

Le opere

Le opere di difesa

**Le opere di derivazione
delle acque superficiali**

**Le opere di immissione
nelle acque superficiali**

Le opere di difesa

Come già accennato all'inizio di questo Manuale, la sistemazione dei bacini idrografici ha l'obiettivo di contenere gli effetti del dissesto idrogeologico, impedendone, dove possibile, la manifestazione.

Gli interventi che si realizzano sul territorio hanno finalità diverse: proteggere le sponde dall'erosione, impedire l'approfondimento del fondo alveo, correggere la pendenza, trattenere il materiale solido per ridurre il volume di sedimenti trasportato e magari stabilizzare il piede di versanti instabili, contenere all'interno dell'alveo il volume liquido e solido per ridurre il sovralluvionamento, correggere il profilo longitudinale del corso d'acqua, ...

Queste manifestazioni spesso interagiscono con le attività antropiche, per salvaguardare le quali è necessario, talvolta, intervenire anche in aree molto lontane dalle zone di interesse o con interventi distribuiti sull'intero bacino. Si realizzano così svariate tipologie di opere, con caratteristiche differenti a seconda della loro funzione e localizzazione: alcune più peculiari della parte montana di un bacino ed altre più tipiche dei tratti di pianura.

Nella trattazione che segue le opere sono descritte seguendo la classificazione del Sistema Informativo Catasto Opere di Difesa SICOD della Regione Piemonte, che raccoglie in maniera organizzata le informazioni relative alle opere di difesa. I tipi di opere e le loro caratteristiche sono state desunte dalle tipologie più diffuse nell'ambito della nostra regione.



Forte Giaura – Valle Roia (Francia)

OPERE IDRAULICHE

Opere trasversali

BRIGLIA

Scheda BR

SOGLIA

Scheda SO

PENNELLO

Scheda PE

Opere longitudinali

DIFESA DI SPONDA

Scheda DS

ARGINE

Scheda AR

CANALIZZAZIONE

Scheda CA

Scolmatore e canale di gronda

Scheda SC

Opera speciale

Scheda SP

Cassa di espansione vasca di laminazione

Scheda CV

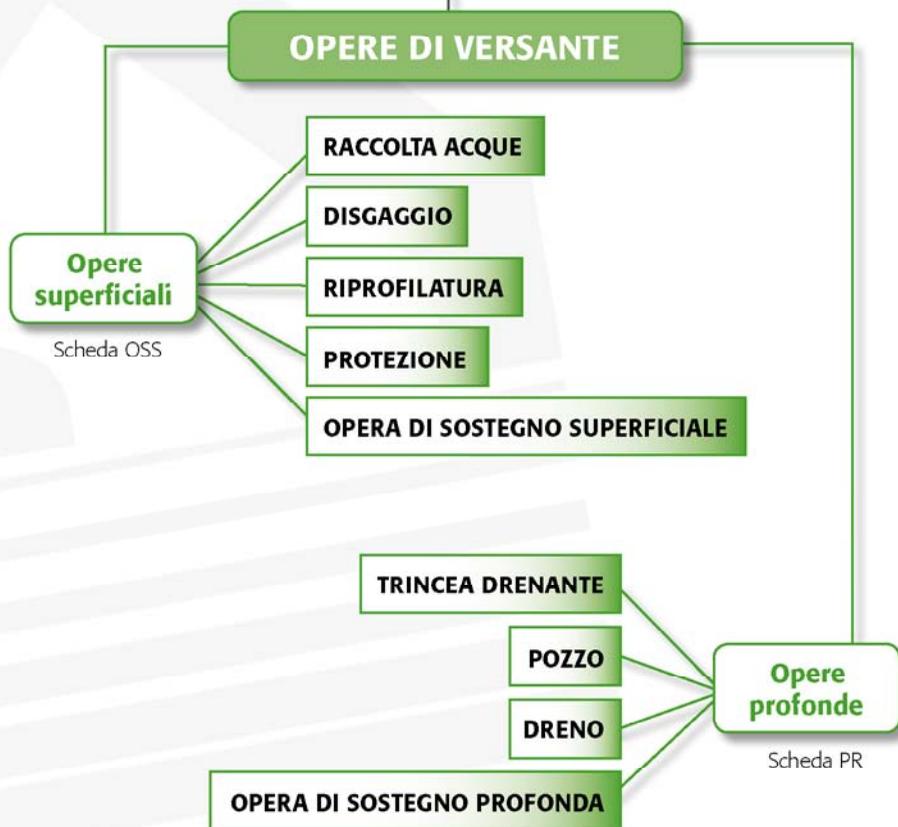
Ponte

Scheda PO

Attraversamento e guado

Scheda AG

DI DIFESA



Le opere di difesa sono molte. Per cercare di classificarle, la prima distinzione è stata fatta tra due grandi classi: le **opere idrauliche**, che vengono realizzate lungo un corso d'acqua e le **opere di versante**, finalizzate alla stabilizzazione o alla difesa dai fenomeni di instabilità dei versanti.

All'interno delle due classi si distinguono poi alcune categorie di opere, che ora descriviamo.

Per le opere di versante, la descrizione presente in questo Manuale è data solo per completezza di informazione sul SICOD.

Il testo è organizzato in modo da presentare la descrizione di ogni opera sotto forma di una scheda, che ne fornisce una breve descrizione sulle funzioni principali che esercita e sulle caratteristiche geometriche che rileviamo in sito. Le immagini serviranno per facilitare la comprensione delle descrizioni, il riconoscimento in sito e presentare i casi più frequenti sullo stato dell'opera richiesto dal monitoraggio.



Serie di briglie e controbriglie per trattenere il materiale solido trasportato dal torrente

OPERE IDRAULICHE

Le opere idrauliche si compongono di due categorie principali: le **opere trasversali** e le **opere longitudinali**. Vi sono poi ancora opere come gli scolmatori, le casse di espansione, che sono a sé stanti. Queste ultime non saranno oggetto di rilevamento e verranno descritte per completezza di informazione. Nel SICOD, fanno parte della classe delle opere idrauliche anche infrastrutture non strettamente di difesa, ma fondamentali per l'impatto che esercitano sul corso d'acqua: gli attraversamenti e i ponti, il cui censimento permette di avere una visione completa di ciò che interferisce con il corso d'acqua.

MONITORAGGIO

Il SICOD raccoglie anche informazioni relative alla funzionalità delle opere, cioè alla capacità di un'opera di difesa di assolvere al compito per il quale è stata progettata. Il monitoraggio è definito relativamente alle sole opere idrauliche. Per quelle di versante, infatti, si tratta spesso di opere interrato o di insiemi di strutture di cui è troppo aleatorio e complesso giudicare "a vista" la funzionalità in relazione al dissesto, senza avere a disposizione dati misurati, derivanti da una serie temporale di misure.

Per opere realizzate con tecniche naturalistiche, è possibile comunque esprimere un giudizio sullo stato di conservazione del manufatto e sull'efficienza della componente vegetale.

Per le opere idrauliche la funzionalità può essere invece definita anche visivamente. Il giudizio che esprimiamo è in relazione allo stato di conservazione dell'opera e al suo probabile comportamento in caso di piena. Per ogni struttura quindi cerchiamo di definire la sua capacità di rispondere all'azione dell'acqua a partire dalle sue condizioni (erosione, interrimento, dissesto strutturale...), che effettivamente possiamo vedere.

Il monitoraggio si riferisce pertanto alla condizione e allo stato di conservazione in cui si trova l'opera al momento del sopralluogo. Non diamo informazioni sull'efficienza dell'opera in relazione al sistema torrente, considerazione che non potrebbe derivare dalla semplice osservazione visiva.

