

# L'assetto idraulico del Po Prospettive e scenari futuri

LUIGI DA DEPPO

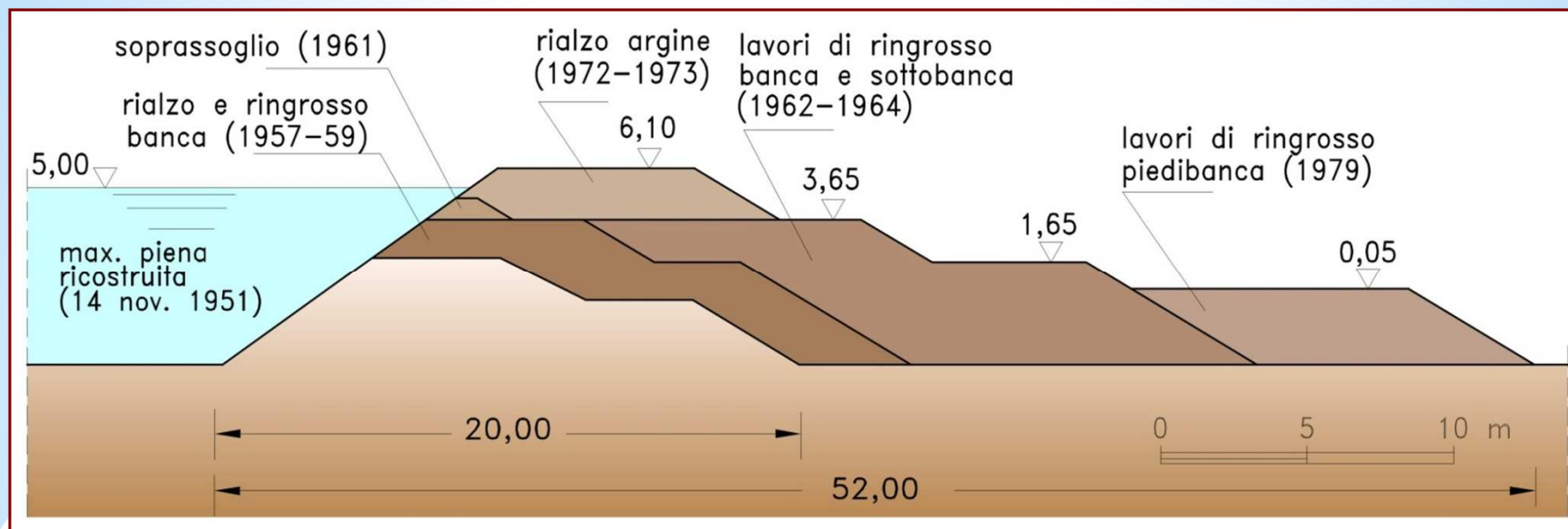
Facoltà di Ingegneria - Università di Padova

*In occasione del 60° anniversario dell'alluvione del Polesine del 1951*

## Entità del lavoro compiuto dagli uffici del Genio Civile durante lo svolgimento della piena del 1951

Uffici	Lunghezza argini maestri del Po interessati (km)	Provvedimenti ed interventi					Teloni posti in opera n.
		Rialzi arginali con soprassogli (m)	Fontanazzi circondati - n.	Ripresa di frane (m)	Chiaviche rinforzate n.	Sacchi con terra impiegati - n.	
Milano	49	4.000	188	-	-	62.000	-
Pavia	76	550	125	35	2	85.000	50
Piacenza	70	850	490	-	-	90.000	-
Cremona	47	16.000	40	150	-	135.000	50
Parma	46	20.500	50	-	8	115.000	72
Reggio E.	25	7.000	51	1.250	-	130.000	20
Mantova	165	151.500	227	1.100	2	650.000	40
Ferrara	105	30.000	9	-	-	90.000	-
Rovigo	238	39.000	68	1.190	-	400.000	-
	821	269.400	1.248	3.725	12	1.757.000	232

## Rialzi e ringrossi dell'argine di Po nel Delta dopo la piena del 1951



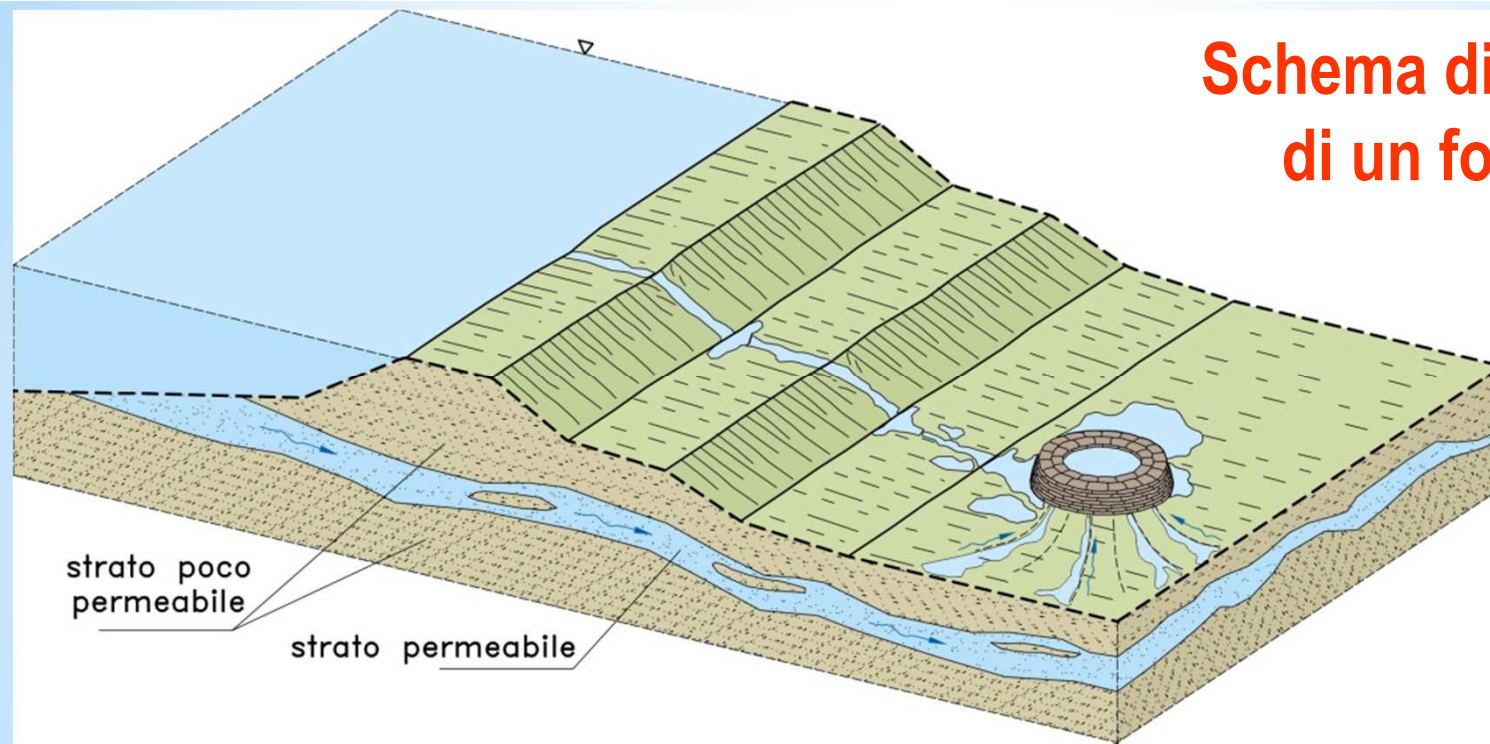
Nel basso corso del fiume Po, a causa dei terreni di fondazione, nuove arginature di 6÷9 m di altezza, hanno dato luogo a cedimenti dell'ordine di 1 m, con abbassamenti dell'ordine del 10 %.

Nel delta del fiume Po, dopo il 1950 e fino agli anni '60, l'estrazione dal sottosuolo di acqua e metano hanno dato luogo a fenomeni di subsidenza fino a 2 m che hanno portato anche all'annullamento del franco e all'aumento del pericolo di sifonamento per l'incremento del dislivello tra quote di piena e piano di campagna.

Dopo la piena del 1951 vi sono stati interventi su 400 km di argini, con impiego di 50 milioni di m<sup>3</sup> di terreno.

