

Provincia del Sud Sardegna

Comune di Villasor

Realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra e opere di  
connessione alla RTN, da realizzarsi in località "Saltu Bia  
Montis", Comune di Villasor (SU)

Studio idrologico e idraulico  
ai sensi dell'Art. 30ter, commi 2 e 6 - NTA PAI

Allegato

RELAPROG26d

## Relazione di compatibilità idraulica Gora Piscina Manna

I PROFESSIONISTI

IL COMMITTENTE

Rev 0 - Giugno 2023

Prof. Ing. Andrea Saba



ORDINE INGEGNERI  
PROVINCIA CAGLIARI

N.2439

Dott. Ing. ANDREA SABA

Geol. Marco Pilia



ORDINE DEI GEOLOGI  
REGIONE SARDEGNA  
SEZIONE A

N. 471

Dott. Geol. Marco Pilia

Ing. Andrea Saba Geol. Marco Pilia	Realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra avente potenza nominale di 99,9908 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi in località "Saltu Bia Montis", Comune di Villasor (SU) Studio idrologico e idraulico ai sensi dell'Art. 30ter, commi 2 e 6 - NTA PAI
---------------------------------------	--

## Indice generale

<b>1. - Introduzione.....</b>	<b>pag. 3</b>
<b>2. - Calcolo delle portata di piena.....</b>	<b>pag. 3</b>
2.1. - Generalità.....	pag. 3
2.2. - Valutazione della portata di piena dei bacini in esame.....	pag. 4
2.3. - Metodo razionale.....	pag. 5
2.3.1. - Il coefficiente di riduzione areale.....	pag. 5
2.3.2. - Il coefficiente di deflusso $\Phi$ .....	pag. 6
2.3.3. - Il tempo di corrivazione.....	pag. 13
2.4. - Metodo razionale con curva di possibilità pluviometrica TCEV.....	pag. 14
<b>3. - Ricostruzione delle aree allagabili.....</b>	<b>pag. 18</b>
3.1. - Metodologia di analisi.....	pag. 18
3.2. - Modello del terreno utilizzato.....	pag. 18
3.3. - Analisi idraulica del moto monodimensionale in condizioni di regime permanente.....	pag. 19
3.3.1. - Determinazione del profilo della corrente.....	pag. 19
3.3.2. - Il codice di calcolo HEC RAS.....	pag. 19
3.3.3. - Componenti idrauliche dell'analisi.....	pag. 19
3.3.4. - I calcoli idraulici.....	pag. 21
3.3.5. - Perdite di carico.....	pag. 22
3.3.6. - Perdite per attrito.....	pag. 22
3.3.7. - Perdite per contrazione ed espansione.....	pag. 22
3.3.8. - Sezioni interpolate.....	pag. 24
3.3.9. - Le giunzioni.....	pag. 24
3.3.10. - Ponti ed attraversamenti in sezioni chiuse.....	pag. 25
3.3.11. - Determinazione del profilo di moto permanente.....	pag. 26
3.4. - Parametri specificatamente utilizzati nell'analisi.....	pag. 26
3.4.1. - Condizioni al contorno.....	pag. 26
3.4.2. - Scabrezza.....	pag. 26
3.4.3. - Sezioni interpolate.....	pag. 29
3.4.4. - Ponti.....	pag. 29
3.4.5. - Portate.....	pag. 29
3.5. - Risultato delle analisi.....	pag. 30
3.5.1. - Planimetria di calcolo.....	pag. 30
3.5.2. - Risultati numerici.....	pag. 31
3.5.3. - Sezioni di calcolo.....	pag. 34
3.5.4. - Profilo longitudinale.....	pag. 38

Ing. Andrea Saba Geol. Marco Pilia	Realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra avente potenza nominale di 99,9908 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi in località "Saltu Bia Montis", Comune di Villasor (SU) Studio idrologico e idraulico ai sensi dell'Art. 30ter, commi 2 e 6 - NTA PAI
---------------------------------------	--

## 1. - Introduzione

Il presente studio è finalizzato a determinare la pericolosità idraulica del corso d'acqua Gora Piscina Manna, nel tratto prospiciente la proprietà del committente.

## 2. - Calcolo delle portate di piena

### 2.1. - Generalità

La valutazione della portata di piena di un corso d'acqua in Sardegna si basa innanzitutto sulle indicazioni riportate nelle Linee Guida del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI).

Al punto 1.7 delle suddette Linee Guida si raccomanda:

*I metodi di stima della portata ad assegnata frequenza dipendono da vari fattori, primi fra tutti la disponibilità di dati osservati e la copertura spaziale della rete idrometeorologica. In relazione ai dati disponibili, la letteratura evidenzia diverse metodologie che possono essere raccolti in due grandi sottoinsiemi: la prima è nota sotto la generale definizione di Metodi Diretti; la seconda come Metodi Indiretti, in cui l'aggettivo diretto o indiretto specifica se la portata al colmo in qualunque sezione è ricavata direttamente da valori di portate osservate ovvero indirettamente dalla precipitazione meteorica tramite trasformazione afflussi–deflussi (Kottegoda e Rosso, 1997; Moisello, 1998).*

*Nel caso della Sardegna, la consistenza dei dati di portata disponibili, unitamente alla frequente necessità di dover stimare le portate in sezioni non osservate, suggerisce che la stima della portata di piena ad assegnata frequenza in ciascuna sezione idrologica debba essere determinata attraverso il confronto critico tra metodologie dirette, indirette e metodi empirici e studi specialistici locali, metodologie che dovranno essere confrontate con i dati osservati ove disponibili.*

Il bacino in esame presenta una superficie relativamente modesta, per il quale i metodi diretti risultano, in Sardegna, poco robusti in quanto basati esclusivamente su dati relativi a bacini di grandi dimensioni.

È stato quindi utilizzato il metodo indiretto, ovvero la formula razionale basata sulla curva di possibilità pluviometrica TCEV riportata nelle linee guida del Piano di Assetto Idrogeologico.

Ing. Andrea Saba Geol. Marco Pilia	Realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra avente potenza nominale di 99,9908 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi in località "Saltu Bia Montis", Comune di Villasor (SU) Studio idrologico e idraulico ai sensi dell'Art. 30ter, commi 2 e 6 - NTA PAI
---------------------------------------	--

## 2.2. - Valutazione della portata di piena dei bacini in esame

La valutazione della portata di piena di un corso d'acqua si basa, con l'eccezione di espressioni empiriche grossolane ormai in disuso, su considerazioni probabilistiche dalle quali emerge il legame tra la portata di piena  $Q$  ed il numero medio di anni ( $Tr$  = tempo di ritorno) che occorre attendere affinché si abbia una portata pari o maggiore di  $Q$ .

I parametri descrittivi del bacino rappresentativi ai fini della valutazione della piena sono:

- superficie del bacino  $S$  [km<sup>2</sup>]
- lunghezza dell'asta principale  $L$  [km]
- pendenza media dell'asta principale  $J$  [m/m]
- pendenza media del bacino  $J_b$  [m/m]
- altitudine media del bacino  $H_m$  [m s.l.m.]
- quota della sezione terminale  $H_o$  [m s.l.m.]
- quota massima del bacino  $H_{max}$  [m s.l.m.]
- celerità media di propagazione in alveo  $V$  [m/s]

I parametri descrittivi dei bacini in esame sono riportati in Tab. 1.

Tabella 1 - Parametri descrittivi dei bacini in esame

Parametri descrittivi								
Bacino	S	L	J	J <sub>b</sub>	H <sub>m</sub>	H <sub>o</sub>	H <sub>x</sub>	V
	kmq	km	m/m	m/m	m slm	m slm	m slm	m/s
Gora Piscina Manna	21.15	11.72	0.023	0.023	100.25	33.00	302.00	1.00

Ing. Andrea Saba Geol. Marco Pilia	Realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra avente potenza nominale di 99,9908 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi in località "Saltu Bia Montis", Comune di Villasor (SU) Studio idrologico e idraulico ai sensi dell'Art. 30ter, commi 2 e 6 - NTA PAI
---------------------------------------	--

## 2.3. - Metodo razionale

Il metodo razionale (o formula razionale), impropriamente anche detto cinematico, fornisce la portata di piena tramite l'espressione:

$$Q = \Phi \text{ ARF S H} / (3.6 \text{ Tc}) \quad (1)$$

nella quale  $\Phi$  rappresenta l'aliquota di precipitazione che, in occasione della piena, scorre in superficie, ARF (Areal Reduction Factor - Coefficiente di Riduzione Areale) esprime il rapporto tra l'altezza di pioggia media su tutto il bacino e l'altezza di pioggia in un punto al suo interno, valutati a parità di durata e di tempo di ritorno, Tc è il tempo di corrivazione espresso in ore, S la superficie del bacino in kmq, H è l'altezza di precipitazione, in mm, che cade in un punto del bacino in una durata pari a Tc con l'assegnato Tempo di ritorno e Q la portata di piena in mc/s.

### 2.3.1. - Il coefficiente di riduzione areale

Per la stima del coefficiente ARF si possono utilizzare le Formule di Wallingford:

$$\text{ARF}_w = 1 - (0.0394 \text{ S}^{0.354}) \text{ Tc}^{(-0.40+0.0208 \ln(4.6-\ln(S)))} \text{ per } S < 20 \text{ km}^2 \quad (2)$$

$$\text{ARF}_w = 1 - (0.0394 \text{ S}^{0.354}) \text{ Tc}^{(-0.40+0.003832 (4.6-\ln(S)))} \text{ per } S > 20 \text{ km}^2 \quad (3)$$

o quella dell'US Weather Service:

$$\text{ARF}_u = 1 - e^{(-1.1 \text{ Tc}^{1/4})} + e^{(-1.1 \text{ Tc}^{1/4} - 0.01 \text{ S})} \quad (4)$$

dalle quali è stato desunto il coefficiente ARF più cautelativo pari al più grande tra i due.

Il parametro ARF adottato è riportato in Tab. 2, nella quale data la scarsa sensibilità della stima in funzione di Tc non compare il valore del tempo di ritorno in funzione del quale Tc varia leggermente.

Tabella 2 - Parametro ARF calcolato e adottato

Coefficiente di riduzione areale ARF			
Bacino	ARF <sub>w</sub>	ARF <sub>u</sub>	ARF
Gora Piscina Manna	0.927	0.956	1.000

Nel caso in esame, è stato adottato cautelativamente il valore di 1 per l'ARF.

Ing. Andrea Saba Geol. Marco Pilia	Realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra avente potenza nominale di 99,9908 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi in località "Saltu Bia Montis", Comune di Villasor (SU) Studio idrologico e idraulico ai sensi dell'Art. 30ter, commi 2 e 6 - NTA PAI
---------------------------------------	--

### 2.3.2. - Il coefficiente di deflusso $\Phi$

#### Stima basata sul CN

Il CN rende conto della porzione di precipitazione meteorica che scorre effettivamente in superficie, al netto quindi delle perdite per infiltrazione, evaporazione e riempimento di depressioni superficiali, e il cui valore è compreso tra 0 (nessuno scorrimento in superficie) e 100 (totale assenza di perdite, tutta la pioggia si trasforma in scorrimento superficiale).

Il coefficiente  $\Phi$  può essere stimato col metodo del Curve Number (CN) secondo cui vale:

$$\Phi = (H - IA)^2 / (H(H + S - IA)) \quad (5)$$

in cui:

- CN è un parametro il cui valore è legato alle caratteristiche del suolo e del suo uso superficiale
- $CN_{III} = (23 \cdot CN) / (10 + 0.13 \cdot CN)$  è una correzione di CN che tiene conto del fatto che il terreno era già in condizioni di maggiore umidità per effetto di precipitazioni precedenti
- H è l'altezza di precipitazione totale caduta per la durata pari a Tc (tempo di corrivazione)
- S è la massima perdita per infiltrazione data da  $S = 254 (100/CN - 1)$
- IA rappresenta le perdite iniziali, poste pari a c S

Il coefficiente  $\Phi$  può assumere con questa metodologia, specialmente per durate molto brevi dell'evento critico, valori eccessivamente bassi, poiché fa coincidere l'inizio della precipitazione con la porzione di durata Tc considerata, anche adottando la correzione  $CN_{III}$ .

Per ovviare a questo inconveniente si può considerare innanzitutto di considerare nulle le perdite iniziali IA, ponendo  $c=0$ , e/o di far precedere la precipitazione di durata critica Tc una precipitazione di durata pari a Ta.