Ad esempio una scogliera completamente interrata e sommersa dal detrito, ovvero totalmente scalzata rispetto al piano di fondazione originario è giudicata inefficiente in quanto non più in grado di svolgere quell'azione antiersiva per cui era stata realizzata. Sarà necessario almeno un intervento di svuotamento o, nel caso opposto, di sottomurazione, per

portarla alle originarie condizioni di lavoro. Ma è possibile che, nell'assetto generale del corso d'acqua, quella difesa sia comunque ormai posta in una posizione, dove non ha più alcuna utilità. Questo giudizio, a scala più generale e che implica un ragionamento sul complesso del sistema difensivo, non è espresso dal monitoraggio che si effettua per il SICOD. Al massimo, se lo percepiamo, lo possiamo indicare nelle note.

Il monitoraggio ha un carattere strettamente puntuale.

Pur non essendo opere di difesa idraulica, per i ponti valutiamo la funzionalità del manufatto in quanto opera che consente l'attraversamento di mezzi e persone e non la sua capacità di farsi attraversare dall'acqua, ovvero la sua efficienza idraulica, che si può determinare solo con valutazioni di tipo idraulico e non con considerazioni fatte "a vista". Fanno eccezione rari casi, magari dopo eventi alluvionali, di attraversamenti completamente interrati, in cui la *luce* libera è scomparsa.

La necessità di intervento suggerita è riferita quindi solo al miglioramento della funzionalità dell'opera, sempre svincolata dall'intero contesto del corso d'acqua. Questo consente anche di chiarire che, con il monitoraggio, non si esprimono giudizi in merito alla bontà o meno di aver costruito un'opera di difesa in un dato sito. Questo tipo di giudizio comporterebbe indagini più approfondite ed estese ad un tratto significativo del corso d'acqua e sulla azione dell'opera, in quel punto, nel tempo.

Tenendo presente queste importanti considerazioni, il monitoraggio indica lo stato dell'opera, lo stato di efficienza e la necessità di intervento.

Con lo **stato dell'opera** intendiamo valutare se l'opera è:

- in **dissesto strutturale**, cioè quando è compromessa la struttura;



Ponte in dissesto strutturale

- **interrata / in deposito**, quando il materiale solido accumulato contro o sull'opera impedisce la funzione per cui era stata realizzata;



Difesa di sponda interrata a seguito di intervento di pulizia dell'alveo

- **scalzata o erosa**, se l'acqua ha scavato le fondazioni o le ha rese sospese;



Spalla erosa di un ponte

- **sifonata**, quando l'acqua si è aperta una via di scorrimento al di sotto delle fondazioni, mettendo a rischio la stabilità stessa dell'opera.



Briglia in dissesto strutturale per sifonamento

Sulla base dello stato dell'opera, è così possibile definire l'**efficienza**, cioè se l'opera è in grado di svolgere la funzione per cui è stata realizzata. Quindi ad esempio se una difesa di sponda svolge il suo compito di protezione dall'erosione o l'argine quello di contenere i livelli di piena.

Nei casi ritenuti opportuni, in base allo stato rilevato dell'opera, si suggerisce un intervento possibile (**necessità di intervento**), distinguendo tra:

- la **manutenzione** e il **ripristino** intendendo quelle azioni mirate a migliorare l'attuale stato dell'opera, ad esempio risistemando l'assetto dei massi di una scogliera o ripristinando il paramento di un muro di una briglia erosa, ...;
- il **prolungamento** o **completamento** quando sia necessario il prolungamento dell'opera magari perché si è attivata una nuova erosione in continuità dell'opera o quando l'opera è rimasta incompleta;
- la **pulizia** in genere segnalata per quelle opere sulle quali è cresciuta a dismisura la vegetazione, che può anche mettere a rischio la stabilità del paramento delle scogliere o degli argini o delle briglie;

- la **sottomurazione** quando si presentano fenomeni di erosione e scalzamento delle fondazioni;
- lo **svuotamento** che indichiamo quando registriamo un interrimento e l'ostruzione della luce di un ponte a causa dell'accumulo di materiale solido;
- la **ricostruzione** che è sempre segnalata nel caso in cui l'opera sia in dissesto strutturale. Ancora una volta sottolineiamo che, questa indicazione si riferisce al solo fatto che l'opera è danneggiata e non si intende suggerire nulla sull'opportunità che l'opera sia ricostruita in quel punto. Questa indicazione non viene fornita in casi eclatanti, come ad esempio per i ponti distrutti di cui sono ancora visibili alcuni elementi della struttura, ma accanto ai quali è stato ricostruito un nuovo manufatto.

OPERE TRASVERSALI

Le opere trasversali sono così chiamate perché realizzate perpendicolarmente alla direzione di scorrimento della corrente.

Sono opere caratteristiche delle parti montane e collinari di un bacino ed hanno funzioni di trattenuta del materiale solido, stabilizzazione del fondo alveo e delle sponde. Possono però essere presenti, con obiettivi un po' differenti, anche nelle zone di pianura.

Fanno parte di questa categoria: le briglie, le soglie e le traverse, i pennelli.

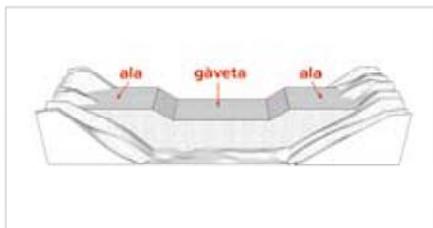
Scheda BR

• Briglia

La briglia è un'opera destinata alla correzione dell'assetto dei corsi d'acqua. Spesso una briglia assolve a tre compiti. Il suo scopo principale è generalmente di trattenere il materiale solido trasportato dalla corrente, creando dei veri e propri bacini di accumulo (**briglia di sbarramento**). Essendo un'opera fissa e stabile lungo il torrente, ha anche la funzione di stabilizzare il fondo alveo, impedendone l'abbassamento. Infine, il progressivo riempimento alle sue spalle, modifica la pendenza del corso d'acqua, annullandone la capacità erosiva (**briglia di accumulo**) e favorendo la stabilizzazione delle sponde.

Esistono molti tipi diversi di briglia per forma e dimensioni, in relazione all'obiettivo da raggiungere o alle caratteristiche geografiche del territorio.

Dal punto di vista costruttivo, la briglia è come un muro di sbarramento. La rappresentazione più caratteristica della briglia è quella con le ali e la gaveta.



Rappresentazione schematica di una briglia di trattenuta

Le **ali** sono la parte del manufatto che si attesta sui versanti orografici sinistro e destro. A volte l'ala può spingersi molto addentro al versante per ragioni di stabilità.

La **gaveta**, non sempre presente, è la parte ribassata del coronamento, può avere sezione trapezia, per favorire ed indirizzare il passaggio della corrente nei periodi di regime ordinario e non favorire fenomeni di aggramento.

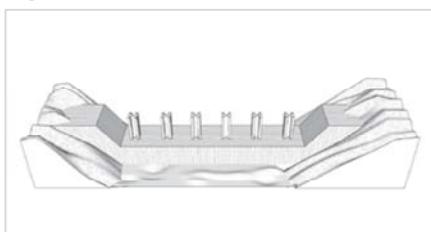
Alla base del manufatto è in genere prevista una **platea di dissipazione** (classificata dal SICOD come canalizzazione fondo alveo) per evitare lo scalzamento del piede della briglia, causato dal salto d'acqua che si viene a determinare.

