l'intervento di armatura vegetale prevede la manutenzione di almeno 18 mesi (due stagioni vegetative), con risemine e riconcimazioni nelle zone ove non si sia registrato fin da subito un completo attecchimento, garantendo quindi la buona riuscita dell'intervento sull'intero sito. Nelle immagini seguenti si riporta l'esempio di un canale irriguo realizzato in Lombardia, consolidato con questa tecnologia.



Il canale prima dell'intervento





Il canale consolidato e rinverdito con questa tecnologia

Di seguito si riporta un esempio di applicazione relativo ad un canale in provincia di Matera, in abbinamento a delle briglie.



Novembre 2006: idrosemina di PRATI ARMATI *in abbinamento alle briglie in provincia di Matera*



Il sito consolidato e rinverdito a Maggio 2007. Si noti la vegetazione allettata nella direzione della corrente, dopo una piena

Questo tipo di armatura vegetale è eventualmente abbinabile ad una protezione della base della scarpata, come nell'esempio sotto riportato per far fronte ad eventuali velocità maggiori nell'alveo, che interessino raramente le scarpate sovrastanti. Nelle foto seguenti si riporta l'esempio di un canale realizzato in provincia di Brescia che subisce piene disastrose, come mostrato nella prima immagine. L'impianto costituito dalla semplice copertura vegetale delle scarpate, abbinata ad una palificata al piede ha consentito di consolidare e rinverdire il canale, proteggendo le sponde in modo efficace.



La sponda del canale crollata a seguito di una piena



Ottobre 2001 - L'idrosemina sul sito sistemato e preparato



Il sito a Maggio 2002



Il sito a Febbraio 2004

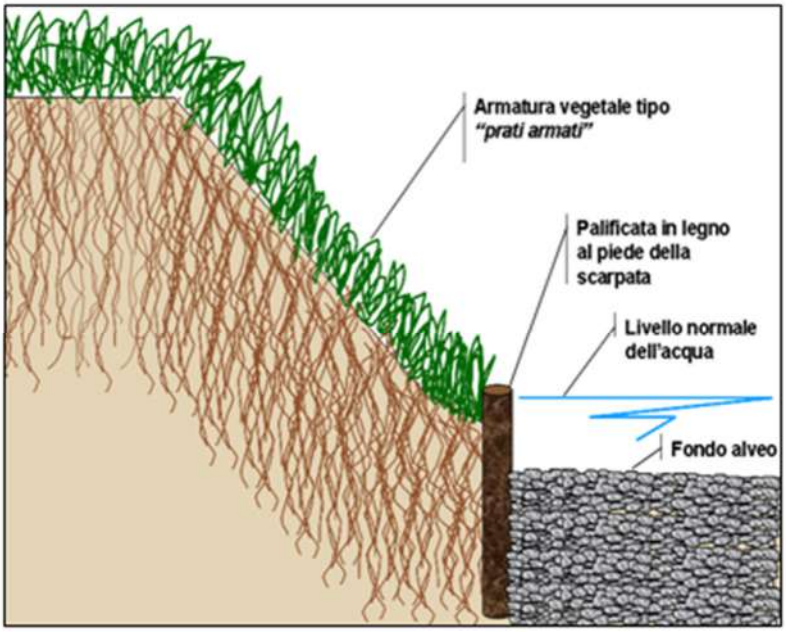


Il sito a Aprile 2005



Altra vista della sponda consolidata a Aprile 2005

La protezione del piede della scarpata potrà essere realizzata, a seconda delle velocità di flusso previste e della disponibilità di materiali, con una palificata o palizzata in legno, come nell'esempio precedente, oppure con una massicciata, che impieghi massi ciclopici, soluzione adatta a velocità anche più elevate di quelle qui prese in considerazione e quindi meglio dettagliata nel paragrafo seguente. Lo schema a fianco illustra la soluzione relativa all'uso della palificata in legno al piede della scarpata, con l'armatura vegetale sulle pareti della scarpata.