Indicando con Hp l'altezza di precipitazione caduta nelle Ta ore precedenti la durata critica (e valutata utilizzando le curve di possibilità pluviometrica per differenza con la durata Ta+Tc e Tc) e con  $H_t = H + H_p$  l'altezza di precipitazione totale, si ha:

$$\Phi = [(H_t - IA)^2 / (H_t + S - IA) - (H_p - IA)^2 / (H_p + S - IA)] / H \quad (6)$$

#### Stima del CN basata sulla mappatura regionale

Il valore del parametro CN può desunto dalla distribuzione del parametro CN direttamente da una elaborazione sviluppata dall'Agenzia del Distretto Idrografico che ha determinato il valore del CN sulla base della classificazione pedologica e dell'uso del suolo (Regione Sardegna - Corine Land Cover RAS 2008) determinando i valori riportati nelle Tab. 3, 4 e 5.

Ing. Andrea Saba Geol. Marco Pilia	Realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra avente potenza nominale di 99,9908 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi in località "Saltu Bia Montis", Comune di Villasor (SU) Studio idrologico e idraulico ai sensi dell'Art. 30ter, commi 2 e 6 - NTA PAI
---------------------------------------	--

Tabella 3 - Descrizione delle diverse classi di suolo in funzione del tipo idrologico (metodo SCS-CN)

Tipo idrologico di suolo	Descrizione
<b>A</b>	Scarsa potenzialità di deflusso superficiale. I suoli di questo gruppo presentano un tasso di infiltrazione elevato anche quando sono completamente bagnati. Comprende sabbie o ghiaie di notevole spessore, con elevata permeabilità
<b>B</b>	Suoli con tasso di infiltrazione moderato quando sono completamente bagnati. Sono principalmente suoli di spessore moderatamente elevato o elevato, con drenaggio da moderatamente buono a buono e con tessitura da moderatamente fine a moderatamente grossolana
<b>C</b>	Suoli con tasso di infiltrazione basso quando sono completamente bagnati. Sono principalmente suoli con uno strato che impedisce il movimento discendente dell'acqua, oppure suoli con tessitura da moderatamente fine a fine
<b>D</b>	Suoli ad alto potenziale di scorrimento, presentano un tasso di infiltrazione bassissimo quando sono completamente bagnati. Sono principalmente suoli argillosi con un alto potenziale di rigonfiamento, suoli con una falda permanentemente alta, suoli con uno strato di argilla alla superficie o presso la superficie e suoli giacenti sopra materiale pressoché impermeabile.

Tabella 4 - Attribuzione delle classi di suolo in funzione della classificazione pedologica (Carta dei Suoli della Sardegna – Aru A., Baldaccini P., Vacca A.)

Pedologia	Tipo Idrologico di Suolo	Pedologia	Tipo Idrologico di Suolo	Pedologia	Tipo Idrologico di Suolo
A1	D	C5	B	G3	D
A2	C	D1	C	H1	C
Acque	A	D2	C	I1	D
B1	D	D3	C	I2	D
B2	C	D4	C	I3	C
B3	C	D5	B	L1	D
B4	B	E1	B	L2	C
B5	C	E2	B	L3	D
C1	B	F1	B	L4	B
C2	B	F2	B	M1	A
C3	B	G1	B	N1	D
C4	B	G2	C	O	A

Ing. Andrea Saba Geol. Marco Pilia	Realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra avente potenza nominale di 99,9908 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi in località "Saltu Bia Montis", Comune di Villasor (SU) Studio idrologico e idraulico ai sensi dell'Art. 30ter, commi 2 e 6 - NTA PAI
---------------------------------------	--

Tabella 5 - Valore del Curve Number il funzione dell'uso del suolo (Corine Landcover) e del tipo idrologico di suolo

DESCRIZIONE	UDS	A	B	C	D
AREE AEROPORTUALI ED ELIPORTI	124	98	98	98	98
AREE ESTRATTIVE	131	89	92	94	95
DISCARICHE E DEPOSITI DI ROTTAMI	132	89	92	94	95
CANTIERI	133	89	92	94	95
AREE VERDI URBANE	141	49	69	79	84
CIMITERI	143	66	77	85	89
VIGNETI	221	72	81	88	91
FRUTTETI E FRUTTI MINORI	222	67	78	85	89
OLIVETTI	223	67	78	85	89
PRATI STABILI	231	0	71	81	89
COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE A COLTURE PERMANENTI	241	59	74	82	86
SISTEMI COLTURALI E PARTICELLARI COMPLESSI	242	66	77	85	89
AREE PREV. OCCUPATE DA COLTURA AGRARIE CON PRESENZA DI SPAZI NATURALI IMPORTANTI	243	66	77	85	89
AREE AGROFORESTALI	244	NaN	51	63	70
BOSCHI MISTI DI CONIFERE E LATIFOGLIE	313	NaN	51	63	70
AREE A PASCOLO NATURALE	321	49	69	79	84
SPIAGGE DUNE E SABBIE	331	63	77	85	88
PARETI ROCCIOSE E FALESIE	332	95	95	95	95
AREE CON VEGETAZIONE RADA <5%E>40%	333	55	72	81	86
PALUDI INTERNE	411	100	100	100	100
PALUDI SALMASTRE	421	100	100	100	100
SALINE	422	100	100	100	100
ZONE INTERTIDALI	423	95	95	95	95
LAGUNE, LAGHI E STAGNE COSTIERI	521	100	100	100	100
MARI	523	100	100	100	100

Ing. Andrea Saba Geol. Marco Pilia	Realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra avente potenza nominale di 99,9908 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi in località "Saltu Bia Montis", Comune di Villasor (SU) Studio idrologico e idraulico ai sensi dell'Art. 30ter, commi 2 e 6 - NTA PAI
---------------------------------------	--

DESCRIZIONE	UDS	A	B	C	D
TESSUTO RESIDENZIALE COMPATTO E DENSO	1111	77	85	90	92
TESSUTO RESIDENZIALE RADO	1112	51	68	79	84
TESSUTO RESIDENZIALE RADO E NUCLEIFORME	1121	46	65	77	82
FABBRICATI RURALI	1122	46	65	77	82
INSEDIAMENTI INDUSTRIALI/ARTIG. E COMM. E SPAZI ANNESSI	1211	89	92	94	95
INSEDIAMENTO DI GRADI IMPIANTI DI SERVIZI	1212	89	92	94	95
RETI STRADALI E SPAZI ACCESSORI	1221	98	98	98	98
RETI FERROVIARIE E SPAZI ANNESSI	1222	98	98	98	98
GRANDI IMPIANTI DI CONCENTRAMENTO E SMISTAMENTO MERCI	1223	89	92	94	95
IMPIANTI A SERVIZIO DELLE RETI DI DISTRIBUZIONE	1224	89	92	94	95
DISCARICHE	1321	89	92	94	95
DEPOSITI DI ROTTAMI A CIELO APERTO, CIMITERI DI AUTOVEICOLI	1322	89	92	94	95
AREE RICREATIVE E SPORTIVE	1421	49	69	79	84
AREE ARCHEOLOGICHE	1422	49	69	79	84
SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE	2111	66	77	85	89
PRATI ARTIFICIALI	2112	NaN	62	74	85
SEMINATIVI SEMPLICI E COLTURE ORTICOLE A PIENO CAMPO	2121	58	72	81	85
RISAIE	2122	98	98	98	98
VIVAI	2123	66	77	85	89
COLTURA IN SERRA	2124	66	77	85	89
COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE ALL'OLIVO	2411	59	74	82	86
COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE AL VIGNETO	2412	72	81	88	91
COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE AD ALTRE COLTURE PERMANENTI	2413	58	72	81	85
BOSCO DI LATIFOGLIE	3111	NaN	48	57	63
ARBORICOLTURA CON ESSENZE FORESTALI DI LATIFOGLIE	3112	NaN	51	63	70
BOSCO DI CONIFERE	3121	NaN	48	57	63
ARBORICOLTURA CON ESSENZE FORESTALI DI CONIFERE	3122	NaN	58	73	80

Ing. Andrea Saba Geol. Marco Pilia	Realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra avente potenza nominale di 99,9908 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi in località "Saltu Bia Montis", Comune di Villasor (SU) Studio idrologico e idraulico ai sensi dell'Art. 30ter, commi 2 e 6 - NTA PAI
---------------------------------------	--

DESCRIZIONE	UDS	A	B	C	D
CESPUGLIETI ED ARBUSTETI	3221	NaN	58	73	80
FORMAZIONI DI RIPA NON ARBOREE	3222	NaN	58	73	80
MACCHIA MEDITERRANEA	3231	NaN	58	73	80
GARIGA	3232	NaN	51	63	70
AREE A RICOLONIZZAZIONE NATURALE	3241	NaN	51	63	70
AREE A RICOLONIZZAZIONE ARTIFICIALE	3242	NaN	51	63	70
SPIAGGE DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	3311	63	77	85	88
AREE DUNALI NON COPERTE DA VEGETAZIONE DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	3312	49	69	79	84
AREE DUNALI COPERTE DA VEGETAZIONE DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	3313	49	69	79	84
LETTI DI TORRENTI DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	3315	90	90	90	90
FIUMI, TORRENTI E FOSSI	5111	100	100	100	100
CANALI E IDROVIE	5112	98	98	98	98
BACINI NATURALI	5121	100	100	100	100
BACINI ARTIFICIALI	5122	100	100	100	100
LAGUNE, LAGHI E STAGNE COSTIERI A PRODUZIONE ITTICA NATURALE	5211	100	100	100	100
ACQUACOLTURE IN LAGUNE, LAGHI E STAGNI COSTIERI	5212	98	98	98	98
ESTUARI E DELTA	5213	100	100	100	100
AREE MARINE A PRODUZ. ITTICA NATURALE	5231	98	98	98	98
ACQUACOLTURE IN MARE LIBERO	5232	98	98	98	98
PIOPPETI, SALICETI, EUCALITTETI ECC. ANCHE IN FORMAZIONI MISTE	31121	NaN	48	57	63
SUGHERETE	31122	NaN	48	57	63
CASTAGNETI DA FRUTTO	31123	NaN	48	57	63
ALTRO	31124	NaN	48	57	63

Ing. Andrea Saba Geol. Marco Pilia	Realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra avente potenza nominale di 99,9908 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi in località "Saltu Bia Montis", Comune di Villasor (SU) Studio idrologico e idraulico ai sensi dell'Art. 30ter, commi 2 e 6 - NTA PAI
---------------------------------------	--

In Fig. 1 è riportata la mappa dei CN relativa al bacino in esame.



Figura 1 - Mappa del CN nell'area del bacino

La media pesata dei valori di CN mappati nell'area risulta pari a 67.54.

I valori del CN medio pesato e i parametri per il calcolo delle perdite sono riportati in Tab. 6.

Tabella 6 - Valori del CN adottati

Curve Number				
Bacino	CN	CN usato	SS	c
			mm	
Gora Piscina Manna	67.540	82.716	53.075	0.2

Ing. Andrea Saba Geol. Marco Pilia	Realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra avente potenza nominale di 99,9908 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi in località "Saltu Bia Montis", Comune di Villasor (SU) Studio idrologico e idraulico ai sensi dell'Art. 30ter, commi 2 e 6 - NTA PAI
---------------------------------------	--

### 2.3.3. - Il tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione Tc può essere stimato facendo riferimento a diverse espressioni empiriche che forniscono le seguenti stime (espressioni consigliate nelle Linee Guida del PAI Sardegna):

$$\text{Soil Conservation Service: } Tc_{SCS} = 0.00227(1000 L)^{0.8}[(1000/CN)-9]^{0.7} (100*Jb)^{-0.5} \quad (7)$$

$$\text{Giandotti: } Tc_G = (1.5 L + 4 S^{0.5}) / (0.8 (Hm-Ho)^{0.5}) \quad (8)$$

$$\text{Pasini: } Tc_P = 0.108 ((S L)^{1/3})/J^{0.5} \quad (9)$$

$$\text{progetto VAPI: } Tc_{VP} = 0.212 S^{0.231} (Hm/J)^{0.289} \quad (10)$$

$$\text{Viparelli: } Tc_V = L/(3.6 V) \text{ (considerando } V = 1 \text{ m/s)} \quad (11)$$

A questo tempo va aggiunto il tempo di accesso alla rete Tf, pari a

$$T_a = I_a / I_c \quad (12)$$

dove Ia sono le perdite iniziali e Ic l'intensità di pioggia critica, da ricercarsi ricursivamente.

