

Correzione dei torrenti

Criteri generali di intervento

Giancarlo Dalla Fontana
Università di Padova

A.A. 2013/2014

Perche ?

Dove ?

Come ?





Un'esigenza primaria: stabilità e sicurezza

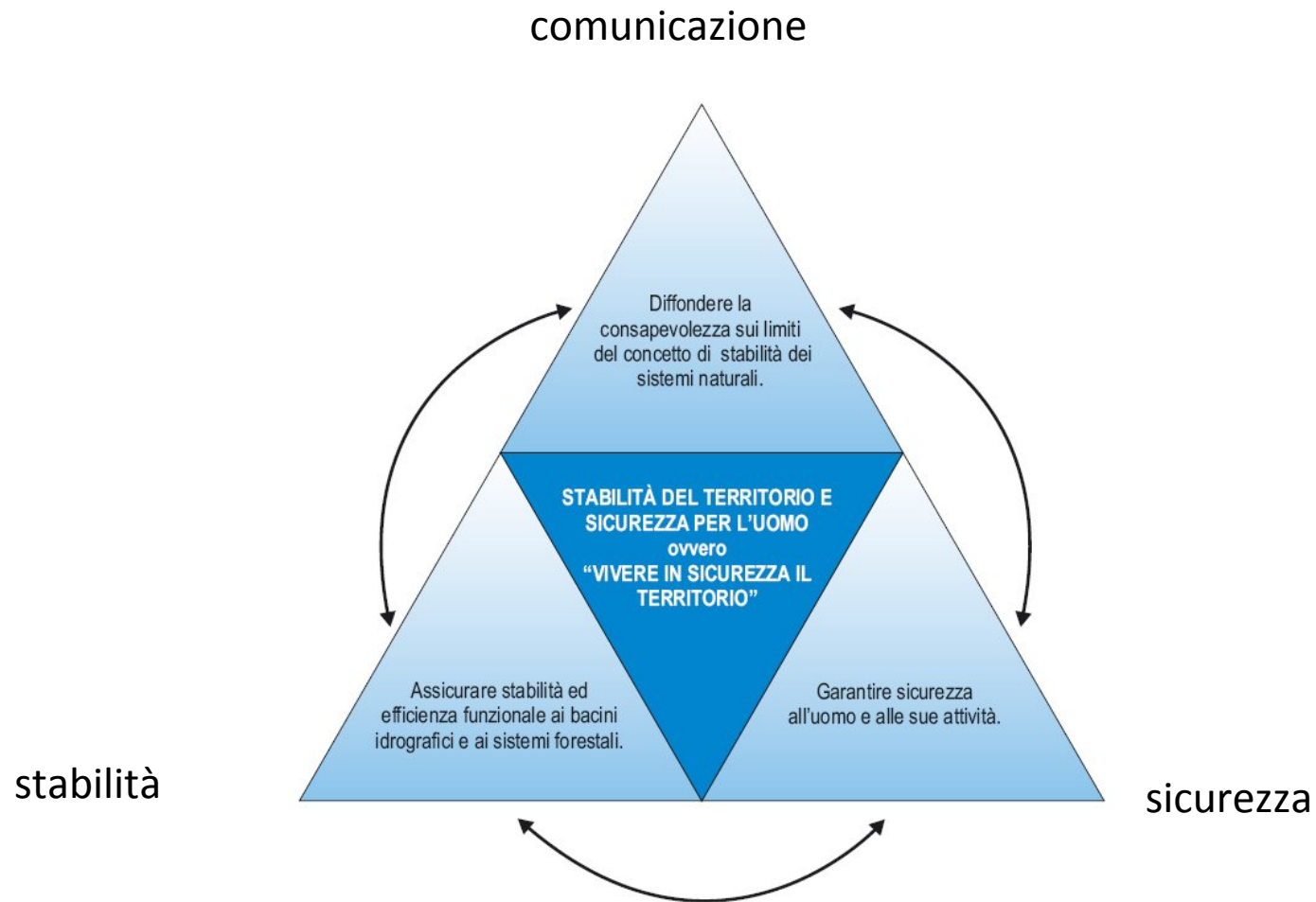


La stabilità fisica del territorio è il presupposto per l'insediamento e lo sviluppo di ogni attività umana. Nel perseguire tale obiettivo primario l'uomo ha sempre profuso, con alterne fortune, grande ingegno ed ingenti energie. Alluvioni, colate detritiche, crolli di roccia, caduta massi, valanghe, franamenti di vario tipo sono pericoli "connaturati" all'ambiente montano.

La gestione integrale del rischio

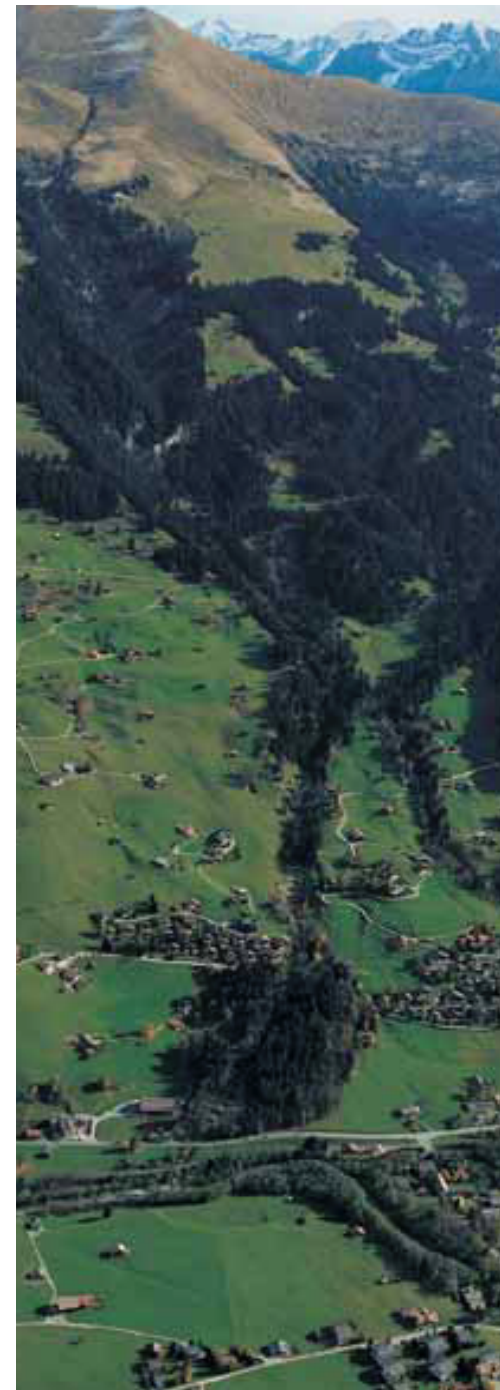
I pericoli naturali vanno affrontati nell'ambito di una "gestione integrale del rischio" in grado di mobilitare su tale obiettivo non solo competenze scientifiche e tecniche di elevato livello, ma anche la condivisione e il consenso sociale sui livelli di protezione effettivamente conseguibili. La strategia, da consolidare a livello normativo e organizzativo, deve prevedere, accanto alle misure di prevenzione e mitigazione, anche le modalità di gestione evento e post evento dove deve trovare spazio la convivenza con una quota ineliminabile di "rischio residuo". È richiesto un radicale cambiamento culturale che porti tutti i soggetti coinvolti, sia a livello individuale che collettivo, a un atteggiamento di "consapevolezza" nei riguardi dei pericoli naturali. La cornice generale entro la quale questa strategia può attuarsi con maggiori probabilità di successo è quella di un territorio attentamente monitorato dove le azioni di pianificazione e gestione siano indirizzate a favorire la presenza di sistemi dotati di stabilità intrinseca e quindi di una buona capacità di assorbire le sollecitazioni di eventi perturbatori.

La gestione integrale del rischio



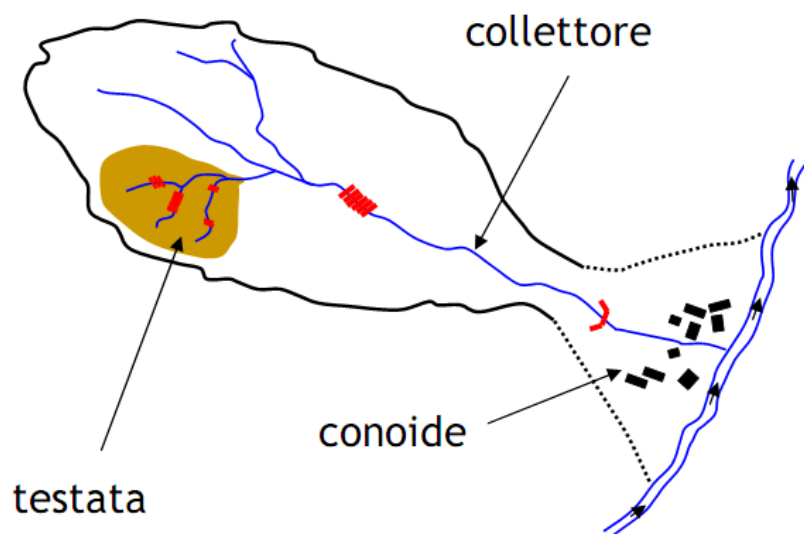
Aumentare la “**resilienza**” dei sistemi naturali

attraverso un'opera
continua ed efficace di
conservazione,
manutenzione e
gestione della foresta e
del territorio



