

Misure per la Mitigazione del rischio di alluvione e di dissesto

Novembre 2014

Il rischio idrologico-idraulico

La mitigazione del rischio

- La **Prevenzione** del rischio di inondazione (o, per meglio dire, la **Mitigazione**) è basata su un complesso di fattori, (*Interventi e Introduzione di Pratiche*) che permettono la permanenza e lo sviluppo delle attività umane nelle aree a rischio;
- La classificazione più comunemente adottata per gli interventi a difesa delle aree inondabili distingue, due tipologie fondamentali: interventi **strutturali** e interventi **non strutturali**;
- Efficaci sistemi di difesa sono frutto di una **adeguata combinazione** di interventi strutturali e non strutturali.

Il rischio idrologico-idraulico

Combinazione degli Interventi

La mitigazione del rischio alluvionale richiede sia
interventi di tipo strutturale
sia

interventi di tipo non strutturale

Gli interventi strutturali, comunque realizzati e comunque realizzabili, lasciano infatti scoperta una quota di rischio (**rischio residuale**), determinata dalla possibilità che si possano comunque verificare, pur con probabilità o frequenze assai modeste, eventi di intensità superiore al dato di progetto.

Le conseguenze del residuo rischio alluvionale si possono quindi mitigare soltanto tramite un complesso di interventi di tipo non strutturale, il cui scopo è, in primo luogo, prevenire quelle condizioni di uso del territorio che esaltano i fenomeni alluvionali e ne amplificano gli effetti; in secondo luogo, essi hanno l'obiettivo di alleviare i danni alluvionali, minimizzando l'impatto delle piene superiori al dato di progetto.

Il successo o il fallimento di un programma di mitigazione del rischio alluvionale dipendono in larga misura dall'integrazione dei due tipi di intervento, strutturale e non.

Il Rischio (naturale) RESIDUALE

Il periodo di ritorno T non caratterizza completamente il rischio idrologico in campo progettuale e nella pianificazione

$F_X(x)$ = distribuzione geometrica di parametro p

p = probabilità (semplice) dell'evento sfavorevole

$$E(x) = \frac{1}{p} = T \text{ (Periodo di Ritorno)}$$

L Orizzonte temporale di riferimento.

P_L Probabilità di un **evento sfavorevole** in un periodo di L anni consecutivi.

$$P_L = F_X(L) = 1 - (1 - p)^L$$

Rischio RESIDUALE

$$r_{L,T} = P_L = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^L$$

Se $r_{L,T}$ è assegnato:

$$T = \frac{1}{1 - (1 - r_{L,T})^{\frac{1}{L}}}$$

Esempi

La probabilità che in un orizzonte di 10 anni venga superata una piena con $T=50$ è circa pari al 20%

$$r_{10,50} = 1 - \left(1 - \frac{1}{50}\right)^{10} \cong 0.2$$

Perchè accada una piena con $T=50$ non si devono attendere 50 anni!

Per $L \ll T$ vale

$$r_{L,T} = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^L \cong \frac{L}{T}$$

Si può considerare L come un moltiplicatore del rischio naturale

Effetti della mancata considerazione del rischio residuale

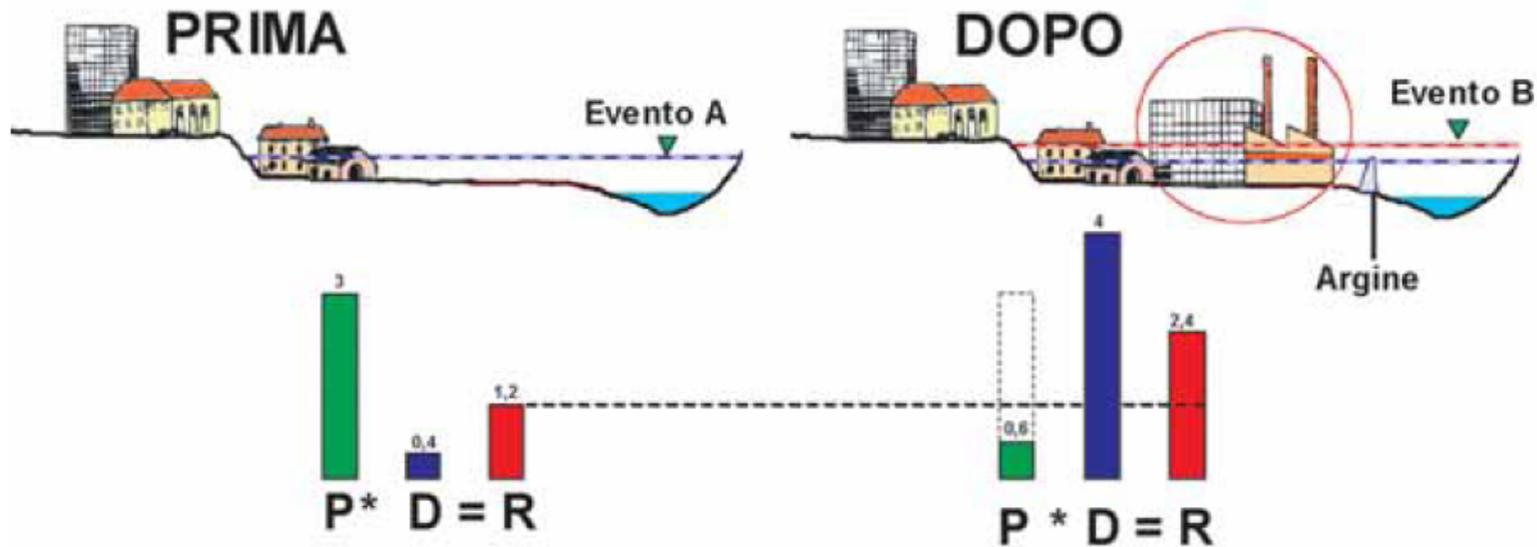
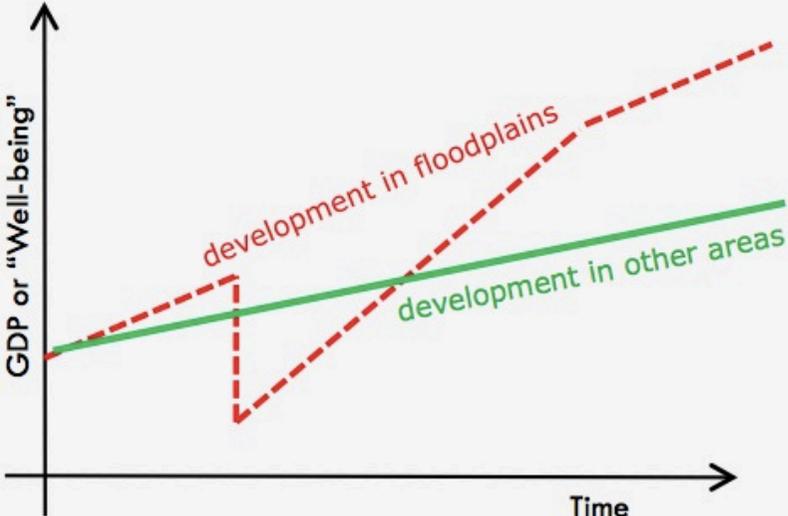
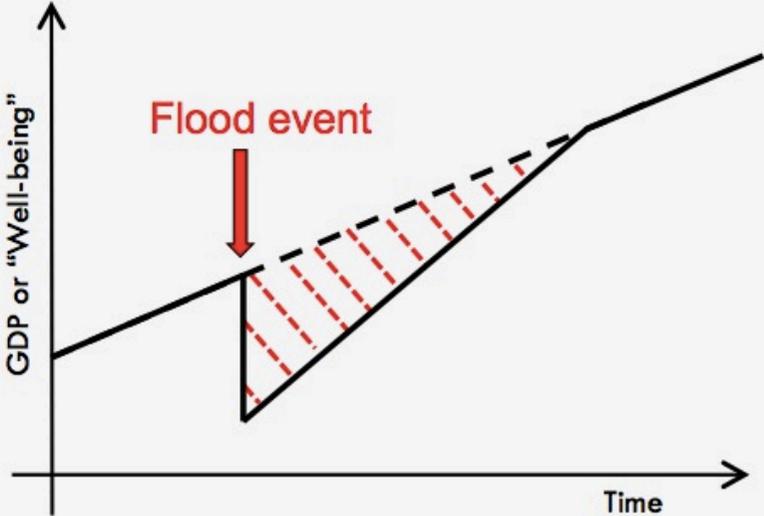


Fig. 2.10. Maggior protezione, può portare a ... maggior rischio! Un dato Evento A che prima produceva danno (figura a sinistra), ora dopo la realizzazione della protezione arginale (figura a destra) è neutralizzato perché la portata è contenuta nell'alveo. Esiste però un evento superiore (Evento B), di minor probabilità, ma sempre possibile, che supera la protezione. Poiché l'illusorio senso di sicurezza fornito dall'argine ha indotto l'urbanizzazione dell'area (cerchio a destra), sono aumentati sia il danno potenziale sia il rischio complessivo (la colonna rossa, nella parte inferiore della figura a destra, è più alta della analoga a sinistra). Se, ad es., la frequenza di inondazione dell'area si riduce di 5 volte (T_R da 30 a 150 anni) ma, nel caso di inondazione, il danno aumenta di 10 volte, allora si ha un raddoppio del rischio complessivo. **P**: probabilità degli eventi che superano la soglia di danno; **D**: danno corrispondente; **R**: rischio. (Illustrazione: A. Nardini)

Incremento dello sviluppo urbanistico che generalmente segue il verificarsi di evento e successivo potenziamento delle difese

Social sciences: how the frequency and severity of floods shape patterns of human settlements

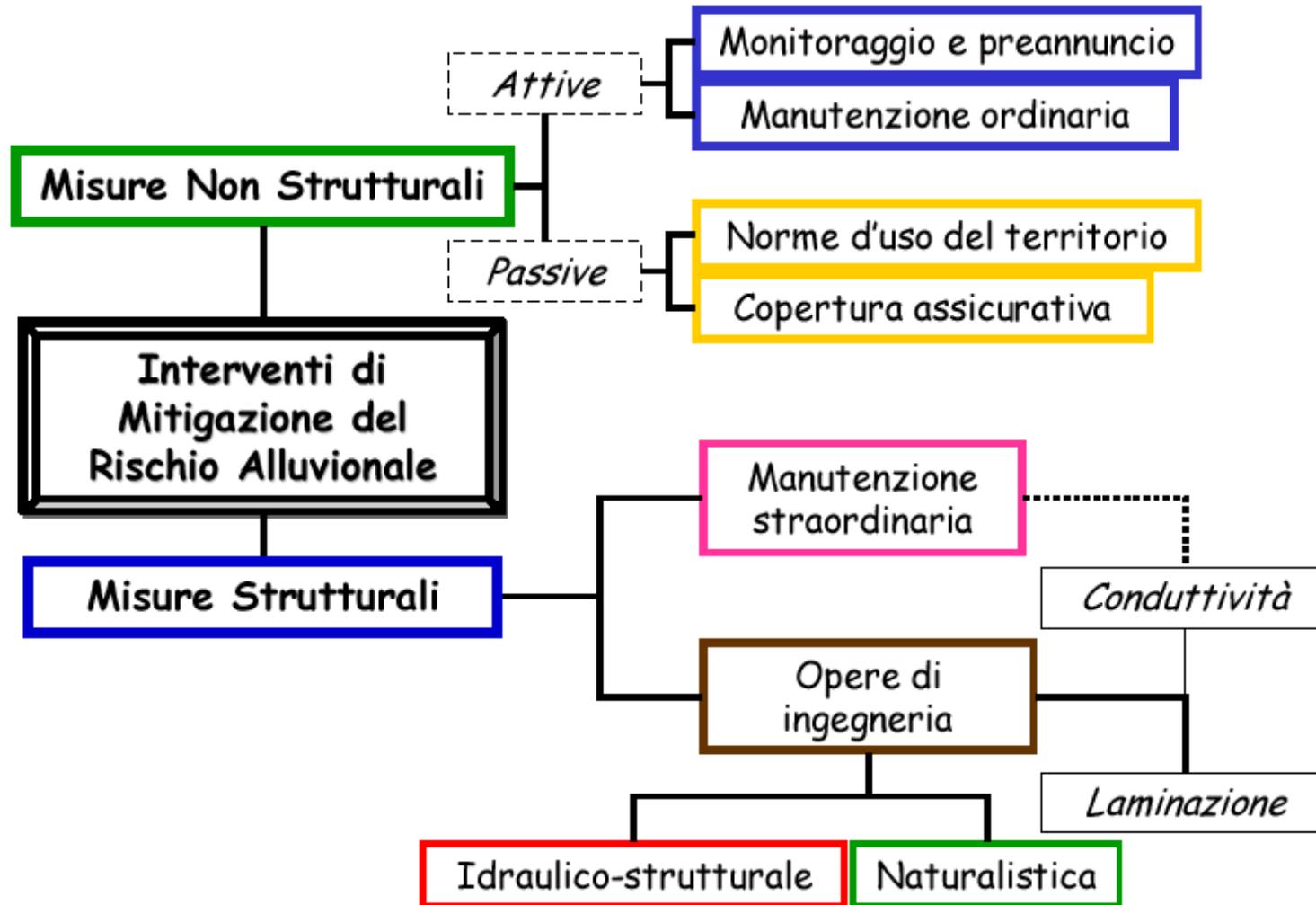
Determine if urban development in floodplain areas is desirable or not



