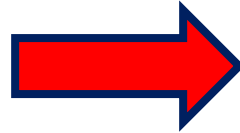


SISTEMAZIONI FLUVIALI

Opere di ingegneria idraulico-strutturale

- Di specifica competenza ingegneristica
- Finalizzate a modificare le caratteristiche stesse delle piene responsabili delle alluvioni, tramite il controllo diretto e/o indiretto dei corsi d'acqua
- Aumentano il valore del tempo di ritorno della portata di esondazione

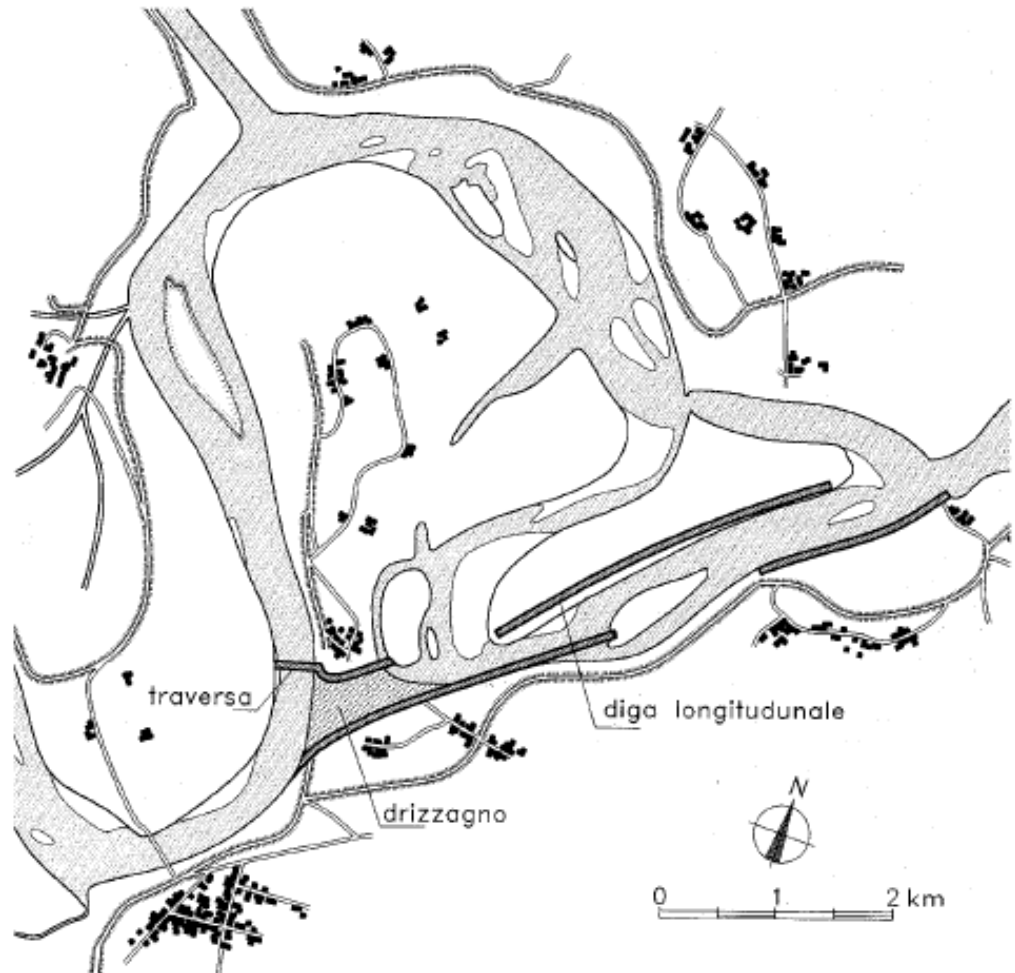


- Rettifiche fluviali (drizzagni)
- Opere mirate all'incremento della capacità di convogliamento del corso d'acqua
- Deviazione dei volumi di piena (scolmatori)
- Serbatoi di laminazione
- Casse d'espansione

INTERVENTI STRUTTURALI PASSIVI

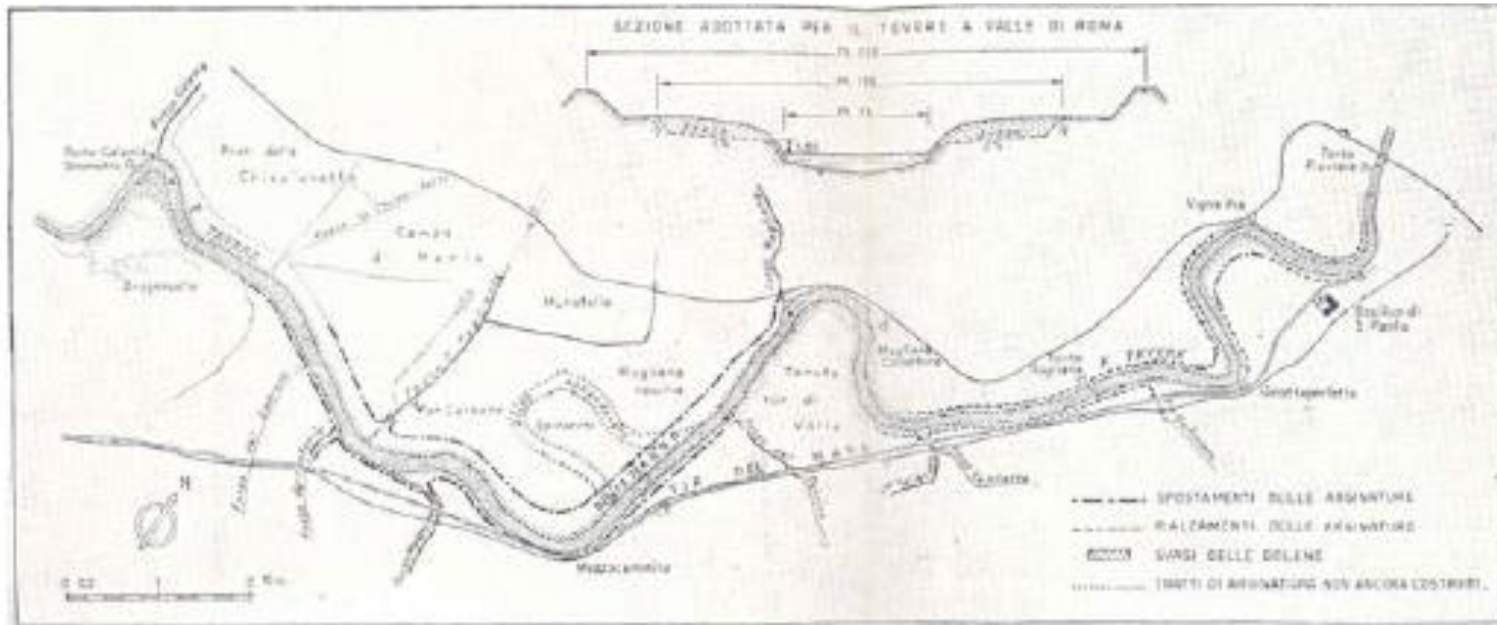
Rettifiche fluviali (drizzagni)

- Questo metodo di difesa dalle inondazioni modifica l'assetto planimetrico di un corso d'acqua, normalmente mediante **il taglio di uno o più meandri esistenti**
- Si incrementa così la velocità della corrente in prossimità del tratto rettificato, con possibili modifiche del regime di trasporto solido, che potrebbero richiedere una stabilizzazione del fondo



INTERVENTI STRUTTURALI PASSIVI

Rettifiche fluviali (drizzagni)



Drizzagno di 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.

INTERVENTI STRUTTURALI PASSIVI



a: Drizzagno di Spinaceto; b: Ponte di Mezzocammino; c: meandro abbandonato; D: area di riporto del materiale scavato per il drizzagno

INTERVENTI STRUTTURALI PASSIVI

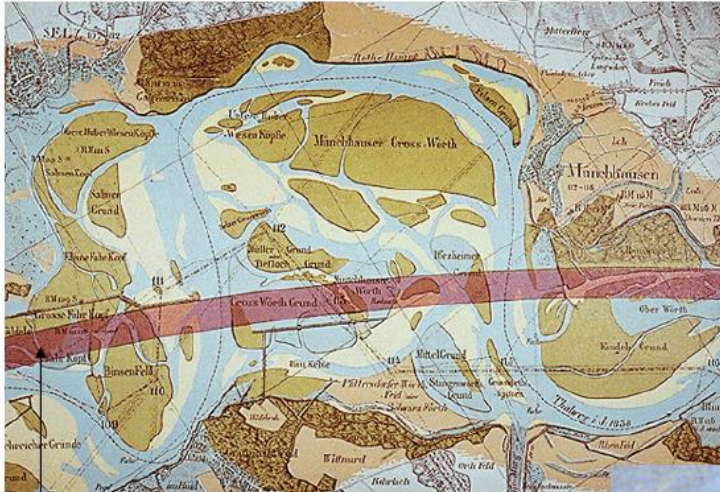
Rettifiche fluviali (drizzagni)



INTERVENTI STRUTTURALI PASSIVI

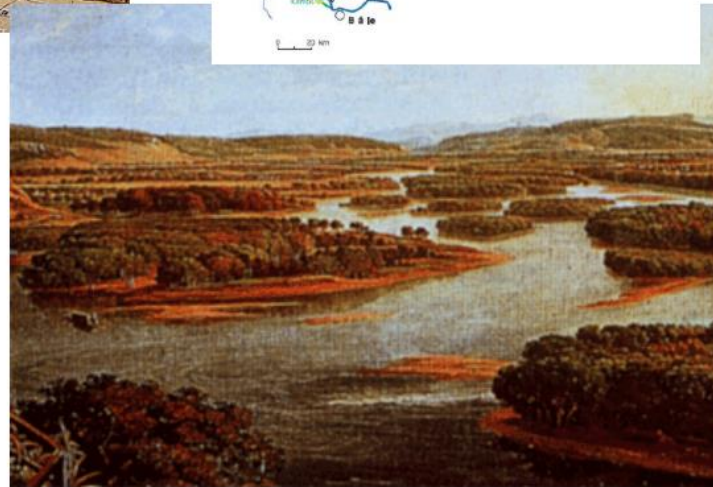
Rettifiche fluviali (drizzagni)

Drizzagno sul fiume Reno



Situazione pre 1840 →

1840-1868 Intervento
idraulico del Colonnello
J. Tulla



INTERVENTI STRUTTURALI PASSIVI

Rettifiche fluviali (drizzagni)



