COMMITTENTE

SEAM - SOCIETA' ENERGETICA ALPI DEL MARE S.r.l.

C.so Garibaldi, 126
18038 SANREMO (IM)

Tel. +39 0184 503919 / cell. + 39 3291281635
mail : *seamenergia@gmail.com*
mail PEC : *amministrazione@pec.seamenergia.it*

SOCIETÀ ENERGETICA ALPI DEL MARE s.r.l. C.so Garibaldi, 126 C. F. e P. IVA 01422600088 SANREMO

OGGETTO

RIPRISTINO E POTENZIAMENTO A FINI IDROELETTRICI DELL'IMPIANTO ESISTENTE, DENOMINATO "POGLI" SUL TORRENTE ARROSCIA

COMUNE DI ORTOVERO
PROVINCIA DI SAVONA

REVISIONE

1

DATA

Gennaio 2019

PROGETTO DEFINITIVO

TITOLO

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA

N°

2

PROGETTISTI

NOVICONSULT s.a.s.
Via Novi 70/A - 15060 Basaluzzo AL
E-mail: info@noviconsult.it
tel: 0143 487735

Dott. Ing. Francesco Fossati

NOVICONSULT sas
di MARCHETTI LAURA & C.
Via Novi 70/A - 15060 BASALUZZO (AL)
Tel. 0143 487735 e 0143 487999 (anche fax)
Partita IVA = C.F. 01942220060
www.noviconsult.it

ORDINE INGEGNERI PROV. ALESSANDRIA
SETTORI CIVILE AMB. INDUSTR. - INFORM.
FRANCESCO FOSSATI
INGEGNERE
N° A-1079
SEZIONE A

QUESTO DOCUMENTO E' DI PROPRIETA' DELLA SOCIETA' SEAM S.r.l. - OGNI RIPRODUZIONE DEVE ESSERE ESPRESSAMENTE AUTORIZZATA

SEAM - SOCIETA' ENERGETICA ALPI DEL MARE S.r.l.
C.so Garibaldi, 126
18038 SANREMO (IM)
Tel. +39 0184 503919 / cell. + 39 3291281365

RIPRISTINO E POTENZIAMENTO AI FINI IDROELETTRICI DELL'IMPIANTO ESISTENTE, DENOMINATO"**POGLI**", SUL TORRENTE ARROSCIA
in Comune di Ortovero (SV)

PROGETTO DEFINITIVO

2rev.1 RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA

GENNAIO 2019

INDICE

1. PREMESSA 2
2. CONCESSIONI DI DERIVAZIONI D'ACQUA ESISTENTI 2
3. CARATTERISTICHE DEL BACINO IMBRIFERO DEL TORRENTE ARROSCIA 3
4. PORTATE NATURALI DISPONIBILI 5
5. CALCOLO DEL DMV 6
5.1 CALCOLO DELLA COMPONENTE IDROLOGICA DEL D.M.V. 7
5.2 CALCOLO DEI FATTORI CORRETTIVI 8
5.3 DETERMINAZIONE DEL D.M.V. 10
5.4 MODULAZIONE DEL D.M.V. 11
5.5 SUBALVEO 12
6. DETERMINAZIONE DELLE PORTATE TURBINABILI 14
7. DISPOSITIVI DI LIMITAZIONE DELLE PORTATE E DEI VOLUMI DERIVATI NEL PUNTO DI PRESA 21
8. STIMA DEL TRASPORTO SOLIDO 22
8.1 ANALISI GRANULOMETRICA 22
8.2 STIMA DELLE PORTATE CON CUI INIZIA IL TRASPORTO DEI SEDIMENTI AL FONDO 24
9. COMPATIBILITA' IDRAULICA DEI MANUFATTI IN PROGETTO 26
9.1 SEZIONI UTILIZZATE 26
9.2 PORTATE DI PIENA DI RIFERIMENTO 27
9.3 MODELLO MATEMATICO UTILIZZATO 27
9.4 COEFFICIENTI DI SCABREZZA E CONDIZIONI AL CONTORNO 28
9.5 VERIFICA IDRAULICA PER LO STATO ATTUALE 29
9.6 VERIFICA IDRAULICA PER LO STATO DI PROGETTO 38
10. INTERFERENZA DELLE OPERE A PROGETTO CON I CORSI D'ACQUA SECONDARI 49
11. QUADRO DI PERICOLOSITA' ATTUALE E RESIDUA 49
12. TABELLA RIASSUNTIVA DELLE CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO 51

1. PREMESSA

Il progetto in esame consiste nel ripristino e potenziamento ai fini idroelettrici dell'impianto esistente, denominato "***POGLI***", sul torrente Arroscia, nel Comune di Ortovero, in provincia di Savona.
Le opere attualmente presenti a monte della frazione di Pogli sono costituite da una traversa in calcestruzzo alla quota 75,30 m s.l.m., un'opera di presa laterale, un canale di derivazione a pelo libero in sponda sinistra e un fabbricato contenente una piccola turbina che alimenta l'impianto di sollevamento dell'acqua irrigua.
Proprietario delle opere è il **Consorzio Irriguo Paraone Arroscia** con sede in Pogli di Ortovero (SV) che è titolare della concessione di derivazione d'acqua per uso irriguo e forza motrice dal torrente Arroscia.
Il presente progetto prevede l'ampliamento della parte di concessione relativa alla forza motrice e il subentro da parte della **SEAM s.r.l.** che diventerà titolare della concessione idroelettrica, mentre la concessione per uso irriguo resterà al Consorzio Irriguo.
Nel novembre 2008 la SEAM s.r.l. ha stipulato una convenzione con il Consorzio Irriguo relativa all'ampliamento della concessione e al ripristino dell'impianto esistente.
In seguito all'ampliamento della concessione di derivazione d'acqua dal torrente Arroscia si prevede di modificare parzialmente l'opera di presa, di sostituire il canale di derivazione e di realizzare un nuovo edificio di centrale, destinato ad ospitare l'impianto elettromeccanico, poco più a monte rispetto al fabbricato esistente.
Sarà cura di SEAM l'installazione dell'impianto di pompaggio dell'acqua irrigua, che, dopo la messa in funzione, diventerà di proprietà esclusiva del Consorzio.
La restituzione delle acque turbinate avverrà nel torrente Arroscia.

