



CROCE ROSSA ITALIANA

Croce Rossa Italiana

Corso di formazione
RISCHIO IDROGEOLOGICO FLUVIALE

Natura e funzione degli argini

Giuseppe Bolzoni
Emergency Manager

Il compito degli argini è di separare e proteggere le aree abitate dalle aree golenali inondabili.

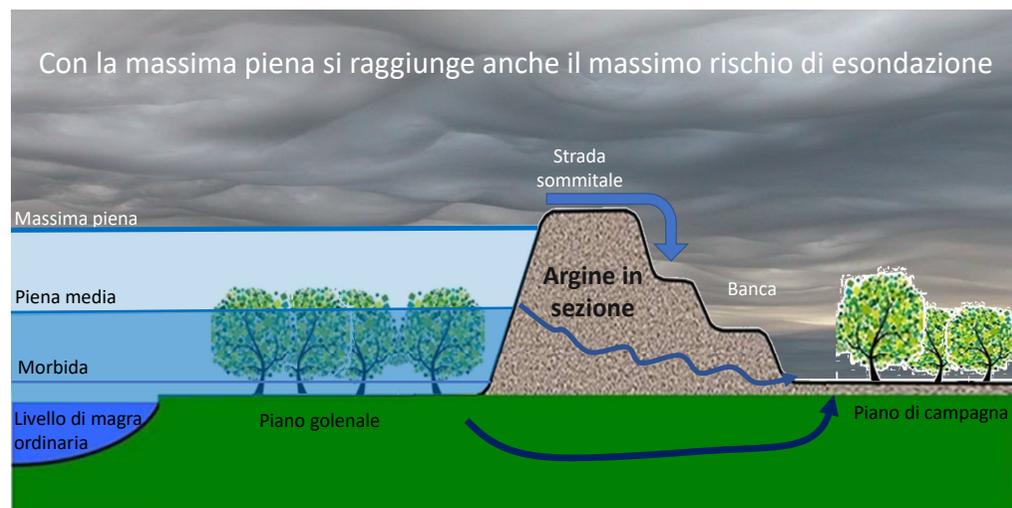
L'argine è un'opera di difesa passiva del territorio atta ad impedire lo straripamento dei corsi d'acqua. Esso è generalmente costituito da un rilevato impermeabile in terra simile ad una diga che può raggiungere altezze anche considerevoli (in Italia sia il fiume Po sia il fiume Adige hanno argini che superano i 10 metri di altezza).



Argine a protezione di San Rocco al Porto durante la piena del Po del 25-11-2019

Gli argini e la piena

Con la massima piena si raggiunge anche il massimo rischio di esondazione



MECCANISMI DI ROTTURA DEGLI ARGINI

La rottura degli argini, conseguenti o concomitanti allo stato di piena dei fiumi o torrenti possono avvenire per:

Sormonto: quando il livello delle acque di piena supera la sommità arginale

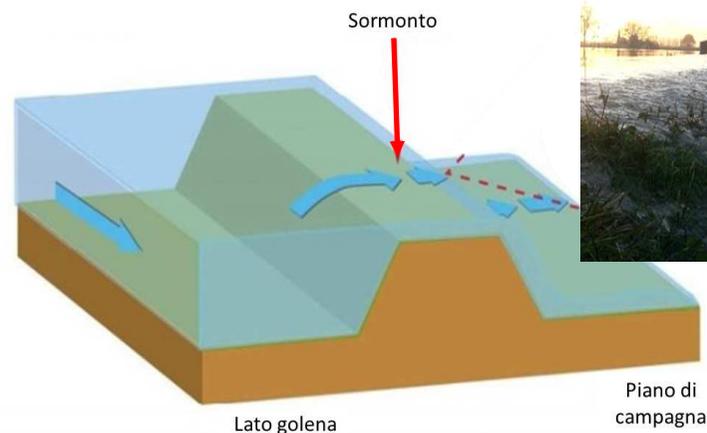
Erosione: quando l'argine colpito obliquamente dalla corrente viene intaccato al piede e frana verso il fiume

Sfiancamento: quando a causa della lunga durata della piena o per la cattiva consistenza del rilevato, l'argine si rammollisce e cede dal 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)

Rif. M. Vergnani (AIPO 2014)

Meccanismi di rottura degli argini Sormonto



Nella seconda fase l'argine crolla come indicato dalla freccia

Nella prima fase avviene l'erosione del piede dell'argine

Tracimazione o sormonto arginale

Durante un evento di piena imprevista, con livelli che progressivamente superano il franco arginale fino a giungere al coronamento dell'argine, le acque di piena possono defluire in cascata raggiungendo il piano campagna e nel punto di impatto innescare un processo erosivo. Con il perdurare della tracimazione, il rilevato arginale, può venire più o meno rapidamente demolito.



