

Generalità

Le caratteristiche geologiche ed orografiche del nostro Paese rendono il nostro territorio particolarmente suscettibile alle colate di detrito di fango. Questi fenomeni estremamente pericolosi consistono in un movimento di massa di miscele di acqua e particelle solide caratterizzate da una elevata densità e da un regime diverso da quello delle correnti d'acqua.

Grazie ai continui scambi energetici tra le particelle solide ed all'effetto fluidificante della fase liquida della miscela queste vere e proprie colate sono in grado di muoversi con velocità che arrivano fino a 20 m/s. I notevoli volumi generalmente coinvolti sono caratterizzati da energie di impatto elevatissime con effetti devastanti in quanto sono in grado di abbattere edifici ed infrastrutture e di sommergere intere fasce di territorio.

Figura 7.0.1: Una colata detritica allo sbocco a valle di un torrente ha devastato una porzione di conoide (Nus, AO). Le colate possono essere molto rapide (fino a 20 m/s), e possono muoversi su pendenze molto basse; per queste ragioni prima di arrestarsi possono percorrere distanze molto elevate.



Figura 7.0.2: Effetti devastanti di una colata detritica. La massa enorme di fango e detrito che si muove rapidamente ha una forza di impatto fino a 60 kN/mc (forza per unità di volume di colata). I blocchi presenti nella colata possono però generare forze impulsive puntuali con intensità fino a 10.000 kN a seconda della rigidità delle opere impattate.



Questi fenomeni sono molto insidiosi per la rapidità con cui evolvono e per la capacità di aumentare di volume auto alimentandosi lungo il percorso. Altro elemento che rende particolarmente pericolose è la loro capacità di muoversi sia all'interno che al di fuori degli alvei dei corsi d'acqua, creandosi addirittura delle arginature, laddove non esistano, all'interno delle quali si muovono per ondate successive.

L'aspetto di una colata varia a seconda della composizione granulometrica del materiale e della concentrazione. Nella letteratura anglosassone si distingue tra:

- mud flow (colate di fango): miscela con prevalenza di particelle fini (ricorrenti, per esempio, in ambiente appenninico oppure in ambiente alpino in presenza di grandi accumuli morenici a granulometria limosa).
- debris flow (colate detritiche): miscela caratterizzata dalla prevalenza di elementi di grosse dimensioni e spesso dalla totale assenza di frazione fine. Talora, la parte fine si allontana dal resto del materiale insieme con l'acqua. Queste colate sono in grado di trasportare massi isolati di grandissime dimensioni in grado di esercitare forze impulsive dagli effetti devastanti anche su strutture in cemento armato. Il fenomeno tipo debris flow è diffuso in Italia sia in ambiente alpino che in ambiente appenninico.

Figura 7.0.3: La foto mostra i cordoni laterali di detrito formati al passaggio della colata. Questa caratteristica rende molto insidiosi questi fenomeni, in quanto le colate, grazie a questo meccanismo, sono in grado di propagarsi anche ove non sia presente un alveo naturale in grado di contenere lateralmente il materiale in movimento. Durante il movimento inoltre, come si osserva nella fotografia, viene asportato materiale dal fondo, con la conseguenza di un continuo aumento di volume della colata.



Figura 7.0.4: Un tipico accumulo di materiale con caratteristiche granulometriche che vanno dalla sabbia al blocco di grandi dimensioni. La messa in movimento di questo materiale in occasione di piogge molto intense potrebbe dar luogo alla formazione di un debris flow.



Esistono diversi meccanismi possibili di innesco delle colate:

- in seguito ad una frana il cui accumulo, arrestatosi nel corso d'acqua, viene interessato dalla corrente liquida conseguente ad una piena e mobilizzato;
- per immissione concentrata di portata entro un alveo i cui sedimenti vengono mobilizzati a causa dell'impatto di una corrente ad elevata velocità;
- per la presenza di una corrente liquida defluente sul deposito (alluvionale o di frana) saturo disposto su una pendenza elevata. L'innesco avviene in concomitanza del superamento della resistenza a taglio lungo un piano interno al deposito in alveo. Tale deposito può essersi formato per lento accumulo di materiali dalle sponde o improvvisamente per frana.