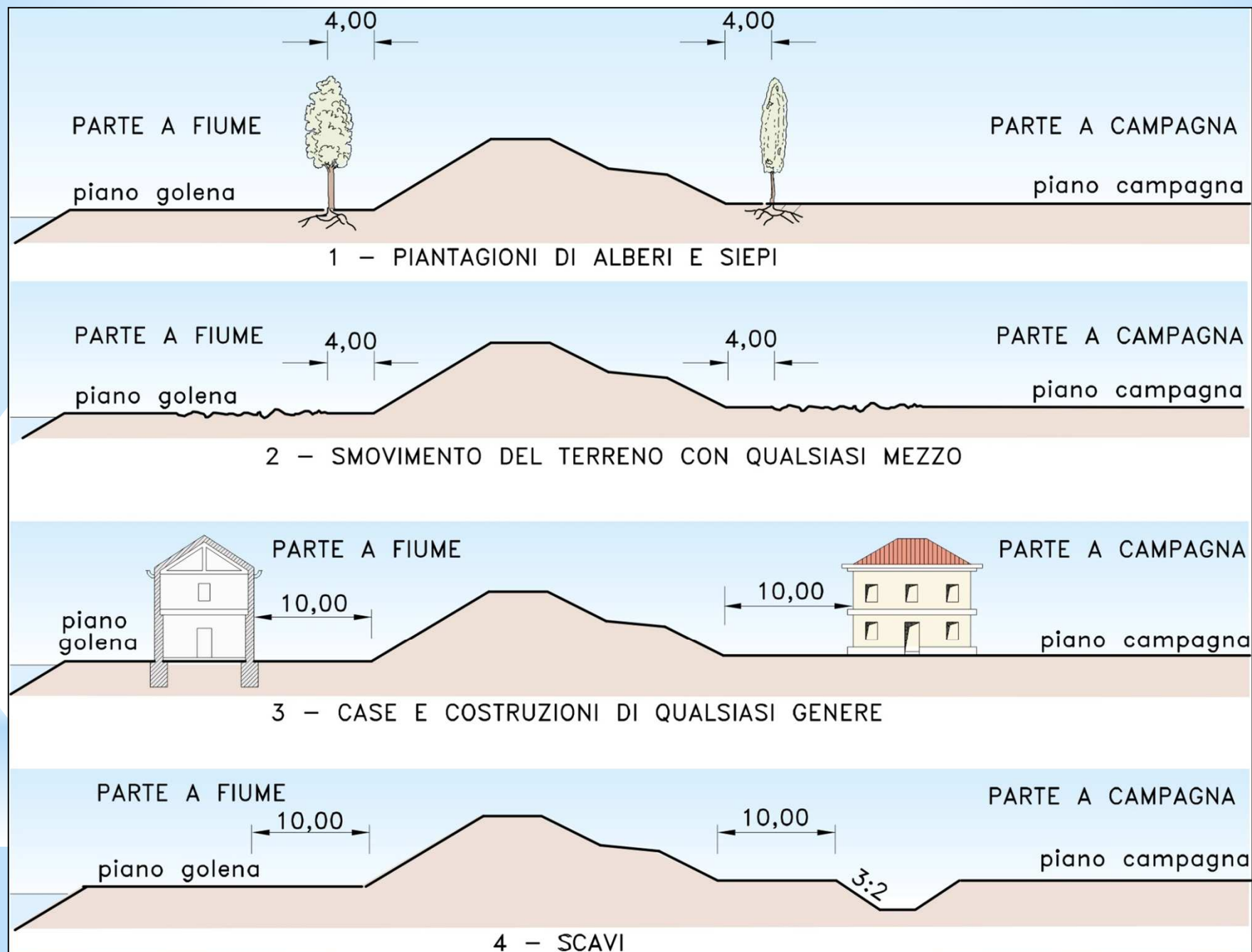


## Schema di formazione di un fontanazzo

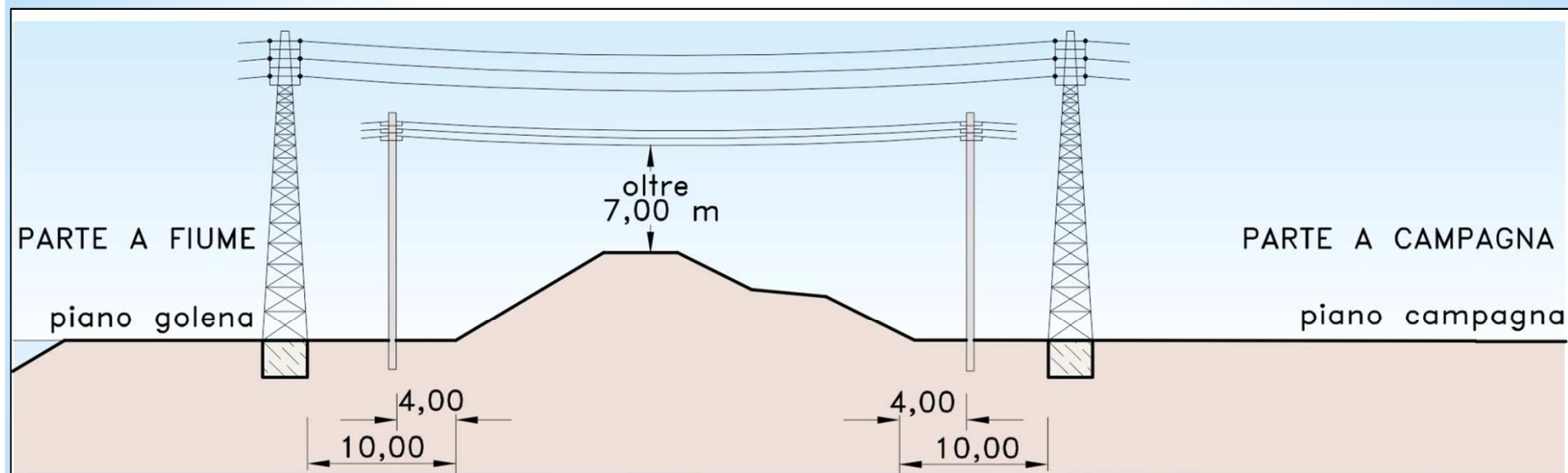


**Fontanazzo dell'argine  
destro dell'Oglio alla  
confluenza con il fiume Po  
(Cremona), ottobre 2000**

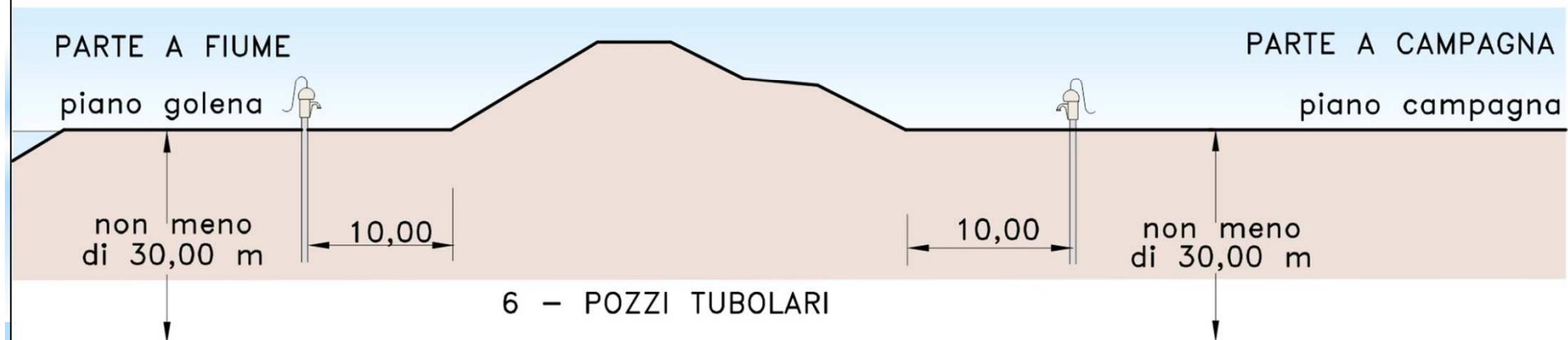
# Distanze minime dalle arginature (T.U. 25/07/1904)