Tentativo di blocco di una esondazione per tracimazione



Rottura degli argini

Per sormonto:

Il livello delle acque supera la quota della sommità arginale con asportazione della cotica erbosa dal lato campagna



Rimedi:

a) Prima

Coronelle (sopralzo arginale con sacchi o teli ed aratura del ciglio)

b) Dopo

Rapido allontanamento delle acque; Tentativi di chiusura della rotta con ricostruzione o affondamento materiali non rimovibili.



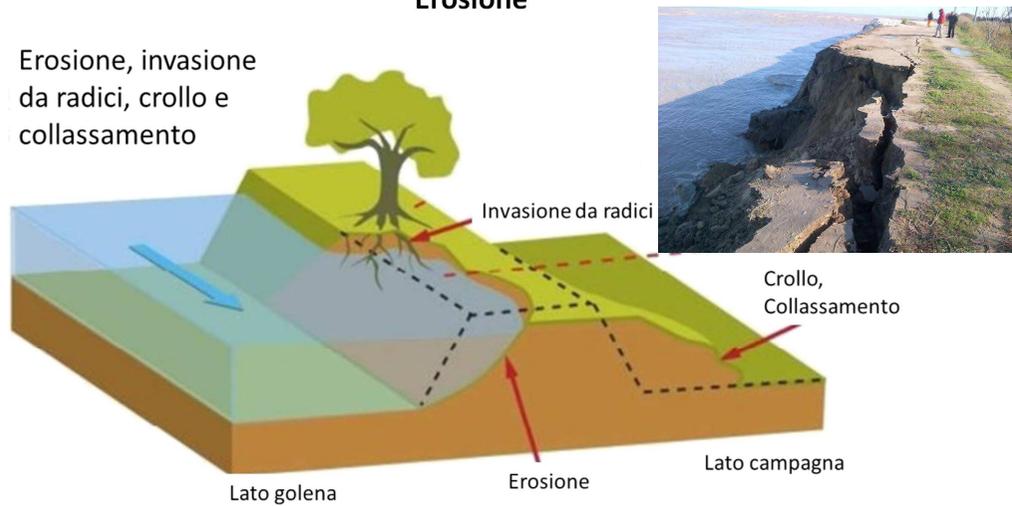
L'acqua in caduta dalla sommità dell'argine provoca l'erosione del piede verso il lato da inondare con il conseguente collassamento dell'argine stesso.

Rottura di un argine golendale per sormonto
S. Rocco al Porto (LO)

Meccanismi di rottura degli argini

Erosione

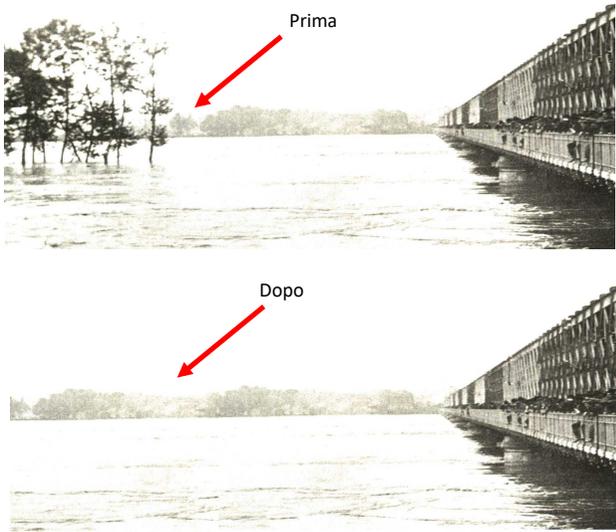
Erosione, invasione da radici, crollo e collassamento



Erosione

Durante un evento di piena le acque erodono obliquamente il piede dell'argine facendolo franare verso il lato golena.





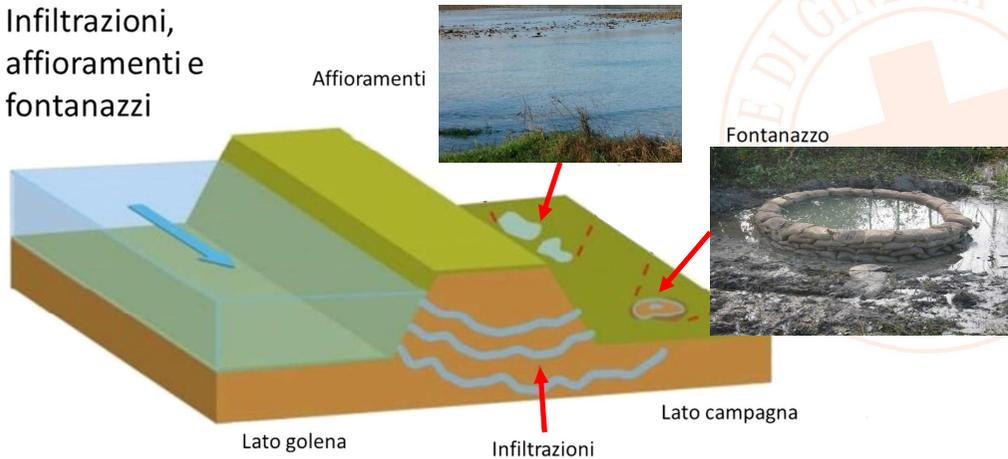
Non è facile comprendere se sono in atto fenomeni di erosione. Un sistema per capirlo è il controllo degli alberi affioranti sul livello della piena. La loro scomparsa è un'indicazione che sotto il pelo dell'acqua è in atto un fenomeno di erosione. I volontari addetti al controllo della piena dovrebbero controllare questi dettagli. In genere, storicamente, si conoscono i punti soggetti a fenomeni erosivi.



