

Università degli studi della Tuscia
FACOLTA' DI AGRARIA
Via S. Camillo de Lellis, Viterbo



Morfologie in massi per la riconnessione delle reti ecologiche in ambiente idraulico

Relatore:
Prof. Ing. Salvatore Grimaldi

Controrelatore:
Prof. Maria Nicolina Ripa

Correlatori:
Dott. Ing. Andrea Petroselli
Ing. Dott. Nat. Paolo Cornellini
Dott. Lino Rugieri

Laureando:
Giuseppe Carbone

Introduzione

Capitolo 1 Ingegneria Naturalistica

- 1.1 Fonti storiche
- 1.2 Definizione
- 1.3 Obiettivi dell'Ingegneria Naturalistica
- 1.4 Differenze dagli interventi classici
- 1.5 Deontologia
- 1.6 Normativa di riferimento
- 1.7 Il ruolo delle piante nella stabilità dei versanti
 - 1.7.1 Caratteristiche biotecniche delle piante
 - 1.7.2 Apparati radicali

Capitolo 2 Materiali e metodi

- 2.1 Rilievi topografici
- 2.2 Stato ambientale del fiume Aterno
 - 2.2.1 Indice di Funzionalità Fluviale
 - 2.2.2 Ittiofauna
- 2.3 Studi idraulici
 - 2.3.1 Digital elevation model (DEM)
 - 2.3.2 Costruzione del DEM
 - 2.3.3 Correzione del DEM
 - 2.3.4 Elaborazioni del DEM
 - 2.3.5 Piogge massime locali di breve durata
 - 2.3.6 Calcolo della portata di progetto

Capitolo 3 Progettazione in Ingegneria Naturalistica

- 3.1 Scelta della tipologia costruttiva
- 3.2 Le fasi pre-progettuali
 - 3.2.1 Programmazione del lavoro
 - 3.2.2 Analisi e studi di supporto alla progettazione
- 3.3 Progettazione
 - 3.3.1 Piano di manutenzione

3.4 Frequenti tipi di errori nell'esecuzione di opere di Ingegneria Naturalistica

- 3.4.1 Errori derivanti dalla non corretta gestione del sito
- 3.4.2 Errori derivanti dal non corretto utilizzo di materiale naturale
- 3.4.3 Errori derivanti dal non corretto utilizzo di materiale naturale morto
- 3.4.4 Errori derivanti dal non corretto utilizzo di materiale inerte
- 3.4.5 Errori derivanti dal non corretto utilizzo di materiale tradizionale
- 3.4.6 Errori comuni nella realizzazione generale

3.5 Progettazione in ambito idraulico

- 3.5.1 Criteri di progettazione
- 3.5.2 Scheda qualità ambientale di un corso d'acqua
- 3.5.3 Scelta delle tipologie d'intervento
- 3.5.4 Parametri idrologici da considerare nel calcolo delle opere di I.N.

Capitolo 4 Analisi progettuali

4.1 Fasi pre-progettuali

- 4.1.1 Individuazione dell'area di intervento
- 4.1.2 Raccolta della documentazione cartografica necessaria
- 4.1.3 Rilievi topografici

4.2 Analisi ambientale

- 4.2.1 Inquadramento geomorfologico e idrologico
- 4.2.2 Stato ambientale del fiume Aterno
- 4.2.3 Indice di Funzionalità Fluviale (IFF)
- 4.2.4 Ittiofauna

4.3 Analisi idrologiche e idrauliche

- 4.3.1 Correzione del DEM
- 4.3.2 Elaborazioni del DEM
- 4.3.3 Piogge massime locali di breve durata
 - 4.3.3.1 Leggi di probabilità pluviometrica (L.S.P.P.)
- 4.3.4 Calcolo della pioggia netta
- 4.3.5 Calcolo della portata di progetto e dei parametri idraulici

Capitolo 5 La proposta progettuale: opera in massi

5.1 Rampe in massi: generalità

5.2 Dimensionamento

5.3 Elaborati progettuali

Conclusioni

Sintesi della tesi

Le tradizionali opere di sistemazioni di un corso d'acqua vengono impiegate generalmente per garantire la stabilità di un tratto di alveo fluviale, relativamente a problemi legati al trasporto solido, specialmente dove sono presenti fenomeni erosivi.

Gli interventi tradizionali quali briglie e soglie hanno in genere rapida ed elevata efficacia, ma non di rado comportano degli effetti collaterali quale la riduzione dell'apporto di materiale a valle, i danni all'ittiofauna e gli effetti su aspetti ricreativi e visivi, che non devono essere trascurati.

Gli approfondimenti scientifici sviluppati nell'ambito delle sistemazioni idrauliche hanno aperto gli scenari a nuove opere non convenzionali, maggiormente sensibili agli aspetti ambientali.

In quest'ambito si è inserita l'Ingegneria Naturalistica come nuova disciplina trasversale, che ha permesso l'affermarsi di nuove tipologie di opere. Tra queste, le strutture in massi stanno lentamente prendendo il posto di tutte le opere tradizionali, non solo in ambiti montani, ma anche in quelli urbani.

Il funzionamento della rampa si basa essenzialmente sulla formazione di zone a corrente lenta e a corrente veloce in modo da ottenere una dissipazione notevole di energia, mantenendo la continuità morfologica e consentendo la diversificazione dell'habitat.

In questo elaborato sono state eseguite tutte le operazioni necessarie per poter progettare una di queste strutture, in particolare si è cercato di progettare un'opera che potesse sostituirla una esistente realizzata in calcestruzzo e pietrame in un tratto del fiume Aterno nella provincia de L'Aquila.

Per prima cosa si è individuato l'iter di progettazione in Ingegneria Naturalistica che poi è stato rivisto e corretto in base alle esigenze dell'opera. Successivamente sono state eseguite, punto per punto, tutte le analisi e le progettazioni necessarie.

In particolare si è analizzata quello che è lo stato ambientale dell'area d'intervento, con maggiore attenzione allo studio dell'ittiofauna. Questo aspetto è molto importante in quanto il tratto in questione ricade all'interno sia di un Parco Naturale Regionale (Z.P.S. IT710130), sia nel in un Sito di Importanza Comunitaria (S.I.C. IT7110096), quest'ultimo proposto anche per la presenza di specie ittiche di interesse.

Eseguite le varie analisi si è poi proceduto ad eseguire i vari studi idraulici, tra i quali la L.S.P.P. e il calcolo della portata netta, fondamentali per il calcolo della portata di progetto necessaria per il dimensionamento dell'opera.

Obiettivi

Utilizzo di nuove tipologie di opere per rendere possibile la riconnessione delle reti ecologiche in ambito fluviale

Individuare un nuovo iter progettuale da utilizzare per la realizzazione di queste tipologie di interventi

Ingegneria Naturalistica



L'Ingegneria Naturalistica è una disciplina tecnico-scientifica e tecnico-biologica che utilizza le piante vive o parti di esse, da sole o in abbinamento con altri materiali biodegradabili di origine naturale e non.

L'I.N. viene utilizzata nella realizzazione di interventi per la sistemazione dei corsi d'acqua, limitando l'azione erosiva degli agenti meteorici, nonché di scarpate e superfici degradate da fattori naturali o antropici.



Progettazione in I.N.

Il progetto di Ingegneria Naturalistica prevede un lavoro multidisciplinare per individuare gli interventi da attuare per la difesa del suolo nelle sistemazioni idrauliche e di versante.

1) Scelta della tipologia costruttiva

- Scopo degli interventi costruttivi
- Effetto tecnico atteso
- Disponibilità di materiali costruttivi vivi
- Stagione

Progettazione in I.N.

Il progetto di Ingegneria Naturalistica prevede un lavoro multidisciplinare per individuare gli interventi da attuare per la difesa del suolo nelle sistemazioni idrauliche e di versante.

2) Fasi pre-progettuali

- Programmazione del lavoro
- Studi di supporto alla progettazione
 - Cartografia
 - Strumenti urbanistici
 - Materiale esistente
 - Rilievi topografici
 - Analisi ambientale
 - Rilievi vegetazionali
 - Studi idrologico-idraulici
 - Studi geologici e geotecnici
 - Rilievo fotografico
- Stagione

Progettazione in I.N.

Il progetto di Ingegneria Naturalistica prevede un lavoro multidisciplinare per individuare gli interventi da attuare per la difesa del suolo nelle sistemazioni idrauliche e di versante.

3) Progettazione

- Preliminare
- Definitiva
- Esecutiva

Individuazione dell'area d'intervento



Comune *Molina Aterno*

Lunghezza tratto
d'interesse = 30 m

Il tratto fluviale interessato ricade all'interno sia del Parco Naturale Regionale Sirente Velino, Zona di Protezione Speciale, Z.P.S. IT710130, sia nel Sito di Importanza Comunitaria S.I.C. IT7110096 "Gole di San Venanzio".



Opera esistente

Rampa in calcestruzzo e pietrame con funzione antiersiva che sembra essere provvista di una scala di risalita, in non perfette condizioni di manutenzione.



Larghezza = ~19 m
Lunghezza = ~6,5 m

Altezza = ~1,9 m
Pendenza = ~ 29%

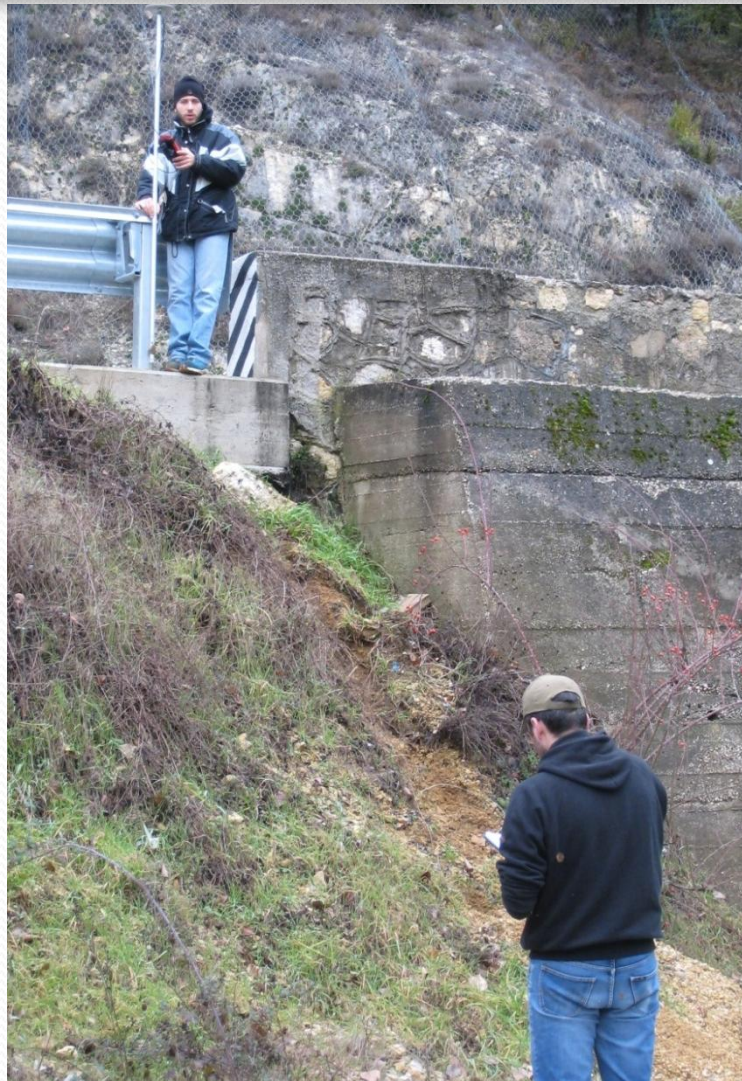
Rilievi topografici

Raccolta della documentazione cartografica necessaria

- 1:25.000 (Cartografia IGM)
- 1:10.000 (Carta Tecnica Regionale)
- 1:2000 (Cartografia Catastale)

Rilievi topografici

Inquadramento del rilievo nei contesti cartografici ufficiali



Rilievi topografici



Rilievo plano-altimetrico
su terra

Rilievi topografici

Rilievo dei profili
trasversali dell'alveo



Analisi Ambientale

Stato Ambientale del Corso d'Acqua (SACA)

stazione di campionamento **R1307AT15** per il monitoraggio delle acque superficiali

definizione del
Livello di Inquinamento dei Macrodescrittori (LIM)

analisi stagionali della qualità biologica delle acque, tramite
l'Indice Biotico Esteso (IBE)

L'integrazione dei dati del LIM e dell'IBE permette di valutare lo
Stato Ecologico del Corso d'acqua (SECA).