# Distanze minime dalle arginature fluviali secondo il Testo Unico del 25 luglio 1904



5 – INFISSIONE DI PALI PER CONDUTTURE ELETTRICHE

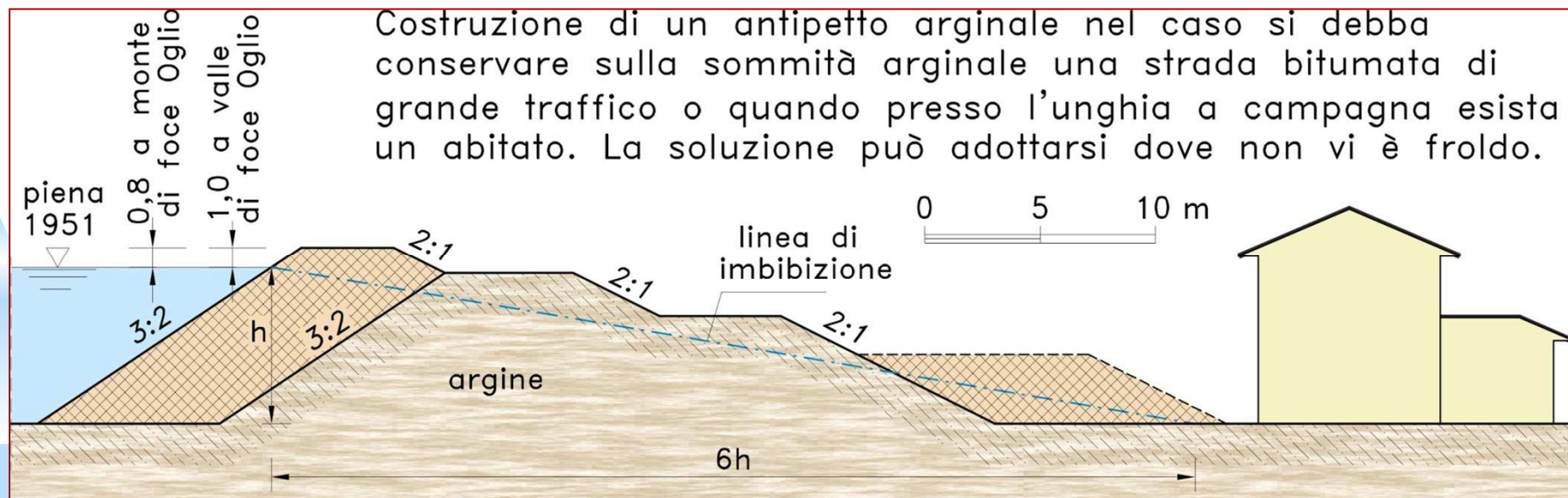
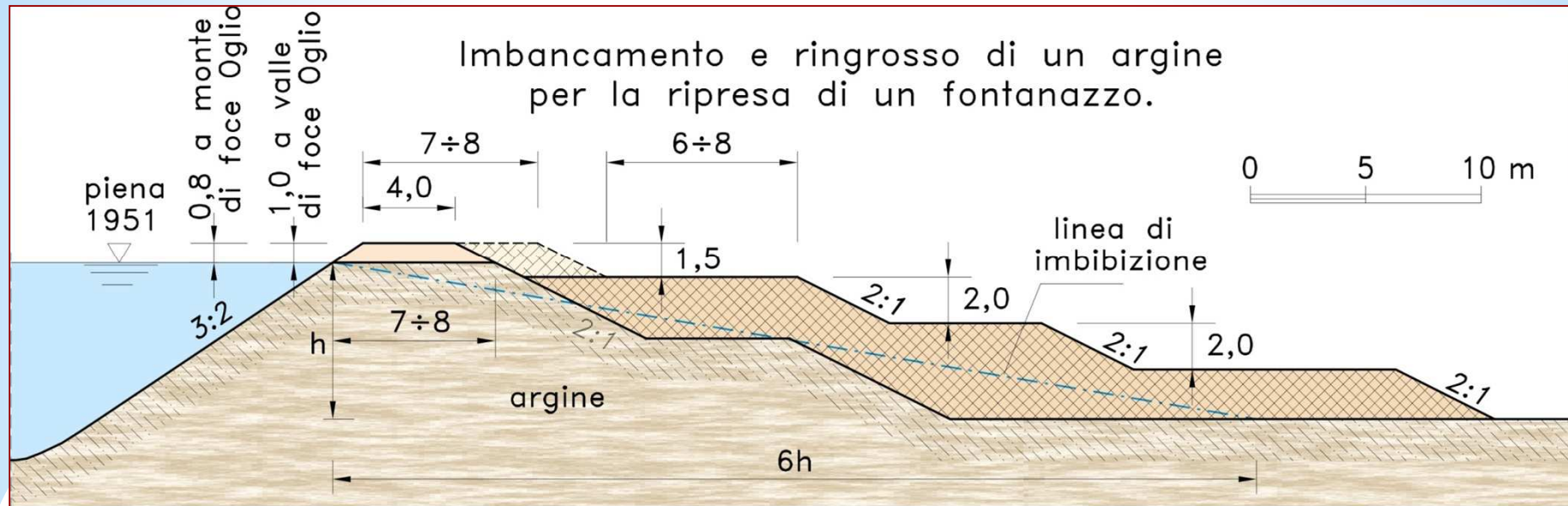


6 – POZZI TUBOLARI

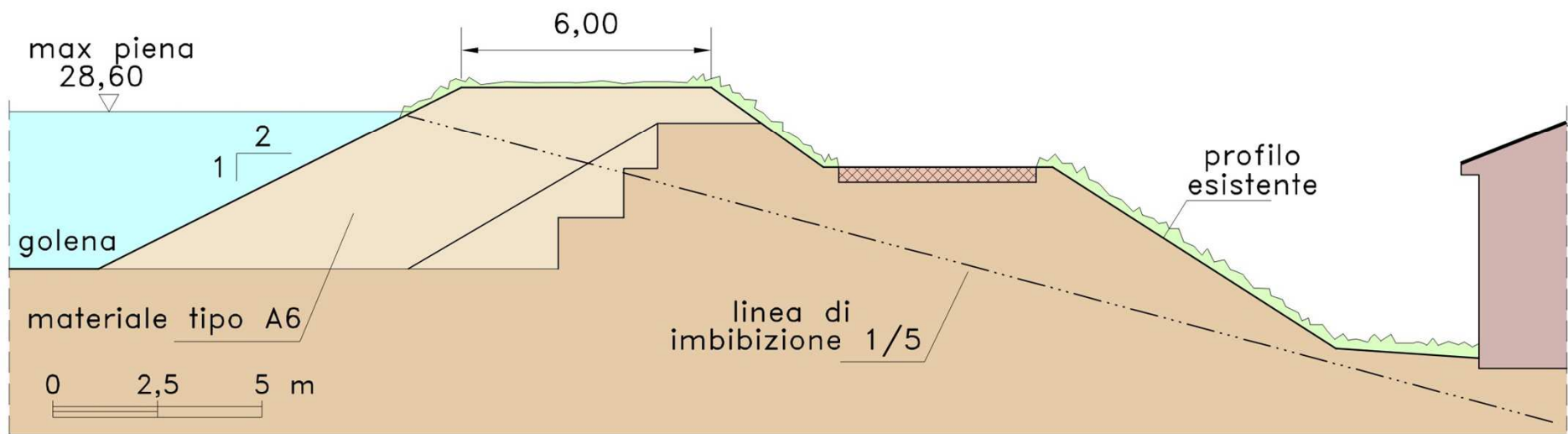
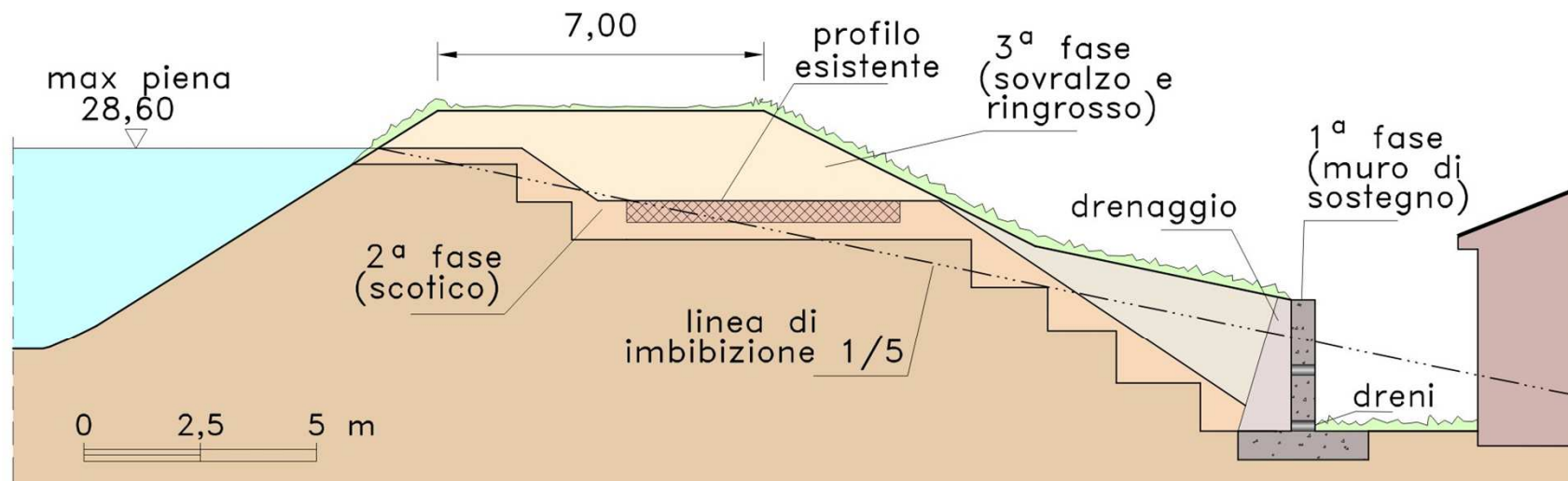
NOTA: Le distanze per i punti 5 e 6 sono state fissate in analogia ai disposti del T.U. (vedi n. 1 e 3)