Applicando le varie espressioni, e adottando per il bacino il minimo tempo di corrivazione, si perviene ai valori riportati in Tab. 7.

Tabella 7 - Tempi di corrivazione calcolati e adottati

Tempo di corrivazione									
Bacino	Tr	i	TcSCS	TcG	TcP	TcVP	TcV	Ta	Tc
	anni	mm/ora	ore	ore	ore	ore	ore	ore	ore
Gora Piscina Manna	50	22	5.94	5.48	4.48	4.84	3.26	0.47	3.73
Gora Piscina Manna	100	25	5.94	5.48	4.48	4.84	3.26	0.42	3.67
Gora Piscina Manna	200	28	5.94	5.48	4.48	4.84	3.26	0.37	3.63
Gora Piscina Manna	500	32	5.94	5.48	4.48	4.84	3.26	0.33	3.58

Per il Tempo di corrivazione è stato adottato quello offerto dall'espressione (11) che stima il valore più cautelativo.

Ing. Andrea Saba Geol. Marco Pilia	Realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra avente potenza nominale di 99,9908 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi in località "Saltu Bia Montis", Comune di Villasor (SU) Studio idrologico e idraulico ai sensi dell'Art. 30ter, commi 2 e 6 - NTA PAI
---------------------------------------	--

## 2.4. - Metodo razionale con curva di possibilità pluviometrica TCEV

La curva di possibilità pluviometrica basata sulla distribuzione probabilistica TCEV è stata calibrata da Deidda-Piga-Sechi nel 1997 con l'espressione:

$$H = Hm(Tc) a Tc^n \quad (13)$$

nella quale:

$$Hm(Tc) = 1.1287 Hg (Tc/24)^{-0.493+0.476\text{Log}(Hg)} \quad (14)$$

con Hg dipendente dalla posizione geografica del bacino, mentre i parametri a ed n dipendono dalla sottozona di appartenenza:

per la sottozona I:

$$a = 0.4642 + 1.0376 * \text{Log}(Tr) \quad (15)$$

$$n = -0.18488 + 0.22960 * \text{Log}(Tr) - 0.033216 * (\text{Log}(Tr))^2 \quad (\text{per } Tc < 1 \text{ ora}) \quad (16)$$

$$n = -0.01469 - 0.0078505 * \text{Log}(Tr) \quad (\text{per } Tc > 1 \text{ ora}) \quad (17)$$

per la sottozona II:

$$a = 0.43797 + 1.089 * \text{Log}(Tr) \quad (18)$$

$$n = -0.18722 + 0.24862 * \text{Log}(Tr) - 0.0336305 * (\text{Log}(Tr))^2 \quad (\text{per } Tc < 1 \text{ ora}) \quad (19)$$

$$n = -0.0063887 - 0.004542 * \text{Log}(Tr) \quad (\text{per } Tc > 1 \text{ ora}) \quad (20)$$

per la sottozona III:

$$a = 0.40926 + 1.1441 * \text{Log}(Tr) \quad (21)$$

$$n = -0.1906 + 0.264438 * \text{Log}(Tr) - 0.038969 * (\text{Log}(Tr))^2 \quad (\text{per } Tc < 1 \text{ ora}) \quad (22)$$

$$n = 0.014929 + 0.0071973 * \text{Log}(Tr) \quad (\text{per } Tc > 1 \text{ ora}) \quad (23)$$

Le sottozone sono riportate in Fig. 2, mentre il parametro Hg in Fig. 3.

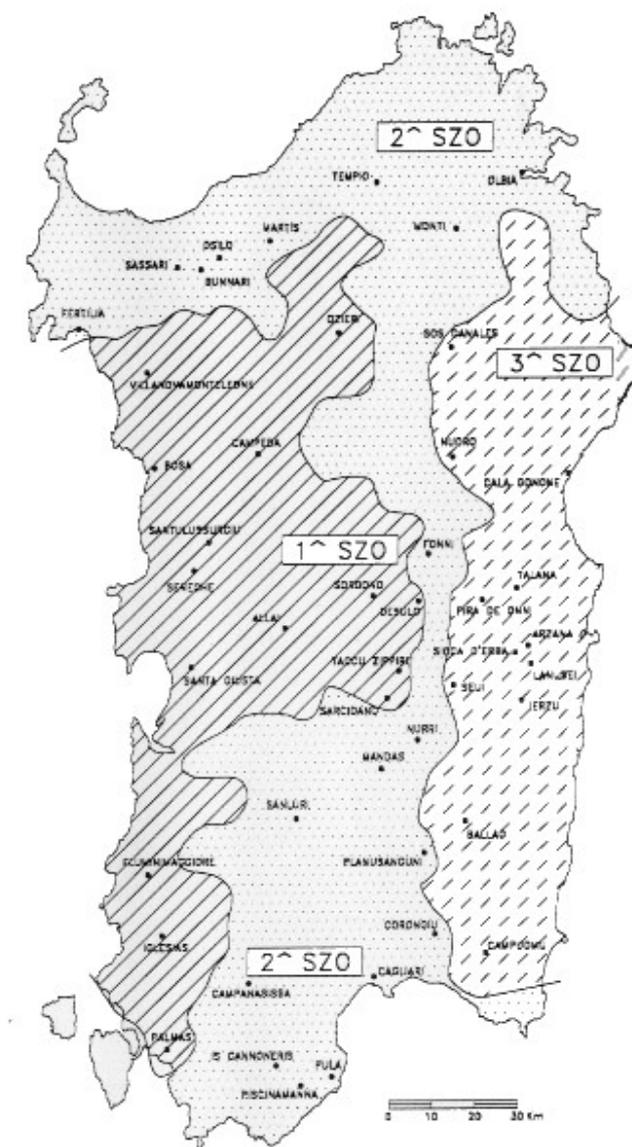


Figura 2 - Sottozone per l'applicazione del metodo TCEV

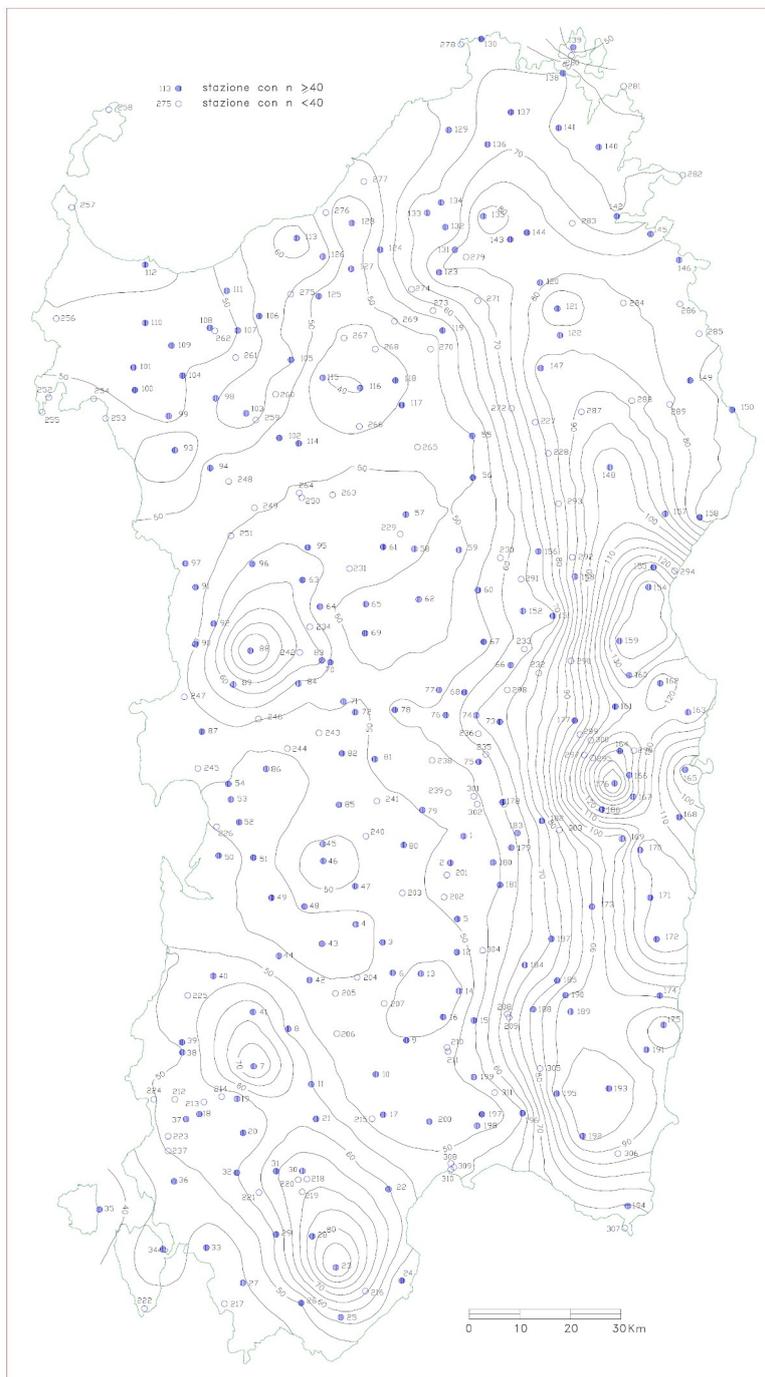


Figura 3 - Parametro Hg per l'applicazione della CPP basata su TCEV

Ing. Andrea Saba Geol. Marco Pilia	Realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra avente potenza nominale di 99,9908 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi in località "Saltu Bia Montis", Comune di Villasor (SU) Studio idrologico e idraulico ai sensi dell'Art. 30ter, commi 2 e 6 - NTA PAI
---------------------------------------	--

La portata di piena calcolata con questo metodo è riportata in Tab. 8.

Tabella 8 - Portata di piena calcolata col metodo razionale e CPP TCEV

Portata di piena col metodo razionale e CPP TCEV-PAI							
Bacino	Tr	SZ	Hg	Hcp	Htp	$\phi$	Qr,tcev(p ai)
	anni		mm	mm	mm		mc/s
Gora Piscina Manna	50	2.000	53.000	72.994	72.99	0.46	53.08
Gora Piscina Manna	100	2.000	53.000	82.905	82.91	0.50	66.67
Gora Piscina Manna	200	2.000	53.000	92.777	92.78	0.54	80.81
Gora Piscina Manna	500	2.000	53.000	105.771	105.77	0.58	100.16

Ing. Andrea Saba Geol. Marco Pilia	Realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra avente potenza nominale di 99,9908 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi in località "Saltu Bia Montis", Comune di Villasor (SU) Studio idrologico e idraulico ai sensi dell'Art. 30ter, commi 2 e 6 - NTA PAI
---------------------------------------	--

### 3. - Ricostruzione delle aree allagabili

#### 3.1. - Metodologia di analisi

L'analisi è stata effettuata seguendo le Linee Guida del PAI che, in merito alle modalità di definizione delle aree idraulicamente pericolose, prescrivono:

*PRODOTTI ED ELABORATI PER LA DEFINIZIONE DELLE AREE INONDABILI.*

*Gli elaborati finali dei PSB (Piani Stralci di Bacino) dovranno rappresentare in maniera adeguata i diversi scenari di rischio previsti dal DPCM 29/09/98 relativamente alle zone vulnerabili. Oltre a produrre tutti gli elaborati intermedi necessari a una dettagliata documentazione delle analisi svolte edelle scelte progettuali adottate e di cui si riferisce in dettaglio nel capitolo 15, nei piani dovranno essere contenuti i seguenti elaborati essenziali:*

- *Disegni schematici e schede sintetiche illustranti le caratteristiche morfologiche ed idrauliche delle sezioni e dei manufatti interessanti i corsi d'acqua;*
- *Per ciascun corso d'acqua dovranno essere tracciati i profili di moto permanente per tutte le portate previste;*
- *Dovranno essere tracciate le sezioni idrauliche con i livelli idrici corrispondenti alle quattro portate di piena*
- *Dovrà essere realizzata una mappa delle aree a pericolosità idraulica differenziata per tempi di ritorno comprensiva dei livelli di allagamento sulla base della Carta Tecnica Regionale (si veda, a titolo di esempio, la Figura 7)*
- *Per ogni sub-bacino, dovrà essere redatta una tabella dei tronchi fluviali con evidenziata la pericolosità idraulica in ordine decrescente.*

#### 3.2. - Modello del terreno utilizzato

Il terreno utilizzato per la ricostruzione delle sezioni idrauliche è il DTM con passo 1 m distribuito nel sito della Regione Autonoma della Sardegna ([http://www.sardegnaegeoportale.it/webgis2/sardegnamappe/?map=download\\_raster](http://www.sardegnaegeoportale.it/webgis2/sardegnamappe/?map=download_raster)). In particolare, è stata utilizzata la versione DTM-DSM MATTM in aree critiche.

