



Interreg



UNIONE EUROPEA

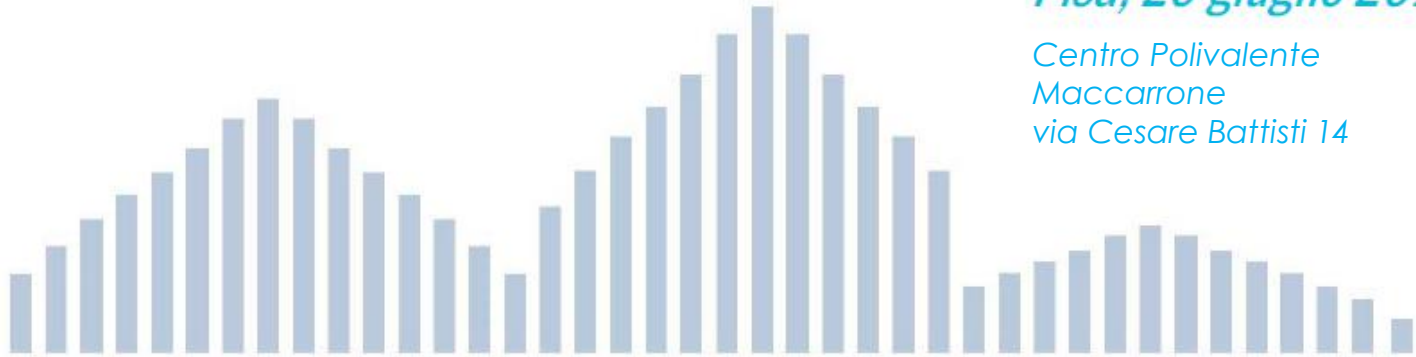
MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Pisa, 29 giugno 2018

Centro Polivalente
Maccarrone
via Cesare Battisti 14



**La gestione dei reticoli e dei bacini idrografici per la resilienza delle città
Innovazioni in Ingegneria Naturalistica**



Federico Preti
Sezione Ingegneria
Agraria, Forestale e dei Biosistemi
[**federico.preti@unifi.it**](mailto:federico.preti@unifi.it)



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

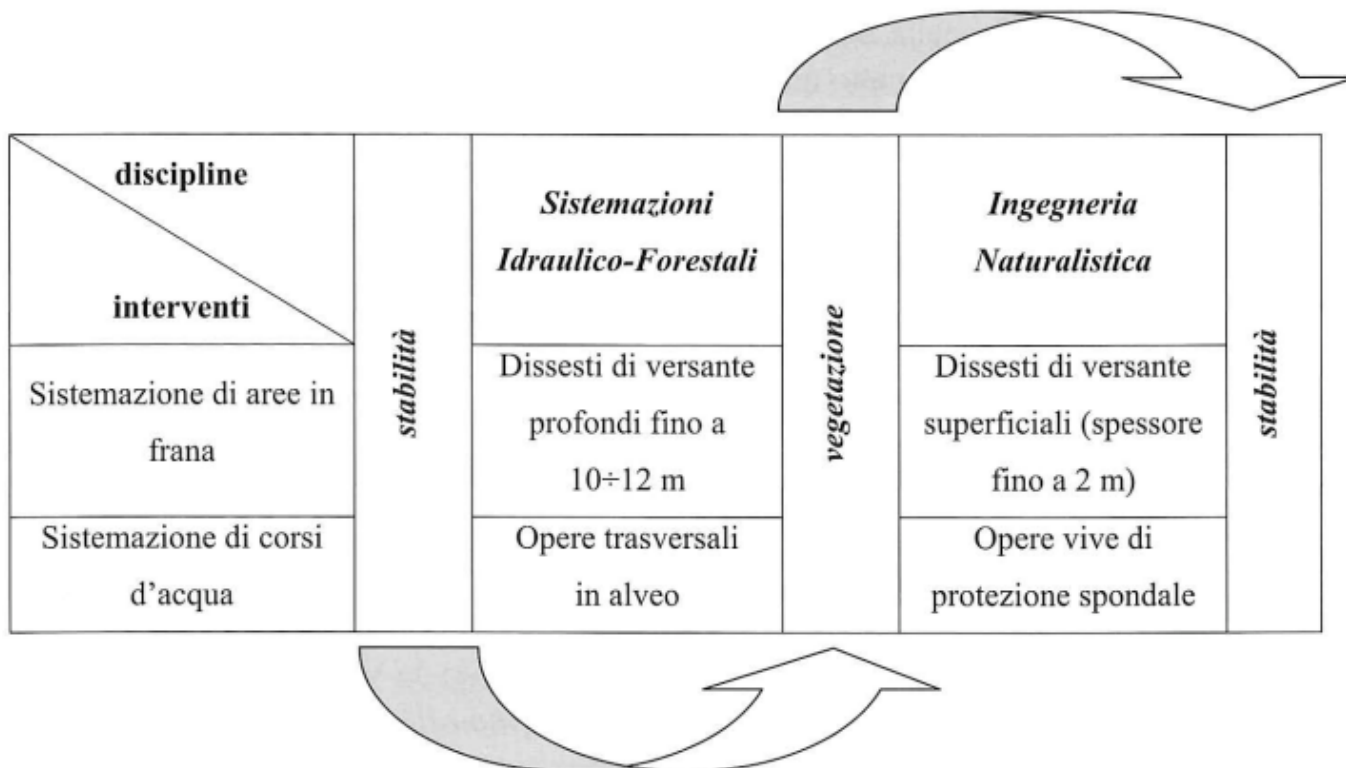
GESAAF
DIPARTIMENTO DI GESTIONE
DEI SISTEMI AGRARI,
ALIMENTARI E FORESTALI

La Cooperazione al cuore del
Mediterraneo
La Coopération au cœur de la
Méditerranée

SISTEMAZIONI IDRAULICO-FORESTALI E INGEGNERIA NATURALISTICA

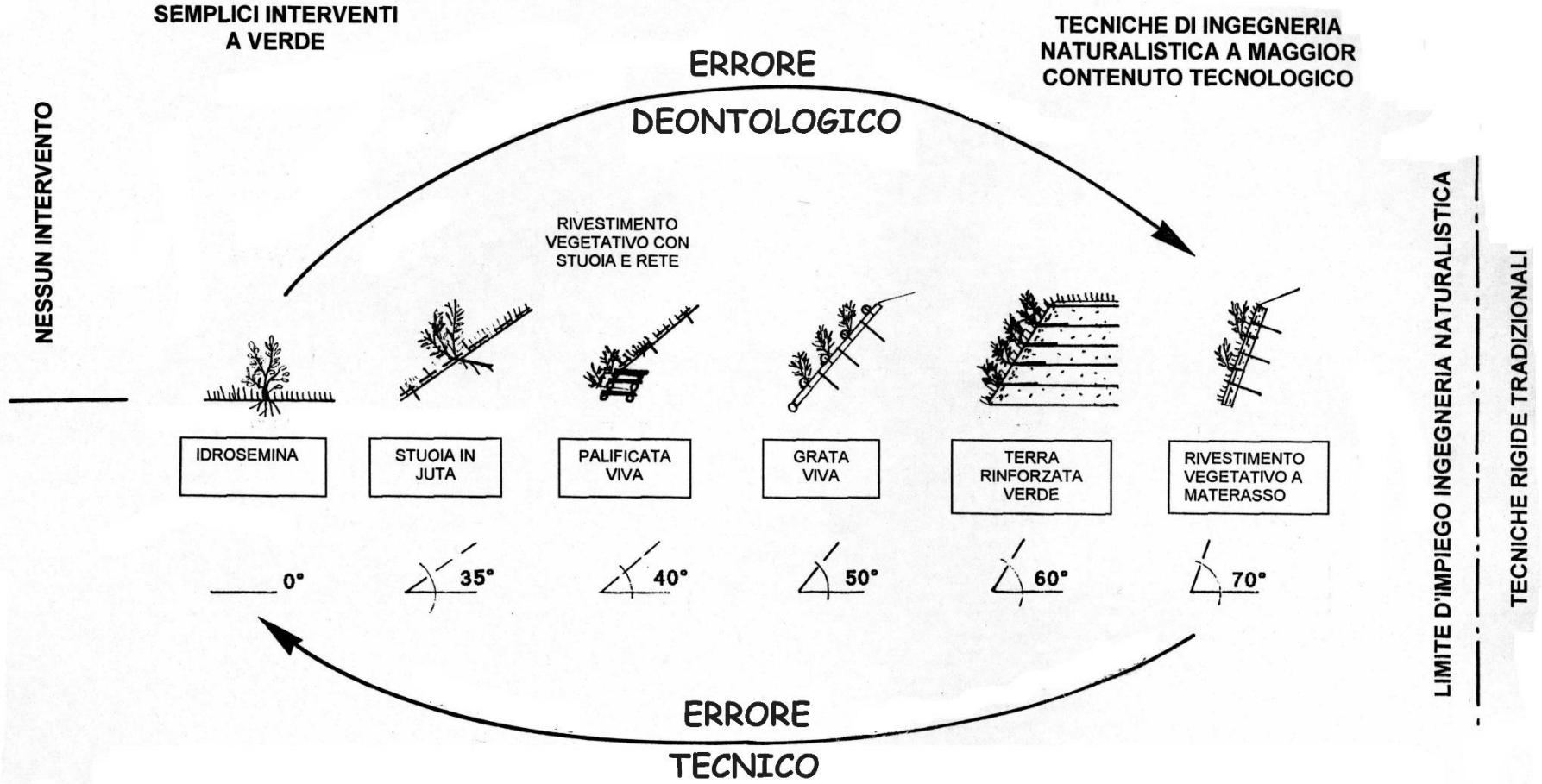
Interventi con opere realizzate utilizzando piante vive come materiale da costruzione e altri materiali reperibili in loco (Schiechtl, 1987 in Regione Toscana, 2000), in genere per la realizzazione di sistemazioni a difesa del territorio

**LA VEGETAZIONE INDUCE STABILITÀ E
LA STABILITÀ PRODUCE VEGETAZIONE.**



LIVELLO MINIMO DI ENERGIA

INTERVENTI DI INGEGNERIA NATURALISTICA



"...SE FOSSE STATO SUFFICIENTE USARE UNA STUOIA IN JUTA, AVER USATO UNA GRATA VIVA O UN RIVESTIMENTO VEGETATIVO A MATERASSO : SAREBBE UN ERRORE (DEONTOLOGICO)....."

MA

"...SE FOSSE STATO NECESSARIO USARE UNA GRATA VIVA O UN RIVESTIMENTO VEGETATIVO A MATERASSO ,AVER USATO UNA STUOIA IN JUTA : SAREBBE UN ERRORE (TECNICO)....."

Corsi Ministero Ambiente Regioni Ob. 1 –

Autore: G. Sauli

VEGETAZIONE IN ALVEO



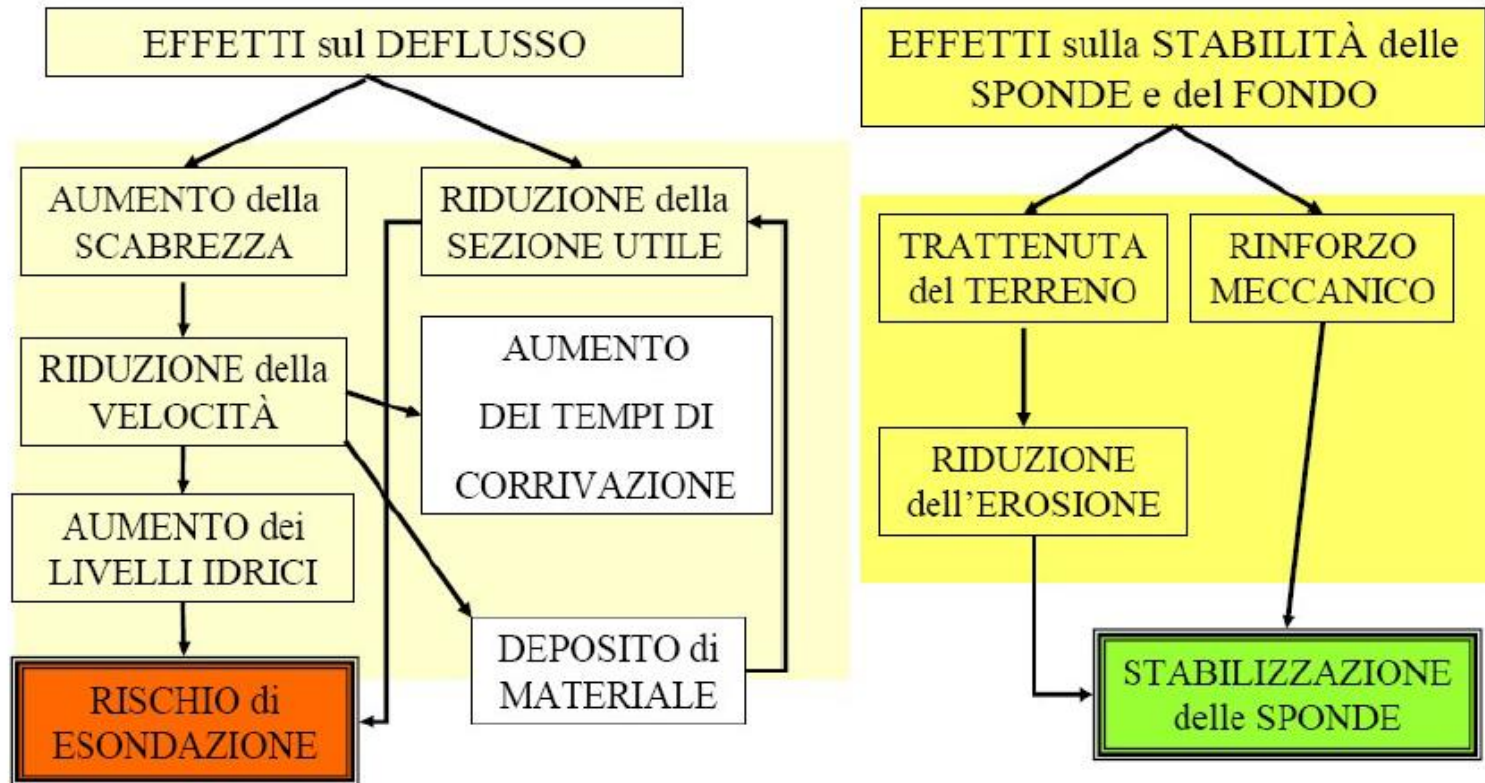
**Tutela e gestione degli ambienti fluviali,
serie atti e studi n° 8, WWF Italia,**

Roma, 1991

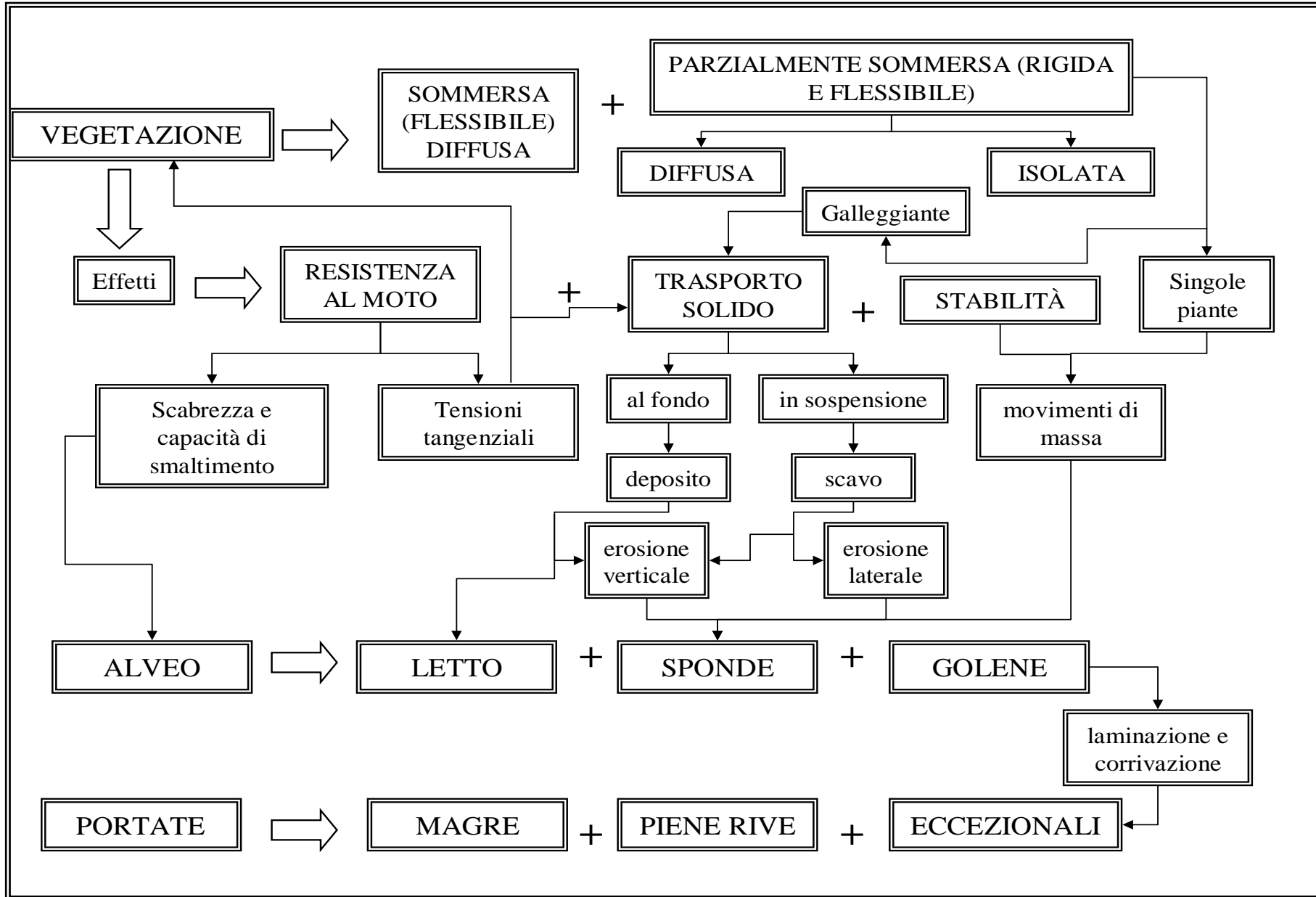
**Conoscenza (parametrizzazione)
vegetazione in alveo => interesse per:**

- **sicurezza idraulica**
- **stabilità plano-altimetrica (alveo e sponde)**
- **riqualificazione e manutenzione degli ecosistemi fluviali**
- **progettazione di opere vive e loro evoluzione temporale**
- **corretta gestione delle fasce ripariali**
- **riduzione dei costi degli interventi di taglio**
- **recupero di risorse dalla biomassa.**

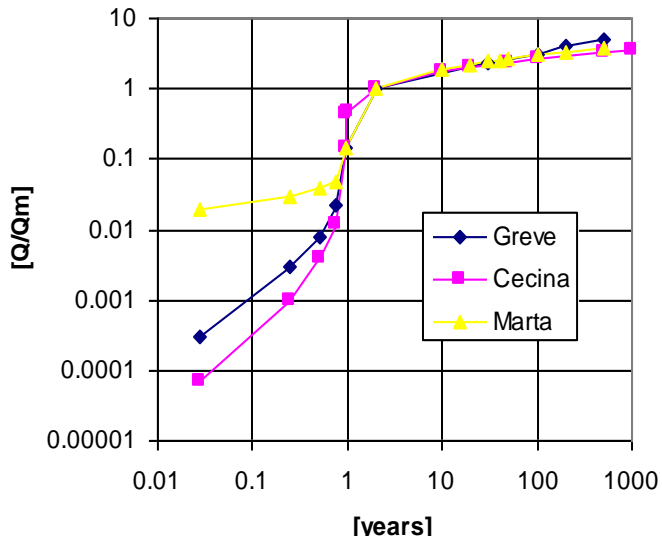
MINIMIZZARE GLI EFFETTI DI AUMENTO DEL RISCHIO



interazioni alveo-vegetazione



Schema dei livelli idrici di riferimento per l'analisi degli effetti della vegetazione in alveo (curva di durata/crescita)

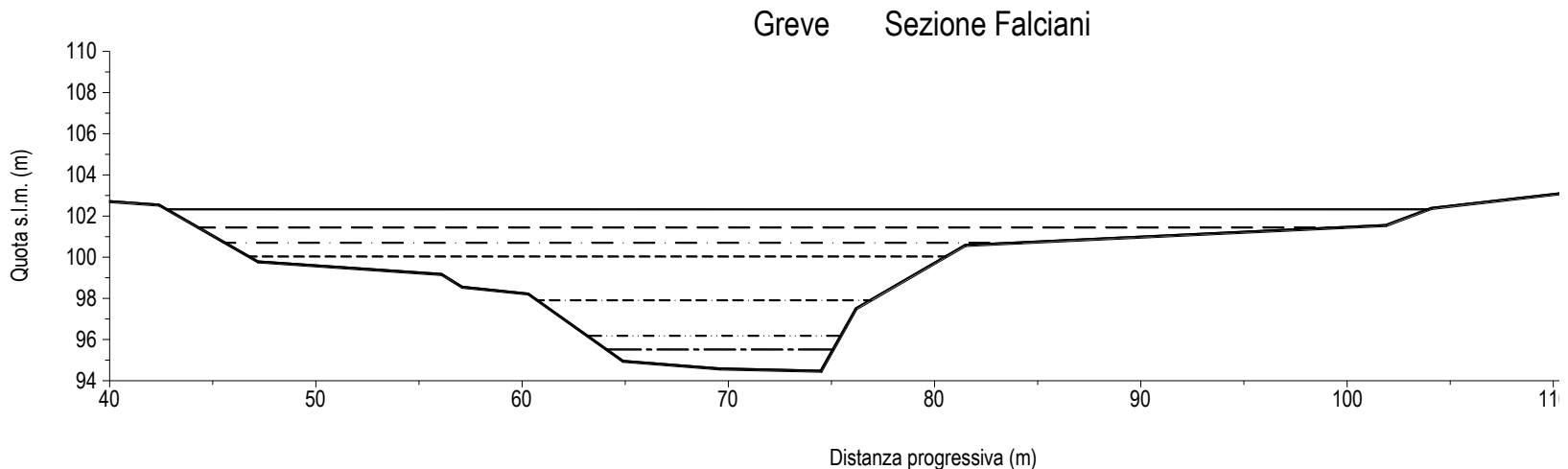


Portate centenarie (rischio idraulico o esondazione in aree golenali/di espansione)

Portate ordinarie o

Portate modellanti o formative alveo (stabilità plano-altimetrica alveo inciso)

Portate di magra (sommersione continua)

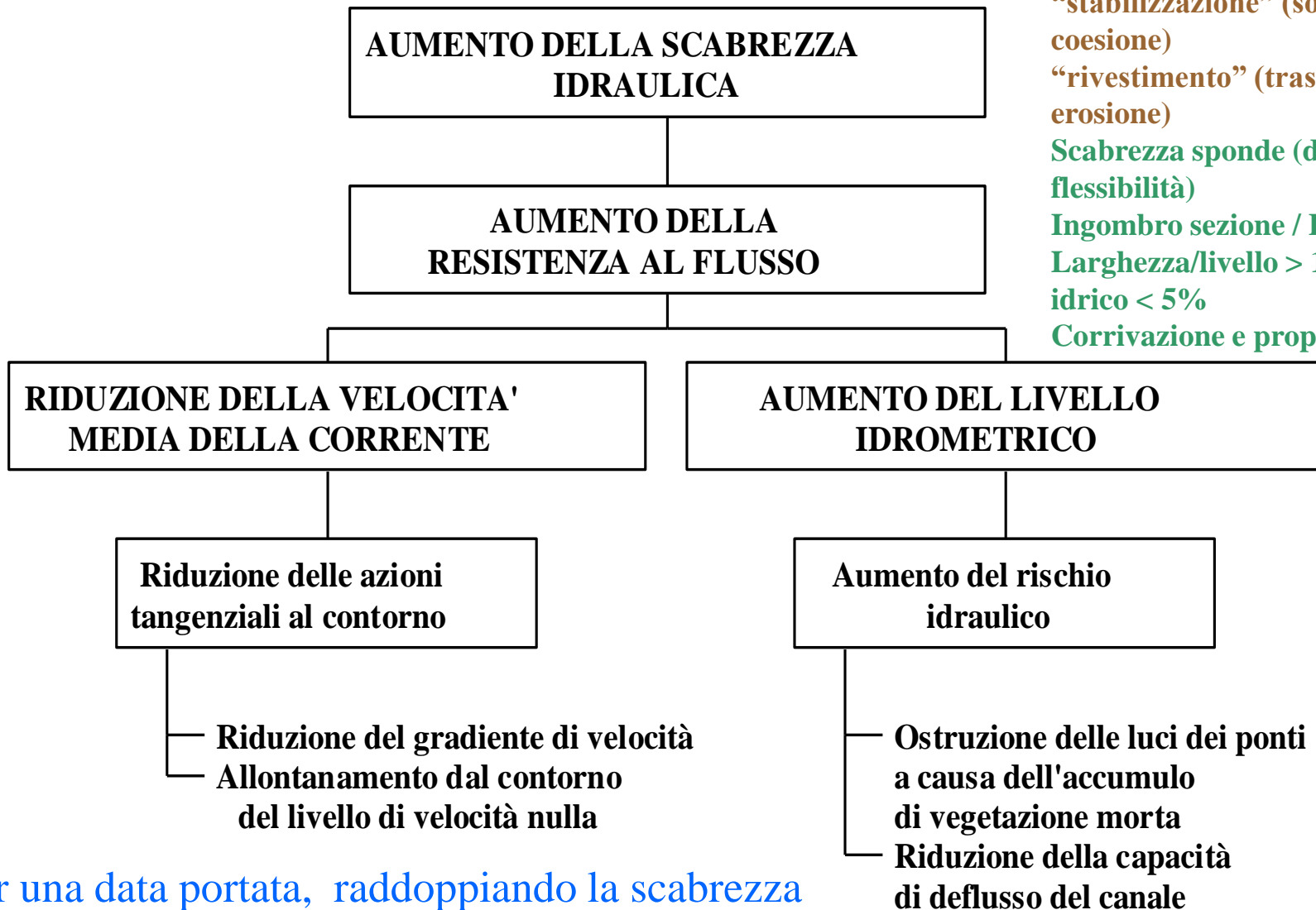


D.P.R. 14/04/1993: “Atto di indirizzo e coordinamento alle regioni recante criteri e modalità per la redazione dei programmi di manutenzione idraulica”

*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”.*

EFFETTI DELLA VEGETAZIONE RIPARIALE SULLA CORRENTE

“Altri” effetti vegetazione in alveo
“consolidamento” e/o
“stabilizzazione” (sostegno e coesione)
“rivestimento” (trascinamento e erosione)
Scabrezza sponde (densità e flessibilità)
Ingombro sezione / Piante isolate
Larghezza/livello > 10 : sovralzo idrico < 5%
Corrivazione e propagazione



Per una data portata, raddoppiando la scabrezza (cfr. Tab. 4) si ha un incremento di livello idrico del 50% e una riduzione della velocità del 34%.



SCABREZZA (attrito/turbolenza)

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

Un problema: come gestire la vegetazione spontanea nei canali?