Stesura di un telo anti infiltrazione e antierosione in previsione di una piena

Meccanismi di rottura degli argini Erosione interna e sifonamento

Infiltrazioni,
affioramenti e
fontanazzi



Sifonamento

Durante un evento di piena, a seguito dell'aumento dei livelli idrici, o per la presenza di cavità nel corpo arginale (dipendenti da radici putrefatte, tane di animali ecc.), può verificarsi la progressiva asportazione di materiale costituente il corpo arginale stesso per l'effetto erosivo di moti filtranti emergenti alla superficie del suolo sul lato a campagna, minando la stabilità del rilevato stesso.

Tali fenomeni sono denominati fontanazzi e risultano più pericolosi quando l'acqua che fuoriesce si mostra torbida, denotando cioè l'asportazione di terra sabbia e ghiaia da sotto l'argine.

La creazione dei fontanazzi, prima che si raggiunga la condizione critica, è preceduta da manifestazioni di premonizione (presenza di acqua affiorante, rigonfiamento del terreno, rumorosi sfiati di aria, ecc.).

Rottura degli argini

Per sifonamento (fontanazzi):

Filtrazione al di sotto del corpo arginale a causa di vie preferenziali;
Disomogeneità geologico-geotecniche del sottosuolo;
Presenza di opere interferenti longitudinalmente con l'arginatura.

Rimedi:

a) Prima

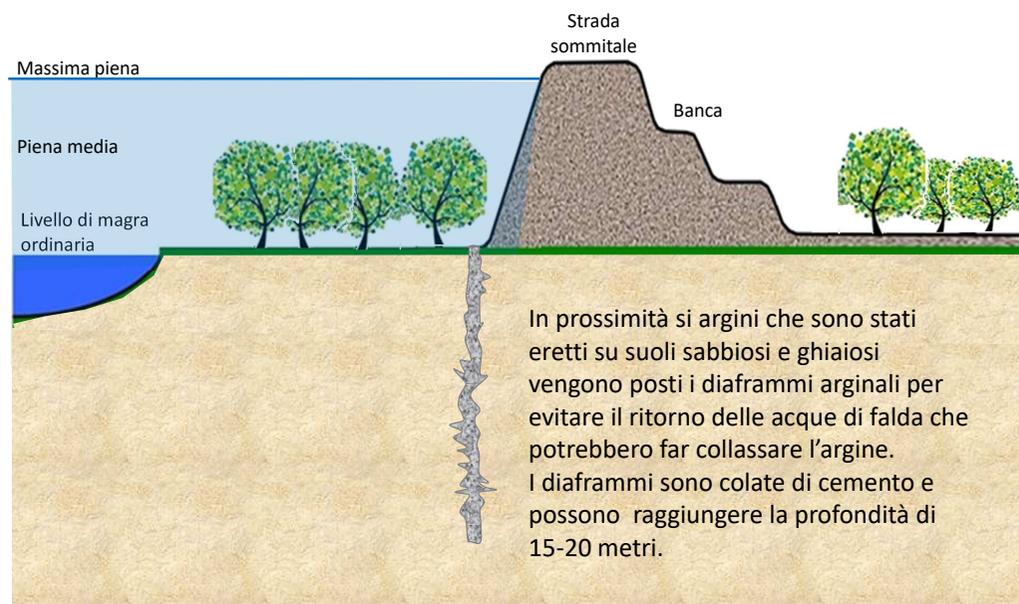
- ✓ Circondamento fino all'equilibrio con:
 - sacchi di sabbia;
 - tubi di cemento autoportanti;

b) Dopo

- ✓ Rapido allontanamento delle acque;
- ✓ Tentativi di chiusura della rotta (ricostruzione, affondamento massi e ciottolami)