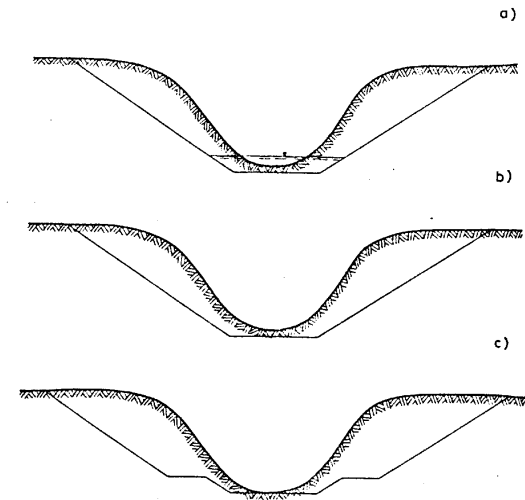
Rettificazione di un tratto del fiume Adda
nell'attraversamento della città di Sondrio

INTERVENTI STRUTTURALI PASSIVI

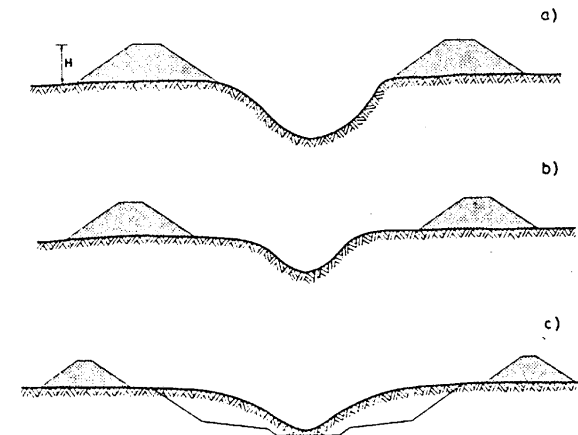
Incremento della capacità di convogliamento

- 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
- Per incrementare la capacità di convogliamento, si interviene aumentando la **sezione trasversale** del corso d'acqua secondo diverse modalità

per scavo



per arginatura



INTERVENTI STRUTTURALI PASSIVI

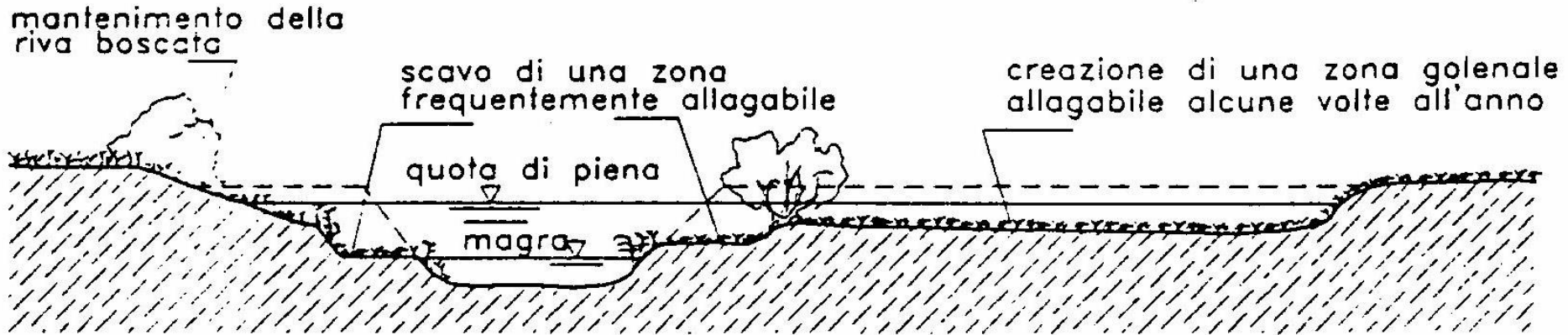
Incremento della capacità di convogliamento

La **ricalibratura dell'alveo** consente di accrescere la capacità di portata di un corso d'acqua aumentandone la sezione a spese dei terreni circostanti. Tale intervento richiede una continua manutenzione dell'alveo, poiché quest'ultimo con il tempo tende a riacquistare l'assetto originario a causa del deposito dei materiali trasportati durante gli stati di portata normale. In genere per la ricalibratura si ricorre alla creazione di un'ampia zona golenale, la cui funzione principale è quella di aumentare il volume d'invaso e, quindi, ridurre i livelli idrici di piena e facilitare lo smaltimento delle portate in transito.

Essendo associata alle aree golenali la funzione di trasporto, è necessario ridurre al minimo la scabrezza, eliminando gli arbusti di sottobosco e tagliando tutti i rami delle piante che possono essere interessate dalla piena.

INTERVENTI STRUTTURALI PASSIVI

Incremento della capacità di convogliamento

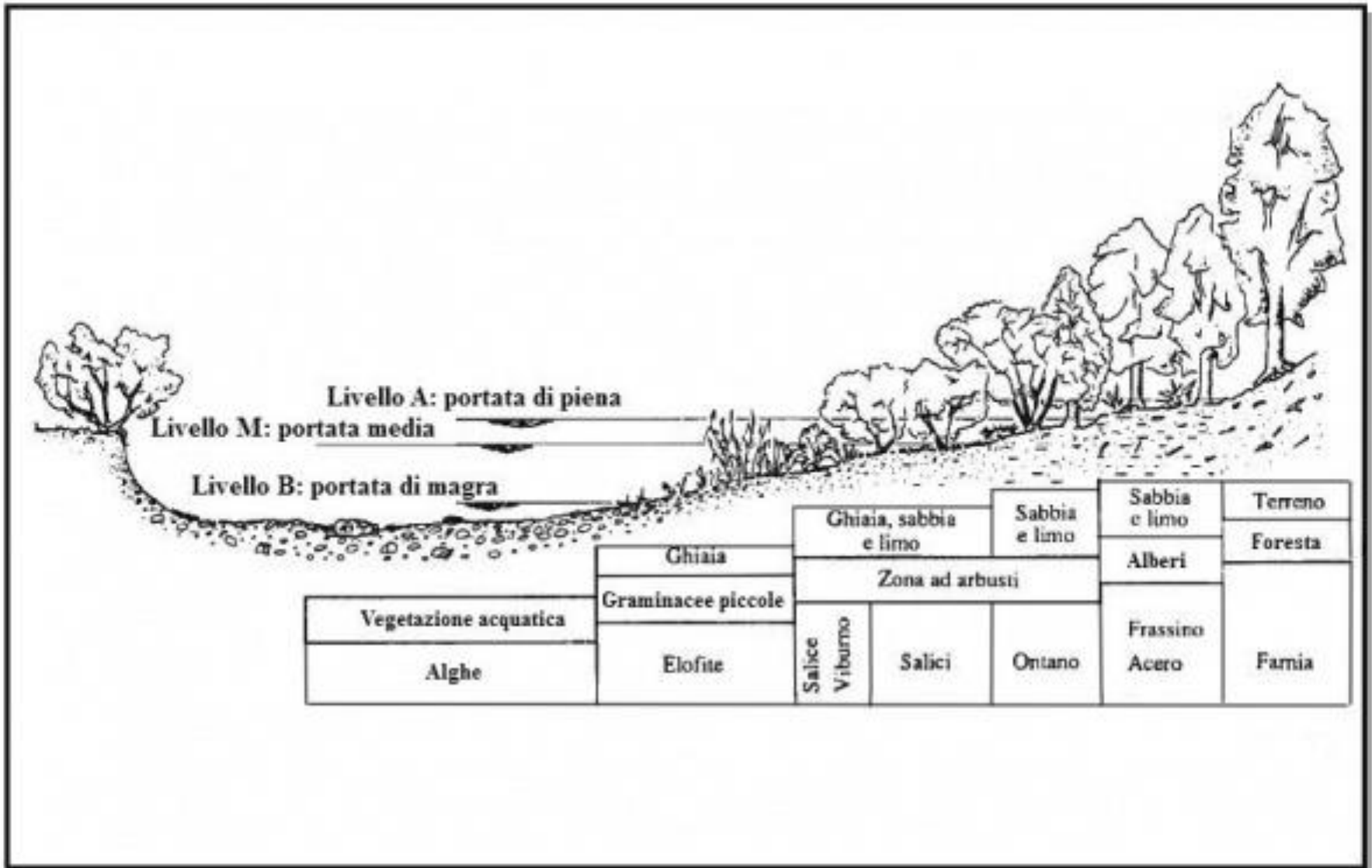


Per favorire il mantenimento della sezione ricalibrata e il profilo longitudinale, la parte bassa delle sponde è talvolta limitata da un muro con paramento più o meno inclinato, mentre trasversalmente sono realizzate, ad opportuni intervalli, soglie per stabilizzare il fondo.

La realizzazione di muri laterali è necessaria nei casi in cui l'alveo non possa essere soggetto ad interventi di allargamento (attraversamento di centri abitati): la maggior capacità di portata si ottiene quindi con la riduzione della scabrezza e sono ancora da raccomandare le soglie di fondo, naturalmente per tratti di estensione limitata.