Approccio alle attività di Mitigazione

- **Punti di vista** (spesso messi sullo stesso piano):
 - del (1) **Pianificatore (Area vasta)** e (2) dell'**Operatore esperto** (controllo locale)
 - (1) Approccio **Sistemico** (comune su testi e manuali): comprende la **coerenza degli interventi** lungo le aste fluviali ed a scala di bacino
 - (1) Approccio **Puntuale** (ma capillare):
Capacità di Riconoscimento dei fattori locali di possibile esaltazione dei rischi, soprattutto di **DISSESTO** (erosione, scalzamento, restringimenti, intasamenti, elevate velocità locali, trasporto granulare o fango)

Criteri di approccio sistemico



Criteri di approccio 'puntuale'

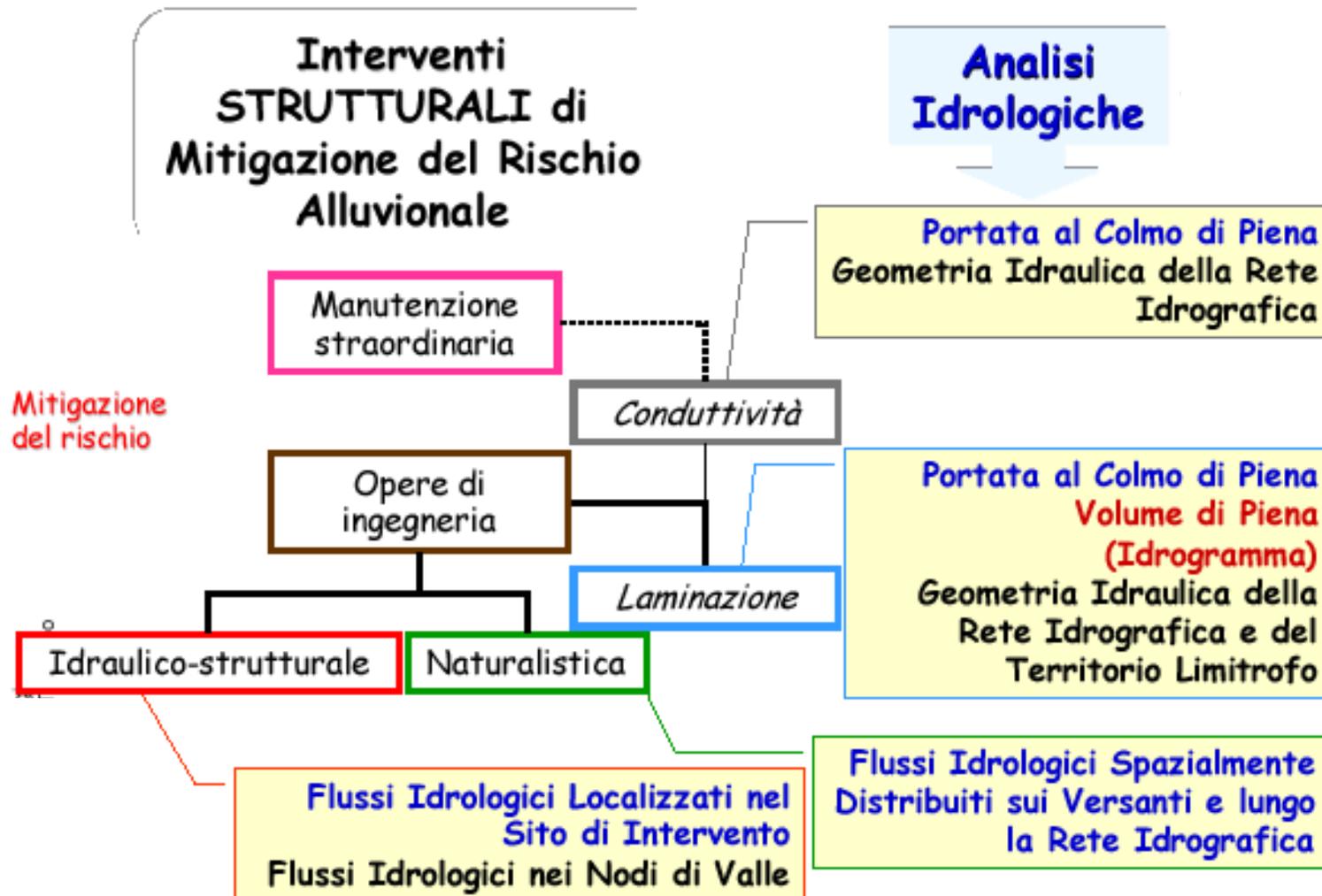
La protezione delle zone antropizzate deve però realizzarsi anche attraverso la rimozione di tutte quelle anomalie che costituiscono fattori aggravanti degli effetti delle piene. Pertanto una efficace prevenzione dovrebbe prendere in considerazione i seguenti aspetti:

- l'inadeguatezza diffusa delle opere di difesa sul reticolo idrografico principale e minore;
- la carenza di manutenzione sulle opere e sugli alvei che ha portato alla riduzione delle sezioni di piena dei corsi d'acqua per la occupazione progressiva delle aree golenali e la creazione di ostacoli al deflusso;
- la riduzione delle aree di espansione per la laminazione delle piene;
- l'aumento della concentrazione dei deflussi in ragione della progressiva canalizzazione delle acque e della impermeabilizzazione delle superfici (riduzione dei tempi di corrivazione);
- la presenza di abitati, insediamenti produttivi e infrastrutture in aree a rischio, senza un adeguamento degli stessi alle condizioni di rischio reali;
- l'insufficiente estensione della rete di monitoraggio idrologico e delle funzioni di preannuncio di piena, soprattutto con riferimento agli affluenti ed alla parte alta dei grandi fiumi;
- l'insufficiente dimensionamento di numerose opere (soprattutto ponti, viadotti e rilevati stradali e ferroviari) di attraversamento dei corsi d'acqua e delle aree esondabili e carenza della manutenzione ordinaria e straordinaria delle opere stesse, in rapporto alle parti esposte alle sollecitazioni dovute alle interazioni con le acque di piena;
- le situazioni locali di erosione e di abbassamento di fondo negli alvei di numerosi corsi d'acqua con conseguente incremento dei fenomeni di scalzamento sulle fondazioni dei ponti e dei viadotti.

Interventi di difesa e mitigazione vs. Sistemazioni Idrauliche

- Spesso messi sullo stesso piano o considerati sinonimi. Distinzione di massima:
- Il **SOGGETTO** della **Difesa Idraulica** è **l'area a rischio** da proteggere
- Il **SOGGETTO** della **Sistemazione Idraulica** è il **tratto o la sezione di corso d'acqua o il versante** che possono costituire fattori di (aggravamento del) rischio (prevalentemente **dissesti**)
- **ENTRAMBI** concorrono ad un approccio 'olistico' alla **DIFESA DEL SUOLO**

Approccio sistemico (interventi STRUTTURALI mitigazione rischio alluv.)



Criteri generali per gli INTERVENTI di Ingegneria Idraulica

- Regioni di Pianura: Riduzione della portata e dei livelli in alveo
 - ✓ *La protezione idraulica dei territori di pianura è basata principalmente sul tentativo di ridurre le portate naturali e di contenere i livelli idrici entro limiti accettabili.*

- Regioni montane: Stabilizzazione dell'alveo
 - ✓ *Nelle zone montane le opere di protezione mirano prevalentemente al contenimento delle variazioni trasversali e verticali dell'alveo, al controllo del trasporto solido, ed hanno come obiettivo la **riduzione** della **velocità** per ridurre la pericolosità degli eventi*

Mitigazione rischio alluvionale

Misure Strutturali 'PASSIVE'

- Interessano in modo diretto o indiretto le aste fluviali
- Riducono portate o livelli in corrispondenza delle sezioni di interesse
- Richiedono solo la stima dei valori di picco delle portate per assegnato T



- Incremento della capacità di convogliamento del corso d'acqua
- Rettifiche fluviali (drizzagni)
- Deviazione di portate di piena

Mitigazione rischio alluvionale

Misure Strutturali 'ATTIVE'

- modificano le caratteristiche delle onde di piena nei tratti di interesse
- Richiedono accurata valutazione dei volumi di piena oltre che dei valori di picco delle portate per assegnato T



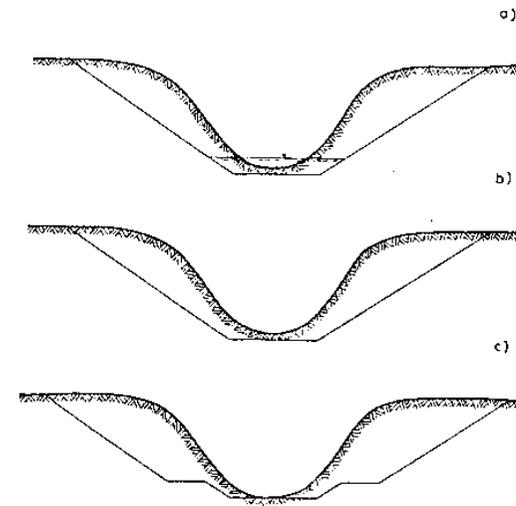
- **Serbatoi di laminazione**
- **Casse di espansione**

Misure Strutturali 'PASSIVE'

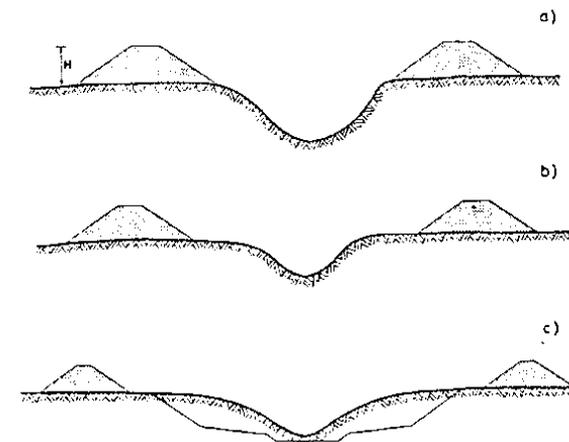
Incremento della capacità di convogliamento

- ❖ Questo metodo di difesa dalle inondazioni mira a ridurre i livelli di piena incrementando la capacità di convogliamento del corso d'acqua per contenere in alveo la portata di piena Q_T
- ❖ Per incrementare la capacità di convogliamento, si interviene aumentando la sezione trasversale σ del corso d'acqua secondo diverse modalità