La condizione di equilibrio

Un sistema in equilibrio stabile è un sistema che tende a mantenere nel tempo il suo stato di efficienza funzionale. In un territorio storicamente antropizzato com'è quello alpino un tale obiettivo non è conseguibile attraverso un suggestivo *"lasciamo fare alla natura"*, ma richiede invece un attento impegno nel *"governo del territorio"*



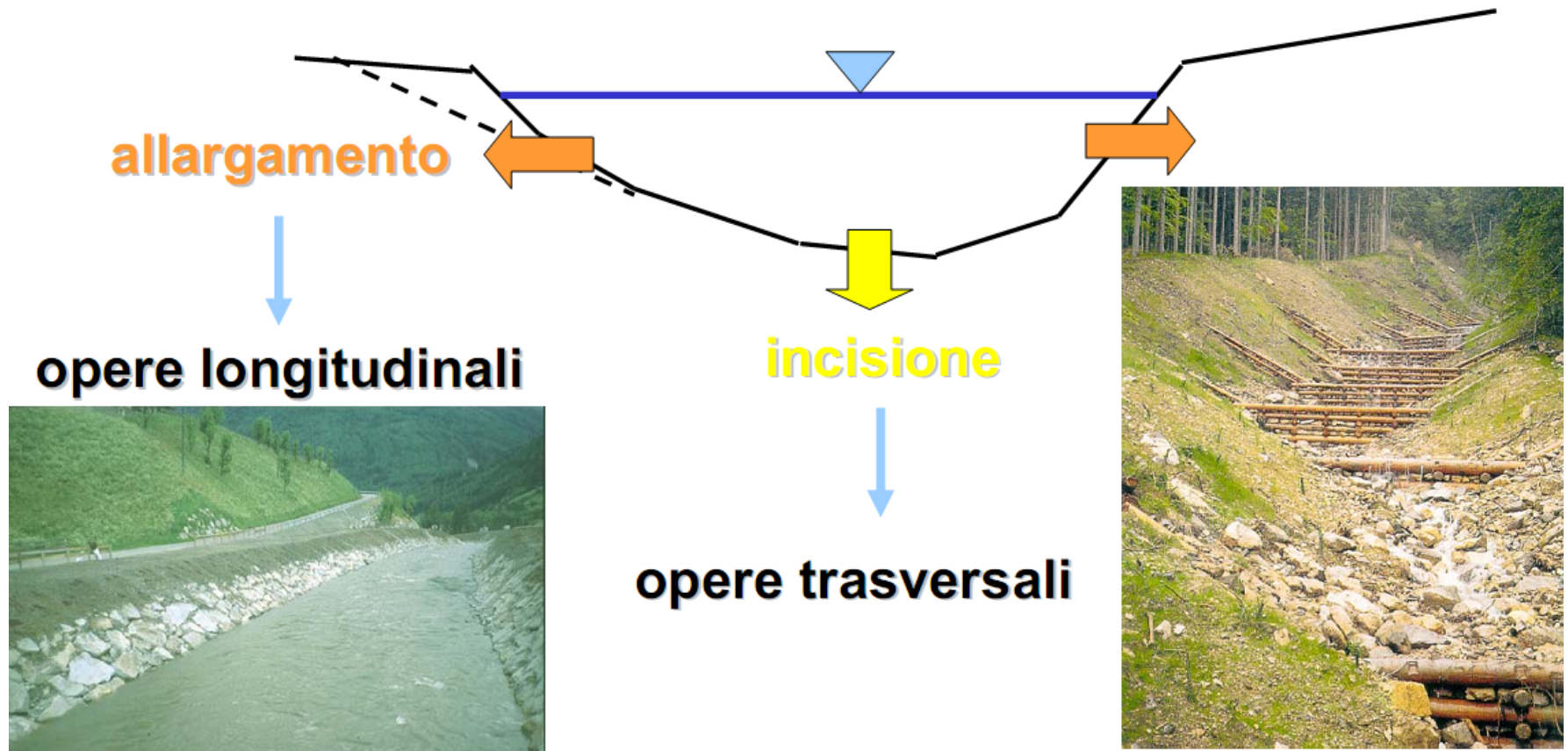
Il bacino idrografico è l'unità territoriale di riferimento per le SIF

Le sistemazioni idraulico-forestali forniscono gli strumenti concettuali e tecnici per perseguire gli obiettivi di stabilità e sicurezza in un quadro di compatibilità ambientale degli interventi. In particolare le opere di SIF si propongono di eliminare le cause o contrastare gli effetti dei fenomeni alluvionali, dei processi erosivi e franosi, delle colate detritiche e fangose, del distacco di massi e delle cadute di valanghe.

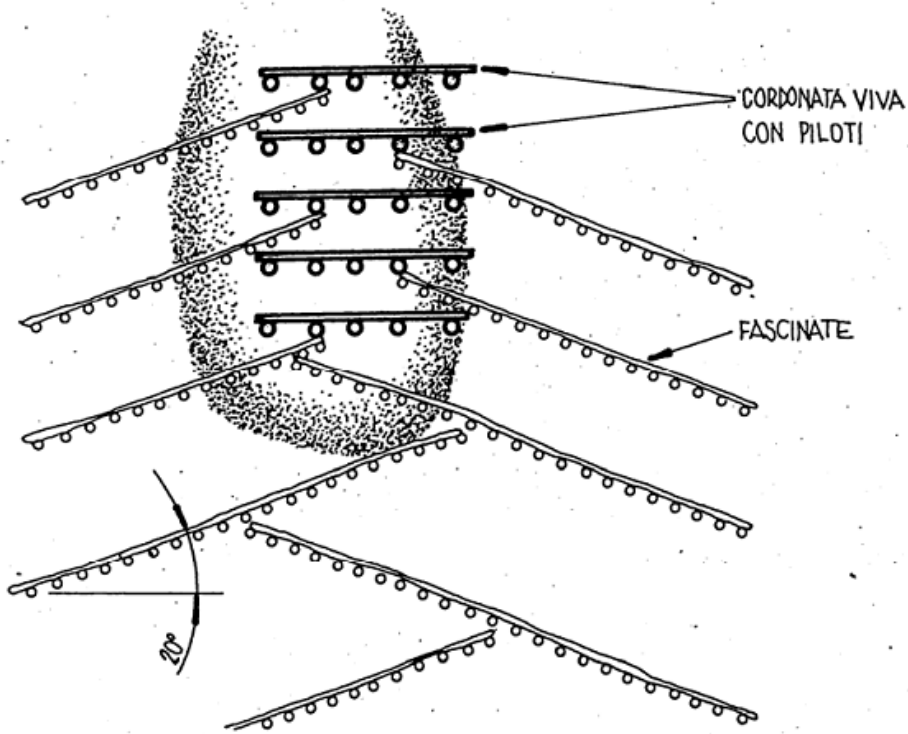
Opere intensive: regolano la portata e il trasporto solido (trattenendo materiali precedentemente erosi in alveo e sui versanti, o impedendo nuovi prelievi), consistono in opere e interventi localizzati in alveo

Opere estensive: hanno lo scopo di arrestare all'origine la produzione di sedimenti e il distacco di frane colate, massi e valanghe, consistono in opere e interventi diffusi sui versanti del bacino torrentizio

Contenere l'instabilità dei corsi d'acqua alluvionali nel rispetto del contesto ambientale



Manutenzione forestale, ingegneria naturalistica, ecc.



La vegetazione ha bisogno di tempi lunghi.....



Criteria di intervento

INTEGRALITA'	unitarietà del bacino
	bilanciamento tra provvedimenti intensivi ed estensivi
	unitarietà del sistema alveo -versante
GRADUALITA'	programmare gli interventi
	non esiste una sistemazione finale
	concepire in modo dinamico l'intervento
CONTINUITA'	presidio nel tempo del bacino
	manutenzione e monitoraggio opere
	presenza sul territorio

Le Sistemazioni Idraulico-forestali non sono nate ieri !

leggere il passato per evitare di scoprire l'acqua calda

una lettura istruttiva:

Decreto Ministeriale 20 agosto 1912

Approvazione delle norme per la preparazione dei progetti di sistemazione idraulico forestale nei bacini montani.

Pochi concetti espressi chiaramente molti dei quali di assoluta attualità

Decreto
Ministeriale
20 agosto 1912

Approvazione
delle norme per
la preparazione
dei progetti di
sistemazione
idraulico
forestale nei
bacini montani.

Art. 1.

Le opere di sistemazione dei bacini montani, o semplicemente opere montane, si dividono in due ordini di lavori.

Art. 2.

Un primo ordine riguarda opere idrauliche di carattere intensivo per ottenere la stabile correzione dei torrenti difendendone le sponde e modificandone il profilo.

Art. 3.

Un secondo ordine di lavori riguarda le opere di carattere estensivo, cioè quelle forestali, i rimboscamenti veri e propri, con tutti i mezzi preparatori per ottenerli, e che hanno lo scopo di consolidare e tutelare il terreno, prevenendo le corrosioni, le frane, gli smottamenti.

Art. 4.

Si deve tener presente che non tutti gli alvei dei torrenti e loro diramazioni possono aver sempre bisogno di sistemazione, e che non conviene esagerare nel rimboscamento di tutte le pendici che costituiscono il bacino, anche nelle parti pianeggianti o in quelle salde suscettibili di essere rinsaldate con soli inerbamenti, o in quelle a coltura, quando questa venga garantita con stabili opere riparative, o dove infine si possa raggiungere lo scopo della stabilità riducendo il terreno a pascolo alberato.

Art. 5.

I progetti di sistemazione montana, non debbono essere molto particolareggiati. I rilievi debbono limitarsi al puro necessario per fissare i punti singolari e possibilmente saldi dei profili, senza perder tempo e denaro in minuziosi rilevamenti di punti e sezioni intermedie, dimenticando che la configurazione del terreno muta dopo ogni stagione di pioggia.