Tutti questi meccanismi di innesco implicano che si verifichino le seguenti condizioni :

- precipitazioni di intensità superiore ad una certa soglia, variabile da regione a regione, in grado di provocare uno dei due processi citati come responsabili della formazione di una lava torrentizia;
- la disponibilità di materiale sciolto su versante o nell'alveo;
- pendenza sufficientemente elevata.

Figura 7.0.5: Il materiale accumulato lungo le aste secondarie molto ripide, può dare luogo all'innesco di colate in occasione di piogge molto intense che siano in grado di saturare rapidamente il materiale accumulato.



La strategia di difesa dalle colate si basa su due categorie di interventi:

- **interventi di tipo attivo:**
impediscono l'innesco delle colate agendo sui fattori predisponenti. A tale scopo vengono impiegate: le briglie di trattenuta, che impediscono il sovralluvionamento degli alvei e consentono l'asportazione del materiale in eccesso che si accumula a ridosso delle opere stesse; le sistemazioni a gradinata che diminuiscono la pendenza dell'alveo; si opera sui versanti per stabilizzarli e diminuire così gli apporti solidi agli alvei;
- **interventi di tipo passivo:**
opere che arrestano o deviano la colata impedendo che possa provocare danni quali piazzate di deposito, strutture di intercettazione, strutture di diversione.



Figura 7.0.6: La foto mostra l'associazione di sistemi di difesa dalle colate detritiche di tipo passivo ed attivo. Il muro di sponda e la palificata a parete doppia, hanno la funzione di proteggere dall'erosione e stabilizzare il versante, limitando l'apporto di materiale solido. La struttura di intercettazione aperta impedisce la propagazione delle colate.

Generalità

Sono poste lungo il percorso della colata, disposte trasversalmente possono essere di tipo aperto o di tipo chiuso. Le prime sono adatte all'impiego lungo corsi d'acqua veri e propri, dove deve essere garantito il deflusso continuo delle acque e impedito il transito di eventuali colate in occasione di eventi eccezionali. Le strutture di intercettazione di tipo chiuso invece si usano nel caso di aste che normalmente non sono interessate dal deflusso delle acque e che si attivano solo in occasione di eventi meteorologici estremi; si tratta di tributari molto ripidi caratterizzati da tempi di corrivazione brevissimi e da portate molto basse, in cui si accumulano abbondanti detriti quasi in condizioni di equilibrio limite: la saturazione in occasione di piogge intense innesca il movimento incanalato dei depositi.

Questo tipo di opere deve essere in grado di assorbire energie d'impatto molto elevate che sono state valutate a seconda delle velocità variare tra i 20 ed i 60 kN/mc (forza espressa per mc di volume impattante, da distribuire sulla superficie di impatto); oltre alla spinta della massa della colata nel suo insieme si devono considerare forze impulsive puntuali dovute a singoli blocchi, queste possono essere elevatissime pur agendo per tempi molto brevi, e variano in funzione della velocità, delle dimensioni dei blocchi e della rigidità della struttura di intercettazione. Ad esempio un blocco di un mc di volume che impatta ad una velocità di 5 m/s è in grado di esercitare una forza impulsiva fino a di 10.000 kN.

Le opere di intercettazione delle colate possono essere distinte in due tipologie:

- **strutture di intercettazione aperte;**
- **strutture di intercettazione chiuse.**

Figura 7.1.1: Una struttura di intercettazione aperta posta lungo un torrente. L'opera è molto massiccia per poter resistere alle forze elevate esercitate dalle colate ed all'impatto dei singoli blocchi. La struttura è molto aperta per opporsi solamente alle colate detritiche lasciando libero il flusso delle acque anche in condizioni di piena.



Strutture di intercettazione aperte

Sono strutture adatte all'intercettazione di colate detritiche. Si tratta di una sorta di briglie di trattenuta che hanno il compito di arrestare solo la frazione molto grossolana, lasciando che l'acqua e le particelle più fini vengano segregate dalla miscela, in questo modo la colata, perdendo di fluidità, si arresta. A differenza delle briglie di trattenuta poste a valle delle piazze di deposito, possono essere utilizzate anche lungo tratti in pendenza, a patto che a monte rimanga individuata una capacità di'invaso sufficiente a contenere il volume di materiale intercettato.