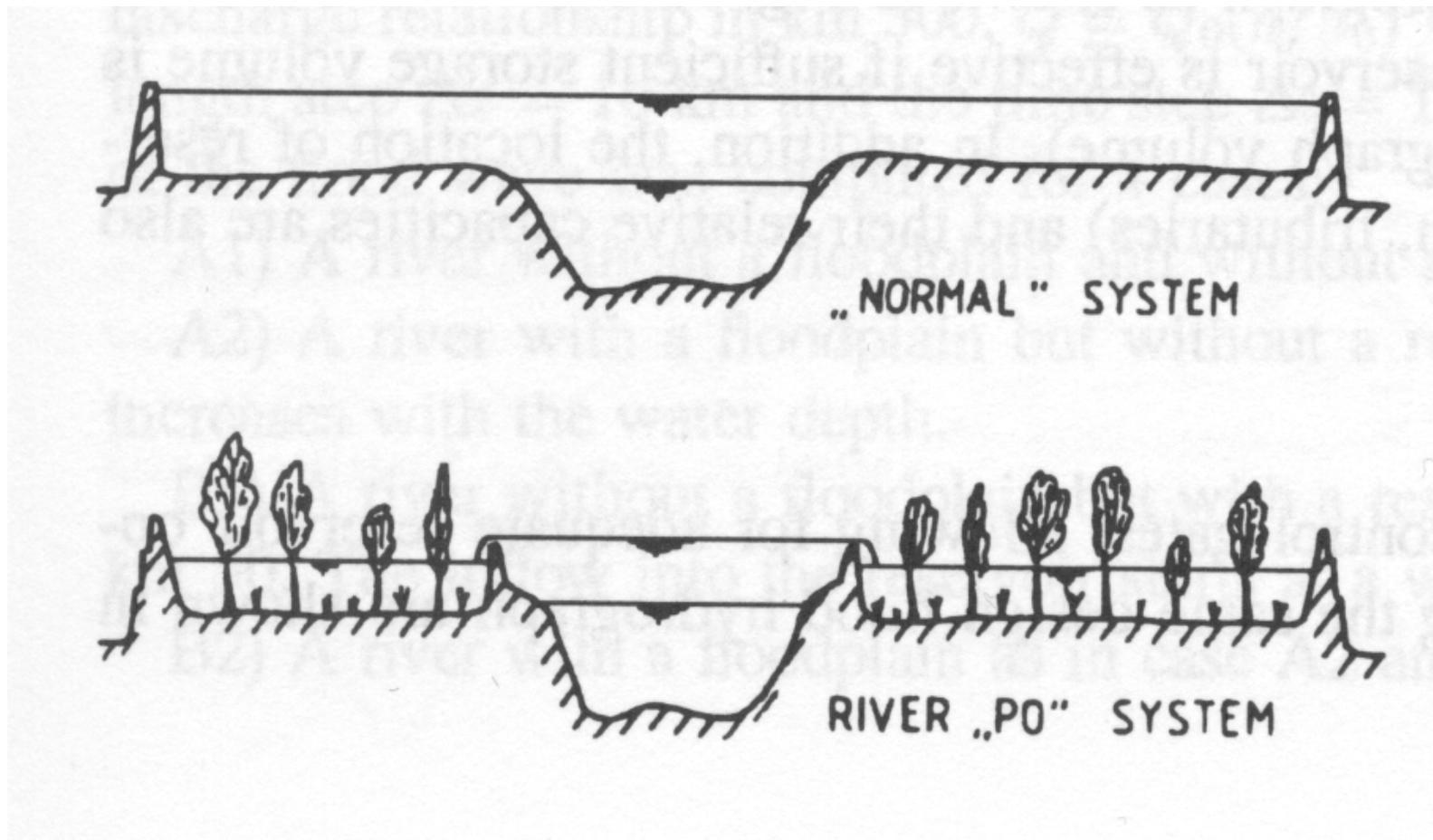
per scavo



per arginatura



■ Arginature: elementi essenziali

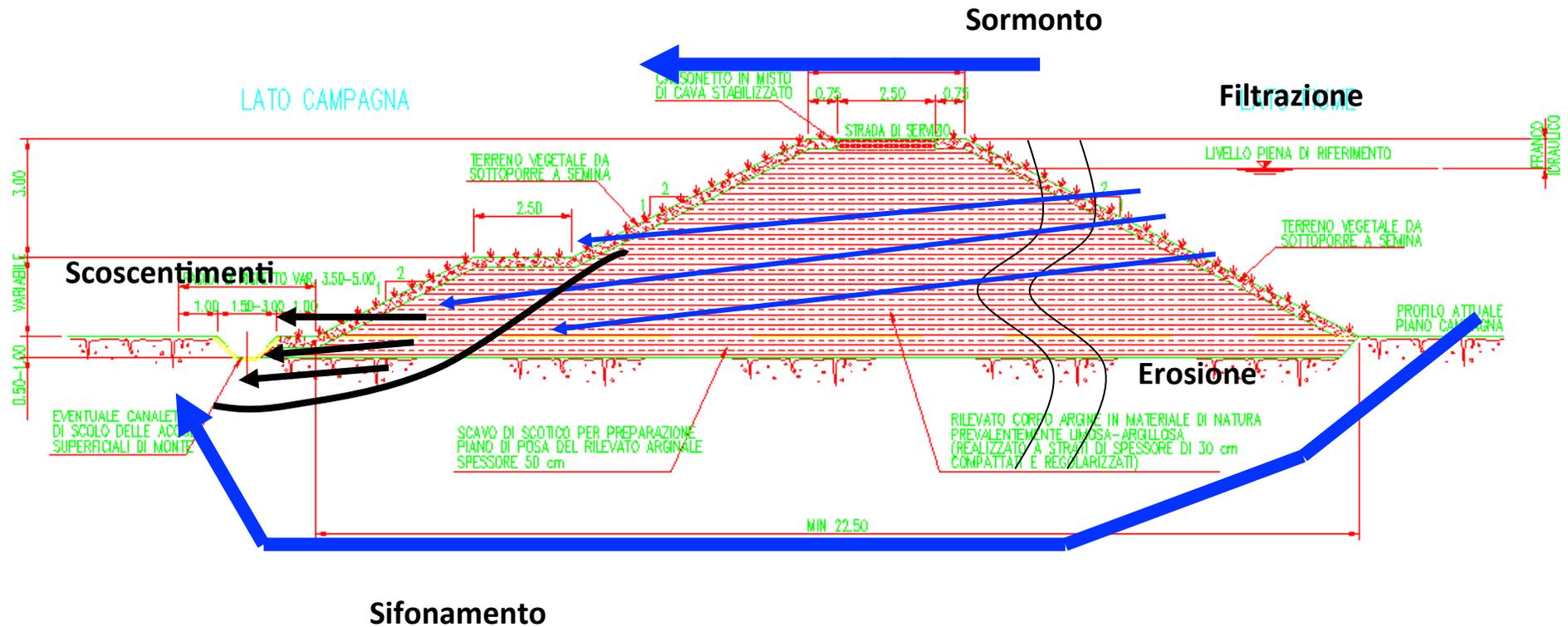


Da Jensen et al., principles of river engineering

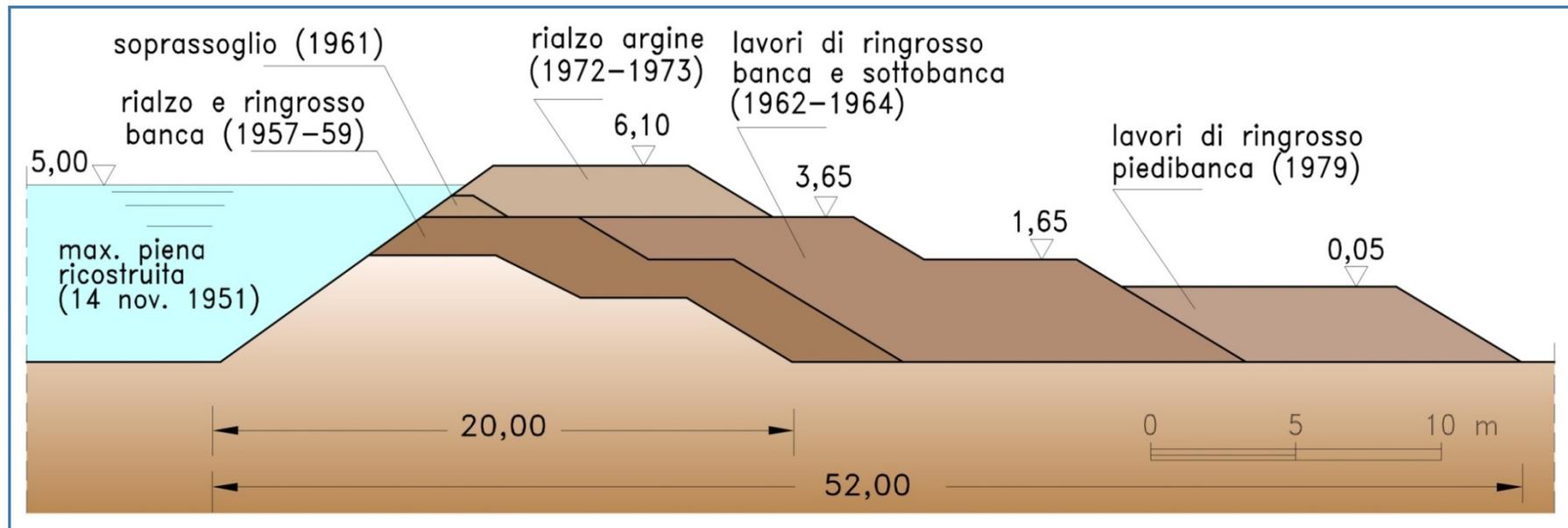
CAUSE DI INEFFICACIA DELLA PROTEZIONE ARGINALE

- **Sormonto:** quando il livello delle acque di piena supera la sommità arginale
- **Erosione:** quando l'argine colpito obliquamente dalla corrente viene intaccato al piede e frana verso fiume
- **Sfiancamento:** quando a causa della lunga durata della piena o per la cattiva consistenza del rilevato, l'argine si rammollisce e cede lato campagna
- **Sifonamento:** quando l'acqua filtra al di sotto o all'interno del corpo arginale e fuoriesce sulla parte esterna dello stesso, o sul terreno di campagna attiguo (fontanazzi)

PRINCIPALI CAUSE DI INEFFICACIA DELLA PROTEZIONE ARGINALE



L'assetto attuale delle arginature è spesso il risultato di successivi rialzi e ringrossi di rilevati preesistenti



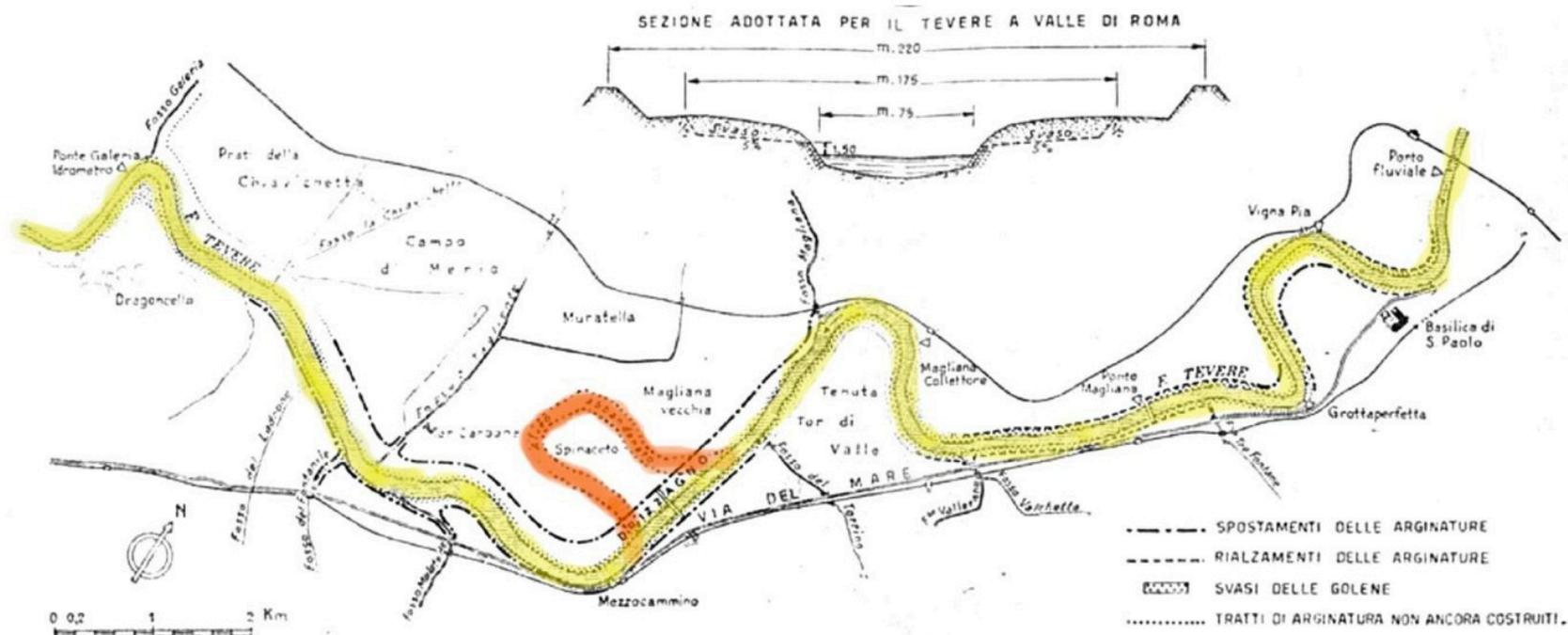
Evoluzione delle arginature - Rialzi e ringrossi dell'argine di Po nel Delta

Misure Strutturali 'PASSIVE'

Rettifiche fluviali (drizzagni)

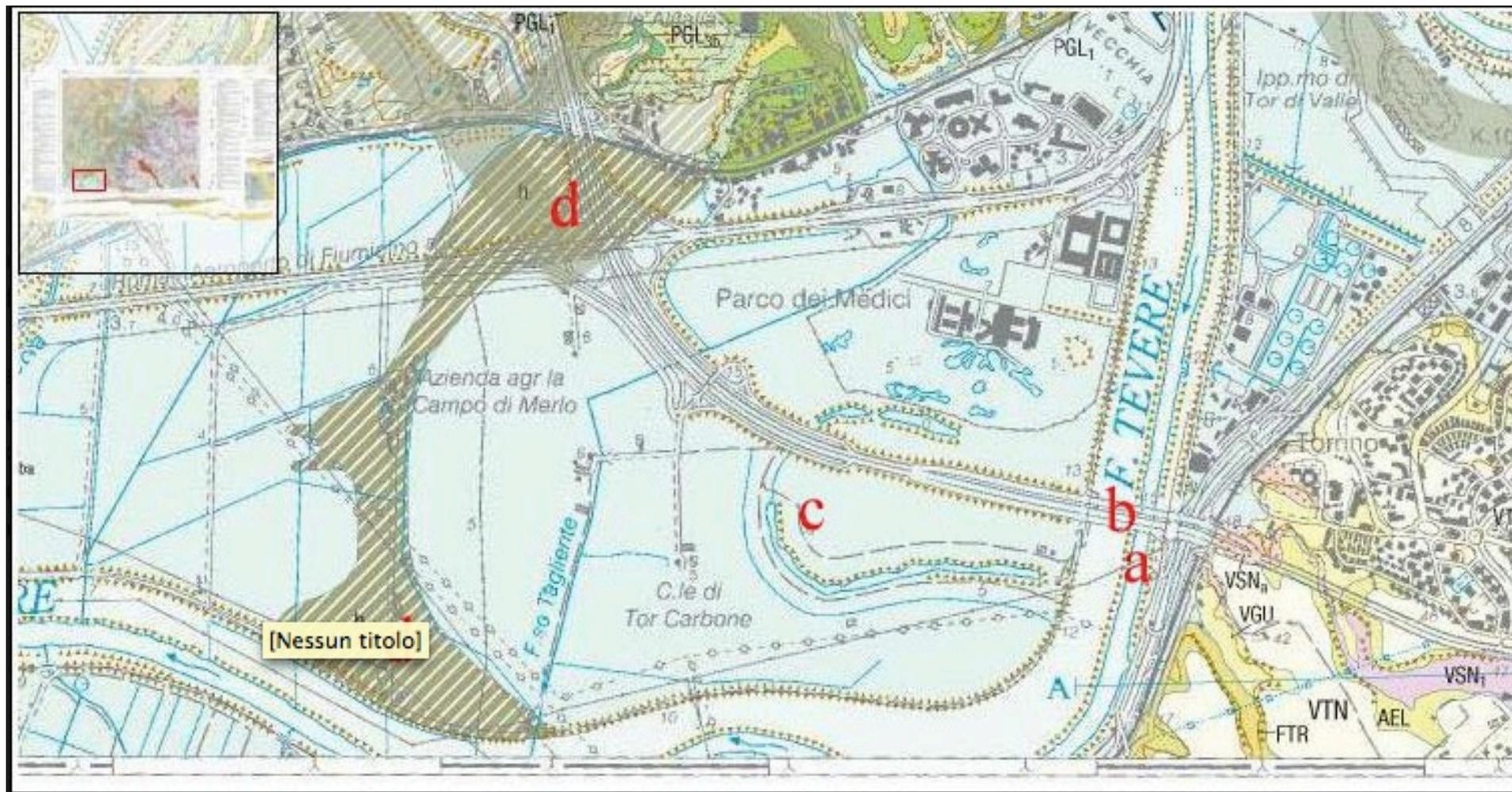
Con questo metodo si modifica l'assetto planimetrico di un corso d'acqua, normalmente mediante il taglio di uno o più meandri esistenti

Si realizzano maggiori velocità della corrente in prossimità del tratto rettificato. Se si teme modifica del trasporto solido è opportuno stabilizzare il fondo, mediante rivestimento.