Il SICOD distingue due tipologie di briglia:

- **di trattenuta**: trattiene completamente il materiale solido portato dall'acqua;



Briglia di trattenuta



Rappresentazione schematica di una briglia filtrante

- **filtrante**: consente il passaggio dei materiali più fini attraverso apposite aperture o pettini.



Briglia filtrante



Briglia filtrante a pettine

Tipologie ibride vanno ricondotte a queste due, in base alla funzione prevalente.



Briglia ibrida, classificata di trattenuta per la funzione prevalente

Le caratteristiche geometriche che rileviamo sono:

larghezza (m): dimensione misurata nella direzione di scorrimento dell'acqua;

lunghezza (m): dimensione del corpo della briglia, nella direzione perpendicolare allo scorrimento dell'acqua. Spesso coincide con la larghezza della sezione d'alveo. Non si tiene conto della lunghezza delle ali di ammassamento, quando si prolungano all'interno del *terreno di imposta*, anche perché non è una misura rilevabile;

altezza (m): misurata alla gaveta. Per le briglie filtranti non si considera l'altezza dei pettini. L'altezza è sempre quella della parte in elevazione, senza *taglioni* e fondazioni.

Le opere possono essere realizzate in cemento armato, veri e propri muri, o in legname e pietrame secondo le tecniche di ingegneria naturalistica, o in massi a secco o cementati. Sono davvero molte le soluzioni costruttive.



Briglia in legname e pietrame



Briglia ad arco con paramento in metallo

MONITORAGGIO



Briglia costruita con muri cellulari, danneggiata



Briglia (opera militare) sospesa per erosione e scalzamento delle fondazioni



Briglia interrata prossima al termine della sua capacità di trattenuta

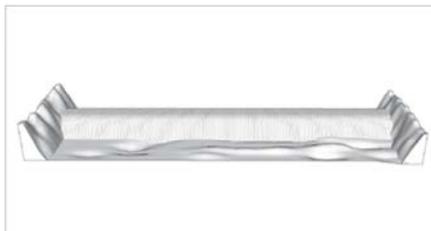


Briglia in dissesto strutturale

Scheda SO

• Soglia

La funzione della soglia è di stabilizzare il fondo dell'alveo. Generalmente non emerge sensibilmente dall'alveo ed è progettata per realizzare la pendenza di equilibrio, fissando localmente l'altimetria: impedisce l'erosione di fondo e quindi l'approfondimento, fenomeno pericoloso in presenza di altre opere, come ponti o difese longitudinali.

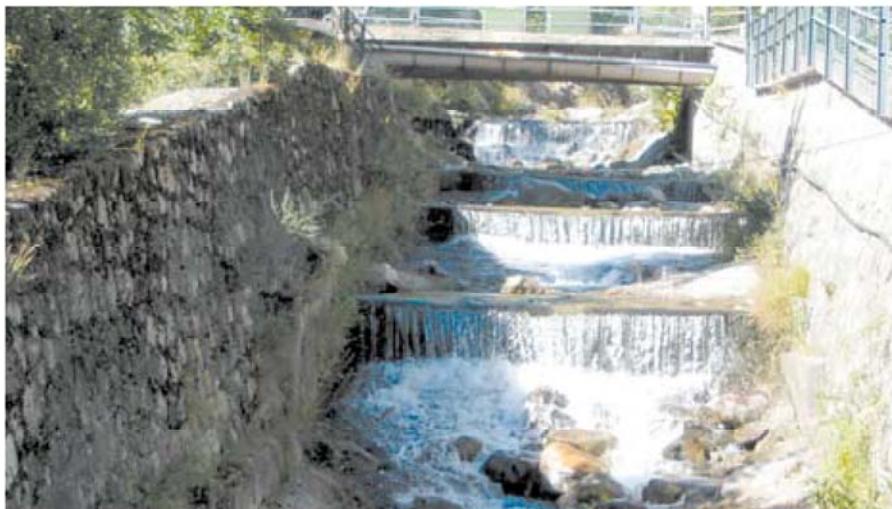


Rappresentazione schematica di una soglia



Soglia o salto di fondo in pietrame e profilati in acciaio

La soglia può spesso far parte di una sequenza di soglie, che fissano il profilo di equilibrio, soprattutto in associazione ad opere longitudinali di cui si vuole impedire l'erosione. È frequente la presenza di una soglia a valle di un ponte, per impedire che il corso d'acqua si approfondisca, mettendo in crisi le fondazioni del manufatto.



Batteria di soglie a protezione del ponte e delle opere longitudinali dall'erosione

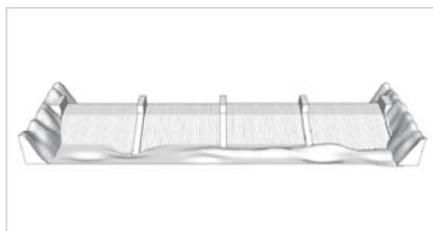


Soglia a valle di un ponte per impedire l'erosione delle pile



Combinazione di soglia e ponte

Una particolare tipologia di soglia è la traversa.

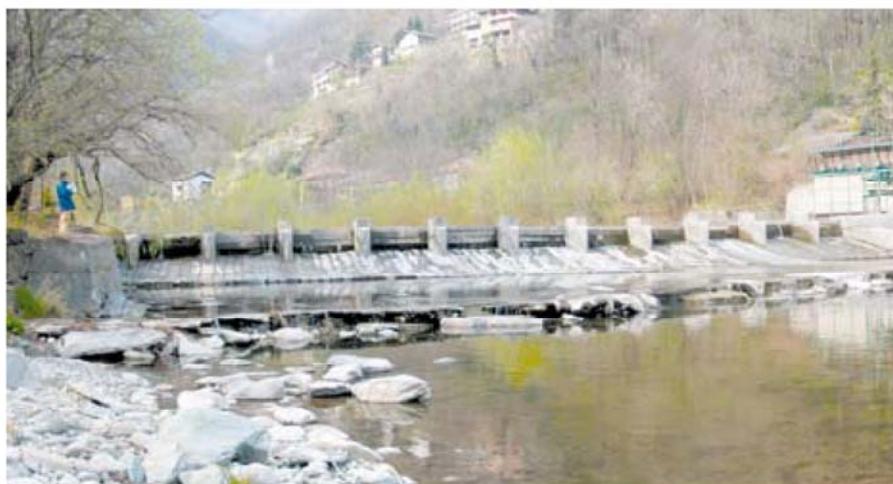


Rappresentazione schematica di una traversa

- **Traversa:** qualsiasi opera trasversale destinata alla derivazione d'acqua. Il suo scopo principale è quello di derivare una certa portata d'acqua dal corso principale, ma anche di fissare la quota di fondo alveo, obiettivo tipico della soglia.



Traversa di derivazione



Traversa di derivazione

Il significato delle caratteristiche geometriche da rilevare è:

larghezza (m): dimensione misurata nella direzione di scorrimento dell'acqua;

lunghezza (m): dimensione del corpo della soglia, nella direzione perpendicolare allo scorrimento dell'acqua;

altezza (m): della parte in elevazione, senza tagli e fondazioni.

I materiali con cui sono realizzate le traverse sono il cemento armato, i massi di cava, ma sono possibili anche altre combinazioni e altri materiali.

Quando le traverse costituiscono dei veri e propri sbarramenti con organi di manovra consistenti e paratoie, il SICOD le classifica come Opere Speciali. In questo manuale la loro descrizione puntuale e dettagliata è affidata al capitolo "Le opere di derivazione delle acque superficiali".