Conflitto fra riduzione del rischio idraulico e tutela dell'ecosistema

Condizioni di piena vegetazione (20/07/2016)



Velocità media della corrente

$V = V$ (scabrezza, raggio idraulico – livello, pendenza)

Tensione tangenziale o sforzo di trascinamento

$\tau = \tau$ (pendenza, raggio idraulico – livello idrico) $\propto V^2$

Portata

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

i_c = pioggia critica netta (perdite di afflusso, tempo di corrivazione, tempo di ritorno)

Casi di studio: Marta, Greve e Arno

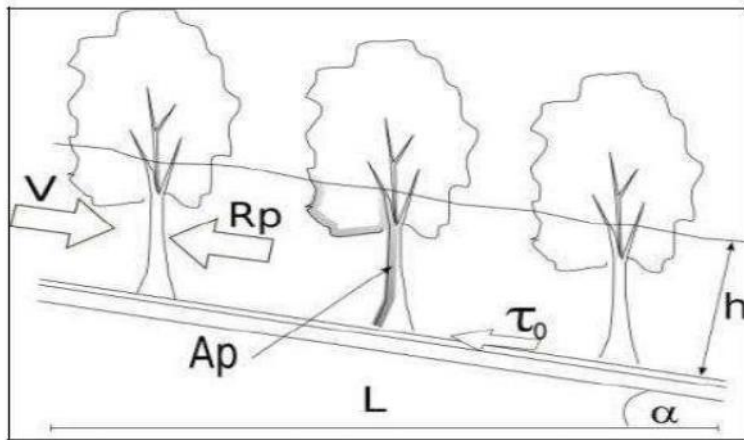
18.3.2000

Stato dell'arte

Modelli di resistenza

distinzione concettuale fra vegetazione:

- Rigida o flessibile
- Sommersa o emergente
- Scala di modellazione (leaf, patch o reach)

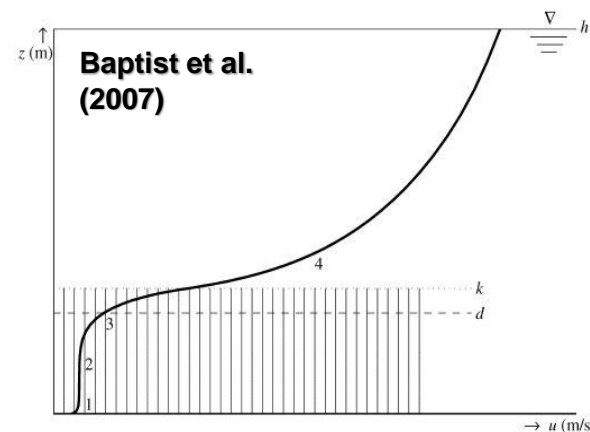
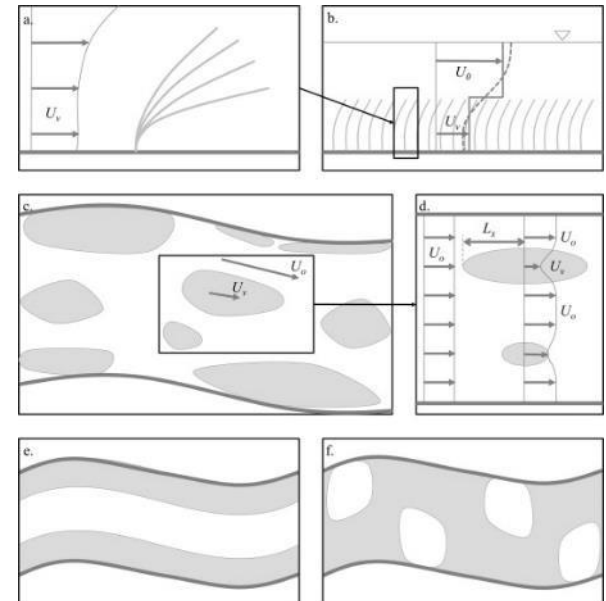


Petryk & Bosmajan (1979)

$$f'' = 4C_{dx}LAI \left(\frac{U}{U_x} \right)^x$$

Aberle & Jarvela, 2013

Luhar & Nepf (2012)



2. Materiali e metodi: applicazione e analisi critica di modelli esistenti

$$n = \left(\frac{C_D a}{2} \right)^{\frac{1}{2}} \frac{h^{\frac{2}{3}}}{g^{\frac{1}{2}}}$$

$$C_{rJ} = \sqrt{\frac{2g(1-\lambda)}{ahC_d}}$$

$$n = \sqrt{\left(\frac{f}{8g} \right)} \cdot R^{\frac{1}{6}}$$

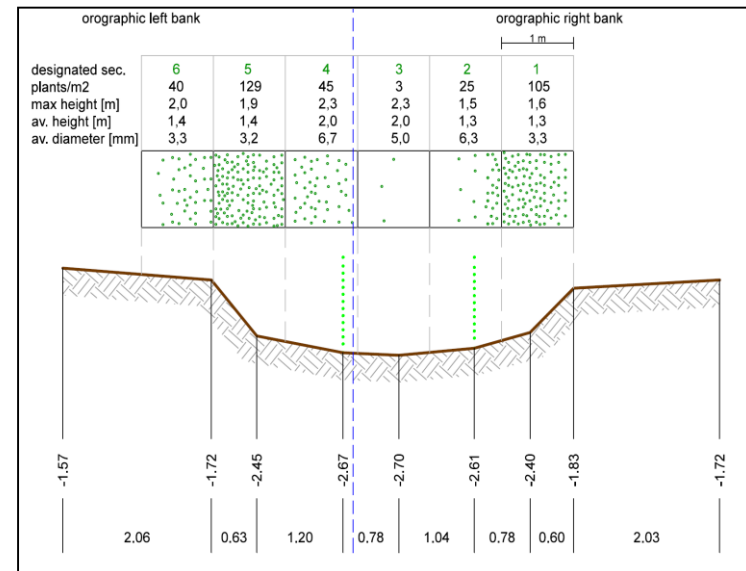
Nepf, H.M. (2012b). Hydrodynamics of vegetated channels. J. Hydraulic Res. 50(3), 262–279.

James, C.S., Birkhead, A.L., Jordanova, A.A., O’Sullivan, J.J. (2004). Flow resistance of emergent vegetation. J. Hydraul.Res. 42(4), 390–398.

Yang, W., Choi, S.-U. (2010). A two-layer approach for depthlimited open-channel flows with submerged vegetation. J. Hydraulic Res. 48(4), 466–475.

Scabrezza equivalente con 5 diversi metodi:

- Lotter
- Pavlovskii
- Horton
- Yen
- Colebatch



Materiali e metodi

Ubicazione: Fossi Bresciani e Piaggetta – Versilia – Consorzio TN



Inquadramento del problema: **come gestire la vegetazione in alveo nei canali di bonifica?**

Sfalcio della vegetazione: trinciatrice e benna falciante



Sfalcio con trinciatrice



Sfalcio subacqueo con benna falciante

Inquadramento del problema: **come gestire la vegetazione in alveo?**

Rimozione totale della vegetazione dal letto e dalle sponde



Inquadramento del problema: **come gestire la vegetazione in alveo?**

Test di soluzioni alternative meno impattanti

Rilascio di fascia vegetata su una sponda



1. Stato dell'arte

Misure sperimentali su *Phragmites australis*



Meijer & Van Velzen, (1998)



Zhang et al. (2015)



Shucksmith et al. (2011)



Rhee et al. (2008)

2. Materiali e metodi: **rilievo vegetazionale**

- 1) **Condotto su plot 1x1 m lungo le sezioni trasversali rilevate per lo studio idraulico**
- 2) **Rilievo di: specie prevalenti, numero degli steli, diametro, altezza media, altezza massima**



2. Materiali e metodi: portate artificiali

4 idrovore mobili: step crescenti da 0.3 a 1.2 m³/s



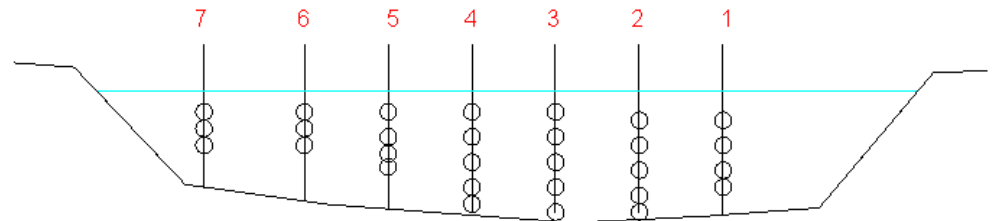
2. Materiali e metodi: misure idrauliche

2) Misurazione della distribuzione delle velocità puntuali



a) Individuazione di 7 verticali di misura, spaziate di 50 cm

b) Misurazione della velocità con mulinello USGS Type AA;



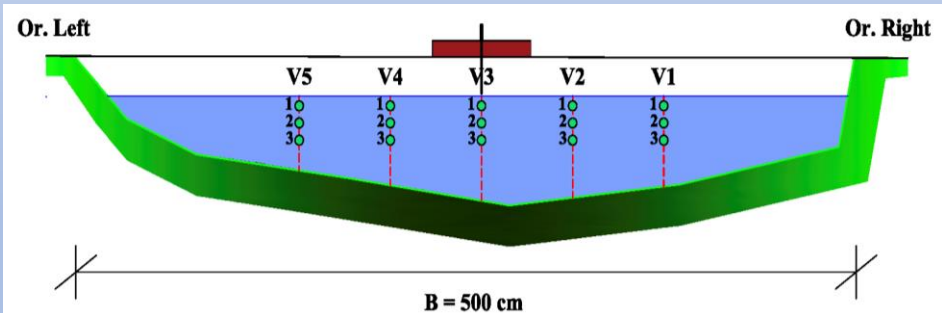
SENSORS AND MEASUREMENTS

Velocity measurements along 5 verticals on two cross-sections

Upstream Section
ADV



Downstream Section
Current meter



Measurement
point grid



Time-lapse
stage
measurements
at each cross
section

Vegetation
distribution
measurements on
sampling plots

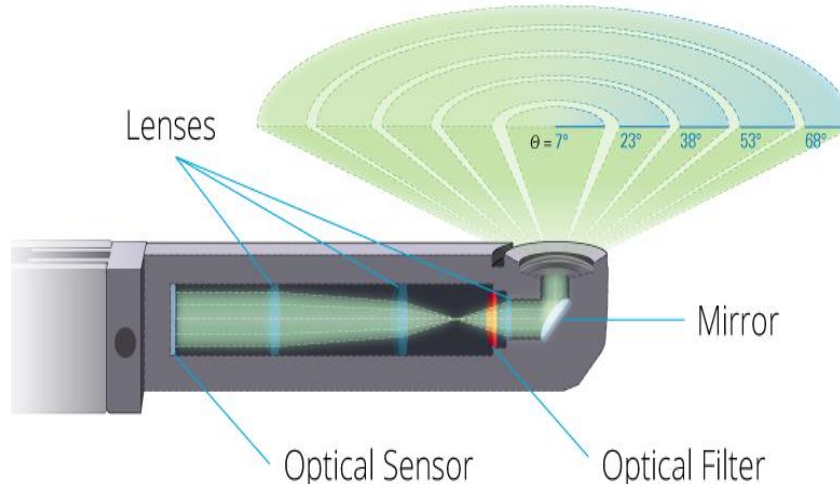


Survey of
density, height
and diameters

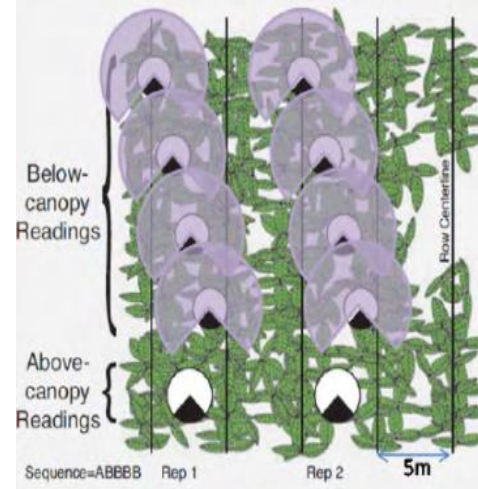


LAI surveys with
LiCor2000

In situ LAI MEASUREMENTS



LAI-2000 Scheme



In situ LAI measurements method



90° Plug



Vegetation survey quadrant

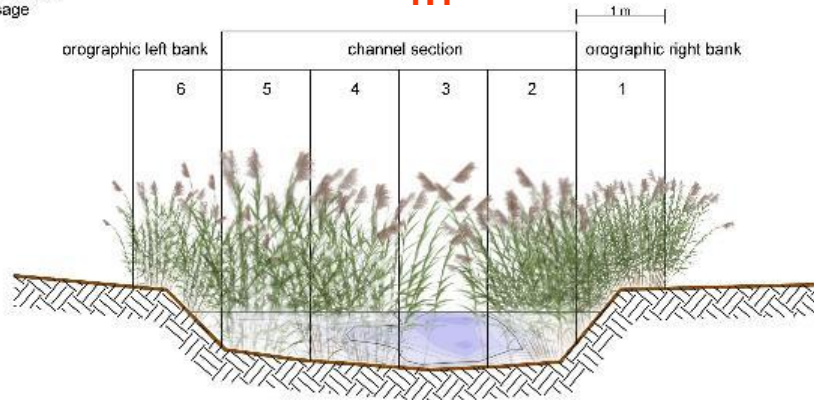


In situ LAI measurements

3. Risultati: distribuzione delle velocità nella sezione mediana: PIENA VEGETAZIONE

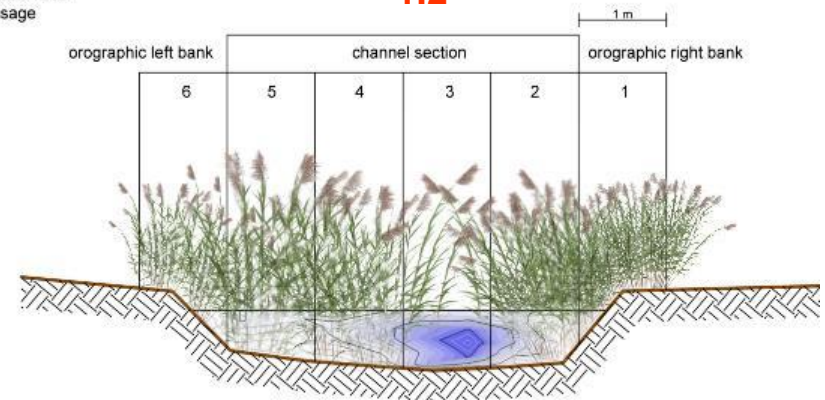
section 1200
passage

1.1



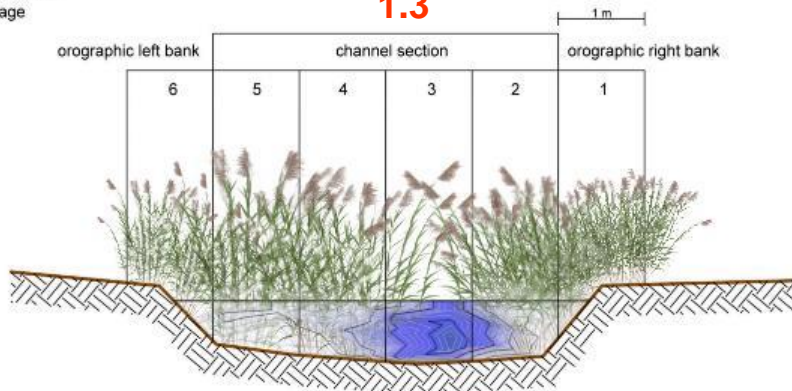
section 1200
passage

1.2



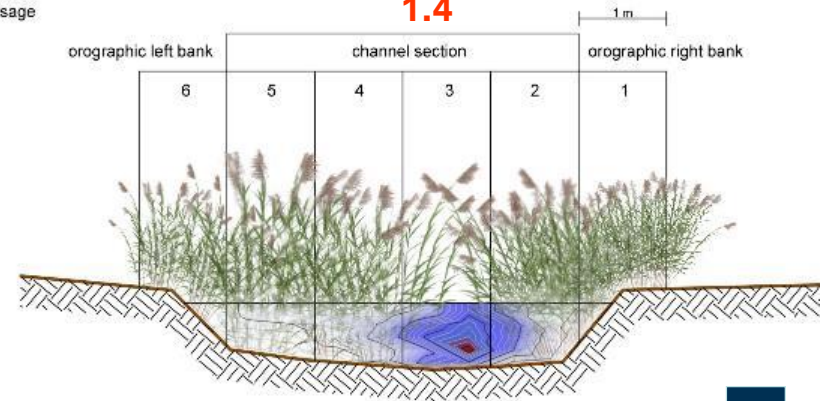
section 1200
passage

1.3



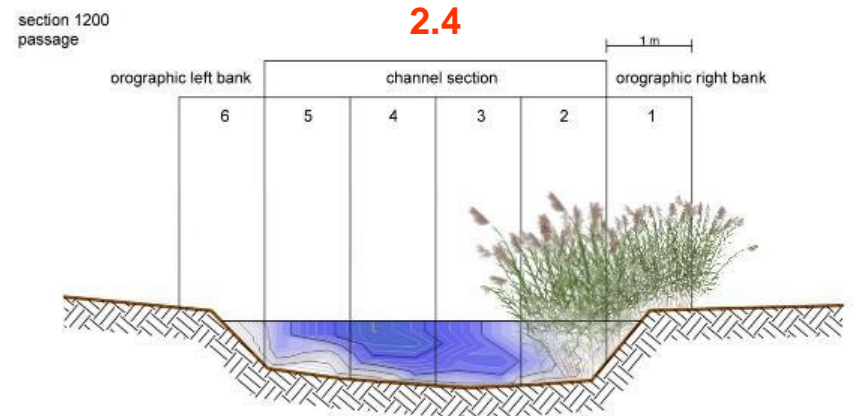
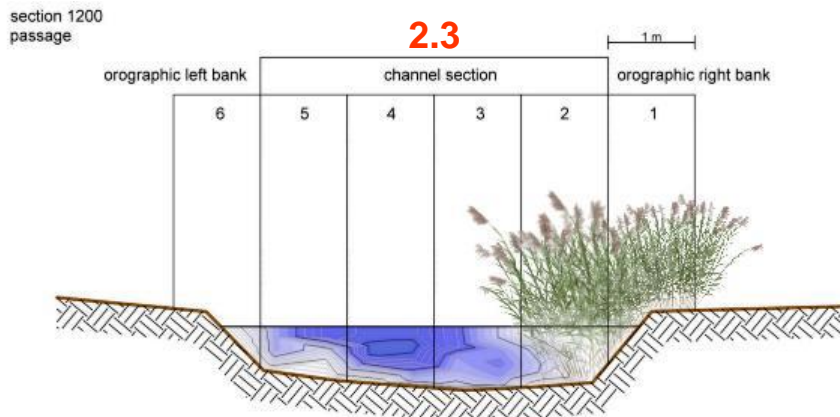
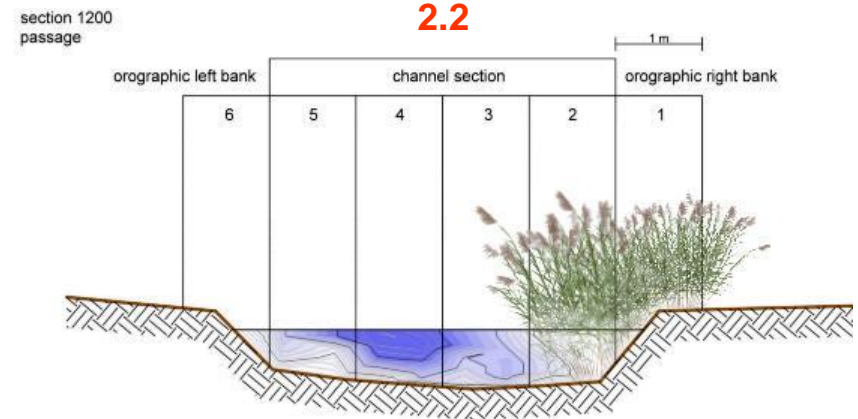
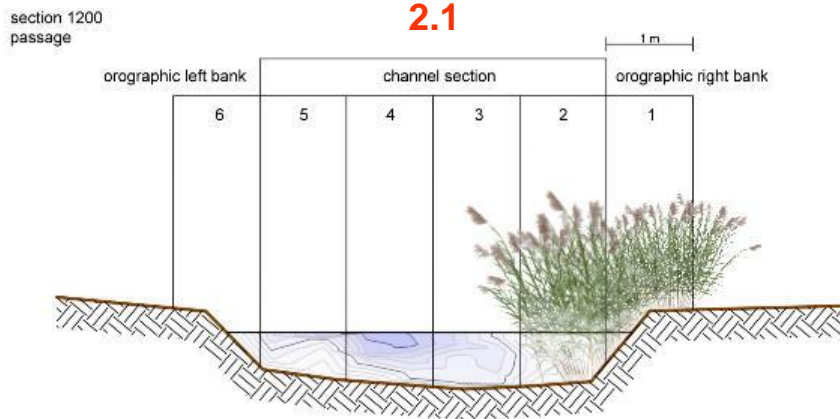
section 1200
passage

1.4



(Maxwald M., 2016)

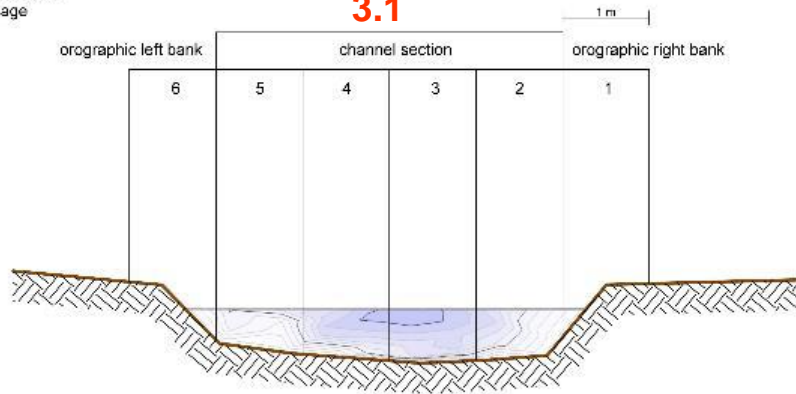
3. Risultati: distribuzione delle velocità nella sezione mediana: RILASCIO DI FASCIA SU UNA SPONDA



3. Risultati: distribuzione delle velocità nella sezione mediana: **RIMOZIONE TOTALE DELLA VEGETAZIONE**

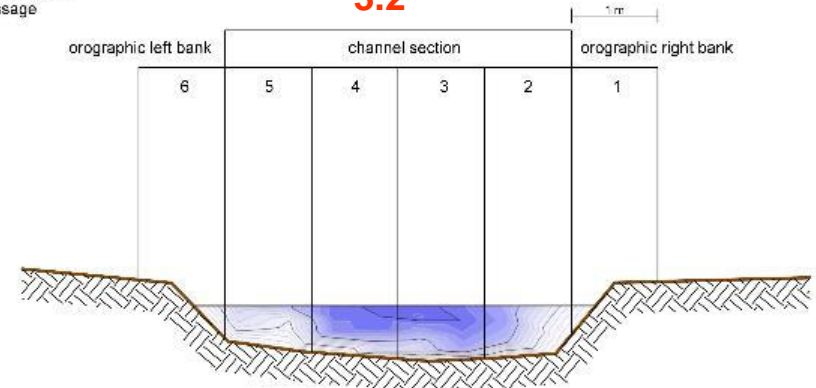
section 1200
passage

3.1



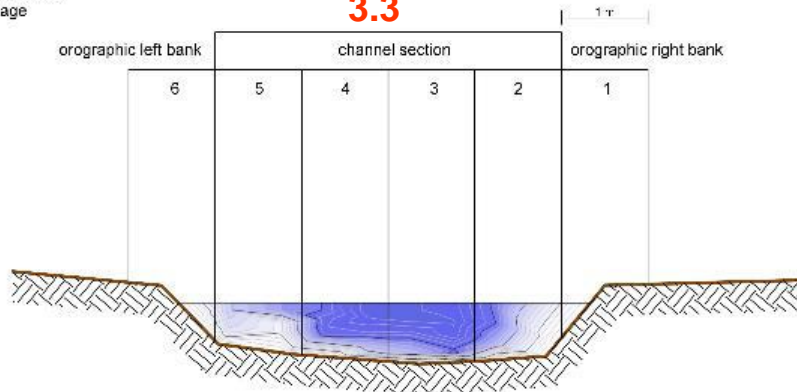
section 1200
passage

3.2



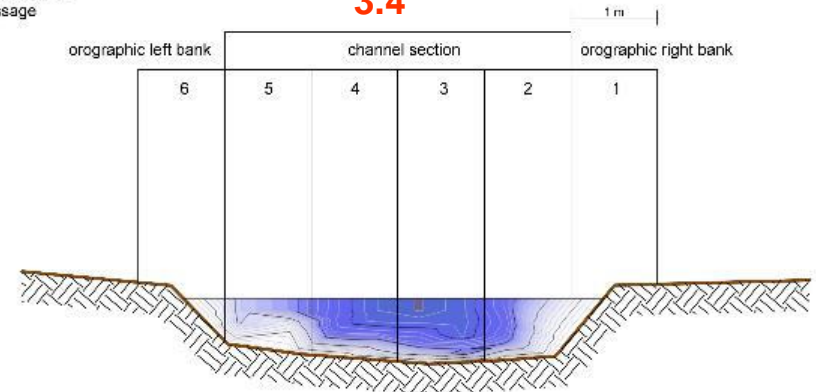
section 1200
passage

3.3

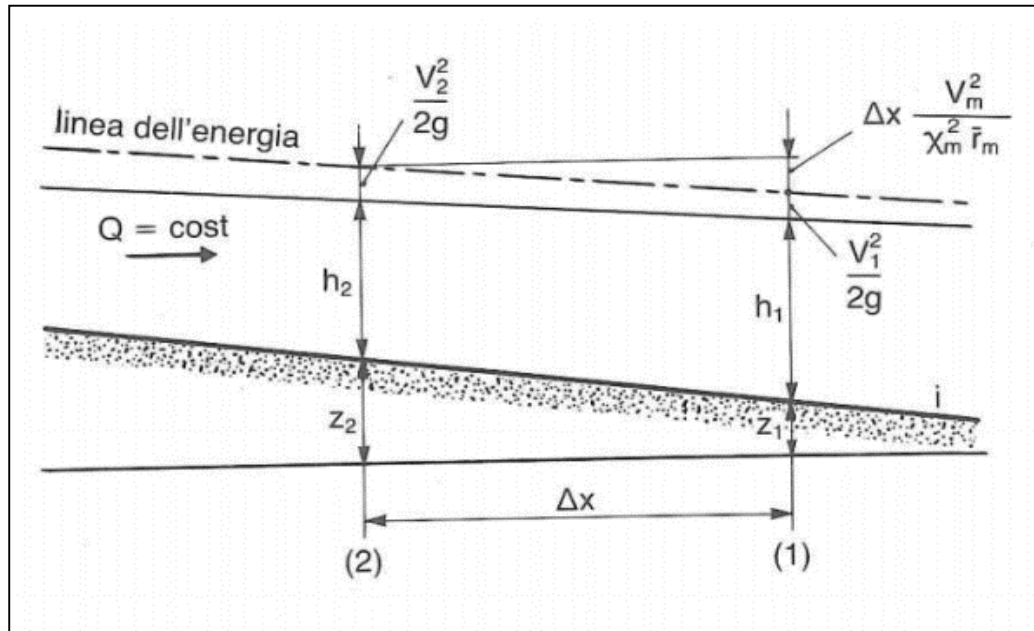


section 1200
passage

3.4



Stima del coefficiente di scabrezza equivalente in condizioni di moto permanente gradualmente variato