Rinforzo delle scarpate con armatura vegetale, con palificata in legno al piede

E' importante sottolineare che, qualora le velocità del flusso siano comunque moderate (non oltre 1,5-2 m/sec) questo tipo di protezione delle scarpate resiste anche nel caso di piene che raggiungano o superino il piano di campagna, lasciando le scarpate completamente sommersa anche per alcuni giorni. Per ulteriori approfondimenti si

rimanda al capitolo relativo alla resistenza all'immersione; qui si riportano le immagini del cantiere realizzato con l'abbinamento tra pali in castagno, drenaggi in sasso e geotessuto e armatura vegetale del terreno a Pordenone, per il consolidamento del fiume Noncello. Le sponde così sistemate hanno resistito negli anni a piene ed alluvioni senza riportare alcuna erosione o cedimenti e si presentano oggi perfettamentente consolidate e rinverdite.

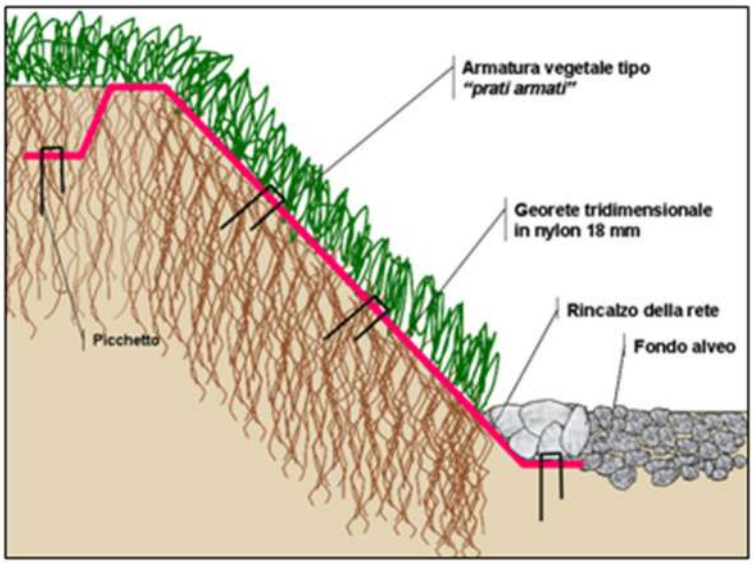




Il cantiere dopo circa 4 anni consolidato e rinaturalizzato con questa innovativa tecnologia

VELOCITA' MEDIE (FINO A 4 M/SEC)SISTEMI-MATERIALI-MANUFATTI-ANTIEROSIVI-TECNICHE-ANTIEROSIONE su scarpate in bagnato: armatura vegetale del terreno di sponde e argini con piante erbacee a radicazione profonda.

Per la protezione di sponde di canali in cui si prevedono flussi a velocità elevate che interessi frequentemente le sponde e quindi non lasci il tempo alla copertura vegetale di svilupparsi e andare a regime, è possibile abbinare questo tipo di tecnologia con, ad esempio, la georete tridimensionale in nylon, intasata con terra, come illustrato nello schema sotto riportato. L'impianto di armatura vegetale ancora in profondità la georete, proteggendola in superficie grazie alla massa fogliare che intercetta e rallenta i flussi e garantisce quindi risultati più rapidi e duraturi nel tempo. Una volta a regime, l'impianto consentirà il miglior ancoraggio della georete e la protezione del canale anche in caso di flussi d'acqua con velocità fino a circa 4 m/sec per alcune ore. Grazie alla rusticità delle specie descritte in precedenza, in questo caso non è necessario prevedere l'apporto di terreno vegetale per intasare la georete, ma sarà possibile riutilizzare lo stesso terreno presente sulle scarpate o eventualmente derivante dallo scavo del canale.