Decreto
Ministeriale
20 agosto 1912

Approvazione
delle norme per
la preparazione
dei progetti di
sistemazione
idraulico
forestale nei
bacini montani.

Art. 10.

Di massima sono da escludere materiali dalle pendici, e in questo caso sono da adottarsi le briglie di trattenuta che si debbono collocare nelle strozzature, a valle d'allargamenti o varici dei valloni o burroni.

Saranno da adottare le briglie di correzione ove vi è scavo nell'alveo o erosione sui fianchi.

La corona delle briglie dovrà essere concava con ali rialzate sui fianchi o sul fianco corrodibile, in modo che la portata massima del torrente sia contenuta fra sponde salde. Il profilo a valle deve essere verticale.

Art. 11.

Ogni proposta deve essere ispirata a grande economia, modestia e semplicità, escludendo qualunque opera di lusso, ricordando che non si tratta di elencar monumenti od opere d'arte grandiose e che devonsi evitare dispendiosi lavori di muratura.

Art. 12.

Ingegneria naturalistica

Sono da impiegare i materiali rustici del sito, pietre, legnami, chiedendo alla forza di vegetazione i materiali viventi per il consolidamento dei terreni, ricorrendo anche a opere miste di legname e sasso.

Nelle frane, sono da evitare le costruzioni murali, adottando invece piccole palizzate, graticciate o fascinate basse, inerbamenti e semine o piantagioni di alberi di pronto accrescimento.

Art. 13.

La stima delle opere sarà basata sui prezzi locali, presentando analisi e computi metrici dei tipi normali e delle varie categorie, di provvedimenti, delle varie qualità di piantagioni, seminagioni, ecc., di cui nel computo metrico si daranno le quantità nel modo più approssimativo al vero che sia possibile, ma sempre sommariamente, perché le condizioni locali sono facilmente alterabili dopo trascorso un certo tempo.

Per le opere d'arte speciali si faranno stime sulle dimensioni corrispondenti ai disegni.

Nel caso di progetti di massima, specialmente per quelli da servire di base a concessioni a province o consorzi, come all'art. 15 della legge, la stima potrà essere fatta col sistema di un prezzo medio complessivo per ettaro di bacino da sistemare.

Decreto
Ministeriale
20 agosto 1912

Approvazione
delle norme per
la preparazione
dei progetti di
sistemazione
idraulico
forestale nei
bacini montani.

Art. 14.

Si terranno separate nella stima le spese per imprevisti (1/10 circa) da quelle per assistenza, direzione, sorveglianza e spese generali per l'esecuzione in economia, titoli tutti questi ultimi che debbono valutarsi in blocco al 12% della stima principale per lavori imprevisti.

Art. 15.

In genere non sarà proposto l'impianto di vivai d'importanza nei bacini da sistemare, calcolando di prelevare le piante dai vivai governativi. Eccezionalmente, quando i vivai governativi fossero a grande distanza o a dislivello troppo accentuato, o vi mancassero le speciali piante adatte, soltanto allora si potranno proporre piccoli orti o vivai temporanei.

Art. 16.

Il tutto verrà illustrato e giustificato da una relazione, non accademica né prolissa, ma concisa ed esauriente. Essa deve dare, a chi esamina, l'idea chiara delle condizioni del bacino, quindi ubicazione, confini, condizioni altimetriche ed idrografiche, pendenze, portate, natura delle rocce e delle terre, rapporto delle varie colture, natura del torrente, se cioè di scavo o di trasporto, danni che si verifichino entro o fuori del bacino, influenza sui corsi d'acqua nei quali si scarica, ecc.

Alla parte descrittiva farà seguito l'indicazione dei provvedimenti da adottare, dando ragione della scelta delle opere e delle colture che si propongono. In fine della relazione saranno riassunte le spese per ogni categoria di lavoro, tracciando un completo programma di lavoro ripartito nelle varie serie o diversi periodi di cui l'attuazione deve avvenire successivamente.

La correzione dei torrenti



La correzione dei torrenti

Attenzione alla **dinamica morfologica del corso d'acqua**.....

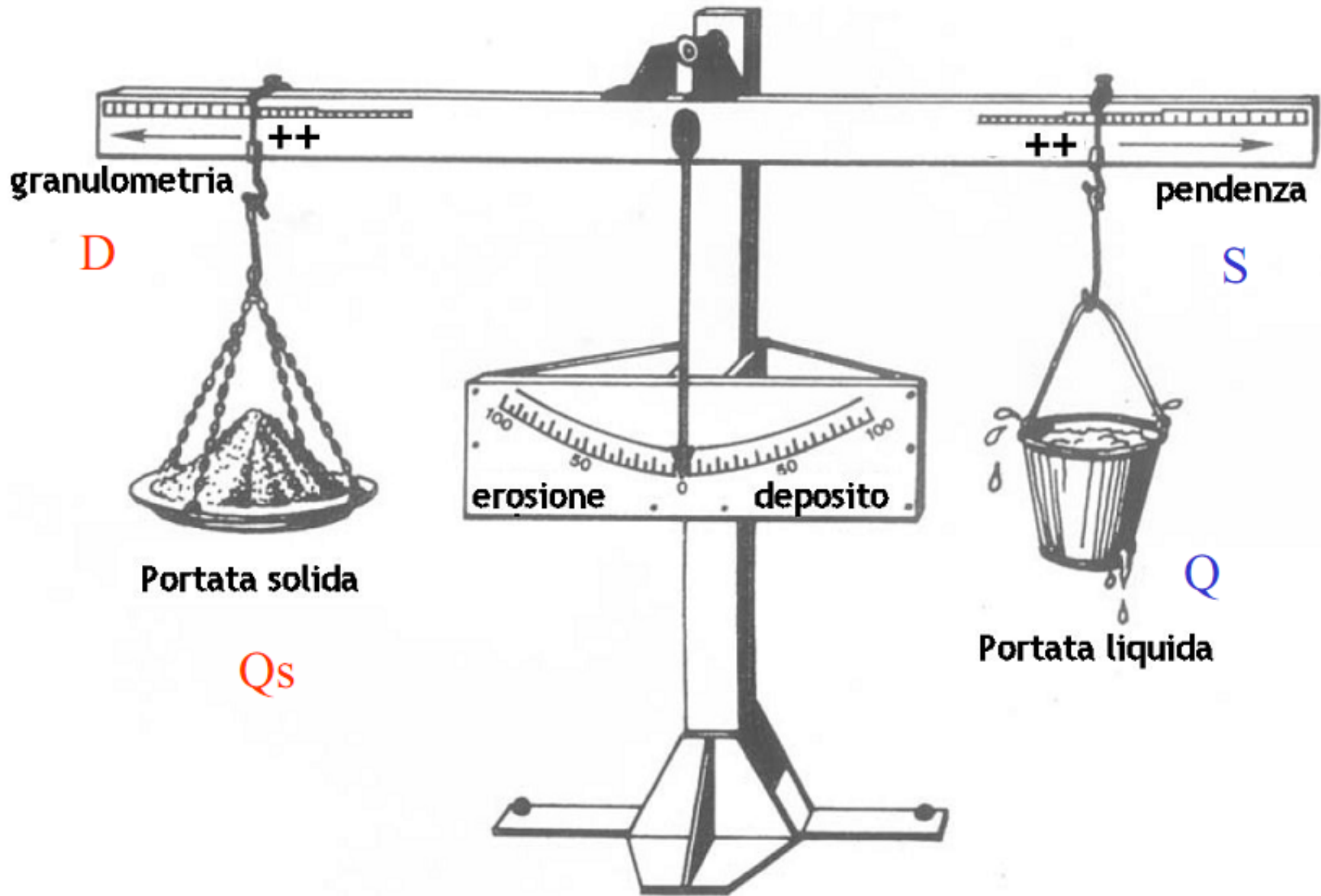
I corsi d'acqua tendono naturalmente ad assumere assetti plano-altimetrici relativamente stabili, obbedendo a criteri di ottimizzazione energetica

“ogni azione naturale è fatta da essa natura, nel più breve tempo e modo che sia possibile” Leonardo Da Vinci

I fattori che condizionano l'evoluzione morfologica dei corsi d'acqua sono: la portata liquida (Q), la portata solida (Q_s), la pendenza del corso d'acqua (S) e la granulometria del sedimento (D).