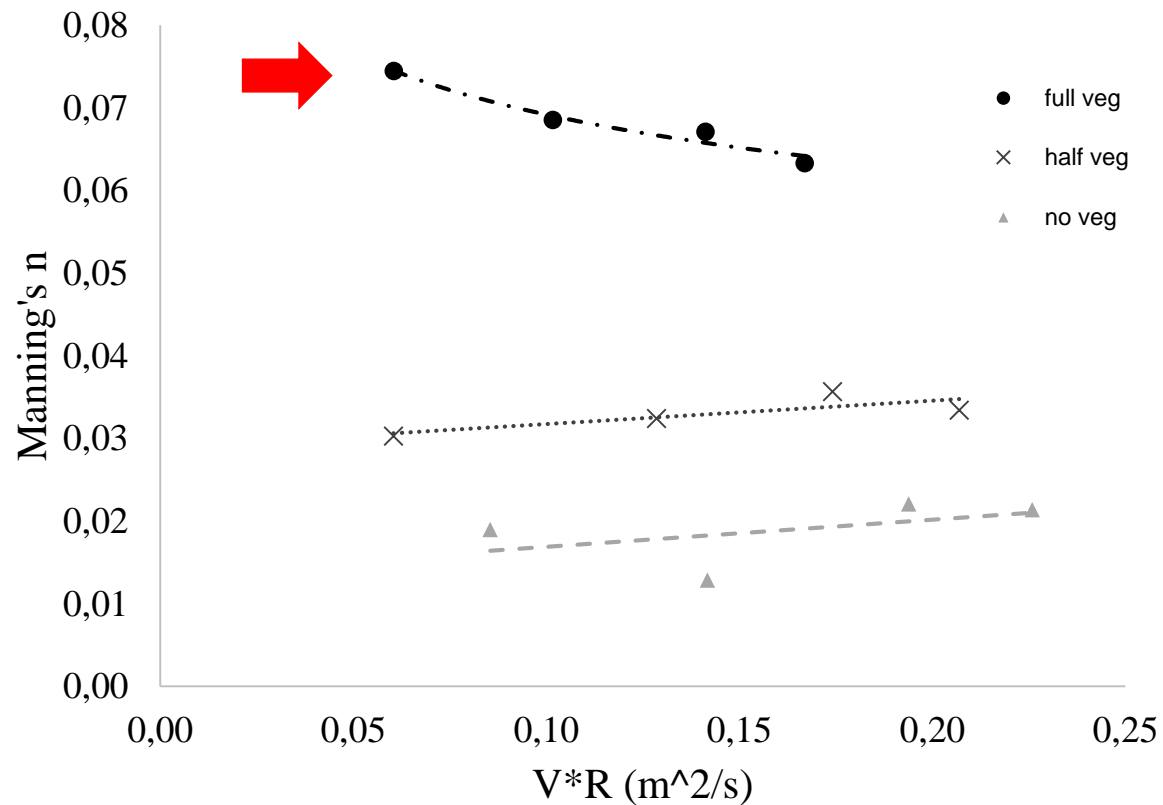


$$n = \sqrt{\frac{\Delta E}{\Delta x}} \cdot \frac{R_m^{\frac{2}{3}}}{V_m} = \sqrt{\frac{z_2 + h_2 + \frac{V_2^2}{2g} - z_1 - h_1 - \frac{V_1^2}{2g}}{L}} \cdot \frac{R_m^{\frac{2}{3}}}{V_m} = J^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{R_m^{\frac{2}{3}}}{V_m}$$

Parametri delle due sezioni
Parametri medi

3. Risultati: Stima dei coefficienti di scabrezza

	Scenario	Portata [m ³ /s]	Manning's n
1.1	Full Veg	0.31	0.074
1.2	Full Veg	0.53	0.069
1.3	Full Veg	0.75	0.067
1.4	Full Veg	0.9	0.063
2.1	Half Veg	0.31	0.030
2.2	Half Veg	0.67	0.032
2.3	Half Veg	0.93	0.036
2.4	Half Veg	1.13	0.034
3.1	No Veg	0.43	0.019
3.2	No Veg	0.72	0.013
3.3	No Veg	1.02	0.022
3.4	No Veg	1.22	0.021



FLOW VELOCITIES MEASUREMENTS



MANAGEMENT SCENARIOS

Non-management



Central cut



Total cut



Reed residuals after cutting



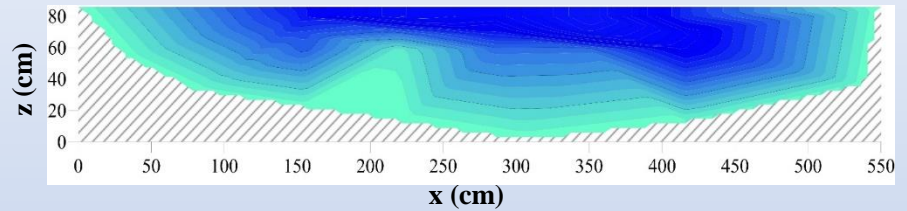
Machinery: excavator with cutting bucket and tractor with mulcher

PRELIMINARY HYDRAULIC RESULTS – VELOCITY CONTOURS

1) *Full Vegetation scenario*



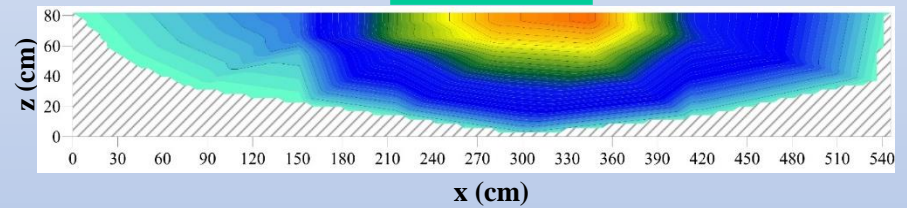
$Q = 0.13 \text{ m}^3/\text{s}$



2) *Half Vegetation scenario*



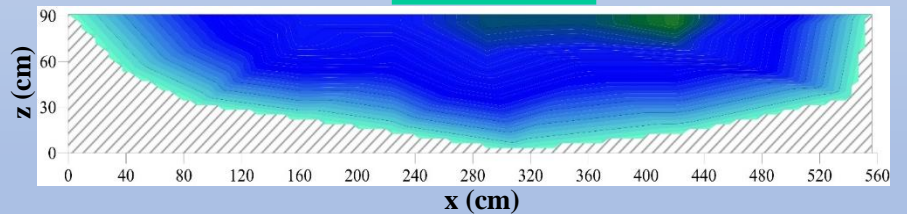
$Q = 0.34 \text{ m}^3/\text{s}$



3) *No Vegetation scenario*



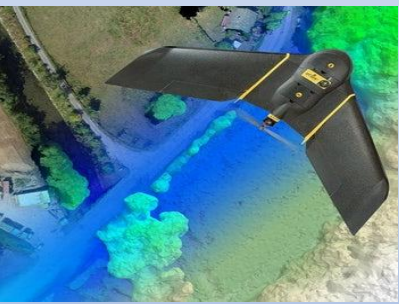
$Q = 0.36 \text{ m}^3/\text{s}$



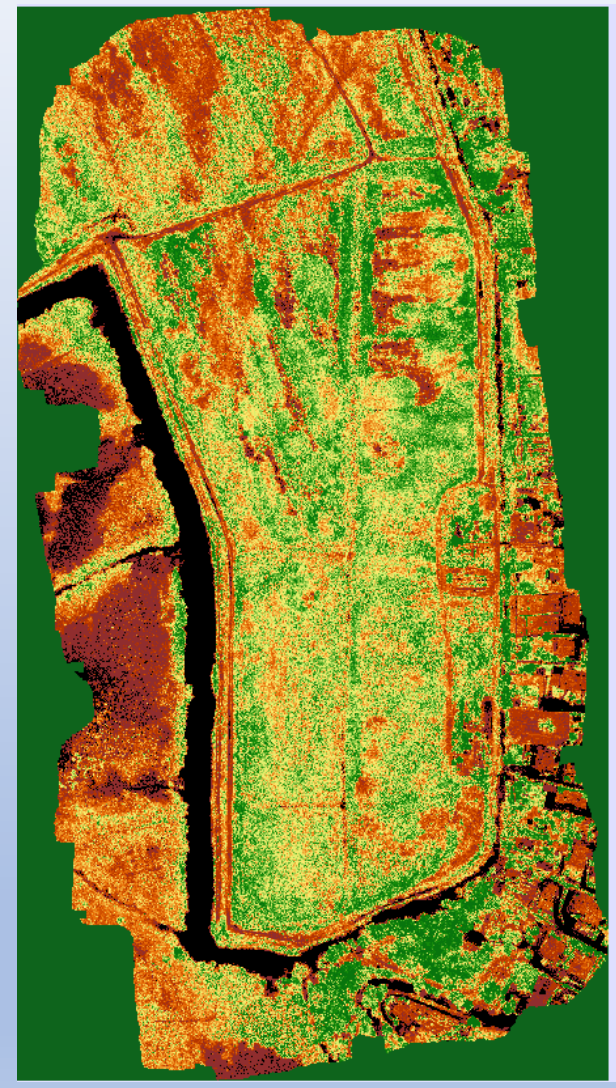
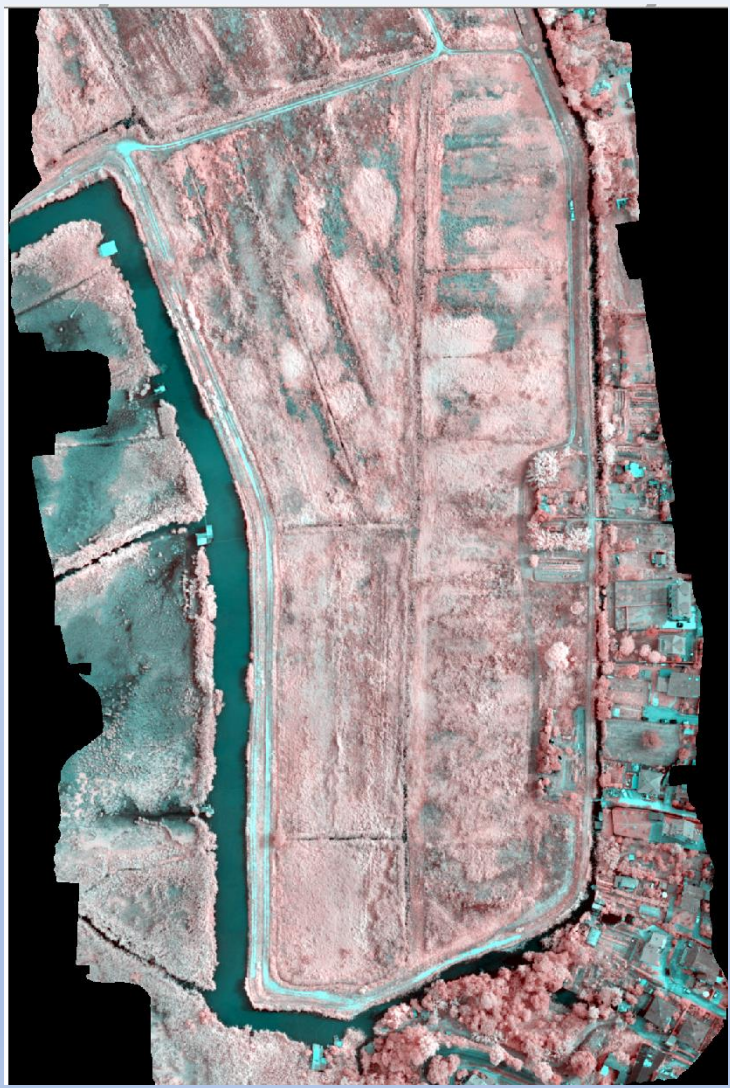
Streamwise velocity (cm/s)

FUTURE DEVELOPMENTS

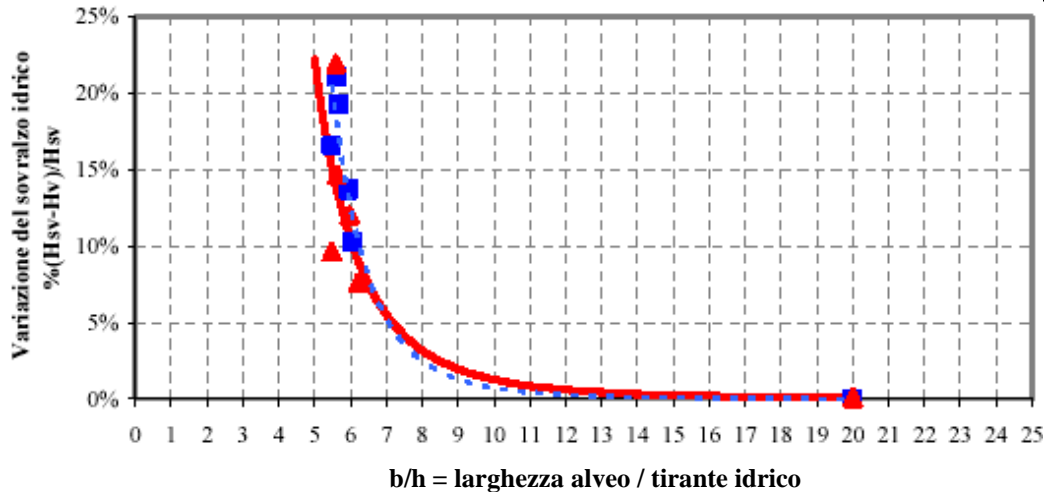
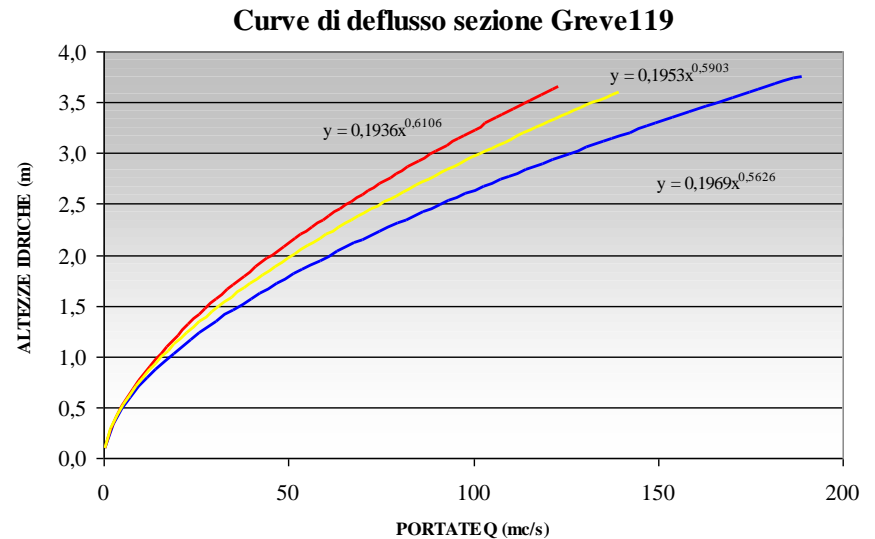
- 1) Analysis of correlation between LAI and reed density
- 2) Use of drones for the estimation of reed density (i.e. LAI);



- 3) Roughness estimation based on reed density
- 4) Roughness spatialization based on remote sensed data



RESISTENZA AL MOTO IN ALVEI con VEGETAZIONE ERBACEA e ARBOREA



■ Vegetazione anno 2002

▲ Vegetazione anno 2003

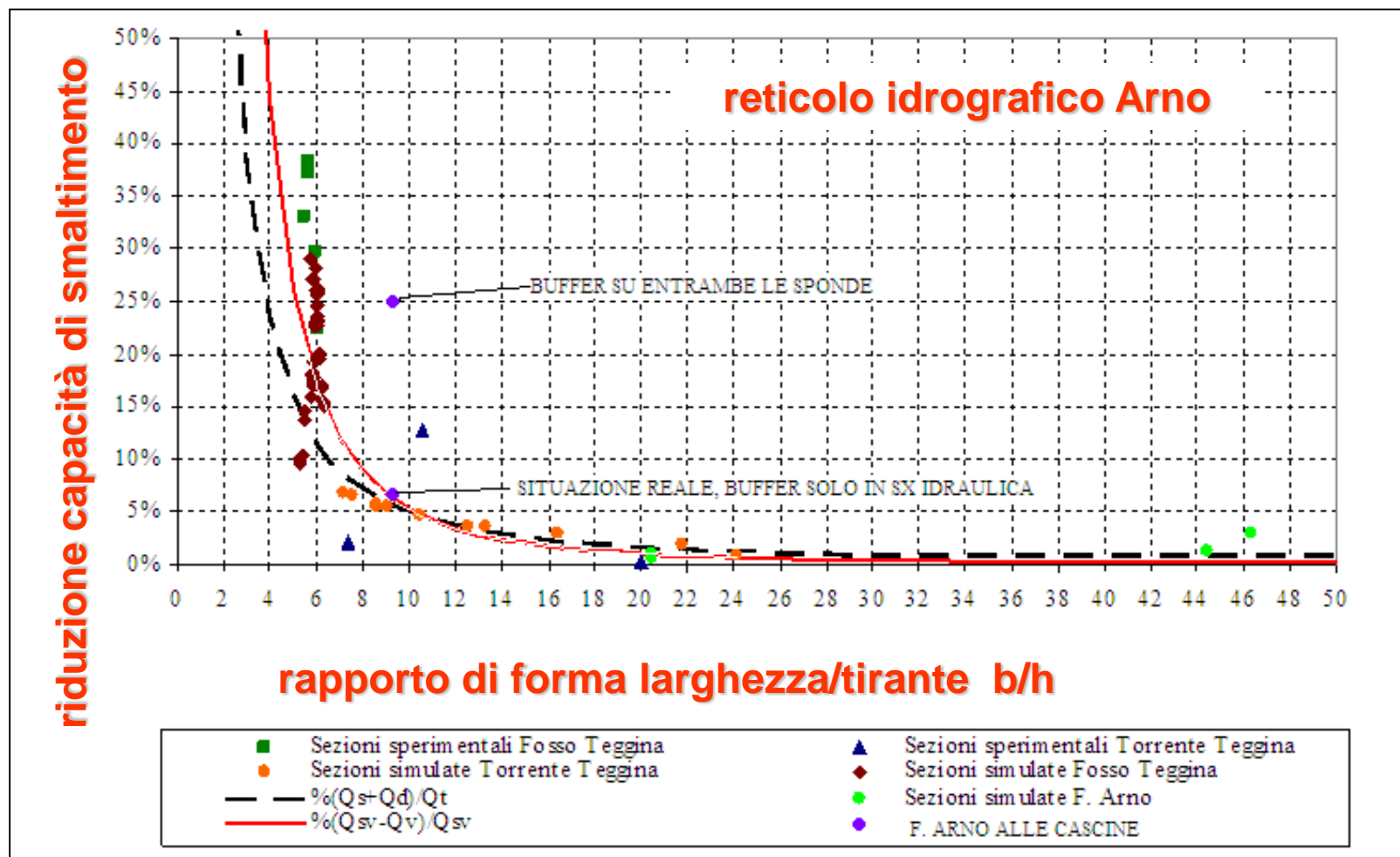
— Regressione vegetazione anno 2003

- - - Regressione vegetazione anno 2002

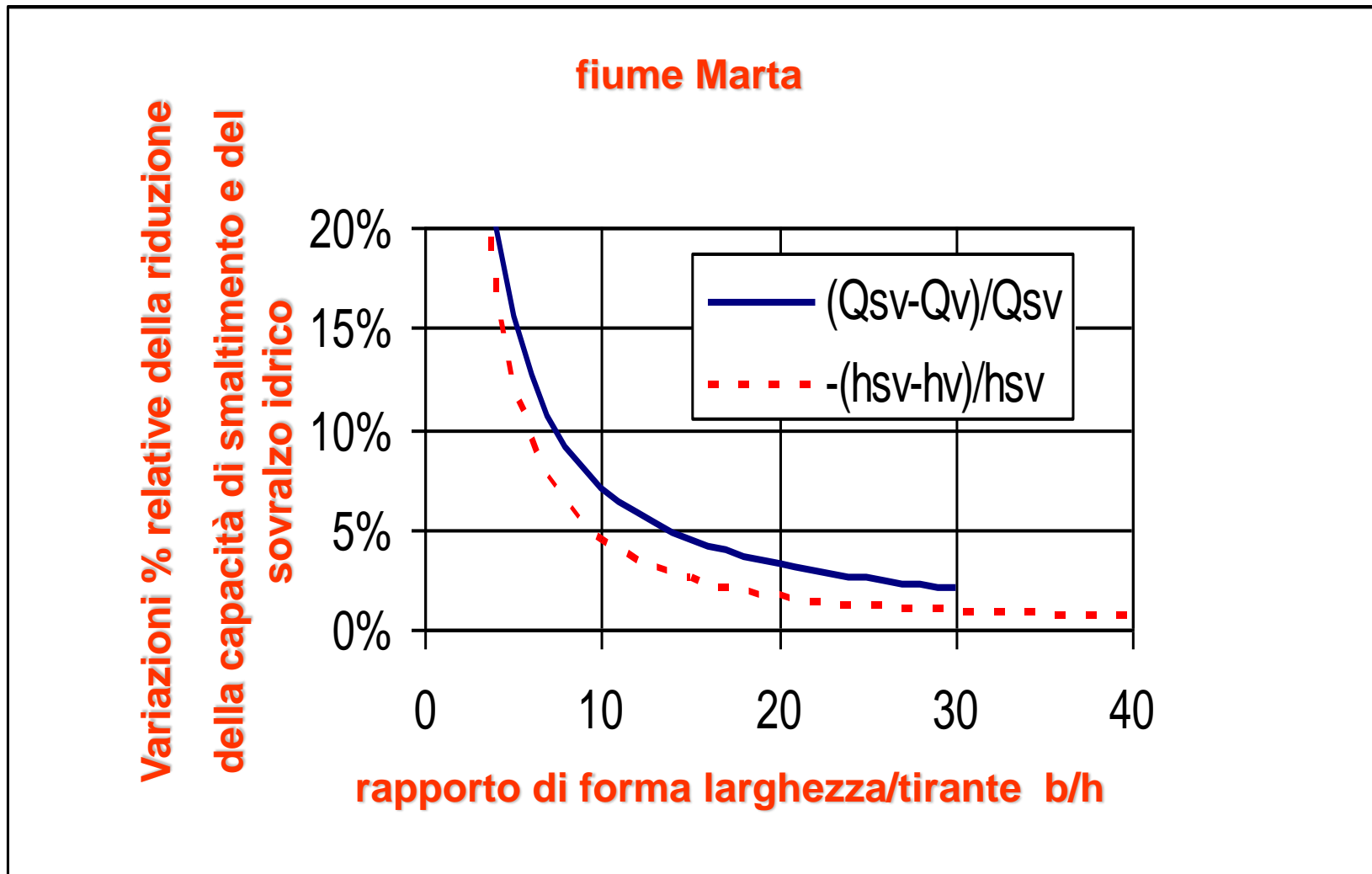
Simulazione interventi di manutenzione
 (a raso, diradamenti o tagli selettivi)

Greve, Castaldi, 2000

Casentino, Guarnieri & Preti, 2005

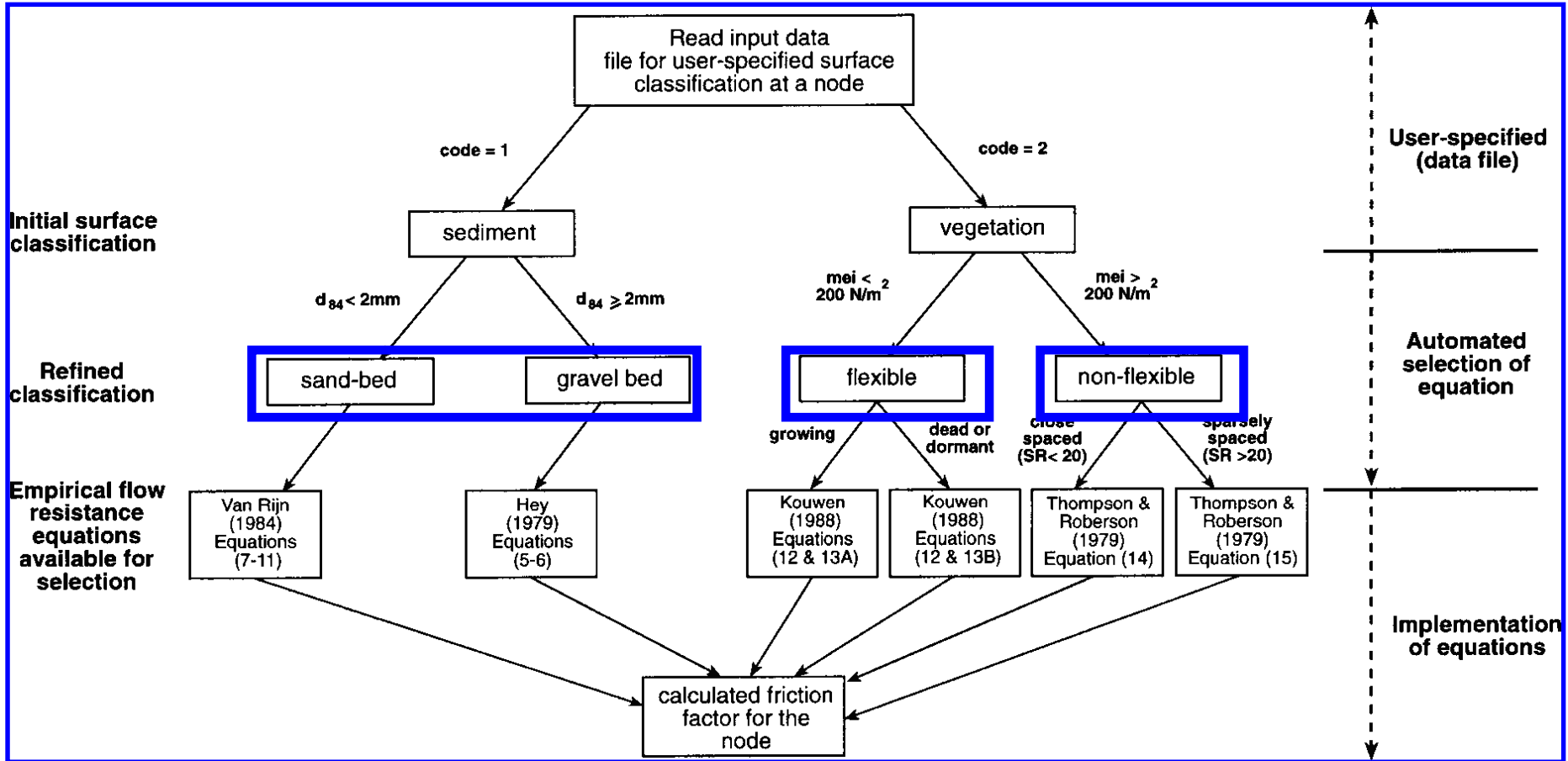


Relazione tra la **riduzione della capacità di smaltimento** in presenza e assenza della vegetazione ($\%(Q_{sv}-Q_v)/Q_{sv}$) in funzione del rapporto **larghezza pelo libero/tirante idrico** corrispondente per portate con tempi di ritorno di 200 anni, in corsi d'acqua montani, collinari (Fosso Teggina e Torrente Teggina) e di fondo valle (Fiume Arno) in confronto con diagramma di **Masterman & Thorne, 1992** ($\%(Q_s+Q_d)/Q_t$) (Guarnieri e Preti, 2007)



Variation of the ratio between lateral discharges and total discharge (**riduzione della capacità di smaltimento**) and of the relative variation of water level (**sovranzo idrico**) in presence and absence of vegetation as a function of the **width/depth** ratio for channels with vegetated banks (re-elaboration with the H-Model (Darby, 1995) for the case of the Marta river (Guarnieri and Preti, 2007) of the diagram analogous to Mastermann & Thorne, 1992 valid for trapezoidal section).