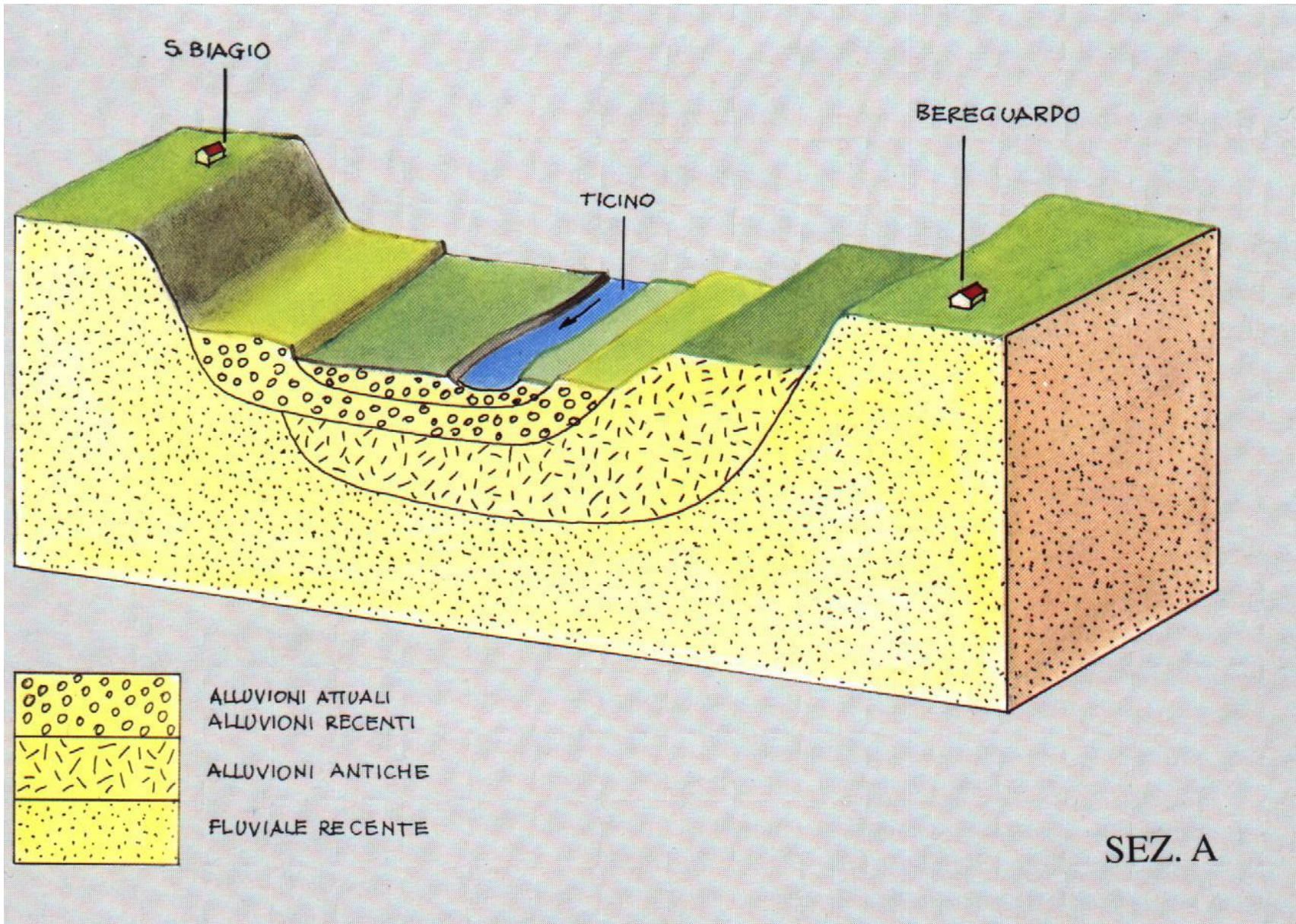
INTERVENTI STRUTTURALI PASSIVI

Incremento della capacità di convogliamento



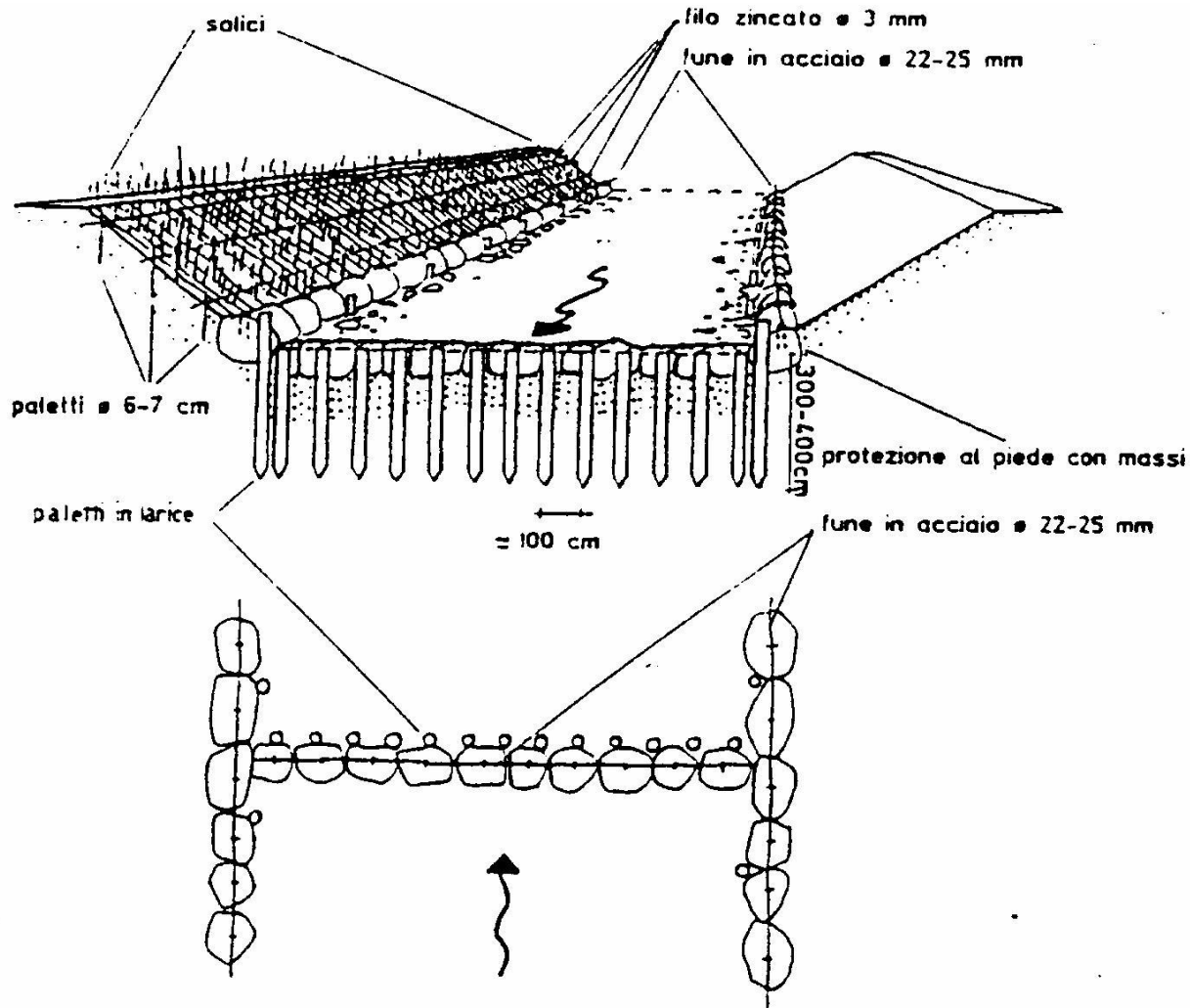
INTERVENTI STRUTTURALI PASSIVI

Incremento della capacità di convogliamento



INTERVENTI STRUTTURALI PASSIVI

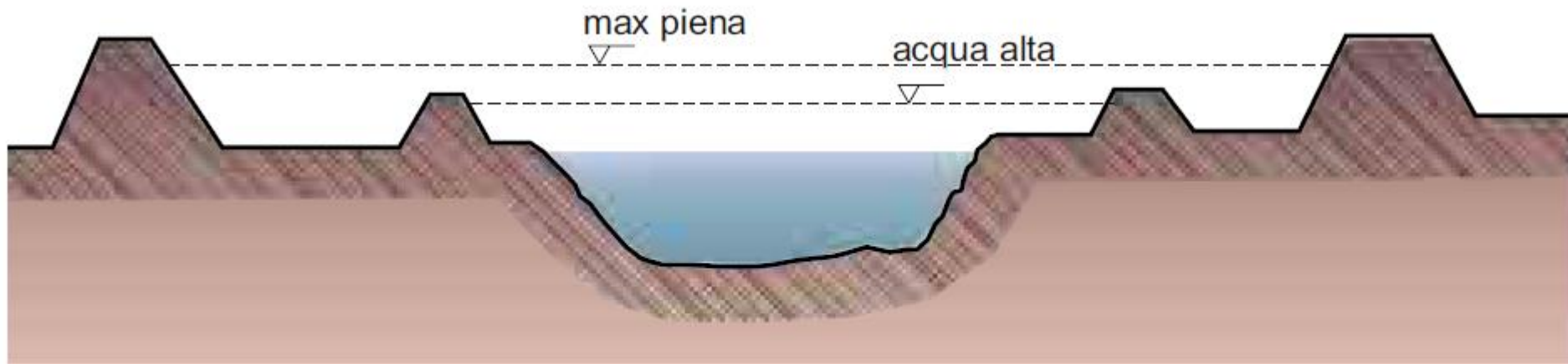
Incremento della capacità di convogliamento



INTERVENTI STRUTTURALI PASSIVI

Incremento della capacità di convogliamento

Arginature



La figura rappresenta la sezione trasversale di un corso d'acqua con argini longitudinali maestri, ed argini di golena; con questo assetto il fiume viene ad avere un letto di magra, un letto fra gli argini di golena per le acque alte, ed uno molto più ampio fra gli argini maestri, corrispondenti alla sezione occorrente per il deflusso alle massime piene.

INTERVENTI STRUTTURALI PASSIVI

Incremento della capacità di convogliamento



Arginature

INTERVENTI STRUTTURALI PASSIVI

Incremento della capacità di convogliamento



Arginature

INTERVENTI STRUTTURALI PASSIVI

Incremento della capacità di convogliamento

Arginature

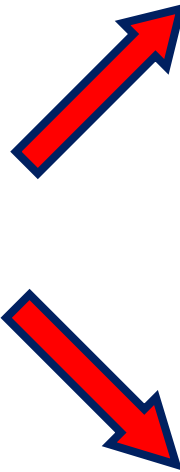


Fiume Secchia (MO): 19/01/2014

INTERVENTI STRUTTURALI ATTIVI

Deviazione dei volumi di piena: diversivi e scolmatori

La riduzione del colmo di portata è ottenuta tramite l'allontanamento di una parte, anche rilevante, dei volumi di piena. Le portate allontanate vengono poi canalizzate verso una depressione topografica in prossimità del fiume, dove l'acqua ha la possibilità di infiltrarsi nel terreno o di evaporare, oppure per essere immesse in un lago, o in un fiume, non appartenenti al sistema idrico in considerazione, o, ancora, in mare. Tra i sistemi di deviazione una distinzione va effettuata tra i **canali diversivi** e i **canali scolmatori**.



I **diversivi** sono canali artificiali in genere a soglia non regolata sempre attraversati dalla corrente idrica, che derivano acqua dal fiume e la convogliano in un'altro recapito finale. La portata in arrivo Q viene suddivisa nell'aliquota Q_1 che può essere convogliata nel corso d'acqua e in quella Q_2 che compete alla corrente che defluisce nel diversivo.

I canali **scolmatori** hanno la finalità di "decapitare" le portate al colmo e pertanto sono alimentati dal corso d'acqua solo in fase di piena. Lo scolmatore quindi non funziona durante le magre o le piene non eccezionali, che possono essere convogliate nel fiume.

INTERVENTI STRUTTURALI ATTIVI

Diversivi e scolmatori

Un **diversivo** è un corso artificiale che deriva l'acqua dal fiume e la convoglia direttamente al mare, in un lago o in un altro fiume. Il suo incile, libero o regolato, è comunque caratterizzato da una portata continua.

L'inconveniente principale dei diversivi sta nel fatto che, suddividendo la portata tra più rami, la velocità dell'acqua diminuisce e, pertanto, si riduce anche l'azione di trascinamento esercitata dalla corrente idrica: ne consegue un innalzamento del letto, che può anche eliminare in breve i vantaggi ottenuti con la costruzione dell'opera. Prima di costruire un diversivo è perciò necessario controllare l'entità delle torbide trasportate ed, eventualmente, cercare di ridurre il trasporto solido con opere forestali o di piccola idraulica, dirette a limitare l'erosione nel bacino imbrifero.

Diverso è il compito di uno **scolmatore**, il quale è normalmente privo d'acqua, venendo alimentato dal fiume soltanto durante le maggiori piene.