Spesso si tratta di strutture non convenzionali progettate ad hoc, per situazioni specifiche ma l'esempio più diffuso di questo tipo di opere sono quelle simili a briglie a pettine in cui mancano del tutto o quasi elementi trasversali, ma sono presenti dei rostri verticali in cemento armato opportunamente distanziati.

Figura 7.1.2: Un esempio di una struttura di intercettazione particolare, realizzata dall'Azienda speciale per la sistemazione dei bacini montani della Provincia di Trento sul Rio di Dona. L'opera è collocata all'apice del cono di deiezione e, a valle di essa, la portata è convogliata in un ripido cunettone in pietrame fino ad attraversare il centro abitato. L'intervento fu deciso a seguito del nubifragio del 9 luglio 1989, che portò oltre 15 mila metri cubi di ghiaia sul conoide (tra cui un masso di 50 mc di volume).

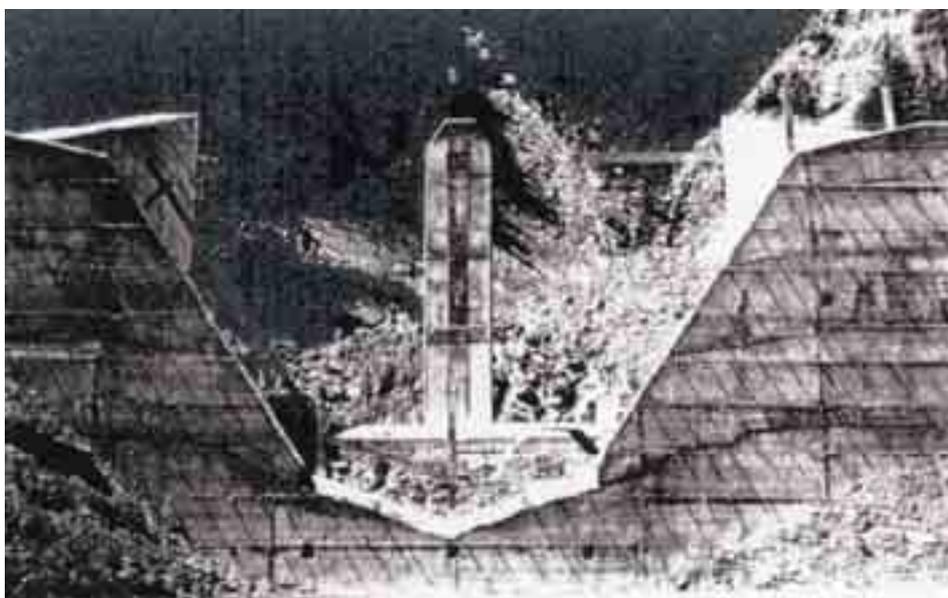


Figura 7.1.3: Struttura di intercettazione costituita da soli rostri in cemento armato verticali. La particolarità di questa struttura è dovuta alla presenza di due ordini perpendicolari di elementi in cemento armato, in grado di offrire protezione su due lati



Qualunque sia la tipologia di queste strutture, si tratta di opere caratterizzate da una estrema robustezza ottenuta facendo uso di cemento armato e protezioni in acciaio nei punti esposti all'impatto. Un'attenzione particolare va dedicata anche alle fondazioni, in quanto le sollecitazioni a cui sono soggette sono molto elevate; per impedire che vengano trascinate via dalla massa impattante, spesso è necessario ancorarle con elementi strutturali operanti in trazione.

Figura 7.1.4: Struttura aperta costituita da soli contrafforti per il contenimento di materiali di grandi dimensioni. La distanza fra i contrafforti è di 2.5 m in grado di ammettere il passaggio di mezzi meccanici per lo sgombero dei materiali accatastati a monte. I contrafforti maggiori sono alti 7 m e, dal punto di vista statico, sono vincolati con un tirante attraversante la base ai fini dell'equilibrio al ribaltamento e la fondazione è ancorata con micropali ai fini della resistenza allo scorrimento (Torrente Piccola Dora in Comune di Cesana, vista da valle).



Figura 7.1.5: La stessa struttura precedente vista da monte. Si osservi il rivestimento in lamiera di acciaio speciale (acciaio T4) per la protezione contro i danni del trasporto solido.