H-Model

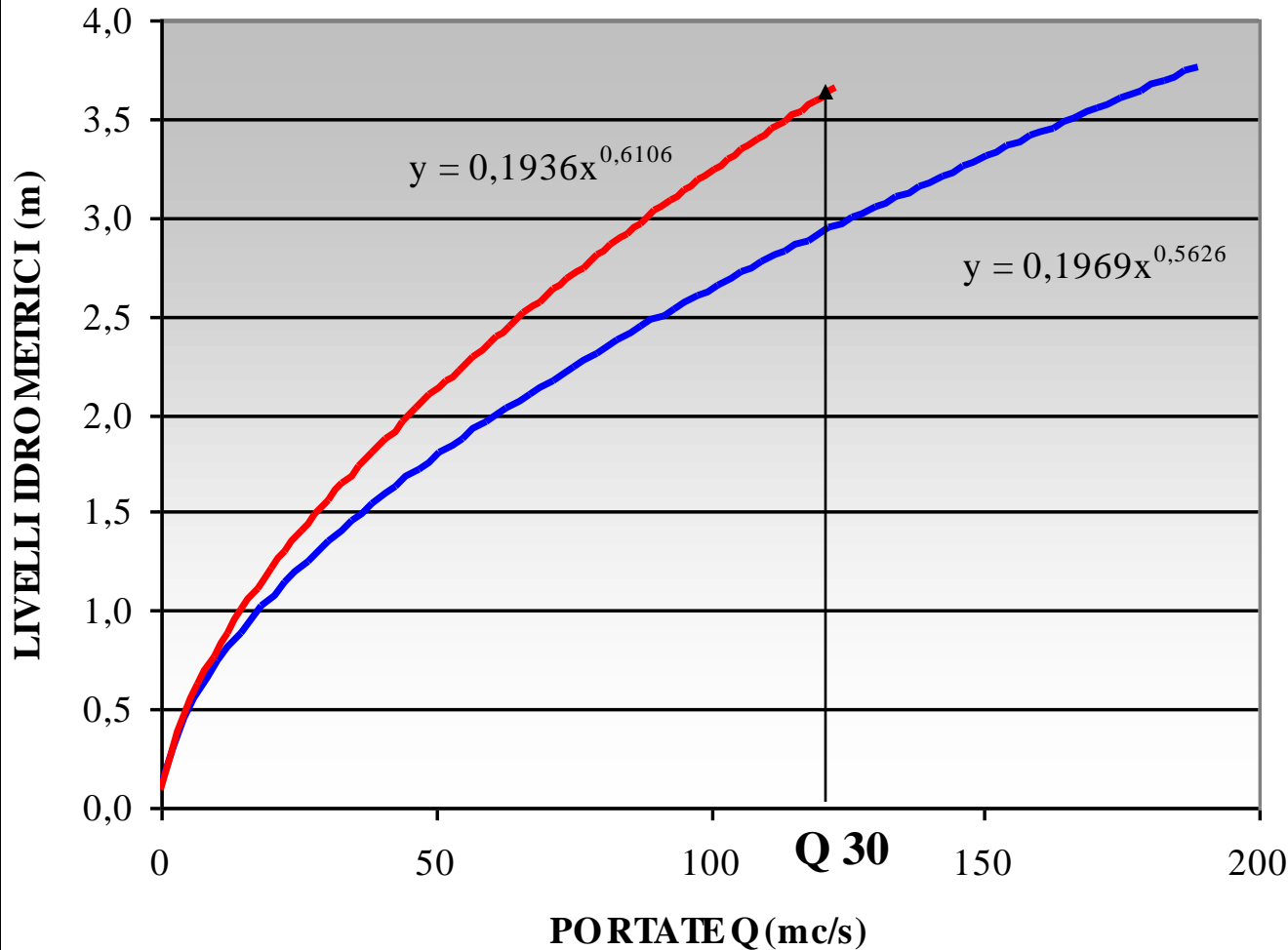


Funzioni di calcolo:

- 1) FLA (flood level analysis)
- 2) HQC (upper case characters)
- DIS (discharge analysis) e 3) Shear Stress Distribution

IPOTESI DI NTERVENTI DI MANUTENZIONE

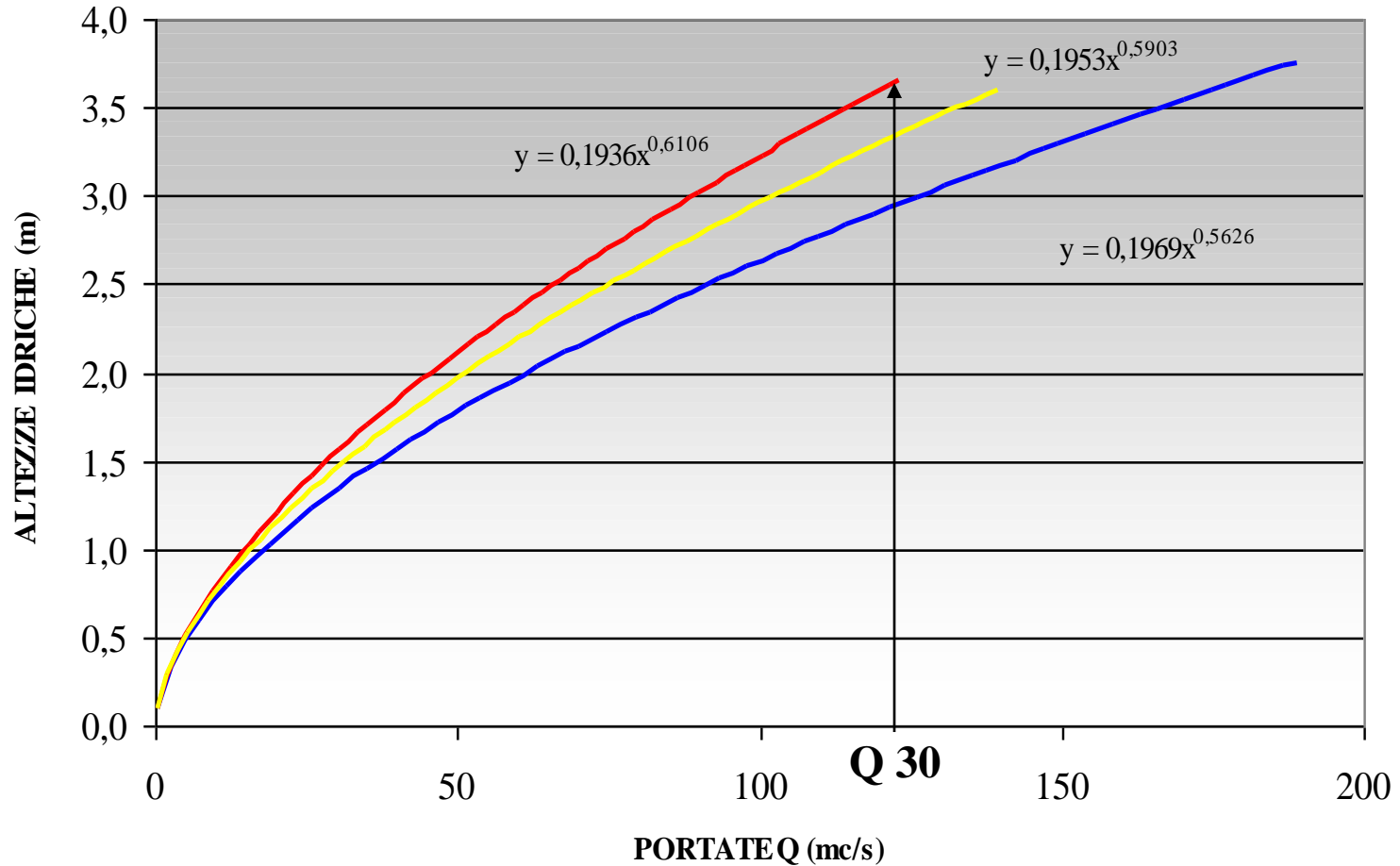
Curve di deflusso sezione 119



— Curva di deflusso in assenza di vegetazione

— Curva di deflusso in presenza di vegetazione spontanea [sponda sx: veg. arborea(3) d. medio 20cm; dist. media tra piante 7,5m; sponda dx: veg. arborea(3) d. medio 7cm; dist. media tra piante 3,5m+v. erb.(1)h=40cm]

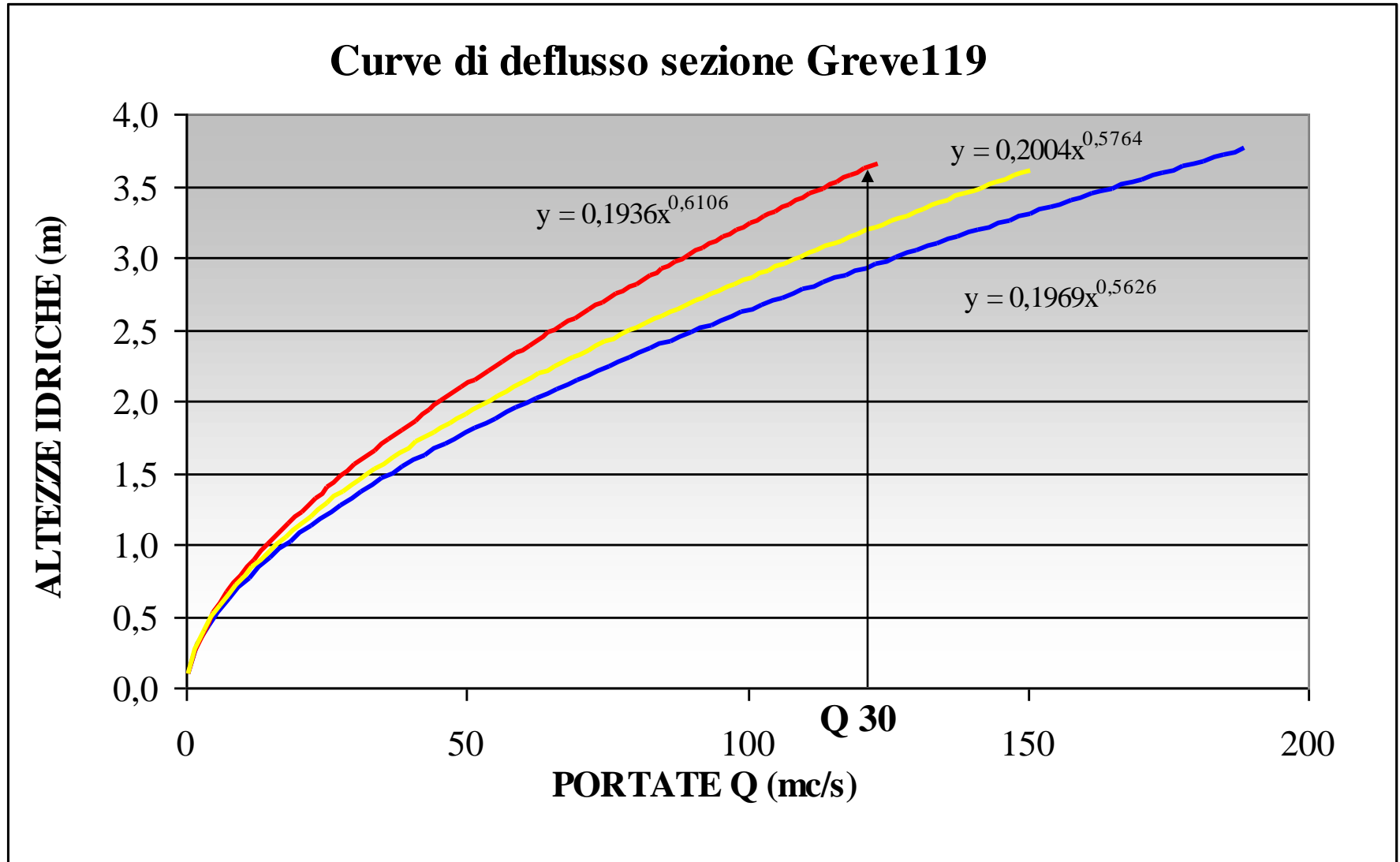
Curve di deflusso sezione Greve119



SPONDA SX: diametro medio da 20 a 12 cm

SPONDA DX: aumento spaziatura da 3,5 a 7 m

Diametro medio 3 cm su entrambe le sponde



CASO DI STUDIO: ARNO A FIRENZE

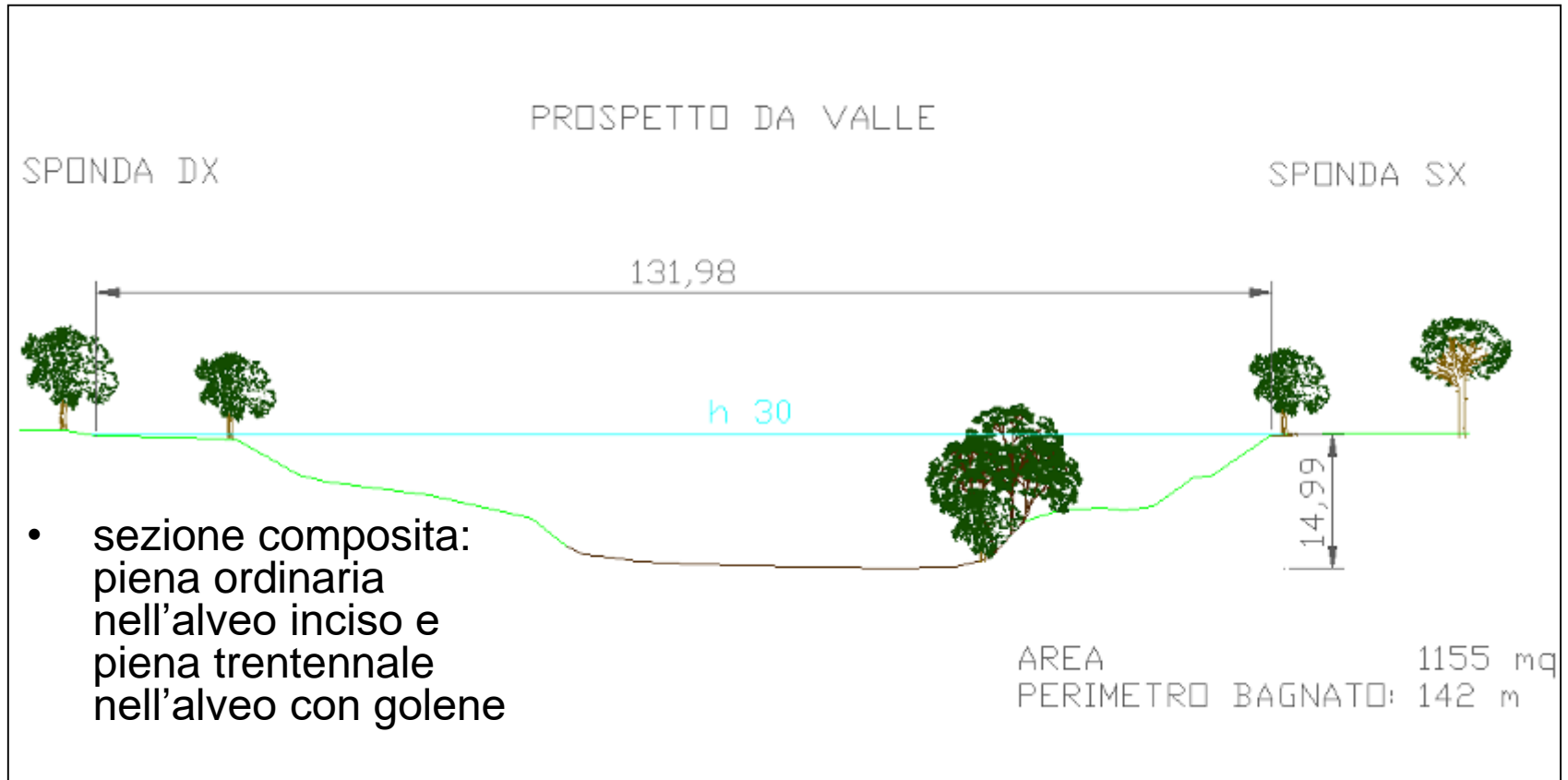
- **2 Enti diversi gestivano le sponde del fiume Arno nel tratto del Parco delle Cascine a Firenze adottando criteri chiaramente diversi: l'ex Consorzio di Bonifica Area Fiorentina in destra e l'ex Consorzio di Bonifica Toscana Centrale in sinistra:**
- **in destra idraulica la vegetazione arborea è assente nell'alveo interessato da portata trentennale (circa 2500 m³/s con 15 m di tirante);**
- **in sinistra idraulica è mantenuto un buffer di vegetazione riparia al piede della sponda;**
- **Quantificazione degli effetti di criteri di gestione, più o meno intensivi, sulla capacità di smaltimento delle portate dell'alveo e sulla stabilità delle sponde.**

SPAZIATURA/DIAMETRO > 10



RILIEVI

- Raccolta dati ed elaborazione dei dati dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno;
- Calcolo di Sezione e Raggio idraulico (validazione modello);
- Determinazione del rapporto larghezza/altezza dell'alveo $b/h = 8.86$;
- Rilievi vegetazionali: vegetazione arborea e vegetazione erbacea.



La vegetazione erbacea

- Rilevamento dell'altezza;
- Manutenzione: metodi e frequenza.

PRIMA DELLO SFALCIO...



- **Vegetazione erbacea su entrambe le sponde: 3 aree di saggio rettangolari di 72 m² (6x12 m), secondo il metodo di Braun Blanquet;**
- **L'altezza varia fra i 0,5 ed i 2 m; in sponda sx la vegetazione ha carattere prevalentemente erbaceo, con prevalenza di ortica e artemisia, mentre in dx presenza di ceppaie arboree in ricaccio, unite a nuclei sparsi di *Arundo donax* e *Achnatherum*.**

... DOPO LO SFALCIO

- “**Disciplinare Attuativo per interventi sulla vegetazione riparia in corsi d’acqua e canali**”
pubblicato dalla **Provincia di Firenze** in collaborazione con C.M. della Montagna Fiorentina, C.M. del Mugello, C.M. del Pratomagno e Consorzio di Bonifica dell’Area Fiorentina:

Sponda sinistra (buffer arboreo)



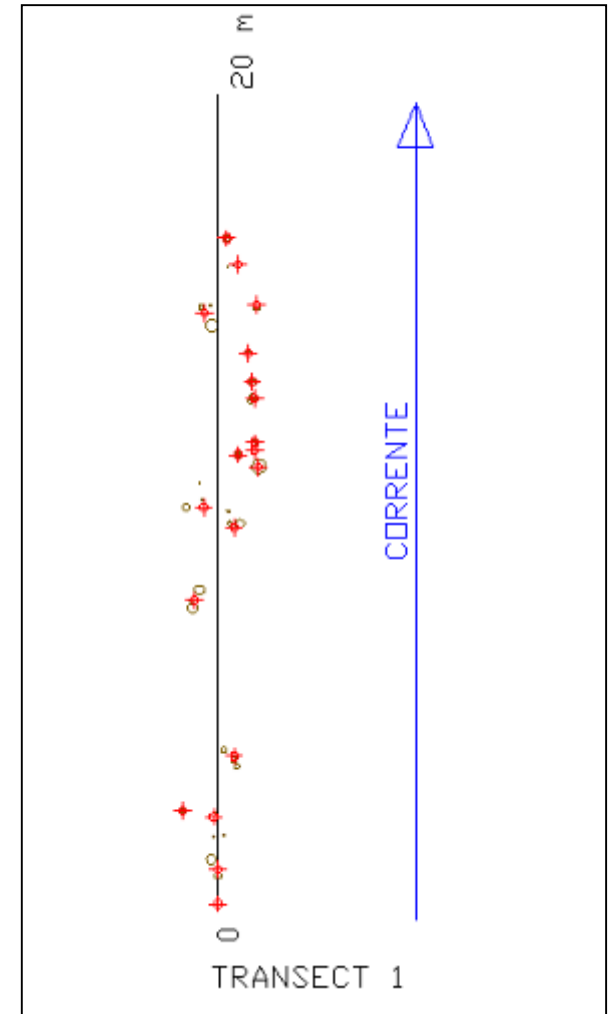
Sponda destra
(solo vegetazione erbacea)



“Il taglio deve avvenire ad un'altezza minima di 10 cm da terra così da consentire una via di fuga alla fauna minore incapace di rapidi spostamenti. È consentito il rilascio di una fascia vegetata al piede della sponda con finalità antierosive, ombreggianti ma anche di rifugio e nidificazione dell'avifauna”.

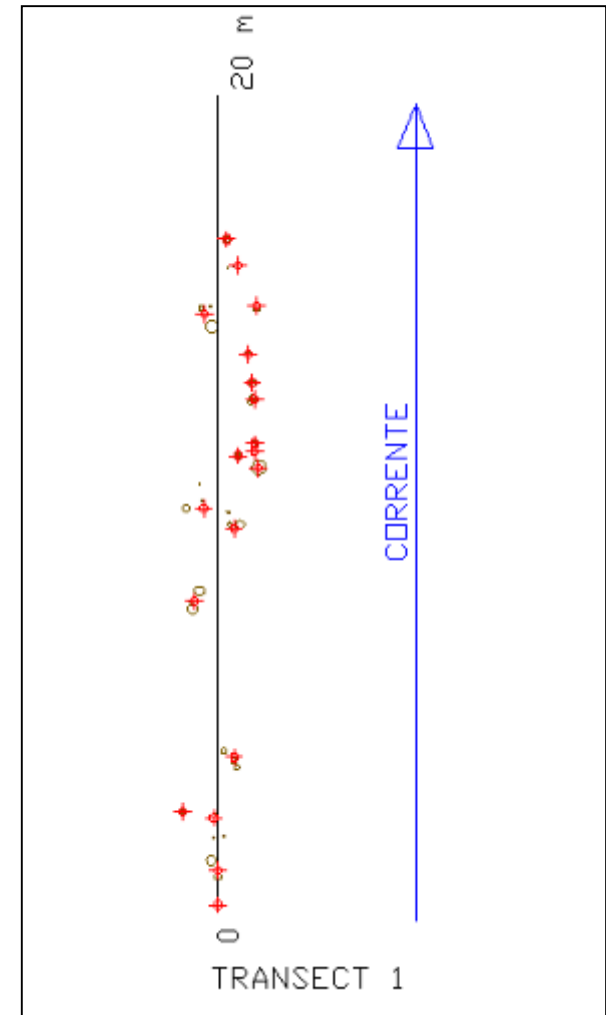
La vegetazione arborea

- Descrizione del popolamento
- Gestione
- Metodi di rilevamento

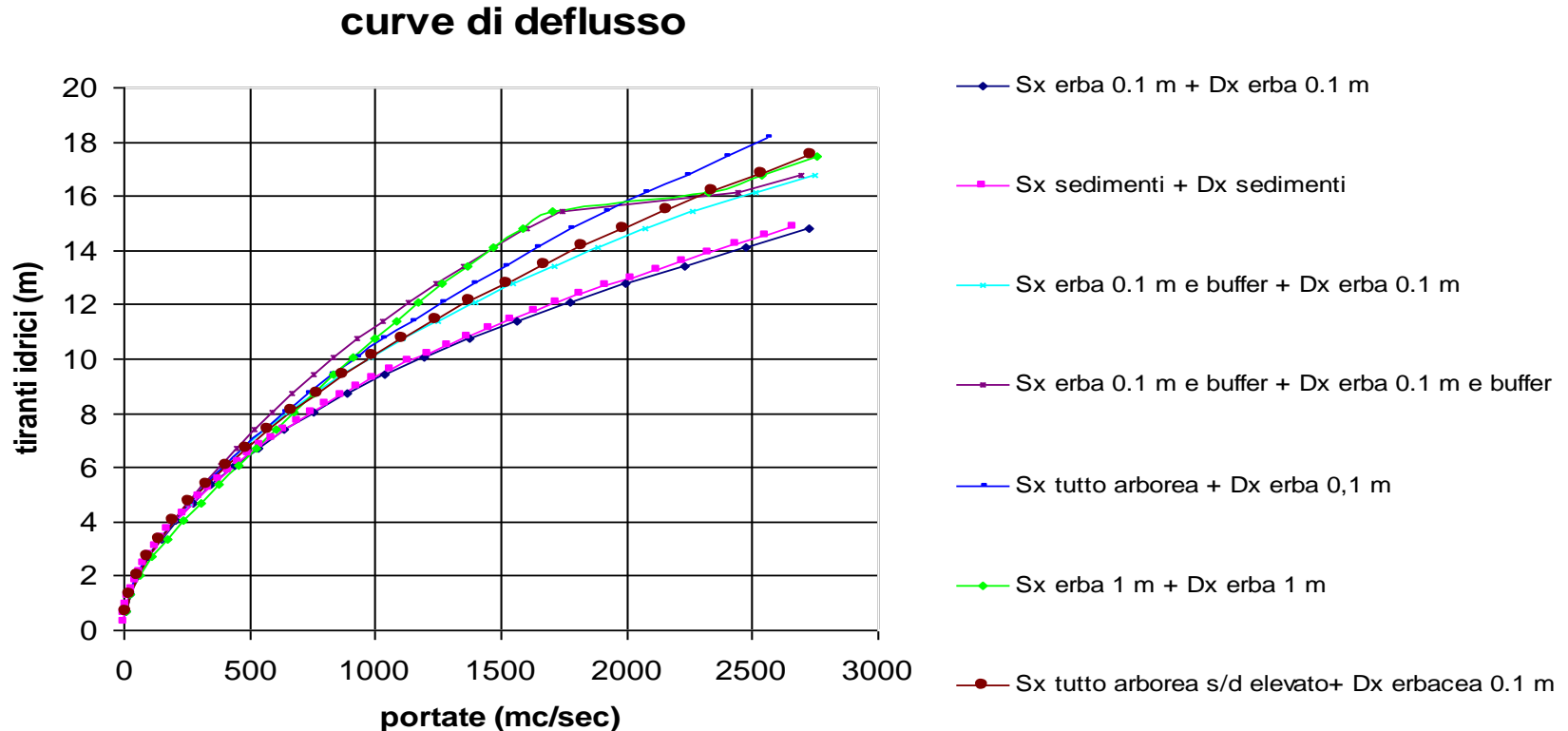


La vegetazione arborea (segue)

- Fascia alberata in sx: 3 *transects* di 20 m di lunghezza per 2 di larghezza;
- Spaziatura $s = 0.97$ m e diametro medio $d = 0.15$ m;
- Rilievo della posizione di ogni ceppaia e di ogni pollone e la larghezza media della fascia arborata in ogni punto.



2. High-Q Curve



s=0,97 e d = 0,15 m

La presenza di vegetazione arborea crea sovralzso idrico;

Con spaziature elevate l'effetto delle piante arboree anche su tutto l'argine non è eccessivo.

Ipotizzando erba alta 1 m, la curva di deflusso si innalza notevolmente;

Le curve relative ad alveo privo di vegetazione o con erba tagliata sono le più basse.

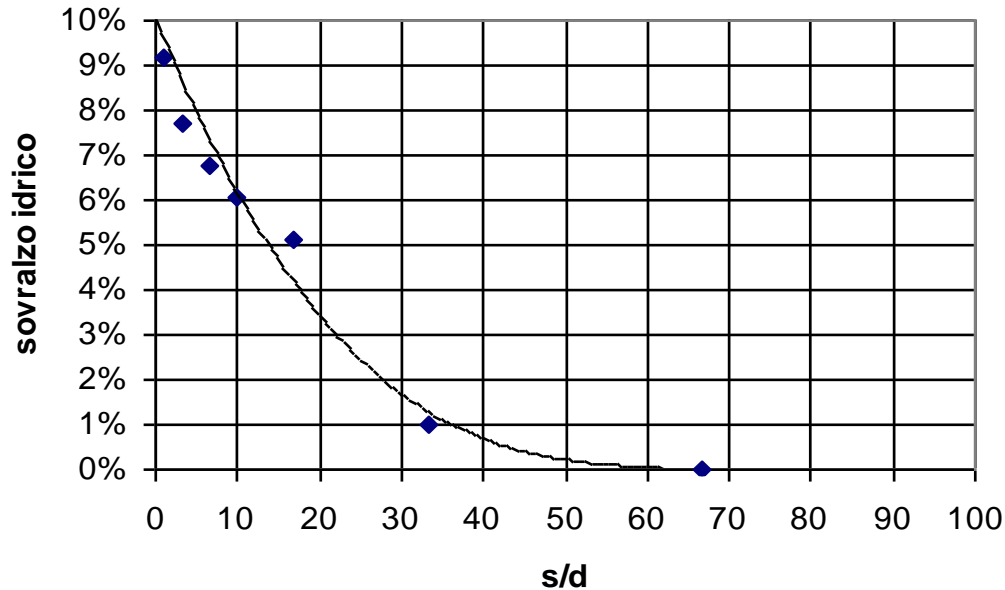
Vegetazione arborea: rapporto s/d

- Le formule impiegate per determinare l'effetto della vegetazione sul deflusso si basano sul rapporto Spaziatura/Diametro;
- s/d è quindi il parametro che determina l'aumento di resistenza dovuto alla presenza di alberi in alveo e sulle sponde;
- Si valuta il sovrizzo idrico % in relazione a variazioni di s/d;



- Confronto fra situazioni diverse.

vegetazione arborea



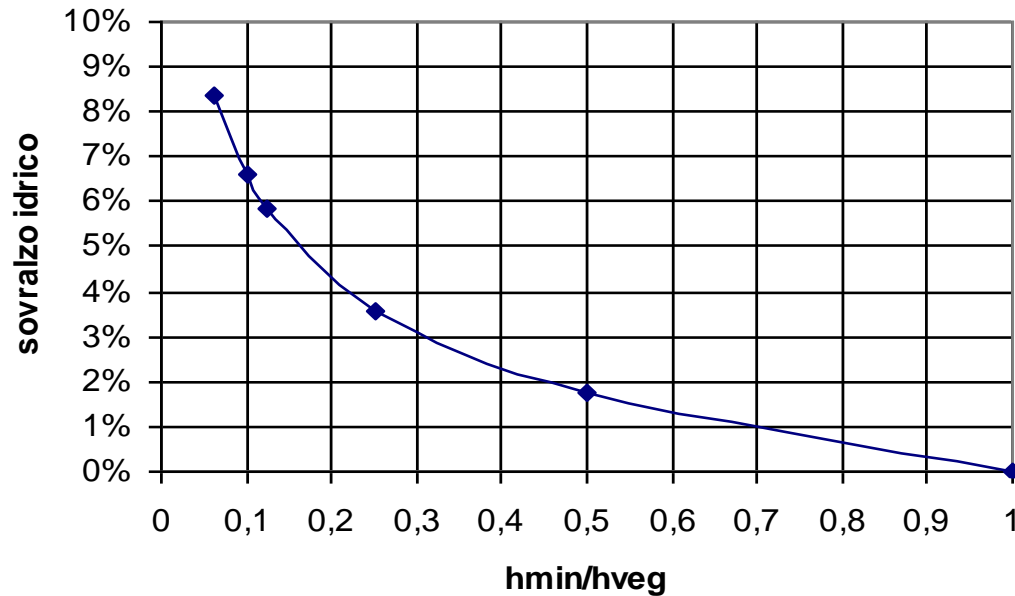
- Risultati ottenuti ipotizzando una situazione di vegetazione non flessibile (con diversi valori di **s/d**) in sponda sinistra, mantenendo in sponda destra una copertura erbacea di 10 cm di altezza.
- Solo per valori di $s/d > 10$ l'effetto sul sovrizzo idrico non sarebbe rilevante ($< 5\%$), a conferma di quanto dimostrato da altre esperienze (Guarnieri e Preti, 2007). Nel caso in esame l'attuale rapporto s/d , rilevato sul buffer vegetazionale rilasciato in sinistra, è risultato pari a **6.32**, quindi un valore ridotto (interventi di taglio limitati alla sola rimozione delle piante instabili o cadute), ma in un *buffer* poco esteso.
- Indici $b/h*d/s$ oppure $b/h-s/d$ non sono monotone: abachi o diagrammi tridimensionali UTILI PER SCOPO APPLICATIVO.