Per la rappresentazione cartografica è stata invece utilizzata la Carta Tecnica Regionale in scala 1:10'000.

All. 1.3	Relazione di compatibilità idraulica Gora Piscina Manna	pag. 18/38
----------	---	------------

Ing. Andrea Saba Geol. Marco Pilia	Realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra avente potenza nominale di 99,9908 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi in località "Saltu Bia Montis", Comune di Villasor (SU) Studio idrologico e idraulico ai sensi dell'Art. 30ter, commi 2 e 6 - NTA PAI
---------------------------------------	--

### **3.3. - Analisi idraulica del moto monodimensionale in condizioni di regime permanente**

#### **3.3.1. - Determinazione del profilo della corrente**

Il profilo della corrente è stato determinato ipotizzando condizioni di moto permanente, dato che le variazioni di portata nel tempo in occasione delle piene naturali non sono così rapide da rendere necessaria un'analisi in condizioni di moto vario.

Il buon inalveamento della corrente consente altresì di considerare la corrente con una schematizzazione monodimensionale, essendo assenti esondazioni con componenti del moto ortogonali all'asse del corso d'acqua, e potendo così ricorrere a schemi di calcolo sufficientemente semplici e robusti da non destare problemi numerici e necessità di complesse analisi di sensitività per la validazione del modello stesso.

In particolare, è stato utilizzato il codice di calcolo HEC RAS, descritto nel paragrafo successivo.

#### **3.3.2. - Il codice di calcolo HEC RAS**

HEC RAS è un codice sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers. Il software è in grado di analizzare e risolvere i calcoli legati al tracciamento del profilo idrico di un corso d'acqua in regime di moto permanente e/o in regime di moto vario, nonché le problematiche legate al trasporto solido.

In ciascuna di queste tre tipologie di studio il programma è in grado di utilizzare sia le proprietà intrinseche del terreno (in particolare in termini di coefficiente di scabrezza di Manning), sia le proprietà geometriche della sezione del corso d'acqua.

#### **3.3.3. - Componenti idrauliche dell'analisi**

Questa componente del sistema di modellazione è da utilizzare per il calcolo della superficie idrica di correnti gradualmente variate. Il sistema può analizzare una rete di canali o un singolo corso d'acqua.

Per l'analisi del moto, HEC RAS richiede la portata nota su ogni ramo (o parte di esso), inoltre è necessario definire le condizioni al contorno a monte (che saranno valide per una corrente veloce) e a valle (che saranno valide per una corrente lenta) dei rami unitamente alle caratteristiche delle confluenze; il software permette di imporre una corrente lenta, un regime di corrente veloce ovvero di determinare autonomamente il profilo della corrente in regime misto.

Le condizioni al contorno utilizzabili sono:

- altezza nota del pelo libero;
- passaggio per l'altezza critica;

Ing. Andrea Saba Geol. Marco Pilia	Realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra avente potenza nominale di 99,9908 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi in località "Saltu Bia Montis", Comune di Villasor (SU) Studio idrologico e idraulico ai sensi dell'Art. 30ter, commi 2 e 6 - NTA PAI
---------------------------------------	--

- altezza di moto uniforme (per una particolare pendenza assegnata);
- scala delle portate.

La procedura di calcolo è basata sulla risoluzione dell'equazione monodimensionale dell'energia, in cui le perdite di carico sono valutate tramite il coefficiente di scabrezza di Manning.

È possibile valutare i fenomeni di contrazione e allargamento della corrente tramite opportuni coefficienti di contrazione/espansione allorquando si abbiano variazioni di sezione in corti tratti (è il caso ad esempio in cui si hanno restringimenti dovuti al passaggio tra le pile di un ponte ed il conseguente allargamento).

Nei casi in cui la corrente non dovesse essere gradualmente variata viene utilizzata l'equazione del momento della quantità di moto (automaticamente, con l'opzione "regime misto", nei passaggi da corrente veloce a lenta, o su opzione nelle confluenze).

Il punto di partenza è l'input della geometria del sistema, costituito dal corso d'acqua principale e da tutti gli affluenti, le sezioni trasversali, tutte le interferenze (ponti, passaggi all'interno di condotte circolari, a sezione rettangolare e comunque di qualunque forma, chiuse, ma in generale ogni variazione di sezione e/o la sua ostruzione).

Ogni sezione, di un determinato ramo del corso d'acqua, è identificata univocamente da un numero positivo, crescente nel verso opposto a quello di scorrimento della corrente (quindi da valle verso monte).

In generale ognuna di queste sezioni è suddivisa in tre porzioni che in prima istanza possono essere pensate come la savanella centrale (*main channel*) e le due aree golenali adiacenti (*left overbank e right overbank*). Tale suddivisione consente di ripartire la corrente in tre porzioni, considerando, per ognuna, velocità, portata e scabrezza diverse (è il caso, ad esempio, di savanella rivestita ed aree golenali con una certa copertura vegetale), ma con pari energia totale.

Una volta completato l'input geometrico dei dati, occorre fornire i valori di portata da mettere in conto nelle sezioni.

Nei casi di moto permanente il valore della portata  $Q$  è costante nel tempo, e sarà possibile fornire un valore di  $Q$  per ciascuna sezione, o, più semplicemente, si può inserire il valore solo nelle sezioni che hanno un cambiamento di portata. Nei casi di moto vario è possibile fornire un idrogramma con portata variabile col passo temporale desiderato. Nei casi di moto vario è possibile valutare l'efficacia di un'eventuale cassa d'espansione, così come gli effetti di un'idrovora che da tale area di espansione dovesse pompare le acque su un altro corpo idrico etc.

I risultati ottenuti tramite il calcolo possono essere visualizzati graficamente, quali ad esempio l'andamento del profilo longitudinale con l'indicazione del fondo del corso d'acqua, l'altezza critica, l'altezza di moto uniforme, la quota del pelo libero, l'altezza totale e tutte le altre grandezze che servono a descrivere compiutamente il moto.

Ing. Andrea Saba Geol. Marco Pilia	Realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra avente potenza nominale di 99,9908 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi in località "Saltu Bia Montis", Comune di Villasor (SU) Studio idrologico e idraulico ai sensi dell'Art. 30ter, commi 2 e 6 - NTA PAI
---------------------------------------	--

Ovviamente le stesse grandezze possono essere ricavate in forma tabellare sezione per sezione.

### 3.3.4. - I calcoli idraulici

La metodologia utilizzata per la valutazione delle grandezze idrauliche che regolano il moto della corrente è il Metodo II descritto in "*Backwater Curves in River Channels*" EM 1110-2-1409 (USACE 1959).

Le grandezze idrauliche fondamentali, che intervengono nei processi che determinano il profilo della corrente ed i fenomeni legati al trasporto solido, sono la velocità della corrente, l'altezza del pelo libero, l'energia totale ed il suo gradiente.

Nella Fig. 4 sono messe in evidenza le grandezze che compaiono nell'equazione (24) (equazione di bilancio dell'energia).

$$W_{S_2} + \alpha V_2^2/2g = W_{S_1} + \alpha V_1^2/2g + h_e \quad (24)$$

in cui si hanno:

- $g$ : accelerazione di gravità;
- $h_e$ : perdita di energia;
- $V_1, V_2$ : velocità media, riferita all'area della sezione bagnata, e relativa alla portata data;
- $W_{S_1}, W_{S_2}$ : quota del pelo libero della corrente (per il dato valore di portata) rispetto uno zero convenzionale;
- $\alpha_1, \alpha_2$ : coefficienti di ragguglio delle potenze cinetiche (o coeff. di Coriolis);

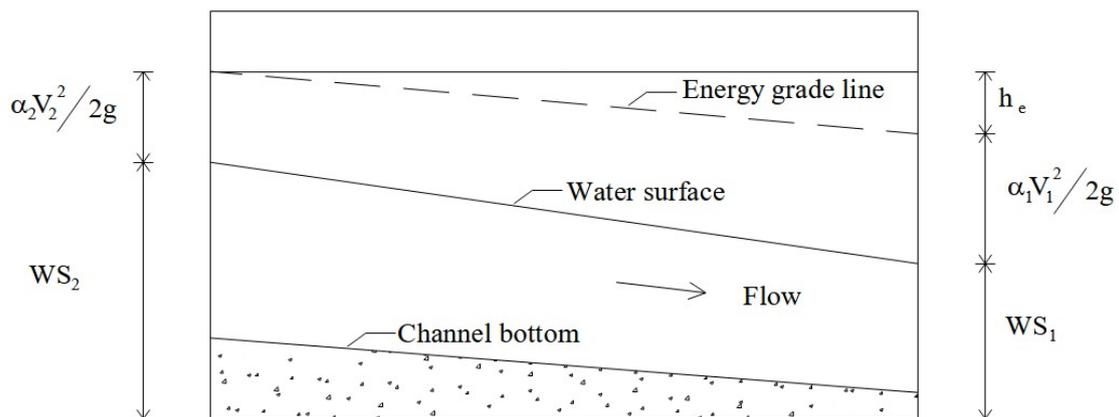


Figura 4 - Carichi idraulici in due sezioni di calcolo consecutive

Ing. Andrea Saba Geol. Marco Pilia	Realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra avente potenza nominale di 99,9908 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi in località "Saltu Bia Montis", Comune di Villasor (SU) Studio idrologico e idraulico ai sensi dell'Art. 30ter, commi 2 e 6 - NTA PAI
---------------------------------------	--

### 3.3.5. - Perdite di carico

L'input della geometria del sistema svolge un ruolo determinante proprio perché tramite la definizione di questa avviene il calcolo del profilo di corrente. Occorre quindi fornire al programma le sezioni trasversali del fiume e le distanze relative tra queste.

Come già scritto le perdite per attrito sono calcolate tramite il Metodo II descritto in "*Backwater Curves in River Channels*" EM 1110-2-1409 (USACE 1959).

Come riportato nell'equazione (25), la perdita di carico " $h_e$ " è data dalla somma di due componenti:

- $h_f$ : perdita di energia per attrito
- $h_o$ : perdita di energia legata alla forma della sezione

$$h_e = h_f + h_o \quad (25)$$

Le perdite dovute alla contrazione o all'allargamento della sezione sono valutate nel termine  $h_o$ .

### 3.3.6. - Perdite per attrito

Come già scritto la sezione trasversale è suddivisa in porzioni aventi analoghe proprietà idrauliche nella direzione del flusso, ciascuna di queste è suddivisa in *sub-sezioni* ed in ciascuna di esse le perdite per attrito sono calcolate tramite la relazione:

$$h_f = (Q/K)^2 \quad (26)$$

in cui:

$$K = \sum_{j=1, \text{NSS}} [(A_{2j} + A_{1j})/2 ((R_{2j} + R_{1j})/2)^{2/3}] / [n_j L_j^{0.5}] \quad (27)$$

dove:

- $A_{1j}$ ,  $A_{2j}$ : aree delle sezioni, normali al flusso, rispettivamente di valle e di monte;
- NSS: numero totale di *sub-sezioni* in cui è suddivisa una sezione;
- K: total conveyance del tratto compreso tra le due sezioni
- $L_j$ : distanza tra le  $j$  esime *sub-sezioni*;
- $n_j$ : coeff. di scabrezza di Manning tra le  $j$  esime *sub-sezioni*;
- Q: portata;
- $R_{1j}$ ,  $R_{2j}$ : raggi idraulici delle corrispondenti sezioni.