MONITORAGGIO



Traversa in dissesto per erosione del rivestimento esterno



Soglia interrata e non più efficiente

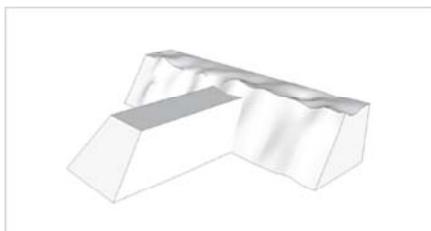


Soglia in dissesto strutturale

Scheda PE

• Pennello

Il pennello è un'opera trasversale che ha la funzione di indirizzare la corrente, allontanandola dalla sponda in cui si intesta. Questo consente di proteggere la sponda dall'azione erosiva dell'acqua e, in base alla disposizione e all'ambito, di favorire l'accumulo di sedimenti lungo la sponda, ricostituendola.



Rappresentazione schematica di un pennello



Pennello in massi d'alveo cementati



Pennello in gabbioni



Pennello in gabbioni

Il significato delle caratteristiche geometriche che rileviamo è:

larghezza (m): dimensione minore;

lunghezza (m): dimensione maggiore;

altezza (m): della parte in elevazione, senza tagli e fondazioni.

I pennelli possono essere realizzati in batteria, cioè ne viene costruita una serie e l'azione di protezione è svolta dall'insieme dei pennelli.

I pennelli sono realizzati in cemento armato, in massi di cava o d'alveo a secco o cementati, con tecniche di ingegneria naturalistica, in gabbioni.

MONITORAGGIO



Batteria di pennelli in dissesto strutturale



Pennello in calcestruzzo in dissesto strutturale



Pennello in calcestruzzo in dissesto strutturale



Pennello eroso

OPERE LONGITUDINALI

Le opere longitudinali sono disposte parallelamente alla direzione di scorrimento dell'acqua.

Sono molto frequenti lungo un corso d'acqua sia nelle parti montane che di pianura del bacino. In funzione dell'ambito in cui devono operare, possono variare le tipologie, ma il loro obiettivo resta quello di difendere dall'erosione le sponde e/o di contenere i livelli idrici all'interno della zona attiva dell'alveo o sulle aree che si è progettato di destinare alla piena.

Fanno parte di questa categoria: le difese di sponda, gli argini, le canalizzazioni, ciascuna poi con le proprie tipologie.

Scheda DS

• Difesa di sponda

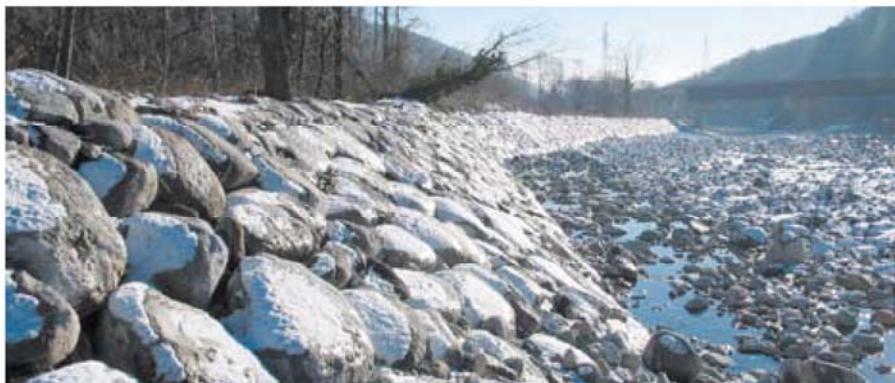
La difesa di sponda è un'opera che ha il compito di proteggere le sponde dall'erosione del corso d'acqua.

Sotto questo nome distinguiamo alcune tipologie:



Rappresentazione schematica di scogliera

- **scogliera**: è una struttura flessibile costituita da massi di grandi dimensioni ($0,5-1 \text{ m}^3$) reperiti da cave o in alveo. Gli spazi tra i massi possono essere intasati con calcestruzzo o terra, per favorirne la coesione;



Scogliera in massi d'alveo a secco



Scogliera in massi di cava a secco



Scogliera in massi di cava cementati



Scogliera di massi d'alveo cementati

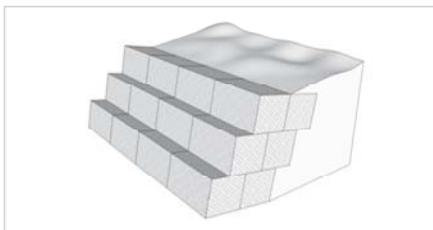


Rappresentazione schematica di difesa spondale tipologia muro

- **muro**: struttura rigida realizzata in calcestruzzo o in pietrame, con paramento verticale;



Difesa spondale realizzata con muro in cemento armato rivestito, con scogliera a protezione delle fondazioni



Rappresentazione schematica di difesa in gabbioni

- **gabbionata**: struttura flessibile costituita da parallelepipedi o cilindri (*gabbioni*) realizzati in rete metallica zincata, riempiti di pietrame reperibile in loco;



Gabbionata



Gabbionata



Rappresentazione schematica di difesa spondale con un tipo di intervento in ingegneria naturalistica

- **ingegneria naturalistica**: sono comprese con questo termine tutte le opere che impiegano materiale vegetale vivo in associazione a inerti quali legname, massi, acciaio. La varietà è davvero molto ampia.



Difesa di sponda con palificata a doppia parete e scogliera

Il significato delle caratteristiche geometriche che rileviamo è il seguente:

lunghezza (m): dimensione longitudinale dell'opera;

altezza (m): dimensione della parte in elevazione misurata sulla verticale, senza tagli e fondazioni.

Per gli interventi realizzati con tecniche di ingegneria naturalistica, si intende l'altezza di sponda, misurata sulla verticale, interessata dagli interventi.

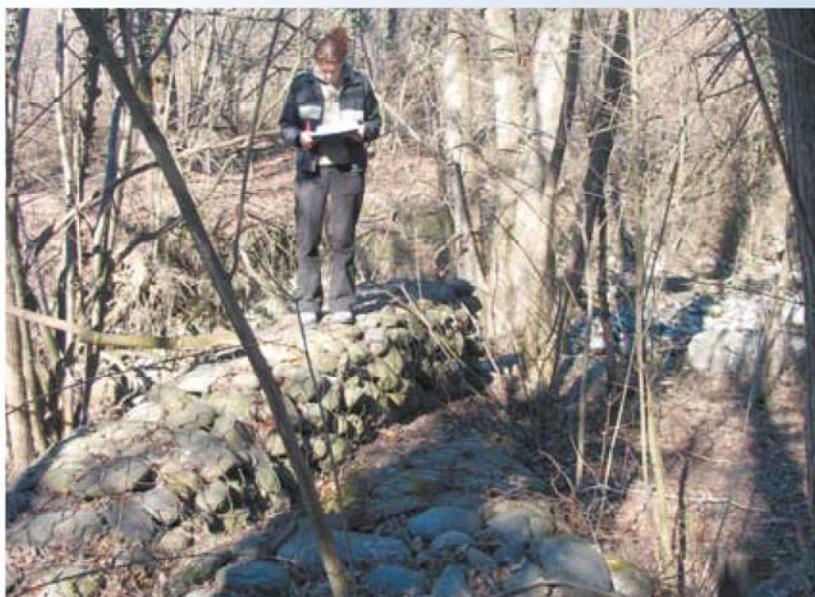
MONITORAGGIO



Muro in dissesto strutturale per erosione, quindi inefficiente



Gabbionata in dissesto strutturale, quindi inefficiente



Gabbionata interrata e sommersa dalla vegetazione che necessiterebbe di pulizia e svuotamento



Scogliera interrata



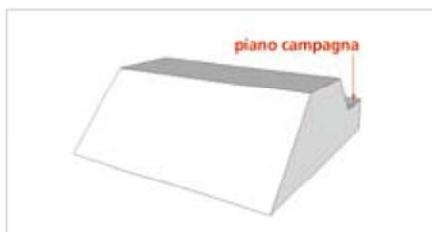
Scogliera con fondazioni sospese a causa dell'erosione. È necessaria una sottofondazione

Scheda AR

• Argine

L'argine è una qualsiasi opera longitudinale, la cui quota di *coronamento* è maggiore della quota del piano campagna che protegge. Il suo obiettivo principale è di contenere la portata di piena di progetto e il materiale solido trasportato ed evitare l'esondazione.

