



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DIDA**  
DIPARTIMENTO DI  
ARCHITETTURA



COMUNE DI  
SCANDICCI

Dottorato in Sostenibilità  
per il progetto  
dell'ambiente costruito e  
del sistema produttivo  
Curriculum  
Progettazione urbanistica e  
territoriale  
Curriculum  
Architettura del paesaggio

Federazione  
Architetti  
Firenze



Ordine  
Architetti  
Firenze



**GIORNATA DI STUDI**

# Il parco fluviale multifunzionale dei paesaggi della Pesa

## Strategie di fruizione e valorizzazione

### 6 febbraio 2024, ore 9.00

Auditorium Rogers, Scandicci



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

DEPARTMENT OF  
AGRICULTURAL, FOOD AND  
FORESTRY SYSTEMS

**14.30 La qualità e la funzionalità  
ecologica del torrente Pesa**  
**Manutenzione gentile della vegetazione  
ripariale**

**Federico Preti**  
**DAGRI-UNIFI**

Rossana Saracino, Andrea Signorile



**ASSOCIAZIONE  
ITALIANA  
PER LA  
INGEGNERIA  
NATURALISTICA**

## Che cos'è la **VEGETAZIONE RIPARIALE**?

Vegetazione che cresce nell'interfaccia tra ecosistemi terrestri e acquatici lungo i corsi d'acqua interni.



Influenza e viene influenzata dalla presenza dell'acqua

Campo di ricerca in crescita per la sua importanza ecologica e sociale.



## Vegetazione in alveo

conoscenza =>

=> interesse per:



- **sicurezza idraulica (pericolosità e rischio)**
- **manutenzione convenzionale o «gentile»**
- **effetti idraulici ed idrologici-trasporto/trattenuta LWD**
- **stabilità plano-altimetrica e sedimentologica**
- **riqualificazione e manutenzione degli ecosistemi fluviali**
- **corretta gestione delle fasce ripariali**
- **progettazione di opere vive e loro evoluzione temporale**
- **riduzione dei costi degli interventi di taglio**
- **recupero di risorse dalla biomassa.**

# Effetti della vegetazione ripariale

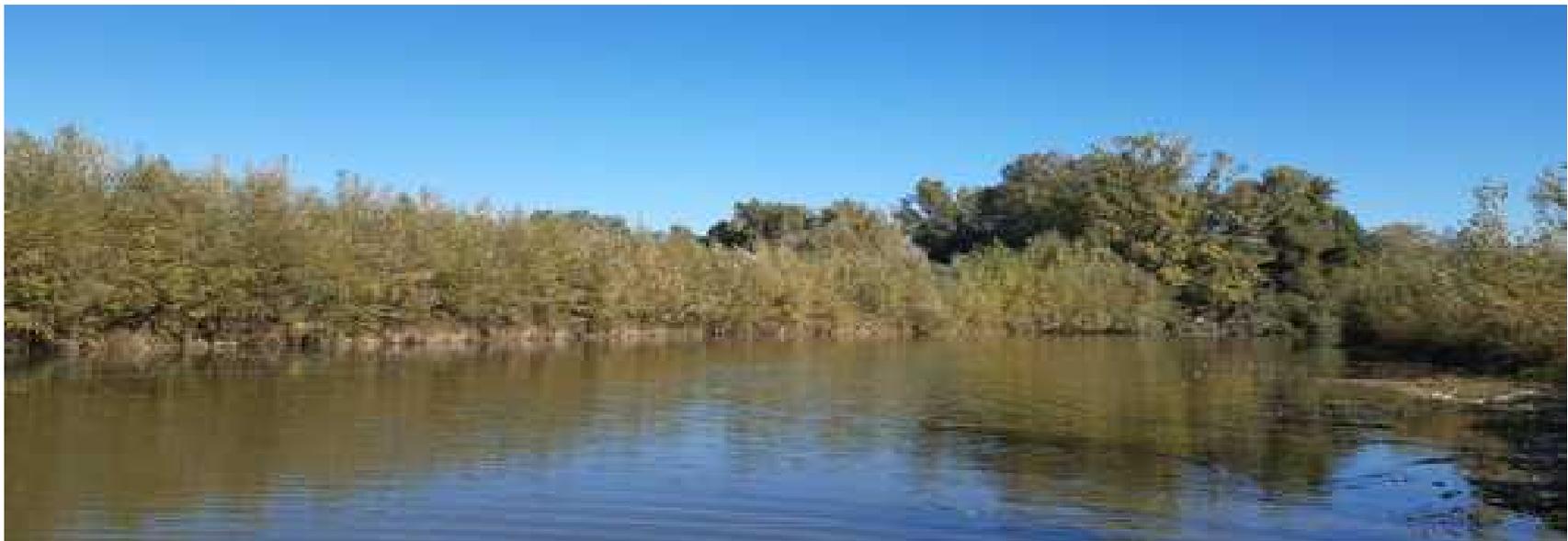
## Effetti POSITIVI

- Habitat per numerose specie animali
- Area rifugio
- Corridoio ecologico
- Fitodepurazione
- Ombreggiamento
- Stabilizzazione delle sponde
- Riduzione dell'apporto solido dai campi limitrofi
- Miglioramento dell'aspetto estetico e paesaggistico
- Laminazione e Rallentamento degli idrogrammi di piena
- trasporto/trattenuta LWD
- etc.

## Effetti NEGATIVI

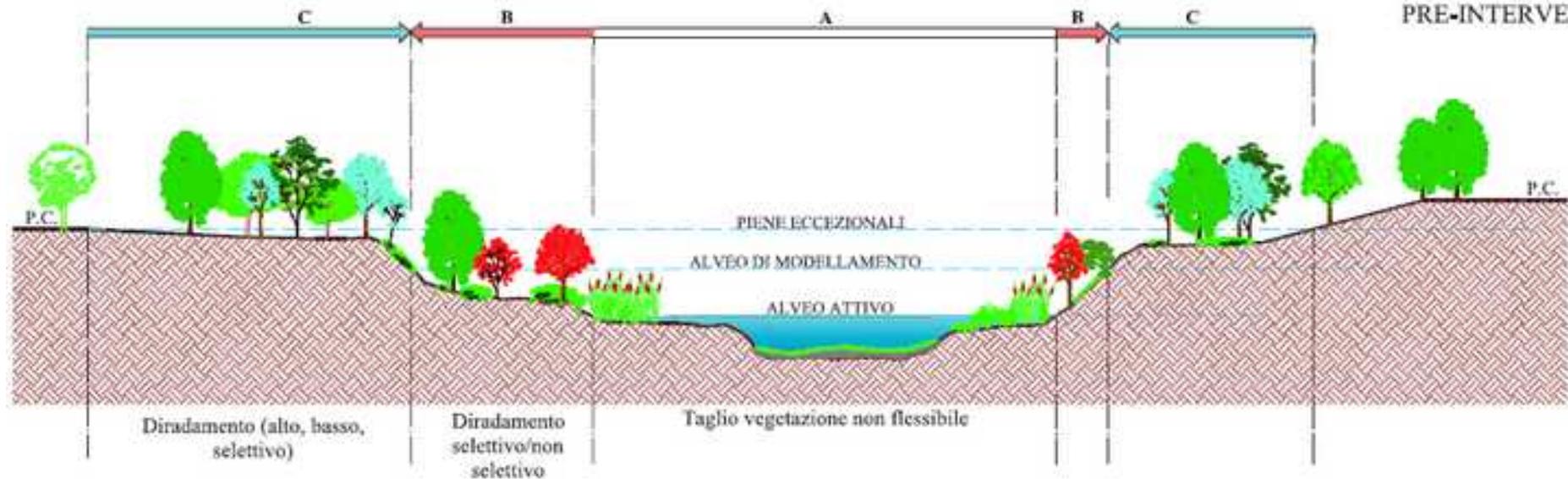
- Aumento della scabrezza
- Aumento del rischio di occlusioni
- Difficoltà di accesso per il monitoraggio e manutenzione delle opere idrauliche
- Peggioramento dell'aspetto estetico
- etc.