Drizzagno sul Tevere a Spinaceto





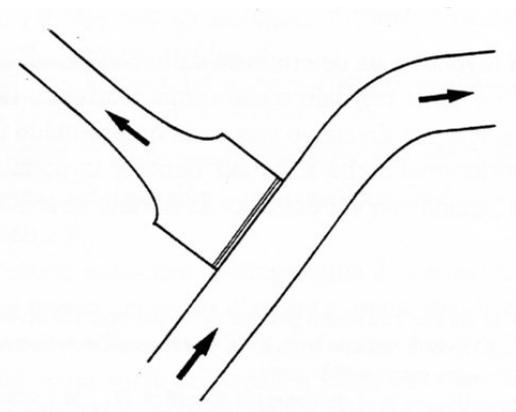
Il canale artificiale è lungo 1.290 metri, l'ampiezza di magra è di 75 m e la distanza tra gli argini di maestra, alla quota di 14 m s.l.m., è di 400 m. Quest'opera ha accorciato la lunghezza del fiume di 2.700 m. Il nuovo alveo artificiale è stato rivestito, per circa un metro di spessore, da pietrame basaltico per garantire la tenuta della sagoma durante le massime piene.

Dettagli e filmato in: <http://www.geoitaliani.it/2013/05/1940-il-drizzagno-di-spinaceto.html>

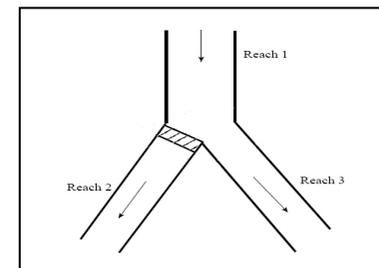
Misure Strutturali 'PASSIVE'

Deviazione delle portate di piena

La riduzione dei colmi di portata è ottenuta tramite l'allontanamento di una parte, anche rilevante, delle stesse, che vengono poi canalizzate per giungere ad una depressione topografica, per essere reimmesse in un lago, o in un fiume, o in mare. Tra i sistemi di deviazione una distinzione va effettuata tra i **canali diversivi** e i **canali scolmatori**.

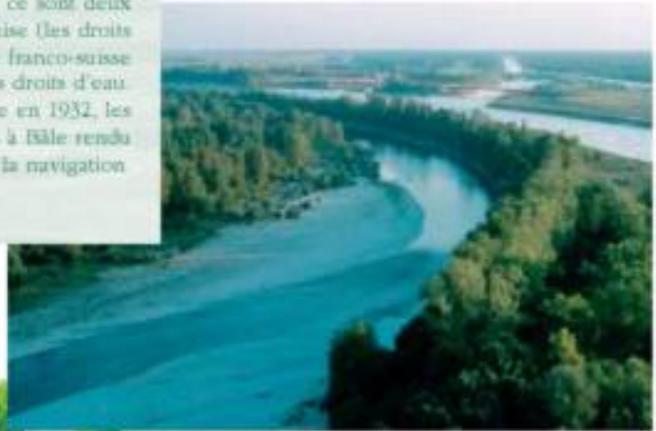


I **diversivi** sono canali artificiali a soglia regolata e non, sempre attraversati dalla corrente idrica, che derivano acqua dal fiume e la convogliano in un recapito che spesso è lo stesso corso d'acqua, più a valle.

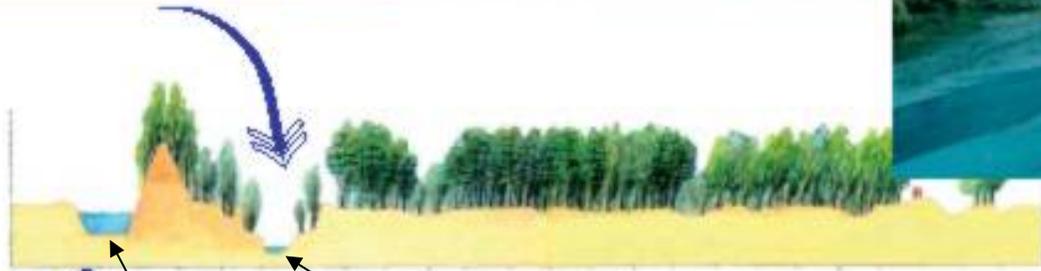


I canali **scolmatori** hanno come finalità quella di attenuare il solo colmo di piena e pertanto sono attivi solo a seguito del superamento di portate significative, durante le piene.

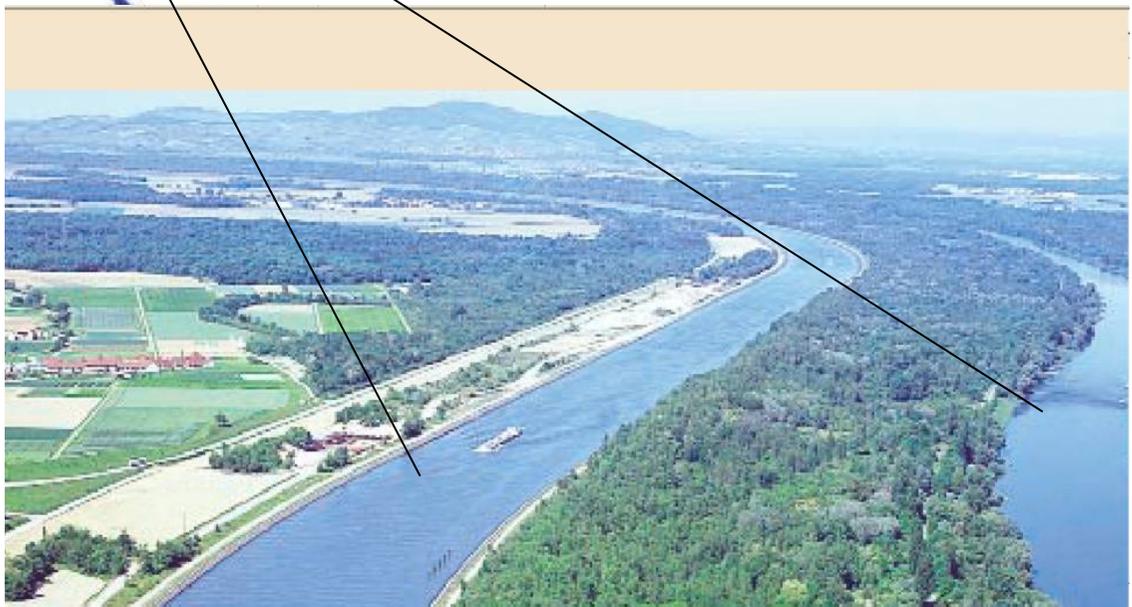
Diversore (Diversivo) per navigazione interna: canal d'Alsace



Bart PETERS

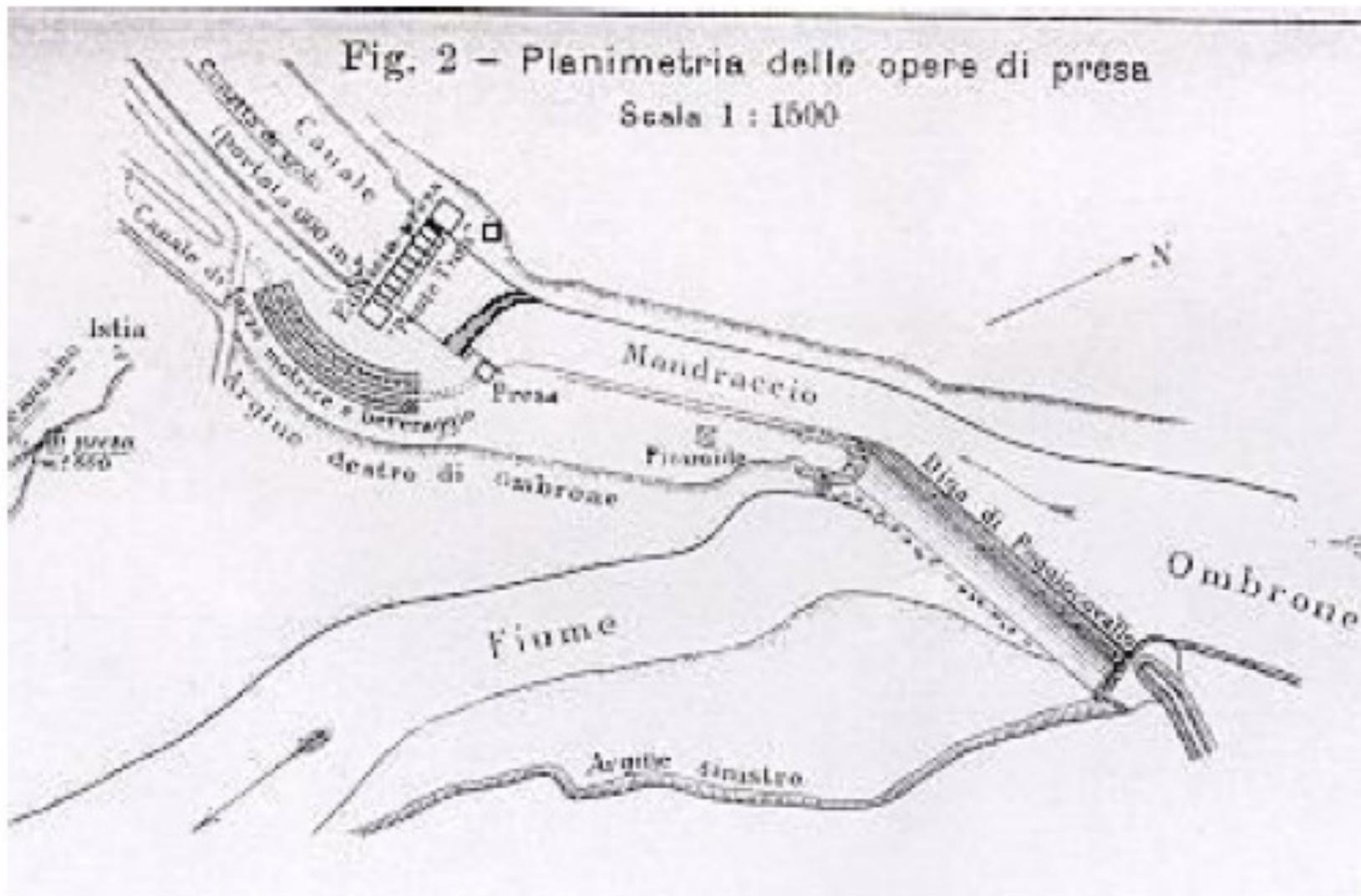


Querschnitt rechts: der Rhein heute
Coupe transversale à droite le Rhin aujourd'hui



Canal d'Alsace et Le Rhin

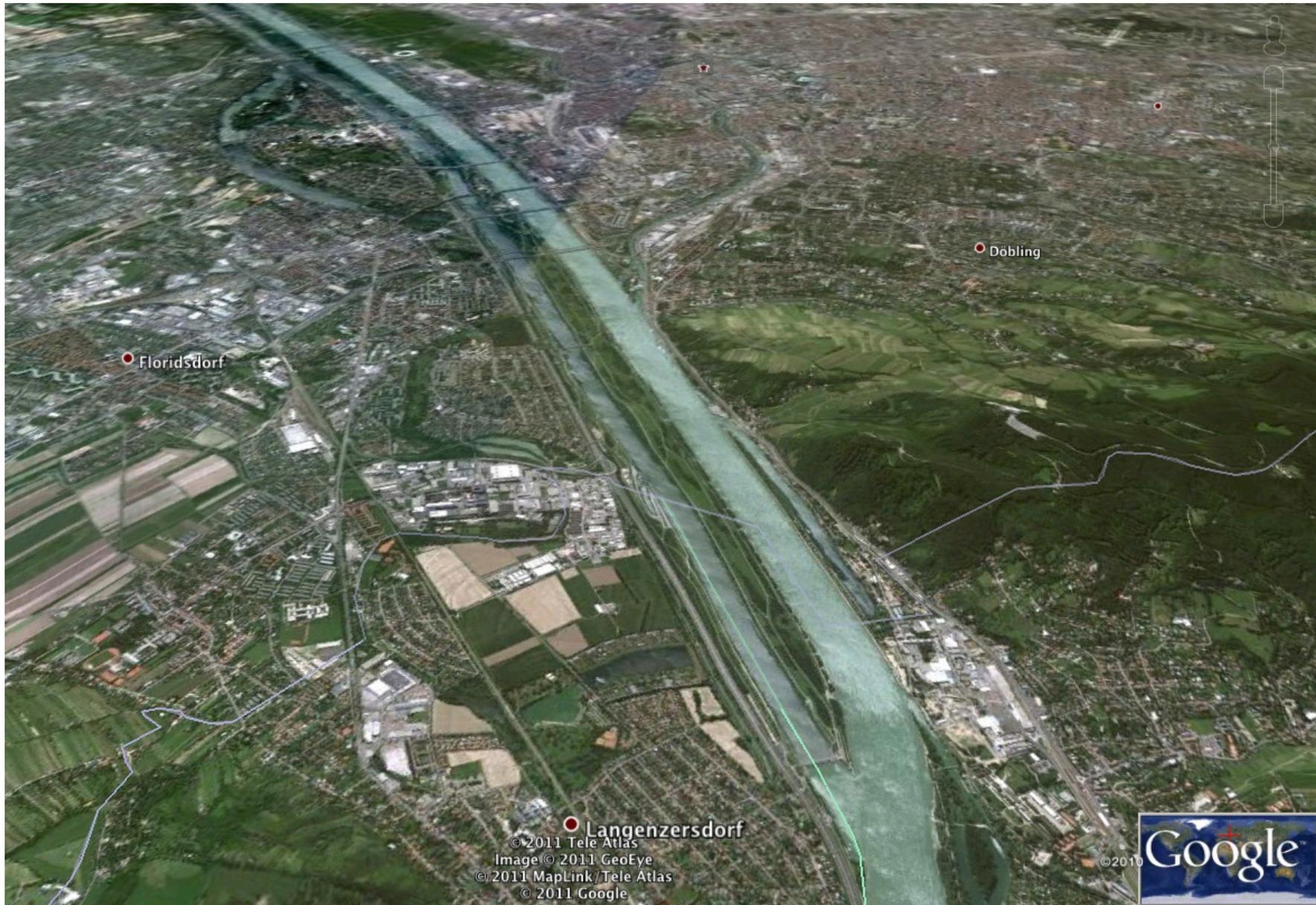
Diversivo sul Fiume Ombrone



Diversivo sul Fiume Ombrone



Diversivo di Vienna “Neue Donau”