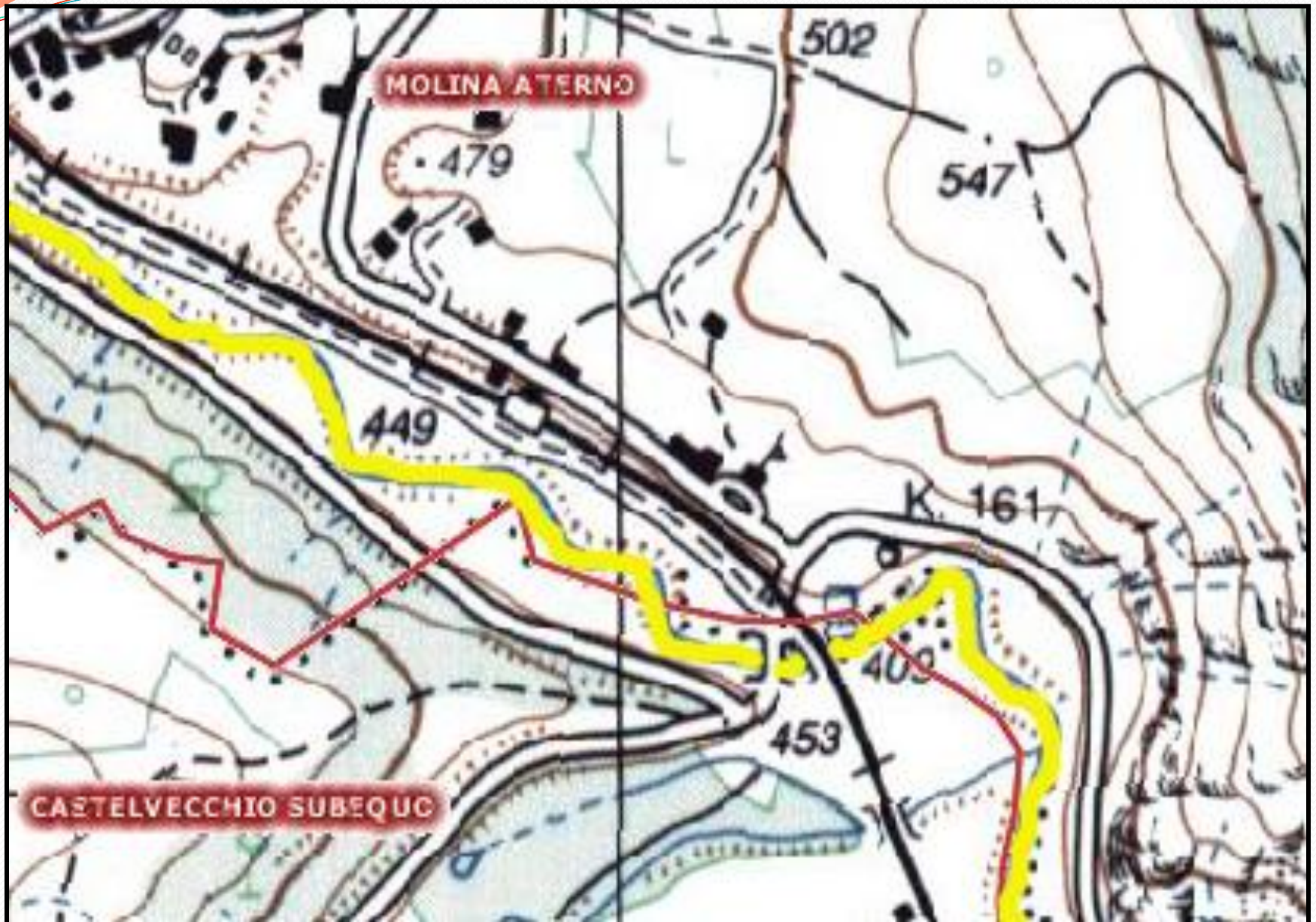
L'integrazione della Classe del SECA con i valori dello Stato Chimico permette di definire lo *Stato Ambientale del Corso d'acqua (SACA)*

Analisi Ambientale

Stato Ambientale del Corso d'Acqua (SACA)

Anno	Macrodescrittori (LIM)	IBE (C.Q)	SECA (Classe)	SACA
2004	3° livello	II	3	Sufficiente
2005	3° livello	II	3	Sufficiente
2006	3° livello	II	3	Sufficiente
2007	3° livello	III	3	Sufficiente

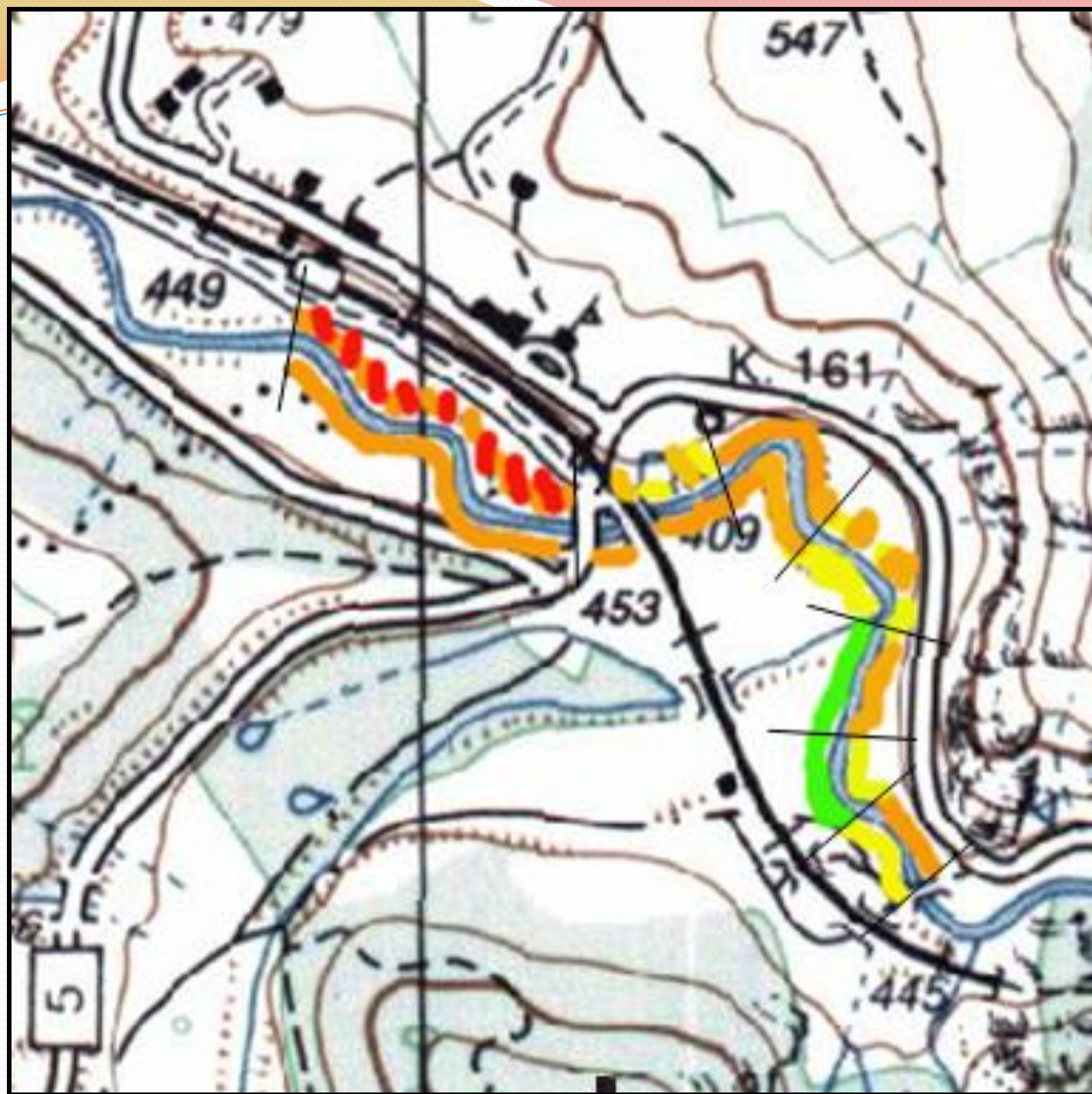
Analisi Ambientale



Analisi Ambientale

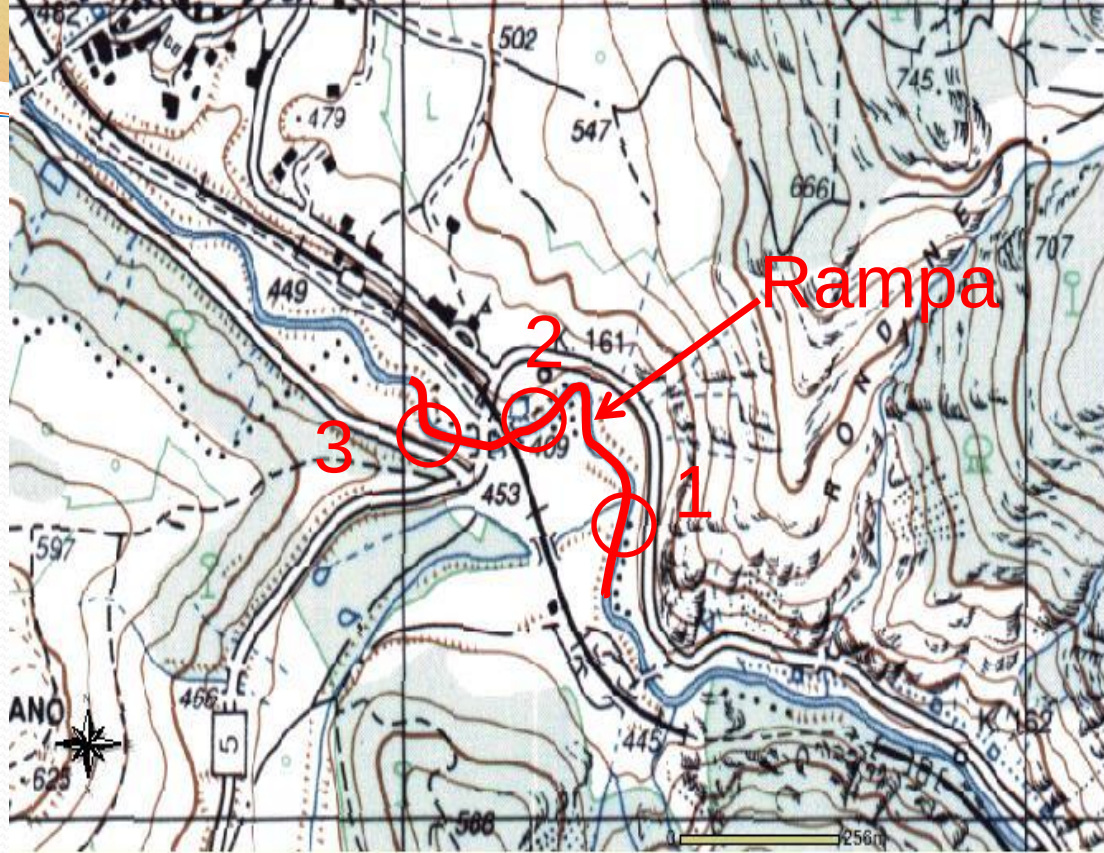
Indice di Funzionalità Fluviale (IFF)