# Rinforzo di un argine a fiume e a campagna



# Ringrosso e rialzo di argini in destra Po a Reggio Emilia (1999)





## Forme e distanze arginali per il Po e affluenti

Dopo la piena del Po del 1872 fu istituita una Commissione che redasse le **Norme generali per la sistemazione provvisoria e stabile degli argini del Po**. Le Norme prevedevano, oltre alla livellazione di tutte le arginature, la forma degli argini, con larghezza della corona e valore del franco differenziati da foce Oglio al mare.

Dopo la piena del 1951 il Circolo superiore d'ispezione del Po di Parma predispose le **Norme per le sistemazioni delle arginature del Po e affluenti**, norme che in parte riprendevano quelle del 1973 per quanto riguardano forma e dimensioni degli argini ma che, in aggiunta, recano disposizioni restrittive per la distanza degli edifici dagli argini.

## **Norme per le sistemazioni delle arginature del Po e affluenti**

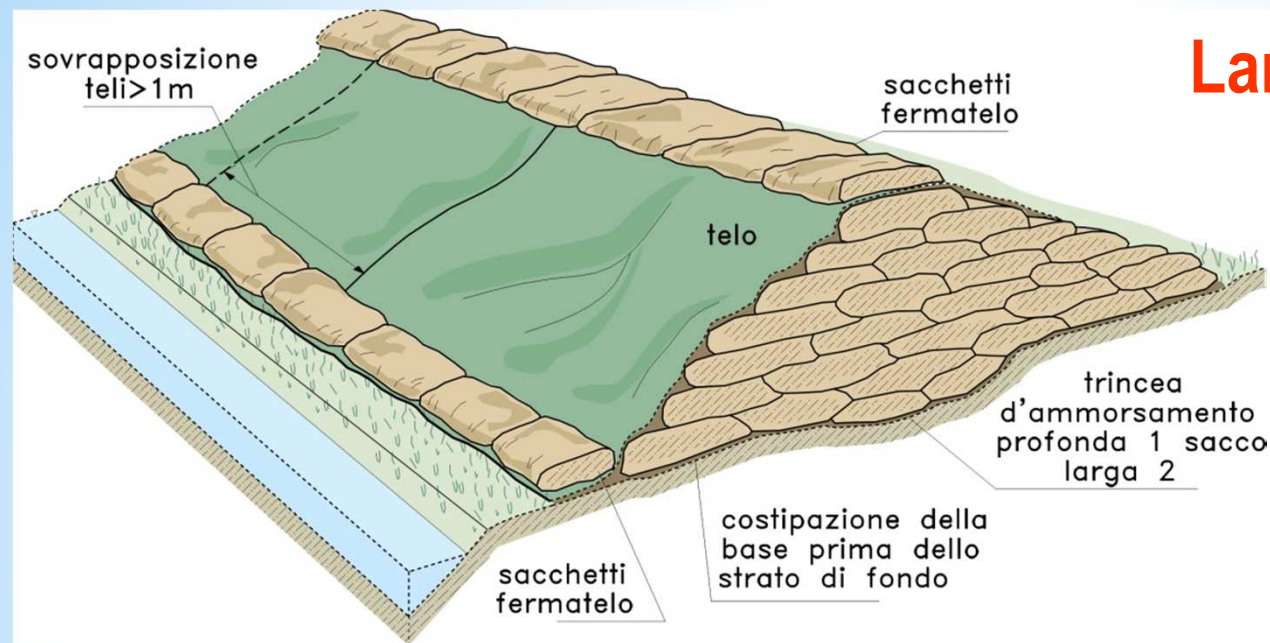
Per gli argini: La larghezza della sommità arginale dovrà risultare a monte dello sbocco di Ticino di m 5, ove esistono antiche ed ampie golene, dai m 6 ai 7 nei froldi, secondo l'importanza.

Dallo sbocco del Ticino a foce Oglio la larghezza non sarà inferiore a m 7 e da foce Oglio a S. Maria in Punta varierà da m 8 a m 9.

Per i tratti arginati a valle di S. Maria in Punta le larghezze verranno regolate a seconda delle dimensioni attuali.

Nei tratti fronteggianti ad importanti centri abitati, detta larghezza potrà essere portata a m 10 ed oltre secondo le condizioni locali.

Per gli edifici: Tenute presenti le vicende della piena massima del Novembre 1951 si è venuti nella determinazione di ammettere la conservazione in sede dei fabbricati che sorgono alla distanza di almeno m 30 dall'unghia arginale, e di provvedere alla demolizione di quelli che ricadono a minore distanza, mentre le nuove costruzioni potranno essere autorizzate solo a distanza di m 50.

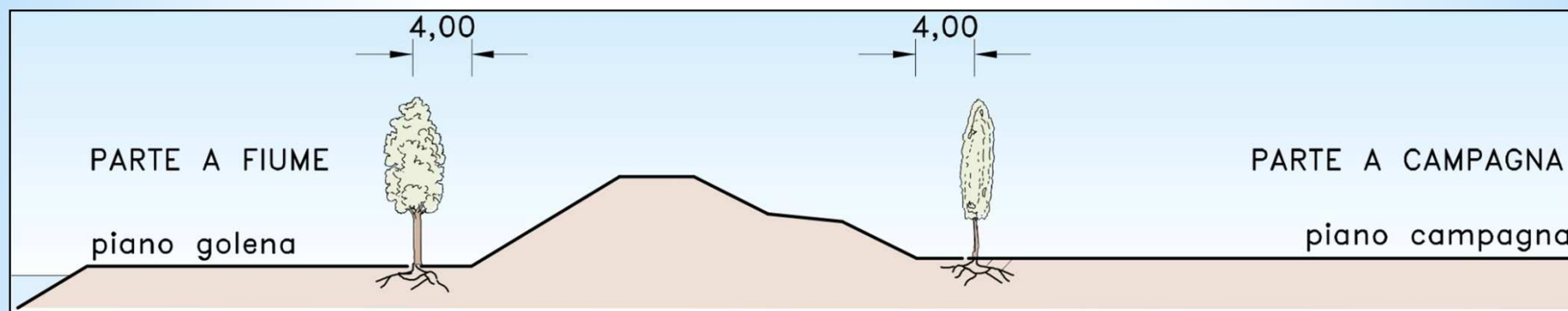


## Larghezza della corona arginale

Le antiche regole fissavano  $4 \div 5$  m, con l'avvertenza di realizzare piazzole di scambio e di inversione di marcia, per i mezzi allora utilizzati, a opportuna distanza. È dunque da raccomandarsi una corona che, per la parte transitabile con autocarri da 50 t, sia larga non meno di  $7 \div 8$  m, oltre agli elementi marginali. Infatti un arginello di sacchetti di sabbia, alto 1 m, occupa con la base circa 3,50 m di argine: la sua realizzazione su un argine consente dunque il transito di autocarri, a senso unico alternato, solo se la corona è larga non meno di 8,00 m. La corona non deve essere asfaltata per consentire di scavare il terreno necessario per riempire sacchetti di terra o la costruzione di arginelli.