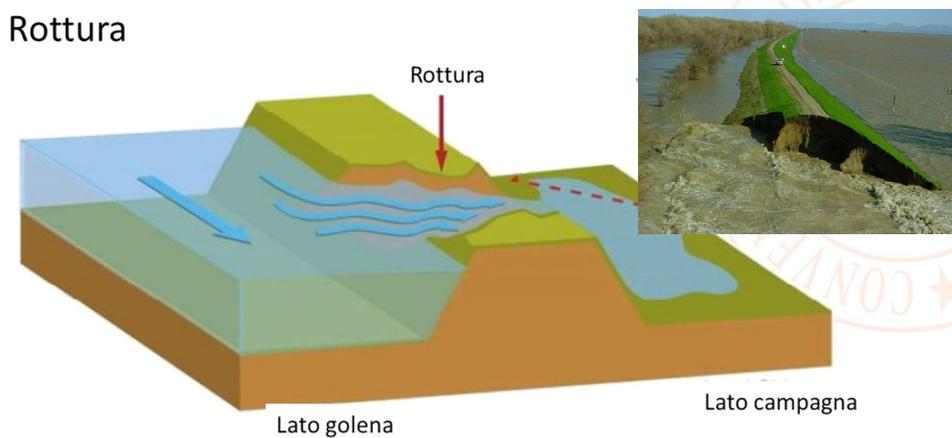
Arginatura di un fontanazzo



Meccanismi di rottura degli argini

Rottura per sfiancamento

Rottura



Sfiancamento

Lo sfiancamento si verifica quando il corpo arginale, a causa della sua completa imbibizione d'acqua viene interessato da cedimenti. Tale fenomeno può verificarsi anche durante la riduzione del livello di piena successivo alla fase acuta, soprattutto se questa si è prolungata nel tempo.

La saturazione del terreno arginale e la contestuale assenza di spinta idrostatica dell'acqua del fiume provoca uno squilibrio con conseguente possibile instabilità.



Rottura degli argini

Per sfiancamento:

Argine imbibito per:

- ✓ Disuniformità geologico-geotecniche del corpo arginale;
- ✓ Piena di rilevante durata temporale.

Rimedi:

a) Precedenti:

Rivestimento della scarpata arginale verso fiume con:

- ✓ Teli impermeabili (6 x 8 m; "disposti a tegola"; zavorrati; ancorati al ciglio);
- ✓ massi, ciottolame, gabbioni;
- ✓ ciuffata (alberi con chioma zavorrata)
- ✓ Rinforzo del corpo arginale al lato campagna con
 - sacchetti di sabbia;
 - riporto di terreno per tutta la lunghezza del tratto deformato

b) Successivi:

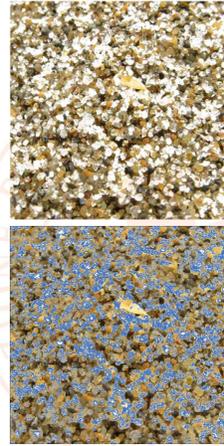
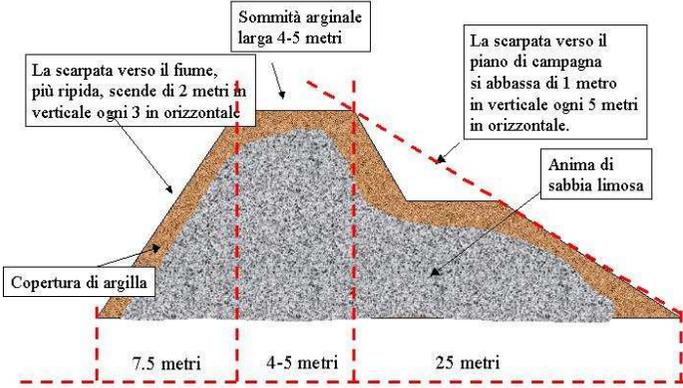
- ✓ Rapido allontanamento delle acque;
- ✓ Tentativi di chiusura della rotta (ricostruzione, affondamento massi e ciottolame)

Protezione di un tratto di argine che potrebbe essere soggetto a sfiancamento con sacchi di sabbia



La tenuta dell'acqua della piena è garantita dalla bassa permeabilità dei componenti utilizzati per la costruzione