Tratto	I.F.F.	Punteggio	Livello funzionalità	Giudizio Funzionalità	Colore
1	Riva idrog. sx.	94	IV	scadente	
	Riva idrog. dx	150	III	mediocre	
2	Riva idrog. sx.	94	IV	scadente	
	Riva idrog. dx	150	III	mediocre	
3	Riva idrog. sx.	104	III - IV	mediocre - scadente	
	Riva idrog. dx	205	II	buono	
4	Riva idrog. sx.	89	IV	scadente	
	Riva idrog. dx	155	III	mediocre	
5	Riva idrog. sx.	74	IV	scadente	
	Riva idrog. dx	88	IV	scadente	
6	Riva idrog. sx.	118	III - IV	mediocre - scadente	
	Riva idrog. dx	98	IV	scadente	
7	Riva idrog. sx.	46	IV - V	scadente - pessimo	
	Riva idrog. dx	93	IV	scadente	



Ittiofauna

Lunghezza tratto di studio
~ 550 m



- 1) il primo a valle dello scivolo, lungo circa 300 m, caratterizzato da una elevata velocità di corrente e da arginature in riva idrografica sinistra
- 2) il secondo a monte dello scivolo, lungo circa 150 m, caratterizzato da ridotta velocità di corrente e da un'elevata profondità
- 3) il terzo a monte del ponte per Castelvechio Subequo, lungo circa 100 m e caratterizzato da arginature (gabbionate), in entrambe le rive.

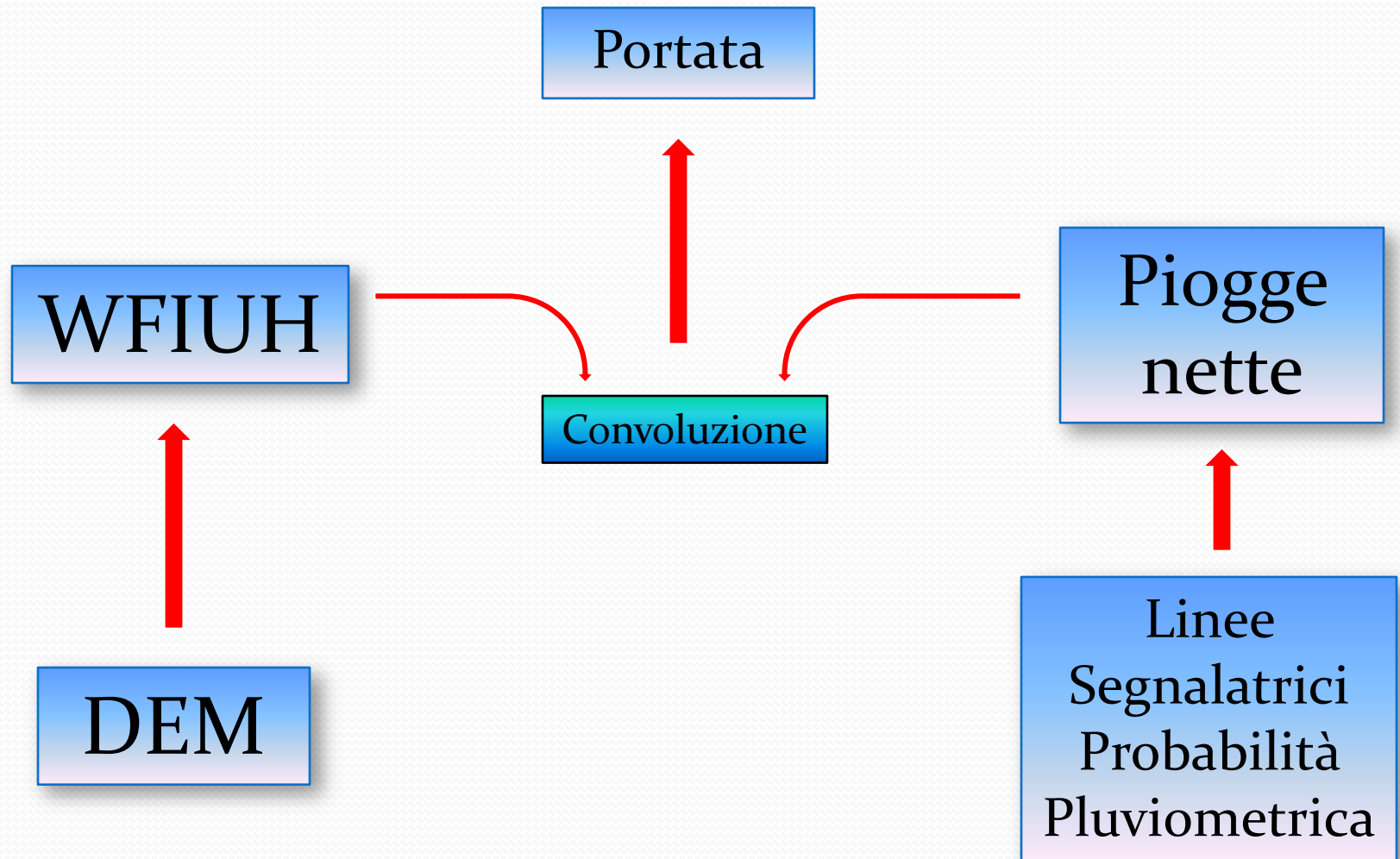
Ittiofauna



I campionamenti ittici sono stati di tipo qualitativo, con raccolta di indicazioni di tipo semiquantitativo, riferite alla tratta campionabile

Stazione	Specie ittica	Nome scientifico	Indice Abbondanza	Struttura popolaz.
n. 1	Trota fario	<i>Salmo (trutta) trutta</i>	2	2
n. 2	Trota fario	<i>Salmo (trutta) trutta</i>	1	3
	Carassio	<i>Carassius auratus</i>	1	2
	Cavedano	<i>Leuciscus cephalus</i>	1	2
	Tinca	<i>Tinca tinca</i>	1	2
	Rovella	<i>Rutilus rubilio</i>	1	2
n. 3	Trota fario	<i>Salmo (trutta) trutta</i>	1	3
	Barbo	<i>Barbus plebejus</i>	1	3

Studi idrologico-idraulici



Studi idrologico-idraulici

Il DEM utilizzato appartiene a quelli ricavati dalle carte IGM1 con risoluzione 20x20 m, corretto poi con la metodologia PEM4PIT

Superficie = 1180,3 km²

Quota massima = 2500 m slm

Quota minore = 450 m slm



Legend

dem_p

Value

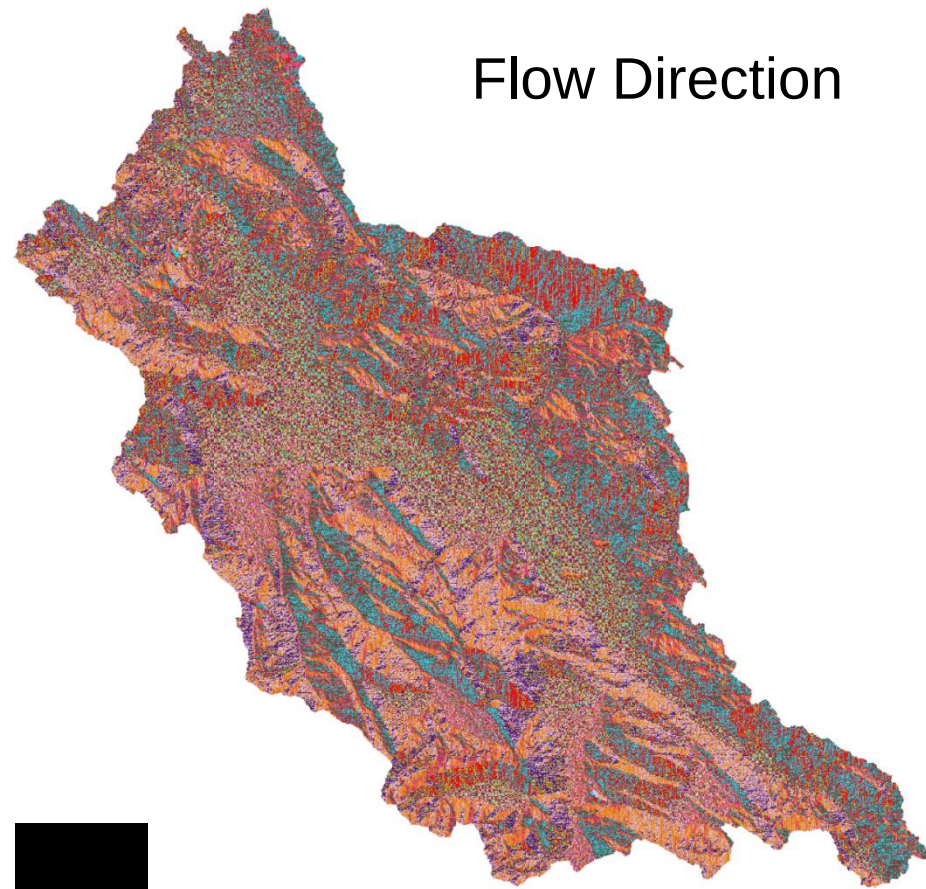
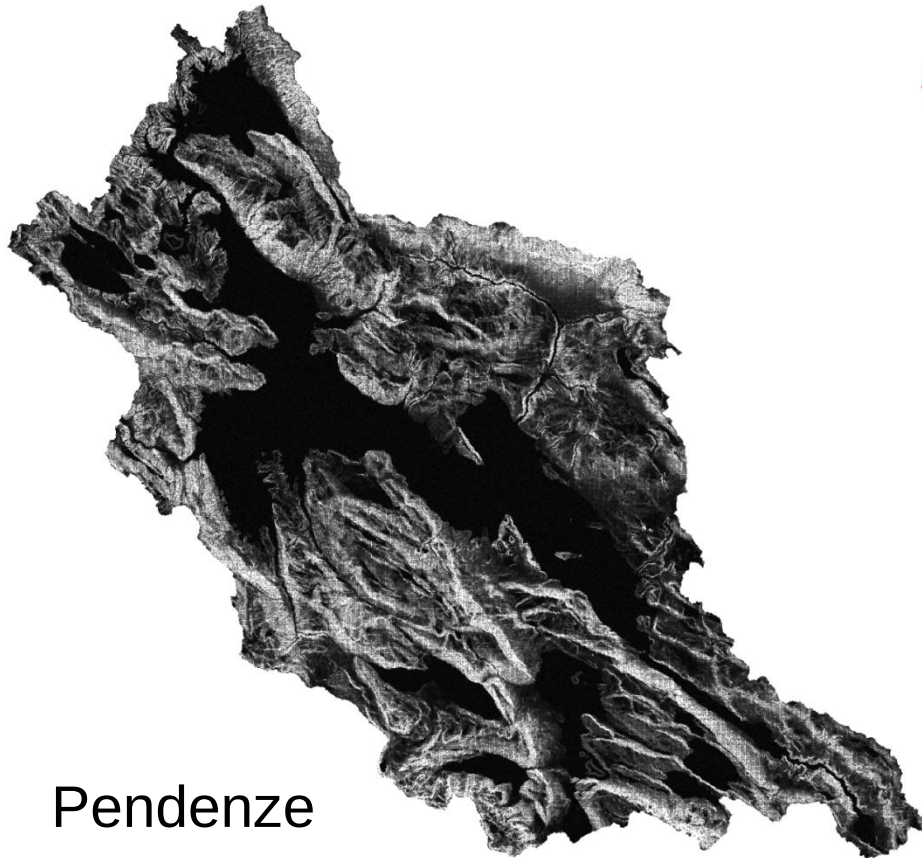