**LA GESTIONE DEVE OTTIMIZZARE UN BILANCIO FRA QUESTI ASPETTI  
CASO PER CASO**



## CORSO D'ACQUA NATURALE NON ARGINATO

SEZIONE TIPO  
PRE-INTERVENTO

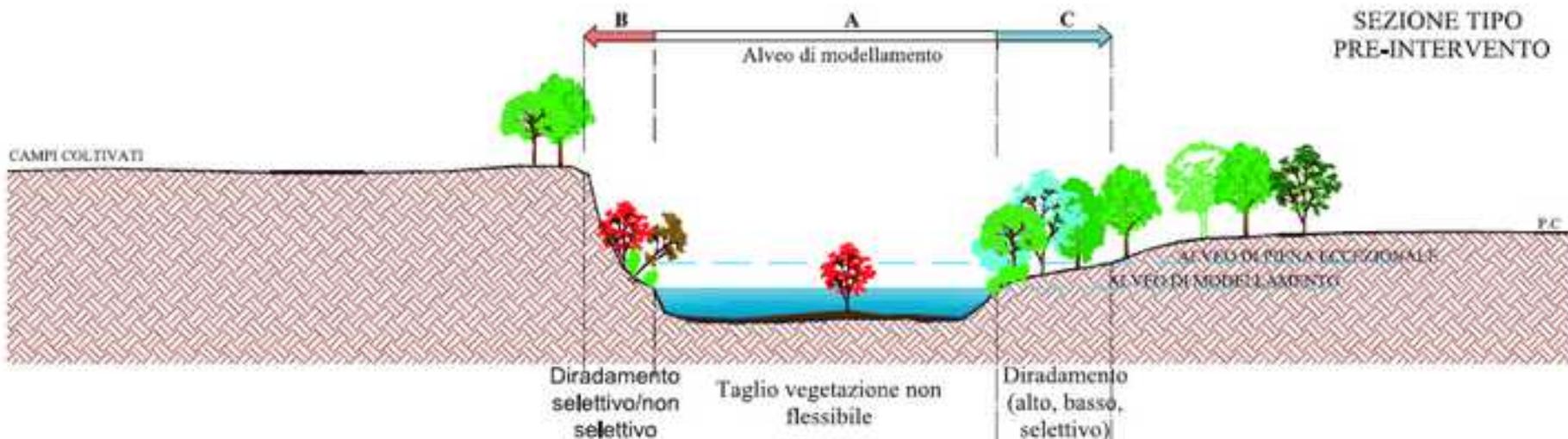


## CORSO D'ACQUA CON ARGINI E GOLENE

SEZIONE TIPO  
PRE-INTERVENTO



## CORSO D'ACQUA NATURALE IN ZONA EXTRA-URBANA (COLLINARE O MONTANA)



## CORSO D'ACQUA NATURALE IN AREA URBANIZZATA



D.P.R. 14/04/1993: “Atto di indirizzo e coordinamento alle regioni recante criteri e modalità per la redazione dei programmi di manutenzione idraulica”

*Al di sotto del **livello idrico trentennale (Qc30)**, sarebbero da **rimuovere dalle sponde e dagli alvei attivi le alberature** che sono causa di ostacolo al regolare deflusso ..., tenuto conto della loro influenza sul regolare deflusso delle acque, nonché quelle pregiudizievoli per la difesa e conservazione delle sponde, **salvaguardando, ove possibile, la conservazione dei consorzi vegetali che colonizzano in modo permanente gli habitat riparii e le zone di deposito alluvionale adiacenti, prevedendo al tempo stesso la rinaturazione delle sponde, intesa come protezione al piede delle sponde dissestate od in frana con strutture flessibili spontaneamente rinaturabili; il restauro dell'ecosistema ripariale, compresa l'eventuale piantagione di essenze autoctone**”.*

# La gestione «convenzionale» (non «gentile»):

- La gestione della vegetazione spesso ha avuto lo scopo di **aumentare le superfici agricole** e poi urbanizzate
- La progettazione veniva effettuata considerando uno scenario di scarsa vegetazione, massimizzando la capacità di smaltimento (n di Manning 0.02-0.035) anche per:

*Necessità: riduzione del*

$$\begin{aligned} \text{Rischio} &= \text{Pericolosità} \times \\ \text{Vulnerabilità} &\times \text{Valore esposto} \\ &= \text{Pericolosità} \times \text{Danno potenziale} \end{aligned}$$

*Controindicazioni:*

- *Riduzione della funzionalità ecologica e paesaggistica*
- *Risospensione dei sedimenti accumulati (peggioramento qualità acqua, ma controllo infestanti alloctone - esotiche)*
- *Destabilizzazione delle sponde*
- *Aumento della temperatura dell'acqua*



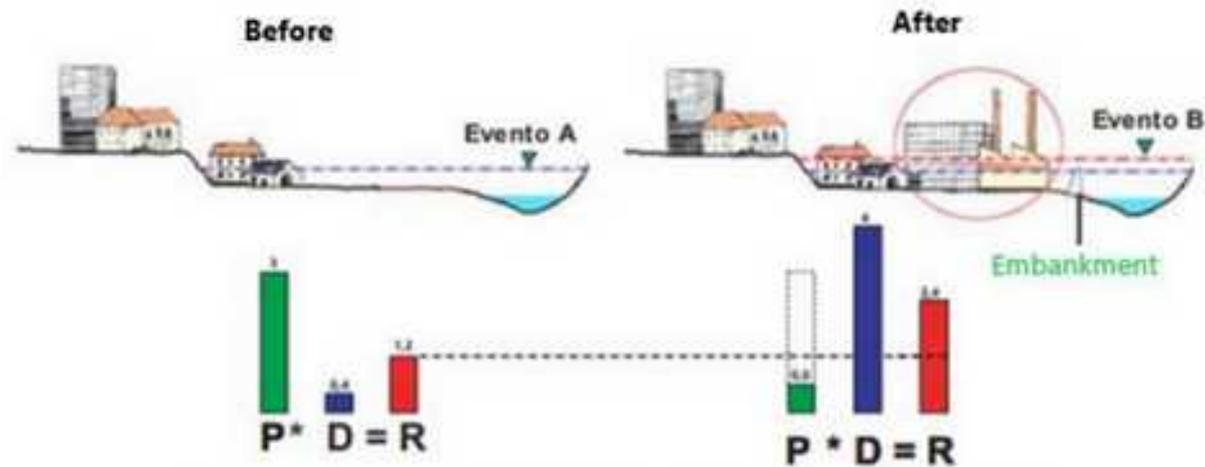
$$\text{Rischio} = H_n \cdot (V \cdot E) =$$

Pericolosità x (Vulnerabilità x Danno) =

Pericolosità x Danno potenziale (Valore Economico)

$$H_n = 1 - \left(1 - \frac{1}{T_r}\right)^n$$

$T_r$  = tempo di ritorno



**Embankment = Flooding probability 5x decrease**

**New settlements = Potential damage 10x increase**

**Result = Risk 2x increase!** e aumento del rischio anche a valle

# Cosa c'entra l'Idrologia, oltre all'Idraulica?

- Scale gestionali: sezione idrica 1315, tronco o tratto fluviale (lotto di manutenzione), asta fluviale del reticolo di gestione, bacino e sottobacini?
- **Si valuta: Il livello idrico nelle sezioni a rischio**
- Scale fisiche (da monte a valle: bacino, sottobacino, reticolo idrografico asta fluviale, tronco o tratto fluviale, sezione idrica di chiusura)
- **Si valuta: la portata, il volume e il livello a valle e da monte**

Velocità media della corrente

$V = V(\text{scabrezza } f(m, d, LAI), \text{ raggio idraulico} - \text{livello, pendenza})$

Tensione tangenziale o sforzo di trascinamento

$\tau = \tau(\text{pendenza, raggio idraulico} - \text{livello idrico}) \propto V^2$

Portata

$Q = V * \text{sezione idrica} = Q(ic, \text{Area del bacino})$

$ic = \text{pioggia critica netta (perdite di afflusso, tempo di corrivazione, tempo di ritorno)}$

Casi di studio: vari corsi d'acqua della Toscana, in particolare del CBToscanaSud (Arbia, Ombrone, Merse, Bruna, Albegna)

SCABREZZA (attrito/turbolenza) = f (m, dg, LAI)

RIGIDITÀ = f (Elasticità legno, Diametro e forma fusto)

INGOMBRO (riduzione sezione effettiva)

ERBA > scabrezza data dall'altezza degli steli vivi o no

ARBUSTI > turbolenza, sommersione

ALTO FUSTO > rigidità fusto, chioma sommersa?

CEPPAIE > flessibilità; densità (campionamento)?