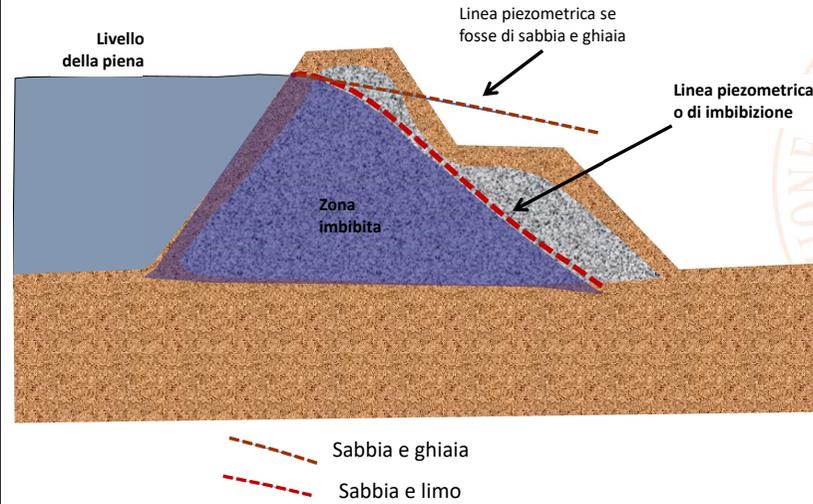
DIMENSIONI DEGLI ARGINI



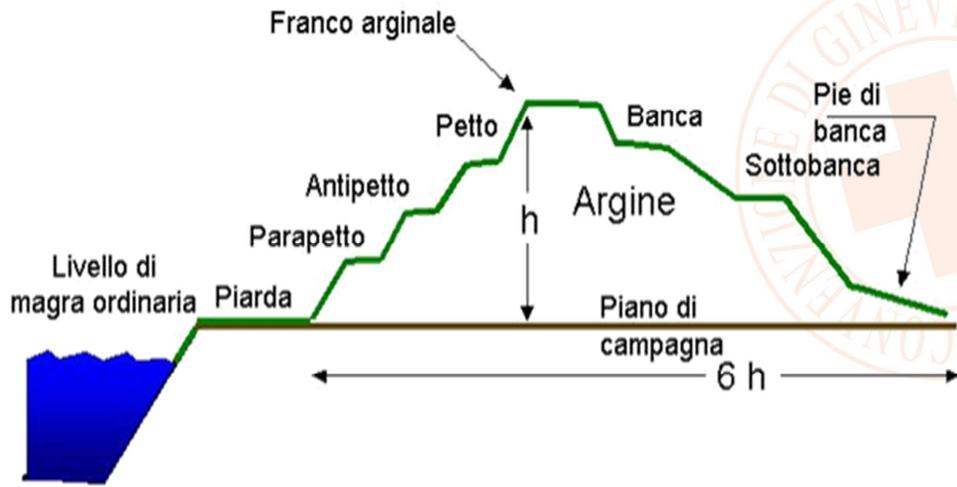
Il limo e le sostanze organiche incluse nella sabbia, a contatto con l'acqua della piena, si gonfiano sigillando gli interstizi tra un granello di sabbia e l'altro.

Un argine maestro alto 5 metri dovrà avere una larghezza alla base di circa 37 metri.

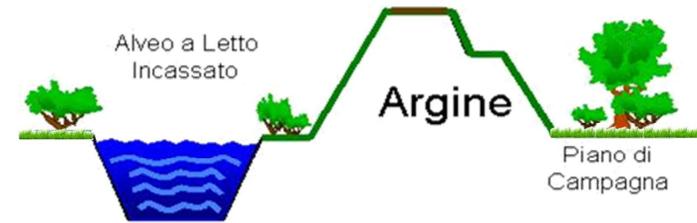
La composizione del corpo dell'argine influisce sulla pendenza della linea piezometrica



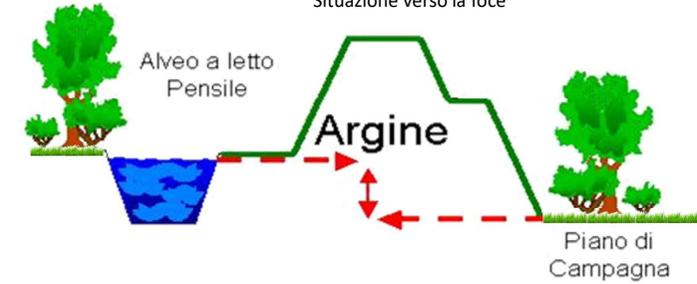
Definizioni relative alle sezioni di un argine e dimensionamento



Situazione verso il percorso medio di un fiume



Situazione verso la foce



In mancanza di spazio, invece di arginature in terra, si può ricorrere a barriere in cemento armato o altri materiali.



Piena del Lambro
in via Camaldoli
(Milano)



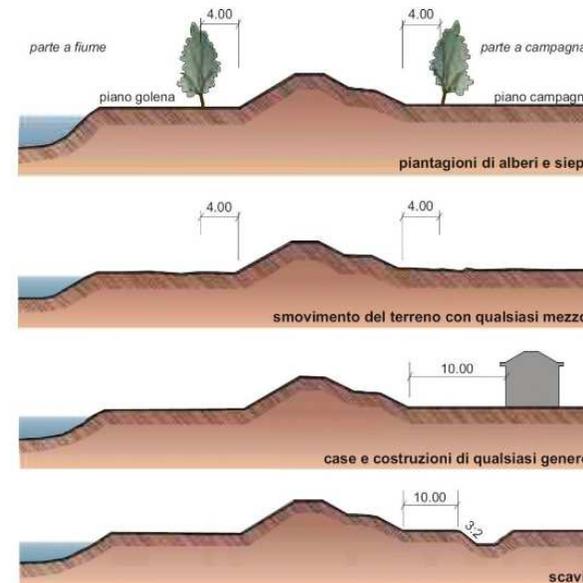
New Orleans
Argini del fiume Mississippi

Controllo preventivo degli argini

La verifica delle condizioni degli argini deve essere fatta in tempi normali, quindi non durante le piene.