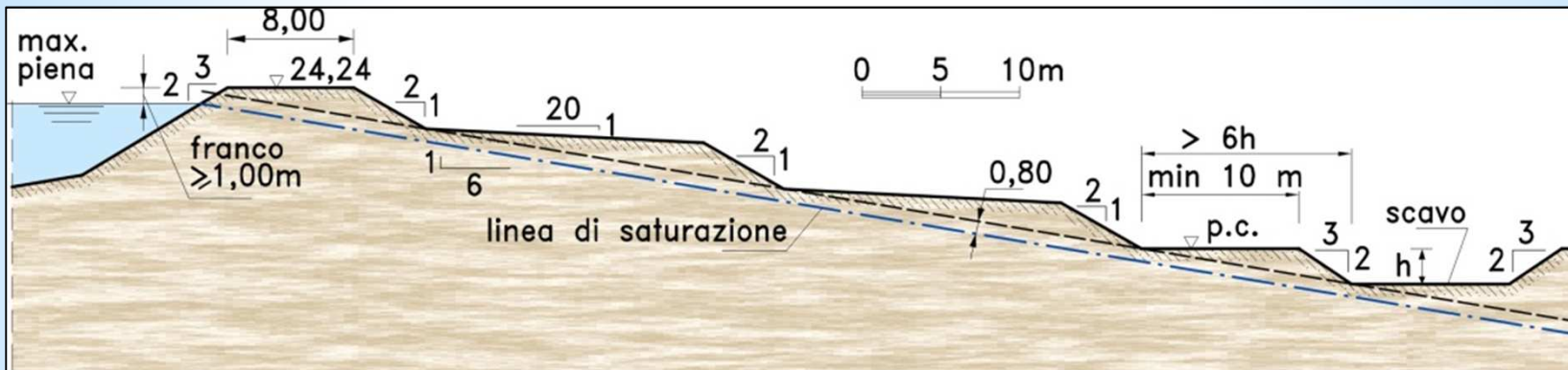


## Distanza degli alberi dal piede arginale



Le prescrizioni dell'Art. 96 del T.U. sulle distanze minime dal piede arginale di alberi (4 m) e di edifici (10 m), allora previste sia per il transito che per dare la possibilità di ringrossi arginali, vanno fatte rigorosamente rispettare per consentire, con la creazione di piste, agli automezzi, che trasportano i materiali per la ripresa di una rotta, di raggiungere con facilità il piede dell'argine. Si osserva tuttavia che la fascia di rispetto di 4 m, che allora consentiva l'incrocio di due carri trainati da animali, appare oggi del tutto insufficiente: la fascia, infatti, dovrebbe essere aumentata almeno a 7÷8 m per poter creare una pista che consenta l'incrocio di due autocarri.

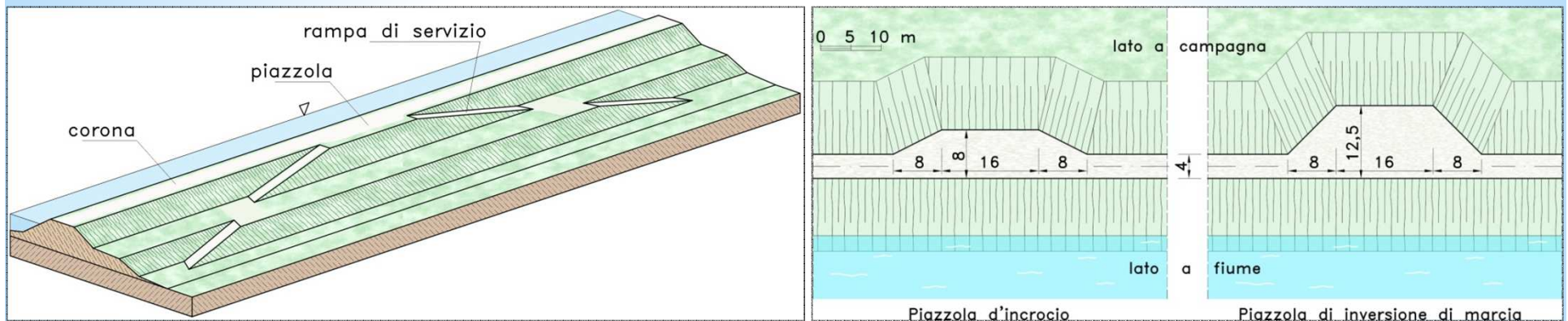
## Distanza di uno scavo dal piede arginale



La distanza minima di 10 m per gli scavi e gli edifici fu imposta dal T.U. in un'epoca in cui gli scavi riguardavano la creazione di fossi poco profondi e gli edifici non avevano, di regola, piani interrati. Le mutate condizioni, specie per una costruzione che preveda un piano interrato, richiede infatti un diverso approccio per garantire la sicurezza.

Un criterio per definire la distanza dal piede arginale alla quale possa essere praticato uno scavo di fondazione di profondità  $h$  potrebbe essere il seguente: tracciata la linea di saturazione (pendenza  $1/6$ ) a partire dalla quota di massima piena sul paramento a fiume (la linea attraversa il corpo arginale ed esce al suo piede), la distanza  $L$  dovrebbe essere non minore di  $L=6 h$ , collocando cioè il fondo dello scavo al di sopra del prolungamento della linea di saturazione, con un franco non inferiore a  $0,8$  m.

## Rampe di servizio e piazzole sugli argini



Per accedere dalla corona alle banche sottostanti fino alla golenia e al piano di campagna, per le operazioni di sfalcio e di manutenzione, sono predisposte, ogni 500÷750 m circa rampe di servizio, larghe almeno 3,5 m, con pendenza del 10%. Le rampe sono ottenute ringrossando il corpo arginale base. L'allargamento dell'argine in corrispondenza delle rampe forma, ogni 500÷750 m, una piazzola di scambio e, ogni 1000÷1500 m, una piazzola per l'inversione di marcia. Le piazzole risultano estremamente utili nel caso di impiego degli elicotteri durante le emergenze. Per questo uso la piazzola deve avere misure che consentano l'inserimento di un quadrato di dimensioni minime 15x15 m<sup>2</sup>. La piazzola non deve presentare ostacoli per un raggio di 50 m; inoltre per un raggio di almeno 300 m non devono essere presenti fili, linee elettriche, costruzioni ecc.



## IL PROBLEMA DELLE NUTRIE PER GLI ARGINI

Dopo gli anni '80 il problema della presenza delle nutrie nei corsi d'acqua è divenuto molto importante per la salvaguardia degli argini.

La nutria (*Myocastor coipus*) è un grosso roditore, lungo 40÷60 cm, più 30÷35 cm di coda. Ha le zampe posteriori palmate, ha massa di 5÷10 kg; è animale onnivoro che si ciba prevalentemente di vegetali e pesci; animale acquatico e terricolo, è stato importato dal Sud-America ed allevato come animale da pelliccia (il cosiddetto castorino). Fuggita dagli allevamenti negli anni '80, la nutria si è perfettamente ambientata in prossimità dei corsi d'acqua e dei laghi con fitta vegetazione.

Si riproduce in media due volte all'anno, con cucciolate che contano dai due ai nove piccoli, dopo un periodo di gestazione di circa centoventi giorni. Le tane, lunghe anche una quindicina di m, con più ingressi ed uscite, sono scavate lungo gli argini con l'ingresso posto sul pelo dell'acqua.