PIANTE ISOLATE > rischio erosione localizzata



# Vegetazione erbacea sommersa (Nepf)

$$n_v = \left[ \sqrt{\frac{2}{C^*}} \left(1 - \frac{K}{Y}\right)^{3/2} + \sqrt{\frac{2}{C_D a K}} \frac{K}{Y} \right]^{-1} \left( \frac{Y^{1/6}}{g^{1/2}} \right) \quad 1.4$$

in cui  $a$  rappresenta l'area frontale occupata dalla vegetazione per unità di volume ( $m^{-1}$ ),  $K$  l'altezza della vegetazione flessa,  $Y$  l'altezza della corrente,  $\bar{C}_D$  il coefficiente complessivo di drag, e  $C^*$  un coefficiente empirico adimensionale variabile tra 0.05 e 0.13. Questa formula prevede un rapido decremento della resistenza al moto all'aumentare della sommergenza relativa  $Y/K$ . Questo comportamento risulta in accordo con le curve di carattere empirico in Figura 1.7. Si noti che l'applicazione di questo metodo richiede la conoscenza dell'altezza della vegetazione flessa  $K$ , tale parametro risulta di non semplice determinazione in quanto funzione delle caratteristiche biomeccaniche degli steli (Nepf, 2012).

$a$  frontal area per volume  
=  $f(m * d)$

$K$  altezza della  
vegetazione flessa

$Y$  profondità dell'acqua

$C_D$  coefficiente di Drag

$C^*$  coefficiente empirico  
0.05-0.13

La formula prevede un rapido decremento della resistenza al moto con l'aumentare della sommergenza

# Jarvela (arbusti)

$$n_v = \sqrt{\frac{C_{D\chi} LAI \left( \frac{u_m}{u_\chi} \right)^\chi}{2}} \left( \frac{Y^{1/6}}{g^{1/2}} \right)$$

LAI = INDICE DI AREA FOGLIARE

Species	$C_{D\chi}$ (-)	$u_\chi$ (m/s)	$\chi$ (-)	LAI (-)
<i>Deciduous plants</i>				
Goat Willow ( <i>Salix caprea</i> ) <sup>a</sup>	0.43	0.10	-0.57	3.2
Hybrid Willow ( <i>Salix triandra</i> x <i>viminalis</i> ) <sup>b</sup>	0.53	0.10	-0.90	0.74-1.85
Black Poplar ( <i>Populus nigra</i> ) <sup>c</sup>	0.33	0.10	-1.03	0.95-3.25
Artificial poplar (staggered setup) <sup>d</sup>	0.50	0.11	-0.74	0.4-1.7
<i>Coniferous plants</i>				
Eastern White Cedar ( <i>Thuja occidentalis</i> ) <sup>e</sup>	0.56	0.10	-0.55	1.42
White Spruce ( <i>Picea glauca</i> ) <sup>f</sup>	0.57	0.10	-0.39	1.31
Eastern White Pine ( <i>Pinus strobus</i> ) <sup>g</sup>	0.69	0.10	-0.50	1.14
Austrian Pine ( <i>Pinus nigra</i> ) <sup>h</sup>	0.45	0.10	-0.38	1.61

Tabella 1. 2 – Parametri di input nel metodo proposto da Jarvela (2004) per diverse specie di piante (Aberle e Jarvelä, 2013).

# Baptist (vegetazione rigida)

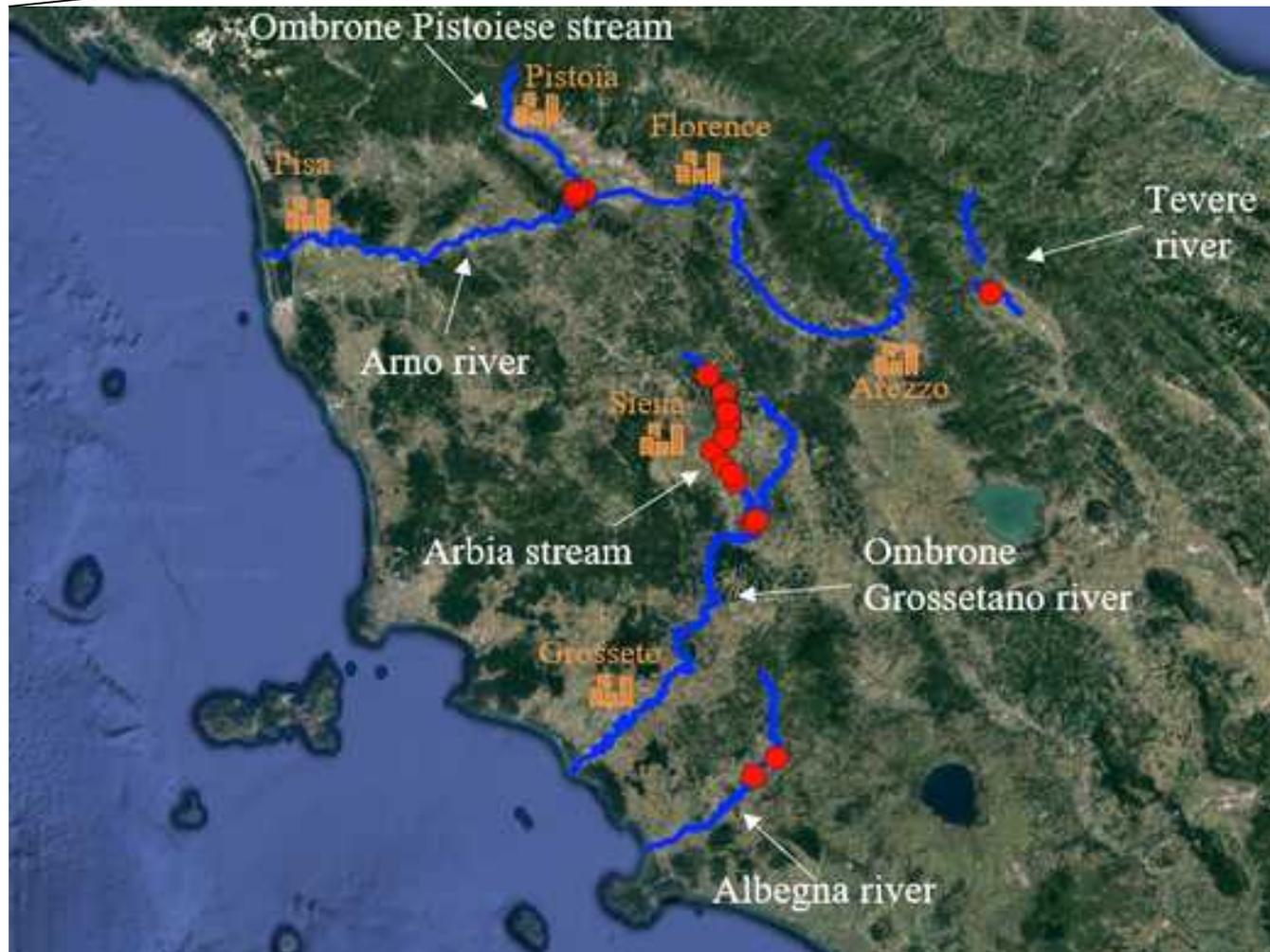
$$n_v = \sqrt{\frac{m C_D D Y}{2}} \left( \frac{Y^{1/6}}{g^{1/2}} \right)$$

Table 4.3: Selected vegetation types for typical floodplain vegetation, from Van Velzen *et al.* (2003a).