High : 2500

Low : 450

Studi idrologico-idraulici

1) Direzioni di deflusso e pendenze



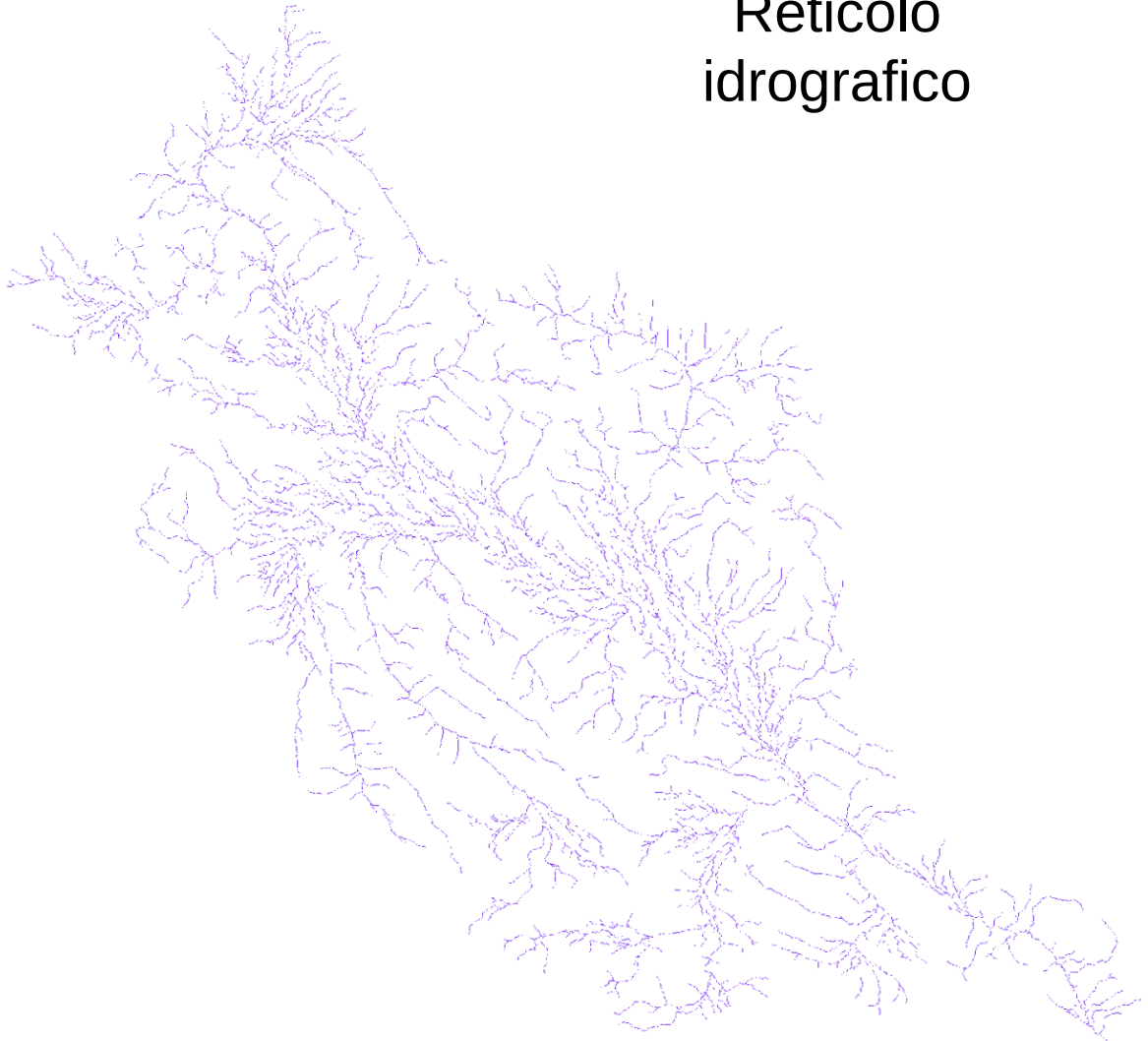
Pendenze

Flow Direction

Studi idrologico-idraulici

2) Identificazione Reticolo idrografico

Reticolo
idrografico

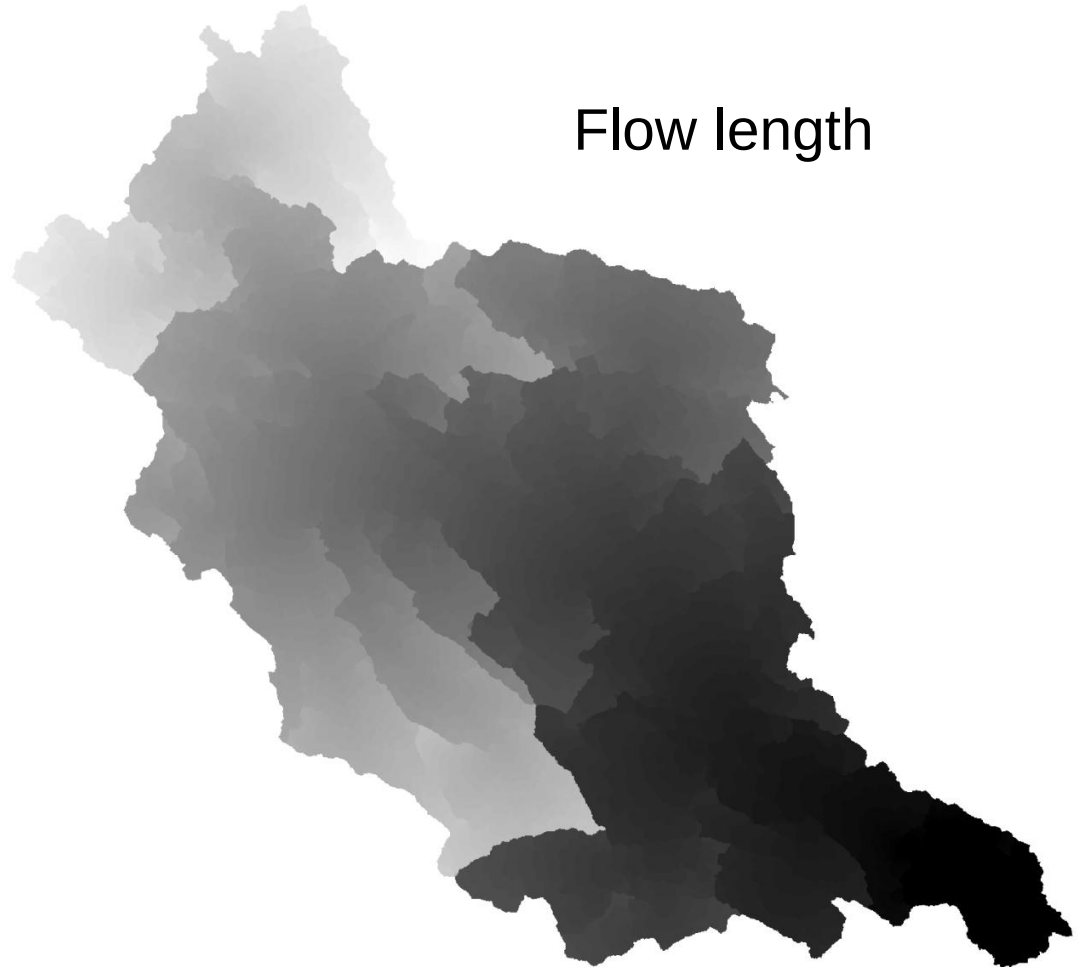


Studi idrologico-idraulici

Flow time

3) Estrazione della Funzione d'Ampiezza

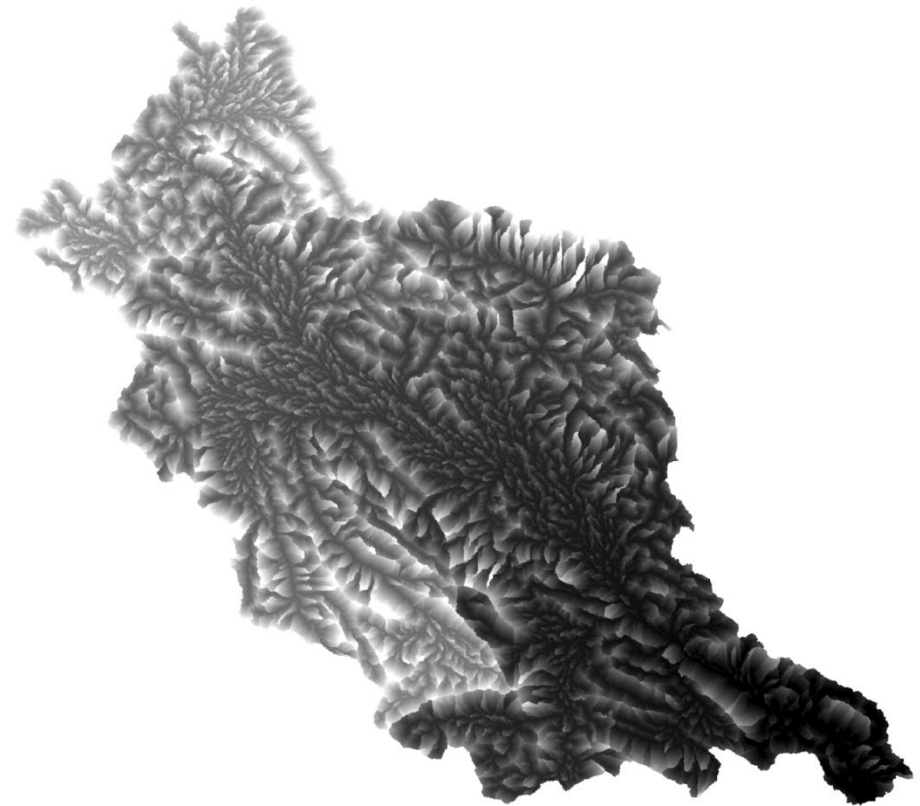
Flow length



Studi idrologico-idraulici

Tempo di corrivazione pari a
128.995 secondi ossia circa 36 ore

Discretizzazione in classi da 3,5 ore



Legend

dem_ft

Value

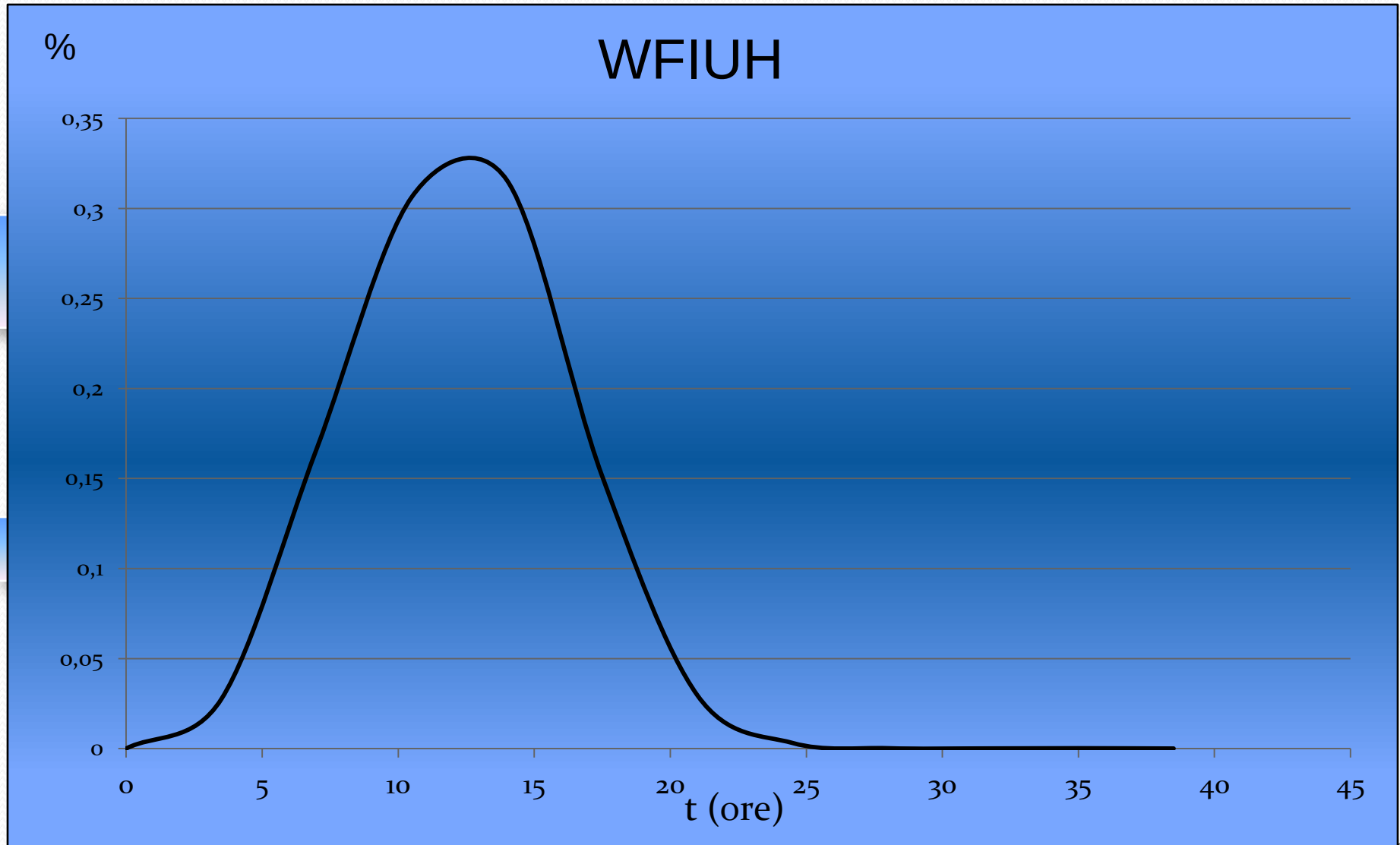


High : 128995

Low : 0

0 1,908,800 7,600 11,400 15,200
Kilometers