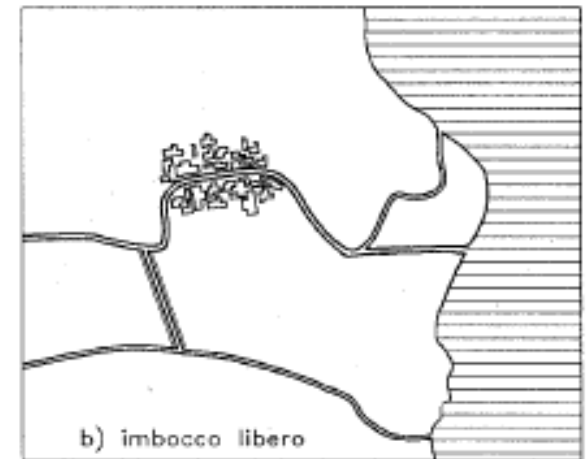
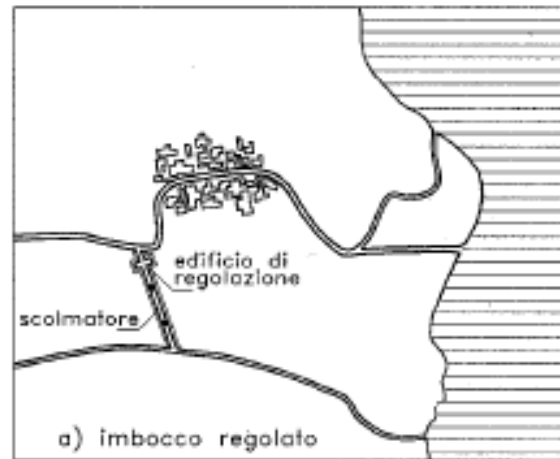
Sia gli scolmatori sia i diversivi sono costituiti da:

- un manufatto di presa, costituito in genere da uno sfioratore frontale o laterale;
- un canale di trasporto, che può essere anche in galleria;
- un manufatto di restituzione.

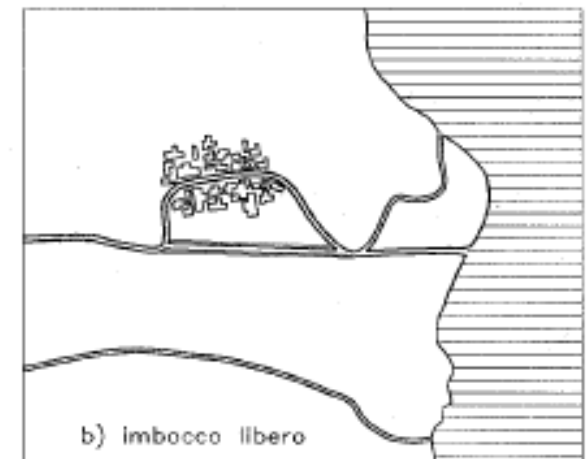
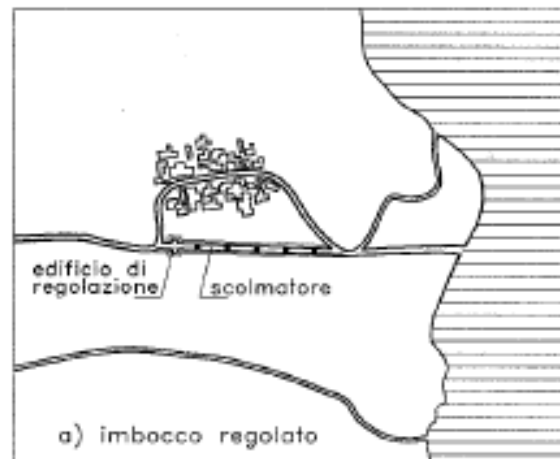
INTERVENTI STRUTTURALI ATTIVI

Scolmatori e diversivi

SCOLMATORE O DIVERSIVO CON SCARICO IN UN RECIPIENTE



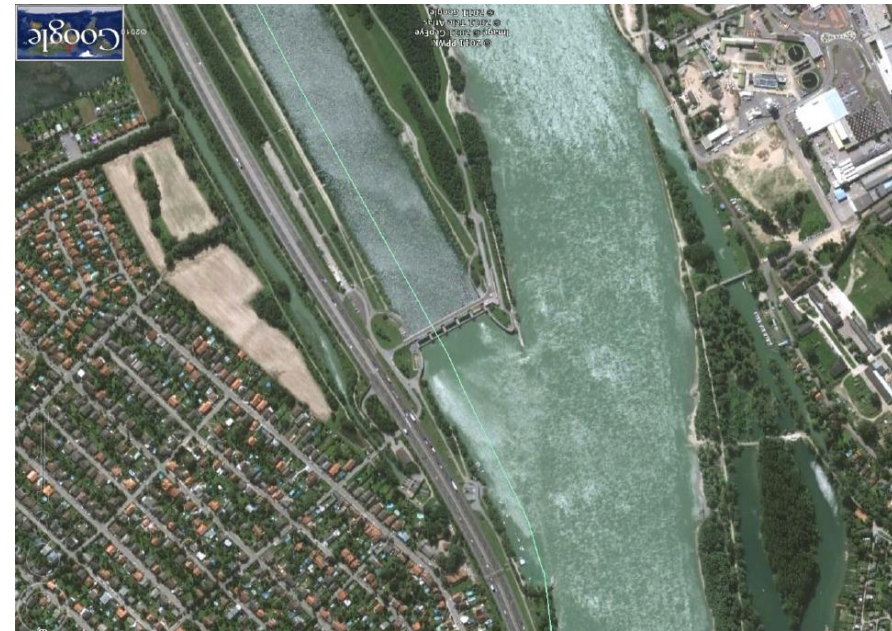
SCOLMATORE O DIVERSIVO CON RESTITUZIONE ALLO STESSO ALVEO



INTERVENTI STRUTTURALI ATTIVI

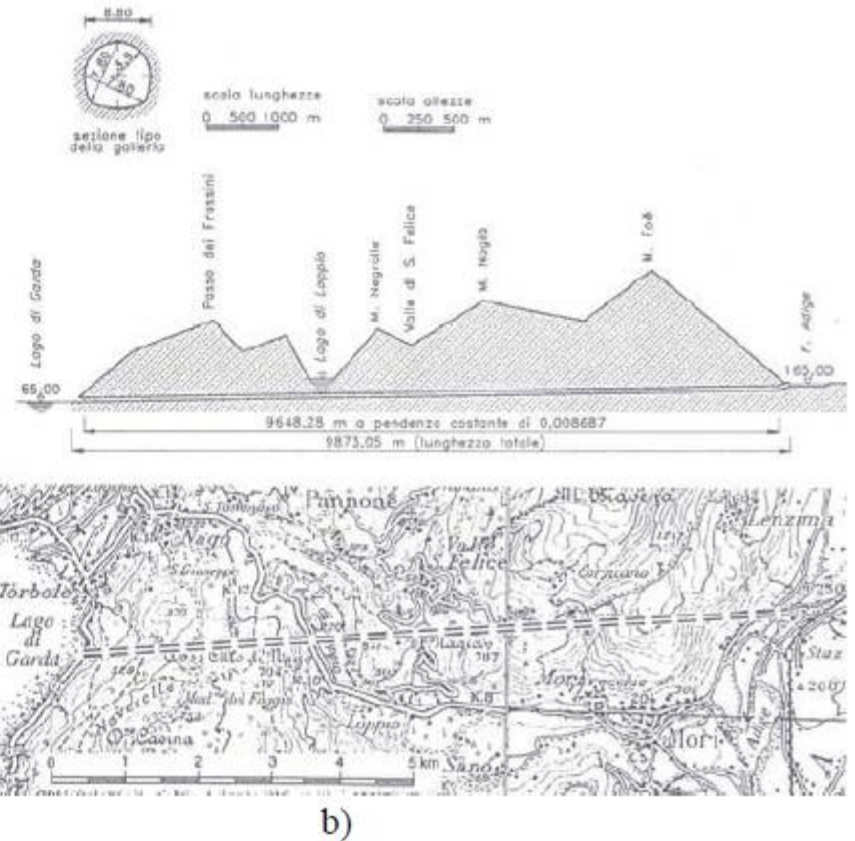
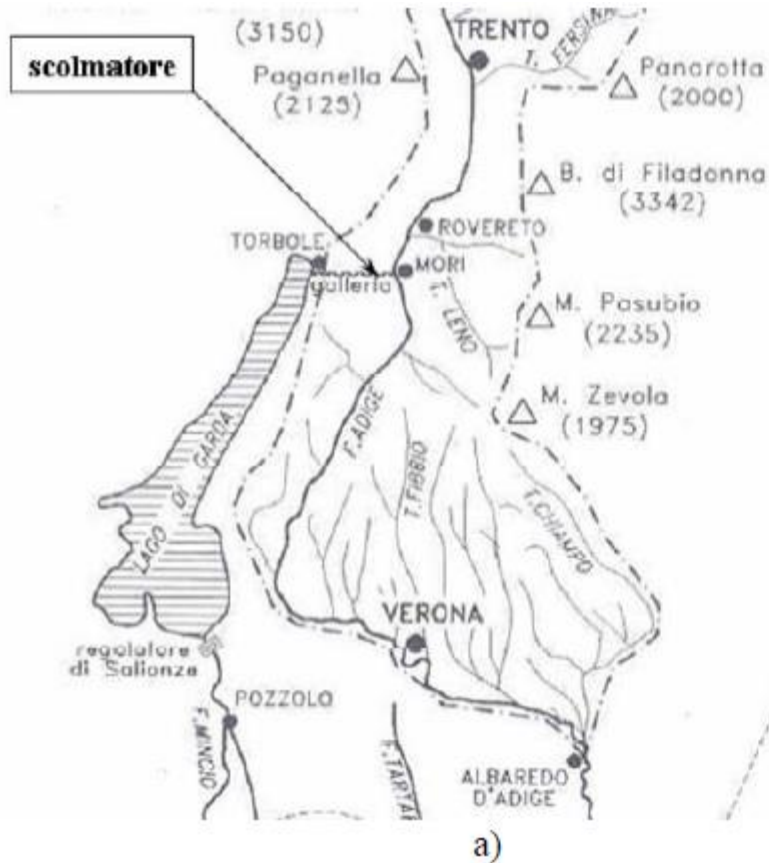
Scolmatori e diversivi

Diversivo di Vienna “Neue Donau”