Diversivo di Vienna

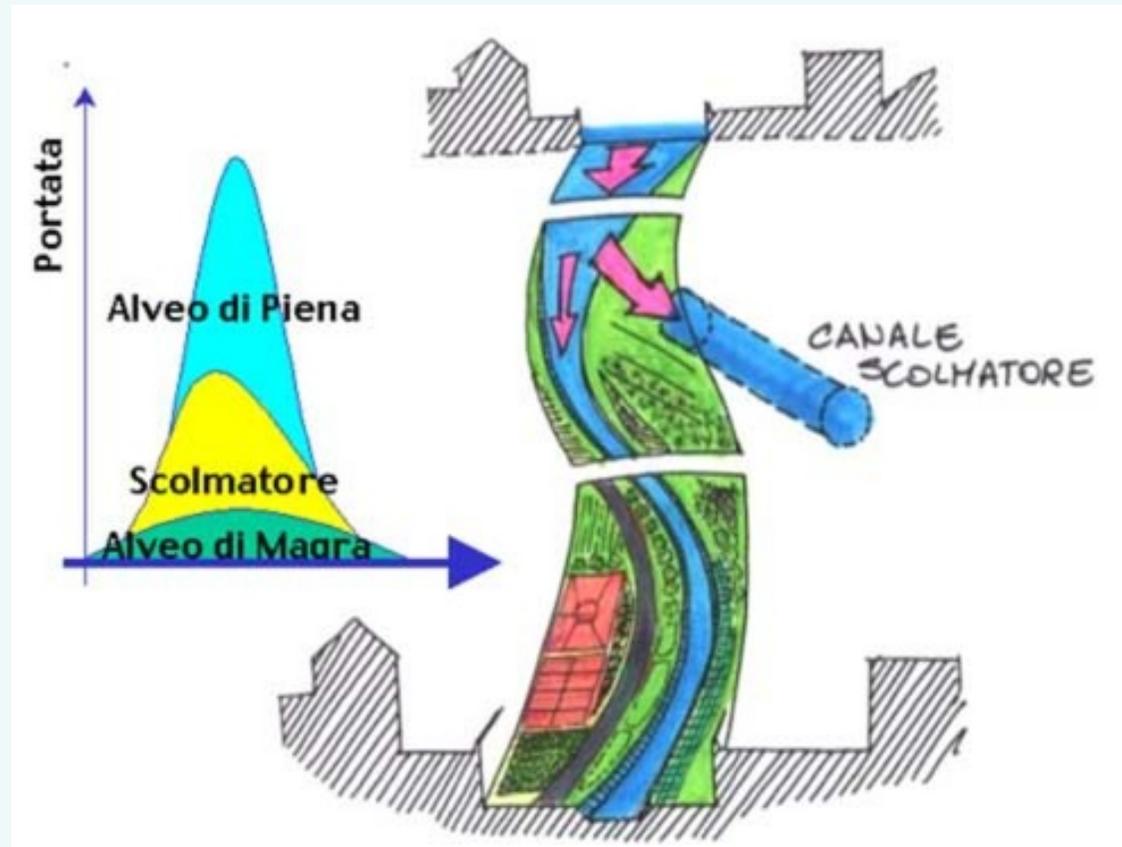


Diversivo di Vienna (sezione controllo)



Donau canal weir (Vienna)

Canali Scolmatori



Da R. Rosso

Scolmatore di Balangero

- $L = 10 \text{ m}$
- $H_{\text{fondo}} = 0.4 \text{ m}$





Figura 6.2.5 - L'opera di presa nel mese di Marzo 2008. L'opera è quasi del tutto libera dai sedimenti.

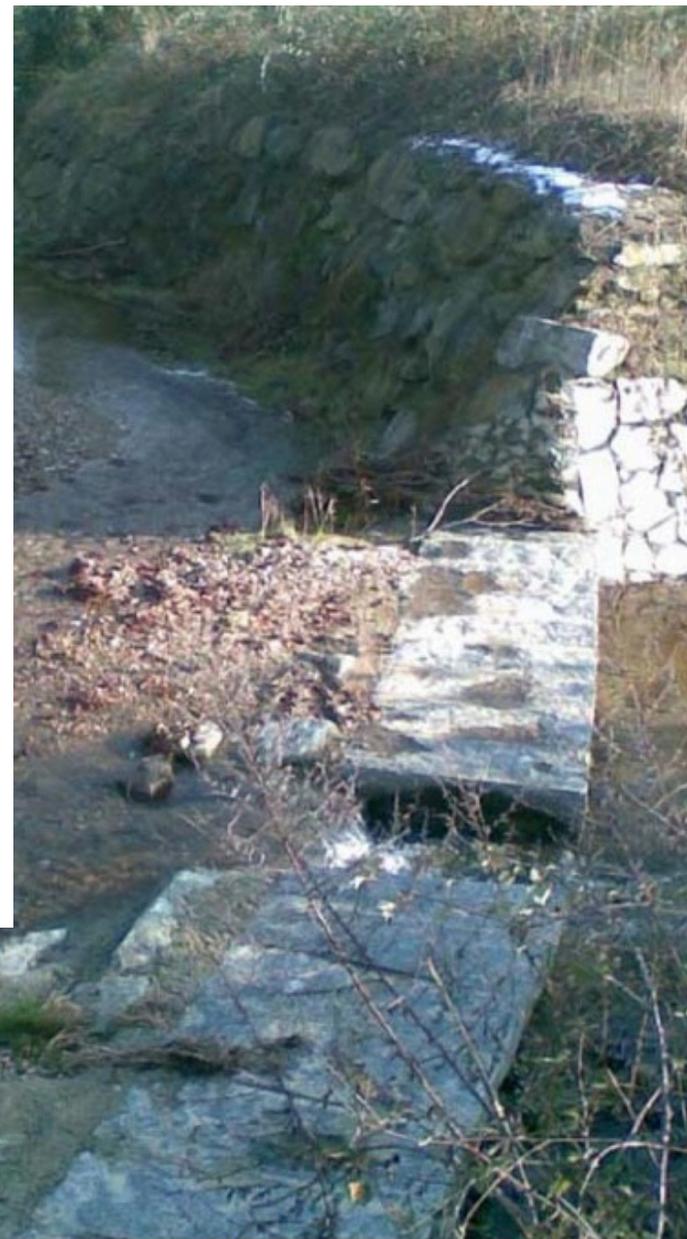
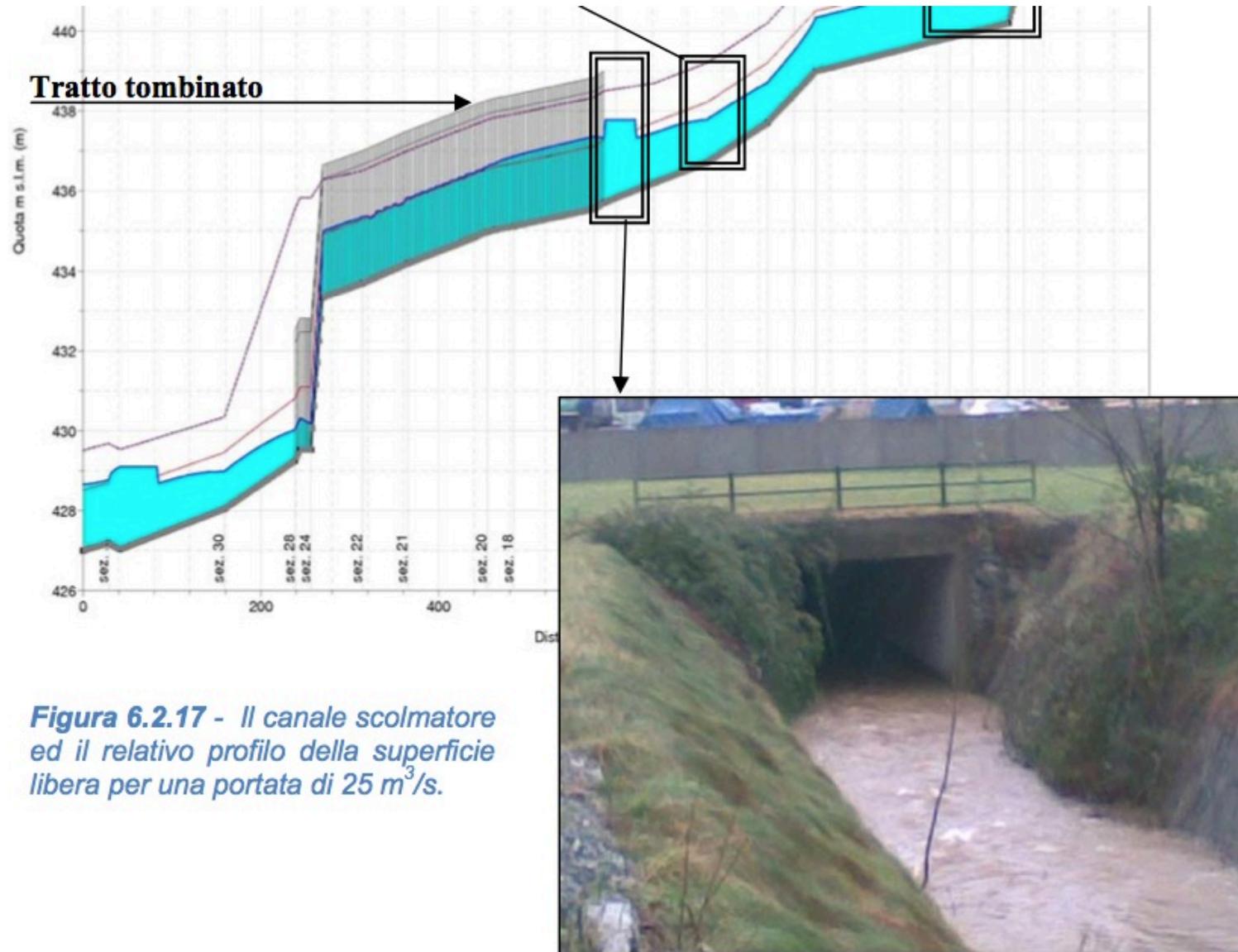
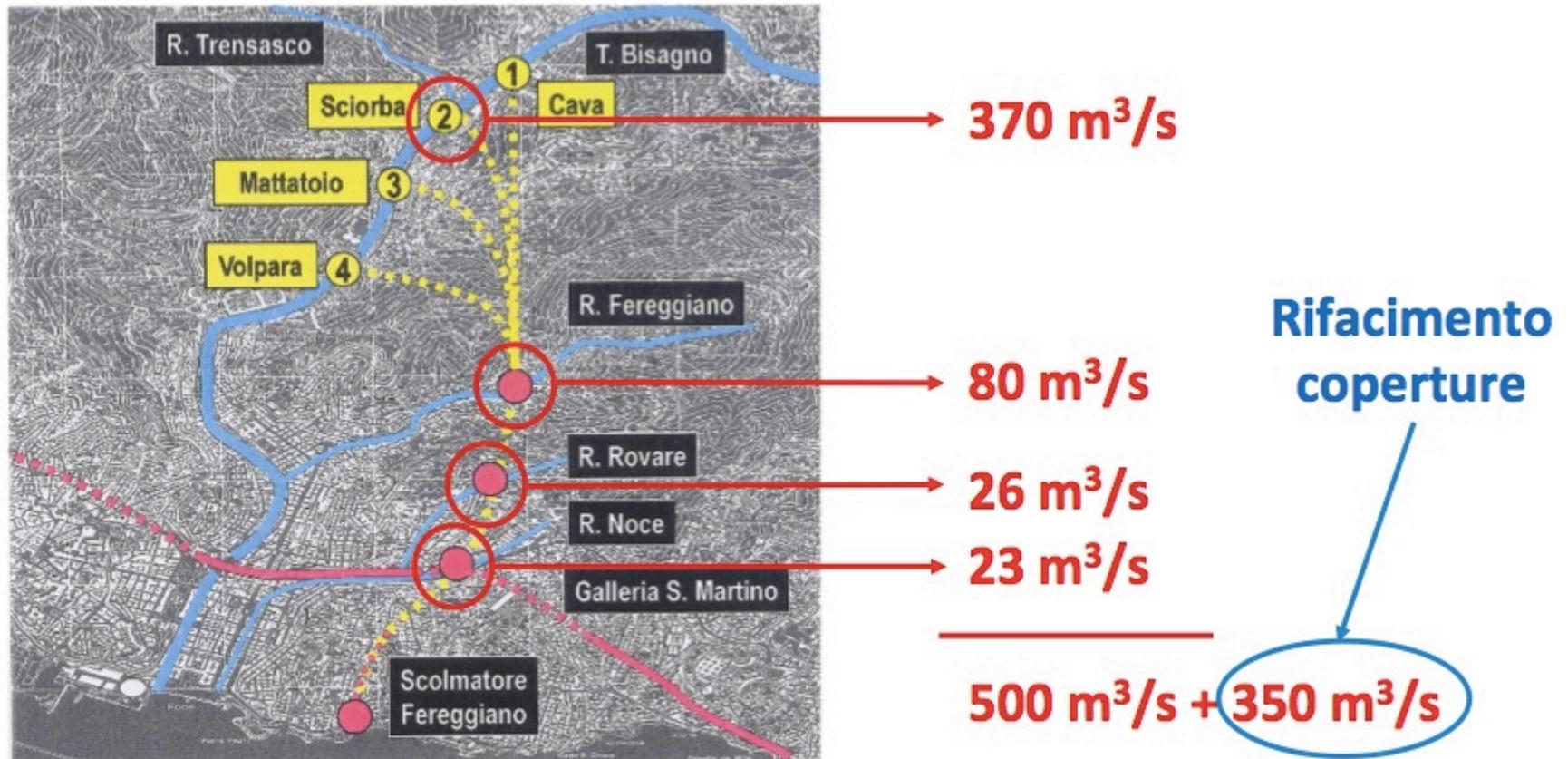