Studi idrologico-idraulici



Studi idrologico-idraulici

Stazione Pluviografica di Popoli

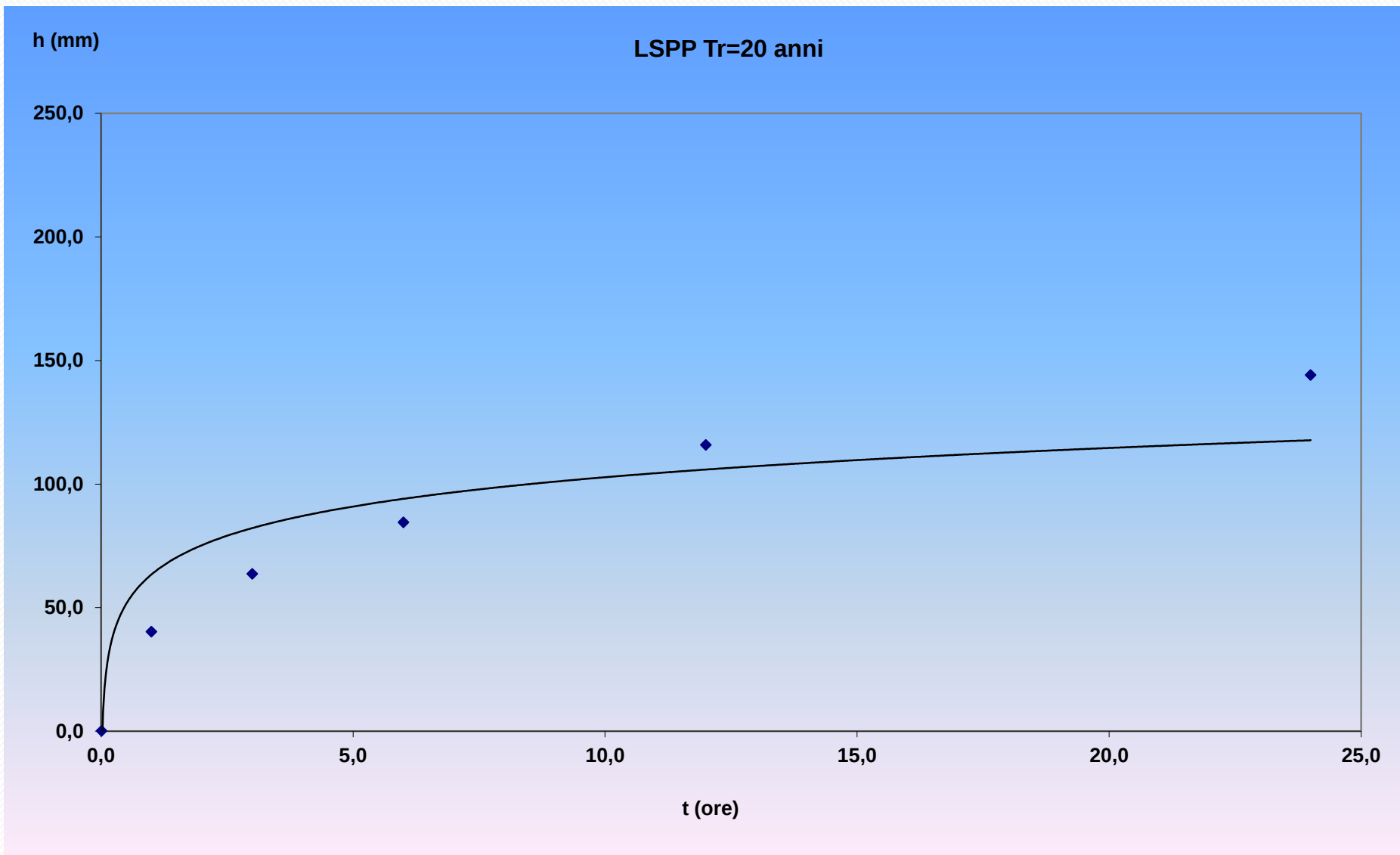
8 Km dalla sezione di chiusura

Periodo = 41 anni

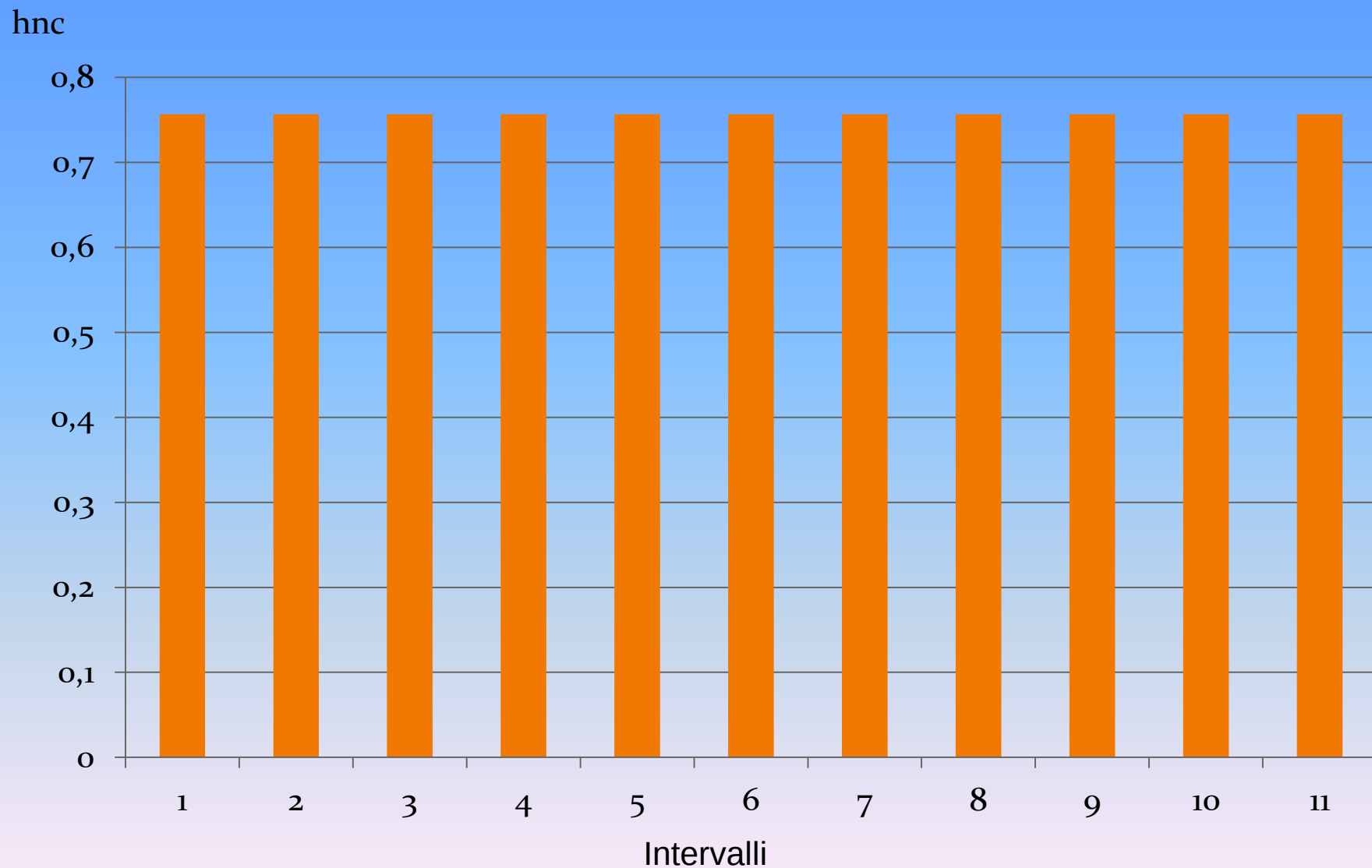
Piogge lorde puntuali (mm)	Tempo di ritorno (anni)									
	ore	2	5	10	20	50	100	200	400	500
$h_{0h,Tr}$	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
$h_{1h,Tr}$	1	17.5	27.4	33.9	40.2	48.3	54.4	60.5	66.5	68.5
$h_{3h,Tr}$	3	27.7	43.3	53.6	63.5	76.4	86.0	95.6	105.1	108.2
$h_{6h,Tr}$	6	36.8	57.5	71.2	84.4	101.5	114.2	127.0	139.7	143.8
$h_{12h,Tr}$	12	50.4	78.9	97.7	115.8	139.1	156.6	174.1	191.5	197.1
$h_{24h,Tr}$	24	62.7	98.1	121.6	144.0	173.1	194.9	216.6	238.3	245.3