INTERVENTI STRUTTURALI ATTIVI

Scolmatori e diversivi



Scolmatore dell'Adige nel Garda: a) corografia, b) profilo e planimetria

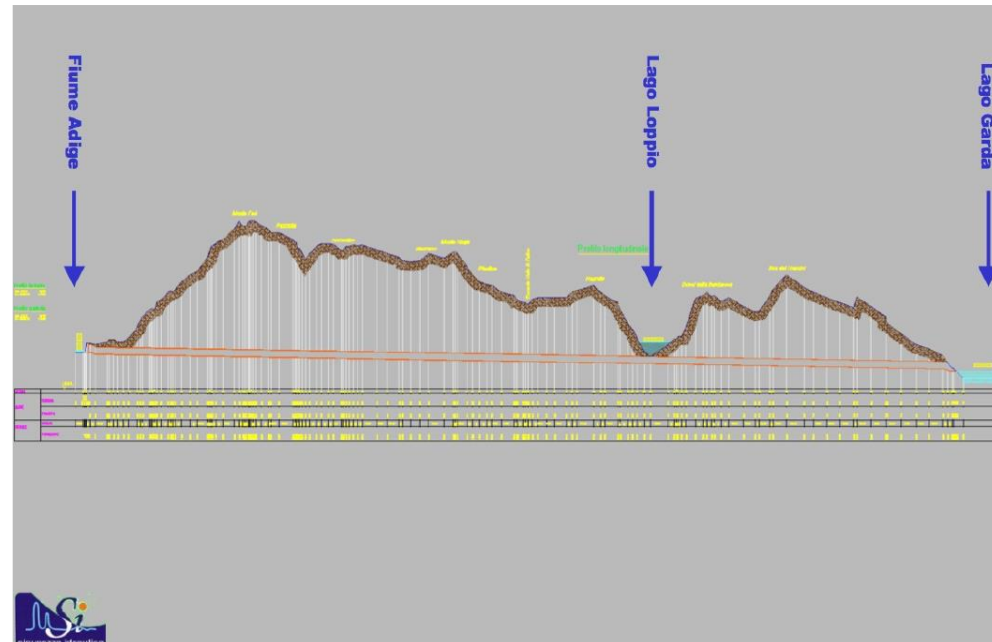
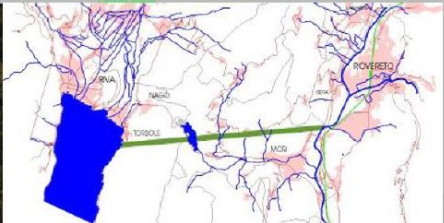
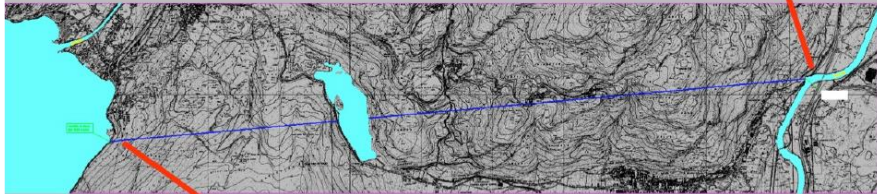
INTERVENTI STRUTTURALI ATTIVI

Scolmatori e diversivi

LA GALLERIA ADIGE - GARDA
ED IL LAGO DI LOPPPIO

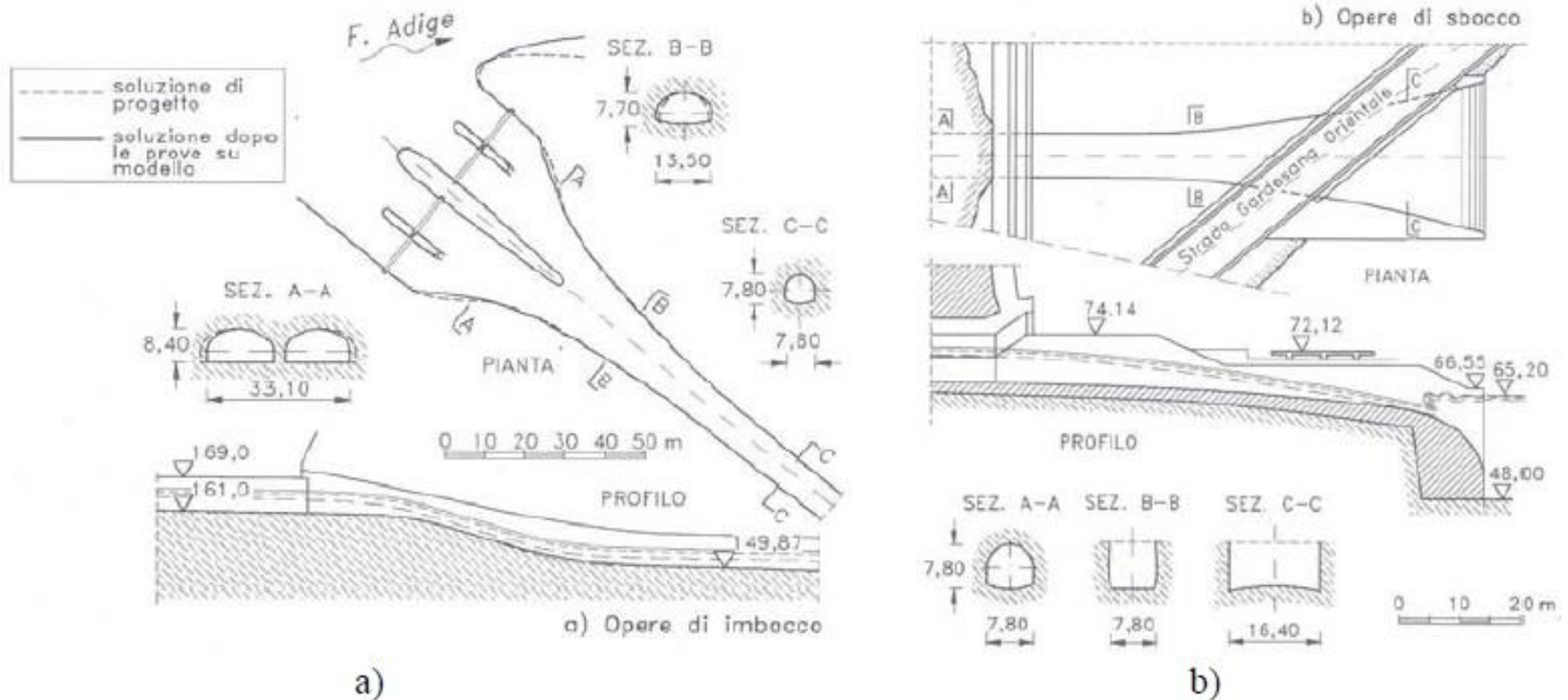


Lunghezza: 9,873 km
Dislivello: 106 m
Pendenza: 0,8688 %
Portata massima: 500 mc/s



INTERVENTI STRUTTURALI ATTIVI

Scolmatori e diversivi

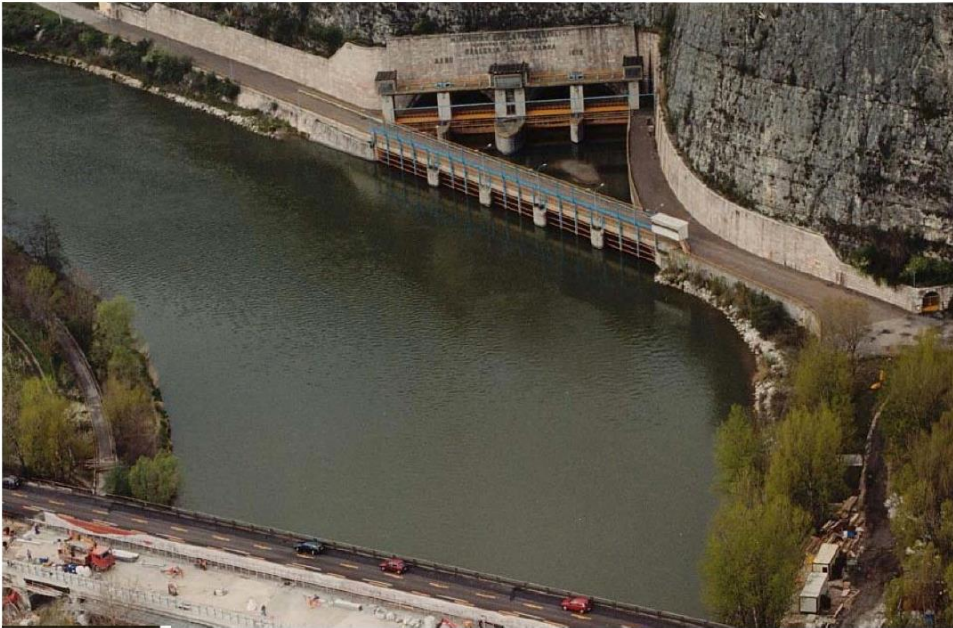


Scolmatore dell'Adige nel Garda: a) opere d'imbocco, b) di restituzione

INTERVENTI STRUTTURALI ATTIVI

Scolmatori e diversivi

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**

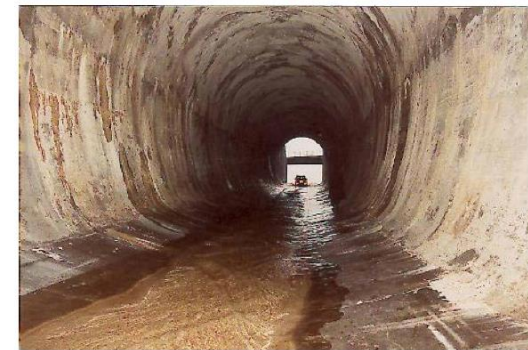
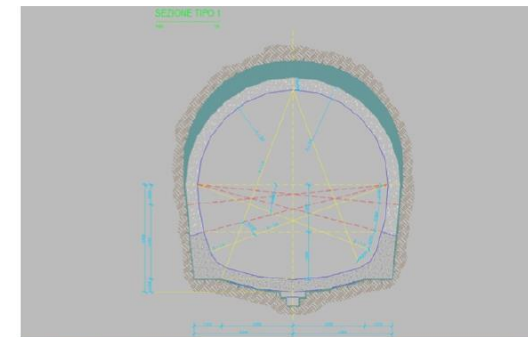
Portata massima: 500 mc/s

**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**



INTERVENTI STRUTTURALI ATTIVI

Foto aerea dello scolmatore sull'Arno a Pontedera.



Scolmatore dell'Arno a Pontedera

INTERVENTI STRUTTURALI ATTIVI

Scolmatori e diversivi

Opera di presa dello scolmatore sull'Arno a Pontedera, due giorni dopo l'evento alluvionale dell'8 Ottobre 1993.