I volontari si devono disporre sulla sommità arginale, sul lato golena e sul lato campagna come indicato nella foto sottostante.

I problemi e le situazioni anomale dovranno essere raccolte durante il percorso e comunicate alla sala operativa. Al termine dell'esercitazione, le informazioni raccolte dovranno essere comunicate al sindaco che, a sua volta, informerà il personale AIPO responsabile della gestione di quel tratto di argine.



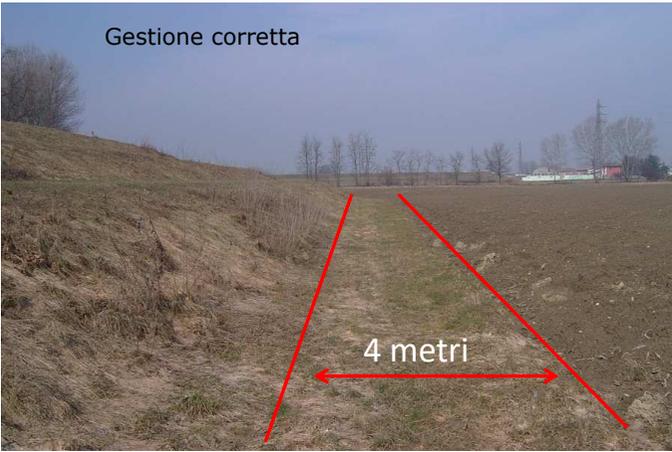
Distanze minime dalle
arginature fluviali
(Regio Decreto n° 523 del
25/07/1904)



La mancata pulizia di un argine favorisce lo scavo di tane da parte degli animali



Nella foto di sinistra, l'aratura è stata fatta fino al piede dell'argine nonostante sia un zona soggetta a fontanazzi. Notare un "piede di banca", nel cerchio, tipico delle aree soggette a questi fenomeni.

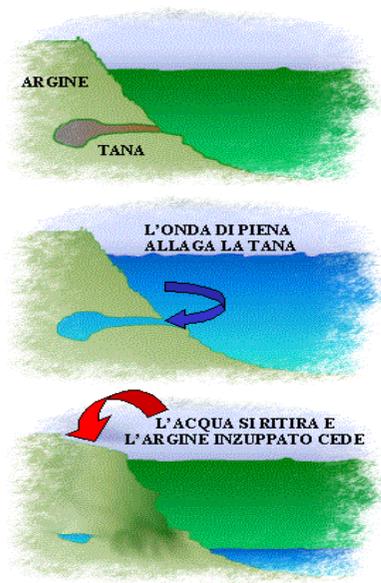


Gestione corretta

4 metri



Collassamento dell'argine maestro durante una piena dovuto a tane di animali



Taglio di erba e arbusti lungo gli argini



Alcuni esempi di trascuratezza degli argini



Cespugli sugli argini

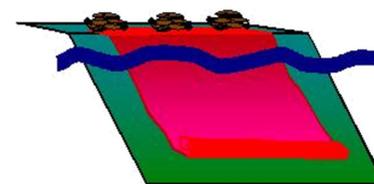
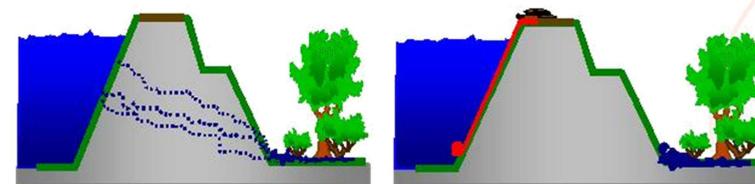


Tana di tasso

Volontari all'opera per l'arginatura di un fontanazzo durante una piena

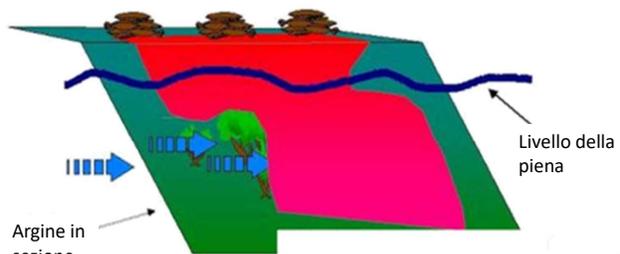


Blocco delle infiltrazioni



Infiltrazioni d'acqua e impermeabilizzazione dell'argine per mezzo della stesura di teli impermeabili

Il telo non aderente non permette l'isolamento dell'argine dalla massa d'acqua della piena



Preparazione di un telo anti infiltrazione con piena in corso



Cedimento dell'argine per sfiancamento dovuto alle infiltrazioni d'acqua e all'inzuppamento



Franco arginale

Margine di sicurezza della quota di sommità arginale, generalmente pari a mt 1,00, sopra la quota di massima piena di progetto.