Vegetation type	Diameter (m)	Density (m <sup>-2</sup> )	Height (m)	Drag coeff. (-)
Pioneer vegetation	0.003	50	0.15	1.8
Production grassland	0.003	15,000	0.06	1.8
Natural grassland	0.003	4,000	0.10	1.8
Herbaceous natural grassland	0.003	5,000	0.20	1.8
Creeping thistle vegetation	0.003	1,000	0.30	1.8
Dry herbaceous vegetation	0.005	46	0.56	1.8
Dewberry vegetation	0.005	112	0.50	1.8
Great willowherb vegetation	0.005	26	0.95	1.8
Herbaceous reed vegetation	0.005	32	2.00	1.8
Wet herbaceous vegetation	0.005	50	0.35	1.8
Sedges	0.006	20	0.30	1.8
Reed canary grass	0.002	200	1.0	1.8
Great bullrush	0.004	300	0.50	1.8
Cattail	0.0175	20	1.50	1.8
Reed	0.0046	80	2.50	1.8
Softwood shrub	0.034	3.8	6.0	1.5
Hardwood forest	0.115	0.2	10.0	1.5
Softwood forest	0.14	0.2	10.0	1.5

**m \* D =  
DENSITÀ PIANTE \* DIAMETRO PIANTE**

Quattro Province: Arezzo, Firenze, Grosseto, Siena  
vari corsi d'acqua  
oltre 50 plots di vegetazione ripariale rilevati



**Casi di studio:**  
vari corsi  
d'acqua della  
Toscana, in  
particolare del  
**CBToscanaSud**  
(Arbia,  
Ombrone,  
Merse, Bruna,  
Albegna) e **CB6**  
**+ Pesa**



Torrente Arbia, a monte dell'abitato di Pianella

Torrente Arbia, a valle dell'abitato di Pianella





Fiume Ombrone  
grossetano, nei pressi di  
Buonconvento

Fiume Ombrone  
pistoiese, vicino alla  
confluenza con il  
fiume Arno





Bisenzio  
a  
Prato

## Rilievi speditivi della vegetazione arborea sul torrente Pesa (2/2/24)



	<i>Diametro medio (cm)</i>	<i>Densità (m<sup>-1</sup>)</i>	<i>Rapporto di forma (B/h)</i>
<i>Area di saggio 1</i>	7	0.72	5.6
<i>Area di saggio 2</i>	18	0.4	12
<i>Area di saggio 3</i>	40	0.12	12
<i>Area di saggio 4</i>	65	0.01	11.8

- 1 : Ponterotto, valle ponte
- 2 : Depuratore, valle scarico
- 3 : accanto
- 4 : Botte, a valle della pescaia

### MANUTENZIONE DA PIANO DI CLASSIFICA CONSORZIO BONIFICA 3 MEDIO VALDARNO:

- **Monte Ponterotto tagli selettivi frequenza 2-5 anni (2019 localizzato alla Botte)**
- **Ponterotto - Cerbaia frequenza 5-10 anni (2019 andante e 2021 alla draga)**







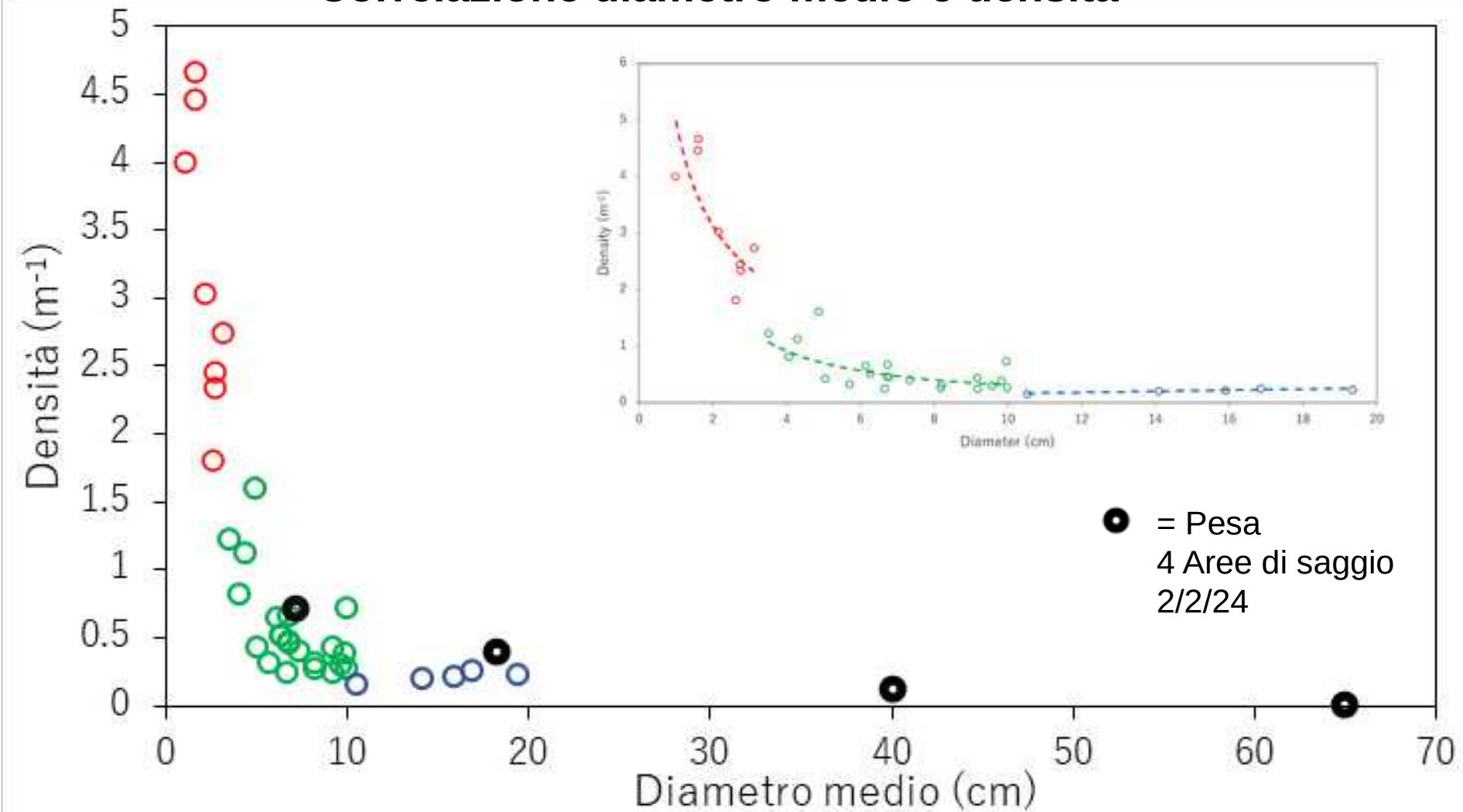
## Rilievi forestali da telerilevamento



Transetti lungo i corsi d'acqua, per determinare:

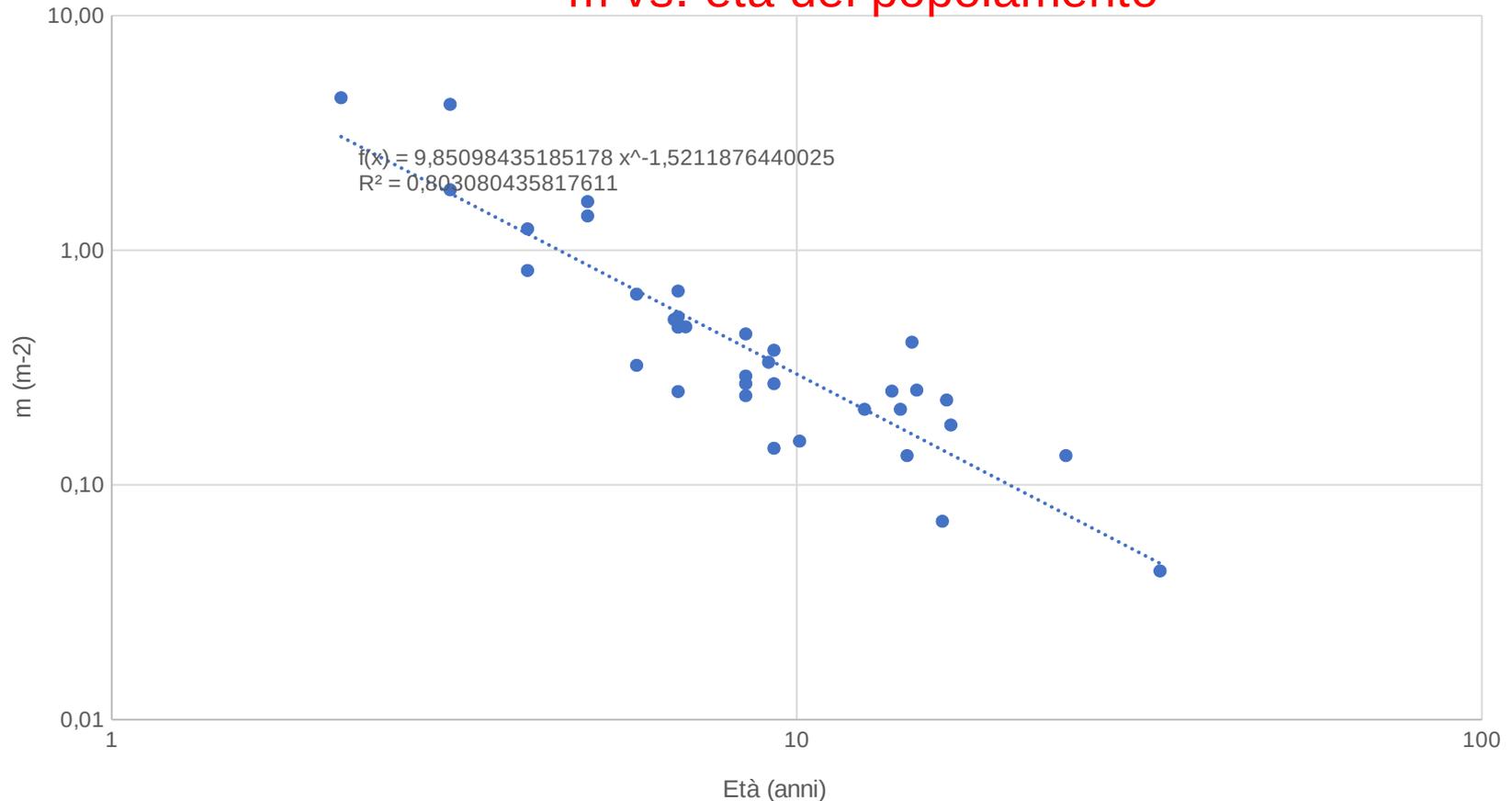
- Specie
- Caratteristiche dendrometriche: diametro, età, numero di polloni per ceppaia
- Area basimetrica ad ettaro ( $G$ ), diametro basimetrico  $d_g$ , Numero di alberi ad ettaro ( $N/ha$ ), densità del soprassuolo ( $m N/mq$ )