INTERVENTI STRUTTURALI ATTIVI

Scolmatori e diversivi

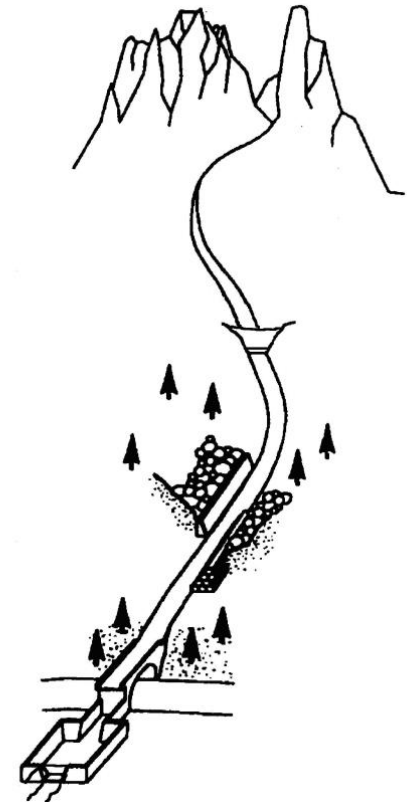


INTERVENTI STRUTTURALI ATTIVI

Serbatoi di laminazione

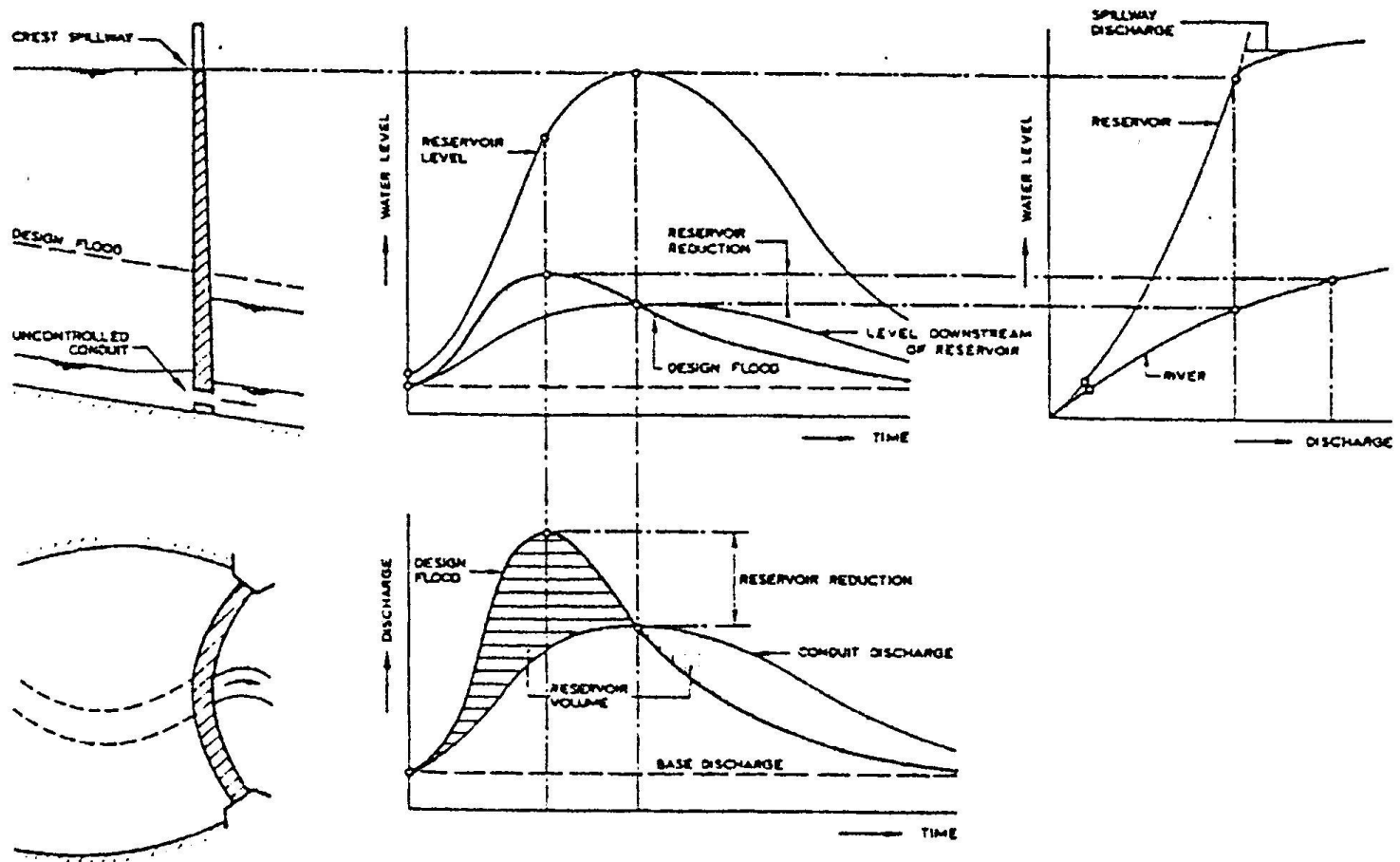
Il metodo più diretto per il controllo delle piene è rappresentato dall'invaso dei deflussi nella parte montana del bacino. A questo fine, i **serbatoi di laminazione** costituiscono uno degli interventi strutturali più utilizzati per la gestione degli eventi di piena.

- La funzione principale di un serbatoio di piena è di provvedere alla **detenzione dei volumi** di piena nella parte montana del bacino, e di rilasciarli in maniera controllata
- Esso funziona come una **capacità utile**, nella quale una parte del volume idrico che costituisce l'onda di piena s'immagazzina per un certo tempo, per essere poi scaricata a valle, più tardi e con portate ridotte a valori compatibili con la capacità di convogliamento idraulico del corso d'acqua



INTERVENTI STRUTTURALI ATTIVI

Serbatoi di laminazione



INTERVENTI STRUTTURALI ATTIVI

Casse d'espansione

Un' alternativa, rispetto ai serbatoi di laminazione, nella creazione di capacità finalizzate al controllo delle piene, è rappresentata dalle **casse di espansione**. La differenza tra i due tipi di capacità risiede nel fatto che il serbatoio è realizzato sbarrando una sezione del corso d'acqua e, pertanto, è sempre impegnato dalla corrente, sia di magra sia di piena, mentre la cassa d'espansione è spesso realizzata lateralmente all'asta fluviale con un collegamento in parallelo ed entra in funzione solo durante gli eventi di piena (casse in derivazione).

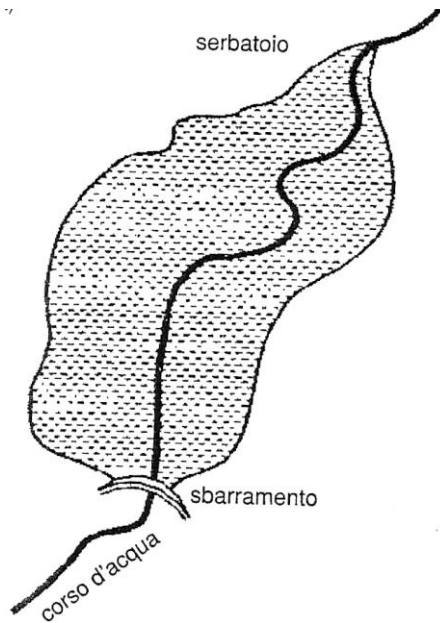
Lo scopo di questi manufatti è quello di ottenere l'allagamento preordinato e razionale degli spazi golenali o, comunque, delle zone limitrofe al corso d'acqua, talvolta naturalmente predisposte a contenere i volumi in arrivo, più spesso delimitate da apposite arginature se la loro conformazione non risulta adatta al contenimento dei volumi idrici.

INTERVENTI STRUTTURALI ATTIVI

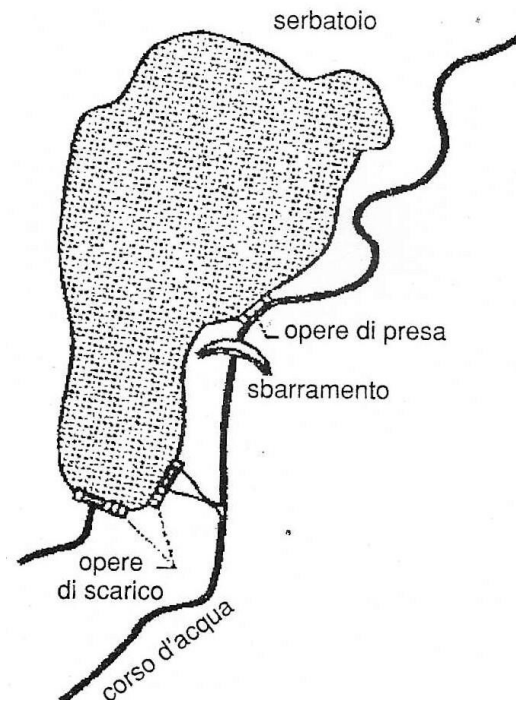
Casse d'espansione

Zona delimitata da un'arginatura soggetta ad allagamenti preordinati.

a) In linea



b) In derivazione



SISTEMAZIONI FLUVIALI

Manutenzione ordinaria

Svolgimento di attività periodiche volte ad assicurare **l'efficienza dei manufatti, la stabilità delle sponde e l'officiosità dei corsi d'acqua** senza ricorrere a interventi strutturali di qualche importanza.

SISTEMAZIONI FLUVIALI

MANUTENZIONE SUI CORSI D'ACQUA DI COMPETENZA DEI CONSORZI DI BONIFICA

A titolo d'esempio, con delibera di Giunta n. 269 del 05 aprile 2016, la Regione Toscana ha approvato gli Indirizzi Operativi per le attività di **manutenzione ordinaria** sui corsi d'acqua di competenza (reticolo di gestione) dei Consorzi di Bonifica per l'annualità 2016.

La Giunta ha deliberato di approvare, in via transitoria, i seguenti criteri operativi, da utilizzare nel periodo ricompreso fra il 5 aprile e il 30 giugno 2016:

- E' consentito effettuare i lavori di sfalcio, limitando l'attività all'alveo, alle sponde, alla superficie dei paramenti arginali e delle pertinenze idrauliche;
- Al fine di garantire la sicurezza idraulica, nell'ambito dell'attività di sfalcio delle superfici erbate, arbustive e del taglio selettivo della vegetazione arborea, è consentito anche il taglio delle piante instabili o deperienti;

SISTEMAZIONI FLUVIALI

- **Non deve essere lasciato materiale tagliato o cippato nell'alveo attivo;**
- **Nel corso dell'attività di manutenzione ordinaria è necessario attivare tutte le misure atte ad impedire l'intorbidimento delle acque;**
- **Non deve essere effettuato l'abbruciamento dei residui vegetali;**
- **Gli interventi di sfalcio, manuale o meccanizzato, delle sponde di corsi d'acqua devono essere effettuati alternando, di norma, gli interventi sulle due sponde per tratti di circa 500 metri;**
- **Al rinvenimento di evidenze di nidificazioni su piante arboree o a terra, evitare di effettuare l'intervento nel raggio di 10 m dal nido individuato.**

SISTEMAZIONI FLUVIALI

Manutenzione straordinaria

Interventi finalizzati alla riparazione, alla ricostruzione, al miglioramento e al completamento delle opere, nonché a recuperare e ripristinare le condizioni ambientali dei corsi d'acqua, delle relative pertinenze e dei versanti.

