

Firenze, 6 Marzo 2014

***ATTIVITA' DI RICERCA PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO
NELLA REGIONE TOSCANA***

ATTIVITA' E1

Interazione vegetazione in alveo e corrente: studi sperimentali e indirizzi operativi

Gruppo di lavoro: Luca Solari (referente, UNIFI), Enio Paris (UNIFI),
Fabrizio Piccoli (UNIFI), Pina Nicoletta De Ciccio (UNIFI), Francesco Gabellini (RT)



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE
DICEA
DIPARTIMENTO
DI INGEGNERIA CIVILE
E AMBIENTALE



Premessa

Esperienza maturata con il Consorzio di Bonifica dell'Area Fiorentina

- 'Studio di metodologie integrate per le attività di manutenzione e gestione del reticolo idrografico e delle opere idrauliche di difese del territorio ricadenti nel comprensorio consortile' nel 2009.
- 'Studio finalizzato alla individuazione del perimetro di contribuenza dei bacini tributari del fiume Arno all'interno del comprensorio di Bonifica n. 16 alla luce dei criteri innovativi stabiliti dall'intesa stato-regioni del 18 settembre 2008', nel 2012.

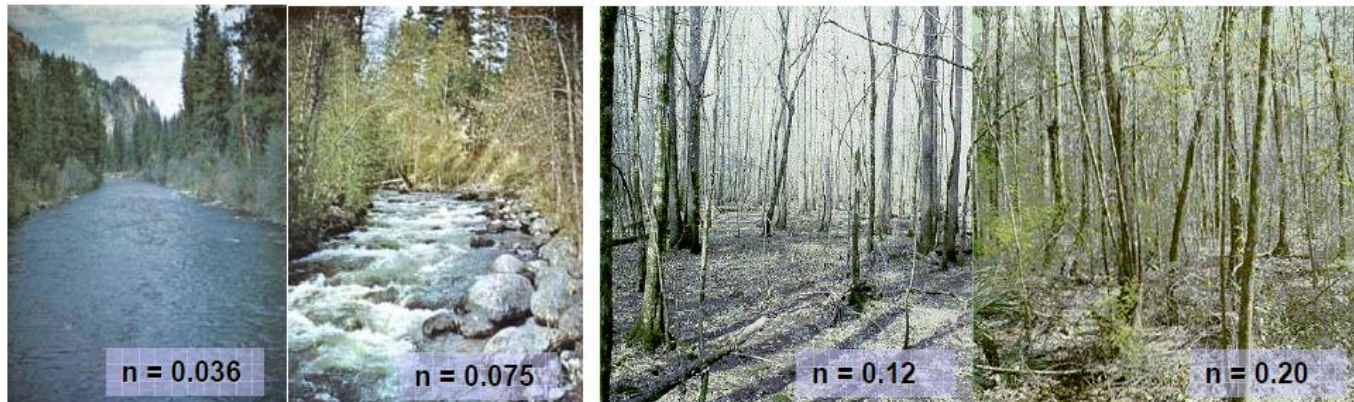
Si ringrazia la prof. Bruna Gumiero dell'Università di Bologna per il supporto agli aspetti ecologici

Obiettivo

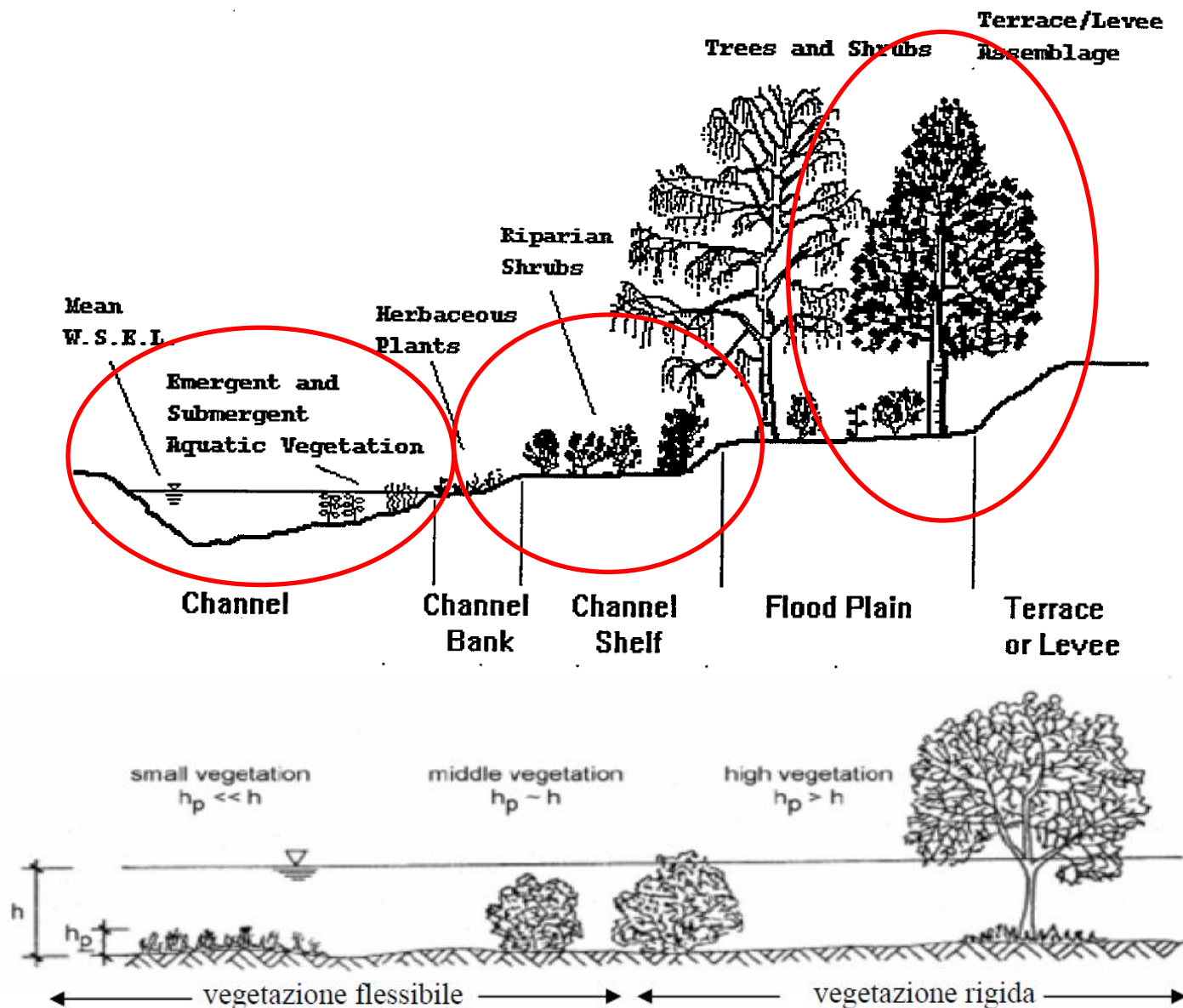
Elaborare delle metodologie di carattere operativo utili per la
manutenzione della vegetazione fluviale
da parte dei Consorzi di Bonifica

Le metodologie sono volte a stimare l'effetto della vegetazione
sull'officiosità idraulica dei corsi d'acqua con riferimento a

1. presenza di vegetazione in alveo e nelle zone riparie e conseguente
variazione della scabrezza e della resistenza al moto
2. all'ostruzione degli attraversamenti e delle sezioni a causa di
detriti arborei flottanti



Letteratura sulla resistenza al moto negli alvei vegetati



Modelli per vegetazione acquatica flessibile

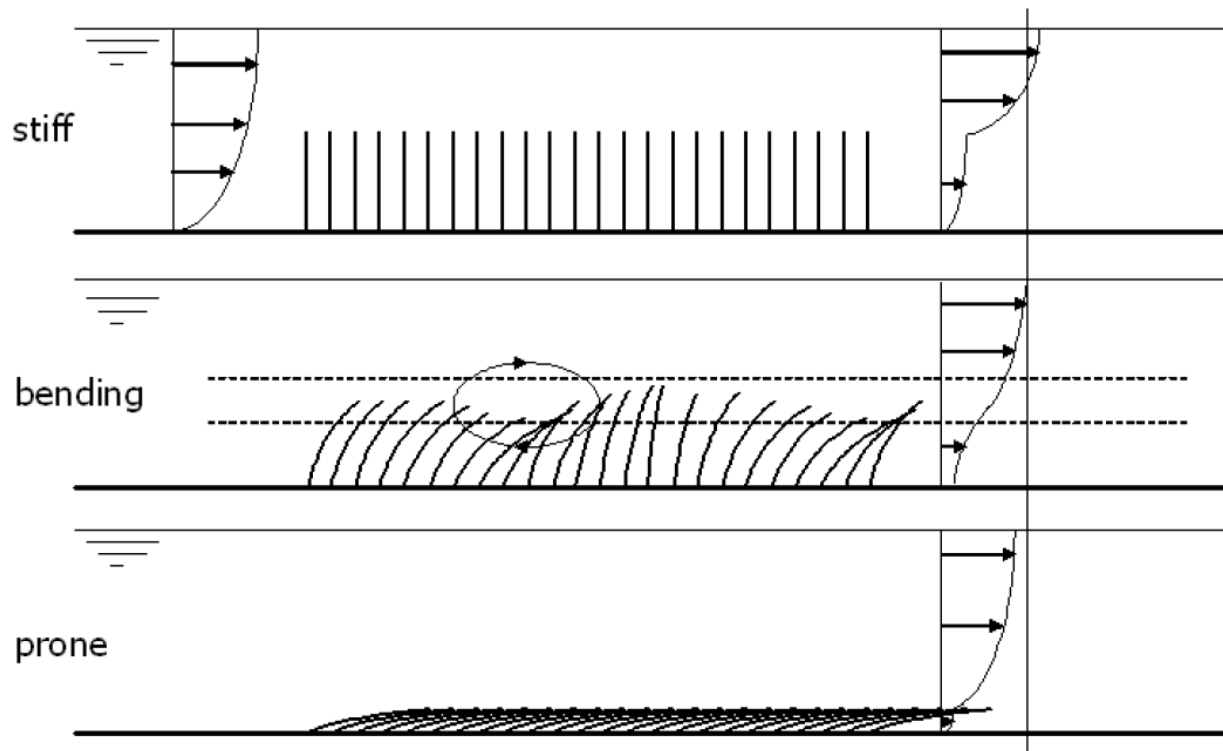


Figure 6: Configurations flexible vegetation (adapted from Dijkstra and Uittenbogaard, 2006)

Modello di Whitehad (1976) Gwinn & Ree (1980)

Retardance Curve USDA: Manning - VR

Modello di Luhar e Nepf (2012)

'Blockage factor'