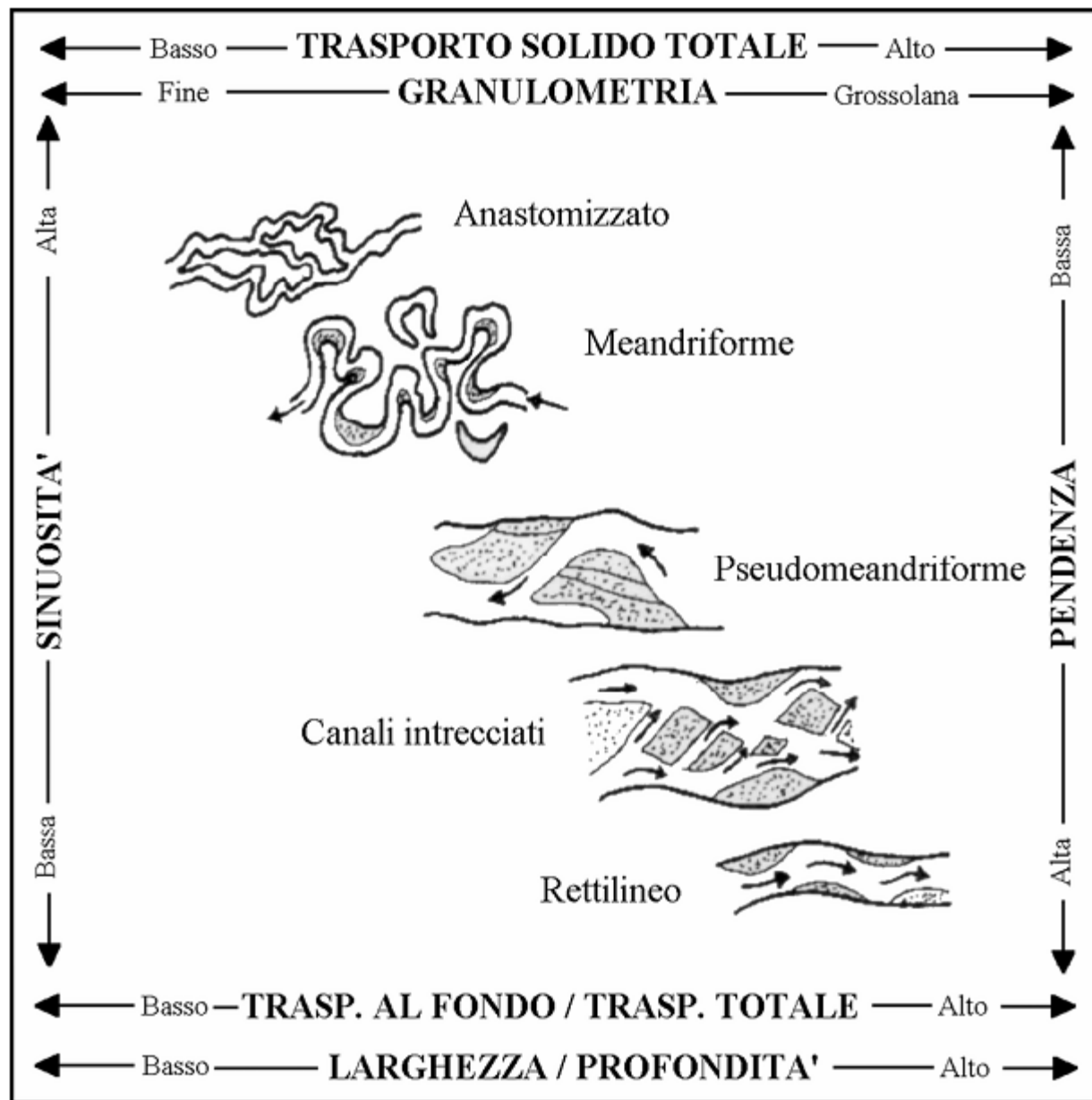
Il principio che sottende a questa ricerca di equilibrio è stato ben evidenziato da Lane (1950) il quale afferma che un fiume tende sempre a conservare o a ripristinare una condizione di equilibrio in modo che le variazioni di Q_s e D siano controbilanciate da Q e S

La bilancia di Lane $\rightarrow Q S \approx Q_s D$



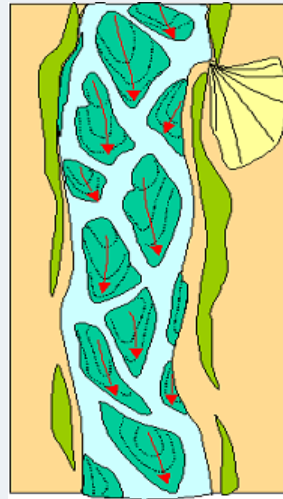
Le forme fluviali

La ricerca della minima dissipazione energetica genera assetti morfologici diversi che possono essere riconosciuti in forme fluviali codificate



Le forme fluviali

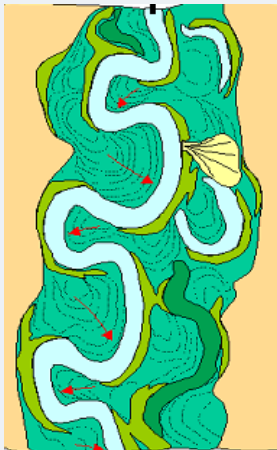
braided – canali intrecciati



pseudo meandriforme



meandriforme



meandriforme a forte sinuosità



↘ Migrazione delle barre

Le forme fluviali

Piana alluvionale in Alaska. Per l'assenza di vegetazione dovuta al clima freddo è perfettamente visibile un ampio campionario degli elementi morfologici e delle strutture sedimentarie tipici di questo ambiente: corsi d'acqua sia intrecciati che a meandri, barre fluviali e barre di meandro.



Le forme fluviali

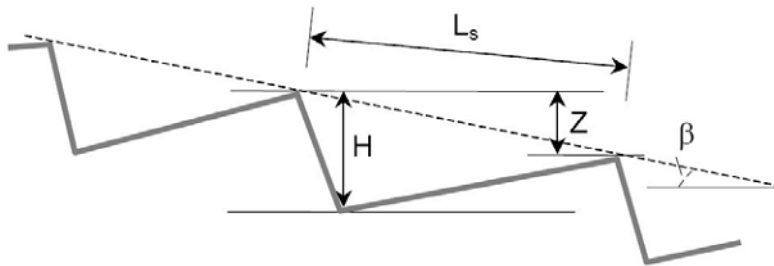


Pian Venezia - val di Sole (TN)
Esempio di alveo intrecciato – “braided” - in alta quota
(circa 2500 m s.m.)

Le sequenze morfologiche

Le sequenze morfologiche tendono a rispettare relazioni geometriche definite

Sequenza a “step and pool”

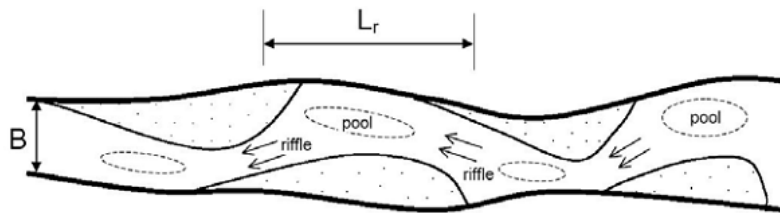


$$H = (1 \div 4) D_{90}$$

$$L_s = (0.5 \div 1.6) B$$

$$L_s = 6.18Z^{0.48}$$

Sequenza a “riffle and pool”



$$L_r = (5 \div 7) B$$

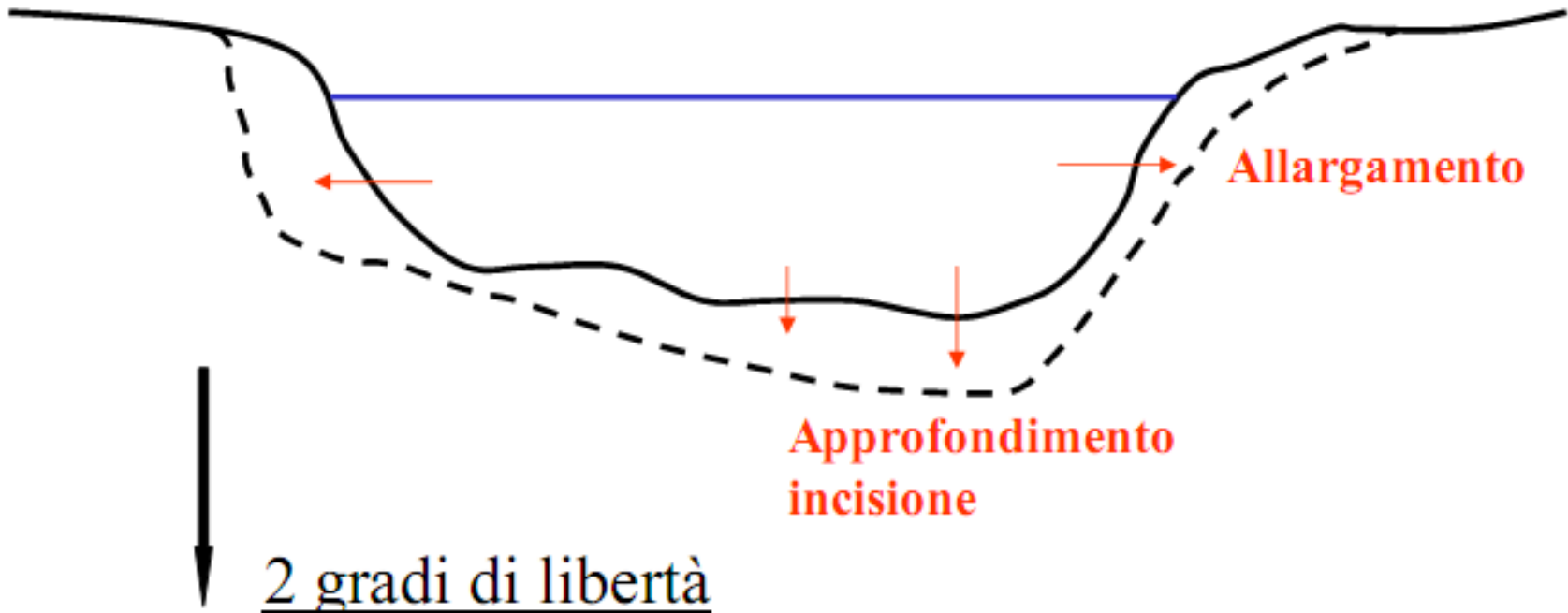
È possibile emulare queste tipologie morfologiche nel progettare interventi di sistemazione dei corsi d'acqua