Qualora le acque di piena superino tale valore, potrebbe non essere più garantita la stabilità dell'opera e quindi la zona retrostante (piano di campagna) risulta potenzialmente a rischio di allagamento a seguito del possibile cedimento della struttura. Al verificarsi di tale evenienza, vanno immediatamente adottati i provvedimenti di protezione civile atti alla salvaguardia della pubblica incolumità, tenendo anche conto delle indicazioni contenute nelle schede descrittive delle mappe di pericolosità contenute nel Piano Gestioni Rischio Alluvioni.

Livello di MASSIMA PIENA



Paletto per segnalare la massima piena raggiunta

Bolla d'acqua che si può formare ai piedi dell'argine dal lato campagna. Se rotta, si origina un fontanazzo



Cotica di erba che forma, con le radici, uno strato impermeabile che resiste alla pressione dell'acqua



Come appare una infiltrazione di acqua sotto la cotica di erba

Foto storiche
Arginatura di sormonto presso Piacenza – Piena del Po - 1951



Per rendere impermeabile l'arginatura di un sormonto con i sacchi si può utilizzare un telo impermeabile disposto come in figura. Questo permette di approntare un'arginatura frettolosa ma sufficientemente efficace.

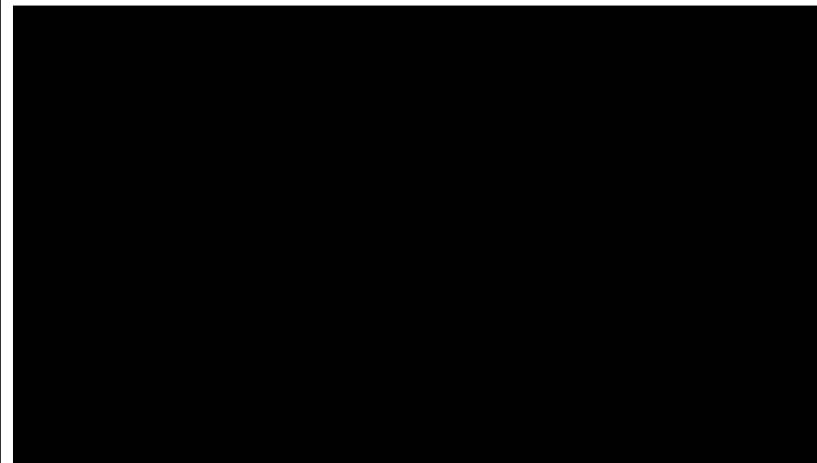


L'uso dei sacchi per contrastare il sormonto arginale durante una piena richiede uno sforzo ingente. E' possibile utilizzare tecniche alternative.



Arginatura di un sormonto con arginella di terra protetta da telo in plastica

Preparazione di un cordolo per bloccare un sormonto arginale (esercitazione)



Preparazione del cordolo per l'arginatura di un sormonto arginale



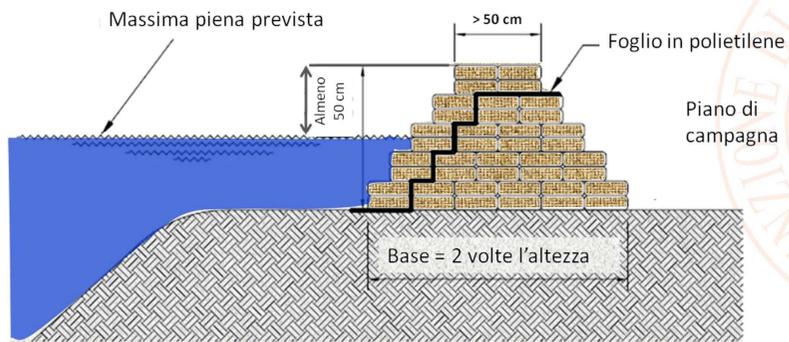
I mezzi meccanici pesanti possono provocare seri danni agli argini inzuppati d'acqua



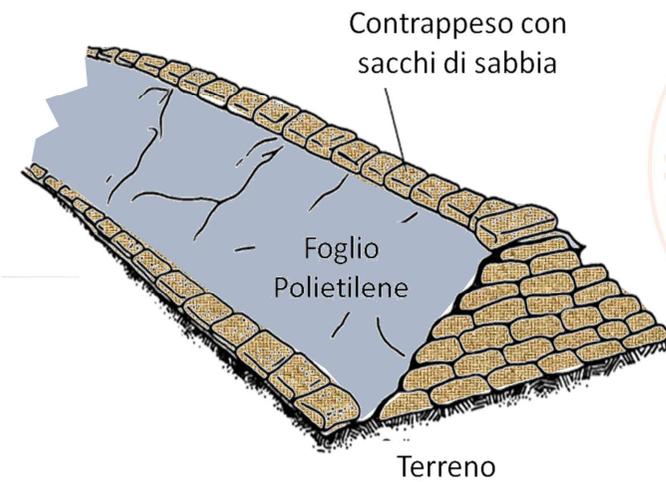
Metodo corretto per operare sugli argini. Non potendo fare diversamente, utilizzare mezzi leggeri (L'arginatura in terra senza protezione non è corretta)