## Correlazione diametro medio e densità



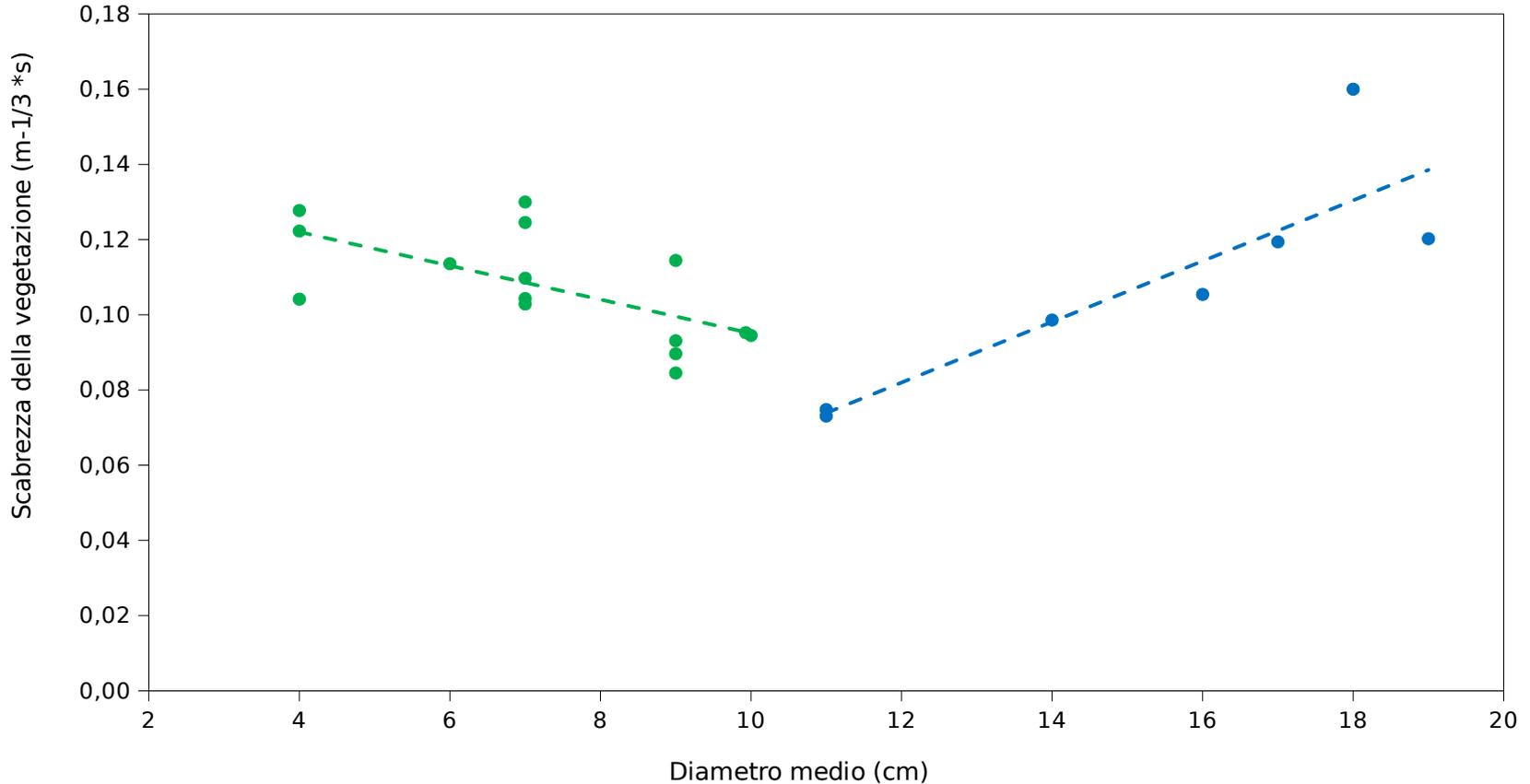
**Maggiore è il diametro medio del popolamento,  
minore è il numero di piante per unità di superficie.**

## m vs. età del popolamento



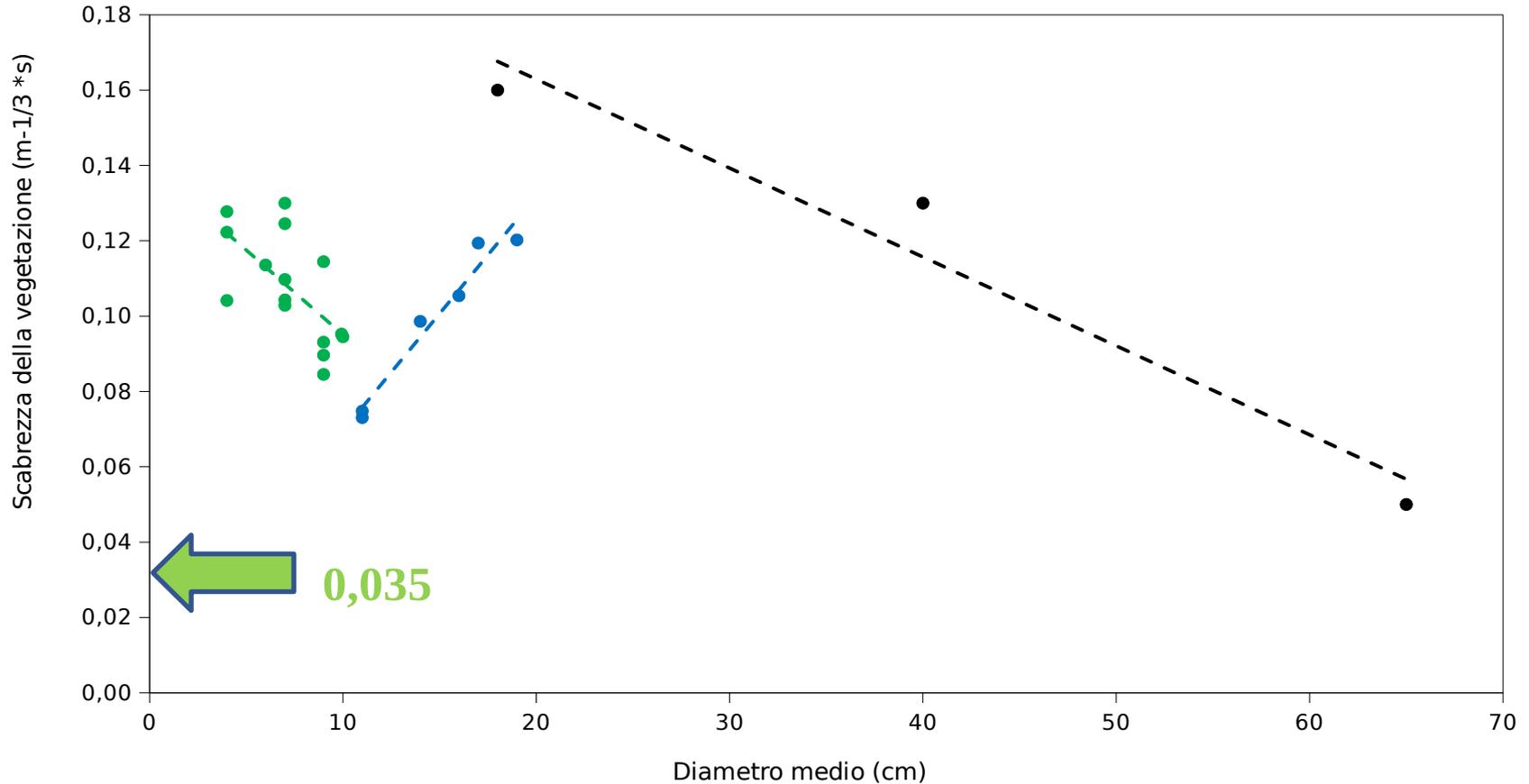
La correlazione segue lo stesso andamento precedente: il numero di alberi per ettaro diminuisce nel tempo con la selezione naturale sulla ceppaia. Importanza per la gestione della vegetazione (diradamento selettivo)