### 3.3.7. - Perdite per contrazione ed espansione

Ing. Andrea Saba Geol. Marco Pilia	Realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra avente potenza nominale di 99,9908 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi in località "Saltu Bia Montis", Comune di Villasor (SU) Studio idrologico e idraulico ai sensi dell'Art. 30ter, commi 2 e 6 - NTA PAI
---------------------------------------	--

Le perdite per contrazione ed espansione della corrente sono valutate tramite l'equazione 5) riportata di seguito:

$$h_o = C_L [A_2 V_2^2 / 2g - A_1 V_1^2 / 2g] \quad (28)$$

in cui  $C_L$  è il coefficiente di contrazione (positivo) o espansione (negativo).

Ogni sezione descritta da un numero N di punti è suddivisa, come già detto in precedenza in tre "porzioni" (*left overbank, main channel, right overbank*), come illustrato in Fig. 5.

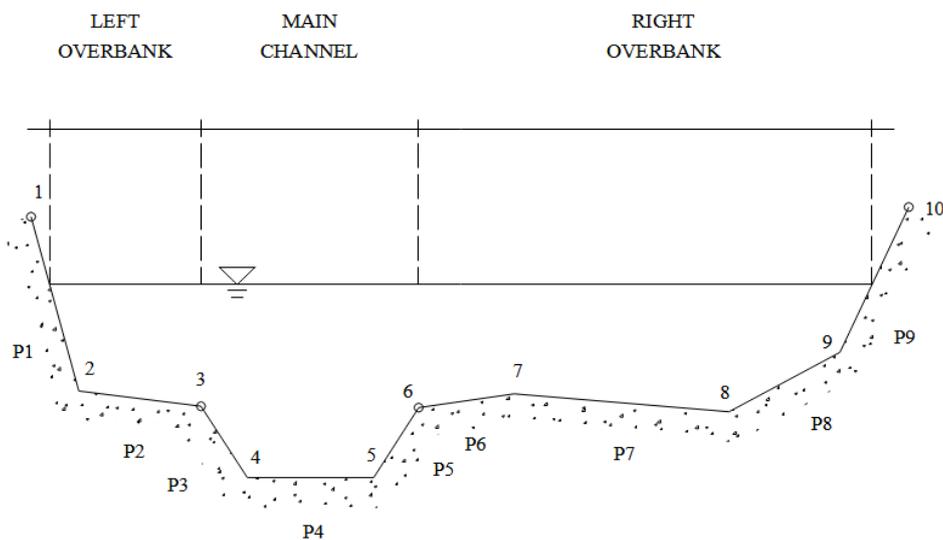


Figura 5 - Suddivisione della sezione in 3 componenti

Ogni porzione è ulteriormente suddivisa in sub-section, come illustrato in Fig. 6.

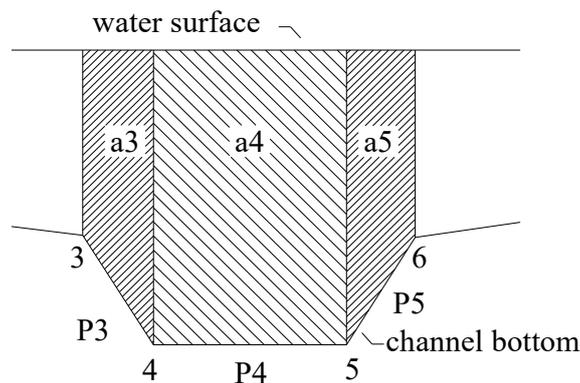


Figura 6 - Scomposizione di una componente della sezione in sub-sezioni

Ing. Andrea Saba Geol. Marco Pilia	Realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra avente potenza nominale di 99,9908 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi in località "Saltu Bia Montis", Comune di Villasor (SU) Studio idrologico e idraulico ai sensi dell'Art. 30ter, commi 2 e 6 - NTA PAI
---------------------------------------	--

Ad esempio l'area corrispondente al main channel è data dalla sommatoria delle aree delle sub-section che la compongono secondo quanto riportato in Fig. 6:

$$A_j = a_3 + a_4 + a_5 \quad (29)$$

così come

$$P_j = p_3 + p_4 + p_5 \quad (30)$$

in cui P è il contorno bagnato della sezione.

Il raggio idraulico del *main channel* è calcolato come rapporto tra le somme delle aree  $A_k$  e la somma dei contorni bagnati  $P_k$  delle singole sub-section tramite la relazione:

$$R_j = (A_j/P_j) = (\sum A_k / \sum P_k) \quad (31)$$

dove  $A_j$ ,  $P_j$  ed  $R_j$  sono rispettivamente l'area, il contorno bagnato ed il raggio idraulico della j-esima sub-section.

Il coefficiente di Coriolis  $\alpha$ , che tiene conto della distribuzione della distribuzione della velocità all'interno della sezione trasversale, viene calcolato tramite la relazione:

$$\alpha = [\sum_{j=1, NSS} (K_j^3/A_j^2)] / (K^3/A^2) \quad (32)$$

### 3.3.8. - Sezioni interpolate

Talvolta è necessario interpolare le sezioni per un tratto in cui la definizione della geometria non sia stata sufficientemente dettagliata. Questo accade soprattutto per evitare che venga valutata ad esempio una forte perdita di energia per un allargamento e/o restringimento che nella realtà è graduale e non istantaneo come può accadere tra due sezioni non interpolate.

Nel presente studio non sono state interpolate sezioni ulteriori tra quelle rilevate.

### 3.3.9. - Le giunzioni

Le connessioni tra due o più rami di un canale è denominata "giunzione" nella quale un ramo di valle viene connesso con altri che ovviamente stanno a monte. Questa particolare situazione può essere risolta in due modi, come già accennato, ovvero mediante:

- EQUAZIONE DELL'ENERGIA TOTALE. Equilibrio delle energie totali delle correnti nelle sezioni immediatamente a monte della confluenza ed immediatamente a valle<sup>1</sup> di questa (metodologia da preferire nei casi in cui non si hanno particolari dissipazioni di energia tra le sezioni di monte e di valle);
- EQUAZIONE DEL MOMENTO. Equilibrio dei momenti delle quantità di moto tra le stesse

<sup>1</sup> Può accadere che una delle correnti di monte risulti avere una energia inferiore alla corrente di valle.

sezioni di cui sopra (situazione questa da preferire quando l'angolo di incidenza del canale di monte è tale da provocare considerevoli perdite di energia).

### 3.3.10. - Ponti ed attraversamenti in sezioni chiuse

Particolare attenzione merita la presenza di eventuali ponti e/o attraversamenti all'interno di sezioni chiuse (scatolari, circolari, ovoidali etc.).

Per ciò che riguarda la perdita di energia, questa viene suddivisa in tre componenti:

- nella sezione di valle si ha perdita di energia per "brusco allargamento" della corrente fluida;
- nella sezione intermedia, la quale può essere modellata in maniera da ridurre i fenomeni turbolenti;

nella sezione di monte in cui viene ad aversi una contrazione della corrente e la conseguente formazione di moti vorticosi.

Per rendere definito il problema occorre fornire 4 sezioni, due delle quali rispettivamente a monte e a valle dell'interferenza in cui siano trascurabili i fenomeni dovuti alla contrazione della corrente (Fig. 7, sezioni 4 e 1), le altre due immediatamente a monte e a valle del manufatto (sezioni 2 e 3), in queste è necessario imporre un'area inefficace.

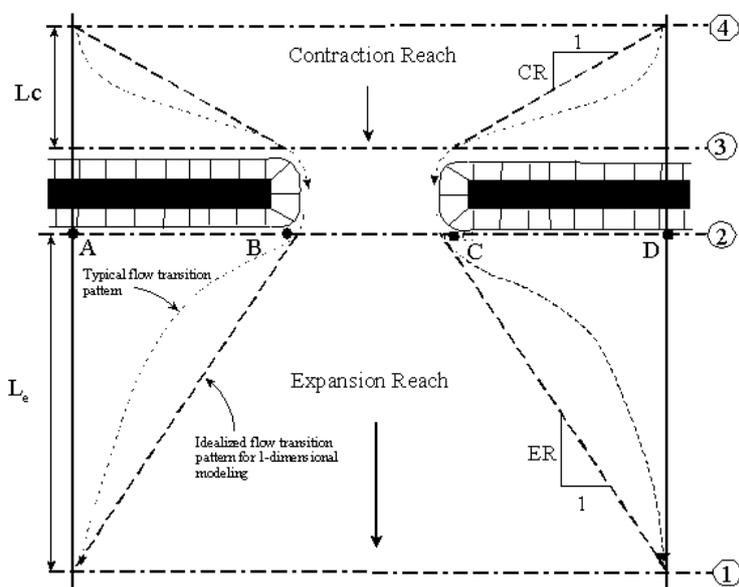


Figura 7 - Geometria di un passaggio ristretto

Le metodologie utilizzate per attribuire i valori ad  $L_c$  ed  $L_e$  sono diffusamente dibattute in "Flow

Ing. Andrea Saba Geol. Marco Pilia	Realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra avente potenza nominale di 99,9908 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi in località "Saltu Bia Montis", Comune di Villasor (SU) Studio idrologico e idraulico ai sensi dell'Art. 30ter, commi 2 e 6 - NTA PAI
---------------------------------------	--

*Transitions in Bridge Backwater Analysis" (RD-42 HEC, 1995).*

HEC RAS offre diverse possibilità di risolvere il problema richiamate di volta in volta dall'utente, per i casi più frequenti nella pratica sono da preferirsi l'equazione di bilancio dell'energia, l'equazione di bilancio del momento della quantità di moto e talvolta l'equazione di Yarnell.

Nel presente studio è presente un unico ponte, privo di spalle in alveo, che è stato modellato ponendo l'impalcato sopra le sezioni rilevate, senza ricorrere alle ulteriori contro sezioni di monte e di valle.

### **3.3.11. - Determinazione del profilo di moto permanente**

Il profilo della corrente è stato valutato considerando un moto permanente per tronchi omogenei chiusi alle sezioni di interesse. Rispetto alle reali condizioni del moto, che in generale presenta variazioni di portata nel tempo, si avranno delle differenze, tuttavia, l'involuppo dei massimi livelli idrici riscontrabili in un transitorio di portata variabile non sono, in generale, superiori dei livelli idrici riscontrabili in moto permanente, ovviamente per la data portata assunta;

La portata considerata è stata considerata costante lungo l'intero tratto di alveo studiato.

## **3.4. - Parametri specificatamente utilizzati nell'analisi**

### **3.4.1. - Condizioni al contorno**

Le condizioni al contorno utilizzate sono:

- a monte e a valle: altezza di moto uniforme con  $J=0.01$

### **3.4.2. - Scabrezza**

L'intera asta studiata è stata sistemata e regolarizzata, e presenta un andamento rettilineo e con sezione regolare.

Il tratto di monte dell'asta fluviale è in calcestruzzo rivestito, mentre quello a valle del ponte è in terra regolare con scarsa vegetazione (Foto in Figg. 8 e 9).

È stato considerato un coefficiente di Manning pari a 0.013 a monte (valore medio per canali rivestiti in calcestruzzo liscio) e 0.022 a valle (valore medio per canali in terra con mediocre manutenzione) (vedi Tab. 9).