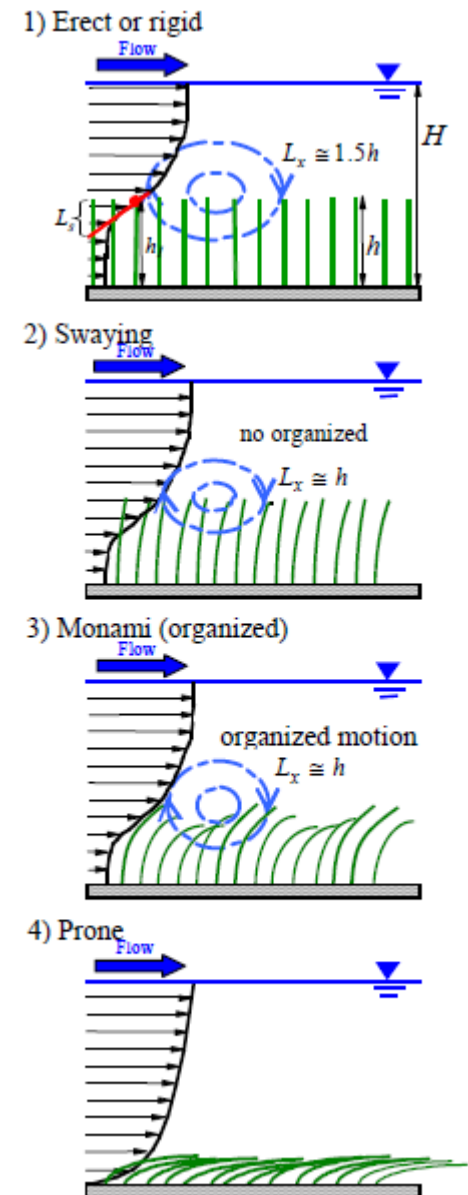
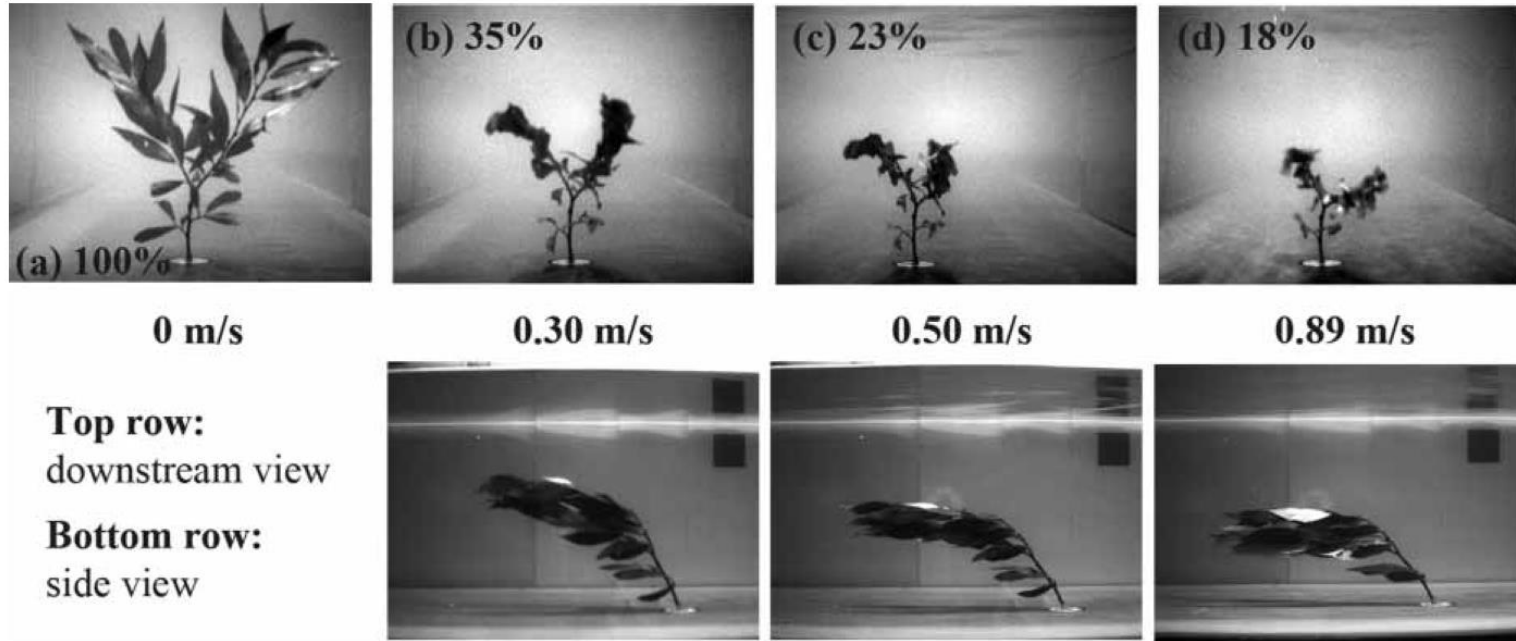
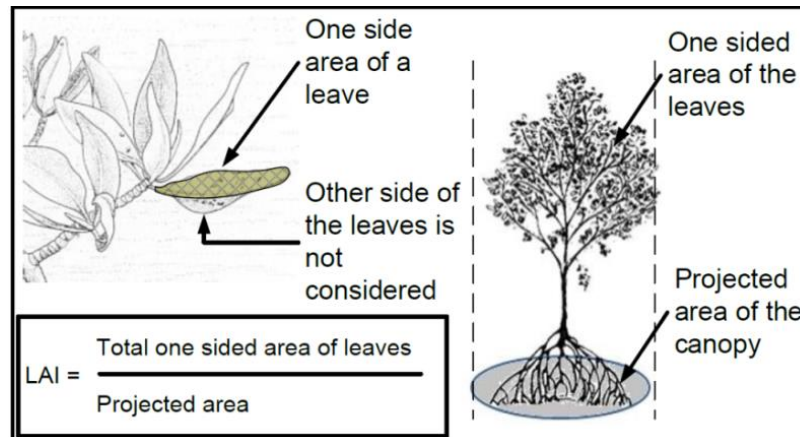


Figure 2 Flow patterns in dense flexible vegetation

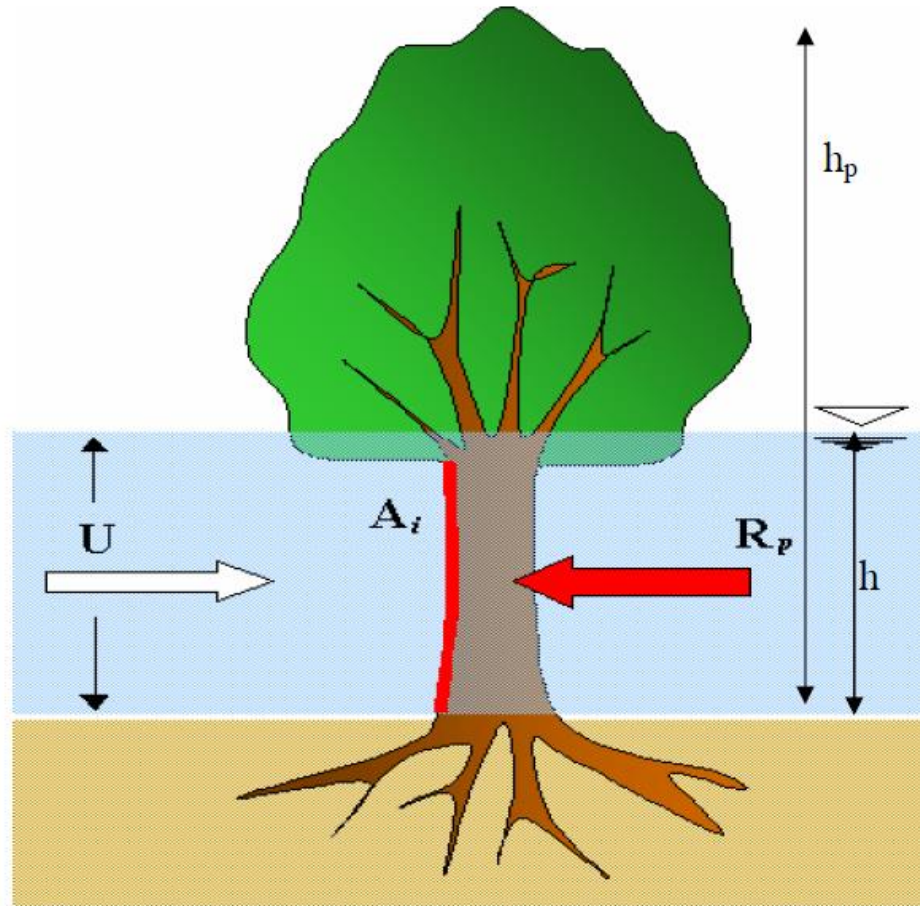
Modelli per vegetazione arbustiva flessibile



Modello di Jarvela (2004); Aberle e Jarvela (2013) – Influenza del fogliame tramite LAI



Modelli per vegetazione arborea rigida



Modello di Petryk and Bosmajian (1975)
Modello di Baptist (2007)

Manutenzione della vegetazione: aspetti idraulici

Metodologia: costruzione di abachi di riferimento per la valutazione del coefficiente di Manning in sezioni compatte e composte con diversi tipi di vegetazione lungo il perimetro bagnato ed effetti sulla scala di deflusso.