I principali elementi da considerare

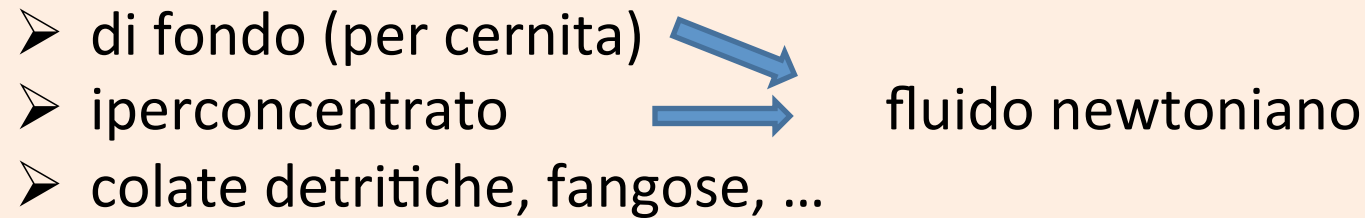
1 - Corsi d'acqua ALLUVIONALI → scorrono sui propri sedimenti

forma della sezione facilmente modificabile



I principali elementi da considerare

2 – forma di TRASPORTO SOLIDO prevalente

- di fondo (per cernita)
 - iperconcentrato
 - colate detritiche, fangose, ...
- fluidi newtoniani
- 

3 – tipo di TORRENTE

- di trasporto
- di scavo

La classificazione di De Horatiis (1930)



Tratti di trasporto (spesso CONOIDE)

A) OPERE DI TRATTENUTA

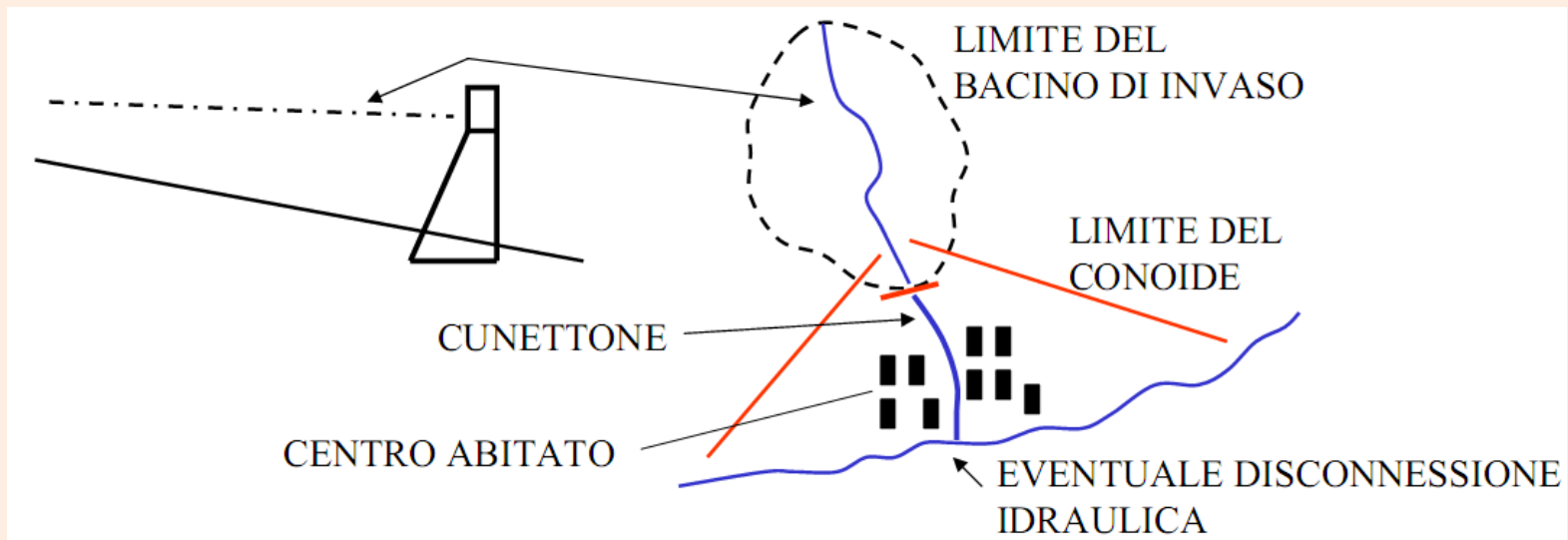
1. intercettazione parziale o totale dei volumi solidi

→ laminazione Q_s



briglie chiuse
briglie aperte
piazze di deposito

2. modifica del tipo di trasporto

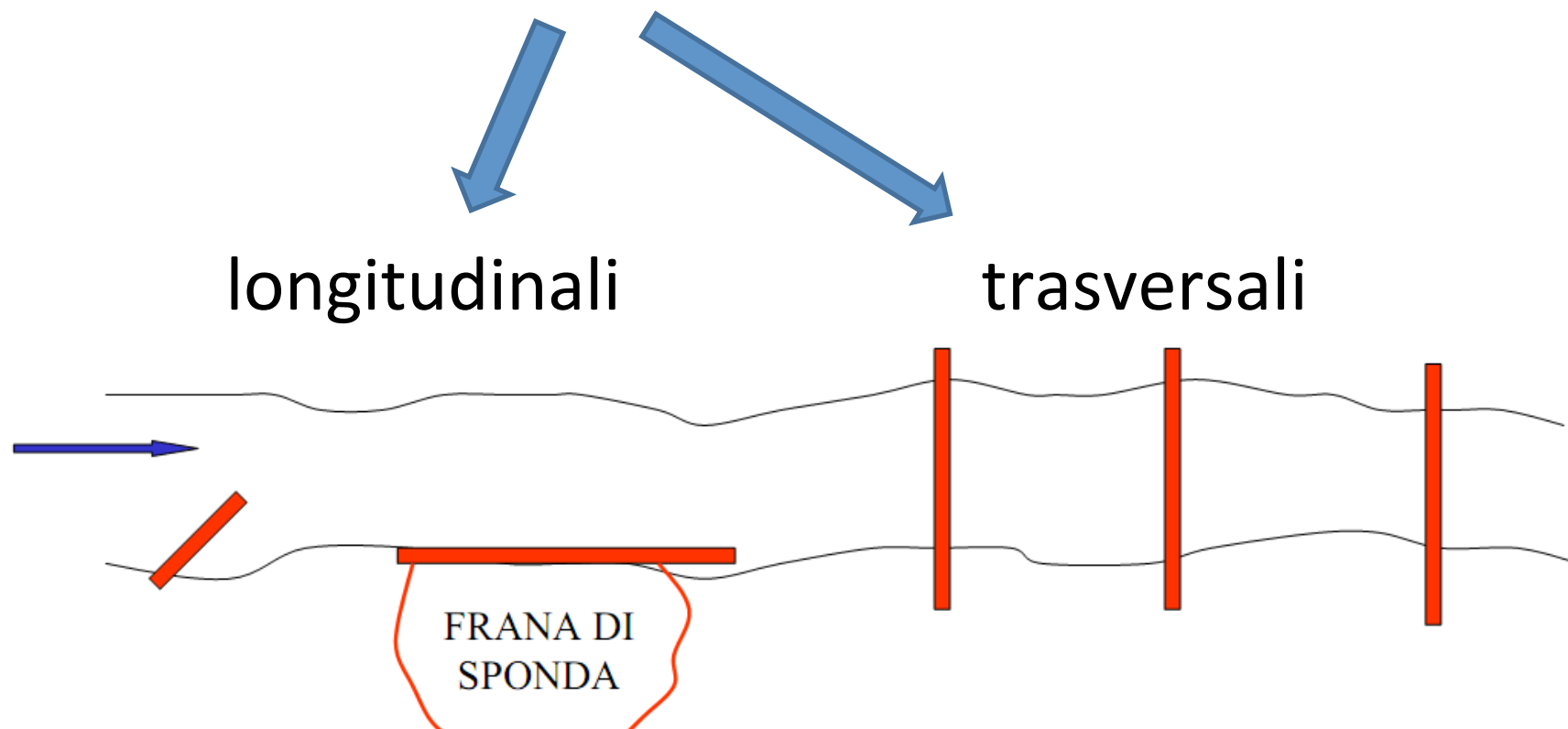


B) **CANALIZZAZIONI** per favorire lo smaltimento delle portate solide ed evitare il congestionamento delle sezioni: CUNETTONI

Sistemazioni d'alveo

Tratti di scavo (spesso TESTATA e CANALE)