L'effetto della vegetazione erbacea

- H-Model si basa su due variabili: erba secca/erba verde e altezza dell'erba;
- Al momento dei rilievi (metà settembre) la vegetazione superava talvolta i 150 cm di altezza ed era in pieno sviluppo;
- Simulazione in H-Model: assenza di alberi, variazione di h dell'erba;



vegetazione erbacea



- Relazione esistente fra il sovranzo idrico ed il parametro adimensionale h_{min}/h_{veg} , ottenuto dal rapporto fra l'altezza minima della vegetazione erbacea h_{min} e l'altezza della vegetazione in crescita h_{veg} . L'altezza minima h_{min} è stabilita per normativa in 10 cm, per motivi ecologici e non idraulici, al fine di tutelare la fauna minore durante gli interventi di sfalcio (Guarnieri e Preti, 2007).

- Si nota che **l'effetto della vegetazione erbacea diventa trascurabile (< 5%) per valori di $h_{min}/h_{veg} > 0.1-0.2$, ovvero quando l'altezza dell'erba è inferiore ai 50 cm;**

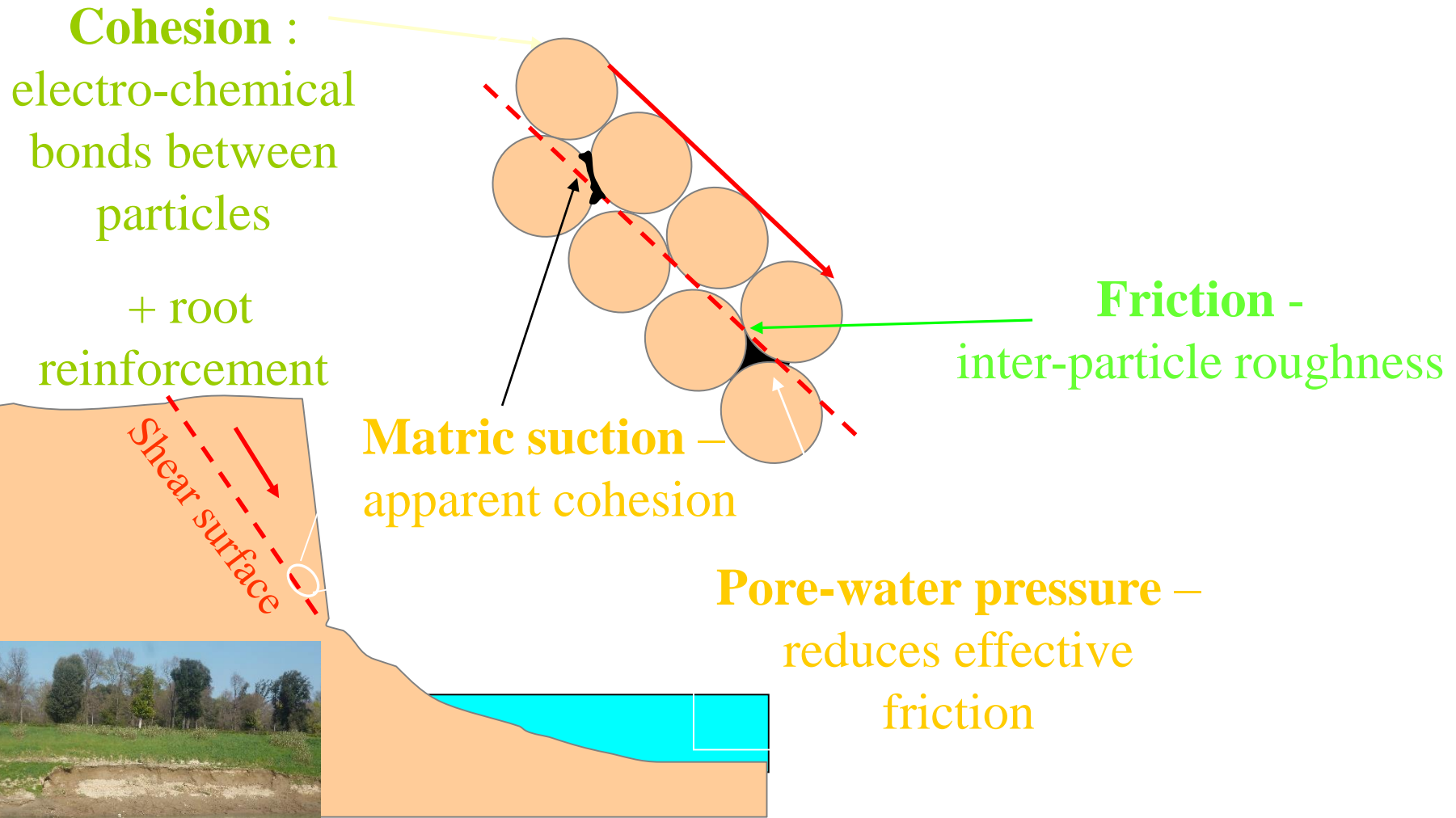
- Per gran parte dell'anno l'erba non supera questa altezza, pertanto da un punto di vista idraulico la gestione risulta appropriata.

3. Distribuzione dello sforzo tangenziale

- Calcolo dello sforzo tangenziale medio $\tau = 16 \text{ N/m}^2$
- Limite di resistenza al taglio del cotico erboso $\tau = 20 \text{ N/m}^2$ (e.g. Chow, 1959),
- Calcolo dello sforzo di trascinamento con H-Model:

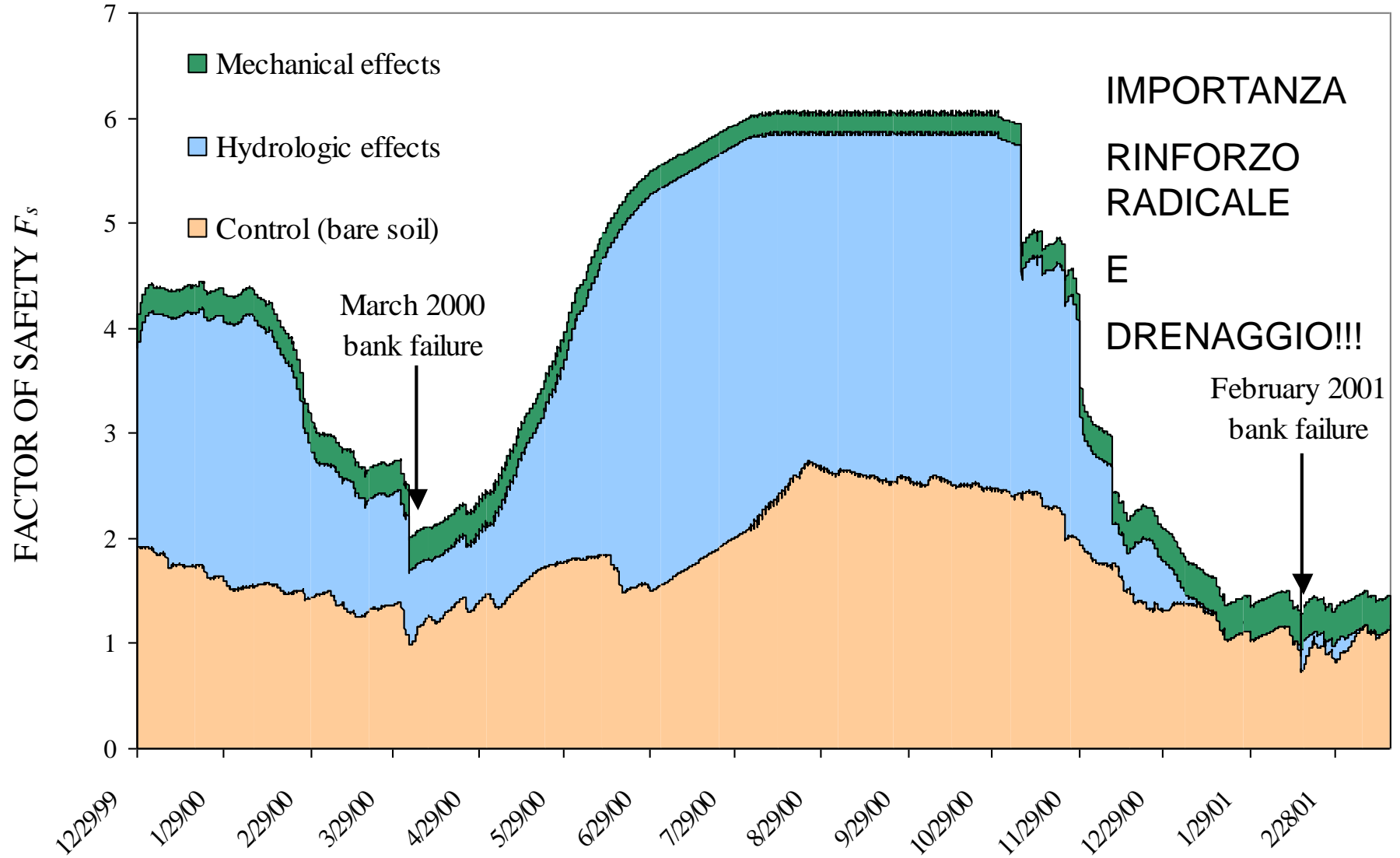


Stabilità delle sponde fluviali



Coesione apparente > rinforzo radicale > coesione terreno

Hydrologic and Mechanical Effects





REGIONE TOSCANA

Settore Tutela e
Valorizzazione Delle
Risorse Ambientali

VEGETAZIONE RIPARIALE

Volume 1

conoscenze e tecniche per corsi d'acqua naturali e canali di bonifica



<http://www.regione.toscana.it/-/vegetazione-ripariale-conoscenze-e-tecniche-per-corsi-d-acqua-e-canali-di-bonifica>

VERSIONE: BOZZA
REVISIONE: 3

COLLANA FIUMI E TERRITORIO

Publicazione ON LINE sito Regione Toscana



Università degli Studi di Firenze

**CORSO DI AGGIORNAMENTO
PROFESSIONALE**

INGEGNERIA NATURALISTICA E MANUTENZIONE DEL TERRITORIO

A.A. 2010/2011

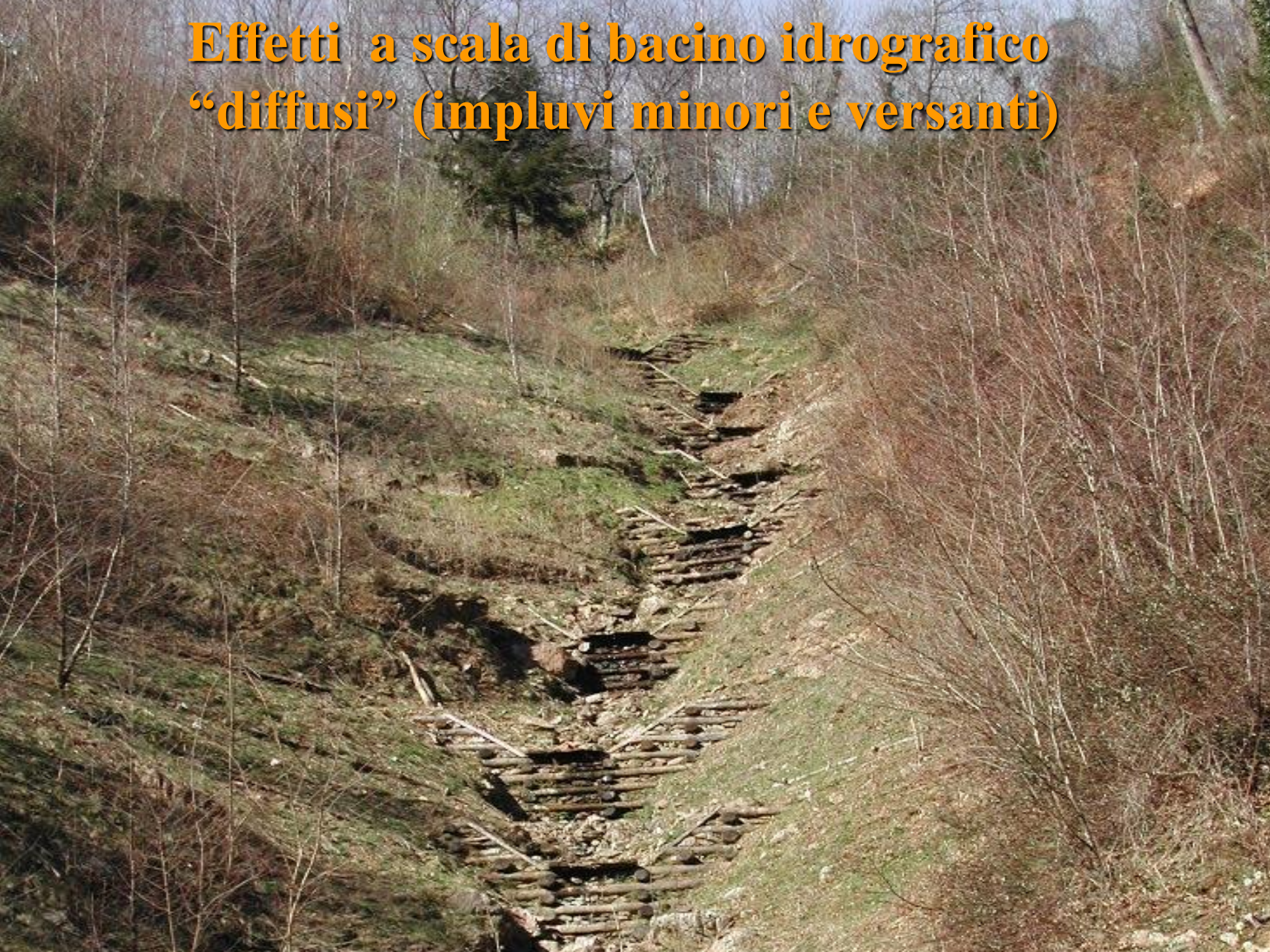
ISTITUZIONE ED OBIETTIVI FORMATIVI:

È istituito presso l'Università degli Studi di Firenze, per l'anno accademico 2010/2011, il Corso di aggiornamento professionale in "Ingegneria naturalistica e manutenzione del territorio" con Decreto n. 47070 (660) e Decreto n. 53120 (844) 2010.

Il Corso è diretto dal Prof. ing. Federico Preti.

Il Corso intende fornire agli studenti gli elementi conoscitivi e gli approfondimenti necessari per l'applicazione delle Sistemazioni Idraulico-Forestali anche con tecniche di Ingegneria Naturalistica e/o nell'ambito della riqualificazione del territorio.

Effetti a scala di bacino idrografico “diffusi” (impluvi minori e versanti)

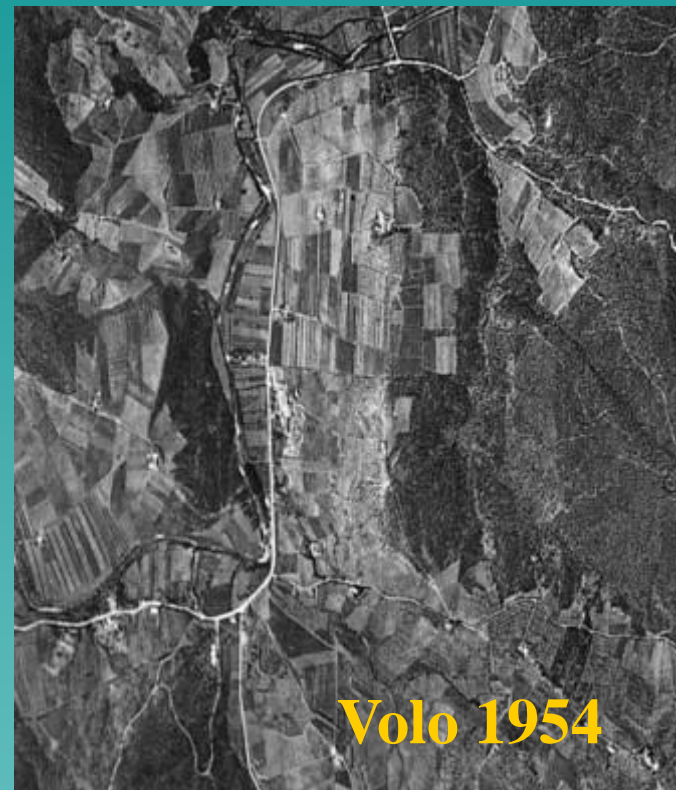


EVOLUZIONE TERRITORIALE



Volo 1991

Foto aeree di zona collinare del bacino del F. Greve: la fitta rete sistematoria agraria del 1954 è notevolmente ridotta nel 1991 (volumi di invaso e tempi di corrivazione minori)



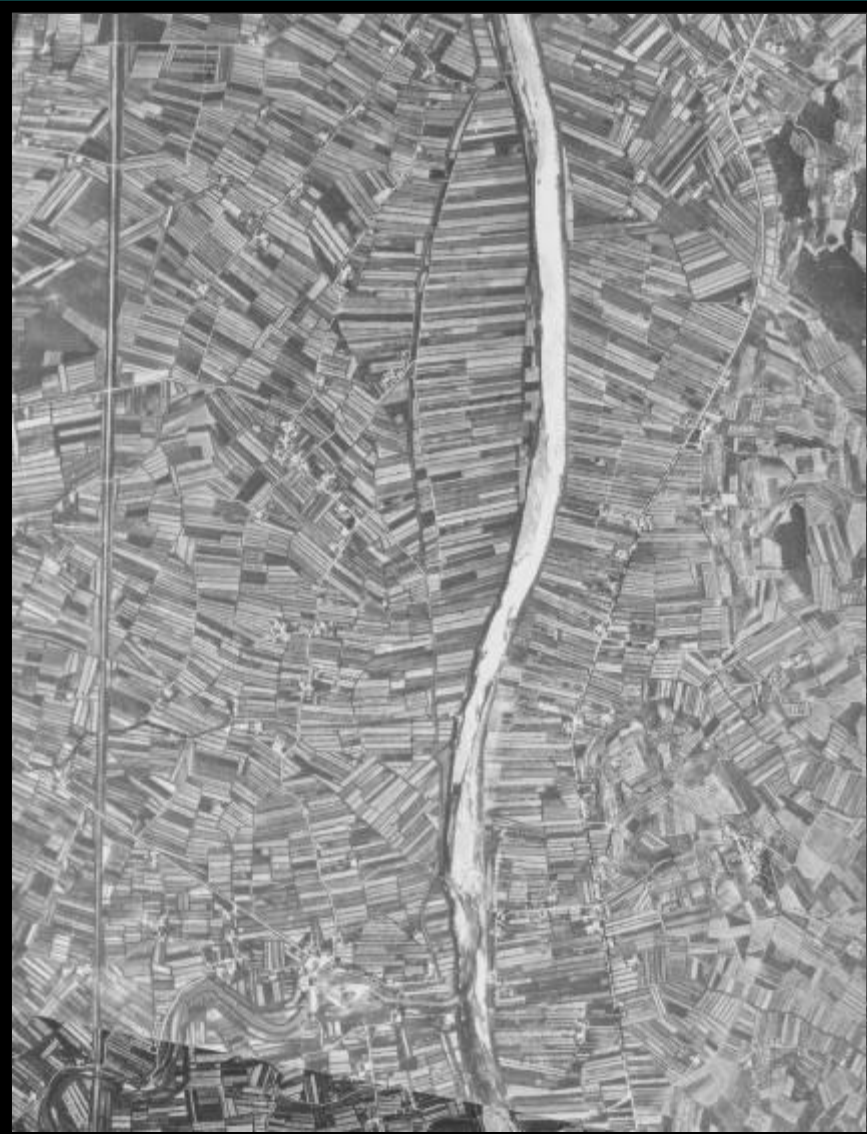
Volo 1954

**CHIANTI
BACINO ARNO**

su “La regimazione delle acque. Dalle sistemazioni dei terreni, ai laghetti collinari ed alle casse di espansione”, adunanza pubblica all’Accademia dei Georgofili del 2 maggio 2002.

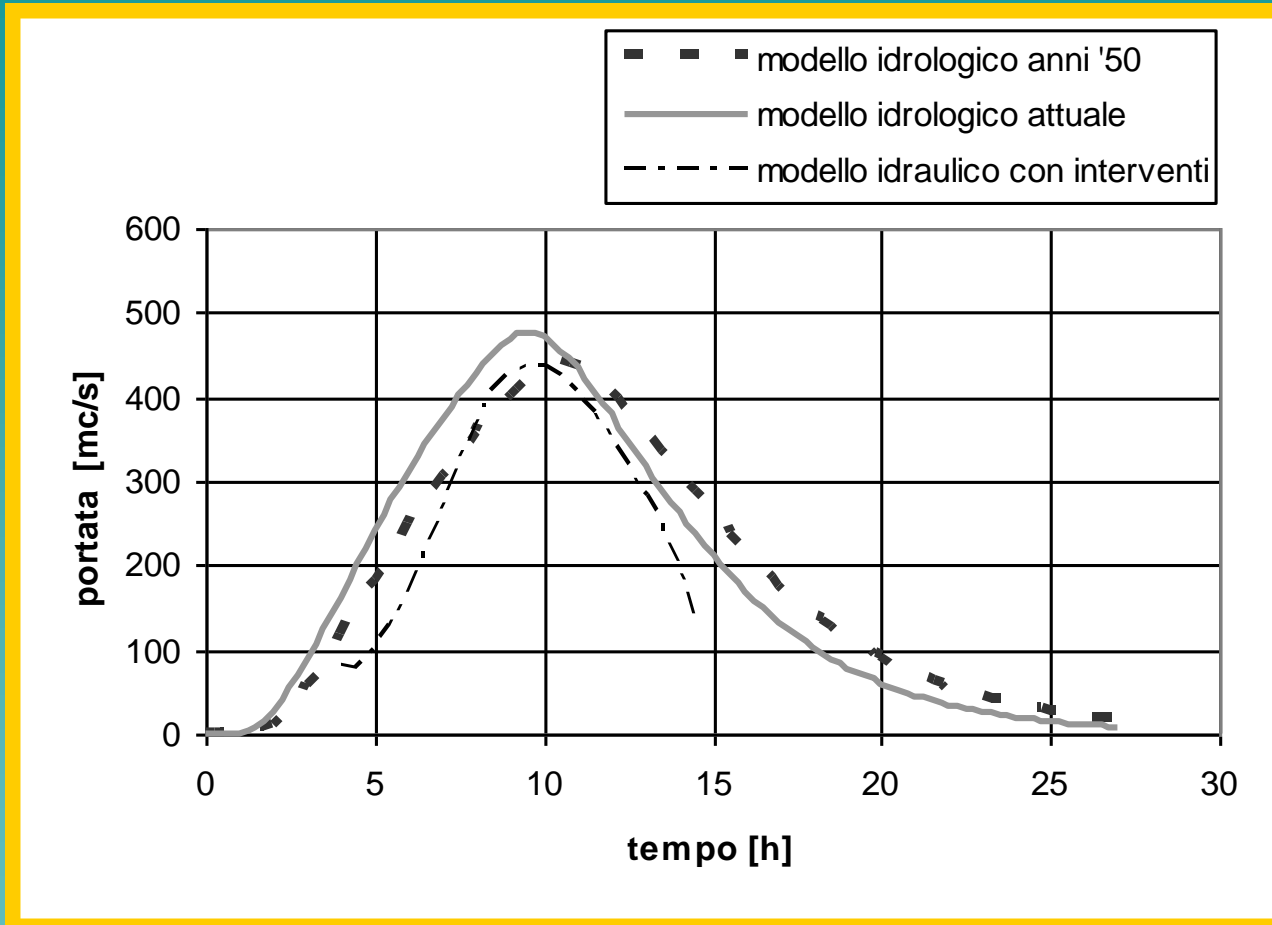
1953

1993



EVOLUZIONE IDROGRAMMA DI PIENA

Greve confluenza in Arno

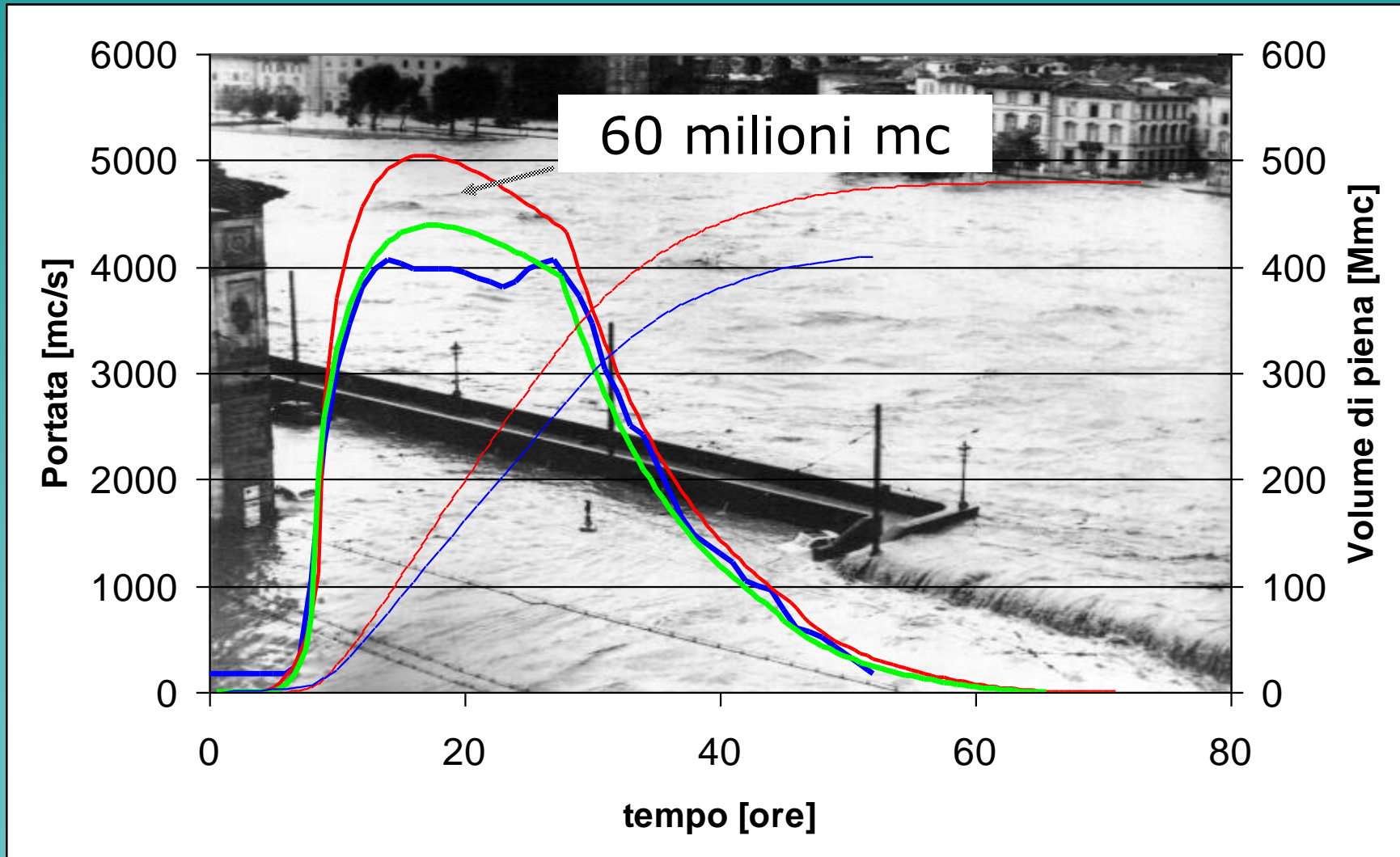


Un ipotetico ripristino delle condizioni “anni ‘50” con interventi estensivi a scala di bacino potrebbe avere un effetto (laminazione e ritardo) analogo a quello ottenibile con gli attuali interventi di riduzione del rischio idraulico (casce di espansione aventi un volume complessivo di riempimento paragonabile a quello dell’invaso agrario non più presente stimato in precedenza di circa 500.000 m³).