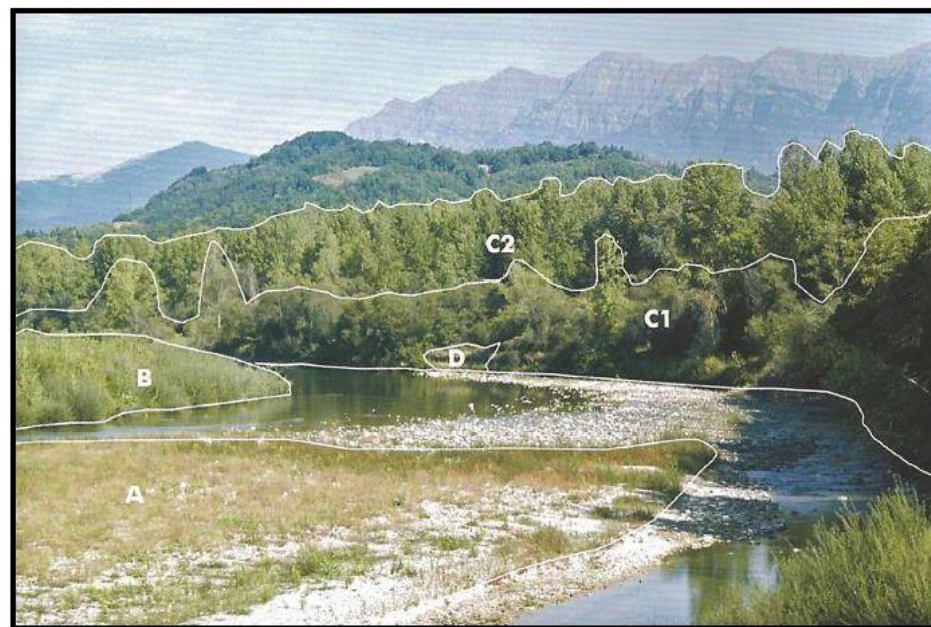
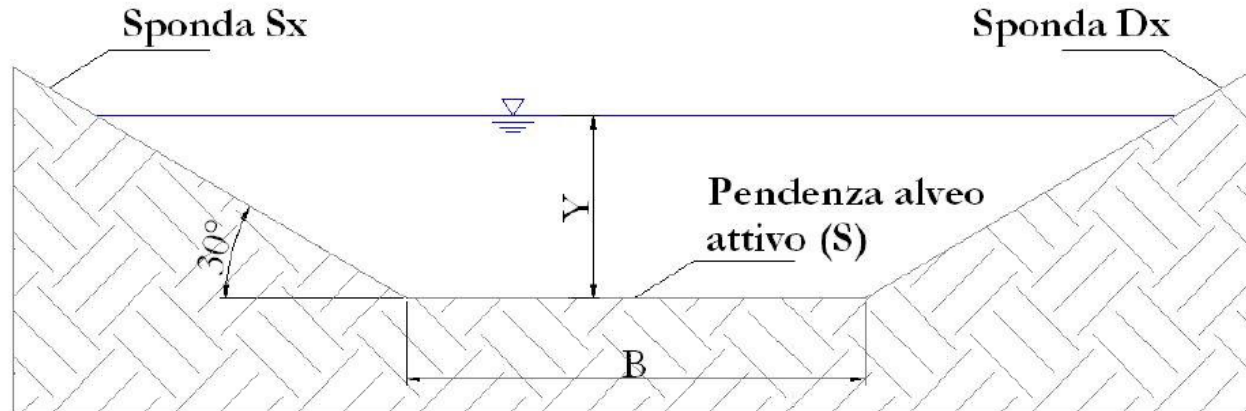
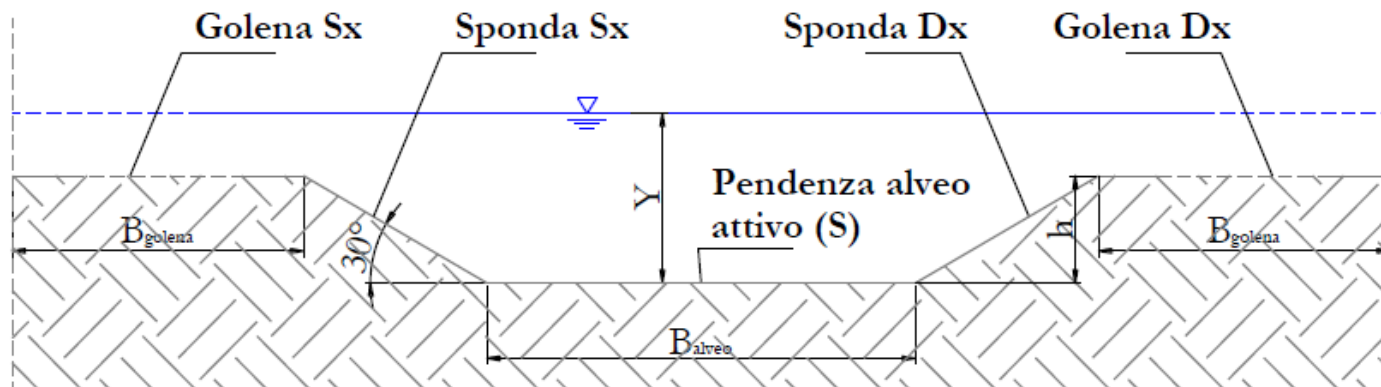


Figura 3.26 – Zonazione delle principali tipologie vegetazionali di ambiente fluviale. A: vegetazione erbacea; B: saliceti di greto; C1: saliceti di greto e di riva; C2: saliceti e pioppeti di riva; D: vegetazione erbacea palustre

Manutenzione della vegetazione: aspetti idraulici

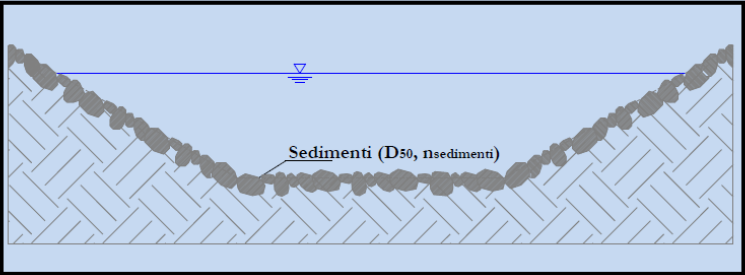
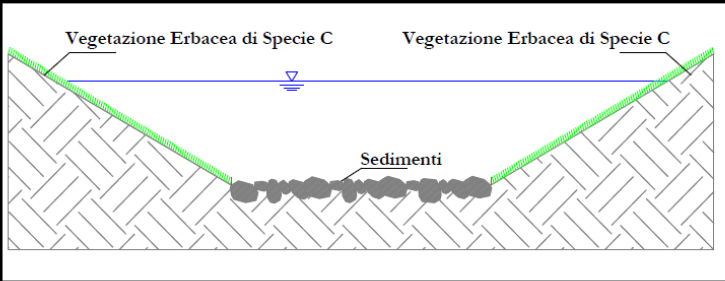
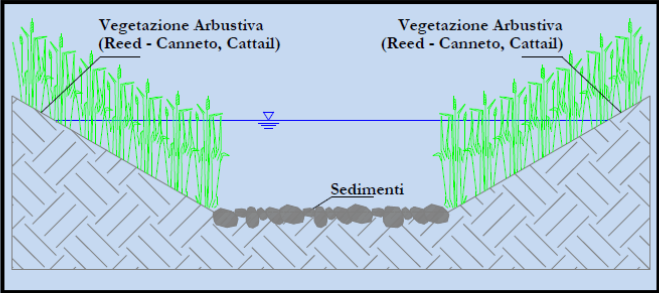
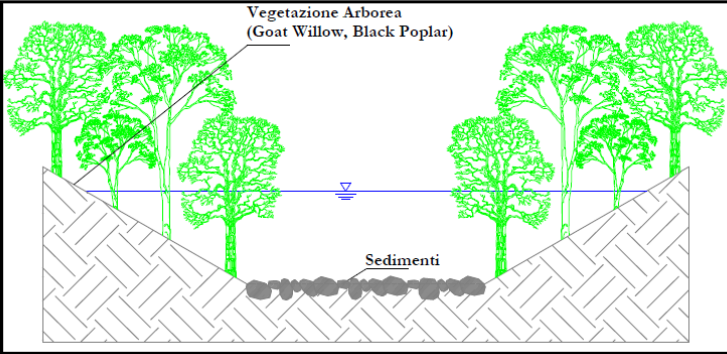


$$D_{\text{sedimenti}} = 0.05\text{m}; n_{\text{sedimenti}} = 0.03\text{m}^{-1/3}\text{s}; S = 0.125\%; Y = 2.5\text{m}$$

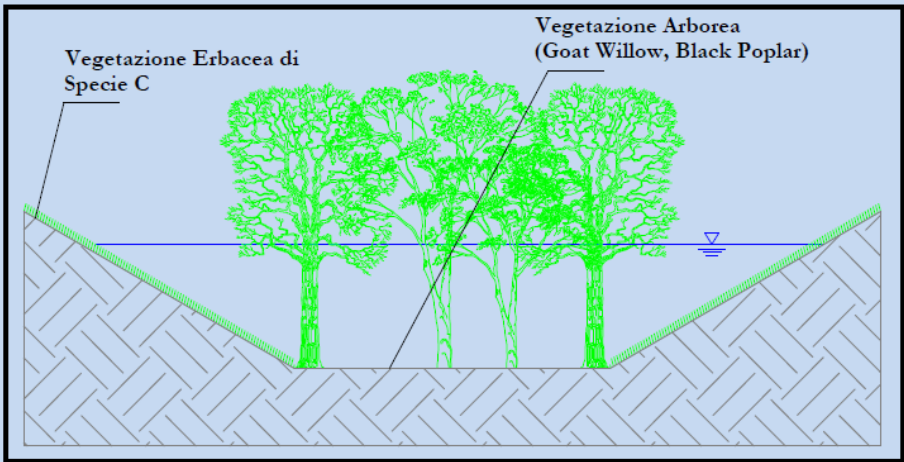


$$D_{\text{sedimenti}} = 0.05\text{m}; n_{\text{sedimenti}} = 0.03\text{m}^{-1/3}\text{s}; S = 0.125\%; h = 2.5\text{m}; Y = 5\text{m}; B_{\text{alveo}} = 10\text{ m}$$

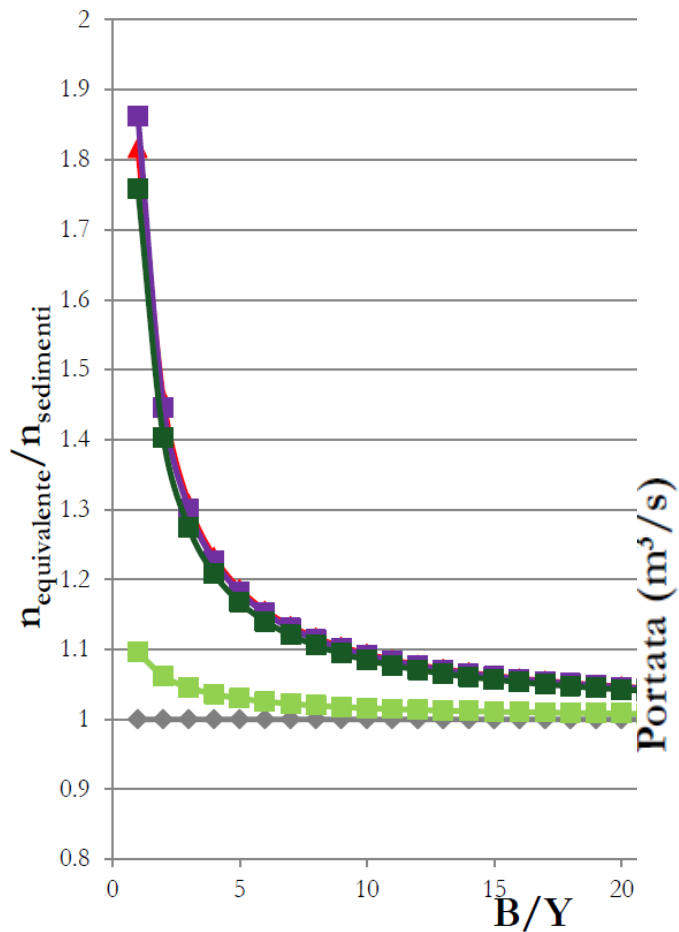
CASI DI STUDIO PER LA SEZIONE DI RIFERIMENTO TRAPEZIA PER IL CONFRONTO DELLE SCALE DI DEFUSSO

Casi	Alveo Inciso	Sponde	Schema sezione
Caso 0	Sedimenti	Sedimenti (formula di Strickler)	
Caso 1	Sedimenti	Vegetazione erbacea di specie intermedia C (modello Whitehead)	
Caso 2	Sedimenti	Vegetazione arbustiva canneto (reed – cattail) (modello Baptist)	
Caso 3	Sedimenti	Vegetazione arborea goat willows (modello Järvelä, LAI=3.2)	
Caso 4	Sedimenti	Vegetazione arborea black poplar (modello Järvelä, LAI=3)	