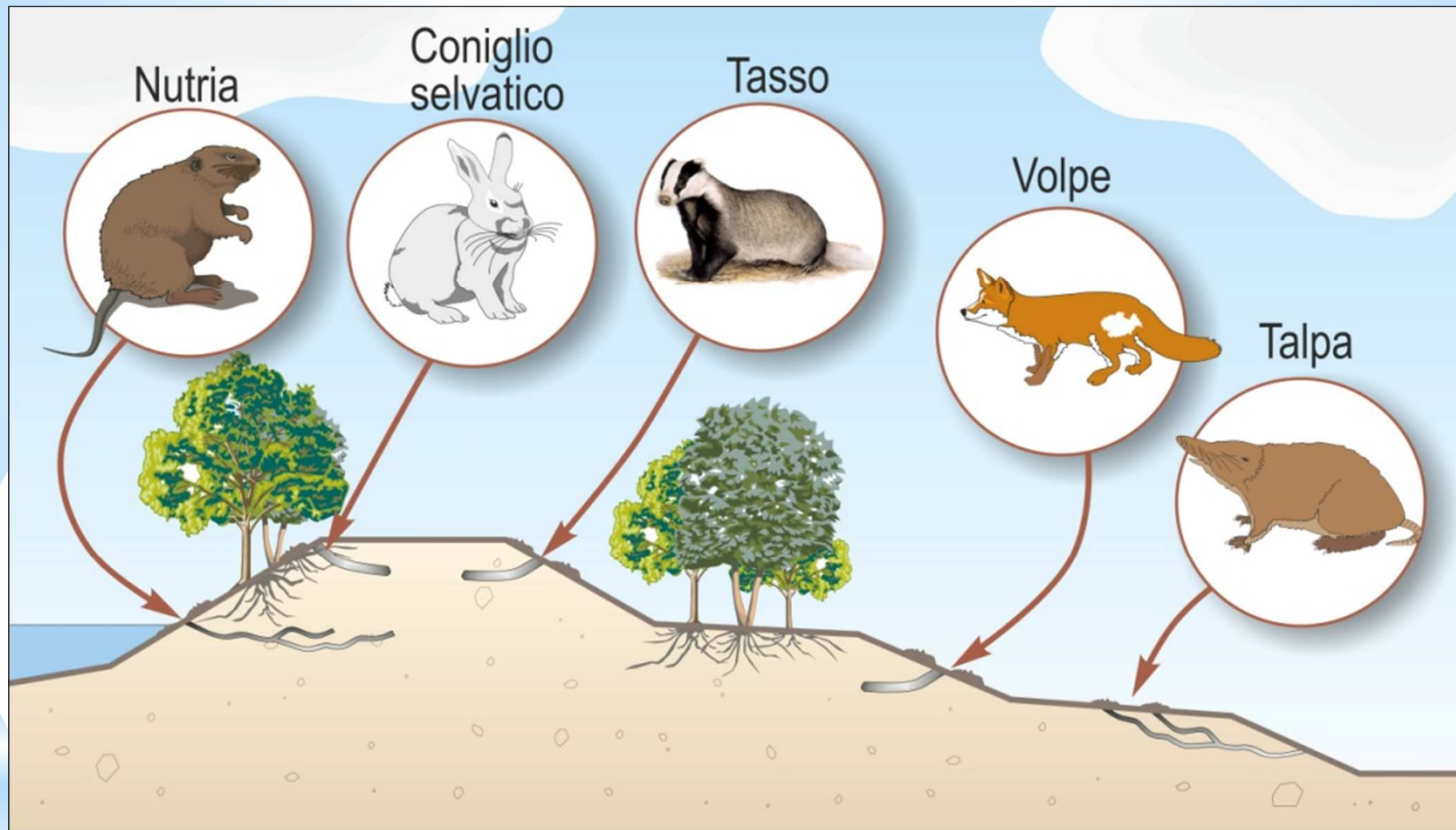


## **NUTRIE E TANE SU UN CORPO ARGINALE**





## FATTORI NEGATIVI PER LA SICUREZZA ARGINALE



Le cavità create da animali che scavano le tane e le radici marcite degli alberi costituiscono linee di flusso che favoriscono il sifonamento



## IL PROBLEMA DELLE NUTRIE PER GLI ARGINI

La difesa degli argini può ottenersi stendendo, dopo riprofilatura, sulla scarpata lato fiume una rete (meglio se di acciaio inox) con maglia 6X6 o 8x8 cm<sup>2</sup> ben ancorata in testa ed al piede. La rete è poi ricoperta con zollatura nella parte fuori acqua.

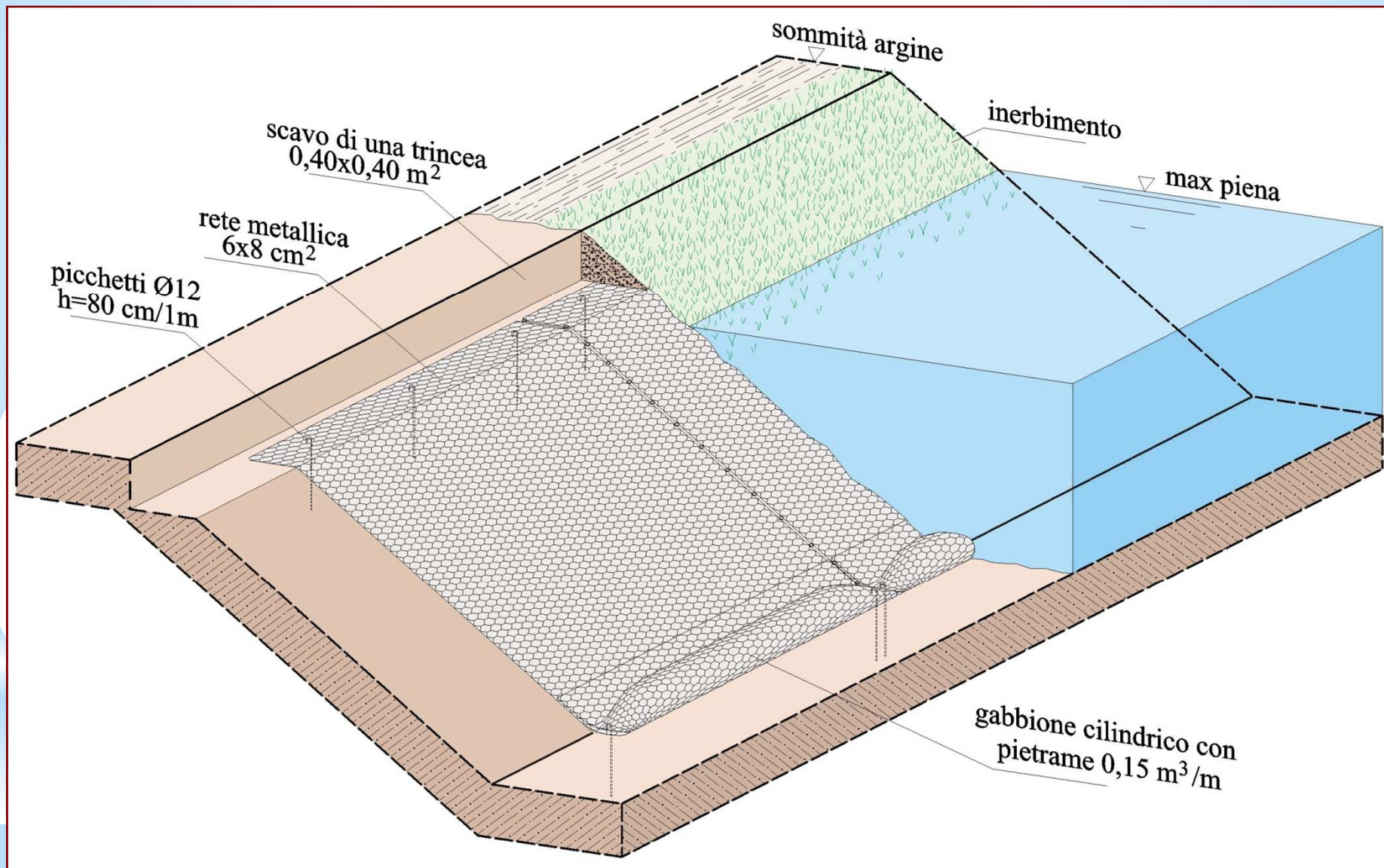
L'ancoraggio in testa avviene con la formazione di una trincea di sezione circa 40x40 cm<sup>2</sup> sul cui fondo la rete viene ancorata con un picchetto  $\phi$  12 mm/m e lungo 80 cm; la trincea è poi riempita con terreno di scavo.