Rispetto alle georeti in altri materiali disponibili sul mercato, si predilige quella in nylon per le superiori prestazioni tecniche e la maggior durata nel tempo. L'efficacia di questa innovativa copertura vegetale nel proteggere i canali in terra rinforzati con le georeti (e quindi di innalzare la loro resistenza a velocità dei flussi che passa da 2,5 m/sec per le semplici georeti intasate con pietrisco e bitume fino a circa 4 m/sec quando la copertura vegetale risulta ben insediata) è dimostrata nell'esempio sotto riportato che si riferisce ad un intervento realizzato con questa tecnologia per il Comune di Ancona. Nelle foto di sinistra viene mostrato un canale realizzato con una georete inerbita con metodi tradizionali. La scarsa efficacia antierosiva è dimostrata dal pozzetto posto a valle del canale, ormai quasi completamente intasato dal materiale eroso (foto in basso a sx). Le foto di destra si riferiscono invece ad un'area contigua, trattata con l'impianto di armatura vegetale del terreno. In questo caso il canale è perfettamente protetto da una folta coltre vegetale che blocca completamente l'erosione, come mostrato dal pozzetto posto a valle del canale stesso, perfettamente pulito dopo circa 2 anni dall'intervento (foto in basso a dx).

Canale con georete in plastica e idrosemina tradizionale





Canale con georete in plastica abbinato all'armatura vegetale tipo "prati armati"

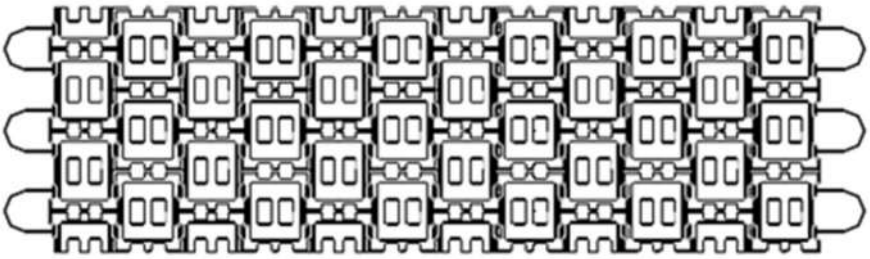




VELOCITA' ELEVATE (OLTRE 4 M/SEC): SISTEMI-MATERIALI-MANUFATTI-ANTIEROSIVI-TECNICHE-ANTIEROSIONE su scarpate in bagnato: armatura vegetale del terreno di sponde e argini con piante erbacee a radicazione profonda.

In questi casi è necessario rinforzare sia il piede sia le pareti delle scarpate con sistemi in grado di resistere all'azione di flussi a velocità molto elevate, che presentano spesso anche delle turbolenze. Nello schema seguente è illustrato un sistema innovativo, tipo *"blockflex"* che consente la realizzazione di pannelli in blocchi di calcestruzzo preassemblato, di dimensioni, forma e peso uniformi, collegati da una serie di cavi che passano attraverso i condotti già esistenti nel blocco; accoppiando un quantitativo variabile

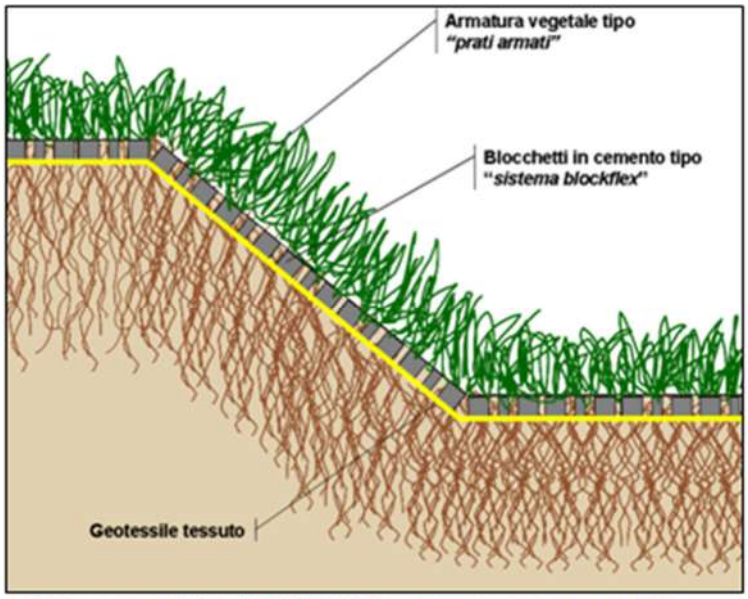
di blocchi si possono ottenere pannelli flessibili, di qualsiasi dimensione in larghezza e