CASI DI STUDIO PER LA SEZIONE DI RIFERIMENTO TRAPEZIA PER IL CONFRONTO DELLE SCALE DI DEFLUSSO

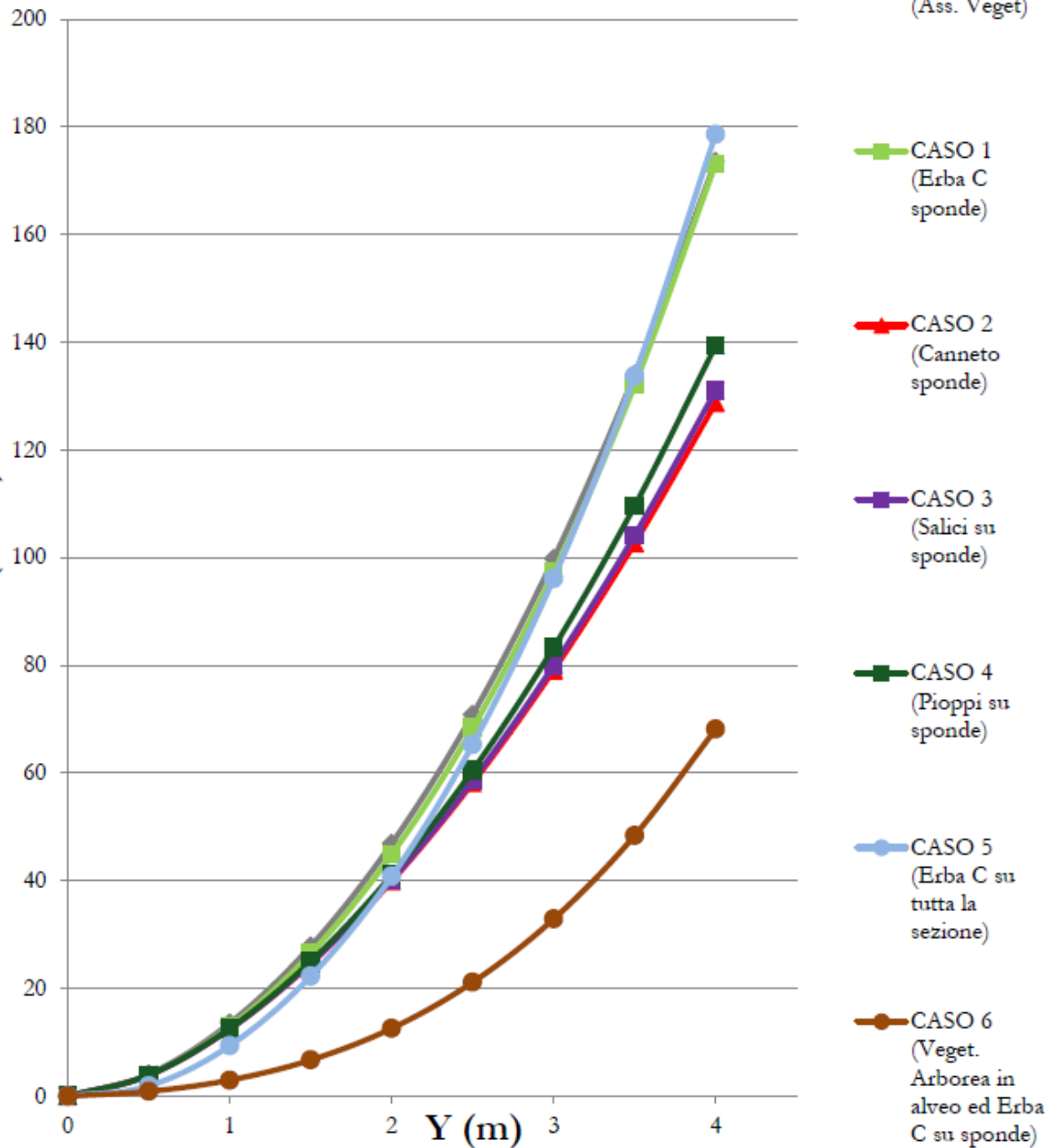
Casi	Alveo Inciso	Sponde	Schema sezione
Caso 5	Vegetazione erbacea di specie intermedia C (Whitehead)	Vegetazione erbacea di specie intermedia C (modello Whitehead)	
Caso 6	Vegetazione arborea (Softwood Forest) (modello Baptist)	Vegetazione erbacea di specie intermedia C (modello Whitehead)	

Confronto Coefficiente di
relativo al variare di

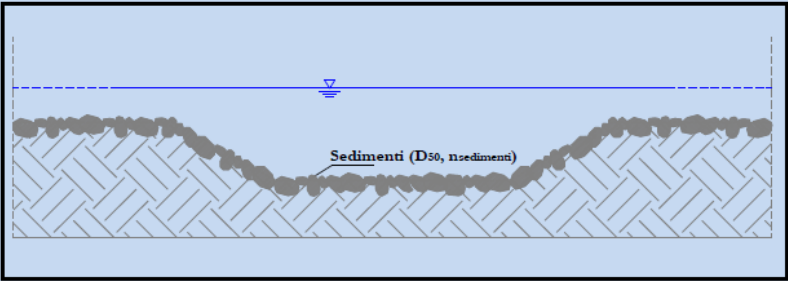
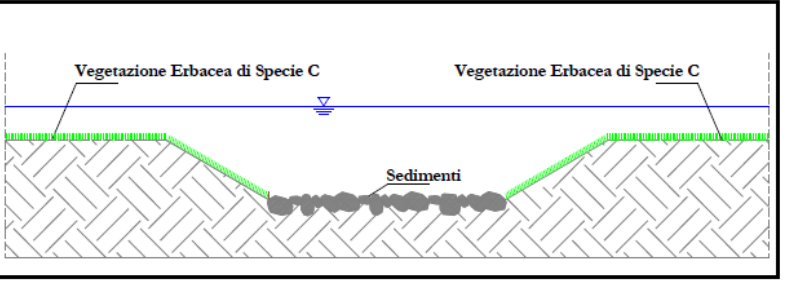
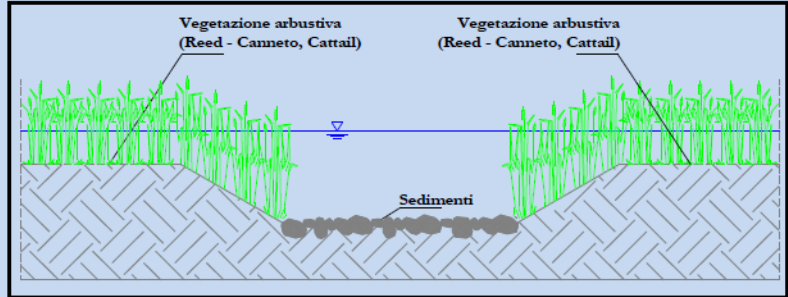
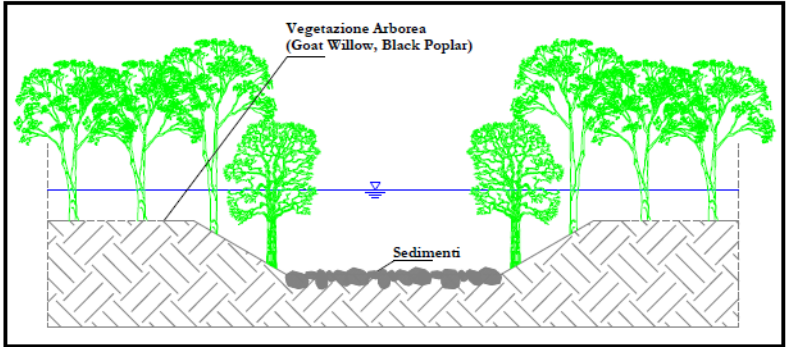
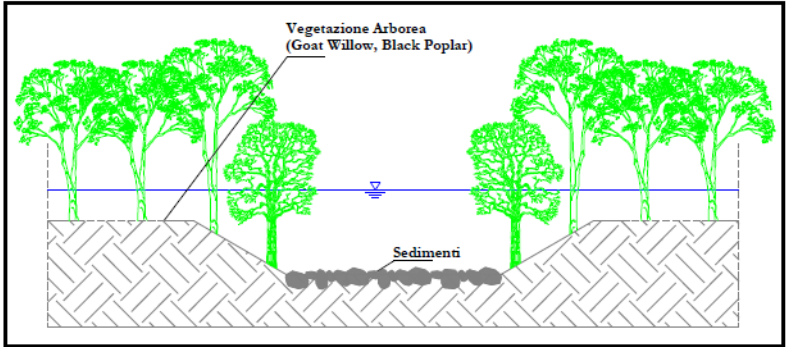


$B = 10 \text{ m}$

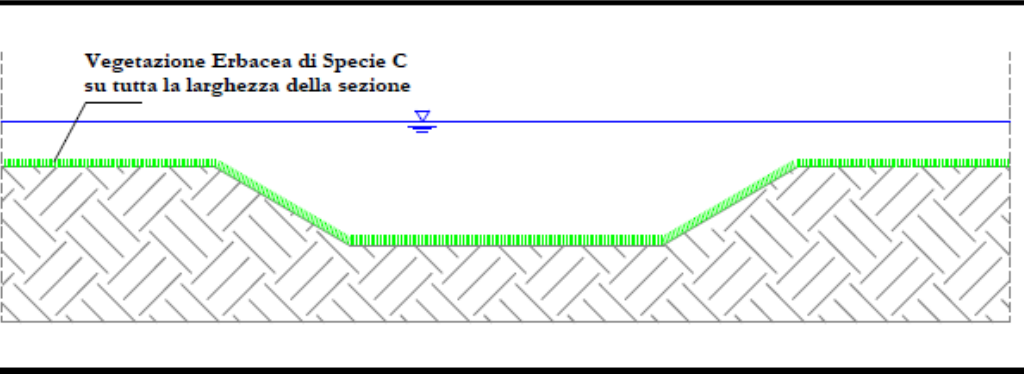
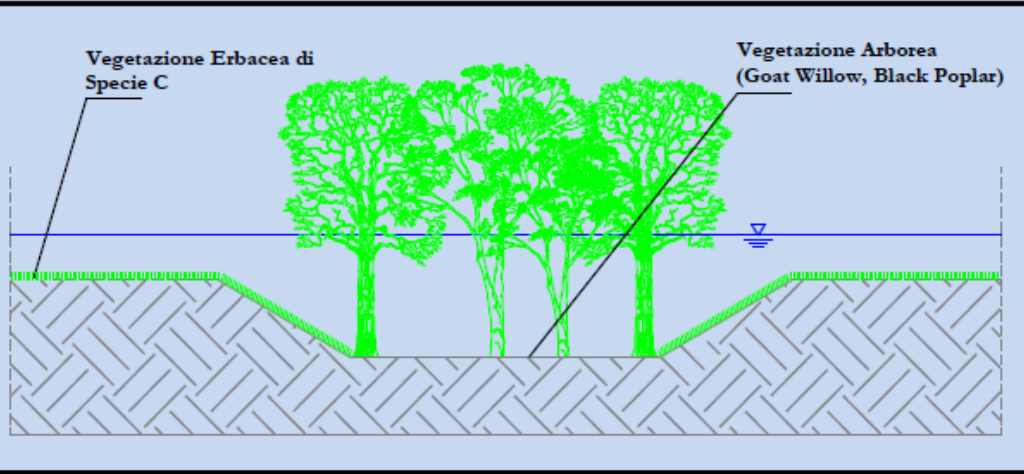
Confronto Scale di Deflusso Sezione Trapezia