Figura 8 - Tratto di alveo a monte del ponte



Figura 9 - Tratto di alveo a valle del ponte

Tabella 9 - Tabella dei valori di manning suggeriti per canali a pelo libero

TAB. 1.2 A - VALORI DEL COEFFICIENTE DI RESISTENZA DI MANNING:  $n$  ( $s/m^{1/3}$ ) DA [CHOW V. T., 1959]

CANALI

tipo di superficie	Minimo	Normale	Massimo
<b>GALLERIA O CONDOTTO A PELO LIBERO DI</b>			
acciaio flangiato o saldato	0.010	0.012	0.014
ghisa rivestito	0.010	0.013	0.014
ghisa non rivestito	0.011	0.014	0.016
lamiera ondulata (acque chiare)	0.017	0.019	0.021
lamiera ondulata (acque con detriti)	0.021	0.024	0.030
plastica	0.008	0.009	0.010
vetro	0.009	0.010	0.013
calcestruzzo (acque chiare)	0.010	0.011	0.013
calcestruzzo con manufatti (acque con detriti)	0.011	0.013	0.014
gres vetrificato	0.011	0.014	0.017
gres vetrificato con manufatti	0.013	0.015	0.017
mattoni vetrificati	0.011	0.013	0.015
mattoni con intonaco	0.012	0.015	0.017
pietrame con giunti stilati	0.018	0.025	0.030
<b>CANALI RIVESTITI IN</b>			
acciaio (canalette)	0.011	0.012	0.017
lamiera ondulata	0.021	0.025	0.030
legno con buon grado di finitura	0.010	0.012	0.015
legno grezzo	0.012	0.015	0.018
calcestruzzo liscio	0.011	0.013	0.015
calcestruzzo grezzo	0.014	0.017	0.020
conglomerato bituminoso liscio		0.013	
conglomerato bituminoso grezzo		0.016	
mattoni vetrificati	0.011	0.013	0.015
mattoni con intonaco	0.012	0.015	0.018
pietrame con giunti stilati	0.018	0.025	0.030
scogliera	0.023	0.032	0.035
gunite (sezione di scavo regolarizzata)	0.016	0.019	0.023
gunite (sezione irregolare)	0.018	0.022	0.025
erba	0.030		0.500
<b>CANALI CON FONDO REGOLARIZZATO E SPONDE IN</b>			
pietrame ben sistemato con giunti stilati	0.015	0.017	0.020
pietrame con giunti stilati	0.017	0.020	0.024
blocchi di calcestruzzo ben accostati	0.020	0.025	0.030
scogliera	0.020	0.030	0.035

Ing. Andrea Saba Geol. Marco Pilia	Realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra avente potenza nominale di 99,9908 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi in località "Saltu Bia Montis", Comune di Villasor (SU) Studio idrologico e idraulico ai sensi dell'Art. 30ter, commi 2 e 6 - NTA PAI
---------------------------------------	--

CANALI CON FONDO IN GHIAIA E SPONDE IN			
lastre di calcestruzzo	0.017	0.020	0.025
pietrame con giunti stilati	0.020	0.023	0.026
scogliera	0.023	0.033	0.036
CANALI IN TERRA NON RIVESTITI			
rettilinei, non vegetati, buona manutenzione	0.016	0.018	0.020
rettilinei, non vegetati, mediocre manutenzione	0.018	0.022	0.025
rettilinei, non vegetati, con ghiaia	0.022	0.025	0.030
rettilinei, poco inerbiti, rare alghe	0.022	0.027	0.033
ALVEI IN TERRA REGOLARIZZATI O ROGGE			
non vegetati	0.023	0.025	0.030
poco inerbiti, rare alghe	0.025	0.030	0.033
molto vegetati, molte alghe	0.028	0.030	0.035
con sponde in pietrame	0.028	0.030	0.035
con sponde ben inerbite	0.025	0.035	0.040
con fondo in ciotoli e sponde non vegetate	0.030	0.040	0.050
CANALI MANTENUTI CON DRAGAGGIO			
non vegetati	0.025	0.028	0.033
poco inerbiti, rare alghe	0.035	0.050	0.060
ALVEI IN ROCCIA			
con sezione ben regolarizzata	0.025	0.035	0.040
irregolari	0.035	0.040	0.050
CANALI IN TERRA RINATURALIZZATI (CON ALGHE E CESPUGLI)			
con sezione interamente occupata da alghe	0.050	0.080	0.120
con rare alghe e sponde mediamente cespugliate	0.045	0.070	0.110
con alghe e sponde fortemente cespugliate	0.080	0.100	0.140

### 3.4.3. - Sezioni interpolate

Non sono state considerate sezioni interpolate.

### 3.4.4. - Ponti

Lungo il corso d'acqua analizzato è presente un ponte senza spalle nè pile in alveo, il cui intradosso viene lambito nella sezione di valle solo dalla piena con  $Tr=500$  anni.

### 3.4.5. - Portate

Le portate sono state attribuite uniformi lungo tutto il ramo studiato. I valori per i tempi di ritorno considerati sono quelli riportati nelle conclusioni dell'analisi idrologica.

## 3.5. - Risultato delle analisi

### 3.5.1. - Planimetria di calcolo

Nella Fig. 10 è riportata la planimetria dei corsi d'acqua analizzati, così come è stata descritta nel codice di calcolo HecRas.

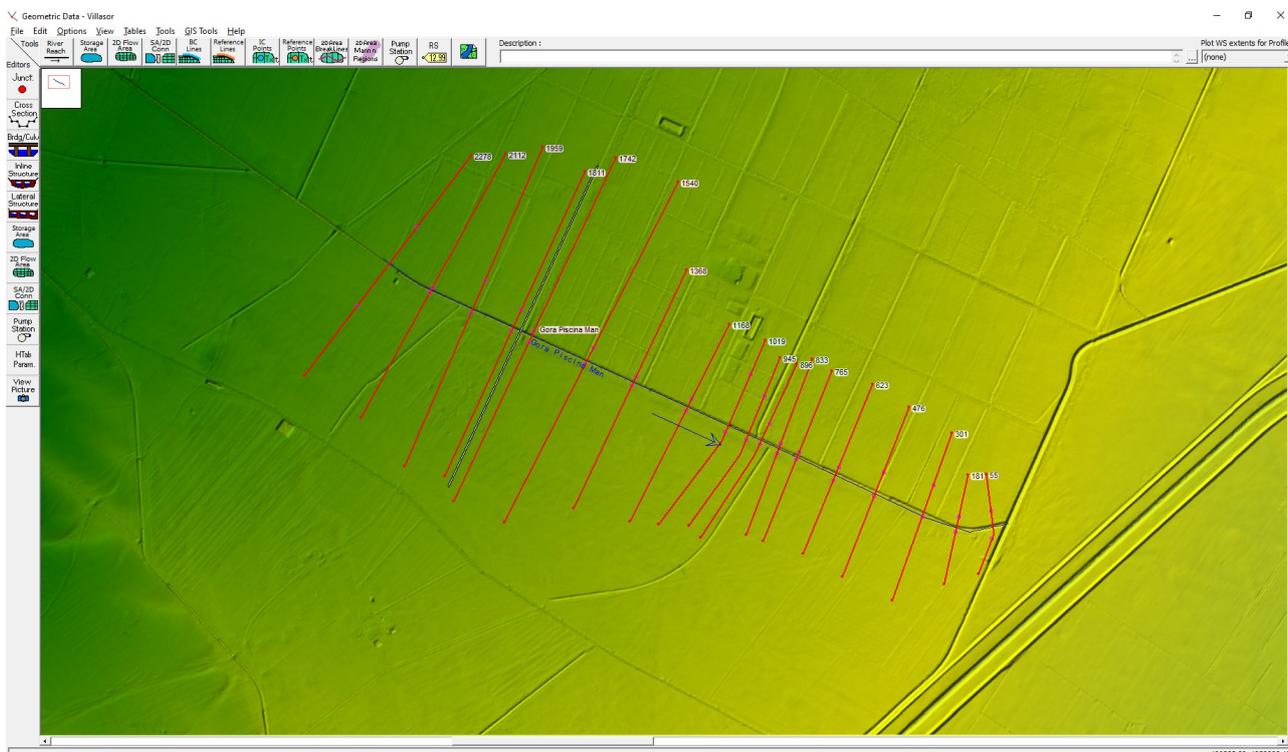


Figura 10 - Planimetria di calcolo definita nel codice di calcolo HecRas

La versione 6 di HecRas consente di importare il DEM e di acquisire la geometria delle sezioni direttamente da quest'ultimo.

Ing. Andrea Saba Geol. Marco Pilia	Realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra avente potenza nominale di 99,9908 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi in località "Saltu Bia Montis", Comune di Villasor (SU) Studio idrologico e idraulico ai sensi dell'Art. 30ter, commi 2 e 6 - NTA PAI
---------------------------------------	--

### 3.5.2. - Risultati numerici

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
Gora Piscina Man	2278	Tr=50 anni	53.08	42.24	43.57	44.27	45.96	0.010001	6.85	7.75	8.59	2.30
Gora Piscina Man	2278	Tr=100 anni	66.67	42.24	43.72	44.31	46.47	0.010010	7.35	9.08	8.98	2.33
Gora Piscina Man	2278	Tr=200 anni	80.81	42.24	43.86	44.35	46.95	0.010013	7.79	10.38	9.35	2.36
Gora Piscina Man	2278	Tr=500 anni	100.16	42.24	44.27	44.39	44.64	0.010014	2.70	37.16	178.22	1.88
Gora Piscina Man	2112	Tr=50 anni	53.08	40.30	41.67	42.40	44.22	0.010694	7.08	7.49	8.18	2.36
Gora Piscina Man	2112	Tr=100 anni	66.67	40.30	41.82	42.66	44.71	0.011079	7.52	8.86	9.08	2.43
Gora Piscina Man	2112	Tr=200 anni	80.81	40.30	41.96	42.90	45.19	0.011081	7.95	10.16	9.55	2.46
Gora Piscina Man	2112	Tr=500 anni	100.16	40.30	43.15	43.16	44.04	0.001656	4.17	24.00	14.04	1.02
Gora Piscina Man	1959	Tr=50 anni	53.08	39.39	40.80	41.40	42.73	0.006936	6.16	8.61	8.29	1.93
Gora Piscina Man	1959	Tr=100 anni	66.67	39.39	40.97	41.68	43.19	0.006900	6.59	10.12	8.69	1.95
Gora Piscina Man	1959	Tr=200 anni	80.81	39.39	41.13	41.95	43.64	0.007017	7.01	11.52	9.04	1.98
Gora Piscina Man	1959	Tr=500 anni	100.16	39.39	41.63	42.42	43.55	0.004208	6.14	16.31	10.52	1.57
Gora Piscina Man	1811	Tr=50 anni	53.08	37.81	39.37	40.04	41.56	0.008701	6.56	8.09	8.50	2.15
Gora Piscina Man	1811	Tr=100 anni	66.67	37.81	39.53	40.29	42.02	0.008620	6.99	9.54	9.00	2.17
Gora Piscina Man	1811	Tr=200 anni	80.81	37.81	39.68	40.56	42.46	0.008629	7.38	10.95	9.47	2.19
Gora Piscina Man	1811	Tr=500 anni	100.16	37.81	41.81	40.84	41.82	0.000196	0.55	183.15	502.92	0.29
Gora Piscina Man	1800		Bridge									
Gora Piscina Man	1742	Tr=50 anni	53.08	37.63	40.26	39.68	40.61	0.001885	2.63	20.16	11.43	0.63
Gora Piscina Man	1742	Tr=100 anni	66.67	37.63	40.16	39.96	40.79	0.003479	3.51	19.01	11.11	0.86
Gora Piscina Man	1742	Tr=200 anni	80.81	37.63	39.91	40.21	41.16	0.007617	4.93	16.38	10.37	1.25
Gora Piscina Man	1742	Tr=500 anni	100.16	37.63	40.52	40.52	41.47	0.004605	4.31	23.23	12.25	1.00
Gora Piscina Man	1540	Tr=50 anni	53.08	37.29	39.69	39.69	39.97	0.005990	2.31	22.95	41.52	0.99
Gora Piscina Man	1540	Tr=100 anni	66.67	37.29	39.80	39.80	40.10	0.005878	2.43	27.45	45.63	1.00
Gora Piscina Man	1540	Tr=200 anni	80.81	37.29	39.93	39.93	40.01	0.005600	1.20	67.44	320.53	0.83
Gora Piscina Man	1540	Tr=500 anni	100.16	37.29	39.99	39.94	40.05	0.004941	1.16	86.19	390.81	0.79