Distinguiamo le seguenti tipologie di argine:

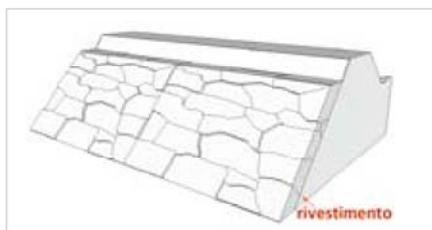


Rappresentazione schematica di argine inerbito

- **inerbito**: si intende l'argine in terra classico, caratteristico dei grandi corsi d'acqua, realizzato in terra sul quale viene fatta crescere l'erba;



Argine inerbito



Rappresentazione schematica di un argine rivestito

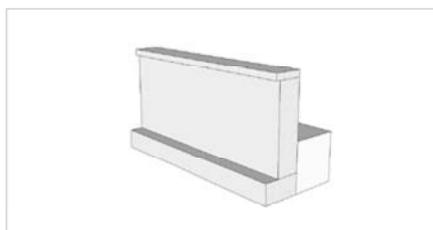
- **rivestito**: è come l'argine inerbito ma, sul paramento lato fiume, sono state realizzate opere di protezione antierosiva (*materassi tipo Reno*, scogliera, gettate di cemento, ...);



Argine rivestito in massi di alveo



Argine rivestito con gettata di cemento



Rappresentazione schematica di argine realizzato con muro

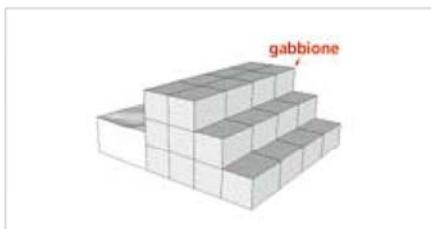
- **muro**: realizzato in calcestruzzo o in pietra;



Argine tipologia muro visto dal lato del piano campagna



Argine tipologia muro visto dal lato del torrente

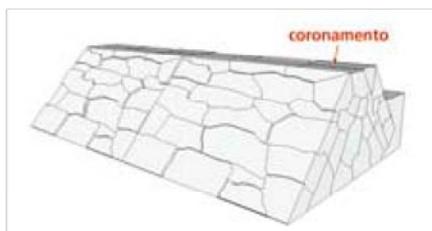


Rappresentazione schematica di argine in gabbioni

- **gabbioni**: si rimanda a quanto detto per le difese di sponda in gabbioni; in questo caso però il coronamento dell'opera è ad una quota superiore a quella di piano campagna.



Argine in gabbioni



Rappresentazione schematica di argine in massi

- **massi**: si tratta di veri e propri rilevati realizzati con massi di grande pezzatura (in genere di cava), cementati o a secco.



Argine in massi di cava a secco



Argine in massi a secco

Il significato delle caratteristiche geometriche che rileviamo è il seguente:

lunghezza (m): dimensione longitudinale dell'opera;

altezza (m): differenza di quota tra il coronamento dell'argine e la quota del piano campagna, misurata quindi a tergo dell'argine, sul lato verso terra.

Nella nostra regione, nelle zone montane e collinari, gli argini hanno funzione di contenimento dell'acqua e del materiale solido trasportato dalla piena, per il solo periodo di transito, che è breve. Ecco perché è possibile incontrare argini realizzati con materiali filtranti (gabbioni, massi a secco).

In pianura, dove il transito della piena può anche durare giorni, queste tipologie non sono impiegate. Gli argini sono impermeabili, costruiti in terra con impiego di argilla o muri (centri abitati).

MONITORAGGIO



Argine rivestito con paramento in massi d'alveo eroso, da ripristinare con adeguata manutenzione

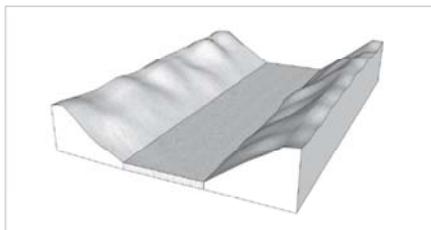


Argine rivestito con vegetazione da tagliare

Scheda CA

• Canalizzazione

La canalizzazione è la pavimentazione del fondo e delle sponde di un torrente, volta ad impedire approfondimenti dell'alveo e/o a favorire il transito del materiale solido trasportato dall'acqua. Ma con questo termine si intende anche la realizzazione di un manufatto artificiale (**tombinatura**) per consentire il passaggio dell'acqua al di sotto di infrastrutture (piazze, ferrovie, ...). Si distingue quindi tra tre tipologie di canalizzazione:



- **a sezione aperta fondo alveo:** con scopo antierosivo, in genere a protezione dall'erosione di difese di sponda o per aumentare la velocità dell'acqua o per proteggere il piede delle briglie;

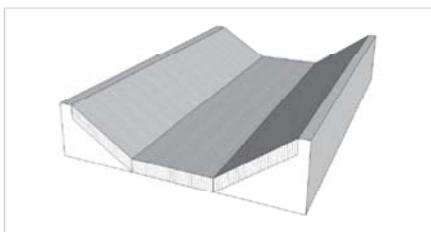
Rappresentazione schematica di canalizzazione del solo fondo alveo



Canalizzazione solo fondo alveo tra due ponti, per evitare fenomeni erosivi e per facilitare il transito del materiale solido trasportato dall'acqua



Canalizzazione del solo fondo alveo



- **a sezione aperta:** l'intera sezione è rivestita dallo stesso tipo di protezione, nota anche con il nome di **cunettone**;

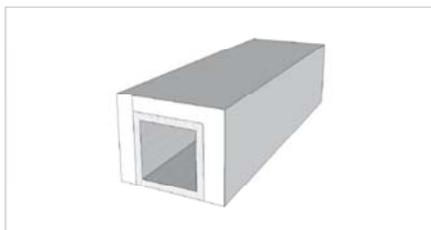
Rappresentazione schematica di canalizzazione a sezione aperta



Attraversamento tipologia tubazione e canalizzazione a sezione aperta in massi d'alveo



Canalizzazione in massi di cava cementati intervallata da soglie



- **a sezione chiusa:** si tratta di un vero e proprio manufatto che prevede il passaggio del corso d'acqua al suo interno.

Rappresentazione schematica di canalizzazione a sezione chiusa



Canalizzazione a sezione chiusa realizzata con tubazione



Canalizzazione a sezione aperta e chiusa

Le caratteristiche geometriche rilevate sono:

lunghezza (m): dimensione longitudinale dell'opera;

larghezza (m): della sezione, quindi misurata in senso trasversale rispetto alla direzione di scorrimento dell'acqua. Se questa non è regolare (ad esempio forma trapezia) si indica la minore;

altezza (m): del rivestimento delle sponde, quando si tratta di canalizzazione a sezione aperta. La dimensione è misurata sulla verticale;

sezione (m²): se si tratta di una tombinatura. Può essere un dato utile quando le sezioni non sono regolari;

diametro (m): delle tombinature a sezione circolare.