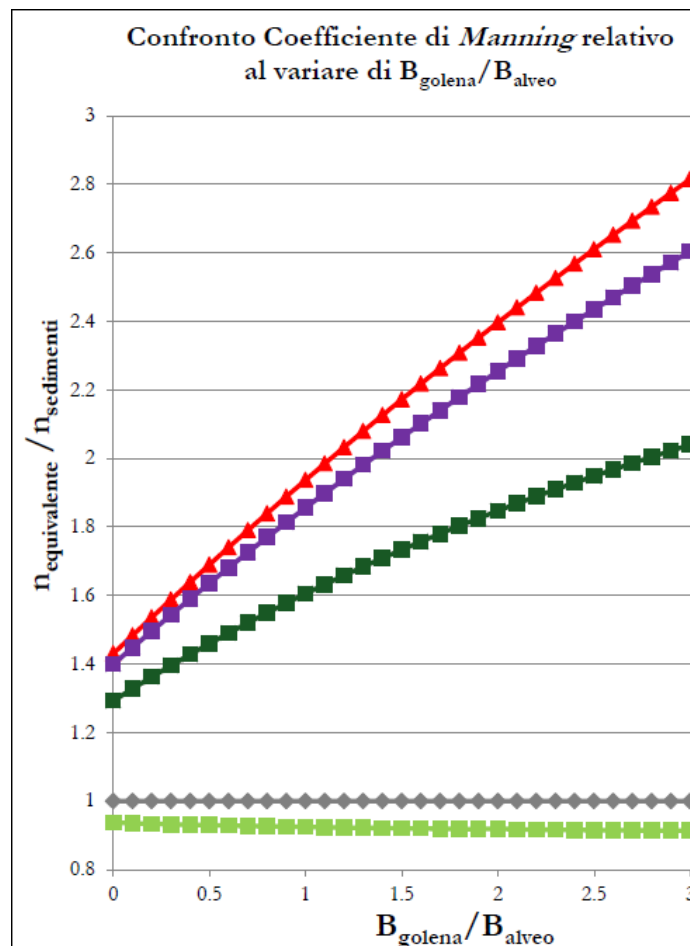


CASI DI STUDIO PER LA SEZIONE DI RIFERIMENTO COMPOSTA PER IL CONFRONTO DELLE SCALE DI DEFUSSO

Casi	Alveo Inciso	Sponde	Schema sezione
Caso 0	Sedimenti	Sedimenti (formula di Strickler)	
Caso 1	Sedimenti	Vegetazione erbacea di specie intermedia C (modello Whitehead)	
Caso 2	Sedimenti	Vegetazione arbustiva canneto (reed – cattail) (modello Baptist)	
Caso 3	Sedimenti	Vegetazione arborea goat willows (modello Järvelä, LAI=3.2)	
Caso 4	Sedimenti	Vegetazione arborea black poplar (modello Järvelä, LAI=3)	

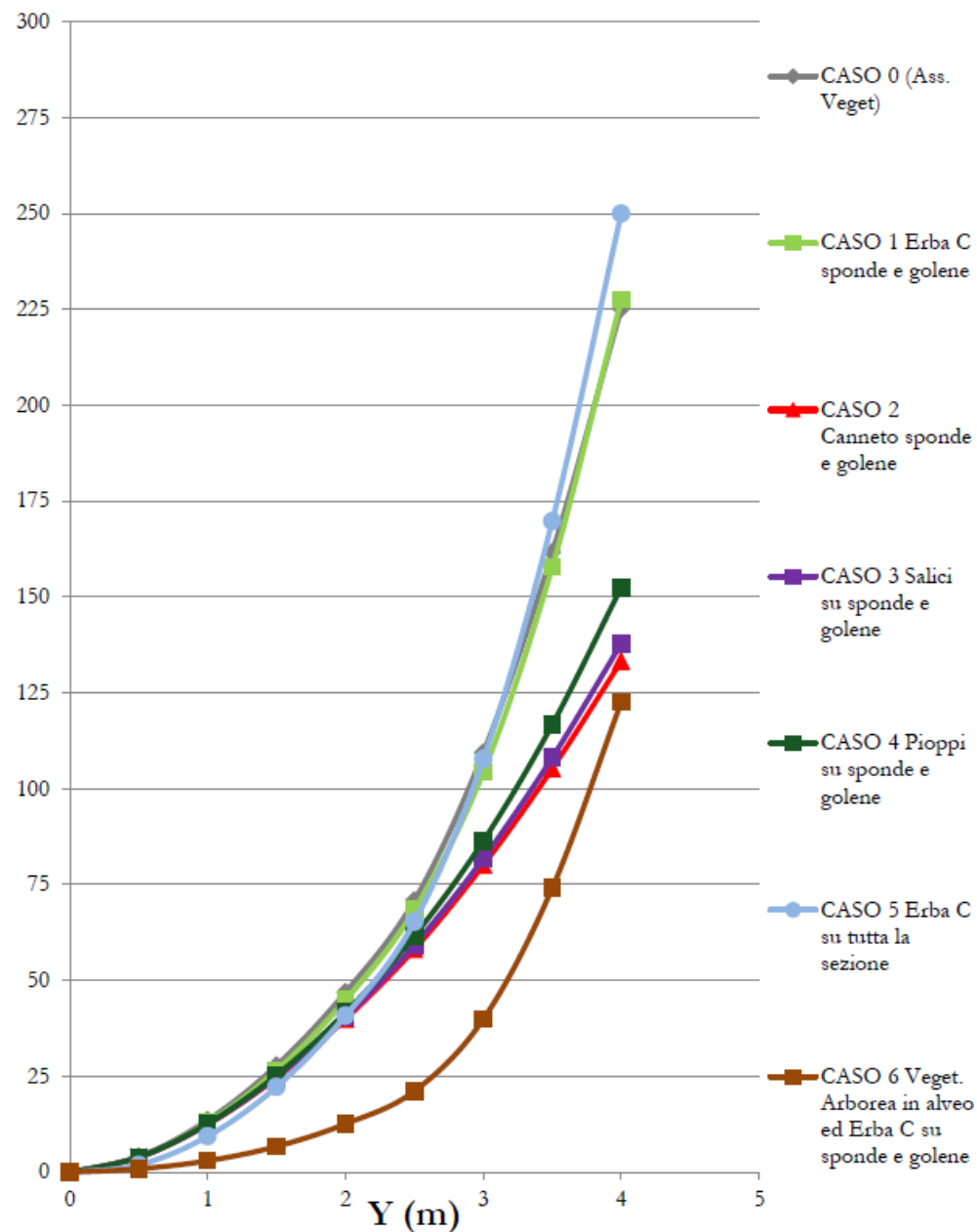
CASI DI STUDIO PER LA SEZIONE DI RIFERIMENTO COMPOSTA PER IL CONFRONTO DELLE SCALE DI DEFLUSSO

Casi	Alveo Inciso	Sponde	Schema sezione
Caso 5	Vegetazione erbacea di specie intermedia C (Whitehead)	Vegetazione erbacea di specie intermedia C (modello Whitehead)	 Vegetazione Erbacea di Specie C su tutta la larghezza della sezione
Caso 6	Vegetazione arborea (Softwood Forest) (modello Baptist)	Vegetazione erbacea di specie intermedia C (modello Whitehead)	 Vegetazione Erbacea di Specie C Vegetazione Arborea (Goat Willow, Black Poplar)



$$B_{alveo} = B_{golena} = 10 \text{ m}$$

Confronto Scale di Deflusso Sezione Composta



Manutenzione della vegetazione: aspetti ecologici

Vegetazione acquatica

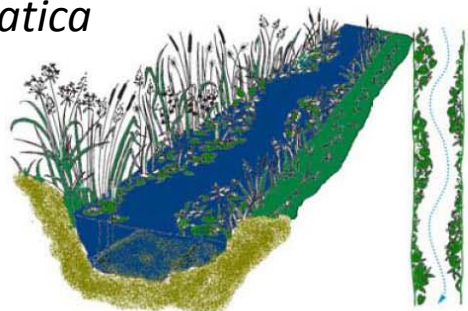


Figura 3 - **Creazione di un canale sinuoso** all'interno di tratti rettilinei tramite lo sfalci alternato delle sponde, per favorire la conservazione della biodiversità [da The Drainage Channel Biodiversity Manual, 2008].

Ombreggiamento

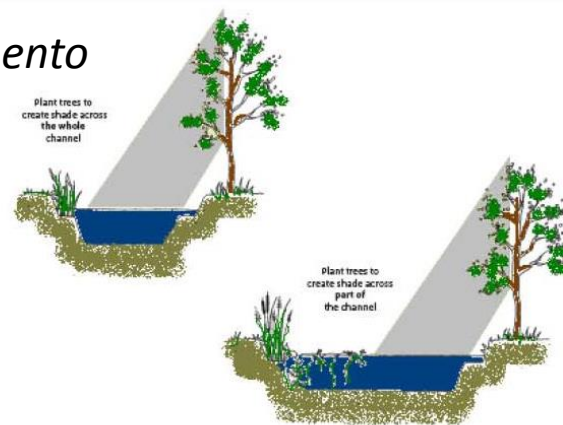


Figura 4 - La presenza di fasce tampone permette di contenere lo sviluppo delle alghe e della vegetazione acquatica, riducendo la frequenza e il costo degli interventi di manutenzione. [da The Drainage Channel Biodiversity Manual, 2008]

Vegetazione sulle sponde

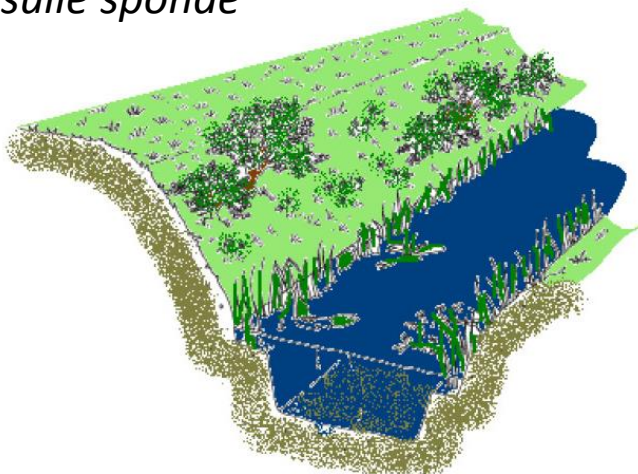
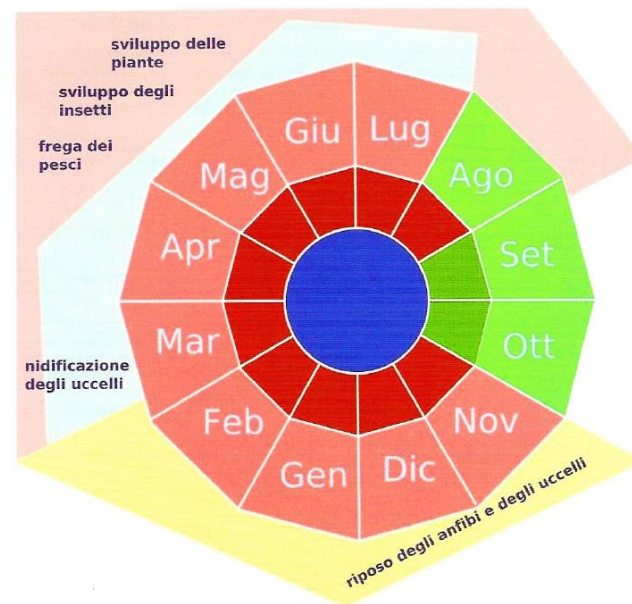


Figura 1 - Conservare una discreta copertura di arbusti bassi allo scopo di impedire l'attecchimento di specie arboree indesiderate e permettere il consolidamento della sponda [da The Drainage Channel Biodiversity Manual, 2008].