anno:	1h	3h	6h	12h	24h
2001	9,2	14,4	21,2	27,0	30,8
2000	78,0	115,4	117,6	118,4	153,8
1999	36,4	78,2	110,2	155,0	177,4
1998	18,6	22,8	22,8	27,6	38,4
1997	12,0	18,4	25,8	37,0	39,6
1996	23,0	55,0	67,2	86,6	90,2
1995	27,0	27,0	34,8	35,8	40,0
1994	13,2	16,0	24,8	37,4	56,0
1993	19,0	44,8	51,4	53,8	56,0
1992	14,6	32,4	63,6	101,2	161,0
1991	12,6	28,2	53,8	82,0	101,0
1990	11,0	24,0	42,0	64,4	75,6
1989	-	-	-	-	-
1988	9,0	15,0	18,0	22,2	23,4
1987	17,0	17,4	19,8	25,4	45,8
1986	34,8	47,0	48,0	48,4	63,2
1985	22,4	22,4	33,6	44,0	54,8
1984	17,6	24,2	29,4	48,4	66,8
1983	10,8	14,4	15,4	23,2	30,8
1982	14,8	22,0	27,8	41,4	51,4
1981	30,8	31,0	33,8	39,0	43,2
1980	9,0	20,0	26,2	31,0	50,8
1979	17,6	19,6	25,8	35,2	47,6
1978	9,8	20,6	39,8	69,2	79,0
1977	10,4	16,4	22,4	36,2	37,4
1976	11,0	16,8	28,2	49,0	74,8
1975	21,2	23,0	25,0	31,4	34,6
1974	-	-	-	-	-
1973	18,0	46,0	58,0	79,0	87,6
1972	18,0	23,0	36,4	70,0	75,0
1971	-	-	-	-	-
1970	25,4	36,0	57,0	87,0	102,2
1969	25,6	25,6	26,6	28,8	42,4
1968	24,2	37,8	57,4	82,6	92,2
1967	13,2	26,8	45,0	61,2	86,8
1966	-	-	-	-	-
1965	24,4	53,0	57,2	59,6	62,6
1964	10,8	17,4	19,0	24,4	26,0
1963	29,6	32,0	43,6	66,8	89,2
1962	14,0	22,8	29,8	35,4	38,0
1961	10,8	28,4	45,2	79,0	117,6
1960	10,6	27,4	40,8	73,8	92,2

Studi idrologico-idraulici

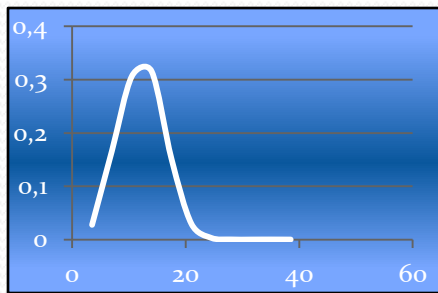


Studi idrologico-idraulici

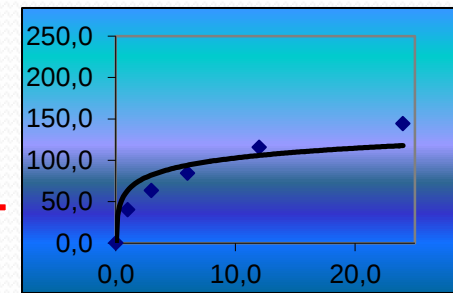


Studi idrologico-idraulici

Portata



WFIUH



Piogge nette

Convoluzione

DEM

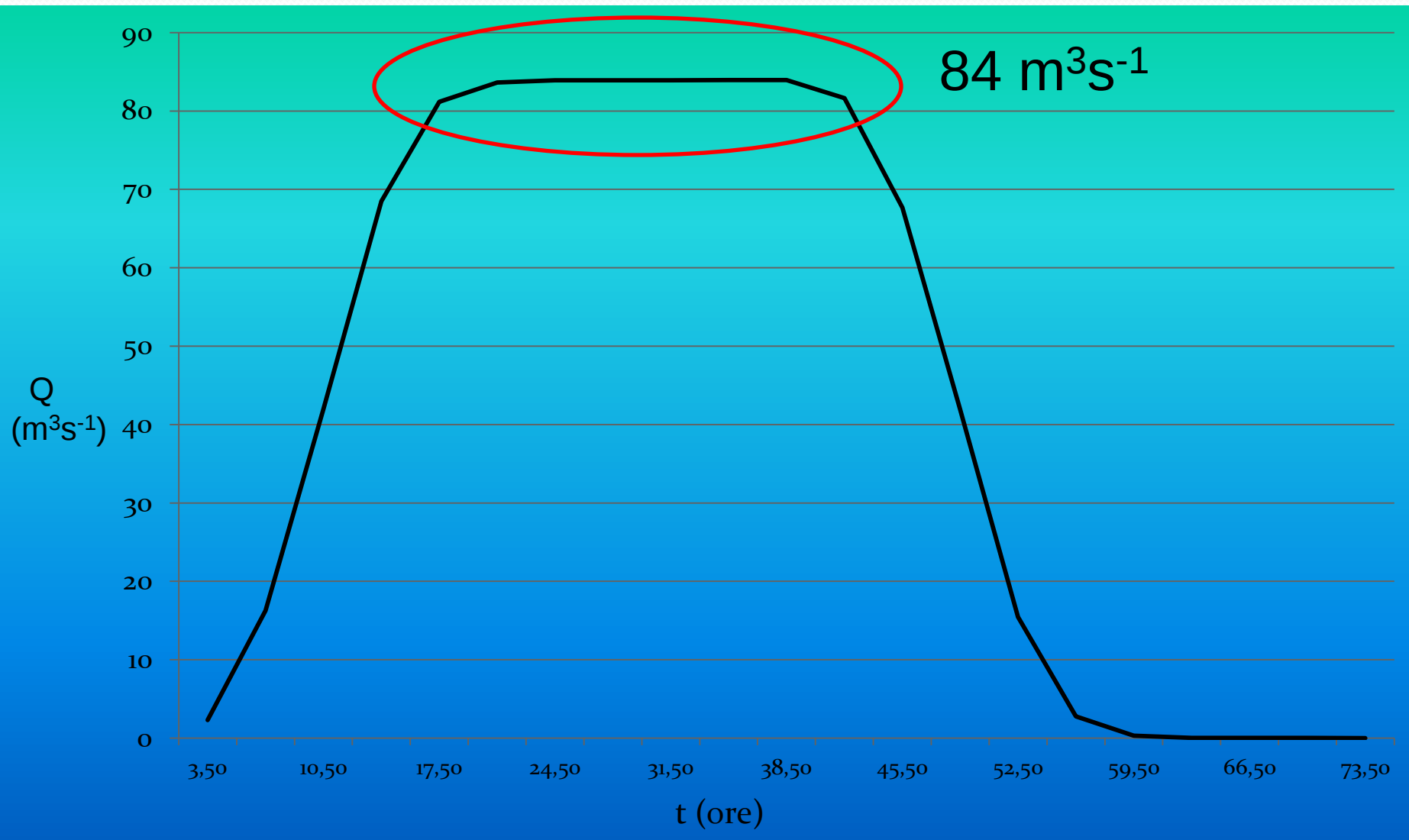
Linee
Segnalatrici
Probabilità
Pluviometrica