Esempio di sistema tipo "blockflex"

lunghezza.

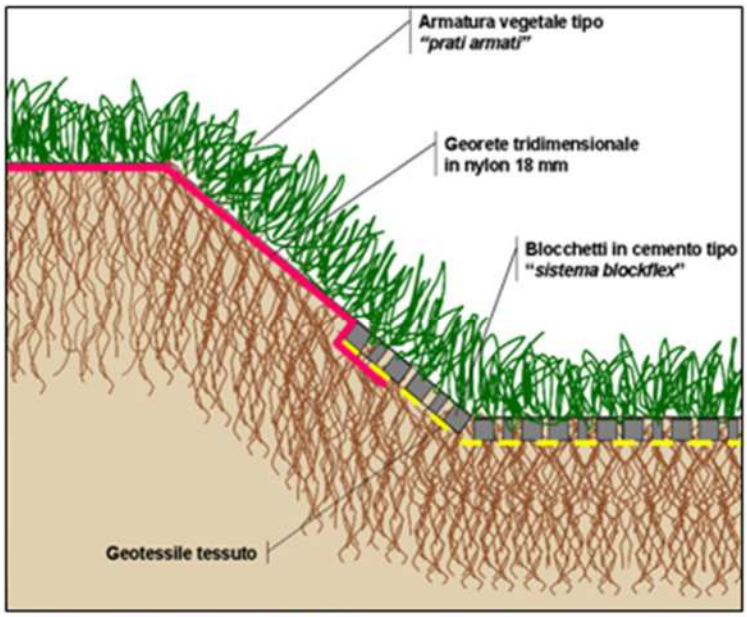
Il sistema Blockflex é nato per il rivestimento di canali e sponde ovviando agli inconvenienti derivanti dall'uso dei tradizionali rivestimenti pesanti in calcestruzzo rigidi ed impermeabili ed ai rivestimenti leggeri con georeti che servono soprattutto a migliorare e proteggere l'apparato radicale della vegetazione che assicura la vera protezione dall'erosione. Nel caso di questo rivestimento pesante, appositamente studiato per i flussi molto veloci (fino a 8 m/sec per alcune ore), l'armatura vegetale agisce in sinergia con il rinforzo in calcestruzzo proteggendolo e mantenendone inalterate le performance nel tempo. Tra le caratteristiche fondamentali di questo sistema combinato tipo blockflex + armatura vegetale a radicazione profonda, vi é la flessibilità che consente al materiale di adattarsi facilmente oltre che alle dimensioni del canale anche ad eventuali piccoli cambiamenti della forma del canale dovuti ad assestamenti, cedimenti ecc.. mantenendo però un' interfaccia non erodibile tra la sponda e la corrente idrica. In particolare, il sistema di armatura vegetale a radicazione profonda, vista la rusticità delle specie utilizzate, garantisce un ottimo attecchimento ed una completa copertura del manto in calcestruzzo, mitigando rapidamente l'impatto sull'ambiente della struttura in calcestruzzo, mascherandola e rinaturalizzando completamente l'opera in breve tempo.