I materiali con cui sono realizzate le canalizzazioni sono in genere: massi di cava o d'alveo cementati o a secco, acciaio nel caso delle tubazioni, cemento armato, gabbioni.

MONITORAGGIO



Canalizzazione erosa a valle di una soglia



Canalizzazione erosa ed asportata

Le due tipologie di opere che seguono (scolmatore e canale di gronda; cassa di espansione, vasca di laminazione) non sono oggetto di rilevamento da parte delle GEV, ma vengono comunque descritte perché facenti parte del SICOD.

Scheda SC

SCOLMATORE E CANALE DI GRONDA

Lo scolmatore e il canale di gronda sono veri e propri canali artificiali, il cui scopo è di allontanare una parte della portata di piena di un corso d'acqua, recapitandola verso un altro canale o restituendola più a valle nello stesso corpo idrico. Si realizzano laddove il corso d'acqua, che ha una sezione insufficiente a smaltire la portata di piena, interferisce con abitati ed infrastrutture, e non è permessa l'esonazione.

I due termini indicano due opere differenti. Lo **scolmatore** si attiva solo in caso di piena, l'*incile* è ad una quota superiore a quella del corso d'acqua e la sua portata è regolata.

Il **canale di gronda** è sempre attivo, avendo l'incile alla stessa quota del fondo alveo del corso d'acqua su cui si innesta.

Il SICOD distingue tra le seguenti tipologie:

- **a cielo aperto**: si tratta di un vero e proprio canale lunghezza(m): sviluppo planimetrico dell'opera;



Canale di gronda con sponde realizzate con tecniche di ingegneria naturalistica

larghezza (m): della sezione. Se questa non è regolare (ad esempio forma trapezia) si indica la minore;
 altezza (m): delle sponde misurata sulla verticale;
 pendenza (%): del tracciato dell'intera opera. Non sempre è un dato rilevabile con facilità.

- **in galleria:** il tracciato è realizzato con una galleria naturale o artificiale
 lunghezza (m): sviluppo planimetrico dell'opera;
 larghezza (m): distanza tra i *piedritti*;
 altezza (m): della sezione misurata in chiave;
 pendenza(%): del tracciato dell'intera opera. Non sempre è un dato rilevabile con facilità.

- **intubato:** la portata viene scolmata attraverso un manufatto artificiale a sezione chiusa
 lunghezza (m): sviluppo planimetrico dell'opera;



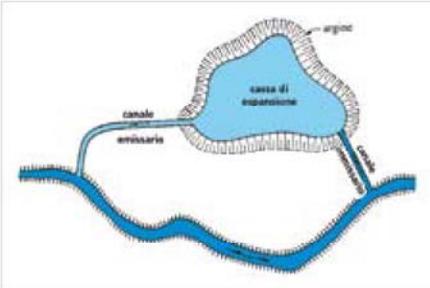
Scolmatore a cielo aperto ed intubato con vegetazione sul fondo da eliminare

larghezza (m): della sezione, dimensione perpendicolare allo scorrimento dell'acqua;
 altezza (m): della sezione;
 diametro (m): nel caso si tratti di una tubazione;
 pendenza (%): del tracciato dell'intera opera. Non sempre è un dato rilevabile con facilità.

CASSA DI ESPANSIONE, VASCA DI LAMINAZIONE

La cassa di espansione e la vasca di laminazione sono tecnicamente delle aree di invaso finalizzate al controllo delle piene, nelle quali viene immagazzinata una parte del volume idrico dell'onda di piena. Il volume d'acqua immagazzinato viene restituito al corso d'acqua nel tempo e con una portata calibrata alla sua capacità di deflusso.

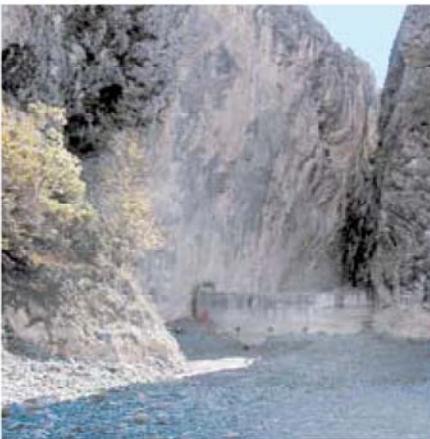
La **cassa di espansione** è un serbatoio realizzato in parallelo al corso d'acqua, collegato ad esso tramite un canale immissario ed emissario. Entra in funzione solo in caso di piena.



Schema molto semplificato di cassa di espansione



Cassa di espansione



Vasca di laminazione ottenuta sfruttando uno sbarramento naturale, completato con una briglia

La **vasca di laminazione** (o cassa in linea) è realizzata sbarrando il corso d'acqua, è quindi sempre attraversata dalla corrente sia in magra che in piena. È quindi dotata solo di un manufatto in uscita, in genere munito di una *luce di fondo a battente* (che può essere dotata di un organo di regolazione) e di uno *stramazzone* in superficie.



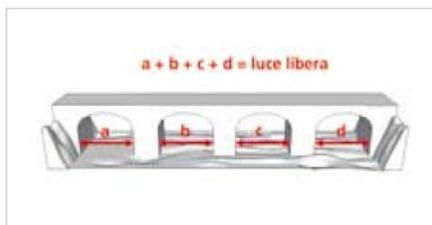
Manufatto di scarico di una vasca di laminazione con luce di fondo a battente

Lunghezza (m):	sviluppo planimetrico dell'opera, parallelo al corso d'acqua;
larghezza (m):	dimensione trasversale al corso d'acqua;
altezza (m):	elevazione massima delle opere di contenimento, misurata sulla verticale;
<i>capacità di invaso (m³):</i>	volume d'acqua invasabile sul quale è stata progettata l'opera. Questo dato è desumibile solo dall'analisi degli elaborati di progetto.

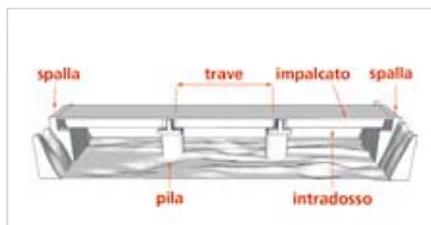
Scheda PO

PONTE

Pur non essendo un'opera di difesa, si tratta di un manufatto importante per l'interferenza esercitata sul corso d'acqua e, in alcuni casi, per l'importanza strategica. Si intende per ponte un manufatto la cui **luce libera** è **maggiore o uguale a 6 m**.



Rappresentazione schematica di ponte ad arco a quattro campate



Rappresentazione schematica di ponte a travata a tre campate

La luce libera è la dimensione orizzontale destinata al passaggio dell'acqua. Nel caso di un ponte ad unica campata è la distanza compresa tra le spalle, per ponti a più campate è la somma delle singole luci, misurate tra una pila e l'altra.

Le caratteristiche geometriche misurate sono:

- lunghezza totale (m): dimensione trasversale alla direzione di scorrimento dell'acqua. Nel caso di ponti a travata è la lunghezza delle travi, per quelli ad arco è la distanza tra spalla e spalla (compresa la spalla);
- luce libera totale (m): larghezza della sezione destinata al deflusso, al netto delle pile o di altri ostacoli. Nel caso di ponte ad un'unica campata è la distanza tra l'intradosso della spalla destra e quello della spalla sinistra;
- larghezza impalcato (m): dimensione del ponte nel senso della corrente, compresi i marciapiedi e gli sbalzi;
- altezza dell'*intradosso* da fondo alveo (m): distanza tra l'intradosso dell'impalcato e il fondo alveo. Nel caso di impalcato non orizzontale è la distanza minore. Questa dimensione si misura dal lato di monte, in genere. Se le luci sono più di una, questa distanza è

rilevata nella sezione in cui scorre l'acqua al momento del rilevamento. Per i ponti ad arco l'altezza è valutata in chiave;

altezza rilevati d'accesso (m): si intende l'altezza massima dei rilevati in destra e sinistra, se presenti, quando la quota del ponte è maggiore di quella del piano campagna. Questo dato ha carattere puramente indicativo, ma tiene conto del fatto che i rilevati d'accesso possono interferire con il regime idraulico del corso d'acqua, costituendone, a volte, un ostacolo.