## Correlazione diametro medio e scabrezza della vegetazione



Coefficiente di Manning per  $d_g > 3$  cm calcolato con Baptist per una profondità dell'acqua (Y) di 1 metro, e con Jarvela per  $d_g < 3$  cm

## Correlazione diametro medio e scabrezza locale (non equivalente) della vegetazione



**Prima di 3 anni, la densità del popolamento  $m$  è molto elevata, ma i diametri  $d$  sono piccoli. Tra 3 e 10 anni, la diminuzione della scabrezza è dovuta alla diminuzione della densità del popolamento  $m$ .**

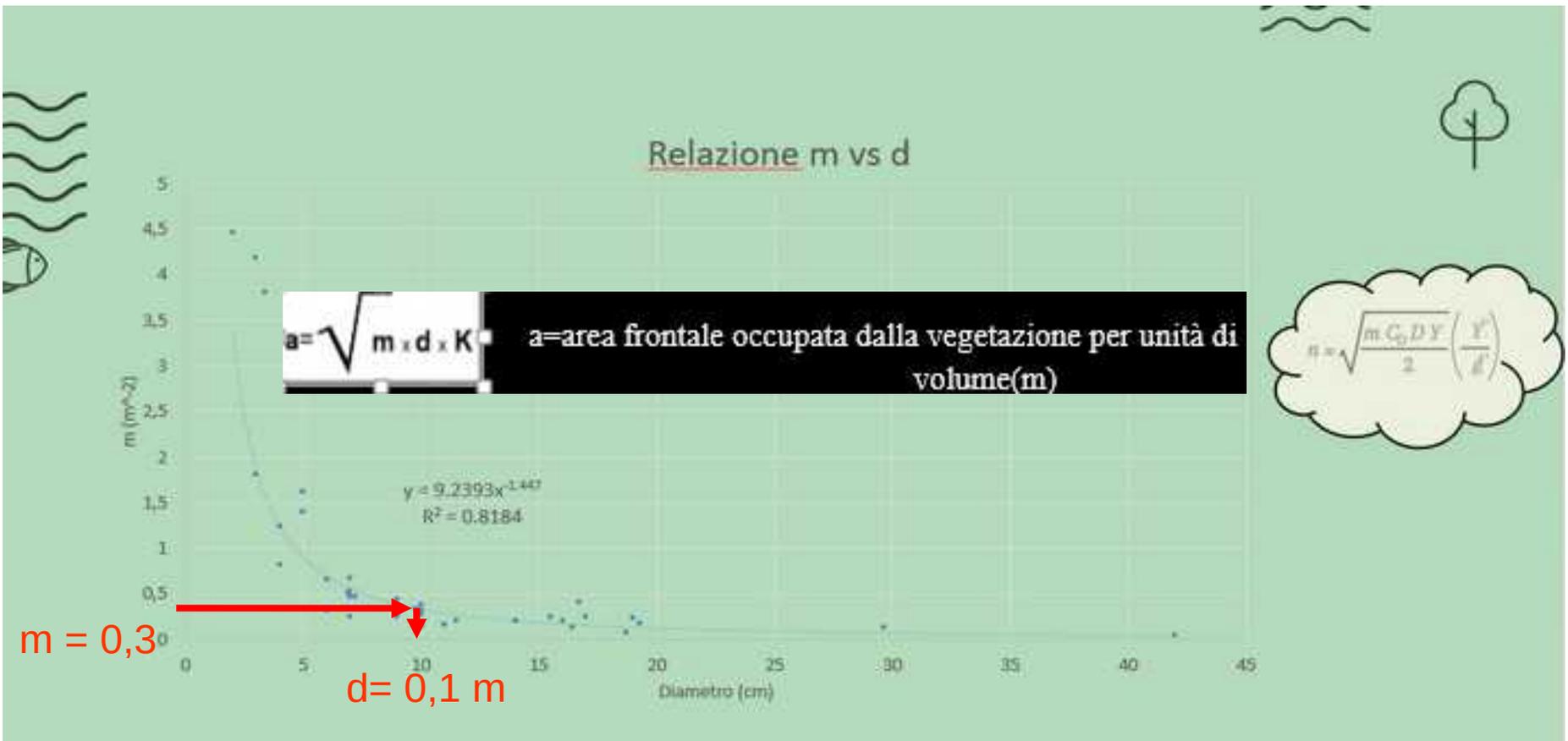
**Dopo 10 anni,  $n$  aumenta per effetto del diametro diventa più importante, per poi diminuire quando il diametro a maturazione e le piante si diradano (fino a valori prossimi a 0,035).**

## Boscaglia selvaggia?

Esempio:

$m = 0,3$   $d = 0,1$  m

Sezione idrica Ombrone  $S = 200$  m<sup>2</sup>



Ingombro vegetazione

$S_v = n \cdot d \cdot K = l/s \cdot d \cdot K = l \cdot m^{0,5} \cdot d \cdot K = 4 \cdot 0,5 \cdot 0,1 \cdot 4 = 0,7$  m<sup>2</sup> (0,3% della sezione idrica)

se fosse vegetato anche il letto 10 m<sup>2</sup> (5 % della sezione idrica)

# Gestione della vegetazione dei corsi d'acqua antropizzati

di Federico Preti, Rossana Saracino, Andrea Signorile



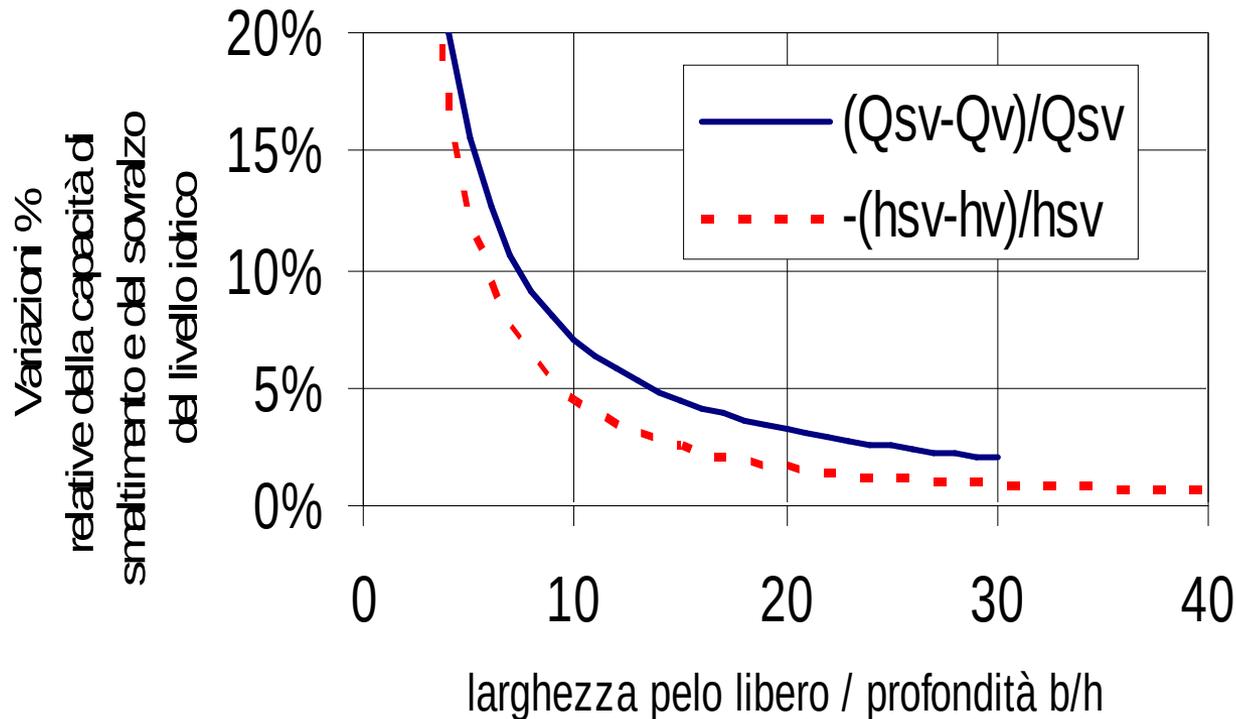
## IL CRITERIO DELLA SELETTIVITÀ NELLA MANUTENZIONE ORDINARIA

- a) diradamento moderato: eliminazione di piante schiantate, fuori asse, pericolanti
- b) diradamento energetico: taglio anche di altre piante per favorire deflussi