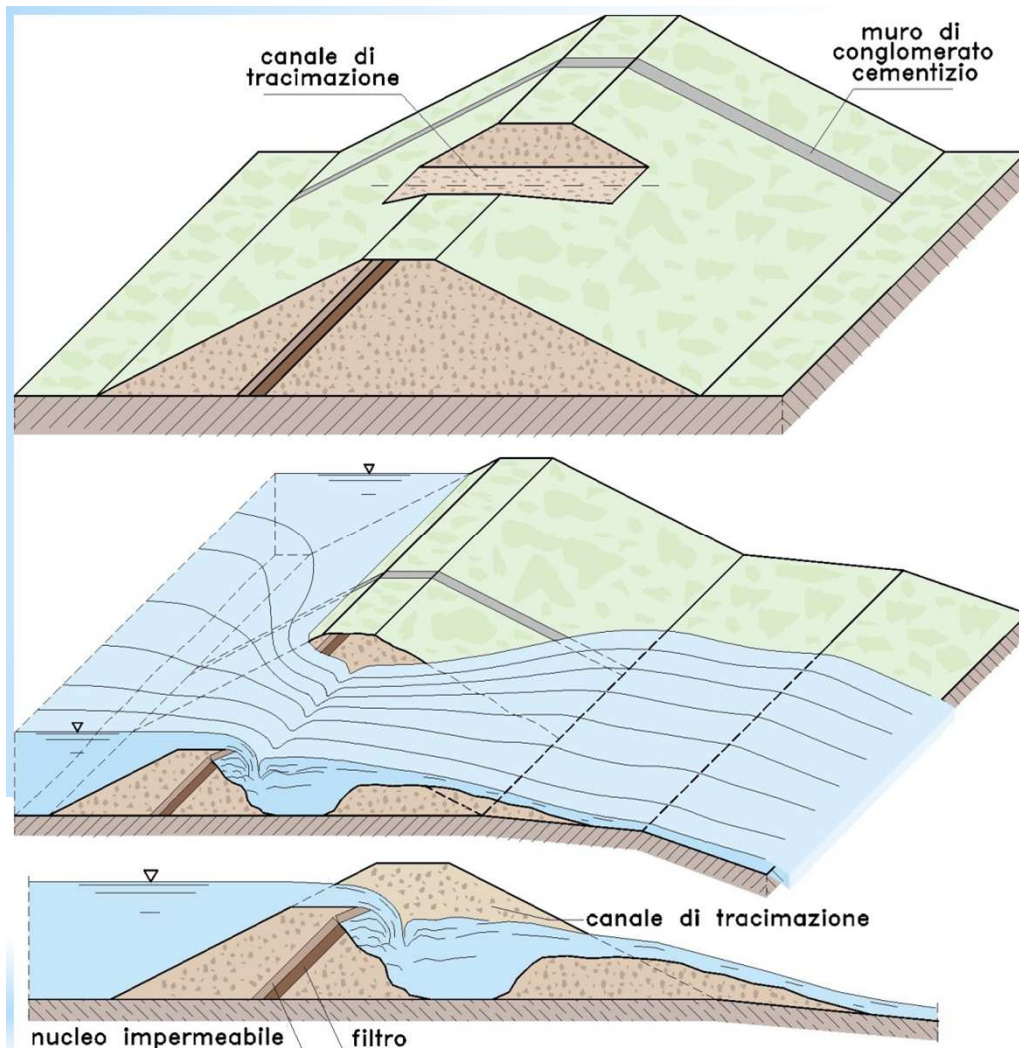
L'estremità inferiore la rete sarà risvoltata e cucita con filo di acciaio dopo aver inserito circa 0,15 m<sup>3</sup>/m (300 kg/m) di pietrame per realizzare un elemento di zavorra e protezione al piede.

Se la posa avviene in presenza d'acqua la zavorra viene realizzata prima della stesa, predisponendo uno scavo ove verrà a trovarsi poi l'elemento di zavorra.

Tutte le reti vanno sovrapposte per almeno 20 cm e cucite tra loro con un filo d'acciaio.

# RETI ANTI NUTRIE PER ARGINATURE





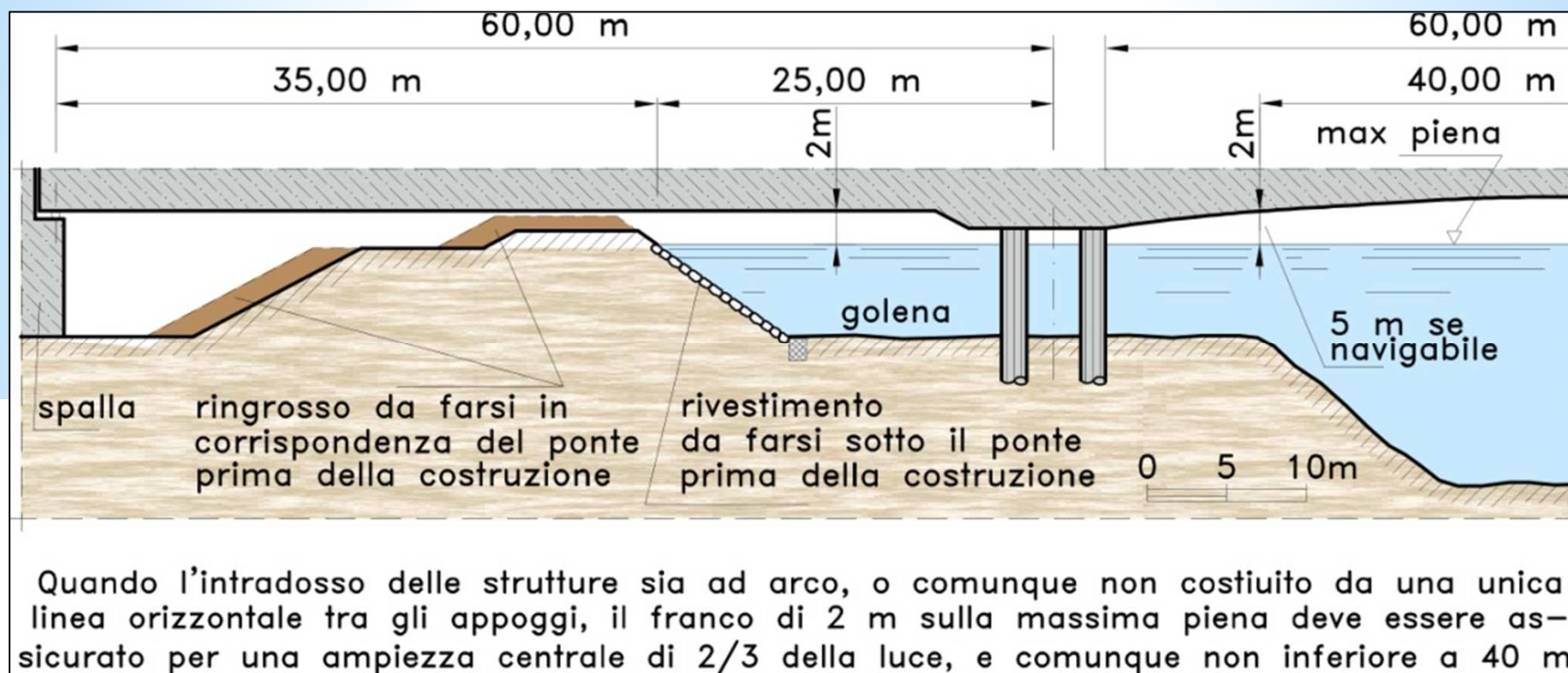
## Casse golenali per il Po

Il corso medio del fiume Po, tra Piacenza e Ostiglia (Mn), è caratterizzato da amplissime aree golenali, che possono invasare in piena un volume dell'ordine di 500 milioni di  $m^3$ : con un significativo contributo alla riduzione dei valori della portata al colmo. A Piacenza (circa  $42.000 \text{ km}^2$ ), infatti, e a Pontelagoscuro (Ferrara;  $70.091 \text{ km}^2$ ) i valori al colmo delle portate nelle grandi piene sono circa uguali.

Con il secondo piano SIMPO (1984) fu esaminato l'effetto di chiusura delle golene, chiusura che avrebbe comportato la riduzione del colmo a Pontelagoscuro tra 10 e 40 cm. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, nel 1987 concluse che erano necessari ulteriori studi e modelli fisici: non se n'è fatto più niente. Si osserva che qualche decimetro di abbattimento di quota a Pontelagoscuro avrebbe forse evitato il disastro del 1951.