Il SICOD individua diverse tipologie di ponti:

- **ferroviario:**



- **autostradale:**



- **stradale:** si intendono tutti i ponti idonei al transito di mezzi, anche se ad una sola corsia, quindi anche i ponti delle piste forestali, l'importante è che la luce sia maggiore o uguale a 6 m;



- **ponte canale:** manufatto che consente l'attraversamento di condotte, canali e di qualsiasi sottoservizio;



- **pedonale:** passerelle riservate al solo transito pedonale.



Con il termine di struttura intendiamo fornire un'indicazione sul tipo di impalcato:

- **a travata:**



- ad arco:



MONITORAGGIO



Ponte in dissesto strutturale a seguito di un evento alluvionale



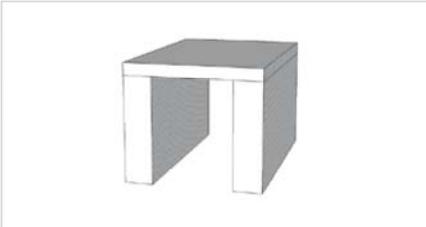
Ponte completamente interrato che necessita di svuotamento



Erosione sotto le fondazioni della spalla sinistra

ATTRAVERSAMENTO E GUADO

Per attraversamento si intende un manufatto che mette in comunicazione le due sponde e ha una **luce inferiore a 6 m**: consente il passaggio dell'acqua al di sotto di un'infrastruttura.



Rappresentazione schematica di un attraversamento

Il guado è invece un'opera di attraversamento, realizzata per essere sormontata anche dalla piena ordinaria. Le tipologie previste per questa categoria sono:

- **attraversamento**: è il classico ponticello;



- **attraversamento scatolare:** è un manufatto costituito da un parallelepipedo completo di tutti i lati, quindi anche il fondo alveo fa parte del manufatto;



- **attraversamento tubazione:** è costituito da un tubo di vario materiale;



- **guado**: opera di attraversamento sormontabile dall'acqua.



Le caratteristiche geometriche da rilevare hanno il significato seguente:

lunghezza (m): dimensione parallela al senso di scorrimento dell'acqua;

larghezza (m): dimensione nella direzione perpendicolare al senso di scorrimento dell'acqua;

altezza (m): misurata dal fondo del rio. Se il manufatto non è orizzontale, rileviamo l'altezza minore;

sezione (m^2): è un dato ridondante se sono state rilevate altezza e larghezza, ma può essere utile nel caso di tubazioni a sezione non circolare (tipo Finsider);

diametro (m): della tubazione.

MONITORAGGIO



Attraversamento parzialmente interrato

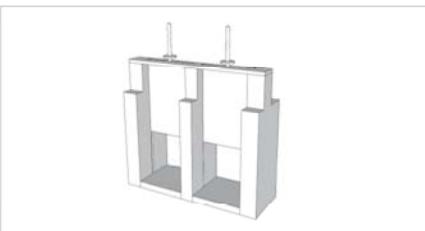


Sbocco di un attraversamento in dissesto strutturale

OPERA SPECIALE



Opera speciale di sbarramento



Schema molto semplificato di opera speciale

Con questo termine si raggruppano tutte le opere di difesa particolari, che non rientrano nelle precedenti tipologie e tutte le opere che interferiscono con i corsi d'acqua, ma che non sono opere di difesa, naturalmente esclusi i ponti e gli attraversamenti. Nel primo caso si fa riferimento ad esempio ai sifoni, alle gallerie drenanti, a combinazioni parti-

colari di interventi. Nel secondo caso ci si riferisce invece a costruzioni nate con altri scopi, ma che interferiscono pesantemente con il territorio, come ad esempio le grandi traverse di derivazione o gli sbarramenti artificiali.

Per queste ultime opere, che saranno anche quelle più frequentemente incontrate, il SICOD richiede pochi dati, per definire a grandi linee l'ingombro complessivo.

Per quel che riguarda le caratteristiche geometriche, relativamente alle opere di presa il significato delle grandezze è il seguente:

lunghezza (m): ingombro nel senso perpendicolare alla corrente;

larghezza (m): ingombro nella direzione parallela alla corrente;

altezza (m): ingombro dell'opera in elevazione;

sezione (m²): dato riferito a gallerie drenanti e pozzi collettori.

In questa attività di ricognizione lungo i corsi d'acqua, queste opere sono oggetto di rilevamento specifico, in quanto derivazioni e il metodo di rilevamento è ampiamente descritto nei capitoli "Le opere di derivazione delle acque superficiali" e "Guida alla compilazione delle schede".

OPERE DI VERSANTE

Questa classe di opere viene brevemente illustrata di seguito, per dare un'informazione completa sul panorama di opere che classifichiamo nel SICOD. Il rilevamento delle Guardie Ecologiche Volontarie non se ne occupa. Pertanto all'interno della scheda non vi sarà la rappresentazione schematica delle varie opere, né l'indicazione delle dimensioni da rilevare.

Le opere di versante comprendono gli interventi il cui obiettivo è quello di contrastare un movimento di versante. L'azione di difesa si può esplicare con opere che migliorano le caratteristiche geotecniche dei terreni in cui agiscono, ad esempio drenando l'acqua che si infiltra nel terreno, aumentandone la resistenza con l'ausilio di rinforzi (**interventi attivi**); oppure con interventi finalizzati a resistere e proteggere dal potenziale movimento franoso. In questo ultimo caso si tratta di interventi anche consistenti, progettati per sopportare il manifestarsi del movimento franoso (**interventi passivi**).

La classe delle opere di versante si divide in due categorie: le **opere superficiali** e le **opere profonde**.

Scheda OSS

OPERE SUPERFICIALI

In questa categoria si è cercato di comprendere la maggior parte degli interventi di sistemazione di quei dissesti di versante detti **superficiali**, che coinvolgono cioè strati superficiali di terreno. Si realizzano quindi opere che non vanno in profondità, ma interessano la porzione più superficiale dell'area dissestata.



Canaletta per l'allontanamento delle acque di scorrimento superficiali realizzata in legname e pietrame

- **Raccolta acque:** rientrano in questa tipologia tutte le forme di convogliamento, adduzione, controllo dello scorrimento delle acque superficiali. Si tratta di interventi finalizzati all'allontanamento controllato delle acque meteoriche, come le canalette di vario tipo, i fossi in terra, realizzati in genere a corollario di altri interventi di stabilizzazione di un versante.



Versante su cui sono in atto operazioni di disaggio a cura di squadre di tecnici specializzati

- **Disaggio:** questa operazione consiste nell'abbattimento delle masse instabili di un versante. Si tratta quindi di singoli interventi puntuali che possono essere effettuati per mezzo di sistemi meccanici (*martellone*) o con l'ausilio di mezzi chimici (cementi espandenti, esplosivo). È un intervento attivo di difesa da fenomeni di crollo, in quanto si opera direttamente per evitare che l'instabilità si manifesti.