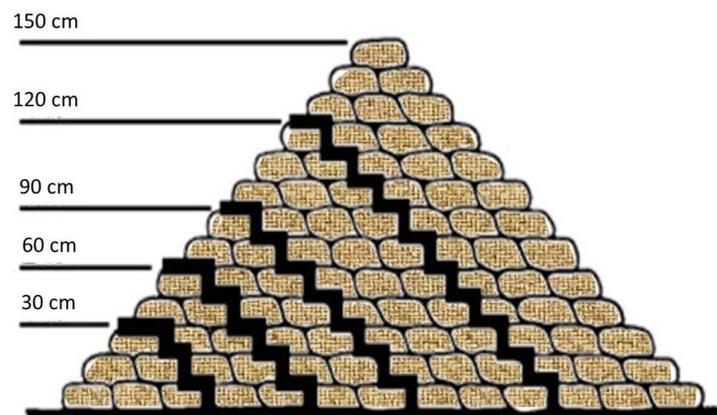
Tipica diga con sacchi di sabbia



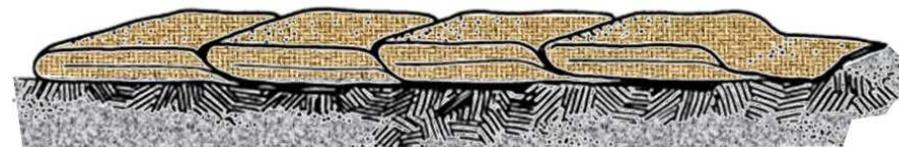
Impermeabilizzazione di una diga



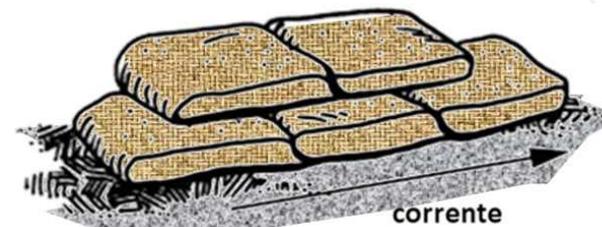
Le dimensioni di una diga fatta con sacchi di sabbia deve essere larga due volte l'altezza



Sovrapposizione dei sacchi di sabbia



Sovrapporre i sacchi di sabbia parallelamente alla corrente



Il servizio di piena viene attivato al superamento del segnale di guardia agli idrometri regolatori di riferimento sui corsi d'acqua dove viene espletato il servizio di piena e sulla base di condizioni meteo avverse con valori idrometrici in incremento agli idrometri di monte. All'attivazione, viene disposta la chiusura delle paratoie esistenti lungo il sistema arginale e ha inizio il monitoraggio delle arginature stesse.

Il personale AIPo preposto, coadiuvato eventualmente da squadre della protezione civile o altro personale esterno (operai di imprese già operanti per AIPo in forza di un contratto con obbligo di attivazione di vigilanza), percorrerà il sistema arginale, con la frequenza che l'evento richiede, al fine di verificare lo stato delle arginature stesse e segnalare immediatamente i fenomeni che potrebbero verificarsi lungo le strutture stesse (fenomeni di erosione, sifonamento, sormonto ecc.) per intervenire nell'immediato a contrastare i dissesti di seguito descritti, provvedendo alla esecuzione dei lavori e/o forniture necessarie all'occorrenza.

Controllo degli argini - Suddivisione in sezioni



Le squadre addette al controllo degli argini, devono lavorare in sicurezza e fare rapporto al termine di ogni uscita. Se necessario, devono chiamare la sala operativa via radio.

Foglio di controllo degli argini durante la piena (data.....)			
Settore	Resp. Squadra	Orario	Segnalazioni
A, B, C	Giovanni C.	14.30-16.30	1.- la corrente ha trascinato via una fila di alberi. Potrebbe essere in corso un fenomeno di erosione nella zona B in località (ore 15.10) 2.- Fenomeni di lieve ruscellamento in zona A di fronte alla cascinaChiesto controllo tecnico (ore 16.00)
D, E, F	Paolo V.	14.30-16.30	Nulla da segnalare
.....

Per motivi di sicurezza, gli orari assegnati ad ogni squadra devono essere assolutamente rispettati. Se una squadra non dovesse rientrare all'ora prevista, è necessario rintracciarla immediatamente.

Gruppo per il controllo degli argini (Giorno 17/10/2000)			
Ora uscita	Componenti gruppo	Tratto di argine da controllare	Ora rientro previsto
19.30	Rossi, Verdi, Brambilla	Settore A, B, C – mezzo proprio – radio + cellulare n.....	21.30
21.30	Badini, Pasquali, Bertotto	Settore D, E, F – Pulmino del comune – solo cellulare n.....	23.30
.....



Grazie per l'attenzione