Descrizione e Caratteristiche

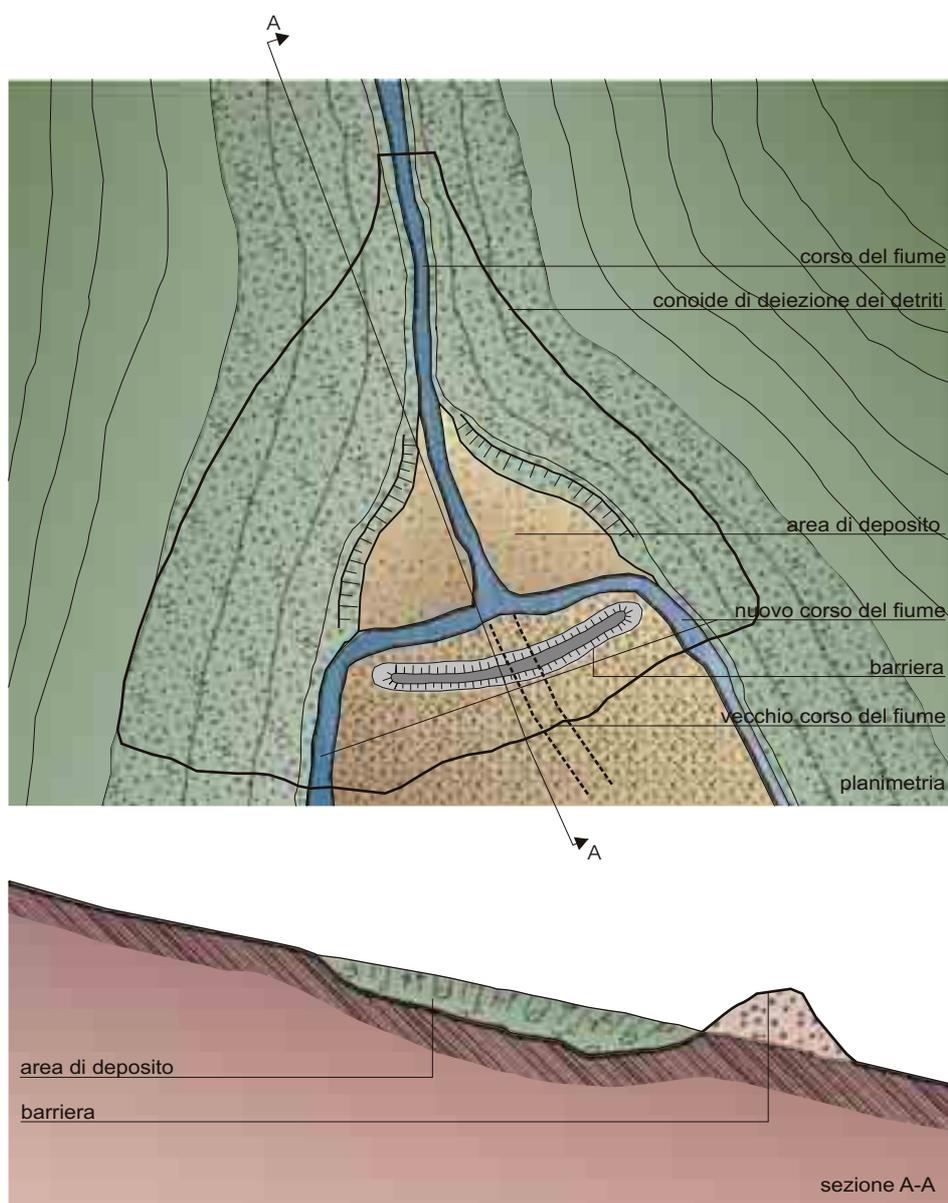
Strutture di intercettazione chiuse

Sono generalmente rilevati in terra compattata che sbarrano completamente il passaggio sia all'acqua che al materiale solido. Sono adatte sia alla difesa da colate di detrito che di fango

L'acqua viene incanalata e deviata lateralmente per essere eventualmente ricondotta nell'incisione originale. Come anticipato queste soluzioni trovano impiego nel caso di incisioni interessate dal passaggio dell'acqua solo in occasione di eventi eccezionali. A monte del rilevato in terra si scava per ricavare un'area di deposizione in grado di accogliere il volume di progetto della colata. La struttura deve avere un'altezza sufficiente ad impedire lo scavalcamento da parte della colata ed un'inclinazione del paramento di monte che sfavorisca la risalita sull'opera.