Versante riprofilato con successioni di gradoni realizzati con materiale di riporto

- **Riprofilatura:** è un intervento volto a ridisegnare la geometria di un versante secondo un profilo stabile. La riprofilatura può essere ottenuta con gradonatura dei pendii, in modo da realizzare una pendenza complessiva di equilibrio. Il profilo finale può essere ottenuto mediante prevalente movimentazione del materiale in posto oppure, in specifiche situazioni, con apporto di materiale proveniente da altri siti. In quest'ultimo caso si parla di **ricarica**. Anche questo è un intervento di difesa attiva.



Opera di ingegneria naturalistica: palificata a doppia parete. La sua funzione è di sostenere la scarpata di monte della strada

- **Sostegno superficiale:** sotto questo nome generico comprendiamo le opere che svolgono un'azione di sostegno di un versante o parte di esso. Possono agire come elemento di contrasto alle forze destabilizzanti ed è il caso dei muri a gravità, muri tirantati e/o su fondazioni indirette. Oppure agiscono come elemento riqualificante del ver-



Palificata a doppia parete con funzione di riprofilatura e ricarica del versante



Rete paramassi che, in questo caso, ha contenuto una colata detritica

sante stesso (palificate vive di sostegno a doppia parete, muri cellulari, terre rinforzate). Le opere di ingegneria naturalistica nelle loro varie tipologie, volte a preservare il versante da azioni di dilavamento ed erosione diffusa, sono comprese in questa tipologia.

- **Opera di protezione:** si tratta di quegli interventi che proteggono da fenomeni di caduta massi, colate e valanghe. In questa tipologia sono compresi sia gli interventi passivi che attivi. Le opere paramassi e paravalanghe come la galleria, il vallo e la rete sono interventi di difesa passivi, cioè finalizzati a resistere e a difendersi al manifestarsi del dissesto, piuttosto che a prevenirlo.

Le chiodature, la posa di reti addossate ai versanti, i ponti da neve, le rastrelliere, le opere di ingegneria naturalistica specifiche sono opere attive, cioè che concorrono ad impedire con la loro azione che il dissesto si manifesti.

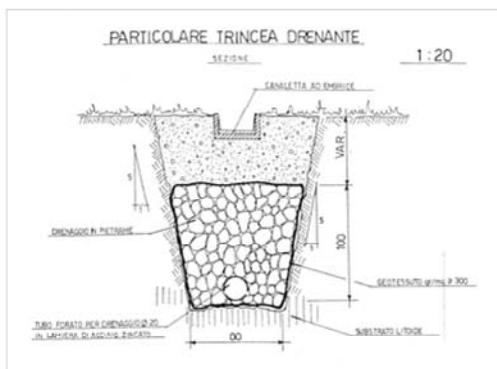
Scheda PR

OPERE PROFONDE

Fanno parte della categoria quegli interventi che sono realizzati nel sottosuolo, quindi difficilmente rilevabili dalla superficie. I dati raccolti in questo caso, per la maggior parte, provengono dall'analisi di elaborati progettuali.

Comprendiamo in questa categoria soprattutto gli interventi finalizzati a raccogliere le acque di scorrimento profonde, quelle che si infiltrano e che devono essere intercettate per prevenire o evitare che si manifestino nuovamente mo-

vimenti di versante traslativi quali *planari* o *rotazionali* di notevoli proporzioni.



Schema di trincea drenante

captazione dell'acqua intercettata. La parte più superficiale della trincea è riempita di materiale impermeabile, per impedire alle acque superficiali di raggiungere il sistema drenante profondo e limitarne la capacità di convogliamento delle acque sotterranee. Il sistema di trincee drenanti è generalmente realizzato con struttura a lisca di pesce, con un ramo centrale lungo la massima pendenza e rami laterali collegati.



Pozzo in fase di scavo

- **Trincea drenante:** la trincea tipo più diffusa in Piemonte consiste di uno scavo di profondità variabile in funzione della potenza del volume da stabilizzare, riempito per metà o tre quarti da materiale filtrante di idonea pezzatura all'interno del quale è ubicato un tubo filtrante o altro dispositivo idoneo alla

- **Pozzo:** anche questo è un intervento destinato al drenaggio delle acque di infiltrazione profonde. Può essere realizzato come opera isolata o in batteria, insieme ad altri pozzi, tra loro connessi. Il pozzo è rivestito con un'armatura filtrante a tergo della quale viene sistemato del materiale anidro, con funzioni filtranti.



Allontanamento delle acque di infiltrazione con una batteria di dreni suborizzontali a canna drenante

drenare secondo una geometria variabile da caso a caso. Possono essere suborizzontali, con inclinazione verso l'alto, a ventaglio, ...

I dreni sifone invece sono una tipologia particolare, dove la canna drenante non scarica direttamente l'acqua raccolta allo sbocco, ma la adduce all'interno di un pozzetto in cui è collocato un sifone. Questo permette di monitorare l'efficacia del drenaggio e la quantità di acqua drenata, attraverso l'attivazione del sifone.

- **Dreno:** è un'opera in grado di allontanare dall'interno di un versante l'acqua di infiltrazione attraverso tubi di piccolo diametro, trivellati nel versante con andamento suborizzontale, inclinati verso monte di $10^\circ - 30^\circ$ e disposti in batteria. Sono state individuate due tipologie di dreni: **a canna drenante** e **dreno sifone**. Nel primo caso i dreni vengono, a seguito di perforazione, infissi nel volume di terreno da



Micropali e tiranti a sostegno del pendio

- **Opera di sostegno profonda:** si intende comprendere in questa tipologia le opere finalizzate al sostegno di un versante o di una struttura compromessa da un fenomeno di instabilità, con l'impiego di armature sistemate all'interno del terreno.

Il SICOD, nell'ambito delle opere di sostegno profonde, distingue tra:



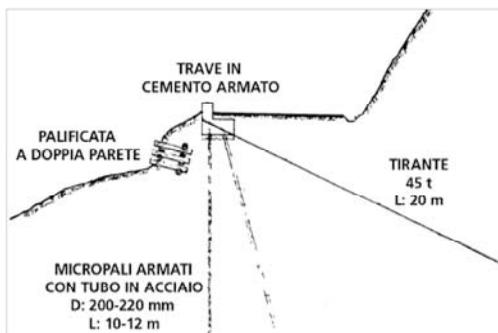
Diaframma di palancole a sostegno della sponda

Diaframma: opera di sostegno realizzata ingfiggendo nel terreno delle *palancole* tra loro collegate, in modo da formare una struttura continua con funzione di contenimento. Il diaframma può essere utilizzato anche come opera di difesa dall'erosione lungo le sponde dei corsi d'acqua di pianura.



Sezione tipo di consolidamento versante con pali e tiranti

Palo: opera realizzata attraverso perforazione di grande diametro. Il foro viene poi rivestito con apposita armatura e iniettato, oppure direttamente gettato. Nelle sistemazioni di versante i pali vengono realizzati in batteria.



Sostegno della scarpata con micropali e tiranti

Micropalo: tubo di acciaio di diametro inferiore rispetto al palo (varia da 60 a 250 mm) in cui si effettuano delle iniezioni di malta cementizia in prossimità di apposite valvole. L'iniezione ha lo scopo di ancorare l'armatura metallica al terreno e ai micropali adiacenti, infatti si realizzano sempre batterie di micropali con funzione di sostegno.

In base alle esigenze, è possibile che le teste dei micropali vengano annegate in un cordolo di calcestruzzo e che quest'ultimo e/o l'insieme dei micropali siano coadiuvati da tiranti, che lavorano per assorbire il momento flettente a cui li sottopone la spinta del terreno a tergo.