Dem corretto con PEM4PIT



Legend
dem_p
Value
High - 2500
Low - 450

Studi idrologico-idraulici

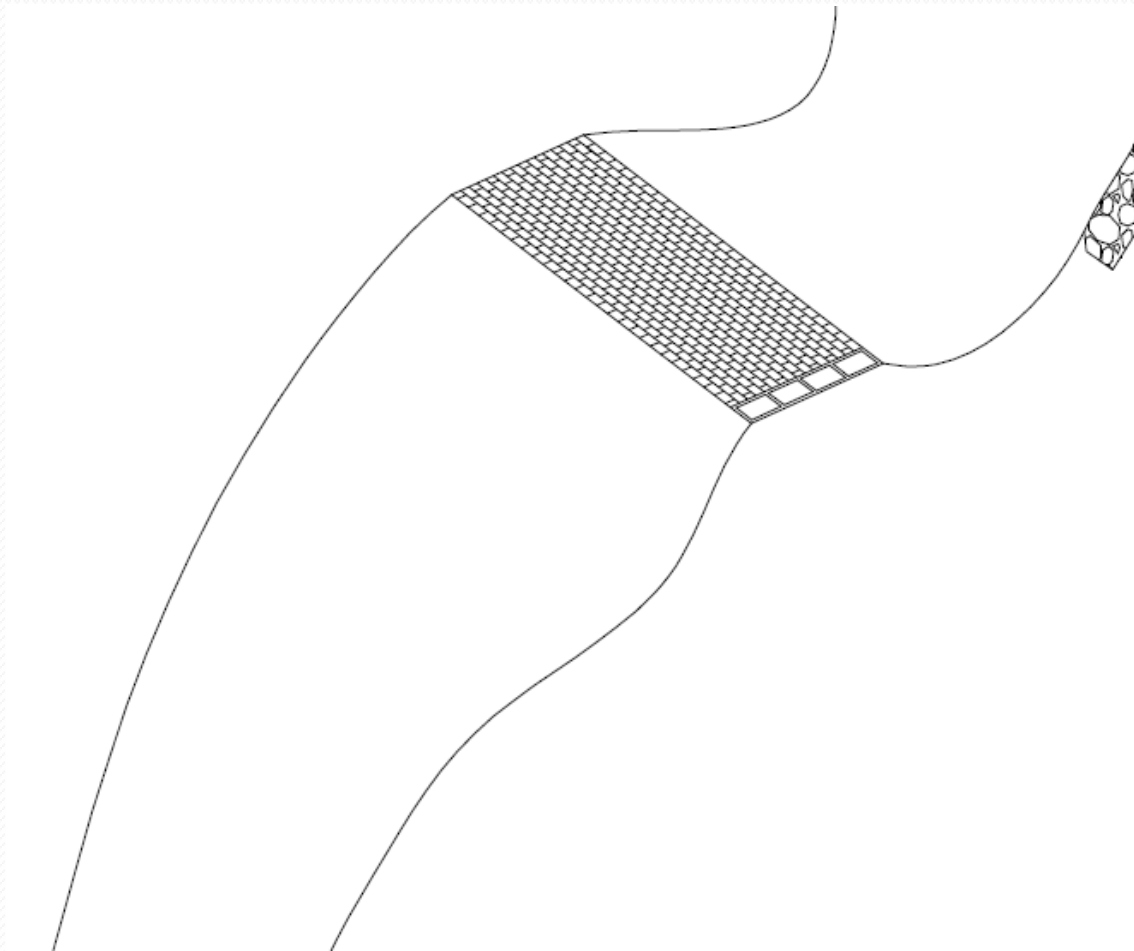


Proposta Progettuale

Rampa in massi

- Geometria uniforme
- Geometria bidimensionale
- Geometria tridimensionale

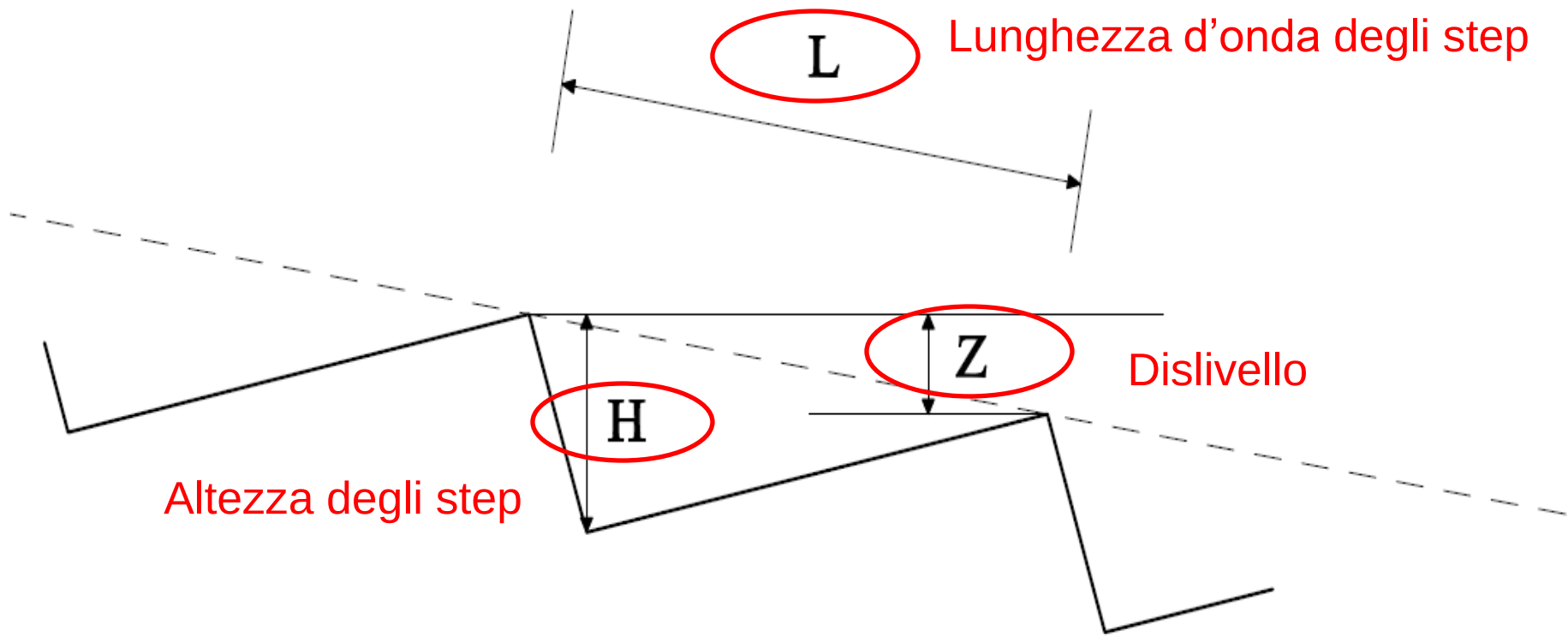
- Con paramento di monte
- Semplice



Proposta Progettuale

Rampa in massi

DIMENSIONAMENTO



Proposta Progettuale

- Altezza rampa = 1,95 m
- Larghezza rampa = 19 m
- Pendenza = 1/15
- Portata = 84 m³s⁻¹
- Tirrante idrico = 2,50 m

• Lunghezza rampa = 29 m

• Velocità = 3,5 ms⁻¹

• Diametro massi = 1,37 m

• Lunghezza step = 10 m (3 step)

• Dislivello step = 0,66 m

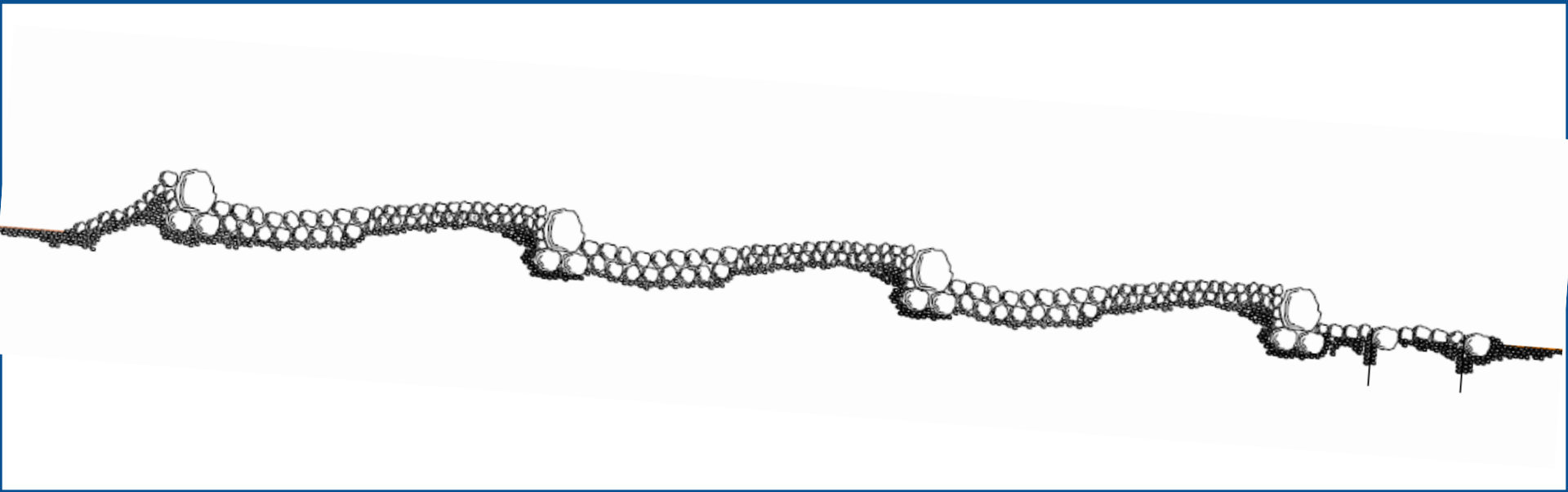
$$V = \left(g * \frac{Q}{l}\right)^{1/3}$$