Per ottenere altezze considerevoli e forti inclinazioni del paramento di monte in certi casi si fa ricorso all'uso di terre rinforzate. Questa tecnica aumenta significativamente la resistenza della struttura sia all'impatto della massa della colata che al punzonamento da parte di eventuali singoli blocchi. I rinforzi aumentano la resistenza al taglio della massa resistente e distribuiscono meglio le sollecitazioni coinvolgendo una massa resistente maggiore.

Figura 7.1.6: Schema di struttura di intercettazione chiusa. L'area di deposizione può essere ricavata scavando se non è presente una morfologia favorevole. Il materiale scavato può essere riutilizzato per creare il rilevato che a valle di questa costituisce la vera e propria struttura di intercettazione. Si possono osservare i due canali che servono a smaltire le acque che altrimenti si accumulerebbero dietro la barriera.



L'area di deposizione a monte delle strutture di intercettazione chiuse generalmente è in pendenza ed il volume di colata che vi si può raccogliere, oltre che dalla larghezza del fronte, dipende dall'altezza di rilevato e dall'inclinazione che assumeranno i depositi; solitamente quest'ultima in fase di progetto si considera pari alla metà dell'angolo di inclinazione della superficie di deposizione.

Una variante delle strutture di intercettazione chiuse sono le opere usate all'interno di piazze di deposito per creare dei setti che sbarrano il passaggio alle colate detritiche. Questo espediente si rende necessario quando la pendenza e/o la lunghezza della piazza di deposito non sono tali da consentire da sole l'arresto della colata detritica.

Figura 7.1.7: La figura mostra una struttura di questo tipo realizzata in Valle d'Aosta, vista da valle, si possono notare delle strette aperture che consentono il transito di mezzi d'opera. Quest'opera è stata realizzata in seguito all'evento alluvionale del 2000, utilizzando elementi di rinforzo in rete metallica a doppia torsione plasticati



Figura 7.1.8: Il rilevato di intercettazione precedente visto da monte; le foto sono state riprese prima del rinverdimento e si può notare il canale per la raccolta delle acque superficiali che corre lungo l'opera, rivestito con una geostuoia tridimensionale, armata con rete metallica a doppia torsione, rinverditata.



Figura 7.1.9: Una struttura di intercettazione chiusa posta a lato del percorso delle colate, il fango si riversa nella struttura attraverso uno sfioratore. Le sponde della vasca sono protette con muri in gabbioni di rete metallica a doppia torsione a maglie esagonali. (Quindici AV).



Le colate di fango hanno un comportamento diverso da quelle detritiche. Si propagano più lentamente ed in maniera più simile ad un liquido fortemente viscoso. Questa caratteristica consente di impiegare sistemi di intercettazione simili alle vasche di espansione usate per laminare le piene. Le colate in questo caso vengono convogliate all'interno di un canale artificiale e si riversano in casse poste ai lati, in derivazione, per mezzo di sfioratori presenti sui muri di convogliamento. Le strutture di intercettazione sono chiuse e a differenza delle casse di espansione non sono dotate di organi di restituzione a valle.

Figura 7.1.10: Piazza di deposito con setti in terra compattata, dotati di una fessura centrale per consentire il passaggio delle acque in condizioni normali. (Vallescura BG).



Figura 7.1.11: Casse di ritenuta in cemento armato poste ai lati del canale di convogliamento delle colate. La gradonatura del fondo del canale rallenta le colate e favorisce il riversamento nelle casse di ritenuta. (Quindici AV)



Strutture di diversione

Generalità

Svolgono la funzione di deviare la colata impedendo l'impatto con strutture o infrastrutture a rischio. Sono soggette a forze di impatto inferiori rispetto alle barriere di intercettazione chiuse. Anche queste opere sono generalmente costruite con terreno compattato ed hanno caratteristiche simili alle precedenti.

L'utilizzo di questa soluzione comporta la disponibilità, a valle, di un'area in cui la propagazione della colata non provochi danni. A differenza della tipologia di opera vista in precedenza, questa può essere impiegata anche nella difesa lungo aste con presenza d'acqua costante, poiché non impediscono il normale deflusso delle portate liquide.