Figura 6.2.6 - L'opera di presa dello scolmatore di Balangero nel mese di Settembre 2008. Si noti come il gradino dello sfioratore laterale sia completamente annullato dal materiale



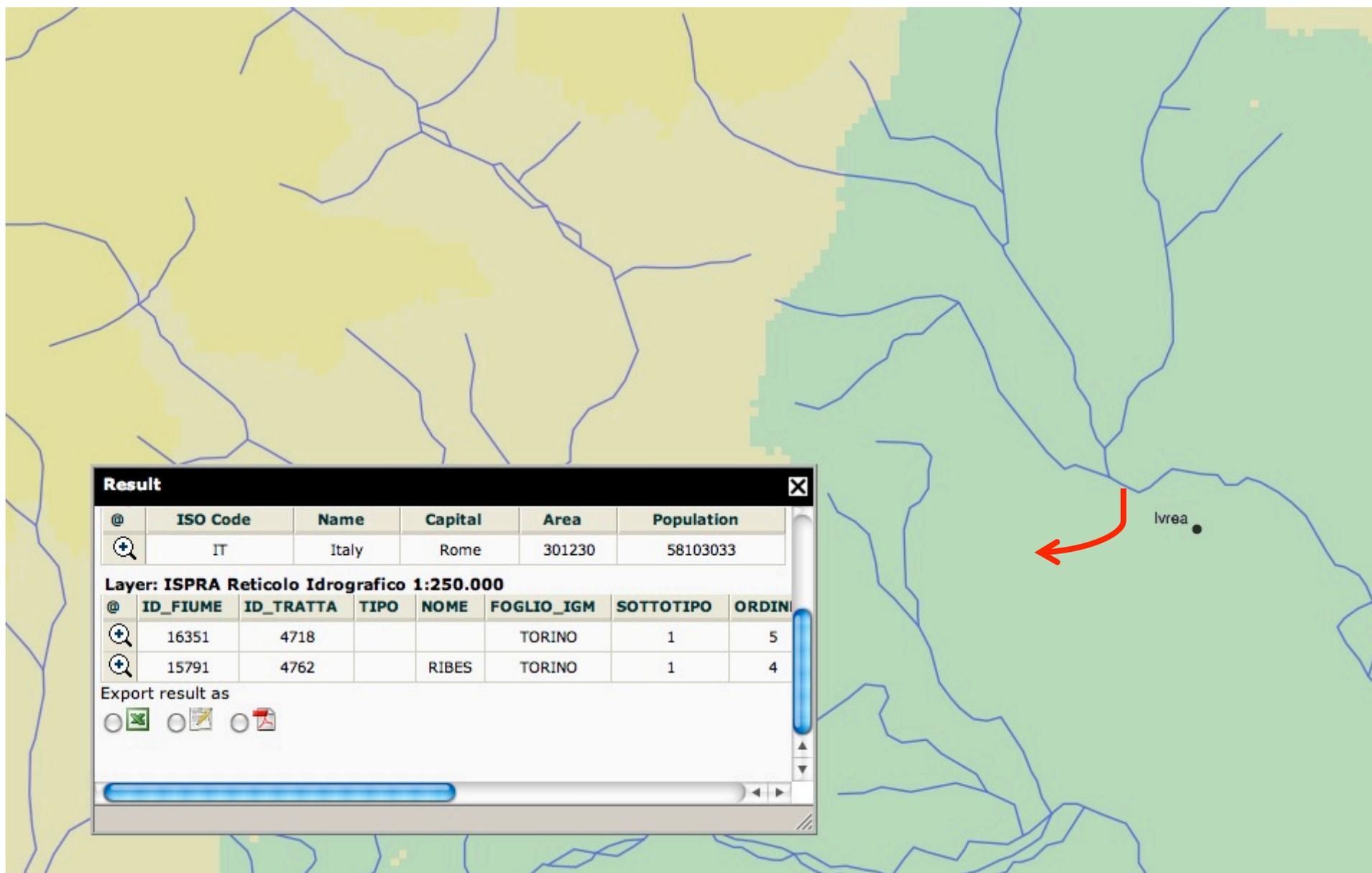
Scolmatore di Balangero





Dora Baltea NODO IDRAULICO IVREA



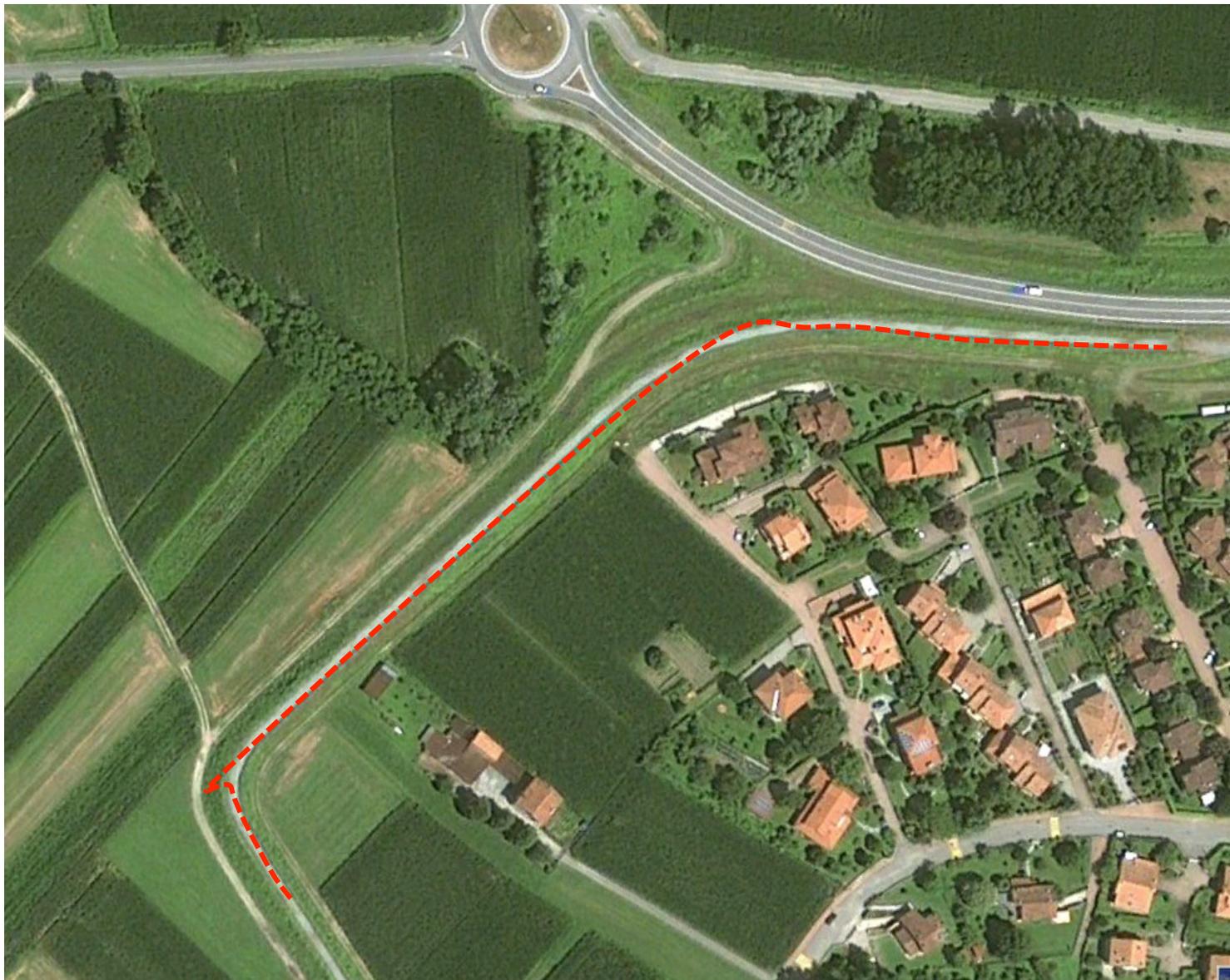


Nodo Idraulico di Ivrea



L'area dell'incile



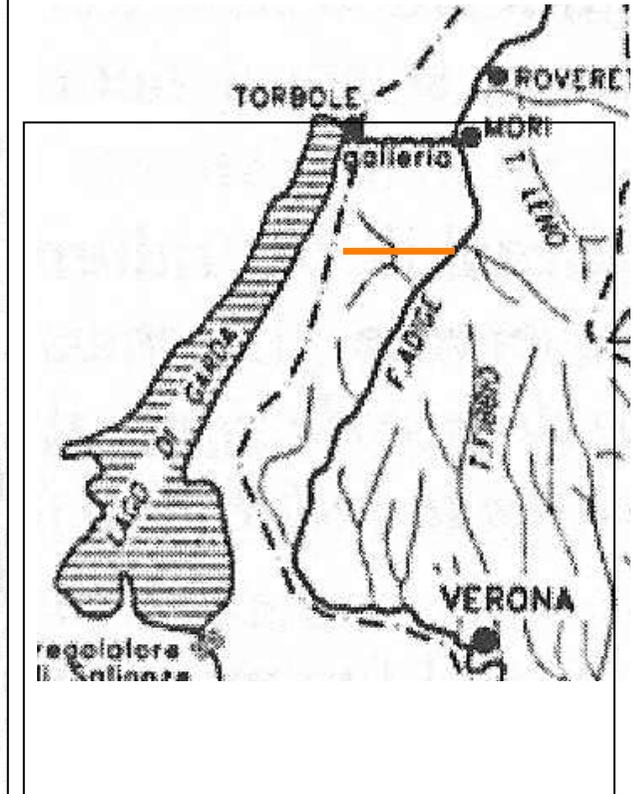
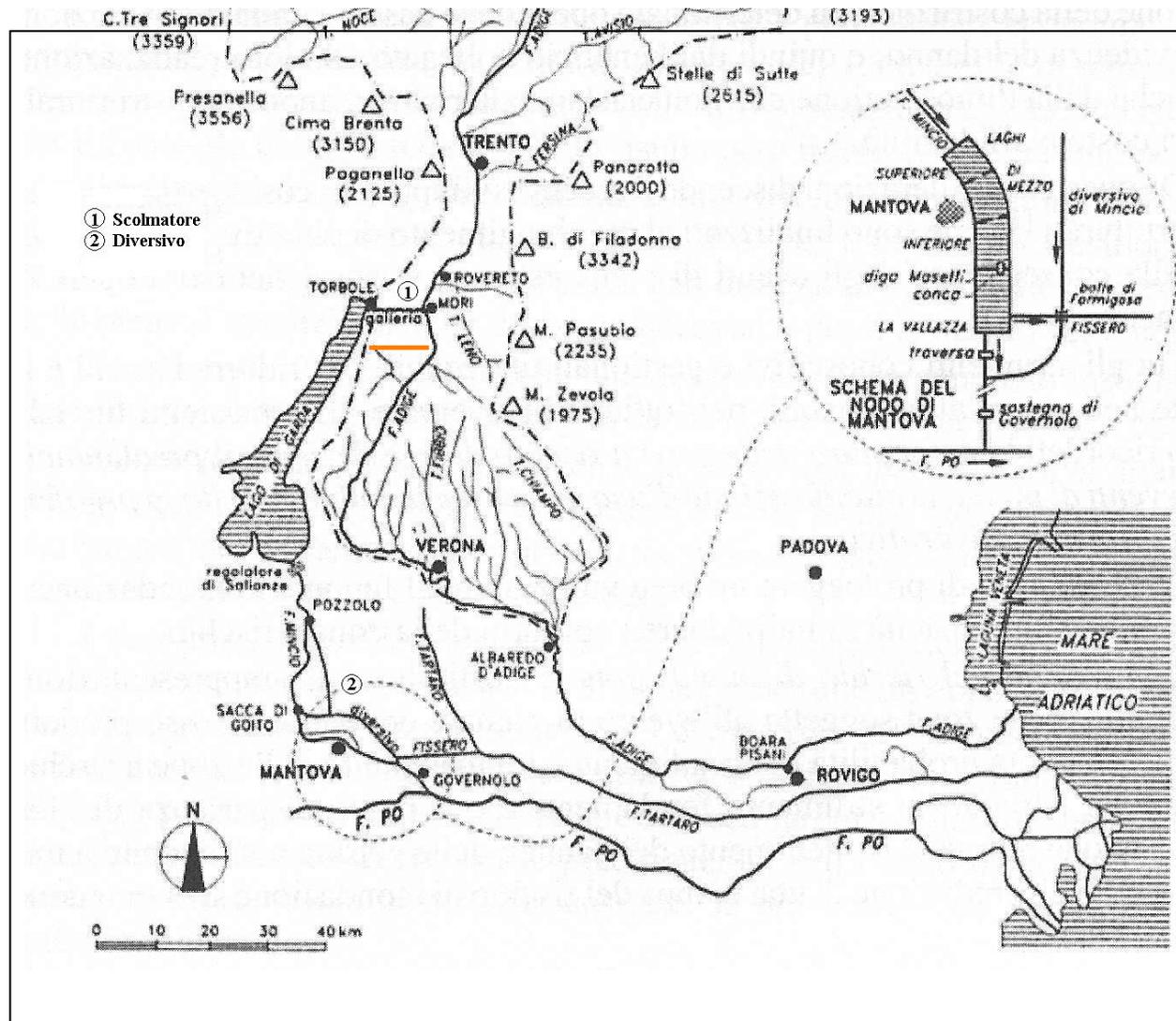