Le attività di manutenzione principali riguardano gli interventi da effettuarsi direttamente nei **corsi d'acqua** regimati e non, sulle **opere di difesa idraulica** e sui **versanti**.

SISTEMAZIONI FLUVIALI

Manutenzione straordinaria



SISTEMAZIONI FLUVIALI

Manutenzione straordinaria



SISTEMAZIONI FLUVIALI

Attività di manutenzione straordinaria sui corsi d'acqua

- Rimozione dei rifiuti solidi e taglio di alberature in alveo
- Rinaturazione delle sponde (protezione ai piede delle sponde con strutture flessibili spontaneamente rinaturabili; restauro ecosistema ripariale, con piantumazione di essenze autoctone)
- 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...
- Ripristino della stabilità dei versanti con **tecniche di ingegneria naturalistica**

SISTEMAZIONI FLUVIALI

Attività di manutenzione straordinaria sulle opere di difesa idraulica

- **Manutenzione delle arginature e loro accessori (chiaviche, scolmatori, botti a sifone, ecc.)**
- **Ripristino e manutenzione delle reti di drenaggio superficiali e non**
- **Ripristino e manutenzione di opere di ingegneria naturalistica**

SISTEMAZIONI FLUVIALI

Attività di 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
- Rimodellamento e chiusura delle fessure di taglio
- Disgaggio massi
- Opere di sostegno a carattere locale e di modeste dimensioni
- Rimboschimenti
- Sistemazione con **interventi di ingegneria naturalistica** di versanti in erosione

SISTEMAZIONI FLUVIALI

Interventi di ingegneria naturalistica

La sistemazione idraulica di un bacino produce benefici di diversa natura (stabilità dei pendii, riduzione del trasporto solido, ecc.) che influiscono sul fenomeno di formazione dei deflussi con i seguenti meccanismi:

- a) aumento della capacità di infiltrazione del terreno con riduzione dei deflussi superficiali, che costituiscono la componente più importante delle portate di piena
- b) riduzione della velocità media di scorrimento dell'acqua e incremento dei tempi di corrivazione e della capacità di laminazione del bacino: l'onda di piena risulta pertanto più "appiattita" e la portata al colmo inferiore

SISTEMAZIONI FLUVIALI

Interventi di ingegneria naturalistica

Nei riguardi del primo meccanismo, un limite dipende dalla limitata quantità di acqua che riesce ad infiltrarsi nel terreno, che dipende dalle caratteristiche geologiche del suolo.

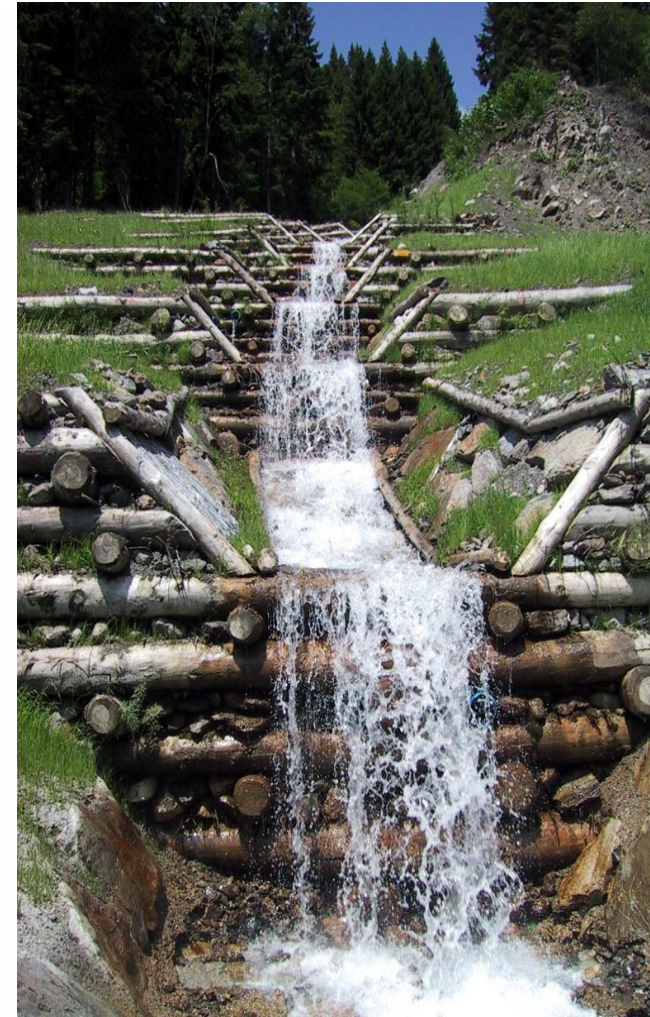
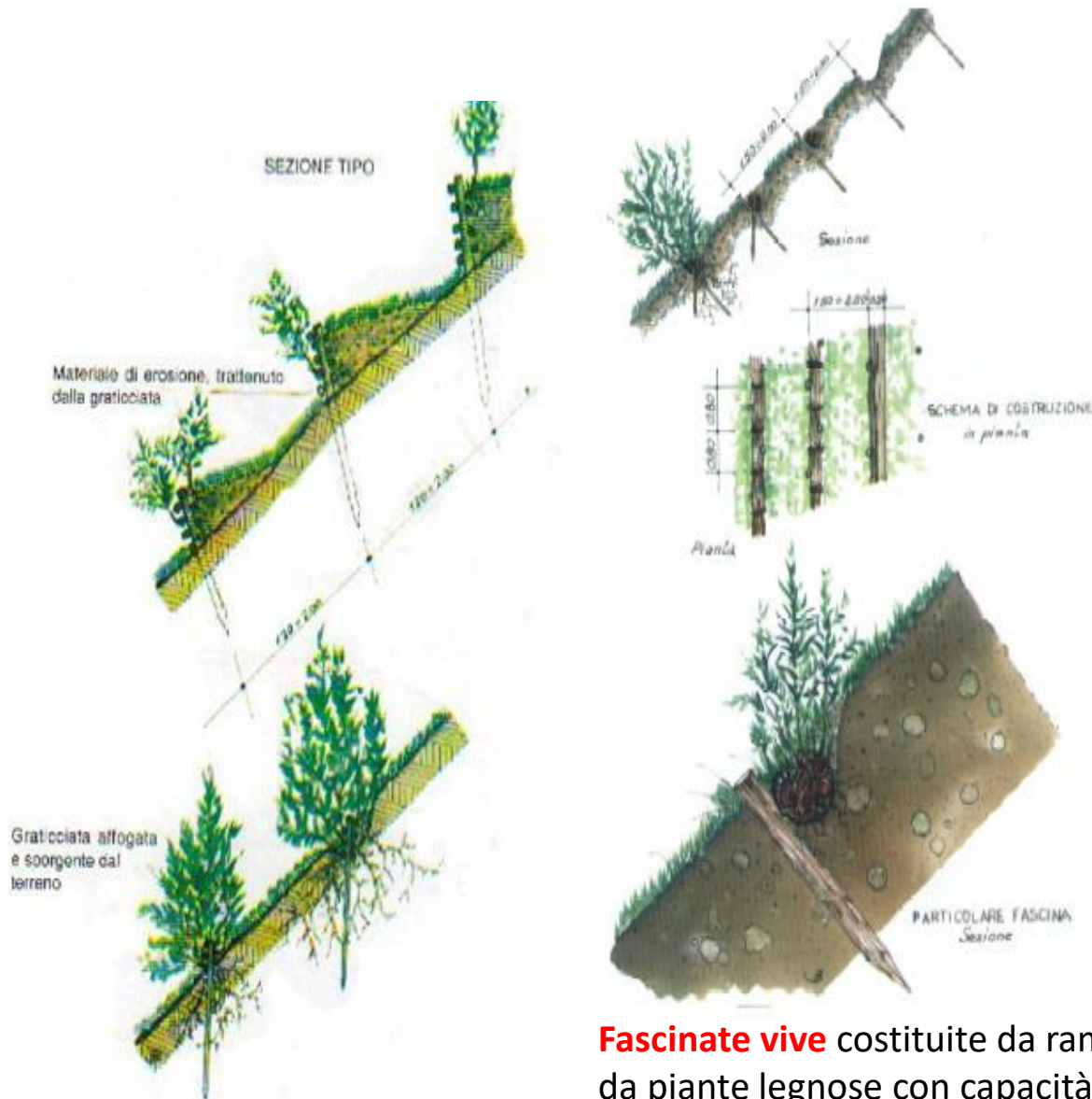
L'aumento del tempo di corrivazione e del volume di invaso del bacino determinati dalla copertura vegetale sono in realtà anche essi molto modesti, in quanto derivano dalle azioni che si esplicano nel breve tragitto (250-300 m) che l'acqua percorre sui versanti del bacino prima di raggiungere la rete idrografica.

Le sistemazioni sono comunque importanti sia per la stabilità dei pendii, che per la riduzione dell'erosione superficiale e del trasporto solido.

Le sistemazioni si concretizzano di frequente con:

- piantumazione di essenze arboree
- fascinate
- viminate
- briglie in legno o pietrame non legato

Interventi di ingegneria naturalistica



Briglie in legname

Fascinate vive costituite da rami lunghi e dritti prelevati da piante legnose con capacità di diffusione vegetativa.

Graticciate o viminate realizzate con intrecci longitudinali di verghe lunghe e flessibili e di piante legnose con capacità di propagazione vegetativa

SISTEMAZIONI FLUVIALI

Interventi di ingegneria naturalistica



SISTEMAZIONI FLUVIALI

Interventi di ingegneria naturalistica

Piantumazione di vegetazione erbacea e arborea (a carattere arbustivo o ceduoabile)

Le sistemazioni a bosco sono da preferire a quelle erbose, per la maggiore capacità di ritenzione idrica da parte degli arbusti e degli alberi.

In una sistemazione con vegetazione arborea sarebbe opportuno utilizzare solo le specie adeguate alla zona fitoclimatica in cui si interviene. Per **zona fitoclimatica** s'intende la distribuzione geografica, associata a parametri climatici, di un'associazione vegetale rappresentativa composta da specie omogenee per quanto riguarda le esigenze climatiche.

In Italia esistono **6 zone**, il cui nome si richiama più o meno vagamente alla specie di riferimento.