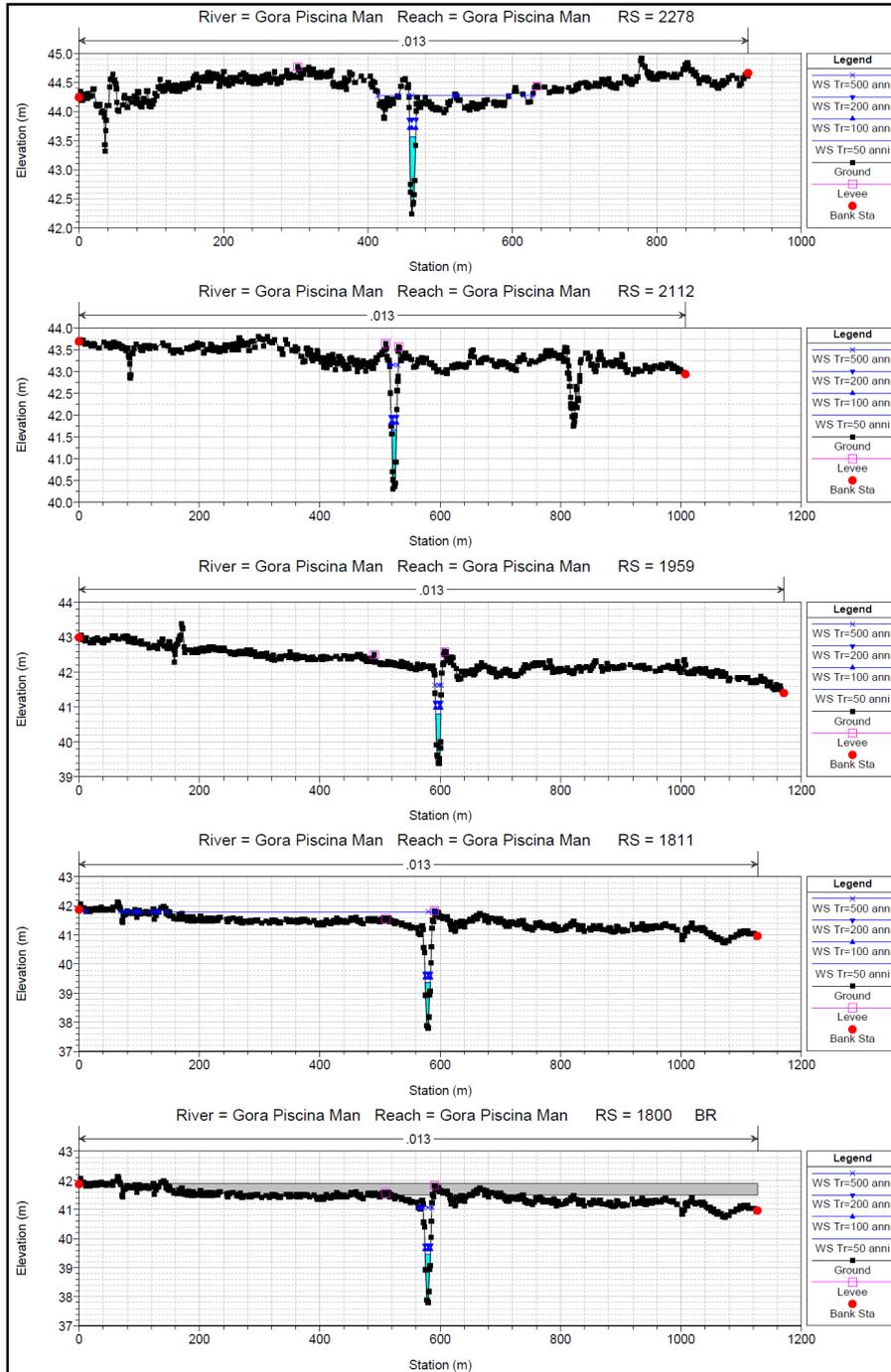
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
Gora Piscina Man	1368	Tr=50 anni	53.08	36.28	38.37	38.25	38.99	0.004003	3.49	15.22	9.99	0.90
Gora Piscina Man	1368	Tr=100 anni	66.67	36.28	38.53	38.53	39.33	0.004855	3.97	16.81	10.48	1.00
Gora Piscina Man	1368	Tr=200 anni	80.81	36.28	38.99	38.99	39.07	0.005232	1.28	63.31	258.95	0.82
Gora Piscina Man	1368	Tr=500 anni	100.16	36.28	39.02	39.00	39.12	0.005964	1.40	71.78	283.52	0.89
Gora Piscina Man	1168	Tr=50 anni	53.08	35.14	38.02	37.31	38.07	0.003548	1.01	52.75	231.09	0.67
Gora Piscina Man	1168	Tr=100 anni	66.67	35.14	37.56	37.58	38.35	0.004925	3.95	16.87	10.91	1.01
Gora Piscina Man	1168	Tr=200 anni	80.81	35.14	38.10	38.02	38.16	0.003454	1.13	71.82	261.00	0.68
Gora Piscina Man	1168	Tr=500 anni	100.16	35.14	38.14	38.06	38.21	0.003543	1.21	82.92	276.10	0.70
Gora Piscina Man	1019	Tr=50 anni	53.08	34.93	37.19	37.19	37.32	0.007515	1.59	33.39	128.35	1.00
Gora Piscina Man	1019	Tr=100 anni	66.67	34.93	37.24	37.24	37.38	0.007330	1.68	39.67	137.81	1.00
Gora Piscina Man	1019	Tr=200 anni	80.81	34.93	37.28	37.28	37.44	0.007052	1.77	45.74	143.29	1.00
Gora Piscina Man	1019	Tr=500 anni	100.16	34.93	37.35	37.34	37.51	0.006406	1.79	56.04	160.75	0.97
Gora Piscina Man	945	Tr=50 anni	53.08	33.59	35.25	35.63	36.53	0.011317	5.02	10.58	9.02	1.48
Gora Piscina Man	945	Tr=100 anni	66.67	33.59	36.38	35.90	36.79	0.002583	2.83	23.56	15.46	0.73
Gora Piscina Man	945	Tr=200 anni	80.81	33.59	37.03	36.23	37.10	0.001801	1.17	68.82	142.34	0.54
Gora Piscina Man	945	Tr=500 anni	100.16	33.59	36.94	36.90	37.10	0.004915	1.76	56.78	135.32	0.87
Gora Piscina Man	896	Tr=50 anni	53.08	33.35	35.52	35.52	36.24	0.004998	3.76	14.11	9.81	1.00
Gora Piscina Man	896	Tr=100 anni	66.67	33.35	35.80	35.80	36.58	0.004832	3.93	16.98	10.79	1.00
Gora Piscina Man	896	Tr=200 anni	80.81	33.35	36.37	36.05	36.89	0.007791	3.20	25.29	33.80	1.18
Gora Piscina Man	896	Tr=500 anni	100.16	33.35	36.71	36.71	36.84	0.005466	1.57	63.75	197.08	0.88
Gora Piscina Man	833	Tr=50 anni	53.08	33.03	35.30	35.34	36.06	0.005343	3.86	13.76	9.76	1.04
Gora Piscina Man	833	Tr=100 anni	66.67	33.03	35.55	35.62	36.40	0.005375	4.08	16.34	10.68	1.05
Gora Piscina Man	833	Tr=200 anni	80.81	33.03	36.07	36.07	36.67	0.004965	3.44	23.51	19.52	1.00
Gora Piscina Man	833	Tr=500 anni	100.16	33.03	36.23	36.23	36.38	0.006022	1.70	58.89	173.99	0.93
Gora Piscina Man	765	Tr=50 anni	53.08	32.28	33.88	34.37	35.41	0.014849	5.49	9.68	8.91	1.68
Gora Piscina Man	765	Tr=100 anni	66.67	32.28	34.09	34.63	35.76	0.013959	5.72	11.66	9.56	1.65
Gora Piscina Man	765	Tr=200 anni	80.81	32.28	34.32	34.87	36.05	0.012686	5.83	13.87	10.24	1.60
Gora Piscina Man	765	Tr=500 anni	100.16	32.28	35.16	35.16	36.08	0.004581	4.25	23.57	12.81	1.00
Gora Piscina Man	623	Tr=50 anni	53.08	31.03	33.88	33.31	34.22	0.001849	2.59	20.52	11.76	0.63