Rinforzo pesante tipo "blockflex" integraton con armatura vegetale

Inoltre le particolari specie utilizzate per gli impianti armatura vegetale presentano una resistenza all'azione dell'acqua molto più alta rispetto alle tradizionali specie impiegate nelle idrosemine da rinverdimento. Queste, presentando un apparato radicale con resistenza alla trazione inferiore anche di 10 volte rispetto alle specie utilizzate nella tecnologia qui descritta, ed una coltre vegetale meno consistente e resistente, possono

infatti essere facilmente strappate da flussi d'acqua particolarmente violenti. Come mostrato nello schema a fianco, nel caso in cui siano prevedibili flussi con velocità particolarmente elevati solo fino ad una certa altezza della scarpata, è anche possibile limitare a queste aree l'applicazione dei sistemi di rinforzo pesante tipo "*blockflex*", abbinandoli a sistemi più leggeri (georete o anche solo armatura vegetale tipo "prati armati") nelle zone in cui non si prevedono correnti eccessive.



Abbinamento tra sistema "blockflex", georete in nylon e armatura vegetale

La soluzione costituita dal rinforzo pesante tipo "blockflex" abbinata all'armatura vegetale ed eventualmente alla georete, è applicabile a pendenze che non superino in generale i 26° (2/1). Si tenga conto che se un sistema di rinforzo tipo blockflex fissato con i soli tiranti resiste a velocità fino a circa 5 m/sec, con l'intasamento e l'inerbimento arriva a resistere a velocità fino a 8 m/sec. In caso di pendenze più elevate, è invece possibile ipotizzare una soluzione come quella illustrata nello schema a fianco, relativa alla massicciata realizzata con massi ciclopici (con diametro almeno 1 m). E' possibile in questo modo realizzare scarpate molto ripide, che sopportino velocità anche superiori ai 4-5 m/sec e flussi turbolenti. Tra un masso e l'altro viene posto del terreno che consentirà la crescita delle piante anche negli intersizi, con penetrazione delle radici e ulteriore rafforzamento della struttura. In questo senso l'armatura vegetale realizzata con la tecnologia qui descritta, fornisce un contributo essenziale alla funzionalità e all'integrità della struttura nel tempo in quanto in assenza di vegetazione il terreno tra i massi viene eroso dalla forza dell'acqua e alla lunga si può avere l'asportazione e il trascinamento dei massi.

Resistenza all'immersione:

Le specie qui descritte presentano una notevole resistenza all'immersione e si prestano quindi in particolar modo al consolidamento di sponde di bacini, fiumi o torrenti soggetti a piene che comportino la sommersione delle scarpate inerbite per alcuni giorni.

Si riportano a tale proposito alcune immagini di un cantiere realizzato con questo tipo di intervento a Pordenone, per il Genio Civile, Ministero dei LL.PP., Magistrato delle Acque, lungo la sponda del fiume Noncello, affluente del Meduna, crollata a seguito di alluvioni.

. Realizzato tra il 1998 e il 2000, combinando con una corretta progettazione l'armatura vegetale del terreno con specie erbacee a radicazione profonda e altre opere di ingegneria naturalistica quali palizzate in legno e drenaggi in pietra, l'impianto ha retto a più morbide stagionali e alle alluvioni del novembre 2000 e 2002, con innalzamento del livello dell'acqua di oltre 20 metri, completa immersione della vegetazione e quote del pelo libero dell'acqua di circa 2 metri al di sopra del piano di campagna. Tali fenomeni si sono protratti per circa 4-5 giorni ciascuno e le portate sono aumentate da 200 a 1400 mc/sec.. Nelle immagini che seguono viene evidenziata anche l'area dove non è stata realizzato il consolidamento, area che ha svolto la funzione di parcella testimone, crollando a seguito degli eventi sopra citati ed arretrando di circa 10 metri, con alberi d'alto fusto divelti. Questo ha dimostrato l'effettiva efficacia di questo tipo di intervento che invece ha impedito qualunque erosione e cedimento.