## Prescrizioni per i ponti sul fiume Po (1967)



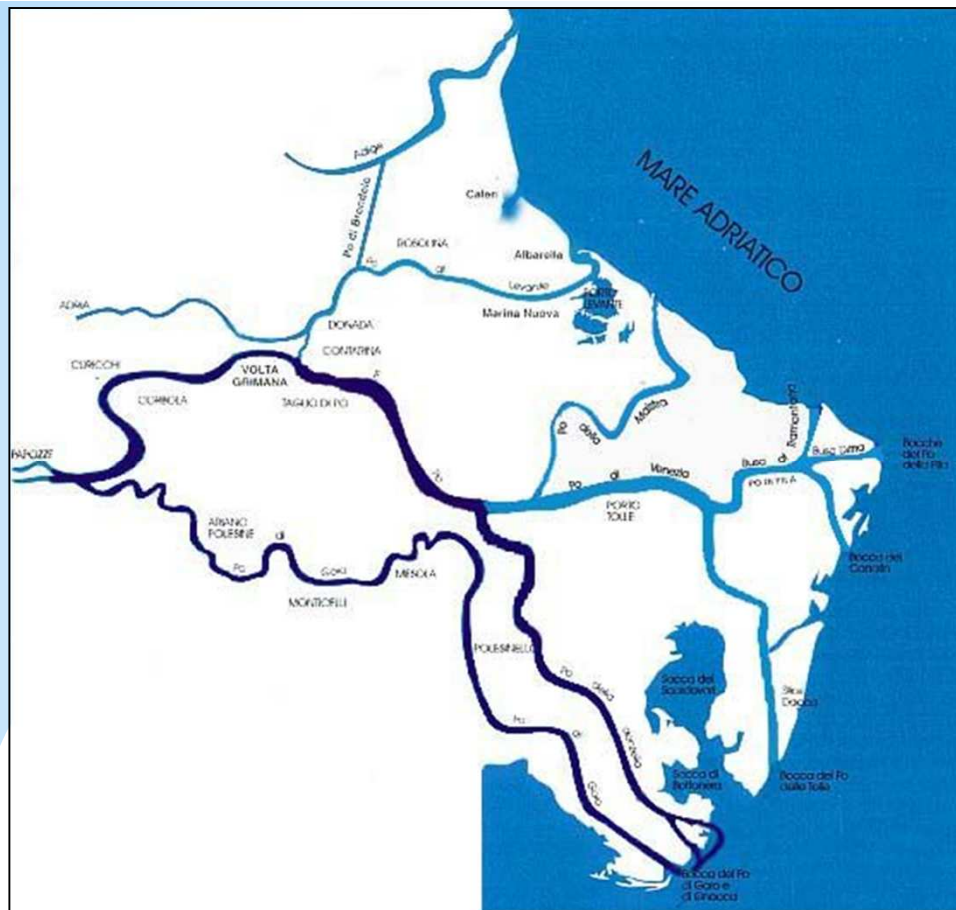
**NTC 2008:** Di norma il manufatto non dovrà interessare con spalle, pile e rilevati il corso d'acqua attivo e, se arginato, i corpi arginali. Qualora eccezionalmente fosse necessario realizzare pile in alveo, la luce minima tra pile contigue, misurata ortogonalmente al filone principale della corrente, non dovrà essere inferiore a 40 metri. Soluzioni con luci inferiori potranno essere autorizzate dall'Autorità competente, previo parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

## Ponte ferroviario sul Po a Pontelagoscuro



Durante la piena del 2000 il Po a Pontelagoscuro superò la quota di sottotrave del ponte ferroviario (quello stradale a monte era stato da poco sopraelevato); il traffico ferroviario fu sospeso per giorni. La protezione civile propose di far saltare il ponte. Fortunatamente l'indecisione prevalse, il Po si ritirò ed il ponte fu successivamente rialzato (contemporaneamente al raddoppio). Far saltare il ponte sarebbe stato il modo più costoso per garantire l'alluvione.





## Un intervento, non condivisibile, proposto per il Po di Goro

Ancora nel 2002, il Magistrato per il Po studiava la possibilità di limitare le portate che potevano defluire attraverso il Po di Goro, portate che in condizioni naturali erano circa il 10% (fino a  $1500 \text{ m}^3/\text{s}$ ) di quelle in arrivo da Pontelagoscuro. In alternativa era necessario sovralzare gli argini per consentire il deflusso naturale. Per fortuna la regolazione non è stata poi fatta, ma il solo fatto d'averci pensato merita severa censura.



# Il problema di Borgo Ticino a Pavia



## Piena del fiume Po del novembre 1951

La massima piena del Po del secolo scorso si verificò tra il 9 e il 15 novembre del 1951. Il valore delle portate al colmo a Pontelagoscuro - valore ricostruito - fu di circa 12.000 m<sup>3</sup>/s: evento caratterizzato da una frequenza probabile di circa 3 casi in 1000 anni. L'afflusso meteorico all'intero bacino, tradotto in altezza di precipitazione ragguagliata, fu di 236 mm in circa 6 giorni: circa 16,5 miliardi di m<sup>3</sup>. Due rotte imponenti si produssero in sinistra, a Occhiobello (Rovigo) e Paviole (Ferrara), nel pomeriggio del giorno 14 novembre, per tracimazione prima e crollo, poi, dell'argine maestro, fu allagato un estesissimo territorio coltivato: circa 113.000 ha.

Ci furono 88 vittime e migliaia di persone persero tutto.

I danni materiali ammontarono a 400 miliardi circa solo nel Polesine (equivalenti ad oltre 6 miliardi di € di oggi): 900 case distrutte e 300 case danneggiate in 38 comuni; 160 mila persone costrette a lasciare la propria terra; 300 ettari di terreno coperti da uno strato di sabbia alto 2 m; 60 km di argini danneggiati o distrutti, 52 i ponti crollati.

Danni al bestiame: 4500 bovini perduti, 150 equini dispersi, 7800 suini travolti dalle acque, 700 ovini e caprini morti, 1 milione di quintali di foraggio perduti.



**Piena del Po dell'11-15 novembre 1951 rotta di Occhiobello  
(Rovigo) 15 novembre 1951 ore 14**





## Piena del fiume Po del novembre 1951

Circondario idraulico	Importo lavori ultimati e in via di ultimazione	Somma assegnata per legge in 17 miliardi per lavori in via d'appalto	Ulteriori fabbisogni per il completamento delle sistemazioni arginali
Parma	590 (9,14)	450 (6,97)	1.500 (23,24)
Pavia	420 (6,51)	500 (7,75)	400 (6,20)
Cremona	1.100 (17,04)	715 (11,08)	500 (7,75)
Piacenza	442 (6,85)	450 (6,97)	600 (9,30)
Reggio Emilia	1.150 (17,82)	400 (6,20)	700 (10,85)
Modena	538 (8,34)	500 (7,75)	650 (10,07)
Mantova	1.220 (18,90)	1.500 (23,24)	5.000 (77,47)
Milano	700 (10,85)	485 (7,52)	650 (10,07)
Ferrara	1.700 (26,84)	500 (7,75)	2.000 (30,99)
Rovigo	5.740 (88,93)	1.200 (18,59)	8.000 (123,95)
Sommano	13.600 (210,72)	6.700 (103,81)	20.000 (309,88)

Importo dei lavori ultimati ed in via di ultimazione agli inizi degli anni '50 e importo dei lavori presumibilmente occorrenti per il completamento delle sistemazioni.

Causale delle spese	Province		
	Reggio Emilia	Parma	Rovigo
Riparazione delle rotte vere e proprie dei più gravi danni arginali	436.000.000 (6.755.256)	307.360.000 (4.762.146)	5.740.266.000 (88.937.999)
Riparazione di fabbricati privati, chiese, scuole, pozzi e strade	240.000.000 (3.718.490)	125.000.000 (1.936.713)	2.500.000.000 (38.734.267)
Sommano	676.000.000	432.360.000	8.240.266.000
	(10.437.746)	(6.698.859)	(127.672.266)
Totale complessivo	9.348.626.000		
	(144.844.871)		

Spese sostenute per la rimessa in pristino delle zone alluvionate nel 1951, ivi comprese quelle per la riparazione arginale.



*Ringrazio il sig.  
Gianluigi Bugno per i  
disegni e la grafica*