Tempistica





Ponte del Diavolo,
Borgo a Mozzano (LU),
(gennaio 2014)

**OCCLUSIONE DEGLI ATTRAVERSAMENTI DA
PARTE DEI DETRITI ARBOREI**

IL FENOMENO



Ponte alle Grazie, Firenze (alluvione 1966)

Detrito arboreo: tutta la vegetazione, dai tronchi e rami all'intero albero, che con modalità diverse termina all'interno degli alvei fluviali e ne entra a far parte integrante del trasporto solido (Betti et al. , 2006).

Accumulo detriti arborei



Riduzione sezione utile al deflusso delle portate



ESONDAZIONE

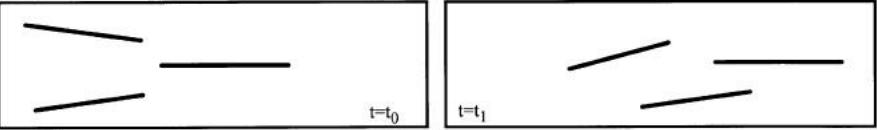


Pignone, La Spezia (alluvione 2011)

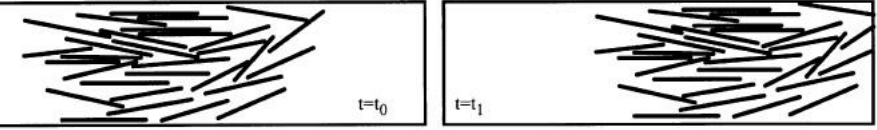
DINAMICA E ACCUMULO DI DETRITI ARBOREI

3 tipologie di trasporto (Braudrick,1997)

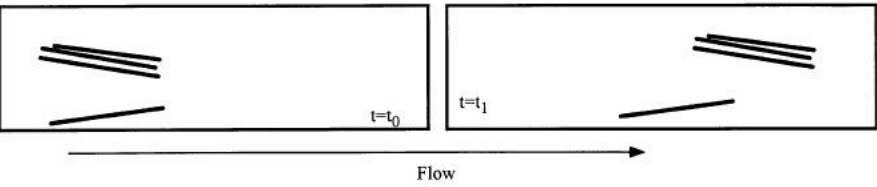
A. Uncongested transport



B. Congested transport

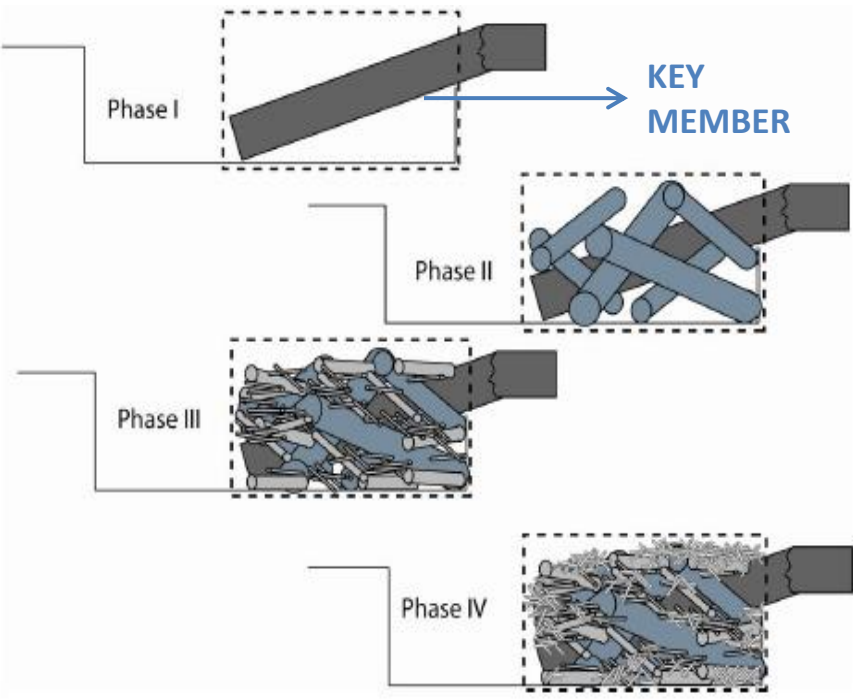


C. Semi-congested transport



Il fattore che incide maggiormente sulla tipologia di regime è il rapporto tra la portata volumetrica dei tronchi in ingresso al corso d'acqua e la portata liquida.

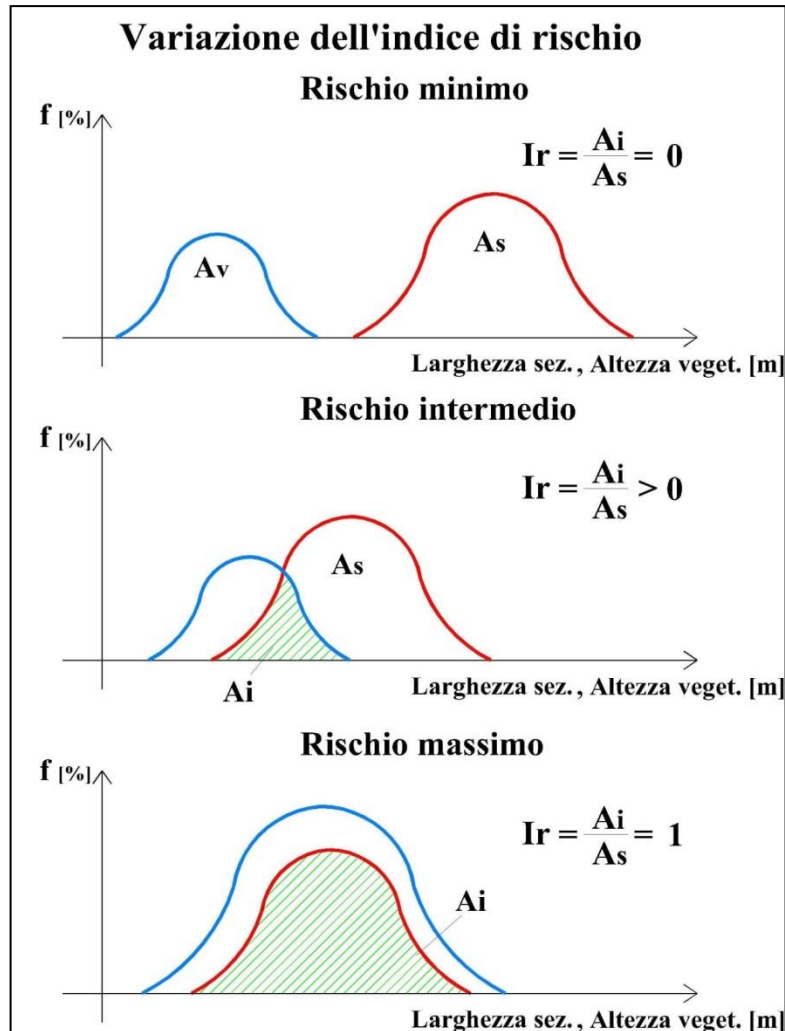
Gli elementi definiti in letteratura «key members» o elementi primari (Abbey e Montgomery, 2003) inescano il fenomeno di accumulo.



Evoluzione teorica di un accumulo di detriti arborei in un corso d'acqua (Manners, 2007).

L'OBIETTIVO

Valutare il rischio di occlusione delle luci dei ponti e delle sezioni derivanti dal trasporto nei corsi d'acqua di detriti arborei galleggianti.



A_v = distribuzione in frequenza della lunghezza dei detriti legnosi

A_s = distribuzione delle larghezze delle sezioni e degli attraversamenti.

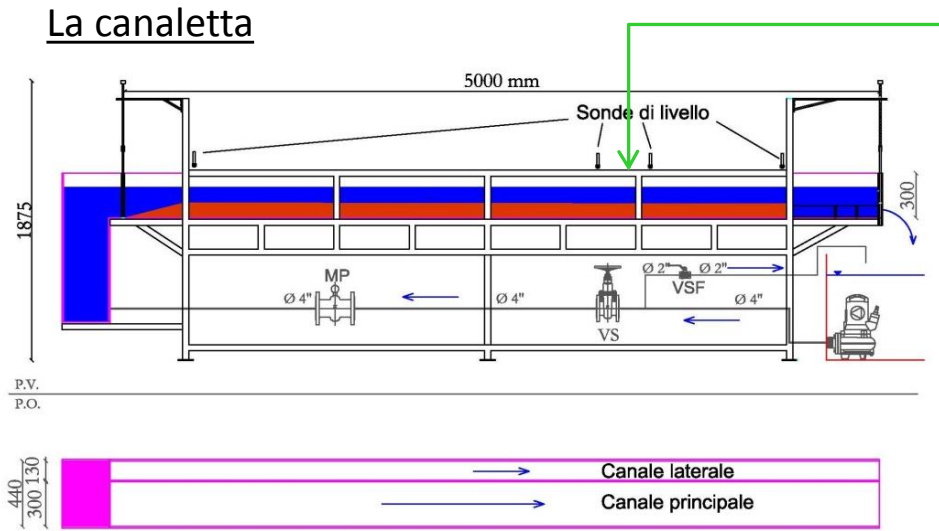
DATI DI PARTENZA (*)

- Dimensioni della vegetazione (L, D)
- Dimensione delle sezioni
- Dimensione delle luci dei ponti

(*) Paris E., Solari L., Barni L. e Pasquali G., 2012. *Studio finalizzato alla individuazione del perimetro di contribuenza dei bacini tributari del fiume Arno all'interno del comprensorio di bonifica n. 16 alla luce dei criteri innovativi stabiliti dall'intesa stato-regioni del 18 settembre 2008.* Rapporto finale della Convenzione tra il Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale e il Consorzio di Bonifica dell'Area Fiorentina.

LE PROVE SPERIMENTALI

Gli esperimenti sono stati svolti nel laboratorio di Idraulica del Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università di Firenze.



LEGENDA:	VS	Valvola a saracinesca	⊗	Pompa DH 2.2 Q 15	—	Canale
	VSF	Valvola a sfera	—	Struttura acciaio	—	Cassone
	MP	Misuratore di portata	—	Impianto idraulico	→	Direzione del flusso

Lunghezza = 5.095 m
Pendenza= 0.001
Larghezza canale principale= 0.30 m
Altezza sponde= 0.18 m
Diametro fondo ghiaioso= 6.81 mm (D_{50})

Il restringimento

è stato riprodotto un restringimento di sezione nella canaletta mediante inserimento di una sezione in plexiglass.

63 125 300 63 160 140

	sezioni	Ponti	% occlusione
numero	901	118	41.74% $\approx$
L media [m]	16.72	9.74	42%

le misure di larghezza delle sezioni fluviali e delle luci di ponti sono relative ai corsi d'acqua dei bacini ricadenti all'interno del comprensorio del Consorzio di Bonifica dell'Area Fiorentina.