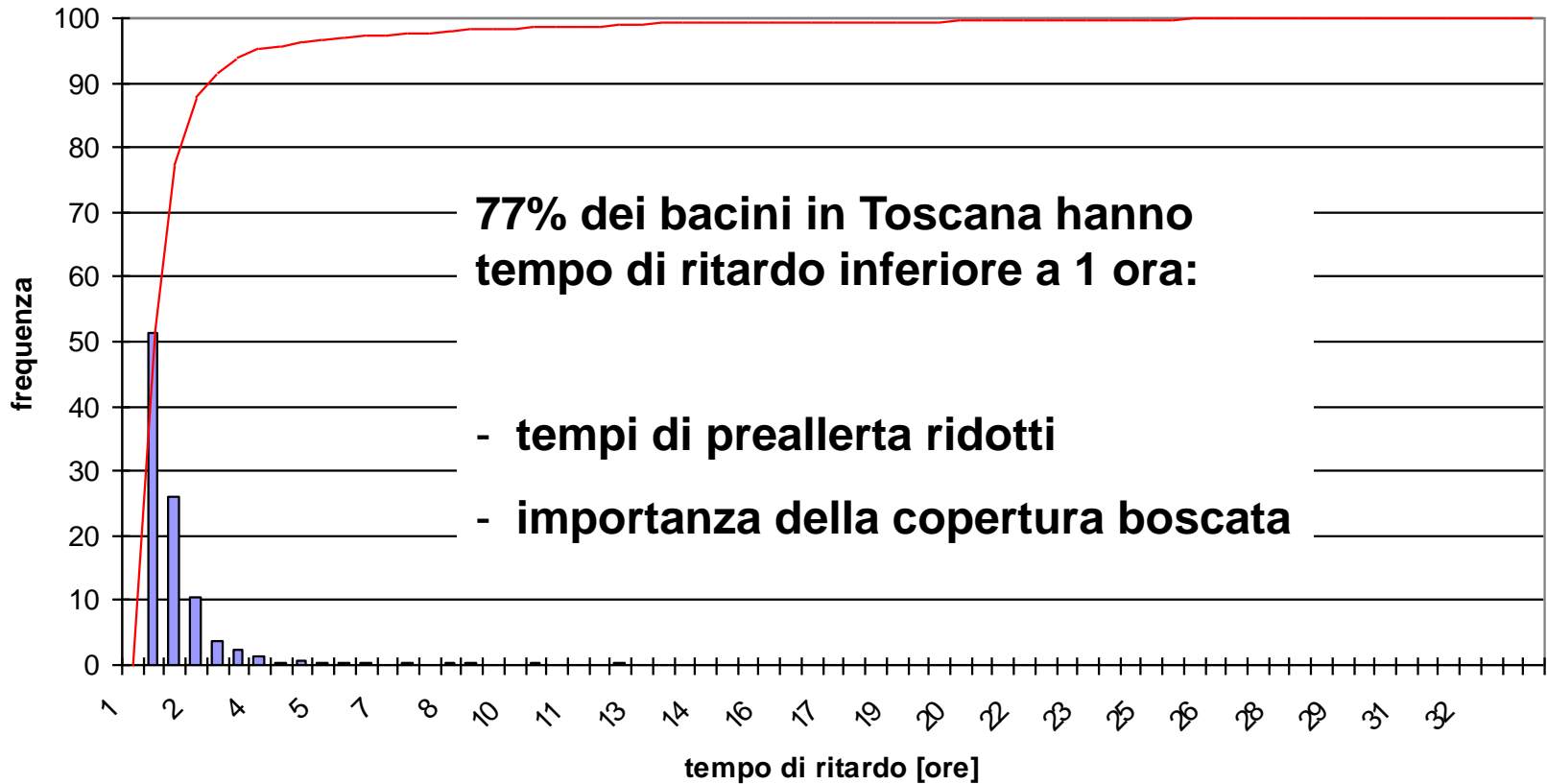


EVOLUZIONE IDROGRAMMA DI PIENA: ARNO A FIRENZE

dalla Lettura di G. Menduni
su “La regimazione delle acque. Dalle sistemazioni dei terreni, ai laghetti collinari ed alle casse di espansione”, adunanza pubblica
all’Accademia dei Georgofili del 2 maggio 2002.



3236 aste bacino dell'Arno ex D.C.R. 230/94 (difesa dai fenomeni alluvionali)



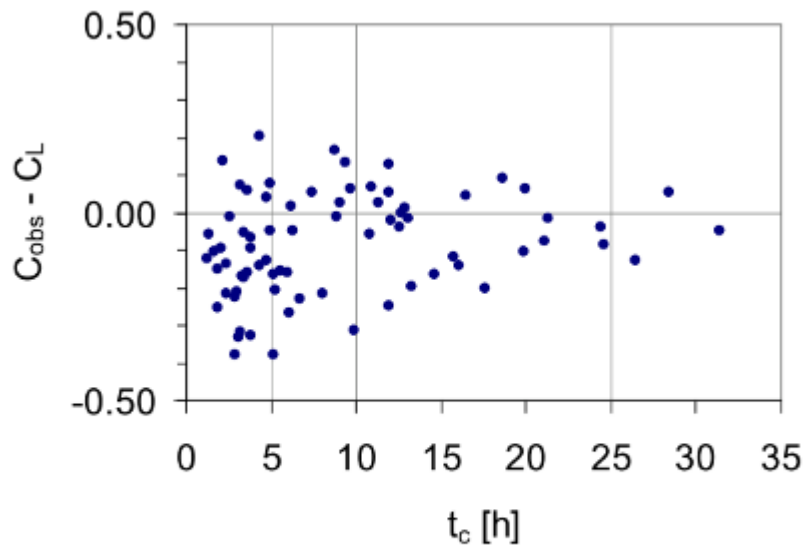


Fig. 6. Differences between C_{obs} and C_L versus the catchment concentration time.



Fig. 1. Italian regions where the outlets of the 75 study catchments are located; from South (dark grey) to North: Sicilia (12 catchments), Campania (12 catchments), Lazio (17 catchments), Toscana (34 catchments).

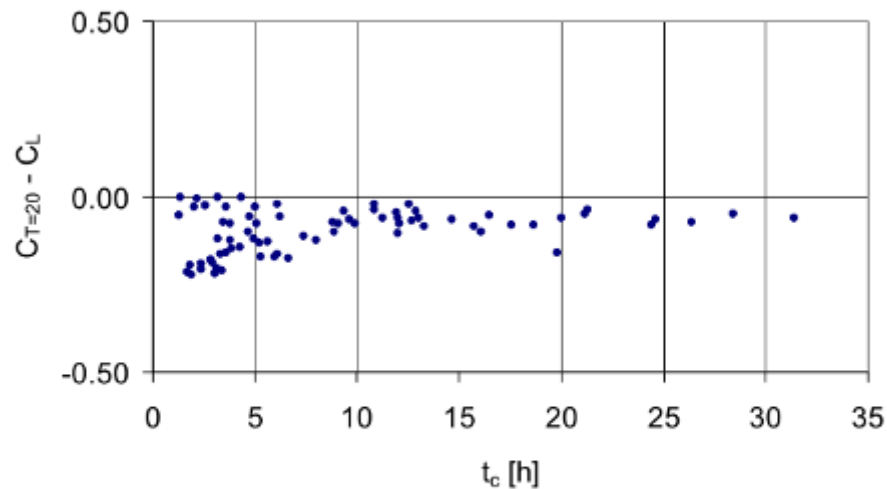


Fig. 9. Differences between $C_{T=20}$ and C_L versus the catchment concentration time.

Quanta vegetazione arriva agli alvei? E da dove?

Lunigiana 2011



02/11/2011

Lunigiana 2011



Versilia 1996

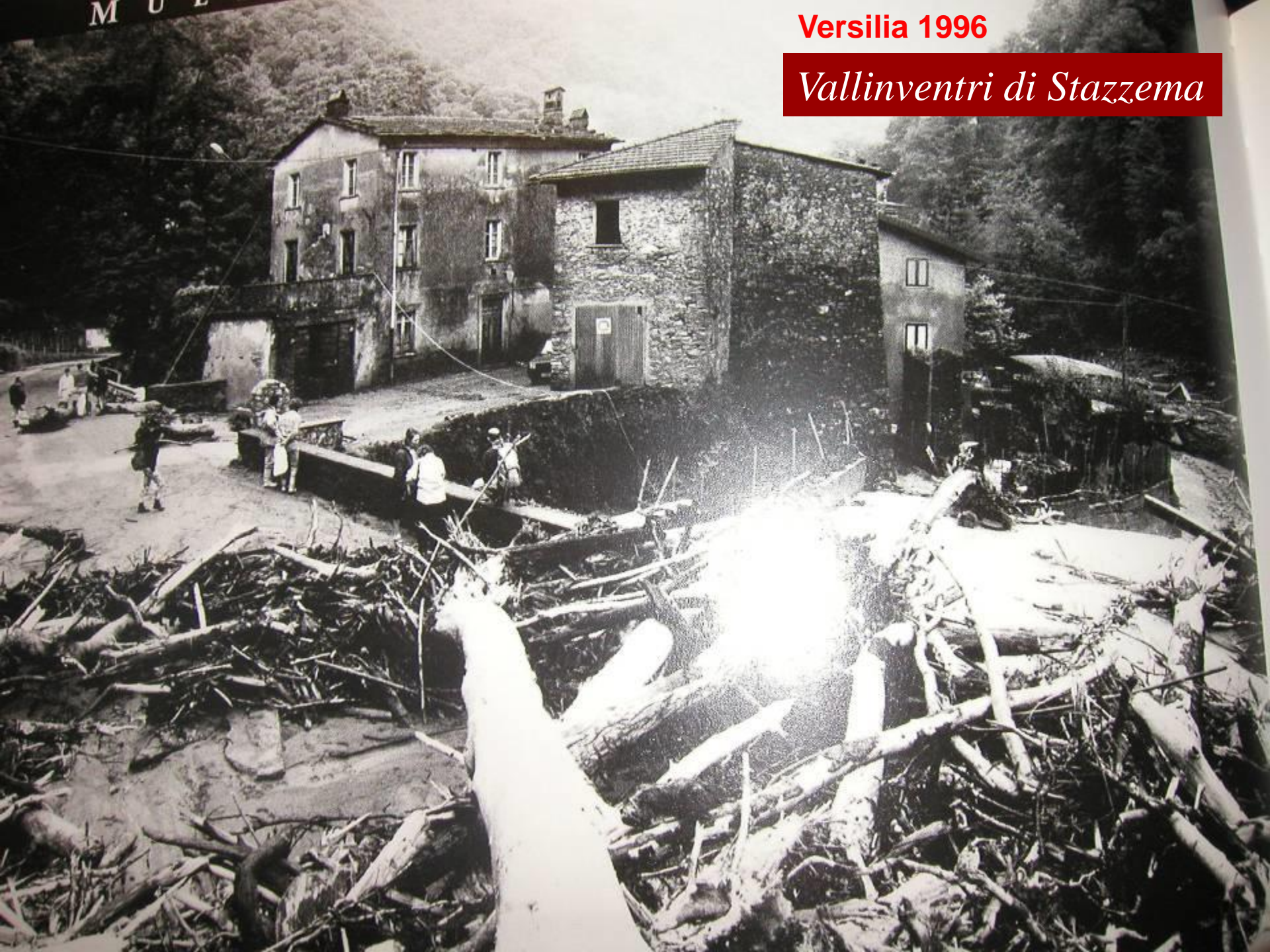
Seravezza - Il muro

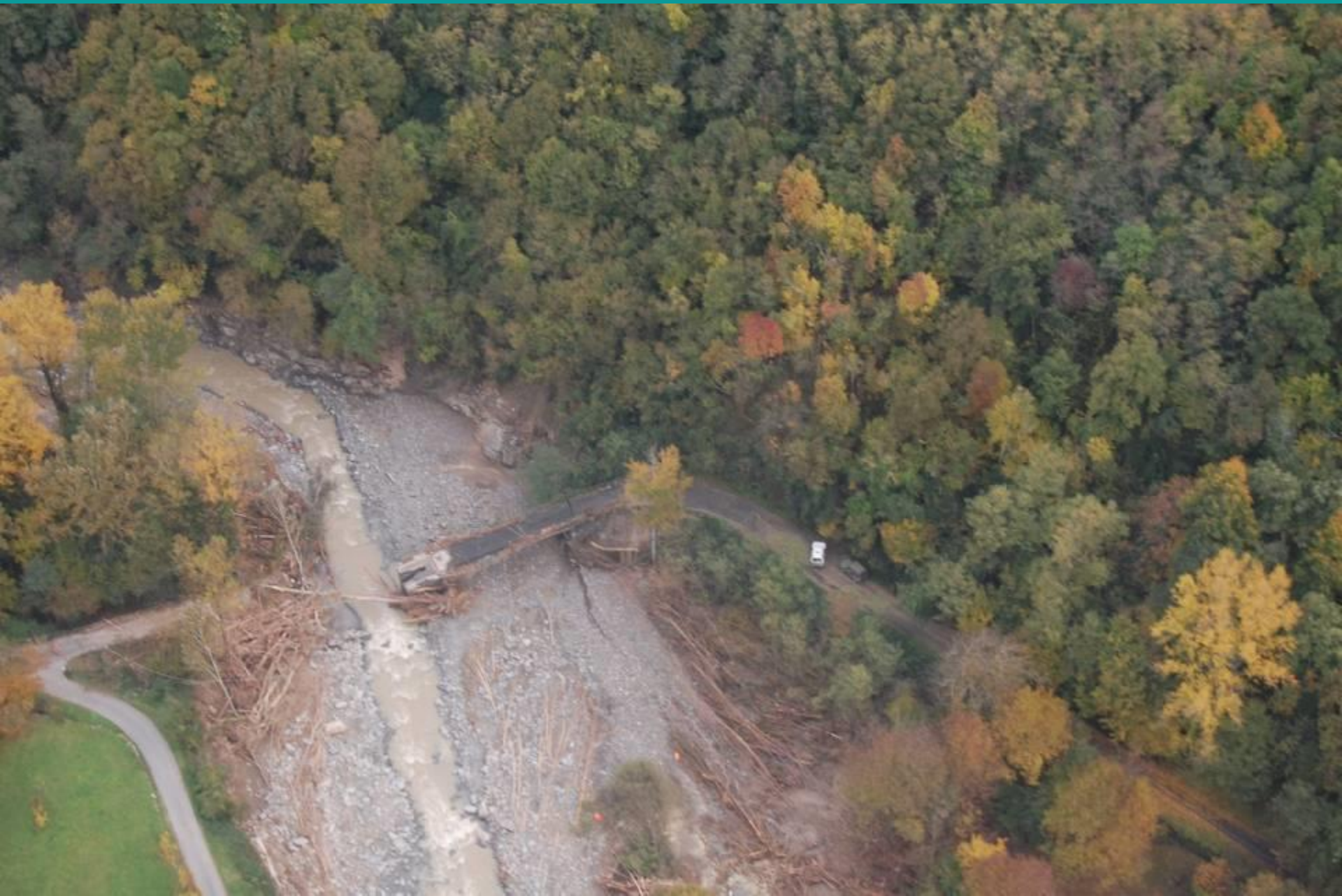


M U E

Versilia 1996

Vallinventri di Stazzema





Lunigiana 2011



Lunigiana 2011

Lunigiana 2011: riattivazione di aste del primo ordine del reticolo idrografico

Tr ~ 300 anni





Lunigiana 2011: colate di detrito

**Lunigiana 2011:
vegetazione su
versanti**



Le piante “pesano” o “tengono”? Quante frane ci sarebbero senza vegetazione?

Lunigiana:

Stima del materiale rimosso dagli alvei dalla Comunità Montana della Lunigiana Comprensorio di Bonifica 1 e 3 (dott. Rocchi)

12.000 m³ (34 giornate x 20 operai e 5 giornate con macchina operatrice) prevalentemente pioppo e ontano

Analogamente al caso della Versilia del 1996, ma con prevalenze di piante dai versanti in quel caso.

mancono ancora dati sulla superficie dissestata, sulla densità delle coperture e sulla rimozione dalle spiagge (a valle del Vara) a cura del Comune di Carrara (società Amia).

LW recruitment (calculated as eroded area multiplied by wood stand volumes, and then expressed per kilometre of channel length) were very high i.e., 774 m³km⁻¹ on average in the Gravegnola (404-1273 m³km⁻¹) and 341 m³km⁻¹ in the Pogliaschina (15-626 m³km⁻¹). The total LW recruited was 9400 m³ in the Gravegnola and 4540 m³ in the Pogliaschina. Most of the recruited LW stemmed from flood-plain erosion (80% in Gravegnola and 71% in Pogliaschina) and the rest from col-luvial processes, predominantly landslides. Out of the LW recruited, the 96% and 82% remain deposited in the channels of the Gravegnola and Pogliaschina, respec-

Large wood recruitment and transport during a severe flash flood in North-western Italy

Lucía Ana¹, Comiti Francesco¹, Borga Marco², Cavalli Marco³ and Marchi Lorenzo³

Pontestazzemse



Versilia:
circa **100 m³/ha** di
legname mobilitato
dal bacino di cui
circa metà arrivati in
alveo e metà
trattenuti (circa il
25%) per un'area
dissestata pari a
circa il **10%** del
bacino.

- Castagno: 450-600 m³/ha, **100 piante/ha**, diametro medio 75 cm, età 60 anni e altezze oltre i 20 m
- Carpino nero: 200 m³/ha, **2.000-2.500** ceppaie/ha, diametro medio polloni 9 cm, età 35 anni
- Sponde = Versanti

Pomezzana landslide monitoring after dramatic 1996 Versilia (Tuscany) event



1998



2000



2003



2012



2016

Soil bioengineering works → **Thessaloniki** → **Beijing** → **Vancouver** → **Sydney**

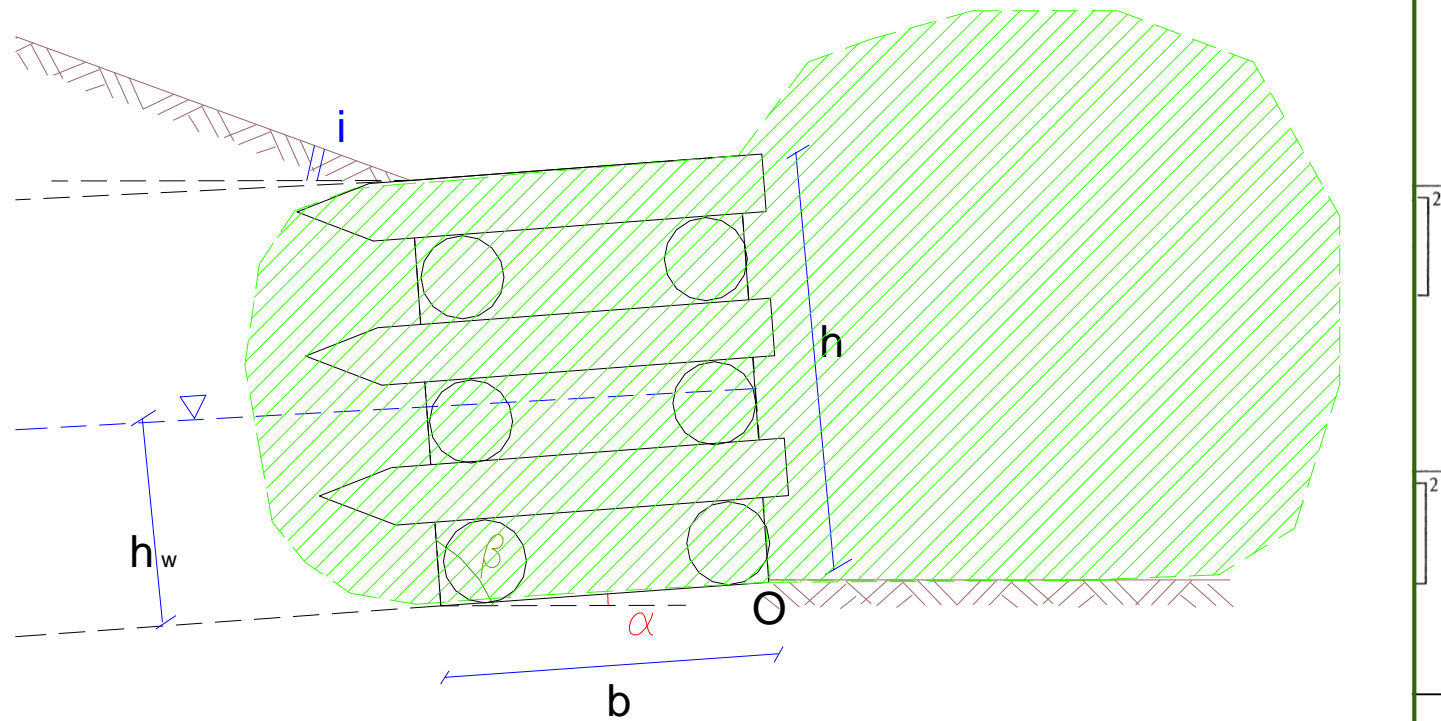
Last years:

**Monitoring and modeling soil and river bioengineering techniques
(i.e. live **cribwalls**, **gridwalls**, **palisades**, etc.)**

Today:

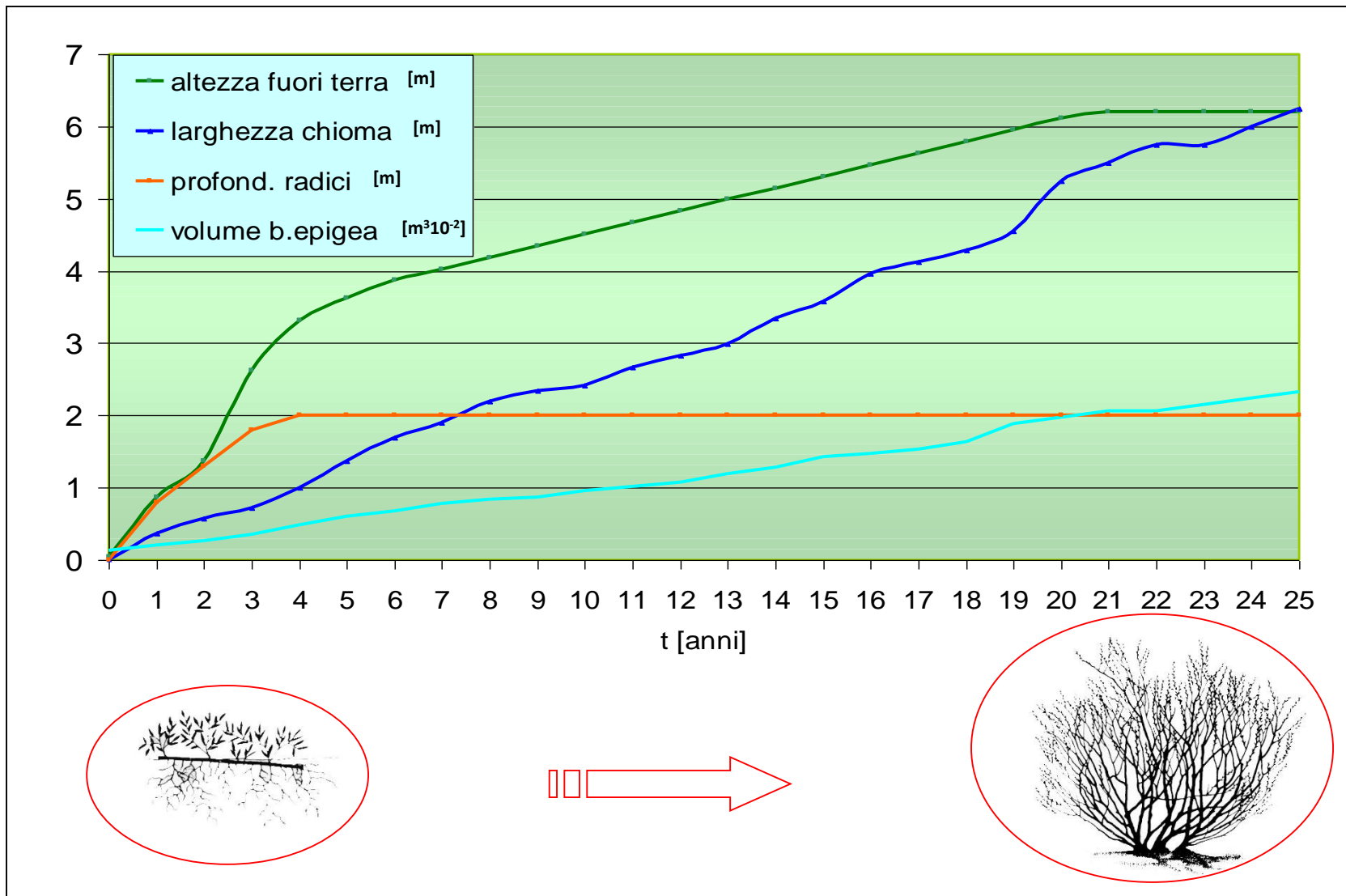
Very simple original and cheap solutions: **prefabricated and folding structures made of logs jointed with threaded rods (Evintech srl patent, in collaboration with University of Florence)**

Evoluzione temporale delle condizioni di stabilità per le palificate vive



Evoluzione temporale delle condizioni di stabilità per le palificate vive

Sviluppo delle piante: considerando talee di *Salix purpurea* (da uno studio in una stazione detritica povera del Tirolo, quota 700 m slm. *Schiechl, 1991*)



Stabilità palificata viva

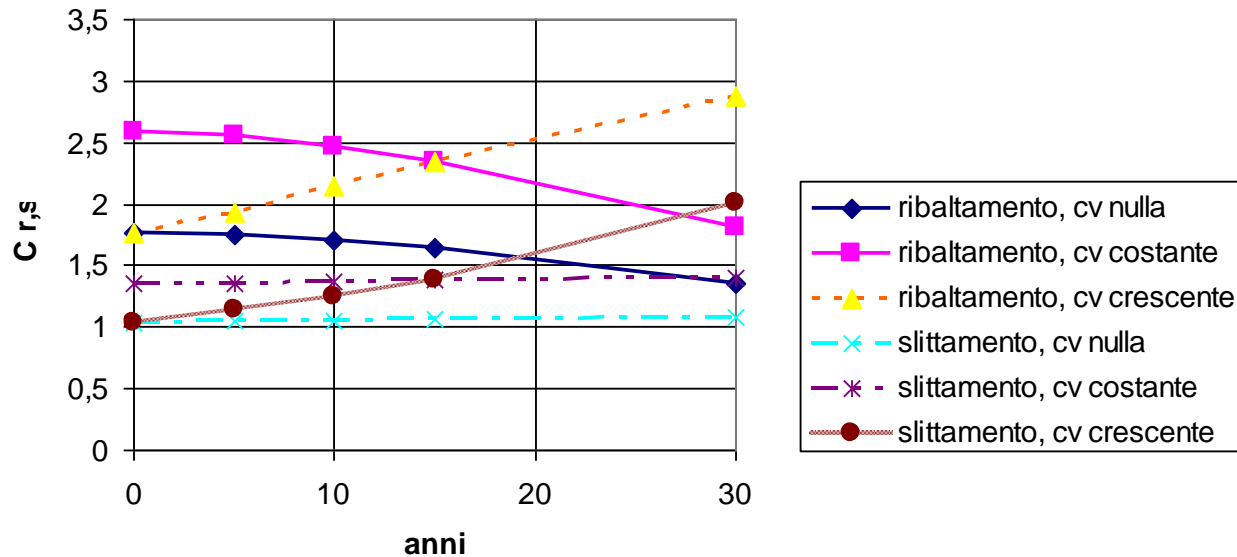


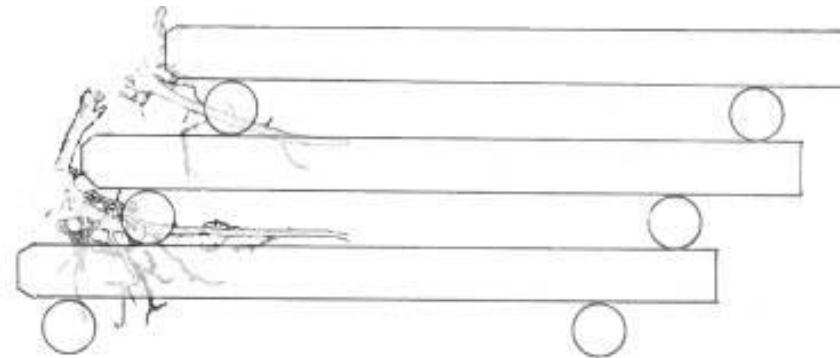
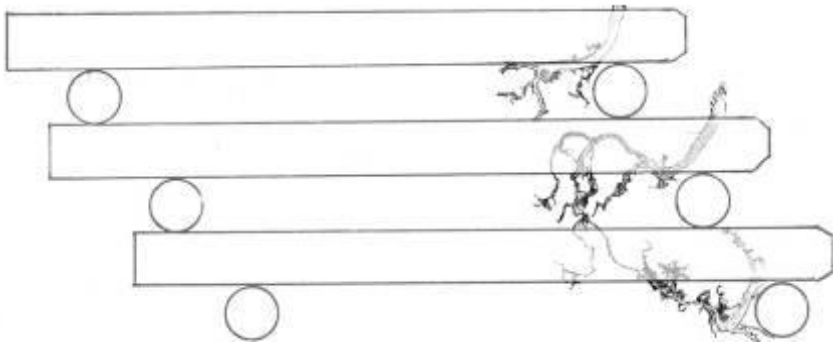
Fig. 16 c) - Fattore di sicurezza al ribaltamento (Cr) ed allo slittamento (Cs) per una palificata viva considerando l'effetto della coesione radicale: i valori di coesione sono, nulla, costante pari a 300 kg/m² o crescente linearmente da 0 a 600 kg/m²; altezza dell'opera pari a 2,25 m, terreno saturo, 4 talee/ m² e volume e sporgenza della biomassa epigea da Fig. 14 a).