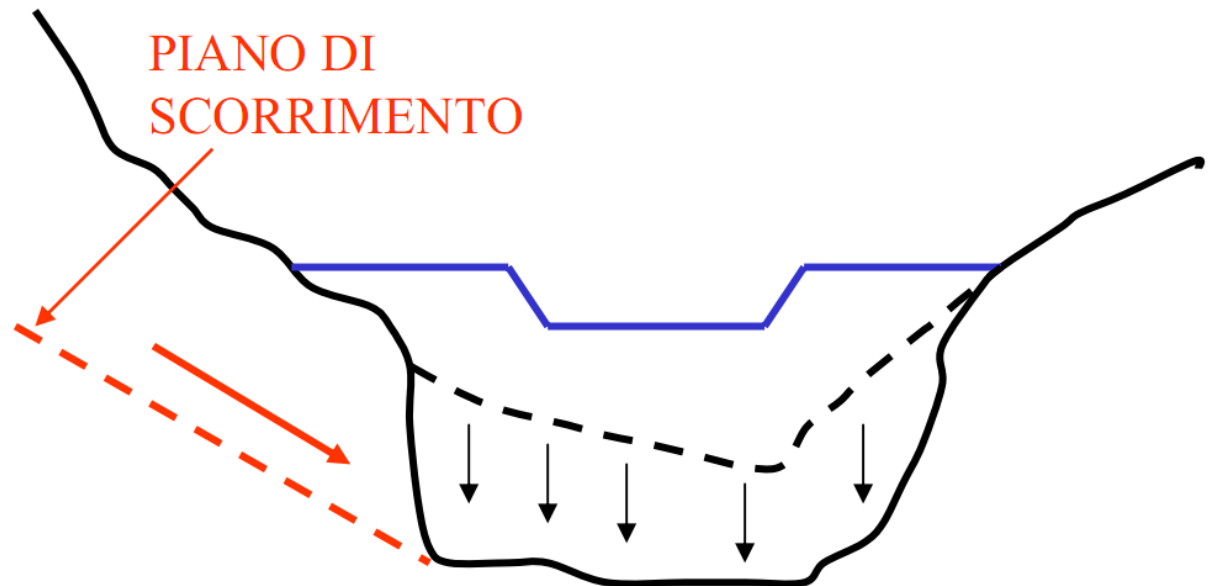
A) OPERE DI CONSOLIDAMENTO



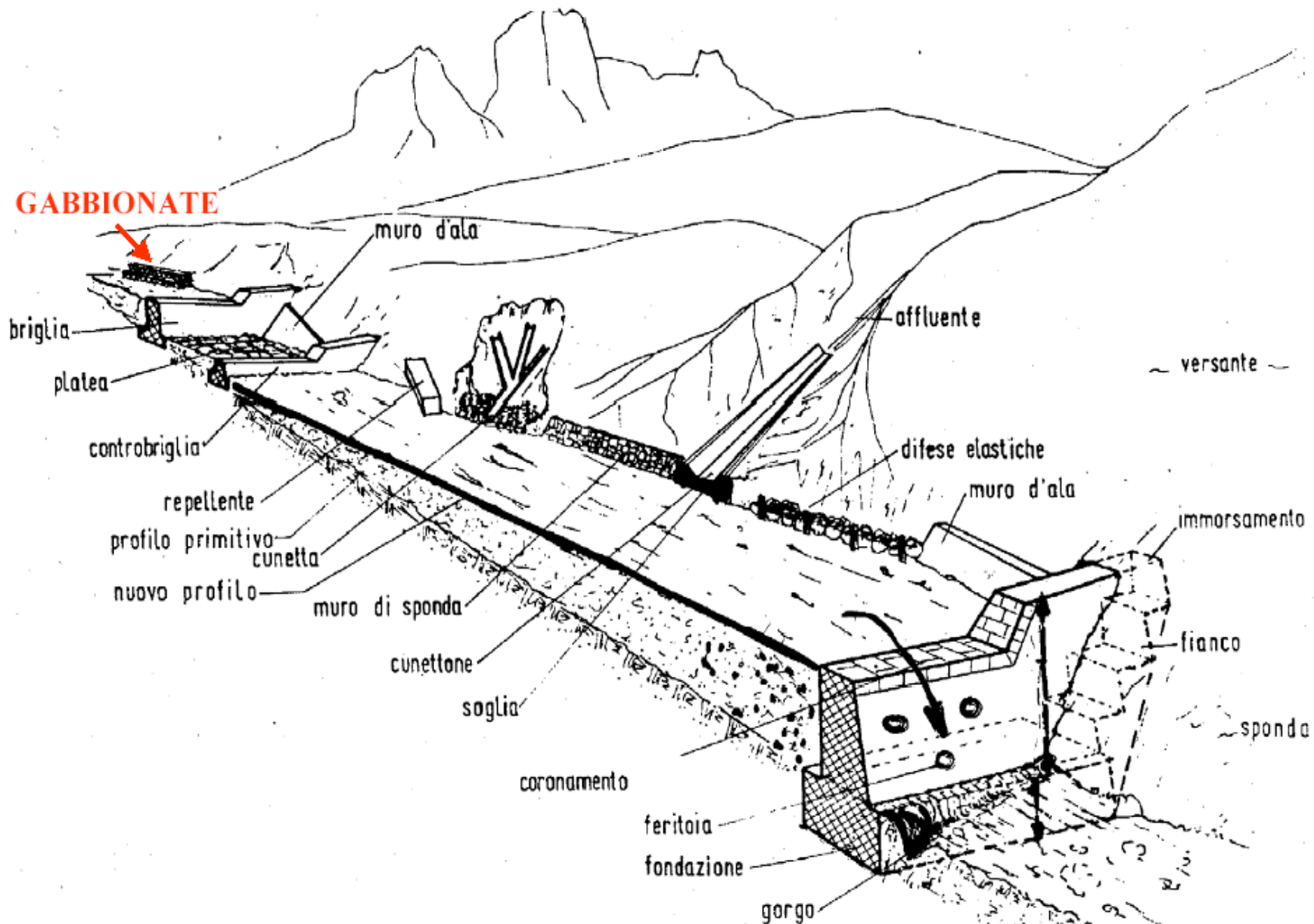
Opere di consolidamento

longitudinali: stabilizzazione delle sponde
(irrigidimento localizzato)

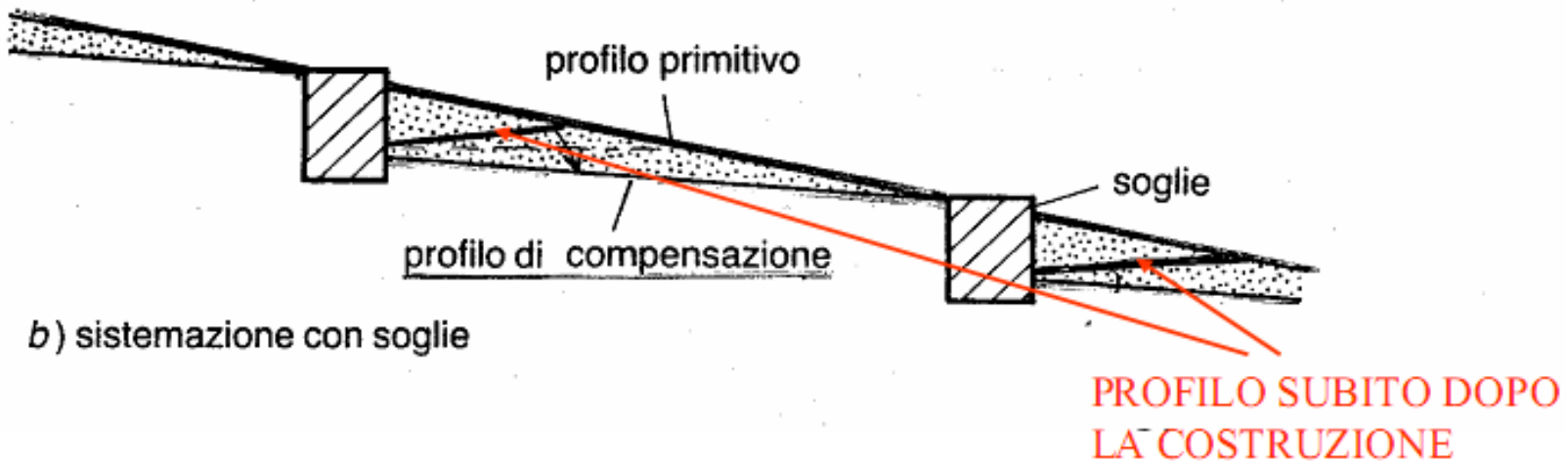
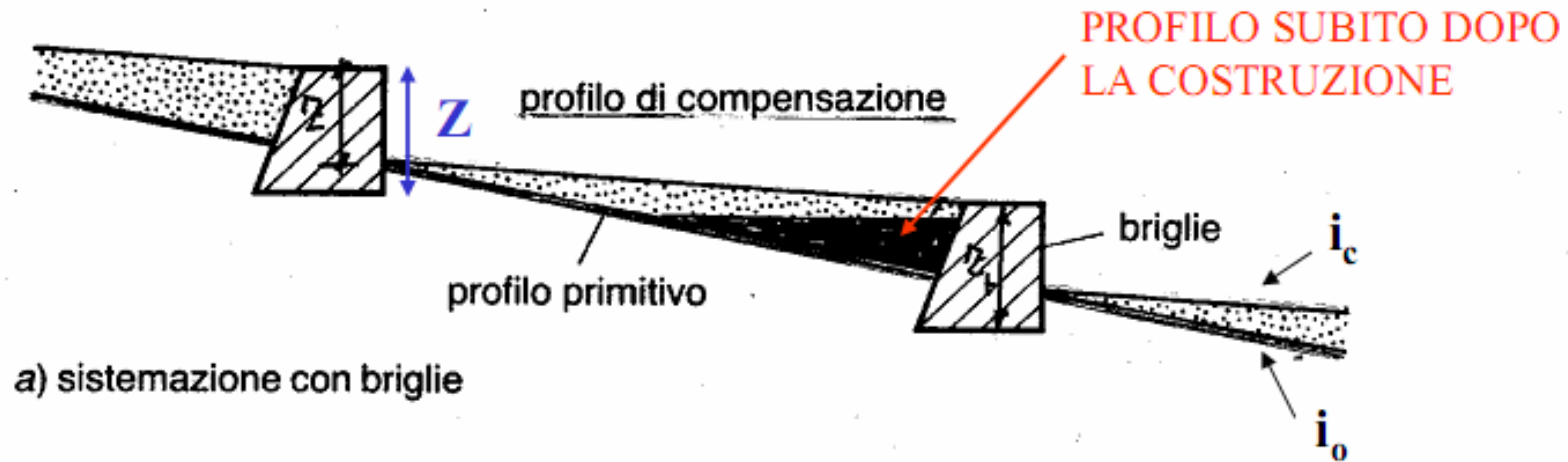
trasversali: riduzione o controllo della pendenza longitudinale:
opere in serie (**gradinata**)
controllo localizzato di franamenti per mancanza di
contrasto al piede



Sistemazioni d'alveo



Sistemazione a gradinata



$$\text{dislivello da recuperare} = n Z = L_s (i_c - i_o)$$

n = numero di opere; L_s = lunghezza tratto sistemato

Sistemazione a gradinata



La pendenza di compensazione ha un significato progettuale in quanto la sua determinazione permette di individuare, a partire dalla prima briglia a valle, la posizione delle precedenti briglie.