LE PROVE SPERIMENTALI

Modellazione dei detriti arborei

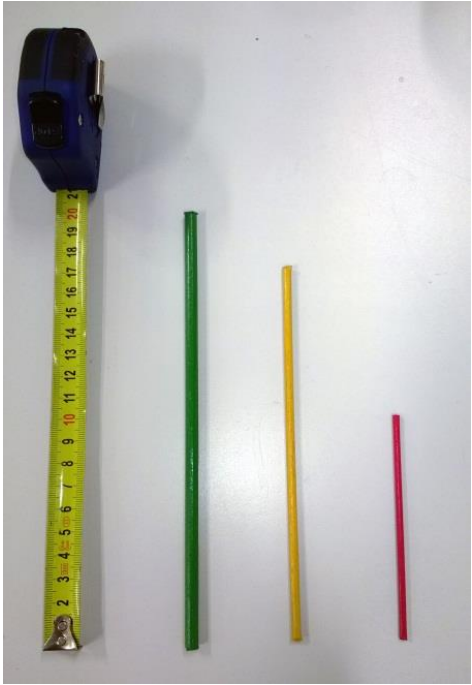
Sono state individuate tre classi di tronchi in base al diametro, alla lunghezza e alla percentuale di diffusione sul territorio.

classe	% di diffusione sul territorio	MISURE REALI		MISURE MODELLO		Colore bastoncini di legno
		L tronco [m]	D [cm]	L tronco [cm]	ϕ [mm]	
1 ($L_{\text{tronco}} < L_{\text{sez}}$)	56.6	5-11	5-10	10	2	
2 ($L_{\text{tronco}} = L_{\text{sez}}$)	34	14-16	15-20	17	4	
3 ($L_{\text{tronco}} > L_{\text{sez}}$)	9.4	17-20	25-35	20	6	

Condizioni idrauliche

Portata Q[l/s]	Coefficiente di Manning alveo [s/m ^{1/3}]	Coefficiente di Manning sponde [s/m ^{1/3}]	Condizione al contorno di monte	Numero di Froude	Condizione al contorno di valle	Apertura paratoia a valle [cm]
1.74	0.015	0.01	Normal depth (0.001)	< 1	$h_v = 0.07$ m	0.5

Le condizioni idrauliche sono tali per cui il valore del tirante idrico è pari a 2/3 dell'altezza delle sponde condizione che garantisce la mobilitazione dei detriti arborei (MacVicar and Piegay, 2012)



Bastoncini cilindrici in legno di faggio utilizzati nelle prove.

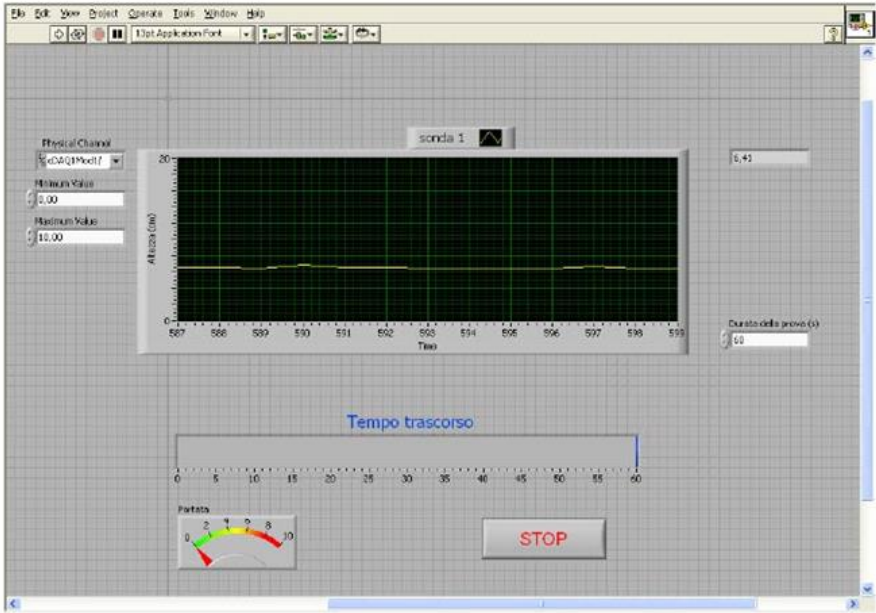
LE PROVE SPERIMENTALI

Set di prove T1

set prove T1										
tempo di acquisizione [s]	Numero di dati acquisiti al secondo	N° impulsi gruppi legnetti	N° elementi di un impulso			N° elementi totale			frequenza immissione legnetti [1/s]	Numero ripetizioni prova
			rossi	gialli	verdi	rossi	gialli	verdi		
180	20	5	20	3	2	100	15	10	1gruppo/20s	5

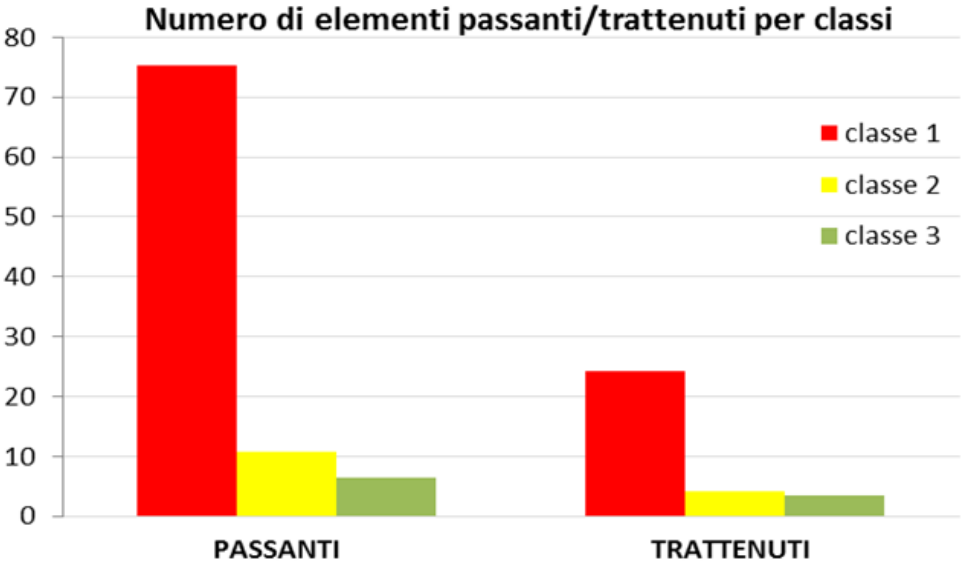
Acquisizione

- Il numero di elementi transitanti/trattenuti
- I livelli idrici (4 sezioni di misura)