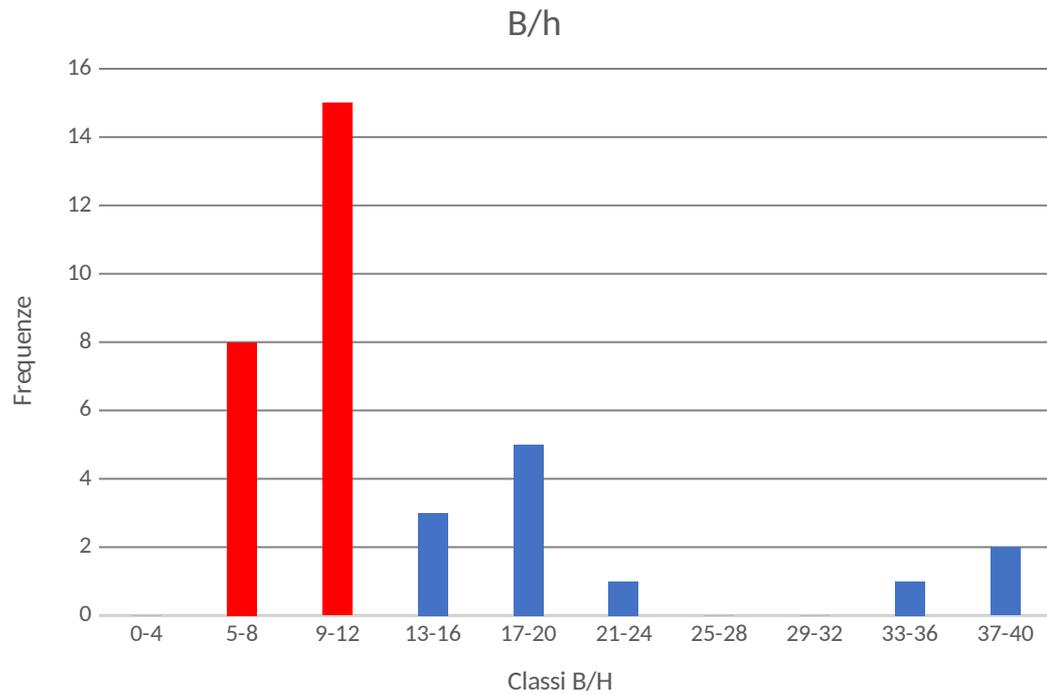


Pesa a la Botte

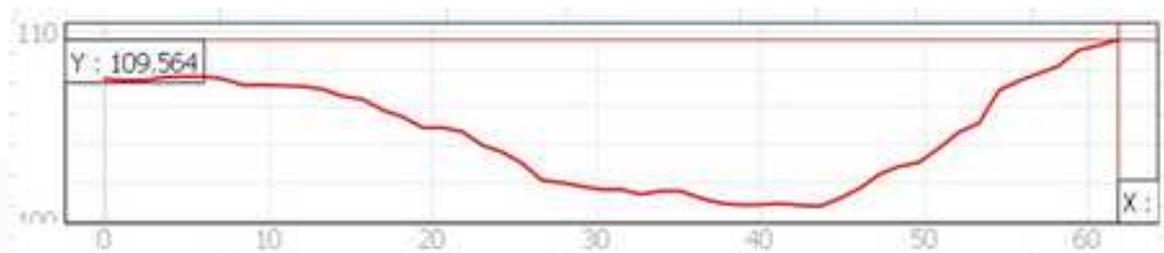
## Fiume Marta



Variazione del rapporto tra portate laterali e portata totale (**riduzione della capacità di smaltimento**) e della variazione relativa di tirante (**sovrizzo idrico**) in presenza ed assenza di vegetazione in funzione del rapporto **larghezza/profondità** per alvei con sponde vegetate (rielaborazione con il modello H-Model (Darby, 1995) al caso del fiume Marta (Guarnieri e Preti, 2007) del diagramma analogo di Mastermann & Thorne, 1992 valido per sezione trapezoidale).



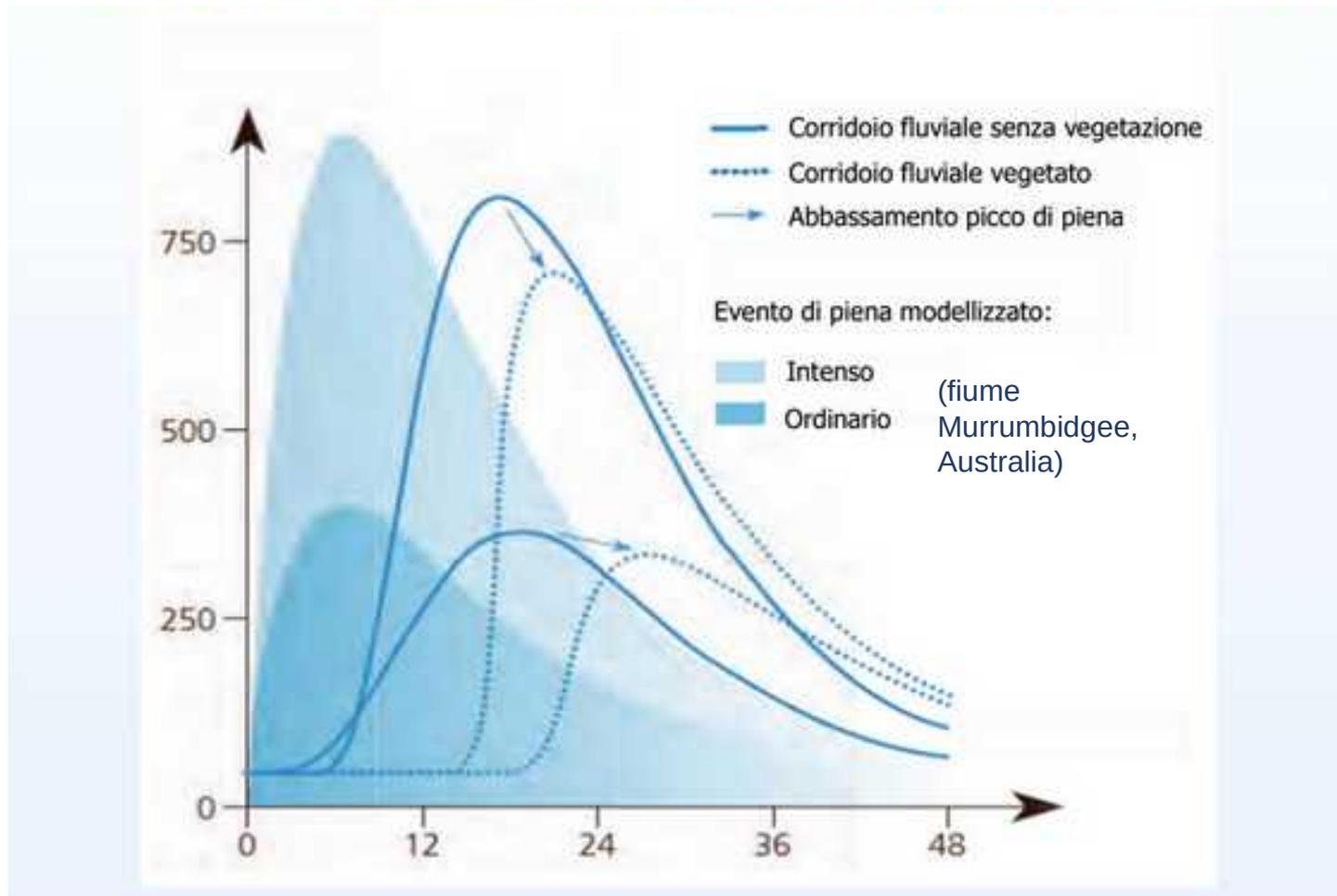
**rapporto B/h delle  
sezioni dei corsi  
d'acqua esaminati**