■ Lauretum caldo	■ Fagetum
■ Lauretum freddo	■ Picetum
■ Castanetum	■ Alpinetum

SISTEMAZIONI FLUVIALI

Interventi di ingegneria naturalistica

- Il **Lauretum** è la zona fitoclimatica più calda e prende il nome dal *Laurus nobilis* (alloro). Il suo areale si estende dalle zone costiere fino ad ambienti collinari con un'altitudine massima che diminuisce all'aumentare della latitudine. La **sottozona calda** del Lauretum corrisponde alle aree più calde del territorio nazionale, più frequente nel versante tirrenico rispetto a quello adriatico. La **sottozona** fredda si estende su gran parte del territorio peninsulare e insulare
- Il **Castanetum** prende il nome dal Castagno (*Castanea sativa*): in Italia occupa oltre un terzo del territorio, interessando gran parte della fascia submontana nell'Italia peninsulare e insulare e quella di pianura e di collina nell'Italia settentrionale
- Il **Fagetum** prende il nome dal Faggio (*Fagus sylvatica*): la fascia fitoclimatica del Fagetum costituisce la zona più alta presente negli Appennini e quindi è al confine con il limite superiore della vegetazione, mentre nelle Alpi rappresenta una fascia intermedia (tra *Picetum* e *Castanetum*)
- Il **Picetum** prende il nome dall'Abete rosso (*Picea abies*), ed è diffuso nella fascia montana, quasi esclusivamente alpina, che si estende tra i 1400-1500 m e i 2000 m di altitudine
- L'**Alpinetum** prende il nome dall'aggettivo *alpinus*, che fa riferimento alle Alpi, ed è diffuso nella fascia alpina estrema, compresa tra i 1700 m e il limite della vegetazione arborea (che varia dai 1800 ai 2200 m).

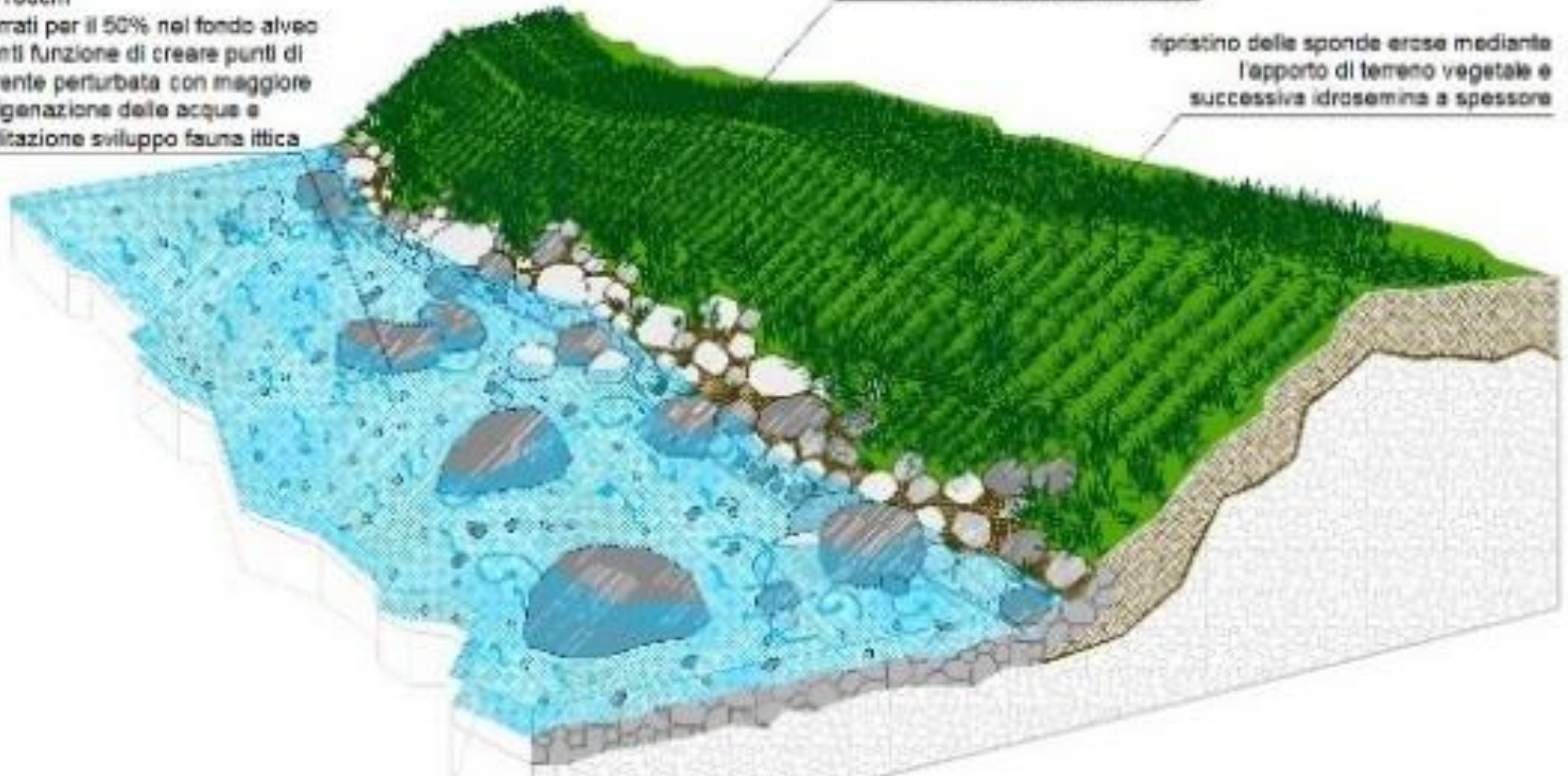
SISTEMAZIONI FLUVIALI

Interventi di ingegneria naturalistica: rinaturalizzazione dei canali

posizionamento di massi diam
80-100cm
interrati per il 50% nel fondo alveo
aventi funzione di creare punti di
corrente perturbata con maggiore
ossigenazione delle acque e
facilitazione sviluppo fauna ittica

mantenimento del piede della
sponda mediante la sistemazione
dei sassi reperiti sul posto

ripristino delle sponde erose mediante
l'apporto di terreno vegetale e
successiva idrosemina a spessore



SISTEMAZIONI FLUVIALI

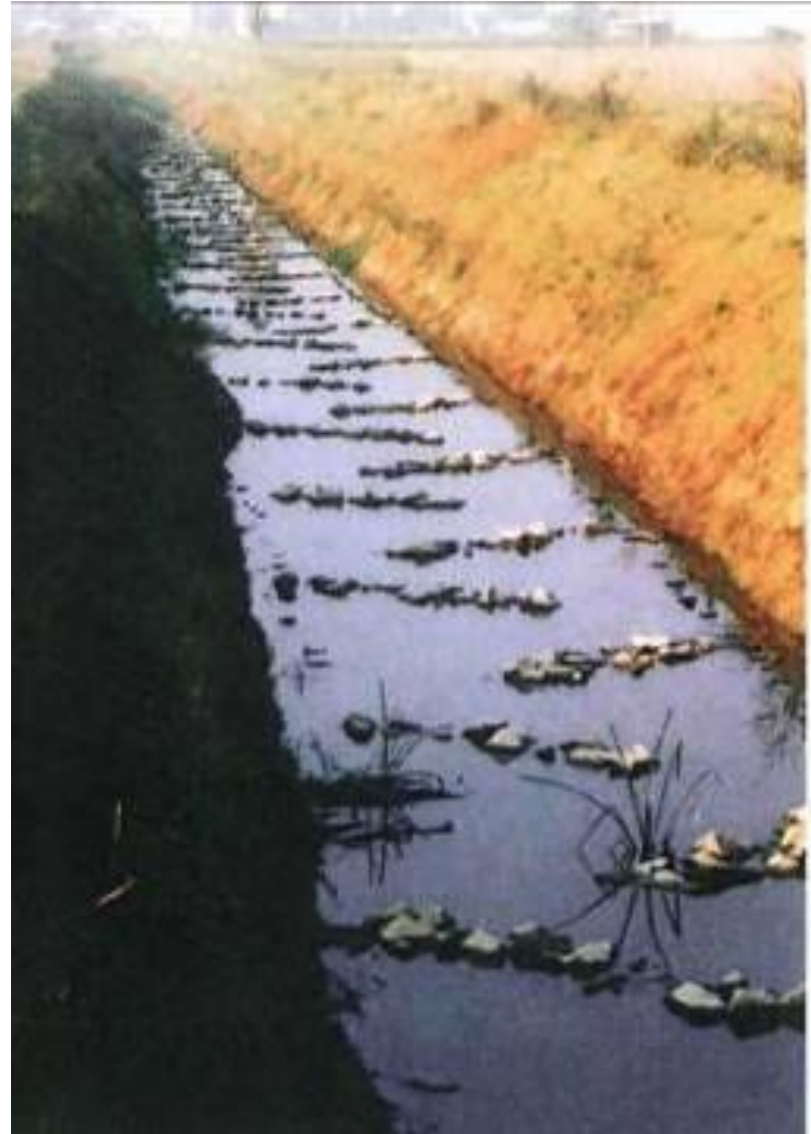
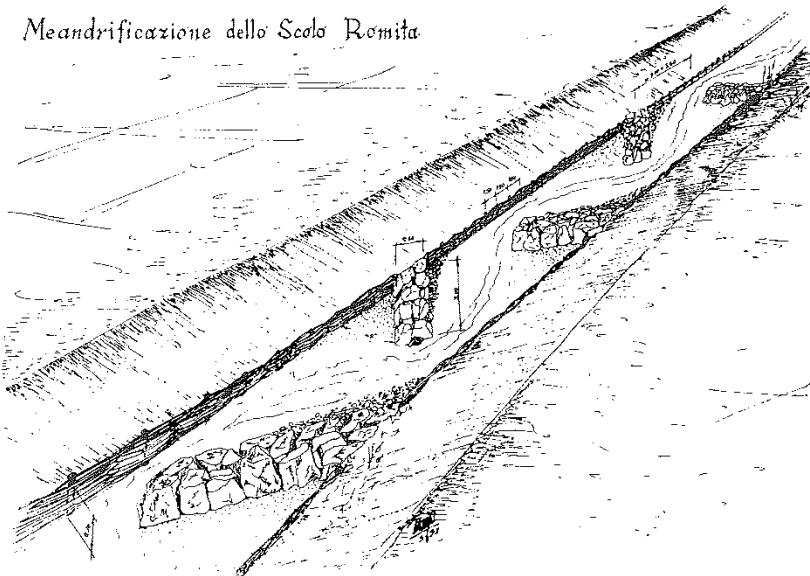
Interventi di ingegneria naturalistica: rinaturalizzazione dei canali

LEGENDA DEGLI INTERVENTI:

Interventi di riassetto idraulico

1. Meandricazione del fondo dello scolo Romita (L=m 250)
2. Diversificazione del fondo dello scolo Romita con ciotolame (L=m 50)
3. Dissipatori a scogliera in corrispondenza delle briglie di sbocco nel Collettore
4. Abbassamento della golena del Collettore nel tratto Ponte Scagliarossa-Ponte Guazzaloca

Meandricazione dello Scolo Romita



SISTEMAZIONI FLUVIALI

Dopo quindici anni di lavori è quasi ultimata in Svizzera, vicino a Ginevra, la rinaturalizzazione del fiume Aire, che è anche un'opera di land art