Particolare argine in sponda sinistra



Vedi ivrea.zip

SCOLMATORE ADIGE - GARDA

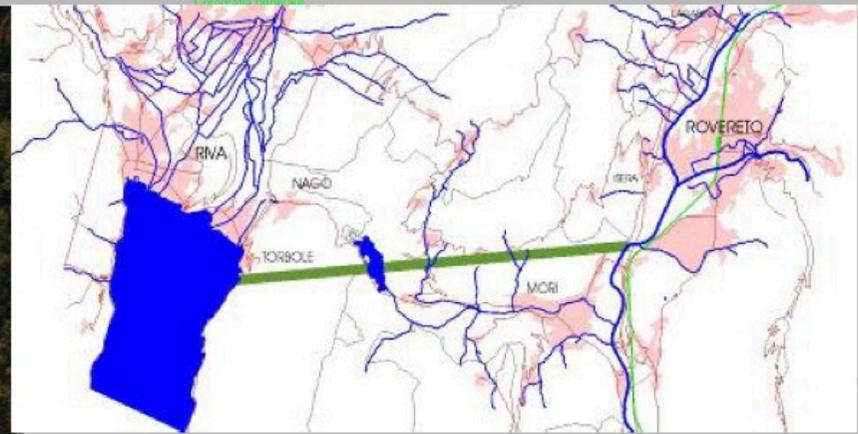
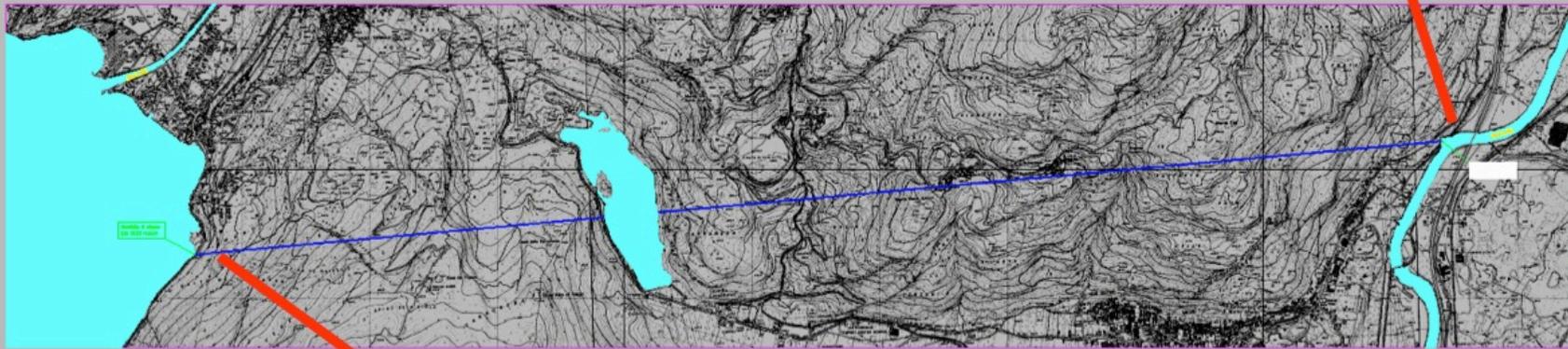


http://www.bacinimontani.provincia.tn.it/pdf/galleria_adige_garda_loppio.pdf

LA GALLERIA ADIGE - GARDA ED IL LAGO DI LOPPIO



Lunghezza: 9,873 km
Dislivello: 106 m
Pendenza: 0,8688 %
Portata massima: 500 mc/s



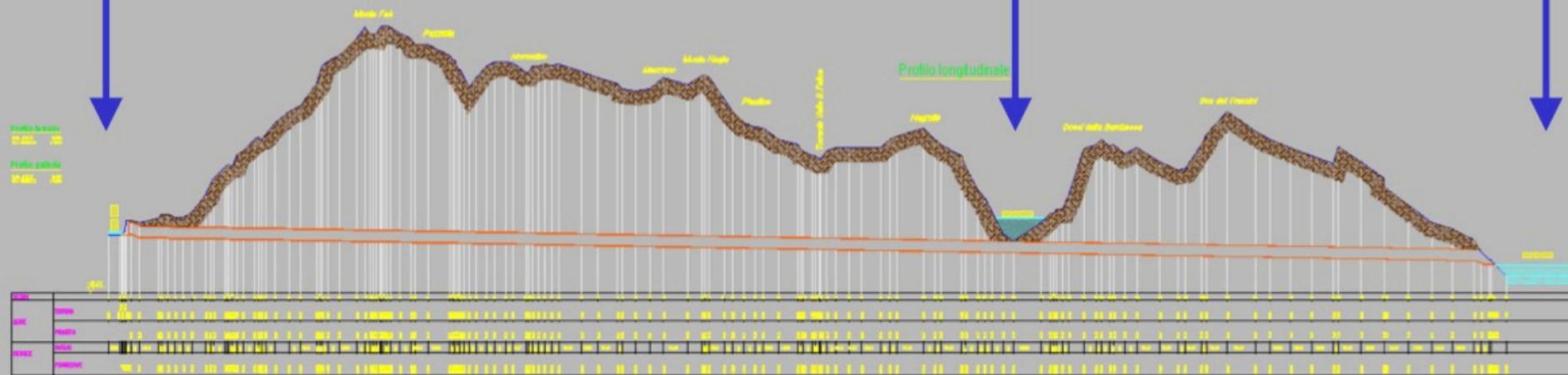
Fiume Adige



Lago Loppio



Lago Garda





Lago di Loppio, Trento, Italia

Image © 2013 DigitalGlobe
© 2013 Google

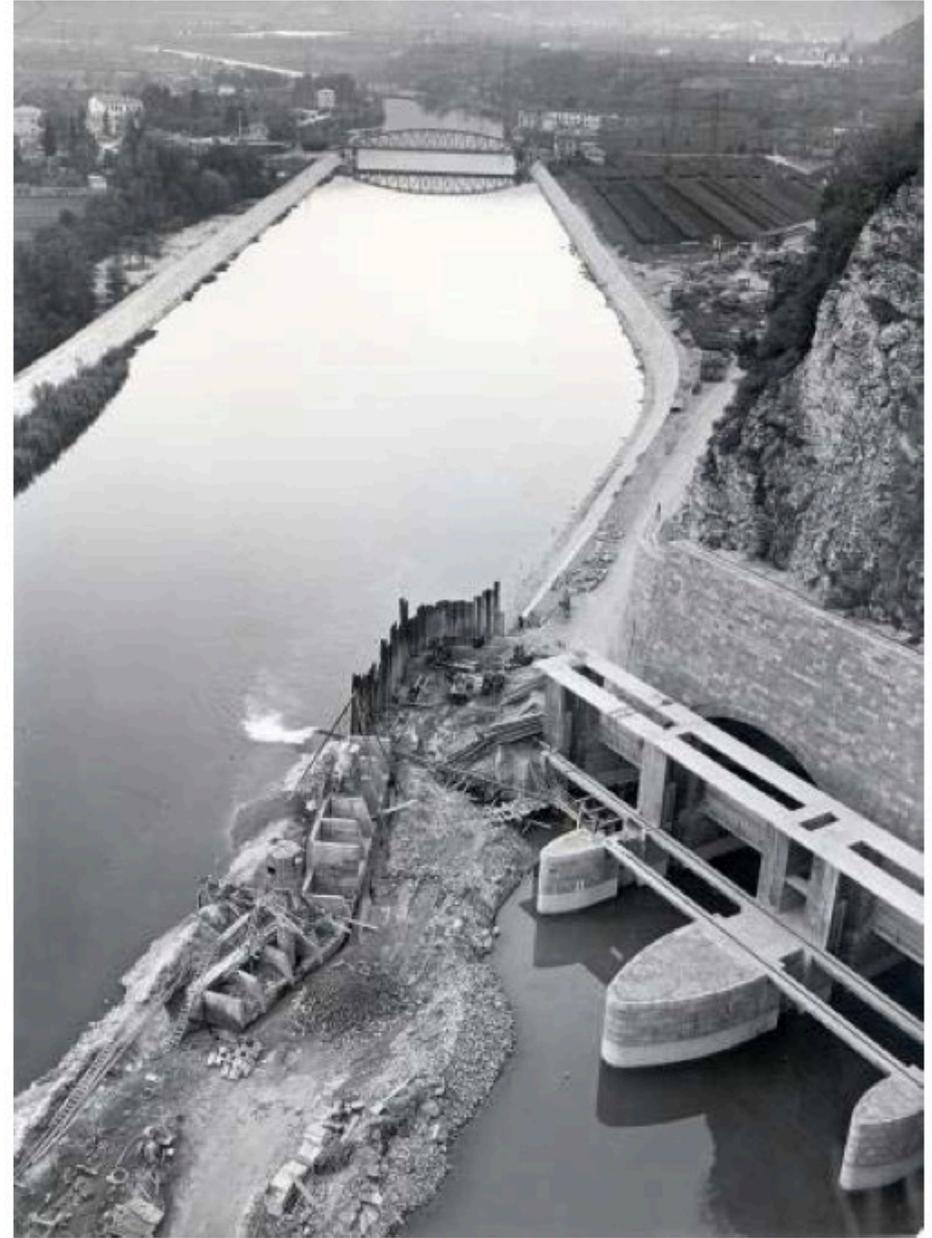
Visita guidata

2008

Data di acquisizione delle Immagini: 7/19/2009 45°51'28.96"N 10°53'51.37"E elev 698 m

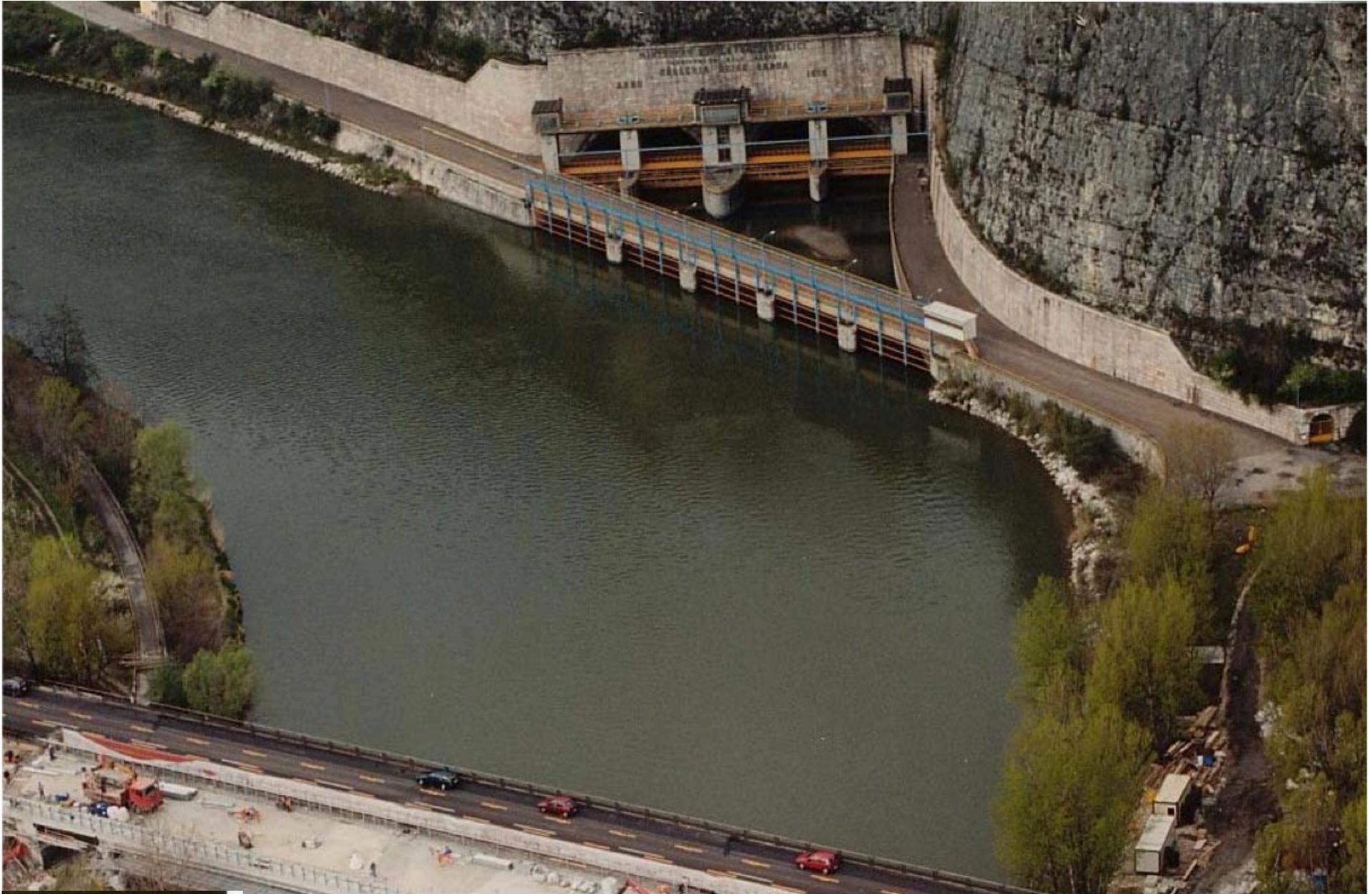


**Rettifiche arginali
settembre 1957**



**Rettifiche arginali
Ottobre 1958**

Imbocco (Comune di Mori)