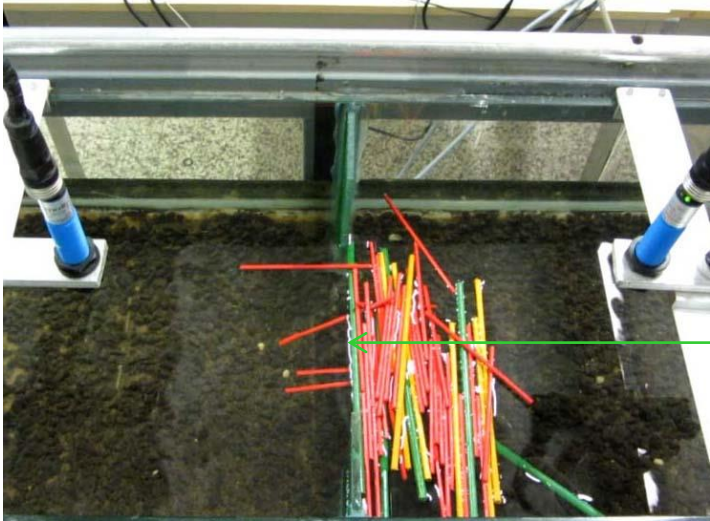


LE PROVE SPERIMENTALI

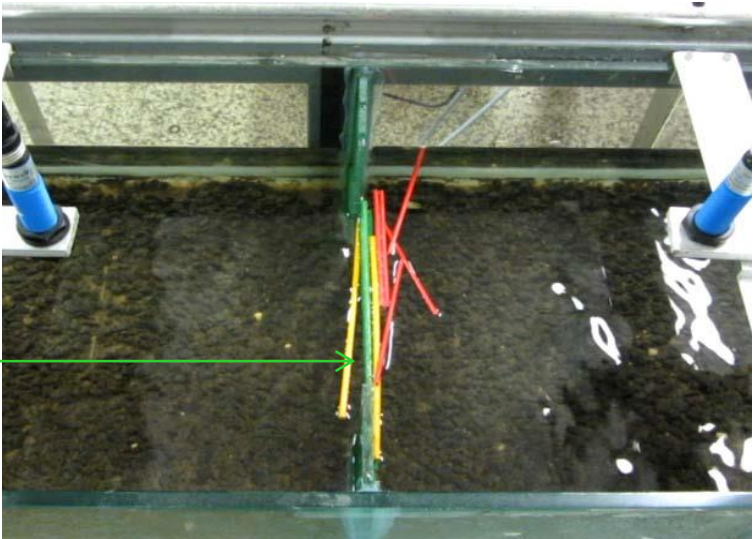
Risultati



Prova 1



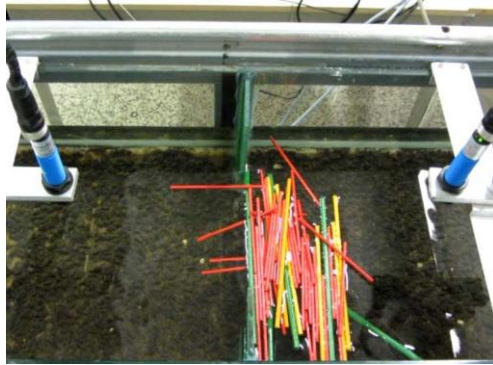
Prova 3



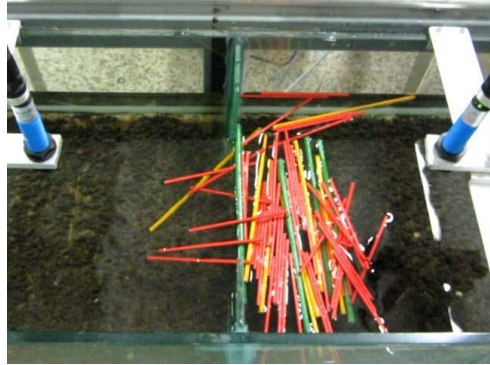
Key members

LE PROVE SPERIMENTALI

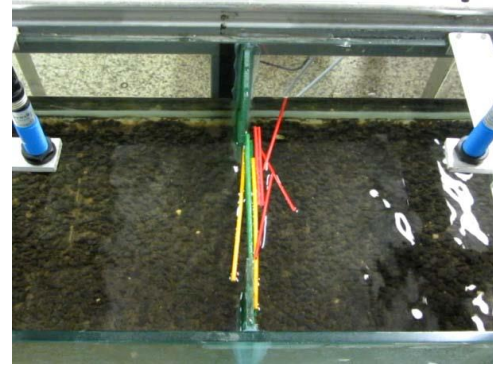
Risultati



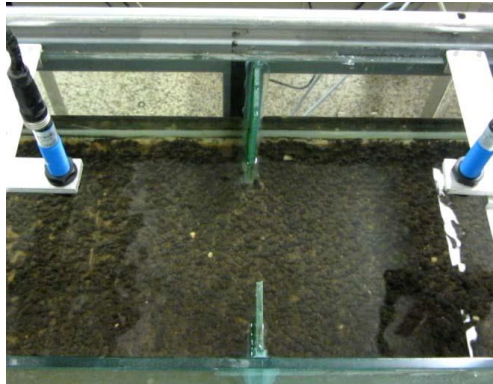
Prova 1



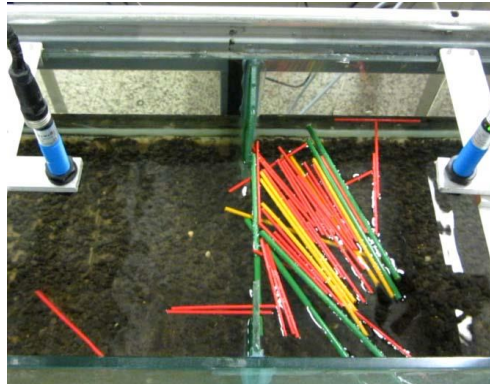
Prova 2



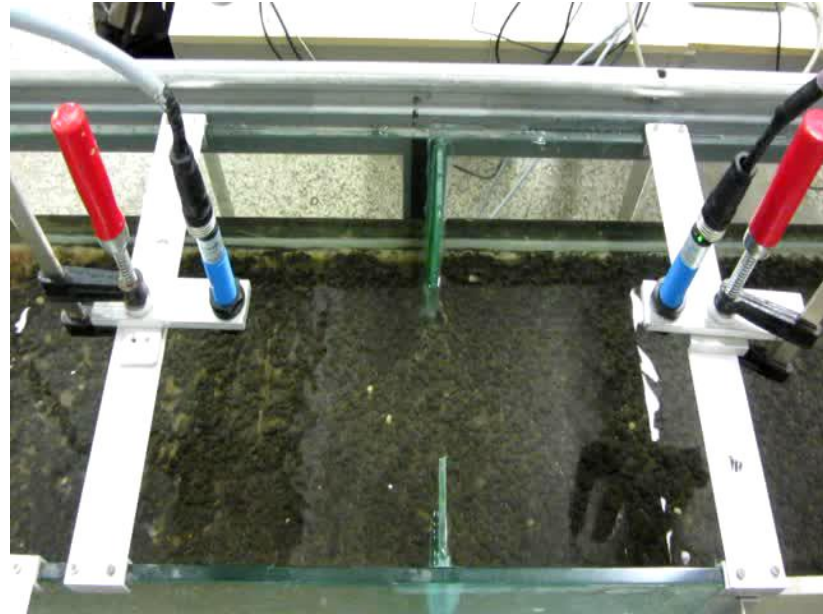
Prova 3



Prova 4



Prova 5



LE PROVE SPERIMENTALI

Risultati

- Coefficiente di cattura medio (*)

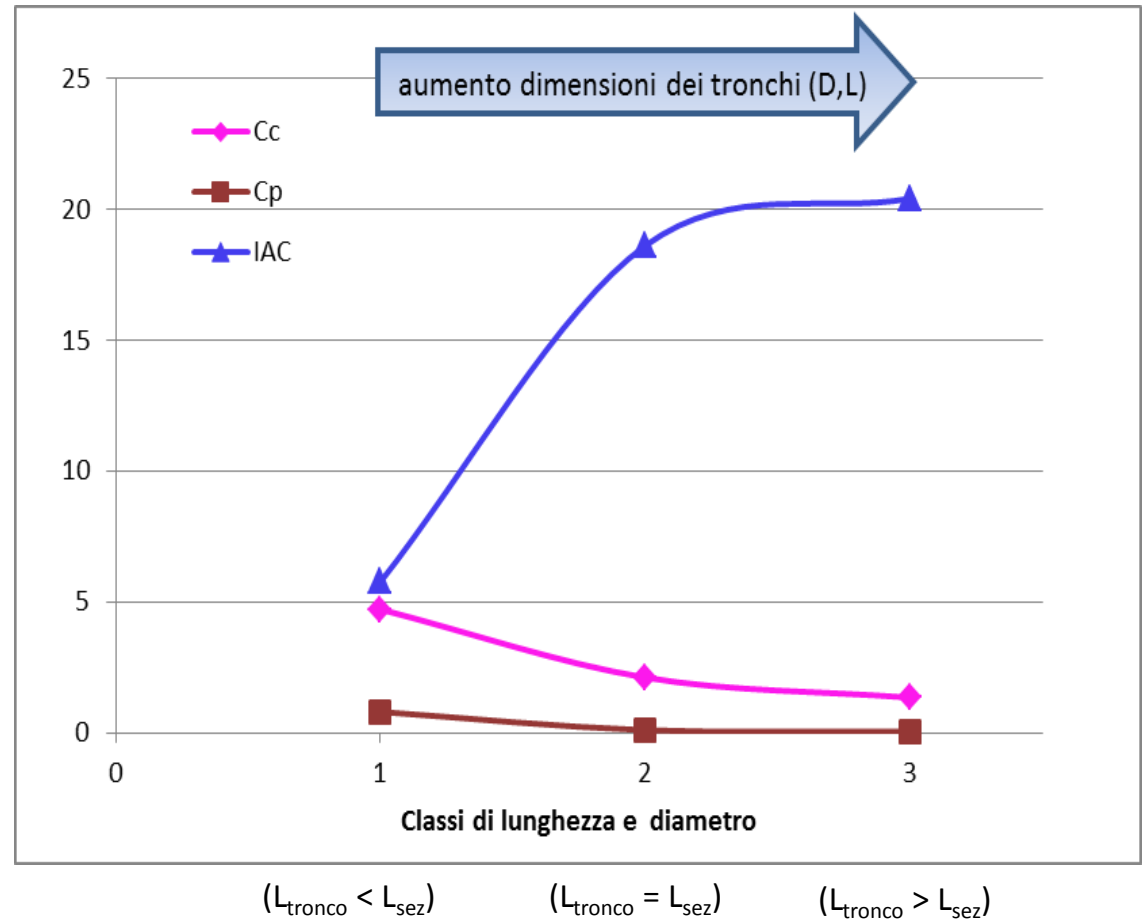
$$C_c = \frac{n^{\circ}transitati}{n^{\circ}catturati}$$

- Coefficiente di presenza o frequenza di transito(*)

$$C_p = \frac{n^{\circ}transitati \text{ per classi}}{n^{\circ}transitati \text{ totali}}$$

- Indice di attitudine alla cattura(*)

$$IAC = \frac{C_c}{C_p}$$



(*) Betti M., Ginanni F., Becchi I., Rinaldi M.,
Morphodynamics and driftwood dispersal in braided
rivers. XXX° Convegno di Idraulica e Costruzioni
Idrauliche – IDRA 2006.

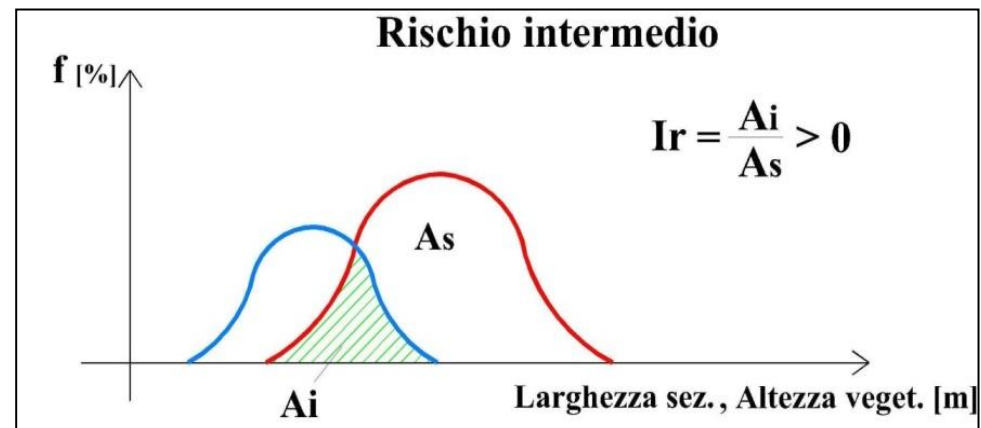
CONCLUSIONI

Prime valutazioni

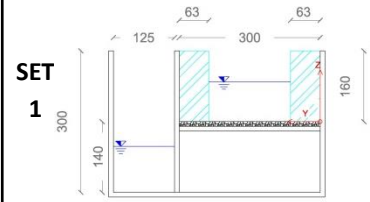
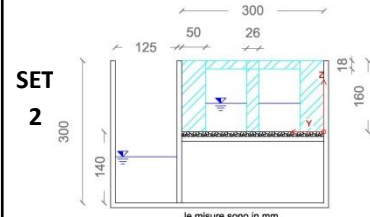
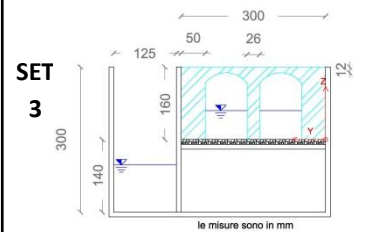
I detriti arborei “privilegiati” alla cattura sono quelli con diametro maggiore e lunghezza maggiore della larghezza dell’ostruzione (key members) che nel caso in esame coincidono con gli alberi aventi **diametro pari a 25-35 cm e lunghezza pari a 17-20 m.**

Questa classe è presente nelle fasce ripariali dei bacini tributari dell’Arno ricadenti all’interno del comprensorio del Consorzio di Bonifica dell’Area Fiorentina solo per **il 9%** ma **l’indice di rischio** che deriva dalla sovrapposizione tra la curva di distribuzione della larghezza delle sezioni e la curva di distribuzione della lunghezza dei tronchi, è **medio-alto.**

La presenza di un’ostruzione può incidere considerevolmente sui livelli idrici, in particolar modo si è osservato un fenomeno di innalzamento dei livelli a monte del restringimento, e abbassamento dei livelli a valle



PROVE DA REALIZZARE

GEOMETRIA RESTRINGIMENTO	GRUPPO PROVA	DIAMETRO BASTONCINI [mm]	LUNGHEZZA BASTONCINI[cm]	RADICI	TIPOLOGIAI NPOT	REGIME TRASPORTO	NUMERO DI FROUDE	FREQUENZA DI INPUT [S]
restringimento laterale 	1	2	10	no, si	1 elemento alla volta	uncongested	Fr<1, Fr>1	20
	2	2	10	no, si	25 elementi alla volta	congested	Fr<1, Fr>1	
	3	2, 4, 6	10, 17, 20	no, yes	25 elementi alla volta	congested	Fr<1, Fr>1	
Ponte con pila in alveo 	4	2	10	no, si	1 elemento alla volta	uncongested	Fr<1, Fr>1	
	5	2	10	no, si	25 elementi alla volta	congested	Fr<1, Fr>1	
	6	2, 4, 6	10, 17, 21	no, si	25 elementi alla volta	congested	Fr<1, Fr>1	
Ponte ad arco con pila in alveo 	7	2	10	no, si	1 elemento alla volta	uncongested	Fr<1, Fr>1	
	8	2	10	no, si	25 elementi alla volta	congested	Fr<1, Fr>1	
	9	2, 4, 6	10, 17, 21	no, si	25 elementi alla volta	congested	Fr<1, Fr>1	



Grazie per l'attenzione.

Fiume Arno, Firenze (piena del 31 gennaio 2014)