

# CONTROLLO E PREVENZIONE DELL'EROSIONE FLUVIALE CON CONTENITORI FLESSIBILI

**I FENOMENI EROSIVI LEGATI ALL'AZIONE DELL'ACQUA SU ARGINATURE O STRUTTURE IN ALVEO DEVONO ESSERE CONSIDERATI NELLA PROGETTAZIONE DELLE INFRASTRUTTURE, AL FINE DI PREVEDERE E DIMENSIONARE SOLUZIONI CHE NE LIMITINO IL PIÙ POSSIBILE GLI EFFETTI**

**L'**erosione è il risultato dell'azione della corrente fluviale che mobilita e trasporta i sedimenti dell'alveo; i materiali sciolti ne sono in genere più soggetti a differenza di quelli coesivi. Rispetto a una determinata struttura, tale azione può avvenire sia in direzione tangenziale sia ortogonale [1]. Esistono diverse soluzioni che possono essere adottate per proteggere le strutture con l'utilizzo di materiali e sistemi tra loro molto differenti, ma che in comune devono avere resistenza meccanica e resistenza alla degradazione chimica, al fine di essere realmente efficaci e durevoli nel tempo [2].

## I CONTENITORI FLESSIBILI FILTER UNIT

Un sistema che di recente viene molto utilizzato per questo tipo di impiego sono i contenitori flessibili tipo Filter Unit.

Si tratta di sacconi realizzati con una rete a maglia romboidale, che vengono riempiti con pietrame di pezzatura varia (50÷200 mm), per un peso di 2 o 4 t a seconda del modello (Figura 1). La rete è costituita da un filato in poliestere, tessuto con telai tipo "Raschel", che creano una struttura indemagliabile (in caso di rottura di una maglia il danno non si propaga alle maglie adiacenti). Filter Unit ha un unico punto di sollevamento, che semplifica in modo importante le operazioni di movimentazione e posa in opera.

I vantaggi che rendono questa soluzione competitiva sono, in maniera sintetica, i seguenti:

- la superficie scabra e irregolare ostacola l'insorgere dell'azione erosiva;
- la flessibilità consente l'adattamento al piano di posa, prevenendo la necessità di opere di sbancamento e livellamento dei fondali;
- la rapidità di posa permette l'impiego di un numero limitato



1. Un particolare dei Filter Unit riempiti di pietrame

di mezzi e persone e può svolgersi sia in condizioni on-shore che off-shore;

- le fibre del filato sono trattate con resine antiossidanti, che garantiscono una durabilità di 30 anni del prodotto se esposto ai raggi UV e di 50 anni se completamente immerso. Tale caratteristica li rende maggiormente "longevi" rispetto alle soluzioni tradizionalmente utilizzate;
- in caso di cedimento del piano di appoggio, la struttura è facilmente ripristinabile, aggiungendo ulteriori elementi in sommità;
- il materiale della rete è il medesimo delle reti da pesca e non contiene sostanze dannose per l'ecosistema, che possono essere rilasciate per lisciviazione o contatto con sali disciolti in acqua;

- gli interstizi presenti nel pietrame contenuto nei sacconi creano un habitat naturale per molte specie animali e vegetali. L'intervento, pertanto, è ambientalmente compatibile ed è poco impattante dal punto di vista estetico.

I Filter Unit possono anche essere impiegati per interventi di ripristino in somma urgenza, ad esempio nel caso di collassi arginali dovuti a fenomeni alluvionali o di dissesto idrogeologico. Per definire dimensioni, tipologia e distribuzione dei Filter Unit è necessario valutare la stabilità dell'elemento alla traslazione orizzontale, basata sull'equilibrio tra la spinta esercitata dalla corrente e la forza di attrito, quest'ultima dipendente dal peso del contenitore riempito. Da tale bilancio si ricava la velocità limite della corrente caratteristica per un singolo o per un gruppo di Filter Unit: tale velocità per un gruppo di sacconi è pari a circa 1,5 volte la velocità critica per un singolo elemento.