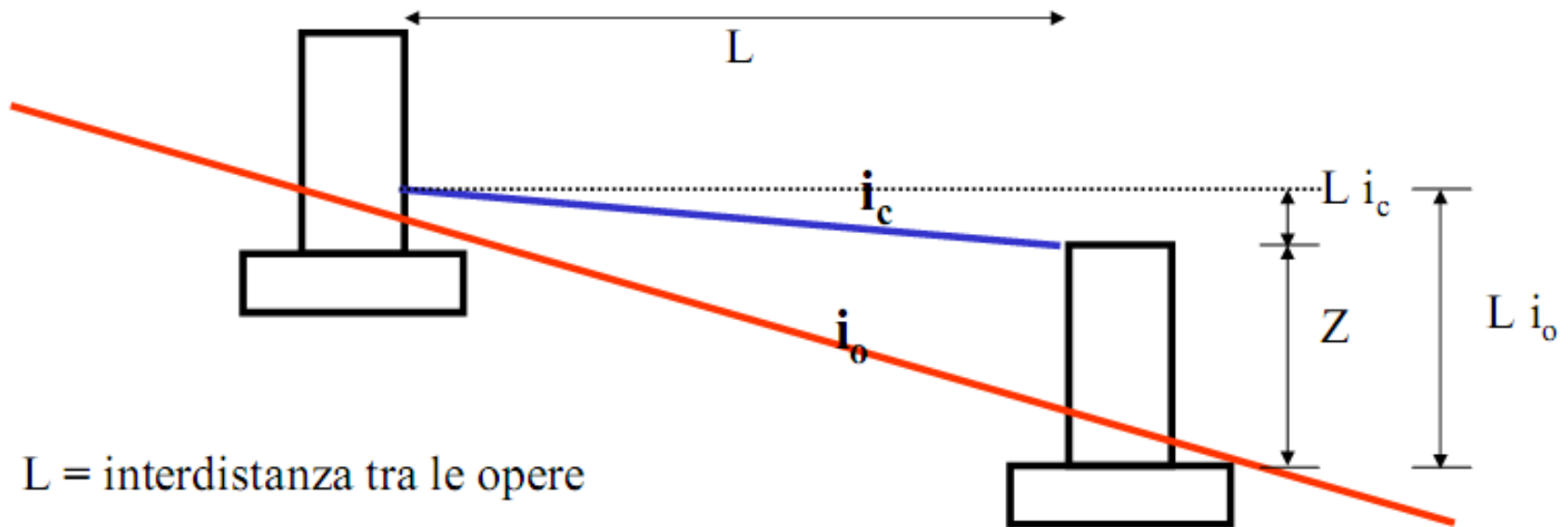
A tal fine si riporta su carta il profilo longitudinale dell'alveo e partendo dal piano gaveta della prima briglia a valle si traccia una linea con pendenza pari a i_c fino a intersecare il profilo longitudinale dell'alveo. Questo è il punto destinato alla briglia successiva e così via fino a interessare tutto il tratto d'alveo da sistemare.

Briglie di consolidamento

ricerca di una condizione di equilibrio dinamico del profilo

i_o = pendenza originaria

i_c = pendenza corretta (di compensazione, di sistemazione)

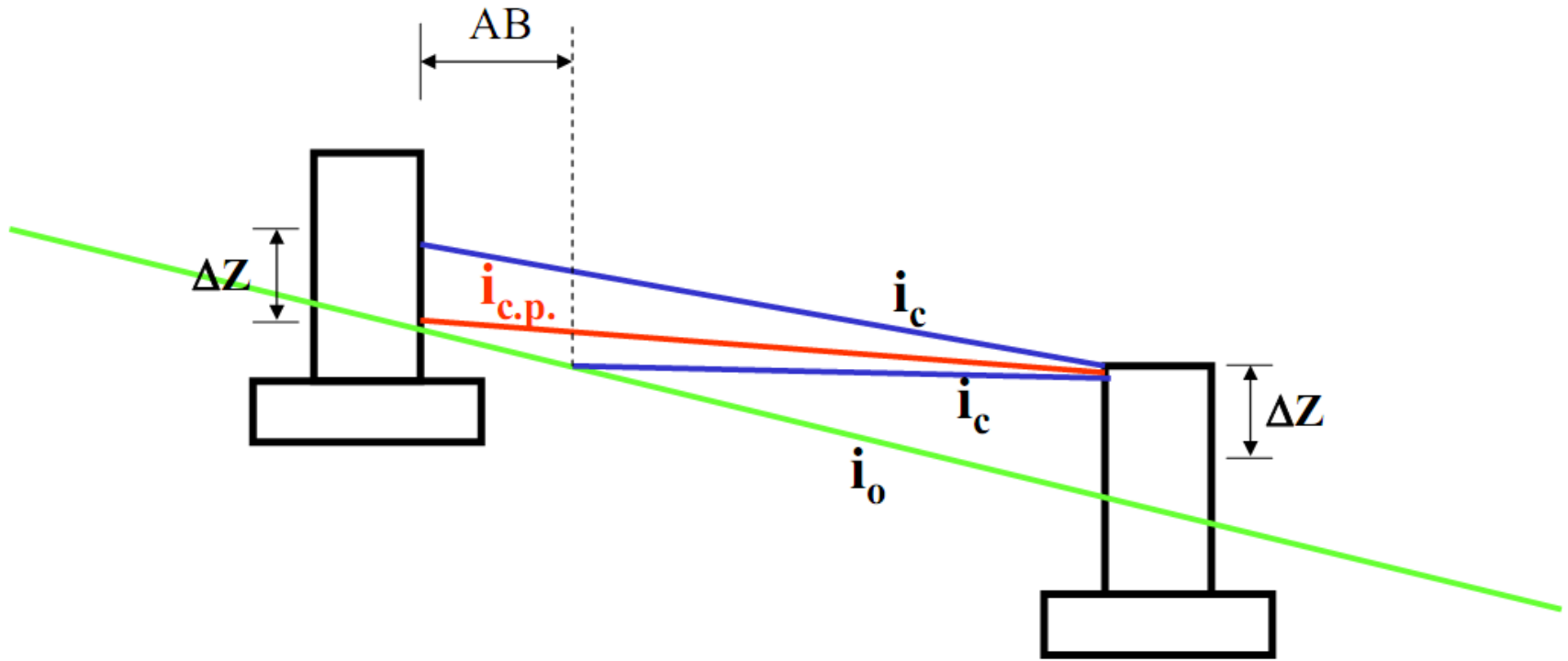


L = interdistanza tra le opere

altezza utile della briglia: $Z = L (i_o - i_c)$

i_c : condiziona l'entità e il costo dell'intervento

pendenza di compensazione



i_o = pendenza originaria

$i_{c.p.}$ = pendenza di correzione di progetto

i_c = pendenza compensata reale

se $i_c > i_{c.p.}$ → Costo economico maggiore ($> \Delta Z$)

se $i_c < i_{c.p.}$ → Tratto AB in erosione: devo intervenire ulteriormente

Stima della pendenza di compensazione – approccio statistico

Fattorelli et al. (1980):

[1000 tratti sistemati del Trentino]

$$i_c = f(i_o, B_{\text{media}}, Z, d, V_{\text{TR}}, \text{grado erodibilità})$$

$i_c = 0.59 i_o$: bacini molto erodibili

$i_c = 0.66 i_o$: bacini mediamente erodibili

$i_c = 0.77 i_o$: bacini poco erodibili

Heede (1960):

$$i_c = (0.6 - 0.7) i_o$$

situazione ideale: $i_{c.p.} = i_c$



di progetto

Stima della pendenza di compensazione – approccio analitico

$$\tau_c = 0.06(\gamma_s - \gamma)D$$

(Shields, 1936)

τ_c = sforzo tangenziale critico (N m^{-2})

D = diametro granulometrico di riferimento (m)

γ_s = peso specifico dei sedimenti ($2.6 \times 10^4 \text{ N m}^{-3}$)

γ = peso specifico dell'acqua ($1.0 \times 10^4 \text{ N m}^{-3}$)

$$\tau = \gamma R_H i$$

τ = sforzo tangenziale medio (N m^{-2})

R_H = raggio idraulico (A/C) (m)

i = pendenza del fondo (m m^{-1})

per $\tau = \tau_c \rightarrow i = i_c \rightarrow$

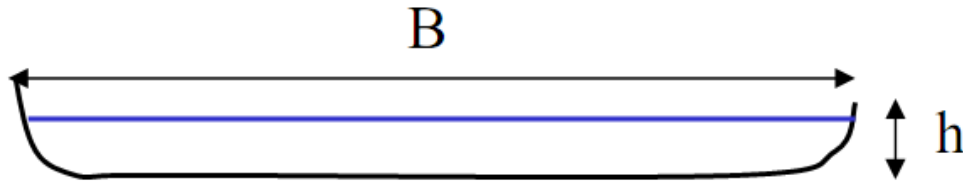
$$0.06(\gamma_s - \gamma)D = \gamma R_H i_c$$

$$i_c = 0.06 \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \cdot \frac{D}{R_H} \cong 0.1 \frac{D}{R_H}$$