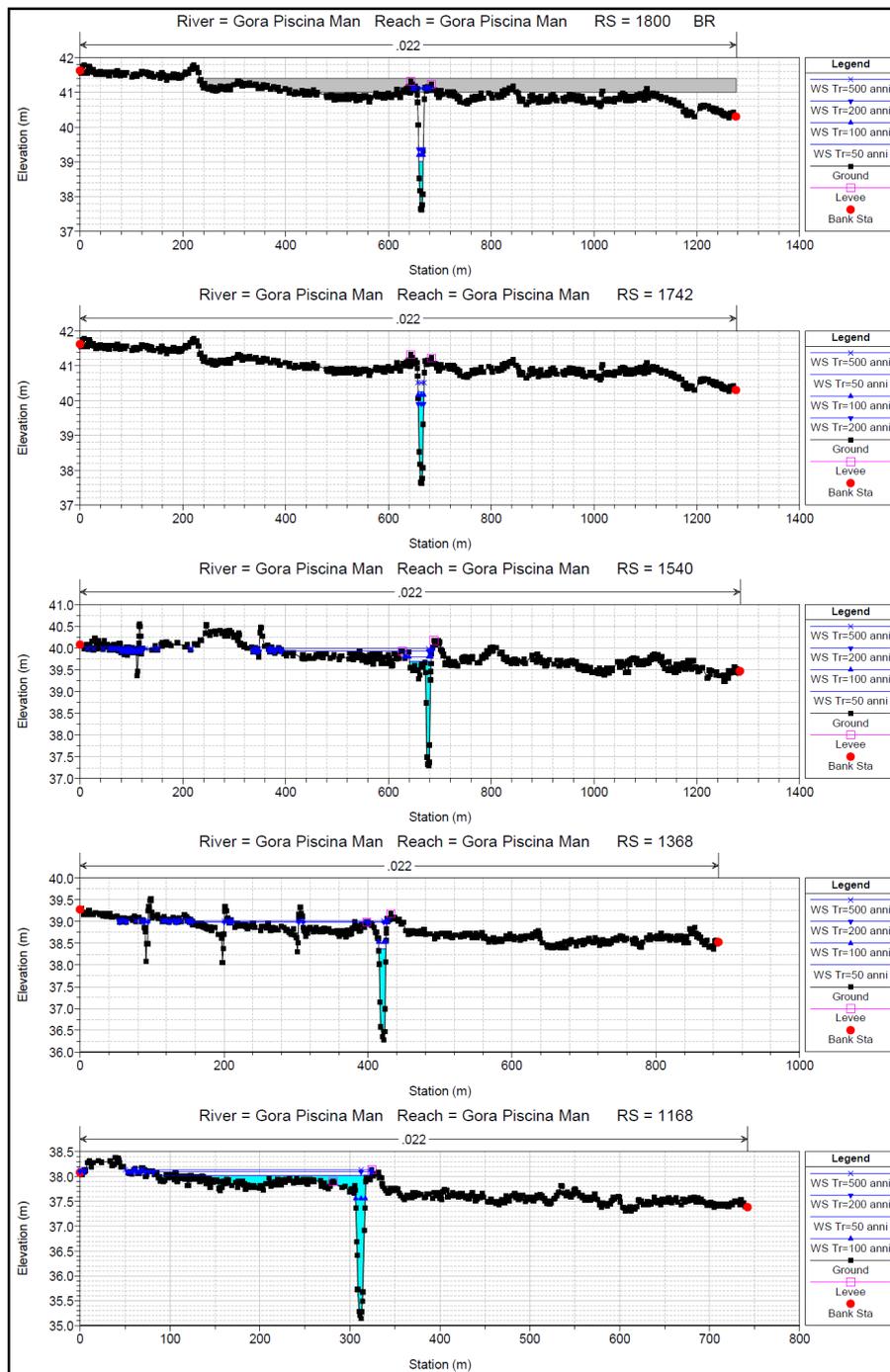
Ing. Andrea Saba  
Geol. Marco Pilia

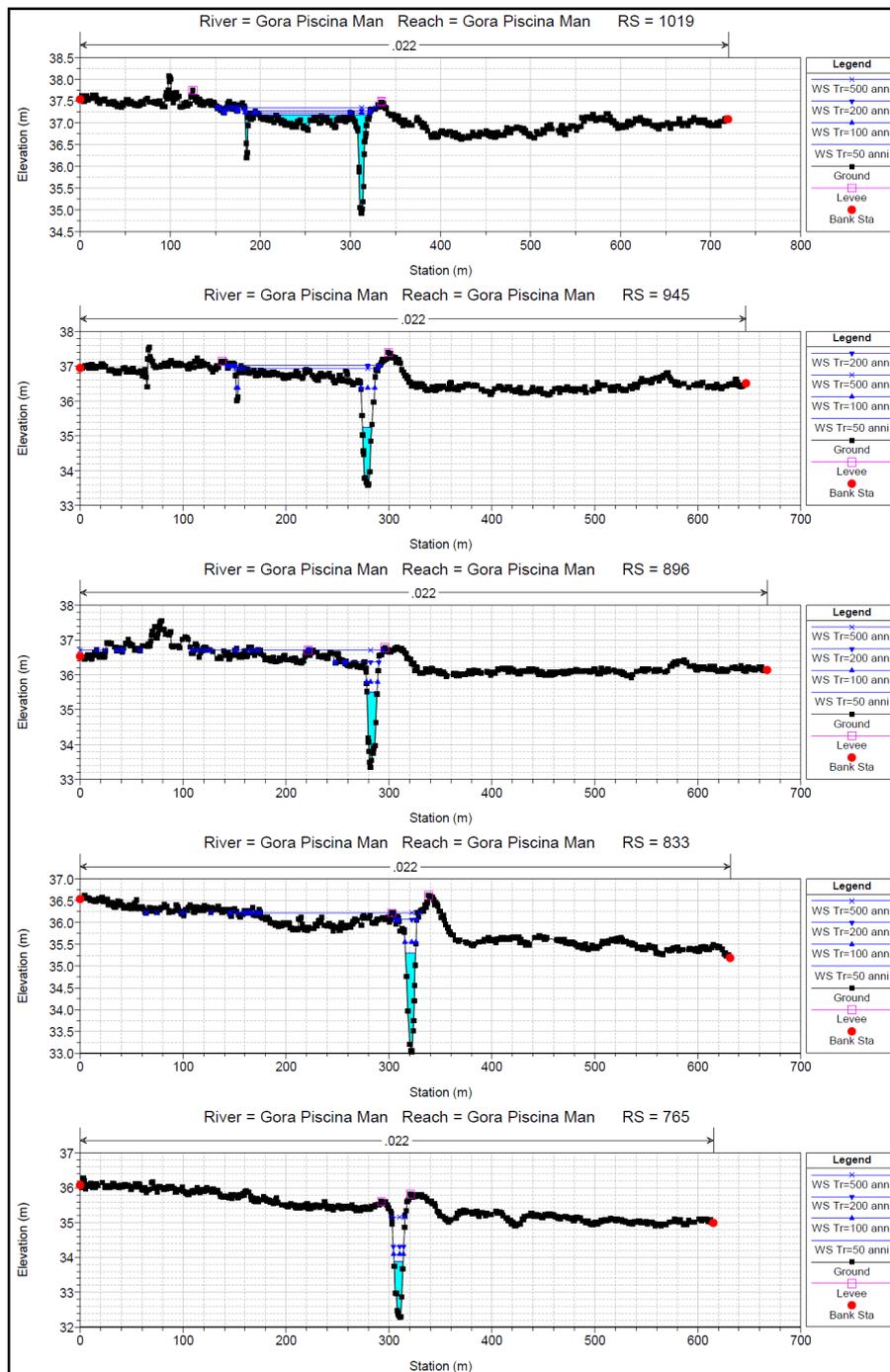
Realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra avente potenza nominale di 99,9908 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi in località "Saltu Bia Montis", Comune di Villasor (SU)  
Studio idrologico e idraulico ai sensi dell'Art. 30ter, commi 2 e 6 - NTA PAI

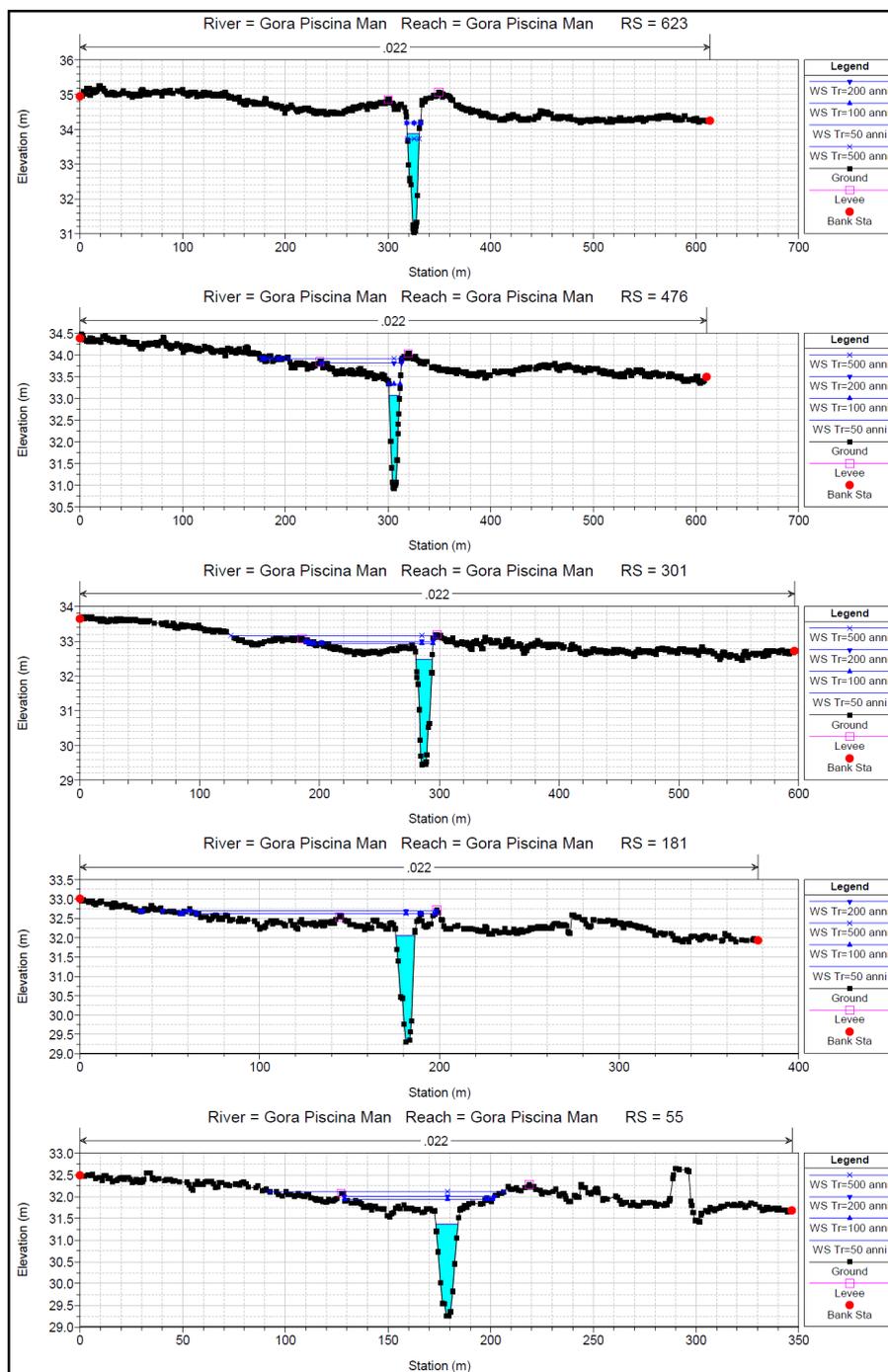
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
Gora Piscina Man	623	Tr=100 anni	66.67	31.03	34.18	33.57	34.56	0.001963	2.75	24.29	13.38	0.65
Gora Piscina Man	623	Tr=200 anni	80.81	31.03	34.19	33.81	34.75	0.002864	3.32	24.37	13.44	0.79
Gora Piscina Man	623	Tr=500 anni	100.16	31.03	33.73	34.14	35.17	0.008331	5.32	18.84	11.37	1.32
Gora Piscina Man	476	Tr=50 anni	53.08	30.92	33.07	33.07	33.76	0.004897	3.70	14.33	10.26	1.00
Gora Piscina Man	476	Tr=100 anni	66.67	30.92	33.33	33.33	34.10	0.004762	3.88	17.17	11.17	1.00
Gora Piscina Man	476	Tr=200 anni	80.81	30.92	33.81	33.81	34.05	0.006275	2.17	37.19	77.85	1.00
Gora Piscina Man	476	Tr=500 anni	100.16	30.92	33.92	33.92	34.12	0.006486	1.99	50.30	123.86	1.00
Gora Piscina Man	301	Tr=50 anni	53.08	29.45	32.48	31.47	32.69	0.000972	2.01	26.40	13.57	0.46
Gora Piscina Man	301	Tr=100 anni	66.67	29.45	32.94	31.73	33.04	0.002516	1.38	48.24	99.88	0.63
Gora Piscina Man	301	Tr=200 anni	80.81	29.45	33.01	32.01	33.12	0.002613	1.48	54.66	105.31	0.66
Gora Piscina Man	301	Tr=500 anni	100.16	29.45	33.16	32.29	33.24	0.002096	1.25	80.25	170.34	0.58
Gora Piscina Man	181	Tr=50 anni	53.08	29.30	32.06	31.63	32.49	0.002477	2.91	18.22	10.60	0.71
Gora Piscina Man	181	Tr=100 anni	66.67	29.30	32.62	31.91	32.71	0.002952	1.29	51.62	134.26	0.67
Gora Piscina Man	181	Tr=200 anni	80.81	29.30	32.69	32.56	32.78	0.002876	1.32	61.33	152.04	0.66
Gora Piscina Man	181	Tr=500 anni	100.16	29.30	32.62	32.62	32.82	0.006646	1.94	51.67	134.30	1.00
Gora Piscina Man	55	Tr=50 anni	53.08	29.25	31.36	31.36	32.04	0.004857	3.63	14.60	10.82	1.00
Gora Piscina Man	55	Tr=100 anni	66.67	29.25	31.94	31.94	32.16	0.006393	2.10	31.70	70.76	1.00
Gora Piscina Man	55	Tr=200 anni	80.81	29.25	32.00	32.00	32.25	0.006142	2.21	36.51	73.26	1.00
Gora Piscina Man	55	Tr=500 anni	100.16	29.25	32.12	32.12	32.33	0.006393	2.05	48.89	114.20	1.00

### 3.5.3. - Sezioni di calcolo









### 3.5.4. - Profilo longitudinale

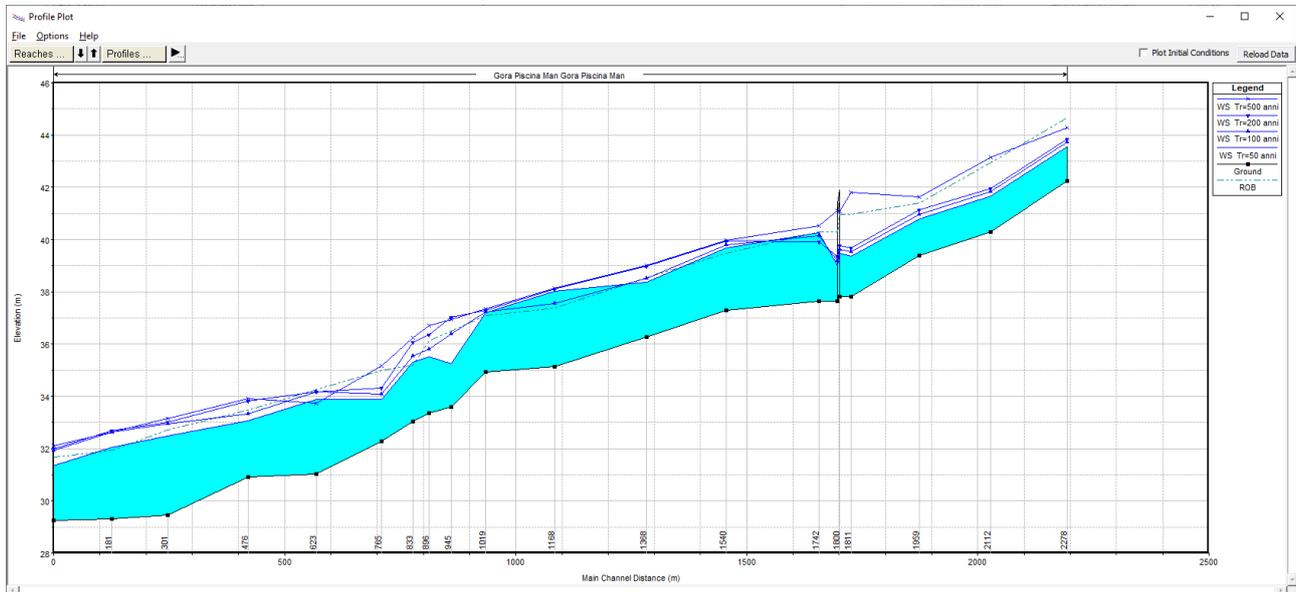


Figura 11 - Profilo della corrente