### LA PROTEZIONE DELLE PILE DI PONTI

Una delle applicazioni principali dei Filter Unit riguarda la protezione di strutture in alveo come le pile dei ponti, manufatti particolarmente soggetti a erosione per fattori quali:

- le variazioni globali del profilo del corso d'acqua, indipendenti dalla presenza del ponte;
- l'aumento locale della velocità della corrente dovuto al restringimento della sezione;
- la deviazione del flusso idrico indotta dalla presenza delle strutture, che causa un ulteriore aumento locale della velocità.

Un caso di questo tipo si è verificato presso due pile del ponte delle Rovine posate nell'alveo del torrente Pellice, in località Villar Pellice (TO). Il fenomeno erosivo è divenuto così rilevante da richiedere un intervento di sistemazione al fine di garantire la stabilità del ponte [3].

I Filter Unit da 2 t sono stati individuati come soluzione al problema; sono stati posizionati attorno alla pila e collegati sia tra loro, sia alla struttura stessa, mediante un cavo di acciaio passante, attraverso gli anelli di sollevamento (Figura 2). Ad integrazione è stato realizzato anche un intervento di consolidamento delle fondazioni mediante micropali, collegati in sommità tramite un cordolo.



2. L'intervento presso il ponte delle Rovine, a Villar Pellice (TO)

Sono state posizionate in tutto tre file di Filter Unit di 18 elementi ciascuna, con disposizione sfalsata di mezzo diametro. Come ulteriore protezione, i sacconi sono stati poi ricoperti con del materiale inerte direttamente prelevato dall'alveo.

### LA PROTEZIONE AL PIEDE DI STRUTTURE ARGINALI

Il rinforzo alla base degli argini è un altro ambito in cui i Filter Unit vengono estesamente impiegati. L'utilizzo può essere legato sia a lavori di prevenzione sia a lavori di ripristino dovuti a marcati fenomeni erosivi o, nei casi peggiori, di collasso.

Un primo esempio è il rinforzo degli argini presenti in prossimità dell'idrovora Planais, impianto deputato alla prevenzione degli allagamenti della zona industriale Aussa-Corno in provincia di Udine. Il lavoro è stato eseguito contestualmente al potenziamento dell'impianto idrovoro, che si trova subito a valle di una curvatura del canale in ingresso. La stabilità degli argini a monte e a valle del manufatto è stata indagata valutando la spinta della corrente in arrivo, dovuta alla curvatura dell'alveo, e l'erosione laterale causata dalla corrente in uscita dall'impianto. Da tali verifiche è risultato necessario un intervento di protezione arginale che contrastasse efficacemente la spinta della corrente, garantendo al contempo un'elevata durabilità in presenza d'acqua in movimento e sotto l'azione dei raggi UV.

Oltre a questo, era richiesta una soluzione che fosse rapida da posare, facilmente adattabile a eventuali irregolarità del piano di posa, che prevedesse l'utilizzo di materiale lapideo di ridotte dimensioni rispetto al tradizionale rip-rap, facilmente reperibile nelle zone di cantiere, che evitasse la formazione di sottospinte idrauliche e che si inserisse completamente nel contesto paesaggistico. I Filter Unit da 2 t hanno risposto in modo positivo a tutti



3A e 3B. Particolare dell'argine a monte a intervento eseguito e dopo dieci anni: si nota come la vegetazione abbia "colonizzato" i Filter Unit, rendendoli quasi invisibili



4. Il collasso arginale dopo l'alluvione del 2012



6. L'argine durante la piena del 2014

questi requisiti progettuali e sono stati scelti per la realizzazione dell'intervento. Preliminarmente alla posa dei sacconi riempiti di pietrame è stata posizionata una palificata al piede dell'argine; successivamente, sono state messe in opera due file di elementi, con la seconda posizionata a quinconce e arretrata di mezzo diametro rispetto alla prima. A distanza di circa dieci anni, è stata condotta una breve visita ispettiva sul posto che ha evidenziato come i Filter Unit siano ancora intatti, posizionati in modo corretto e ben integrati nel paesaggio circostante (Figure 3A e 3B). Un secondo esempio è relativo ai lavori di ripristino di un argine del fiume Tevere, presso il circolo sportivo della Corte dei Conti a Roma, a seguito di un collasso verificatosi dopo la piena del fiume del 14-15 Novembre 2012 (Figura 4). I fenomeni franosi sono stati causati principalmente dalla rapida diminuzione del livello del fiume a seguito dell'evento alluvionale [4].