$$d = \left(\frac{V}{3}\right)^2$$

$$L \cong \frac{H}{1.5 * S}$$

$$Z = 6 \times \sin \theta$$

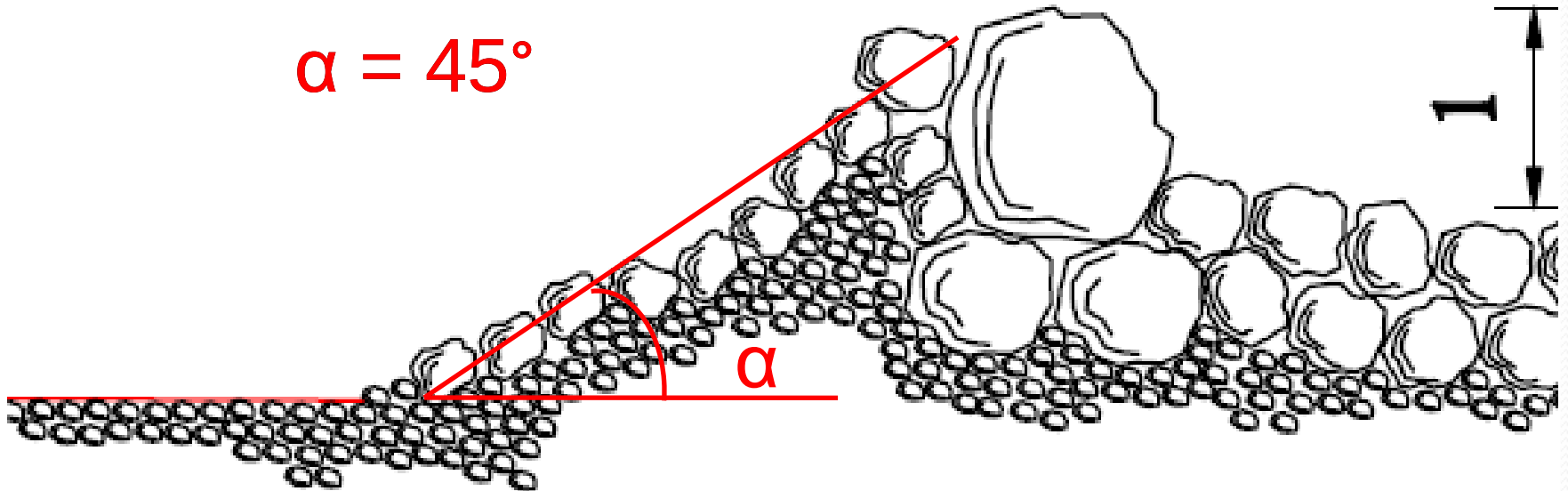
Proposta Progettuale



Proposta Progettuale

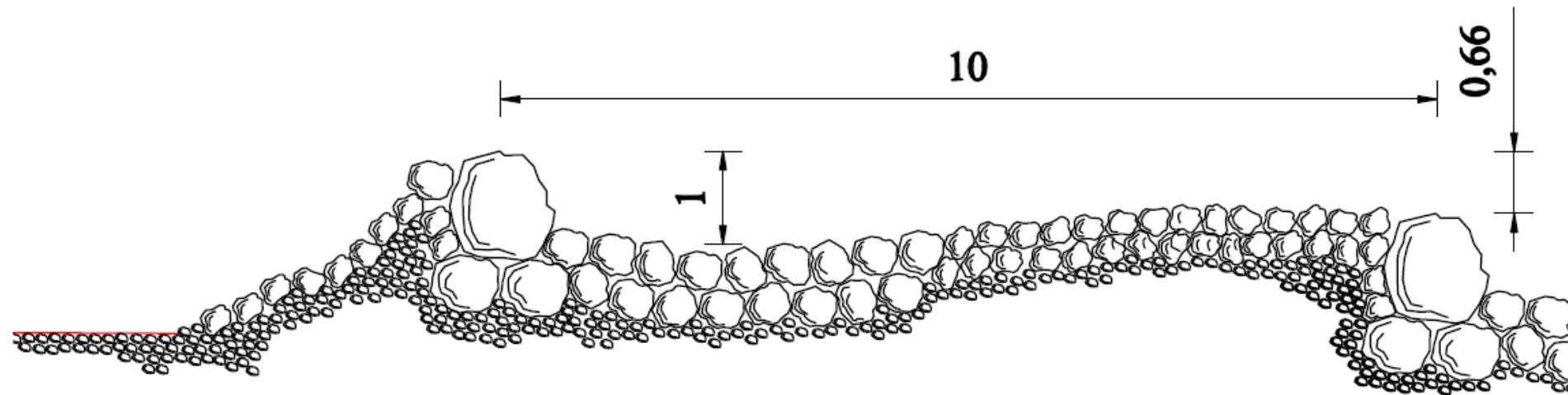
Paramento di monte

$$\alpha = 45^\circ$$



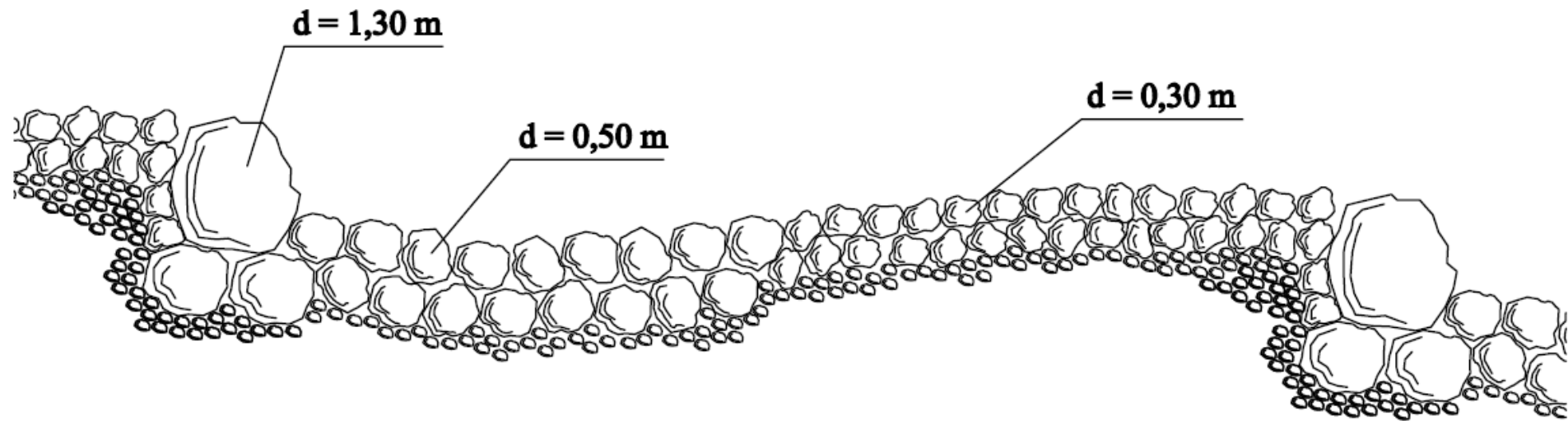
Proposta Progettuale

Rampa in massi



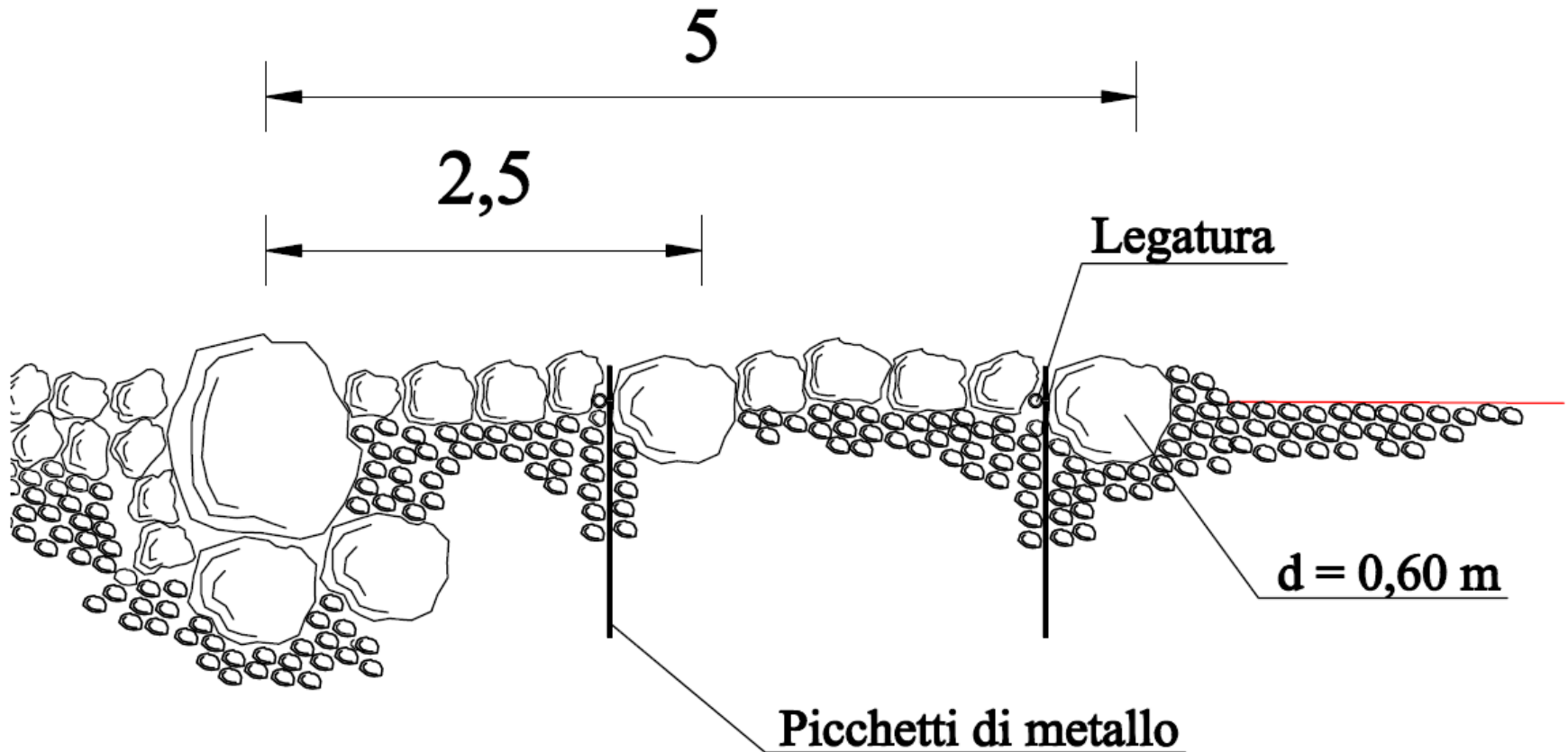
Proposta Progettuale

Rampa in massi

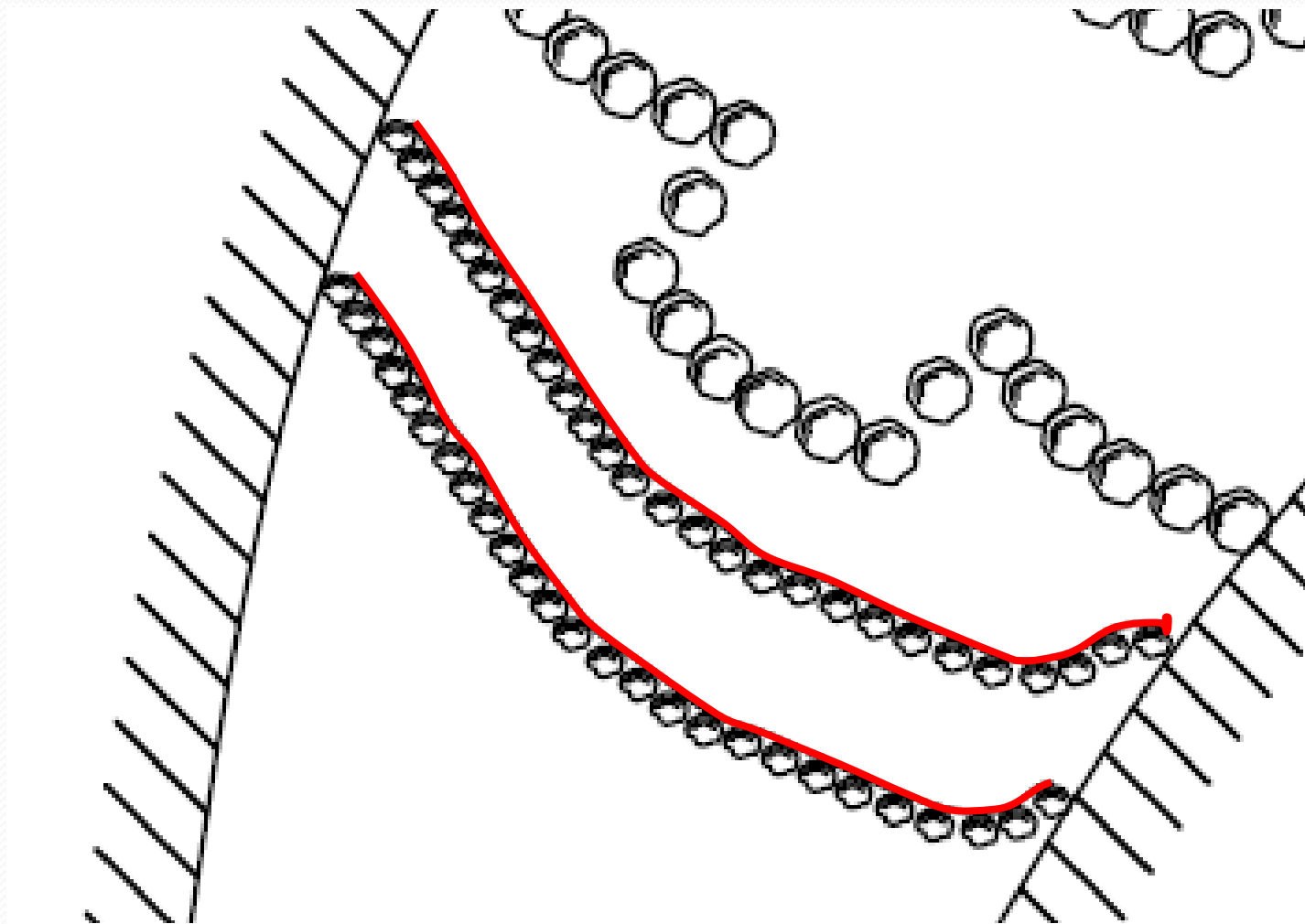


Proposta Progettuale

Bacino di dissipazione



Proposta Progettuale



Conclusioni

L'utilizzo degli approcci propri dell'Ingegneria Naturalistica ha messo in evidenza aspetti che la metodologia classica non sarebbe stata in grado di evidenziare

Per l'attestazione di dati fino ad ora mancanti in bibliografia occorre un monitoraggio dell'opera per un congruo numero di anni

An aerial, black-and-white photograph of a road interchange. A multi-lane road enters from the top left and splits into two paths. One path curves to the right, following the edge of a large, irregularly shaped pond. A small car is visible on this curved section of the road. The other path continues straight down. The surrounding landscape is a mix of dense trees and open fields. The text "Grazie per l'attenzione" is overlaid in the center in a blue, outlined font.

Grazie per l'attenzione

Abstract

Waterway arrangement traditional works turn out to be of immediate effectiveness in most cases, but they sometimes imply collateral effects such as decreasing of material conveyance downstream as well as damages to fish fauna. Environmental engineering joins the field of hydraulics by offering a new set of works, the block ramps being the most commonly used. The following paper relates all the operations needed to plan one of these structures. A planning procedure has been pinpointed in Environmental engineering first, then revised and corrected. Afterwards, all necessary tests have been taken in detail, with special care over the environmental conditions of the intervention area, the study of fish fauna as well as several studies essential for plan range calculation.

Key words: boulder ramps/block ramps/stone ramps, environmental analysis; environmental engineering /bio-engineering,/ecological engineering; hydrology; hydraulics.