**bank crib wall at Molino di Lierna, Poppi (AR),
with initial 10 willow cuttings per square meter
and to date alder natural renewal**



**slope crib wall at Desiata, Seravezza (LU),
with similar willow cuttings original density**



STIMA DEL RINFORZO RADICALE ANCHE NELLE OPERE

**Coesione
radicale**

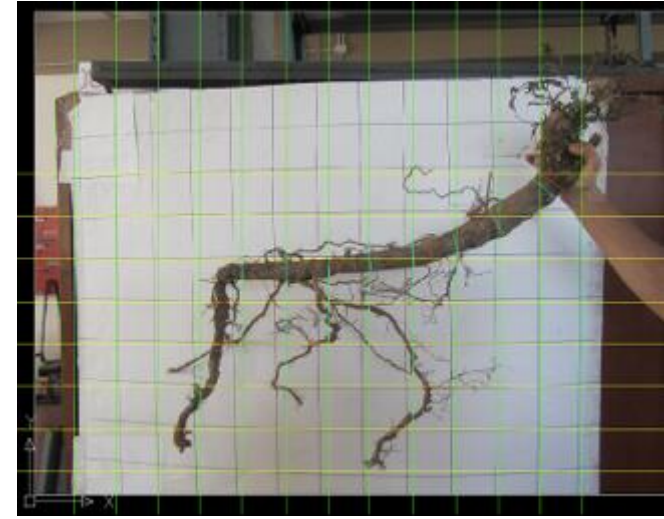
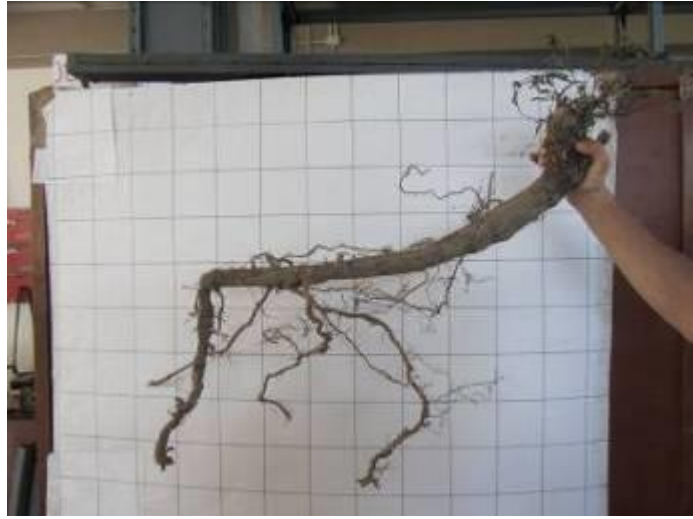
Densità delle radici e
distribuzione all'interno del
suolo

Rapporto di Area
Radicata

R.A.R.

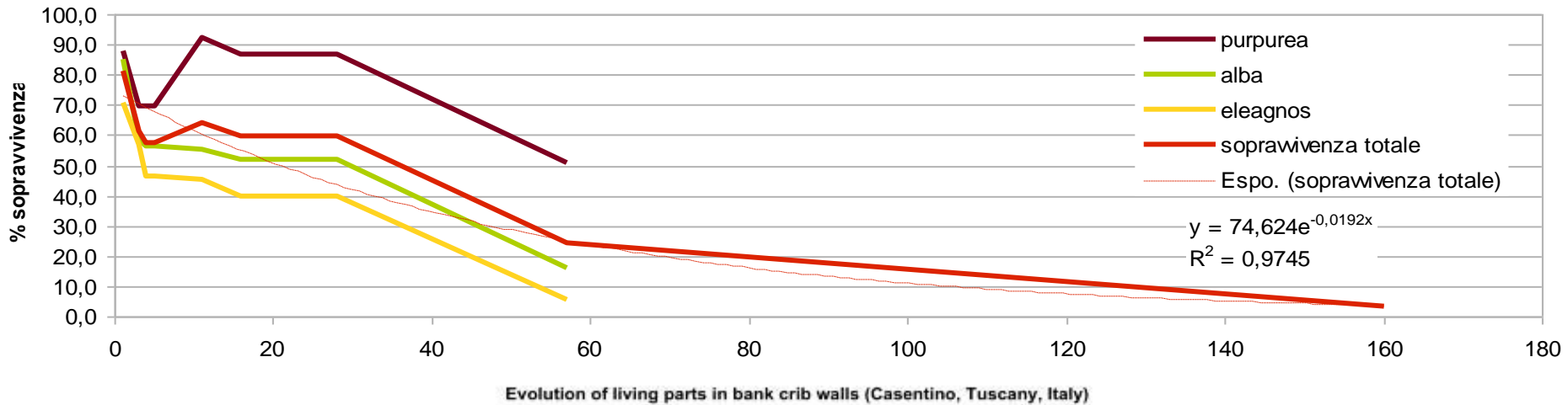
Rapporto tra la somma delle aree delle radici
e l'area di terreno totale esplorata,
considerato su un piano posto ad una
determinata profondità

Metodo Dani *et al*
(2007)

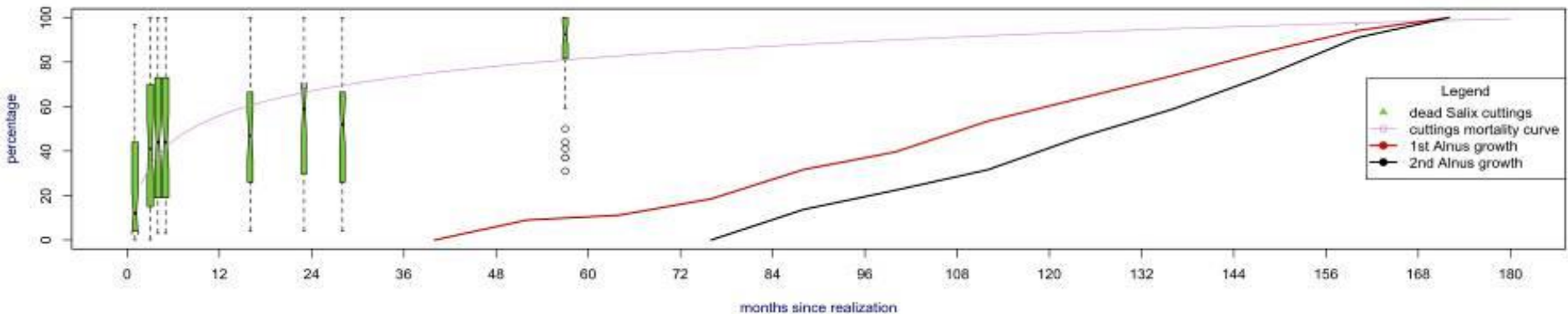


Attecchimento e sopravvivenza

sopravvivenza delle talee
modulo R4 (1998)



Evolution of living parts in bank crib walls (Casentino, Tuscany, Italy)



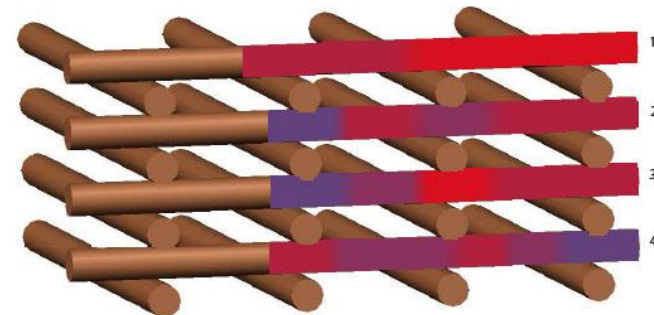
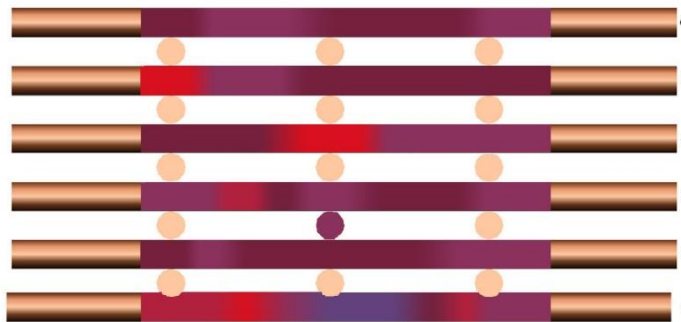
La progressiva riduzione di piante vive di salice è da associare alla presenza di una popolazione spontanea di **ontano** che avrebbe aduggiato il salice (eliofilo).

L'ultimo dato (circa 3%) è del rilievo di giugno 2011:
la vegetazione spontanea è presente, **anche all'esterno dell'opera.**

Durabilità degli elementi lignei



opere Azzano2 (A2) e Terrinca 2 (T2)



CLASSI RM	SCALA CROMATICA	SOLLECITAZIONE CORRISPONDENTE (N/mm ²)
0-5		12,5-25
5-10		25-37,5
10-15		37,5-50
15-20		50-62,5
20-25		62,5-75
25-30		75-87,5

RM (15 anni)

=

c.a 90 %

✓

F. Preti, M. Togni, A. Dani, F. Perugini, 2011, Il potere del tempo - La durabilità degli elementi lignei delle palificate, ACER, ISSN1828-4434, 6/2010, pp. 33-37

Innovazioni in ingegneria naturalistica

di ENRICO GUASTINI, FRANCO BRUCALASSI, LEONARDO MAZZANTI, FEDERICO PRETI

Un recente brevetto si inserisce nell'ambito dell'ingegneria naturalistica, proponendo strutture prefabbricate e pieghevoli che potrebbero agevolare le operazioni di trasporto e messa in opera, rendendo più accessibili le operazioni di stabilizzazione di versante.

L'Università degli Studi di Firenze ha iniziato una sperimentazione mirata a verificare l'applicabilità

costruite direttamente in loco e di conseguenza adeguate alle caratteristiche locali. Questa importante capacità di adattamento rende

INNOVAZIONE

Si tratta di intelaiature in cui la paleria è collegata da barre filettate verticali passanti



Foto 3 - Le strutture possono essere posizionate in maniera da assecondare la curvatura del versante sistemato.

Bibliografia

CORNELINI, P., PRETI, F., 2005 - **Elementi di geotecnica applicata all'I.N.: aspetti generali, criteri di dimensionamento e verifiche di stabilità.** In Manuale di I.N. della Regione Lazio, vol. 2, cap. 10.

MENEGAZZI G., PALMERI F., 2013 - **Dimensionamento delle opere di ingegneria naturalistica - aspetti innovativi e verifiche preliminari.** Assessorato per l'Ambiente Dipartimento Ambiente e Protezione Civile, Regione Lazio.

GUASTINI E., PRETI F., 2013 - **Monitoring of live and woody elements,** EGU General Assembly 2013. Wien, Geophysical Research Abstracts Vol. 15, EGU2013-12472.

Normativa di riferimento

ISO 898, 2009 - **Classi di resistenza per elementi di collegamento.** International Organization for Standardization.

UNI 11035, 2010 - **Legno strutturale - Classificazione a vista dei legnami secondo la resistenza meccanica.** Ente Nazionale Italiano di Unificazione.

UNI EN 384, 2004 - **Legno strutturale - Determinazione dei valori caratteristici delle proprietà meccaniche e della massa volumica.** Ente Nazionale Italiano di Unificazione.



“Wooden Gabions” => Carriage optimization

In situ unfolding and filling

Less time consuming and cheaper

**Cuttings or rooted plants can be inserted even easier than for traditional soil bioengineering
Realization not during vegetation growing season**



River bioengineering

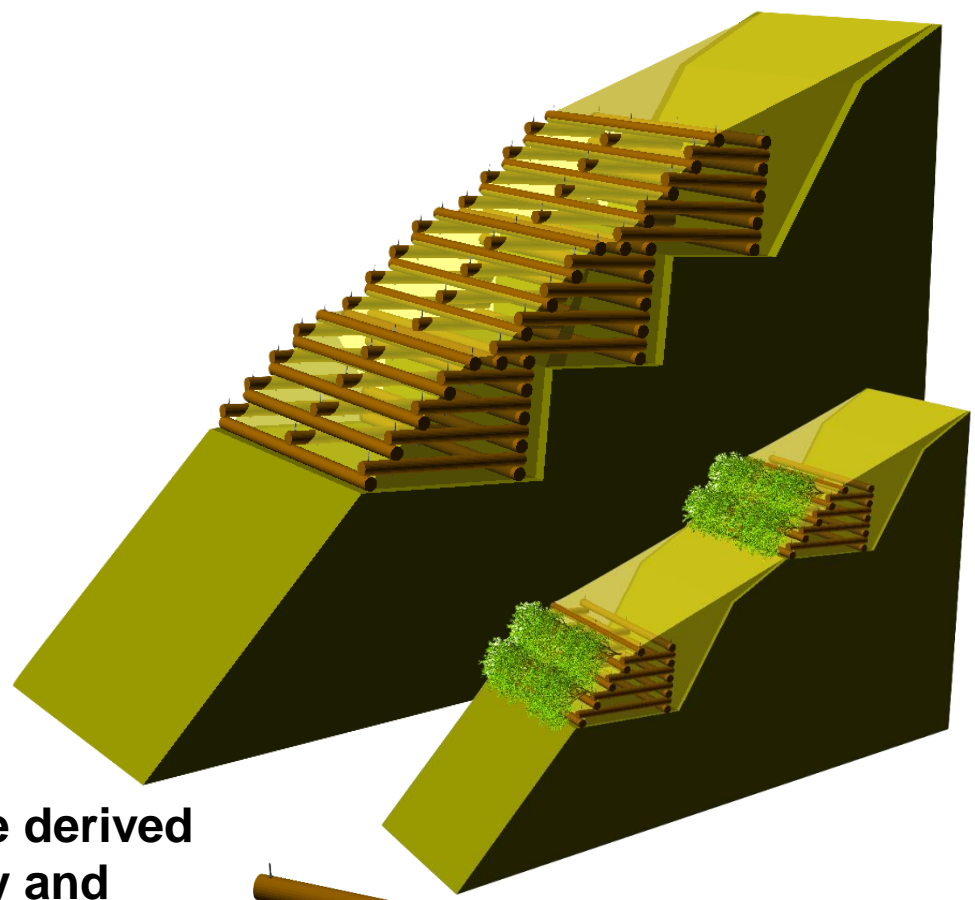
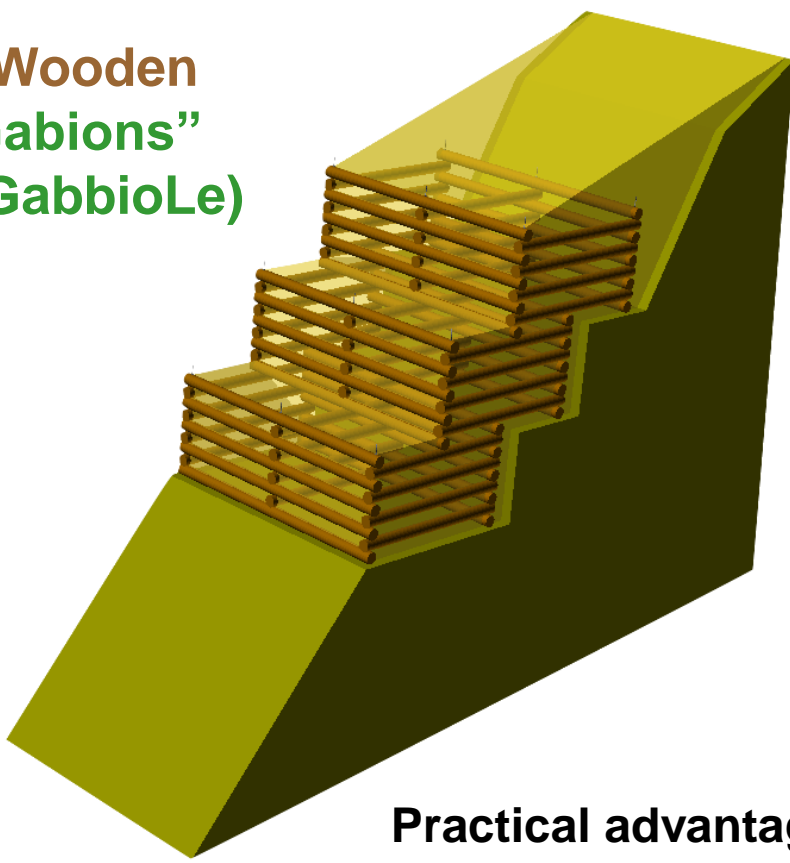
Check dams



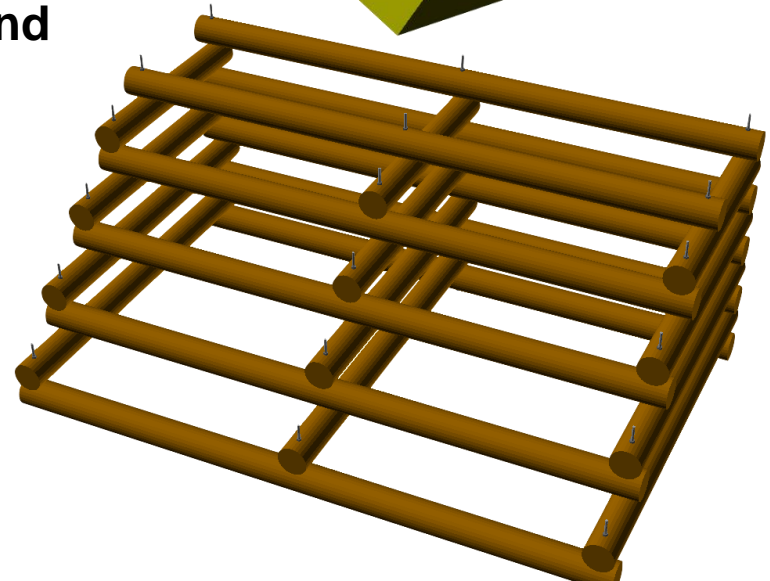
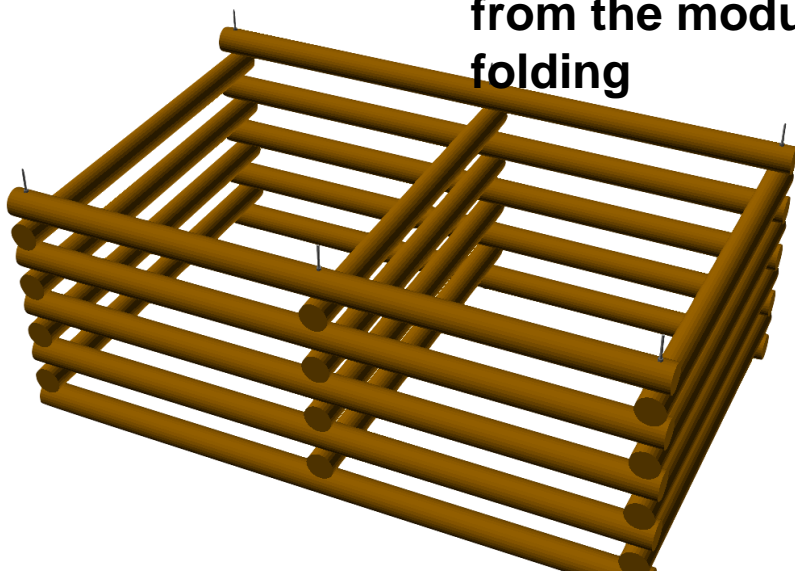
In-situ experiments are ongoing to test the application in comparison with traditional structures. and **stress tests** on logs and joints and the stability of the individual modules according to the European and Italian **regulations**



**“Wooden
Gabions”
(GabbioLe)**



**Practical advantage derived
from the modularity and
folding**



- “angolo di attrito opera-terreno” è posto in 15° [fonte: Regione Lazio]

- 7. stabilità pendio** – in questo foglio viene eseguita un’analisi di stabilità di un pendio con il metodo del pendio indefinito; come per gli altri fogli, sono segnati in rosso i valori che sono modificabili a seconda delle esigenze: “altezza strato di terreno” e “altezza strato con pressione idrica”
- 8. resistenza scivolamento** – in questo foglio viene calcolata la resistenza a scivolamento della singola struttura

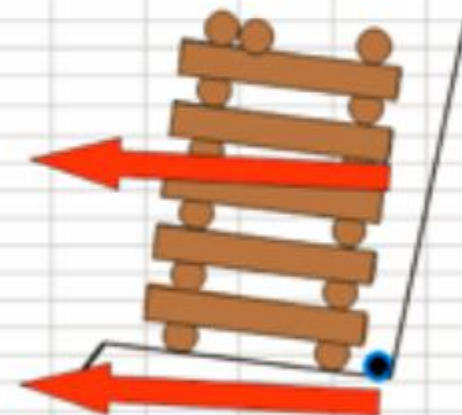
verifica secondo D.M. 100/2008

INPUT		
ANGOLO DI ATTRITO SUOLO	ϕ	33
PESO COMPLESSIVO DI UN METRO DI SVILUPPO DI PALA	$P_{\text{struttura}}$	4000 Kg
SPINTA ATTIVA	S_a	2050 Kg

dato da foglio analisi carichi
dato da foglio analisi carichi

OUTPUT		
ANGOLO DI ATTRITO SUOLO	ϕ	0.57536
COEFFICIENTE DI ATTRITO TRA BASE DELLA PALIFICATA	f	0.64341
VERIFICA A SCIVOLAMENTO	FS sciv.	1.47
	FS ammissibile	1.3

Verificata $f = \frac{P}{S_a} = 0.65$



verifica secondo D.M. 10/18/2003

SPESSE DELLA PALCATA	B	100	mm	INPUT
ALTEZZA DELLA PALCATA	H	18	mm	
PERICOLO PERICOLO QUANTITATIVO DI CARICO	P_{max}	400	N/m ²	dati da foglio analisi carichi
IMPEDIMENTIVA	S_{in}	300	N/m ²	dati da foglio analisi carichi

MOMENTO DI FLESSIONE	$M_{flessione}$	200	Nm	OUTPUT
MOMENTO DEL TAVO	M_{tavo}	1/2400	Nm	
VERIFICA DEL TAVO	F_{tavo}	1.0	OK	
F_{tavo}		1.0	OK	verificato

$$M_{flessione} = P_{max} \cdot \frac{B}{2}$$

$$M_{flessione} = S_{in} \cdot \frac{B}{2}$$

$$\frac{M}{M_c}$$


10. resistenza schiacciamento – in questo foglio viene calcolata la resistenza a schiacciamento della singola struttura

verifica secondo D.M. 10/18/2003

PERICOLO PERICOLO QUANTITATIVO DI CARICO	P_{max}	400	N/m ²	INPUT
MOMENTO DEL TAVO	M_{tavo}	1/2400	Nm	dati da foglio resistenza e stabilimento
SPESSE DELLA PALCATA	B	100	mm	
CARICO SULL'IMPERO	Q	100	N/m ²	

$$a = B \cdot \frac{Q}{P_{max}}$$

$$a = 100 \cdot \frac{100}{400} = 25 \text{ mm}$$

DEFORMAZIONE	a	0.25	mm	OUTPUT
--------------	---	------	----	--------

Il carico di schiacciamento è riferito al solo modulo di legno in esame.

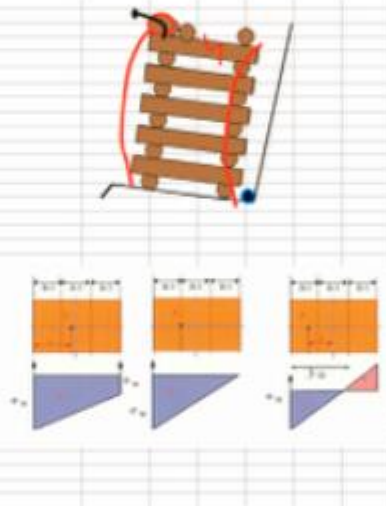
$$S_1 = 2 \cdot \frac{M_{tavo}}{B} = 2 \cdot \frac{1/2400}{0.1} = 0.083 \text{ N/mm}^2$$

$$S_2 = 2 \cdot \frac{M_{tavo}}{B} = 2 \cdot \frac{1/2400}{0.1} = 0.083 \text{ N/mm}^2$$

Tabella

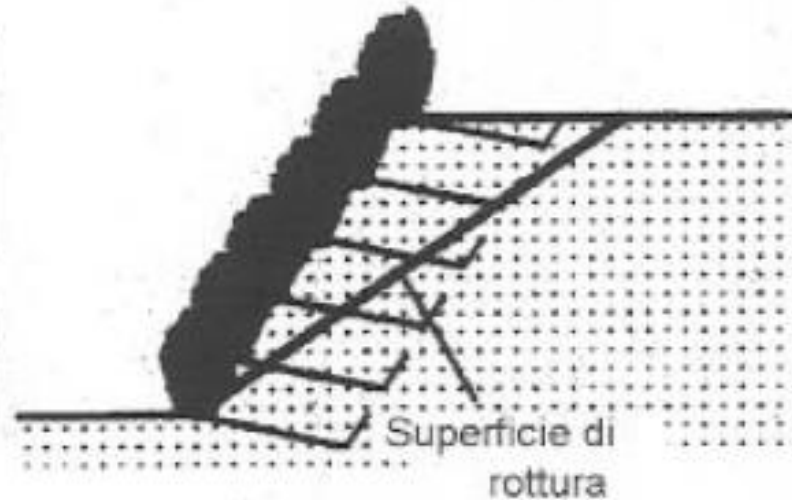
$$f_{sch} = \frac{P}{1000 \cdot B} \cdot 1.1 \cdot \frac{Q \cdot a}{B}$$

TRAVATA DI VERIFICA NAZIONALE	f_{sch}	0.25	N/mm ²	OUTPUT
VERIFICA DEL TAVO	F_{tavo}	1.0000	OK	
F_{tavo}		1.0	OK	verificato

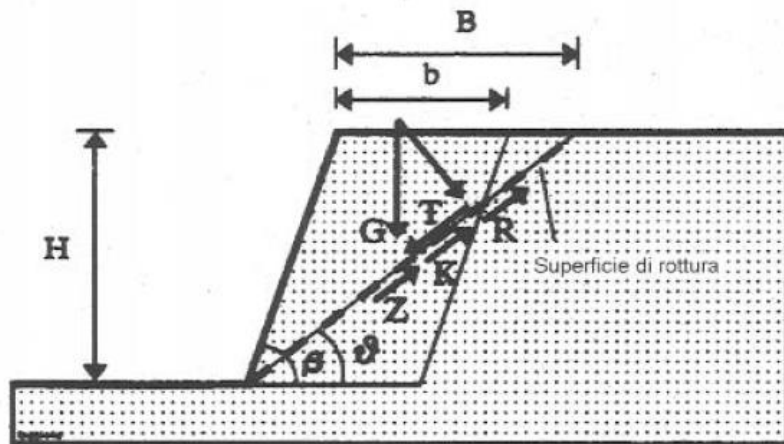


Il foglio di calcolo non è da considerare come un documento esaustivo, completo e definitivo; si tratta di un work in progress nel quale verranno via via aggiunti calcoli di dettaglio utili per progettazioni più complesse (stiamo lavorando a un ulteriore foglio per la verifica automatica di sistemazioni che comprendano non il singolo modulo – o fila di moduli – ma anche la possibilità di posizionare i moduli parzialmente sovrapposti).