Mediante modelli numerici, è stato studiato l'andamento della filtrazione e le sue evoluzioni in regime vario nel corpo arginale e successivamente sono state indagate la stabilità dell'argine prima della rottura e in corrispondenza di un idoneo rinforzo, al fine di definire i requisiti dell'intervento di ripristino [5 e 6]. Si è realizzata una struttura in grado di resistere alle variazioni di pressioni neutre causate dalle piene, mediante l'utilizzo di un terreno granulare ad elevata permeabilità abbinato a materiali geosintetici. Preliminarmente, sono state eseguite la pulizia e la riprofilatura del pendio e, in seguito, sono state installate due file di Filter Unit da 4 t al piede dell'argine.

L'argine è poi stato rinforzato mediante la stesa di geogriglie in poliestere rivestito in PVC del tipo Edilgrid 35/20, con spaziatura

verticale pari a 80 cm e l'impiego di un terreno granulare compattato sia per la zona rinforzata che a tergo. Infine, è stata stesa una geostuoia per trattenere il materiale fine (Figura 5). Il rinforzo basale con i Filter Unit è stato scelto principalmente per la semplicità di posa, nonché per la durabilità del prodotto nel tempo. La struttura è già stata testata da una nuova piena del Tevere, di analoghe caratteristiche a quella del 2012, nel Febbraio del 2014. L'argine rinforzato, pertanto, è stato sollecitato all'incirca allo stesso modo e in questo caso non ci sono state evidenze di fenomeni deformativi o di rotture globali della struttura (Figura 6).

## CONCLUSIONI

Gli esempi descritti in questo contributo hanno evidenziato come i contenitori flessibili Filter Unit siano una valida misura per la realizzazione di opere di protezione dall'erosione fluviale di strutture in alveo e di arginature. Questa soluzione in materiale polimerico presenta come vantaggi principali la durabilità nel tempo, l'economicità dell'intervento - legata alla rapidità di installazione - e la compatibilità ambientale, caratteristiche che la rendono un'alternativa tecnicamente valida ed economicamente competitiva rispetto ai sistemi tradizionali. ■

<sup>(1)</sup> Ingegnere Ambientale di Geosintex Srl

<sup>(2)</sup> Ingegnere Civile Geotecnico di Geosintex Srl



5. L'argine ripristinato

## Bibliografia

- [1]. L. Da Deppo, C. Datei, P. Salandin - "Sistemazione dei corsi d'acqua", Terza edizione, Edizioni Libreria Cortina Padova, 2000.
- [2]. F. Bigalli, D. Cazzuffi, S. Di Maio - "La stabilizzazione delle sponde di corsi d'acqua", Atti XVI Convegno Nazionale di Geotecnica, vol. 1, Bologna, pp. 111-122, 1986.
- [3]. Autorità di Bacino del fiume Po, Parma - "Linee generali di assetto idrogeologico e quadro degli interventi bacino del Pellice".
- [4]. Centro funzionale regionale - "Rapporto di evento del 11-16 Novembre 2012", Regione Lazio, 2012.
- [5]. S. Cuomo, L. Frigo, M. Manzo - Reinforcement of fluvial levees: a case study of Tevere river (Italy), atti della 10 ICG, 21-25 Settembre 2014, Berlino, Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. Editor, ISBN: 978-3-9813953-9-6, pp. 1-8, 2014a.
- [6]. S. Cuomo, L. Frigo, M. Manzo - "Rinforzo di argini fluviali: il caso studio del Fiume Tevere", XXVII Convegno Nazionale Geosintetici, Bologna, 22 Ottobre, Patron Editore Bologna, ISBN: 978-88-555-3286-0, pp. 87-93, 2014b.