LA GALLERIA ADIGE – GARDA ED IL LAGO DI LOPPIO

LA SEZIONE

**Sezione policentrica con
diametro medio:
8,00 m**

**Sezione idraulica netta:
50,40 mq**

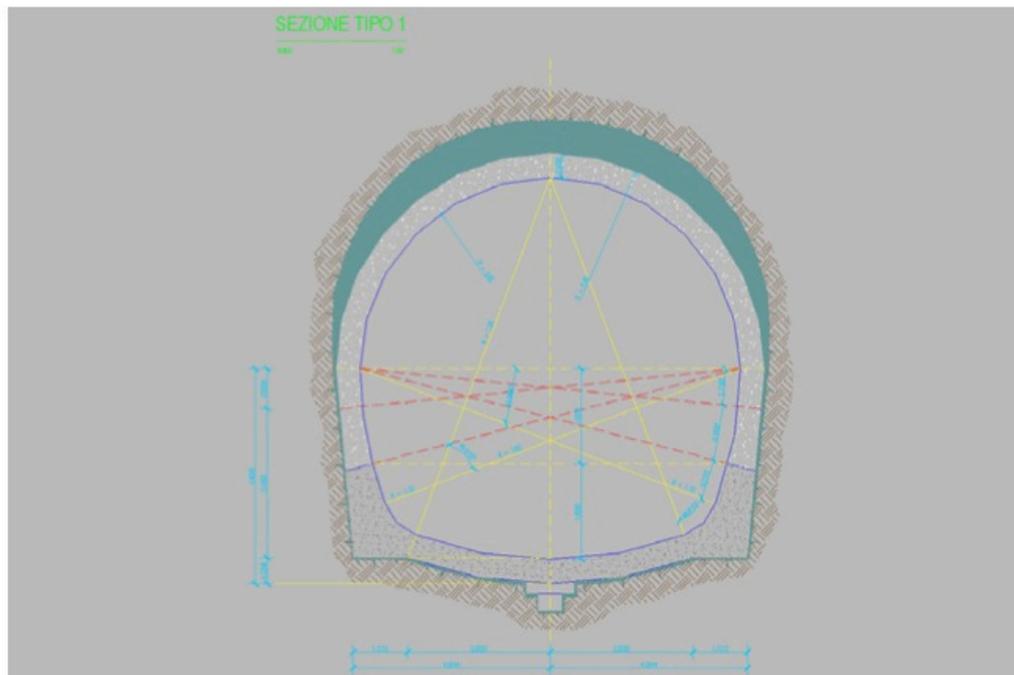
Portata massima: 500 mc/s

**Cunicolo sotto arco rovescio di
diametro:
1,00 m**

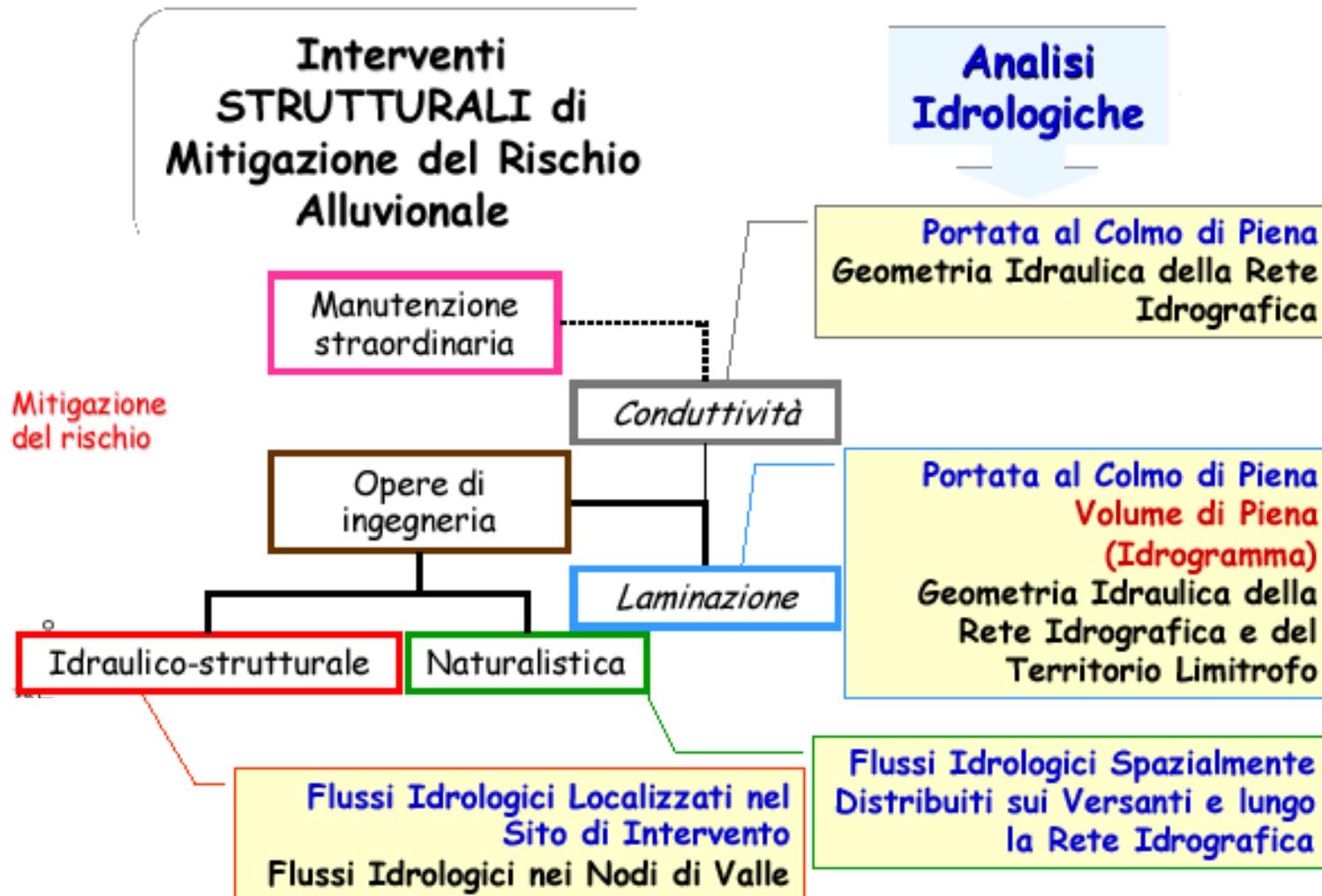
**Velocità dell'acqua (con portata
massima):
11 m/s**

**Velocità dell'acqua (con portata
minima):
5 m/s**

**Tirante d'aria tra pelo acqua
massimo e sommità calotta:
1,50 m**



Approccio sistemico (MANUTENZIONE STRAORDINARIA)



Misure Strutturali di Manutenzione Straordinaria

OBIETTIVI:

riparazione, ricostruzione, miglioramento e completamento delle opere, nonché recupero e ripristino di condizioni ambientali naturali dei corsi d'acqua, delle relative pertinenze e dei versanti

Manutenzione straordinaria dei corsi d'acqua: Esempi

- ✓ Rimozione dei rifiuti solidi e taglio di alberature in alveo
- ✓ Rinaturazione delle sponde (protezione ai piede delle sponde con strutture flessibili spontaneamente rinaturabili;
- ✓ Ripristino della sezione di deflusso (eliminazione nei **tratti critici** dei materiali litoidi, trasportati e accumulati)
- ✓ Sistemazione e protezione spondale (risagomatura, sostituzione di elementi di gabbionata metallica deteriorata od instabile)
- ✓ **Ripristino della funzionalità di tratti tombati, tombini stradali, ponticelli**
...
- ✓ **Manutenzione delle arginature** e loro accessori (chiaviche, scolmatori, etc.),

Manutenzione straordinaria sui versanti

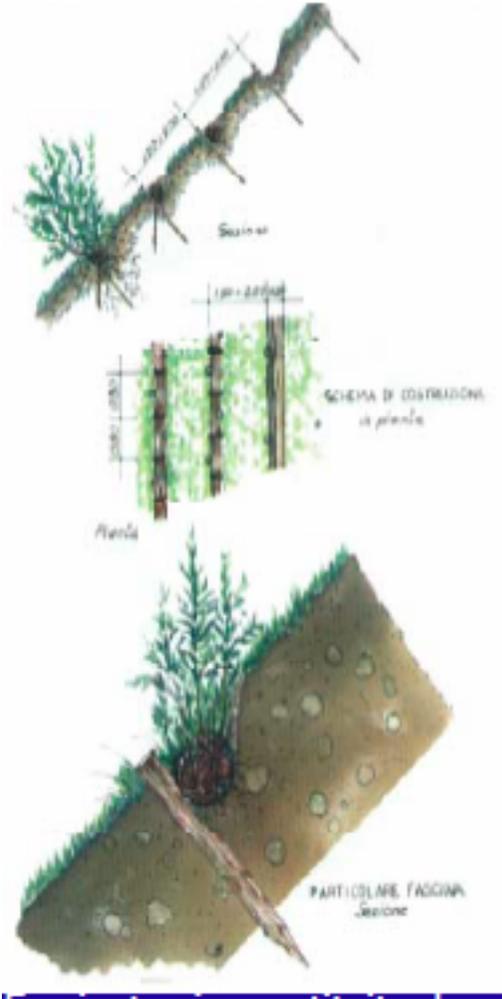
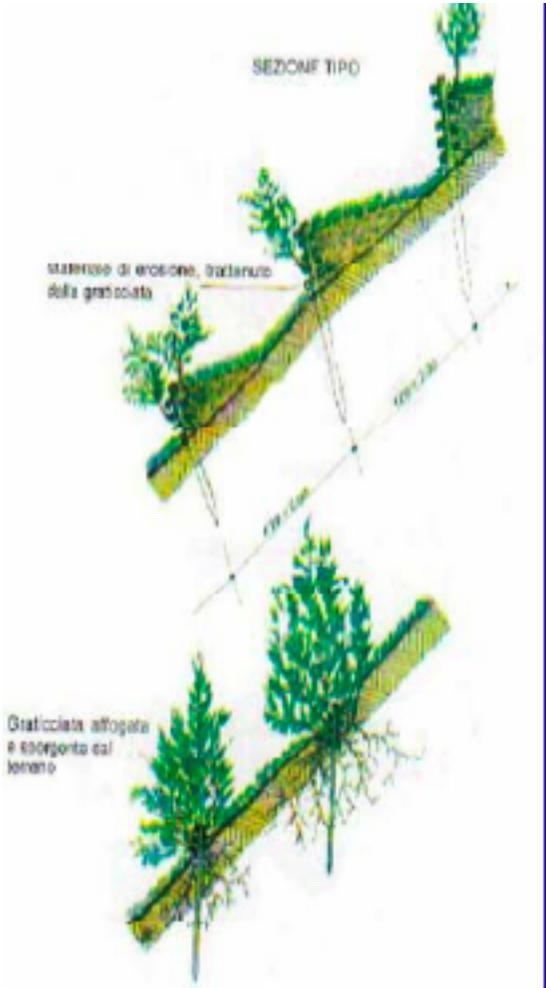
- ✓ **Miglioramento del patrimonio forestale esistente** (rimboschimento, reimpianti di cespugliamento, semina di prati e opere a verde);
- ✓ **Sistemazioni idraulico-agrarie e idraulico-forestali sul reticolo idrografico minuto** (es. Versanti delle Cinque Terre);
- ✓ Disgaggio massi;
- ✓ Opere di sostegno a carattere locale e di modeste dimensioni;
- ✓ **Sistemazione di versanti in erosione** e ripristino della stabilità con interventi di ingegneria naturalistica.

Interventi di ingegneria naturalistica

La sistemazione idraulica dei versanti di un bacino produce benefici di diversa natura: (stabilità dei pendii, riduzione del trasporto solido, ecc.) ed ha influenza sul fenomeno di formazione dei deflussi in quanto:

- a) Incrementa la capacità di infiltrazione del suolo, consentendo di limitare i deflussi superficiali
- b) Consente di ridurre le velocità di scorrimento del deflusso superficiale sui versanti, incrementando il tempo di corrivazione: l'onda di piena risulta pertanto più appiattita e la portata al colmo inferiore
- c) Previene l'instabilità e l'erosione delle coltri superficiali, limitando il trasporto solido

Interventi di ingegneria naturalistica



Interventi di ingegneria naturalistica



Interventi di ingegneria naturalistica