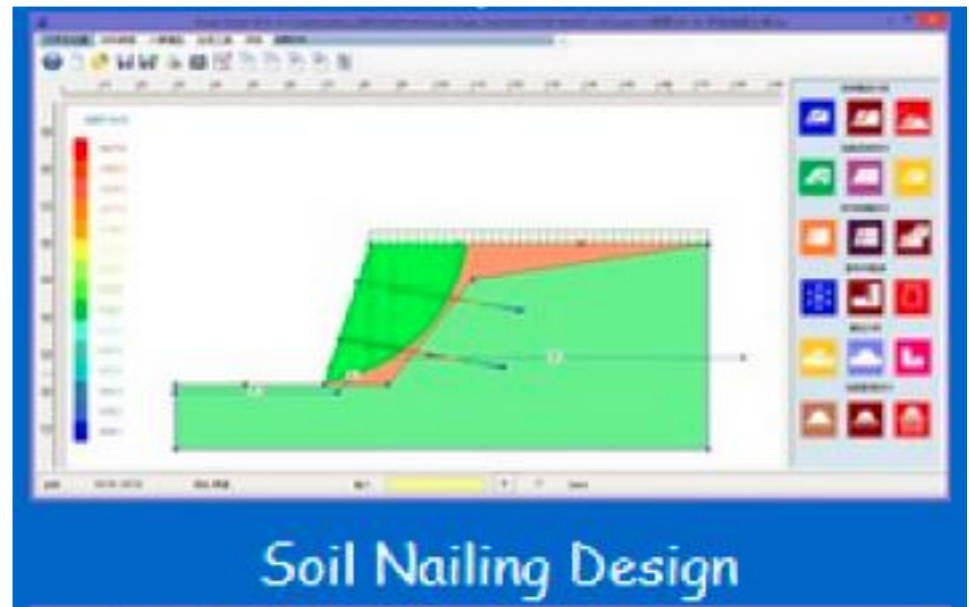
Nel caso venissero riscontrati errori o si volessero suggerire miglioramenti o implementazioni, si prega di contattarmi tramite e-mail.



Percorso logico per la verifica di stabilità di opere di ingegneria naturalistica



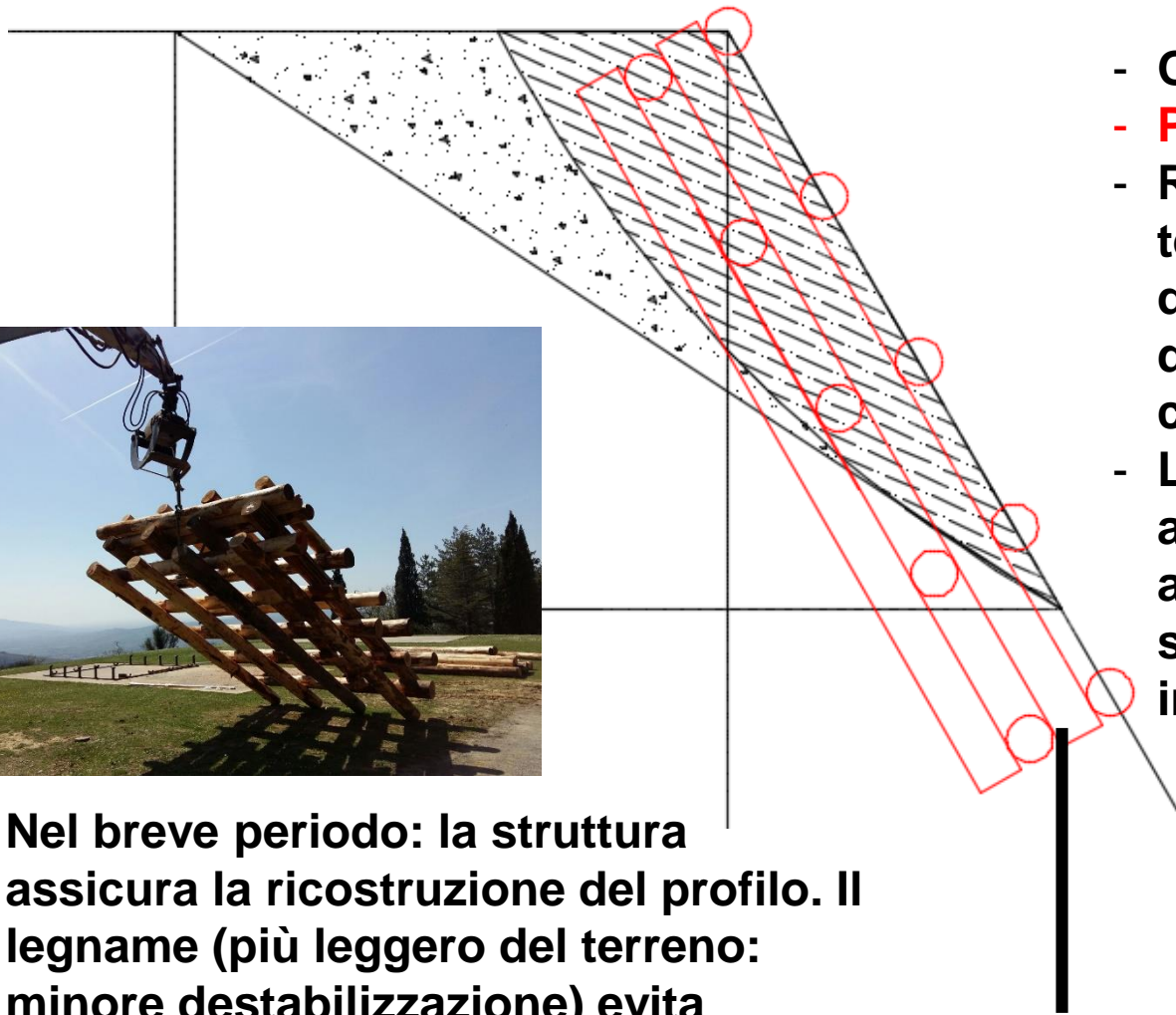
Componenti di calcolo di un corpo in rottura (SCHUPPENER, 1994)



Intervento di ripristino: Shoulder PFB



- Nel breve periodo: la struttura assicura la ricostruzione del profilo. Il legname (più leggero del terreno: minore destabilizzazione) evita l'erosione superficiale e trattiene il suolo ricreando le condizioni per lo sviluppo di vegetazione.



- Opera in legname VIVA
- **Posa in opera dall'alto**
- Ripristina il profilo del terreno come era prima del movimento franoso, quindi non altera la condizione originaria
- L'instabilità era dovuta alla concentrazione delle acque di scorrimento superficiale (erosione e infiltrazione).

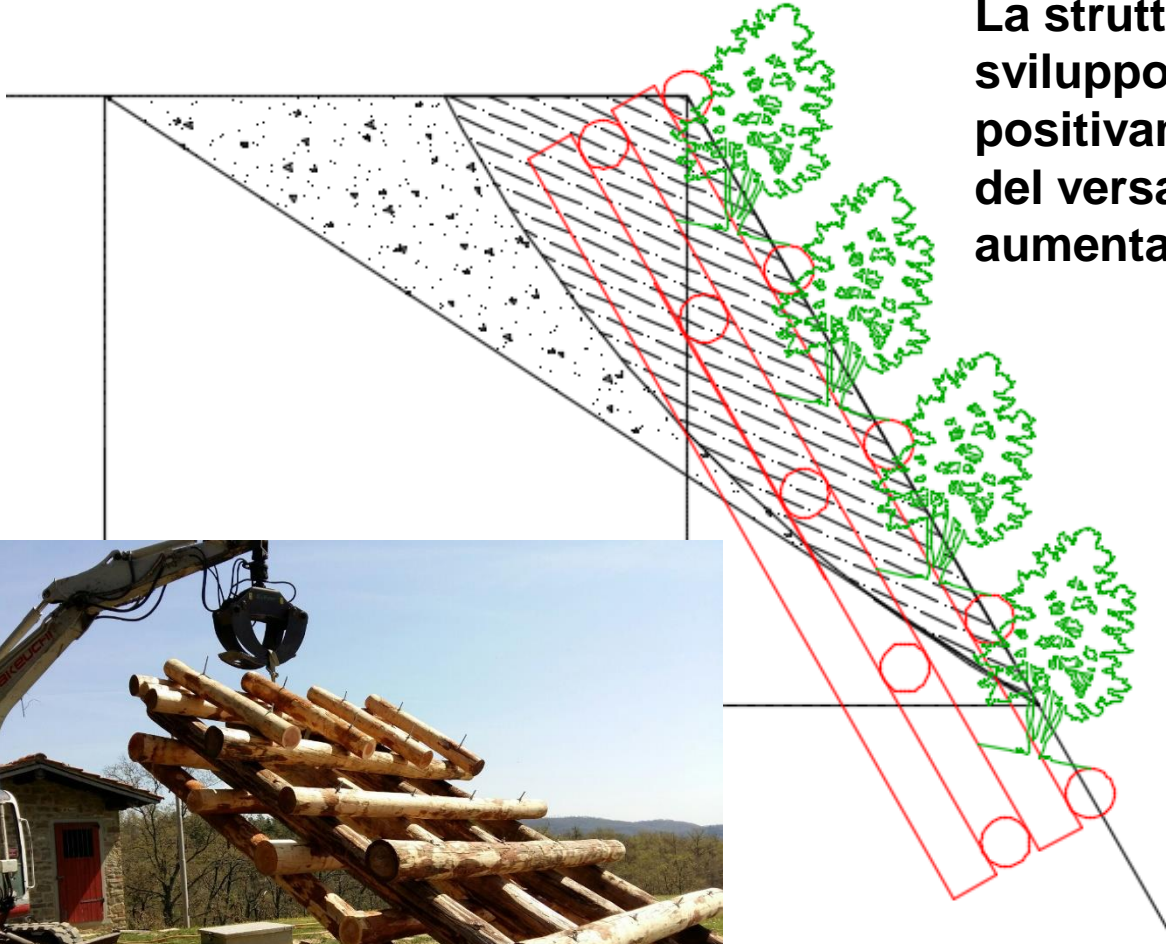
Il profilo al piede d'opera aiuta la posa della stessa

Evoluzione temporale

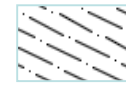
Nel lungo periodo: la struttura di legno si degrada, il legno perde le sue capacità meccaniche.

La struttura, però, ha permesso lo sviluppo di piante che influenzano positivamente i fenomeni idrologici del versante, e le cui radici aumentano la coesione del suolo.

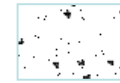
Si ricrea il profilo analogo a quello originario, quindi se i deflussi sono correttamente regimati, non si verificano frane. Le radici aumentano la sicurezza.



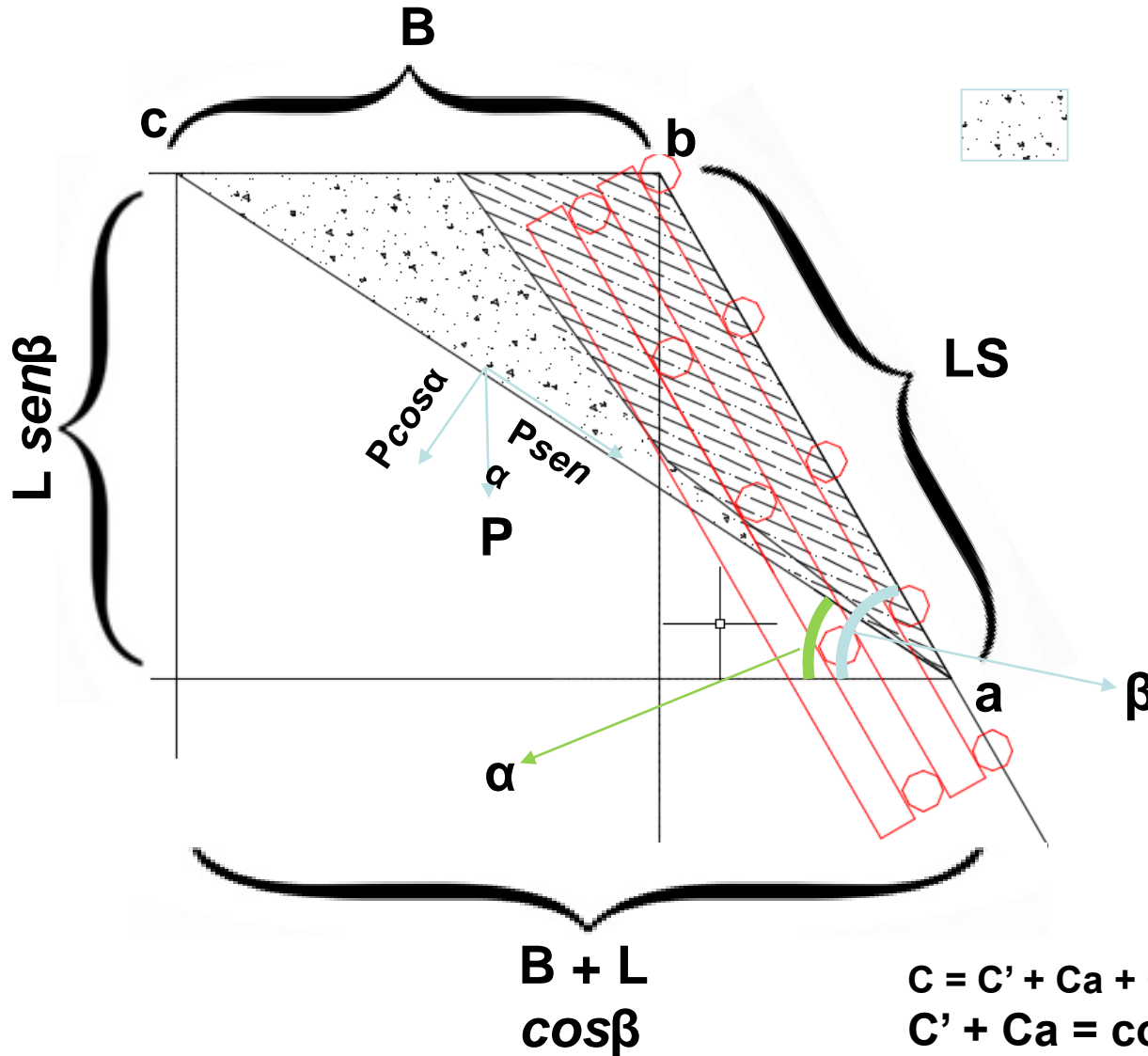
Modello PFB



Porzione franata



Porzione instabile



$$CA + \mu P \cos \alpha \geq P \sin \alpha$$

C – coesione del terreno
A – area di riferimento
 μ - Attrito dato dal peso
P – peso del terreno + opera

$$C = C' + C_a + C_v$$

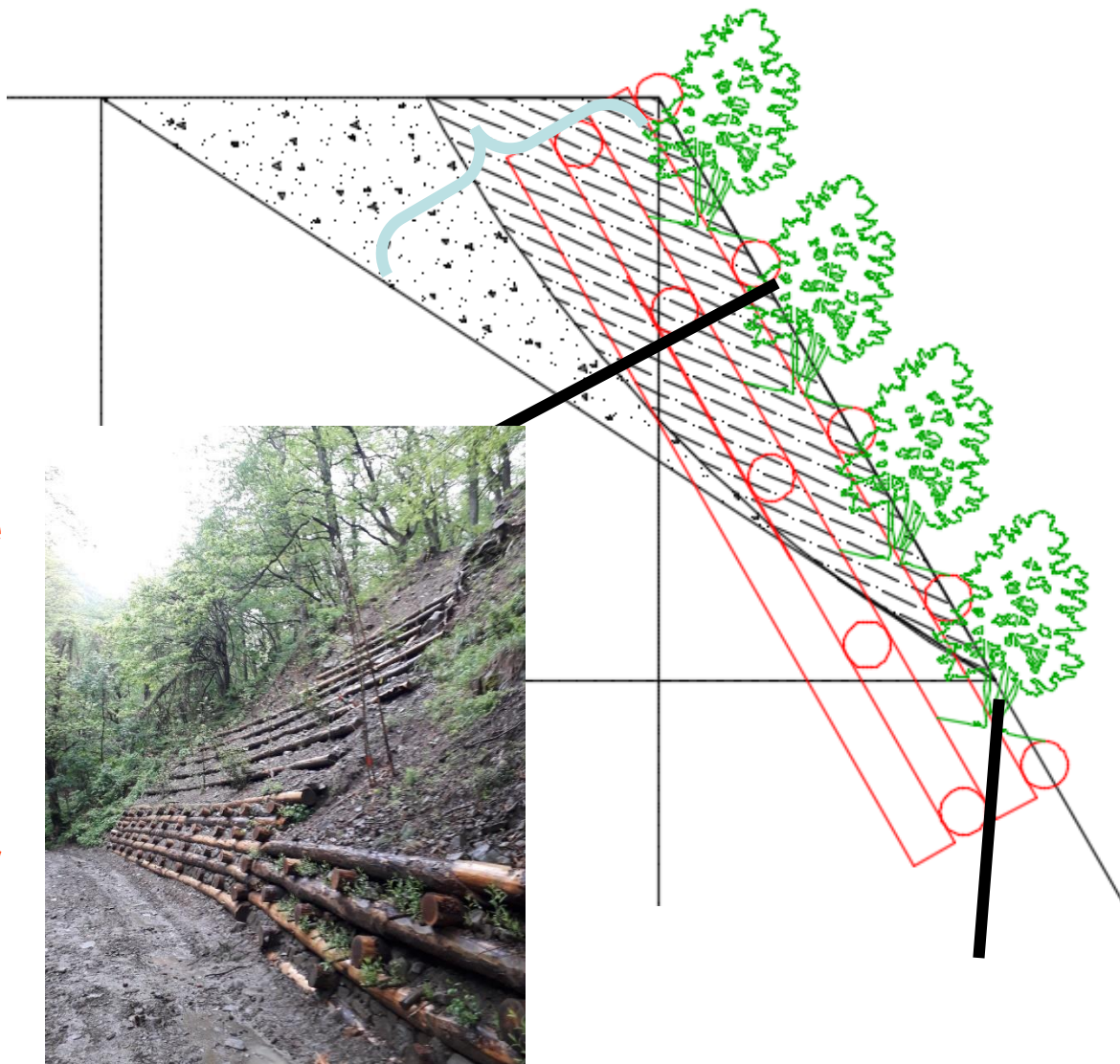
$C' + C_a$ = coesione suolo e apparente

C_v = coesione suolo radicale

Eventuale rinforzo ulteriore

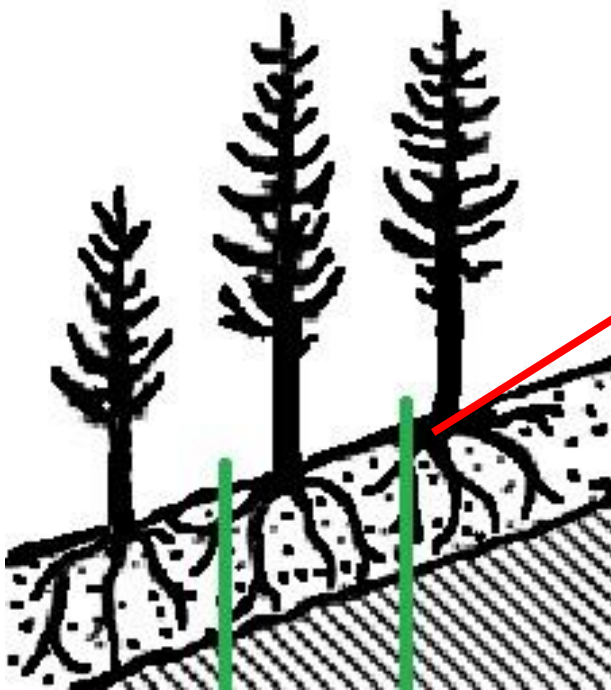
Porzione con distanza maggiore tra vegetazione e superficie di scorrimento (considerata nei calcoli a favore di sicurezza) – minore contenuto di radici.

- In questa zona potrebbe essere necessario l'inserimento di piante radicate o l'installazione di picchetti o tiranti (utili anche in fase di montaggio e in futuro per estendere l'effetto delle radici a distanza maggiore).



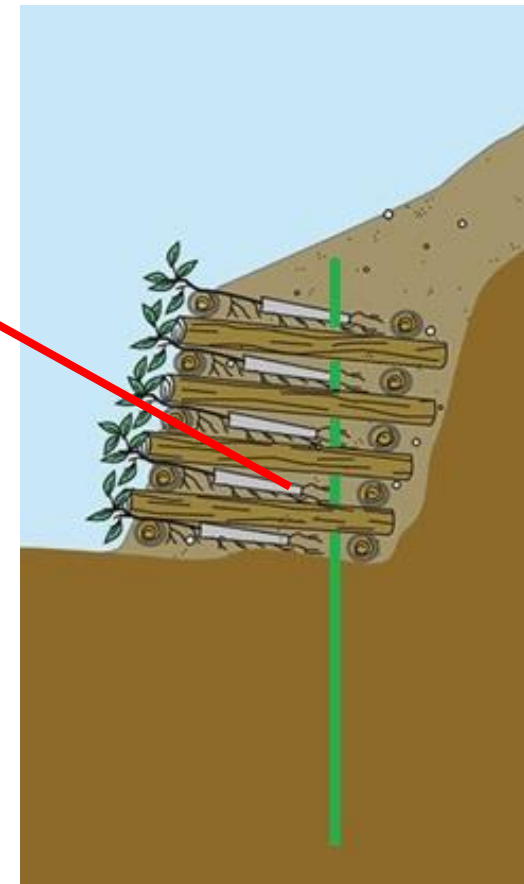
Possible model application

Design techniques of reinforcements of the bioengineering structure, also prefabricated



“T” Iron bar

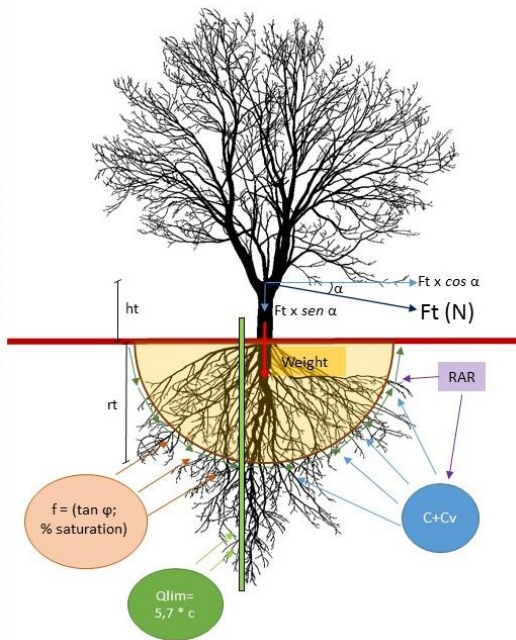
- High shear strength.
- Crossing the slip surface.
- High compression strength in rooted zone (at least 5-times the soil cohesion).
- Low expensive

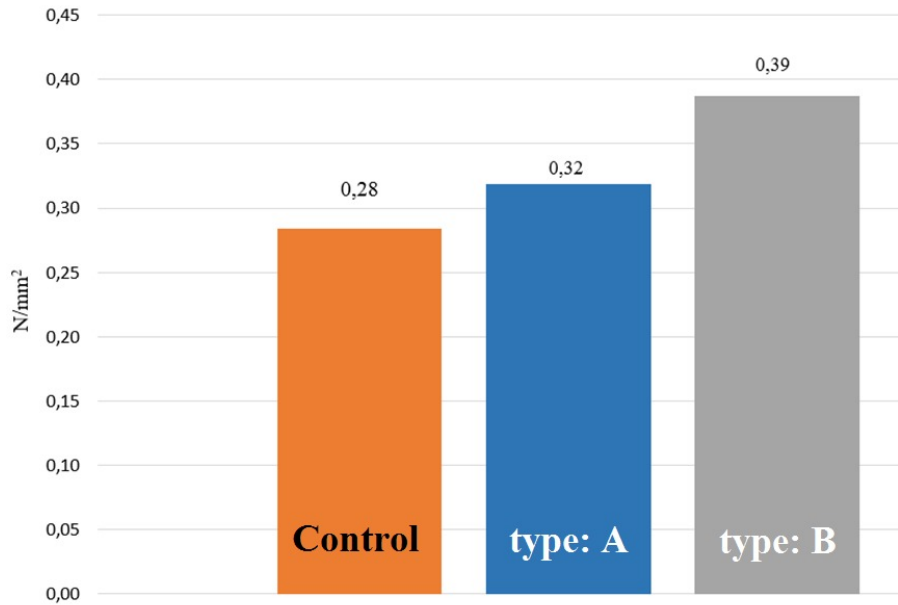


Glaeba model

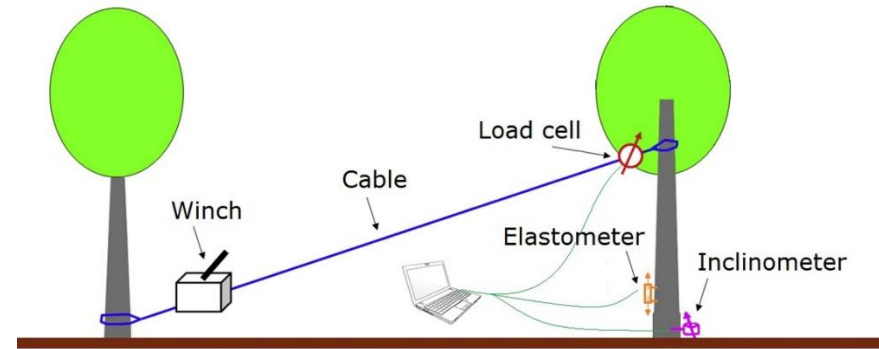
(Work in progress)

- Indirectly estimation of the mean rooting depth "b" in RAR equation, useful for slope stability analysis.
- Root anchorage design techniques for unstable plants





Average effort to tilt root plate to 2,5°
 Control: 3 spruces without anchorage, Type A: 3 spruces, Type B: 4 spruces. The effort is based on DBH.



Incremento di resistenza di circa il 30%:

Importanza in caso di degradazione del legno

Estensione dell'effetto a strati non esplorabili dagli apparati radicali

Grazie per l'attenzione Merci pour l'attention



www.interreg-maritime.eu/adapt