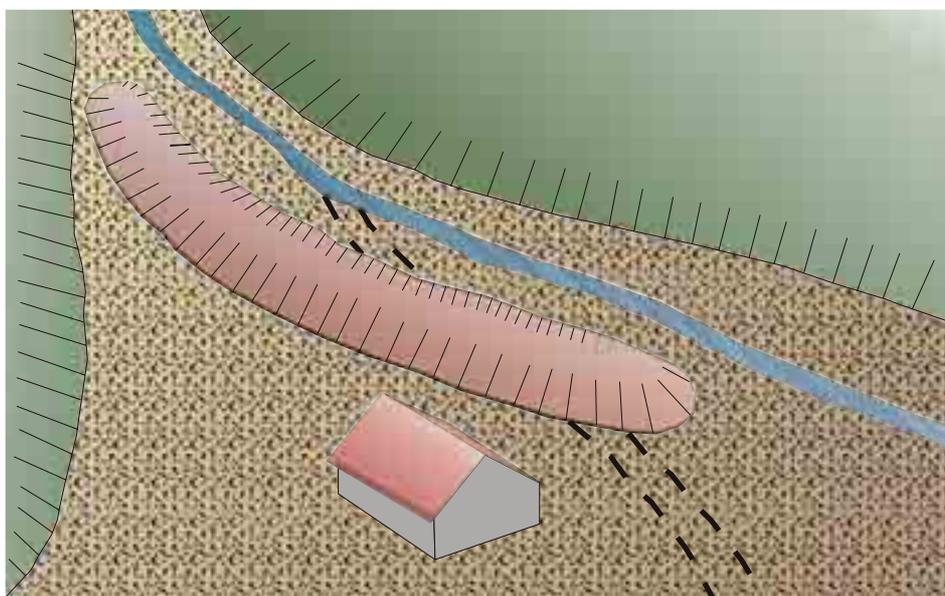


Figura 7.2.1: Schema di un sistema di diversione realizzato con un rilevato un terra per la difesa di un'abitazione. In planimetria si può osservare come la costruzione della struttura possa comportare anche la deviazione dell'alveo del corso d'acqua. L'opera è posta generalmente sulla conoide.

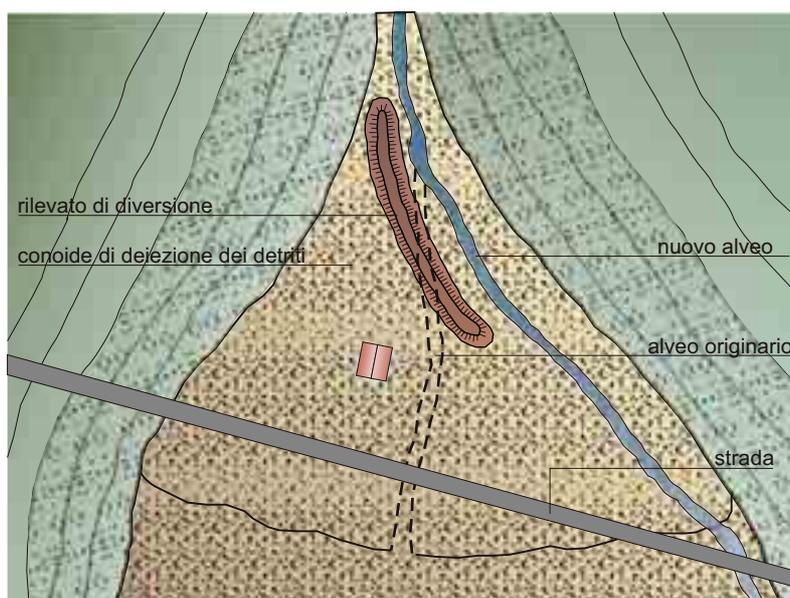


Figura 7.2.2: Nella foto è mostrato un rilevato di diversione in fase di costruzione (Messigny (AO), a monte di un gruppo di case). Si tratta di strutture realizzate in terra rinforzata con elementi in rete metallica a doppia torsione plasticata, con una protezione antierosiva di paramento in biostuoia di fibre di cocco.



Figura 7.2.3: In certi casi a monte della struttura di deviazione si può creare una bassa struttura di intercettazione in grado di captare parte del volume della colata, nella foto se ne vede un esempio realizzato con gabbioni in rete metallica a doppia torsione, con al centro il canale rivestito in pietrame che convoglia le portate liquide.