Pesa a la Botte



## Effetto del mantenimento della vegetazione ripariale (non taglio) sull'idrogramma di piena





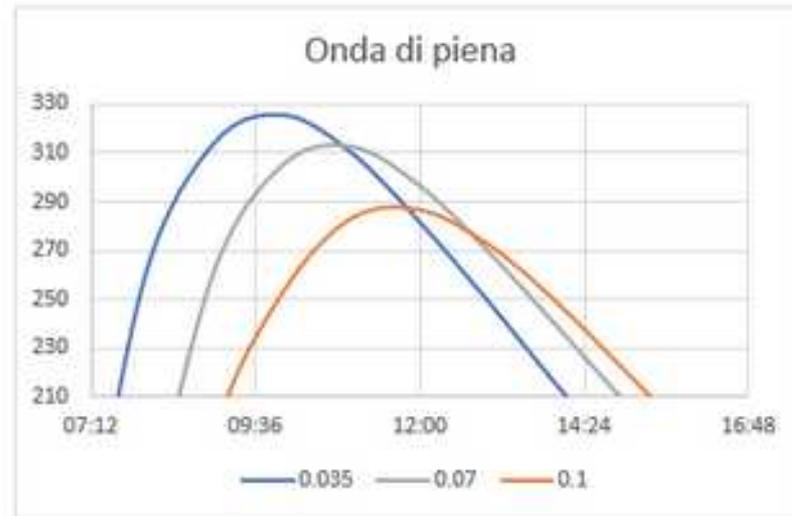
Riduzione del picco di piena di circa 9

mc/s

Moto vario	Coefficiente di scabrezza		
	0.045	0.07	0.1
Picco di piena (mc/s)	286.53	277.29	270.87
Ora	19:30	20:00	20:30

Ritardo del picco di piena di circa 50 minuti

Figura 3 Onde di piena con *differente* coefficiente di scabrezza; blu (0.045), arancione (0.07) e grigio (0.1) e tabella con riferimenti.



Riduzione del picco di piena di circa il 10%

come per le casse di espansione!

Figura 12 Idrogramma di output da modellazione HEC-RAS con *differente* coefficiente di scabrezza.

## IL RUOLO DEL BOSCO NELLA TRATTENUTA DEI DETRITI LEGNOSI (LWD)



**Una vegetazione riparia sviluppata spesso contribuisce a trattenere sedimenti ed altri detriti legnosi, più che a produrne...**



Pesa  
valle  
Botte

## Gli interventi gestionali

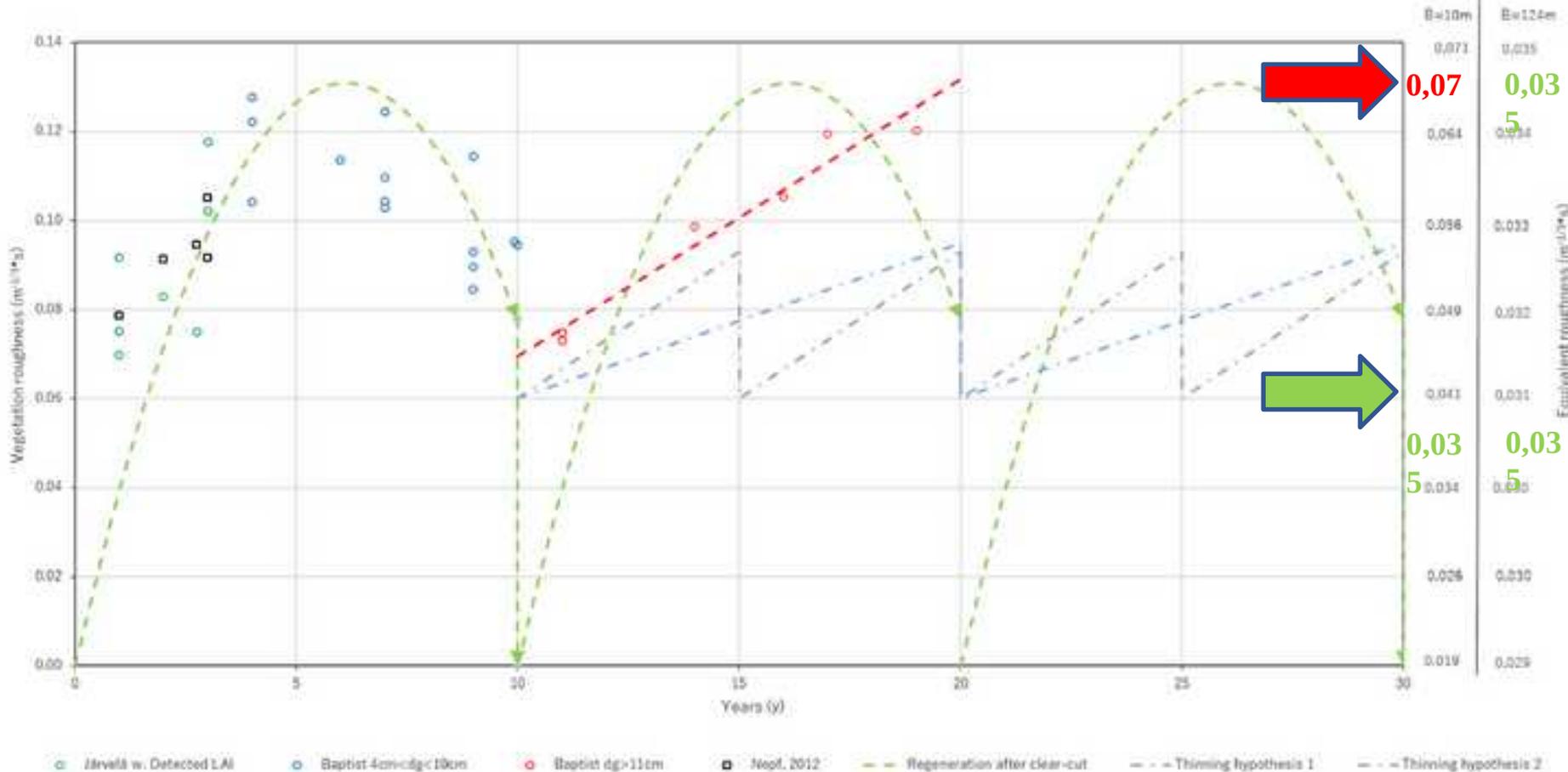
Al fine di valutare gli effetti della vegetazione riparia sul deflusso idrico e pianificarne gli interventi, è necessario applicare **un approccio di analisi multi-scala spazio-temporale**, tenendo in considerazione non solo gli effetti localizzati sul tratto di intervento, ma anche le conseguenze che si genererebbero dagli interventi nei tratti di valle.

Maggiore è la presenza vegetazionale sulle sponde, maggiore è l'altezza dell'acqua nell'alveo a parità di portata e, al contempo, la velocità della corrente si riduce con un aumento del tempo di trasferimento e di laminazione dell'onda di piena.

la **Pericolosità** varia con il taglio della vegetazione **riducendosi del 20% nella sezione**, ma può **aggravarsi del 20% a valle**

## Correlazione fra età (frequenza o turni manutenzione) e scabrezza **locale** e **equivalente** della vegetazione

ALVEO  
STRETTO  
LARGO



**NO** al taglio raso (**attenzione agli effetti a valle e alla ricrescita arbustiva sommersa**)-

Priorità al **NON** intervento oppure pianificare **solo in caso di rischio localizzato** tagli con intensità basso-moderate, ad esempio diradamenti elettivi con intensità non maggiori del 25-30%, a sponde alterne.

Sì al rilascio alla base della sponda di fasce di vegetazione flessibile sponda di fasce di vegetazione flessibile (stabilità, habitat, ombreggiamento, etc.) .

Grazie per l'attenzione  
ed eventuali domande