0.093

Coincide con la formula di Valentini (1985) dedotta in Valtellina

Soluzione esplicita per sezione rettangolare molto larga



tirante \approx raggio idraulico

$$h \approx R_H$$

Moto uniforme

$$Q = AK_s h^{2/3} i^{1/2} \quad A = Bh$$

$$Q = K_s B h^{5/3} i^{1/2}$$

$$h_c = \left(\frac{Q}{K_s B i^{1/2}} \right)^{3/5} \quad i_c = 0.1 \frac{D}{h_c}$$

$$i_c = 0.1 D \left(\frac{K_s B i_c^{1/2}}{Q} \right)^{3/5}$$

K_s = scabrezza secondo Strickler

Q = portata liquida di riferimento

$$i_c = \left(\frac{0.1 D K_s^{0.6} B^{0.6}}{Q^{0.6}} \right)^{1.43}$$

$$D \approx D_{90}$$



Campionamenti in alveo

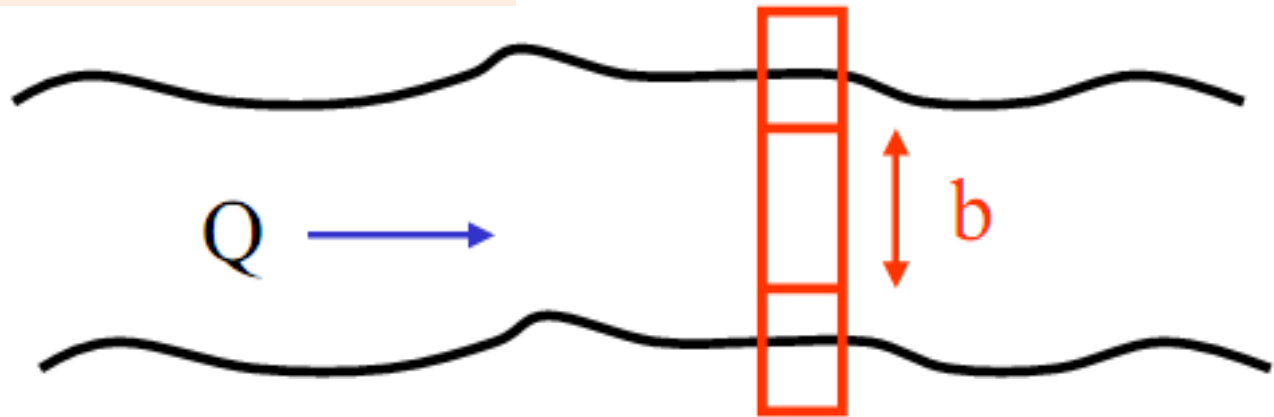
Soluzione esplicita per sezione rettangolare molto larga

$$i_c = \left(\frac{0.1 D_{50-90} K_s^{0.6} B^{0.6}}{Q_{10-30}^{0.6}} \right)^{1.43}$$

B tende ad evolvere verso valori imposti dalla larghezza della gaveta

D_{50} e Q_{30} → più prudentiale

D_{90} e Q_{10} → meno conservativo



Esempio applicativo

Torrente con letto di ghiaia grossolana e ciottoli → $D_{50} = 50 \text{ mm}$

$D_{84} = 80 \text{ mm}$

$D_{90} = 100 \text{ mm}$

$$Q_{30} = 16 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$$

$$I_0 = 6 \%$$

$$B = 7 \text{ m}$$

$$L_s = 200 \text{ m}$$

$i_c, n, Z ?$

$$K_s = \frac{26}{D_{90}^{1/6}} = 38 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$$

$$i_c = \left(\frac{0.1 D_{90} K_s^{0.6} B^{0.6}}{Q_{30}^{0.6}} \right)^{1.43} = \left(\frac{0.285}{5.278} \right)^{1.43} = 0.015 = 1.5 \%$$

Esempio applicativo

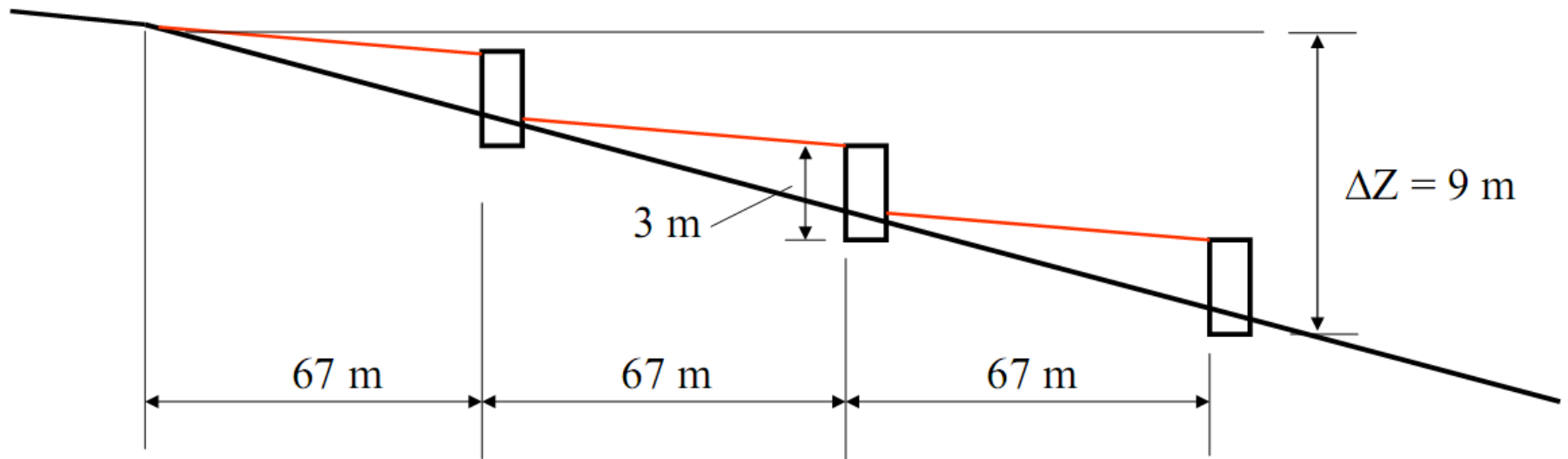
ΔZ = dislivello complessivo da recuperare

$$\Delta Z = (i_0 - i_c)L_s = (0.06 - 0.015) \cdot 200 = 9 \text{ m}$$

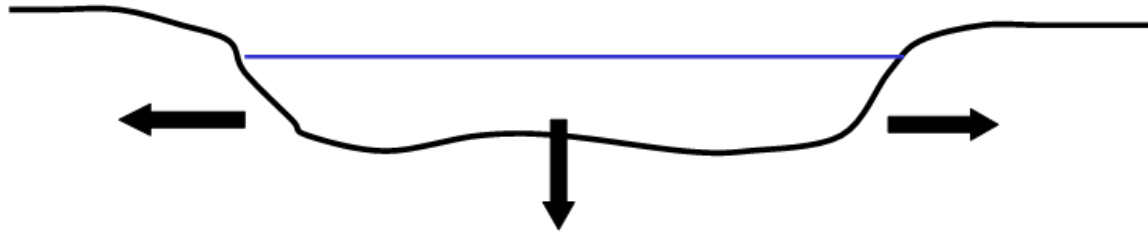
Si decidono briglie di uguale altezza: $Z = 3 \text{ m}$

$$n = \Delta Z / Z = 9/3 = 3 \text{ briglie}$$

Distanza tra le opere: $L = 200/3 = 67 \text{ m}$

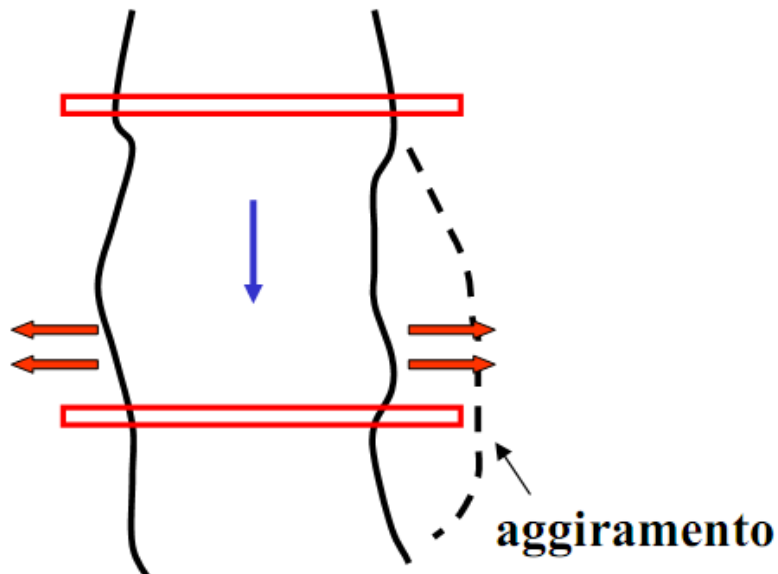


In conclusione ...



un intervento di sistemazione idraulica che controlli uno solo dei due gradi di libertà di un alveo alluvionale deve considerare con particolare attenzione il grado di libertà rimanente

OPERE TRASVERSALI



DIFESA SPONDALE