La presente RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA illustra i seguenti aspetti idrologici ed idraulici del progetto:

- la valutazione delle portate naturali disponibili all'opera di presa;
- il calcolo del Deflusso Minimo Vitale;
- la determinazione delle portate turbinabili e rilasciate;
- l'analisi della compatibilità idraulica dei manufatti in progetto.

2. CONCESSIONI DI DERIVAZIONI D'ACQUA ESISTENTI

Attualmente il **Consorzio Irriguo Paraone Arroscia** con sede in Ortovero (SV) è titolare della concessione di derivazione d'acqua dal torrente Arroscia, nel Comune di Ortovero, per:

- **USO FORZA MOTRICE**: mod 1,50 (l/s 150) con completa restituzione al torrente;
- **USO IRRIGUO**: mod 0,0646 (l/s 6,46).

Come specificato in premessa, la SEAM – Società Energetica Alpi del Mare S.r.l. e il Consorzio Irriguo Paraone Arroscia hanno stipulato una convenzione in base alla quale la SEAM intende subentrare ed ampliare l'attuale parte di concessione relativa alla forza motrice, lasciando la concessione per la parte irrigua al Consorzio.
Come riportato di seguito, nel Decreto di VIA n° 3911 del 4/12/2014, sul torrente Arroscia risultano numerosi impianti in fase di autorizzazione o in fase di esecuzione.

Si riporta di seguito l'elenco degli impianti mini-idroelettrici realizzati e/o in fase di autorizzazione sul torrente Arroscia e affluenti desunti dalla documentazione agli atti da parte dell'ufficio VIA (**):

Progetti di impianti idroelettrici attualmente soggetti a screening/VIA:
- *impianto mini-idroelettrico a salto concentrato sul T. Arroscia in loc. cimitero, Comune di Pieve di Teco (IM), (Q_{max}=3 mc/s);*
- *impianto mini-idroelettrico a salto concentrato sul T. Arroscia in loc. S. Pantaleo, Comune di Ranzo (IM);*

Progetti di impianti idroelettrici positivamente valutati in screening/esclusi da procedura e in corso di autorizzazione:
- *impianto a salto concentrato sul T. Arroscia in loc. Piani di S. Pietro, Comune di Pieve di Teco (IM), (Q_{max}=2,5 mc/s);*
- *impianto ad asta sottesa sul T. Arroscia in loc. Perinetti, Comune di Pieve di Teco (IM) (Q_{max}=4 mc/s, L=0,57 km, restituzione in loc. Muzio, Comune di Vessalico);*
- *impianto a salto concentrato sul T. Arroscia in loc. S. Mauro di Vessalico, Comune di Vessalico (IM) (Q_{max}=6 mc/s);*
- *impianto a salto concentrato sul T. Arroscia in loc. S. Cosimo, Comune di Borghetto di Arroscia (IM) (Q=6 mc/s);*
- *impianto mini-idroelettrico a salto concentrato sul T. Arroscia in loc. Canata, Comune di Ranzo (IM) (Q_{max}=5 mc/s);*
- *impianto mini-idroelettrico a salto concentrato sul T. Arroscia in loc. Borgo di Ranzo, Comune di Ranzo (IM) (Q_{max}=5,27 mc/s);*
- *impianto mini-idroelettrico a salto concentrato sul T. Arroscia in loc. Borgata Calabria, Comune di Ranzo (IM) (Q_{max}=6 mc/s);*
- *impianto mini-idroelettrico a salto concentrato sul T. Arroscia in loc. Pogli di Ortovero, Comune di Ortovero (SV) (Q_{max}=6 mc/s. Si evidenzia che quest'ultimo intervento è localizzato circa 200 m a monte dell'impianto in oggetto);*
- *impianto mini-idroelettrico ad asta sottesa sul rio Pennavaire alla confluenza con il rio Antie in Comune di Nasino (SV) (Q_{max}=1 mc/s, L=0,5 km con restituzione in loc. S. Mauro);*

Impianti autorizzati in fase di realizzazione:
- *impianto mini-idroelettrico a salto concentrato sul T. Arroscia in prossimità del ponte della SP Valle Arroscia, loc. Stra, Comune di Ortovero (SV).*

(**) L'elenco comprende solo gli impianti di taglia superiore ai 200 l/s di portata massima e 100 kW di potenza installata, ai sensi della L.r. 38/98 e ss. mm.

Come si evince dal precedente elenco, sono in esercizio/corso di autorizzazione diverse derivazioni a scopo idroelettrico sul torrente Arroscia ed affluenti. Tra l'altro, in prossimità dell'impianto in oggetto, è stato autorizzato un impianto 4 km a valle (loc. Stra) ed è in fase di AU un impianto 200 m appena a monte.
Il quadro del T. Arroscia è quello di un bacino particolarmente sfruttato ai fini idroelettrici.

La maggior parte degli impianti in fase autorizzativa o in fase di realizzazione sono impianti a salto concentrato o con una lunghezza dell'asta sottesa molto corta.

Questo significa che l'acqua, se non per brevissimi tratti, non viene tolta dall'alveo, per cui gli impianti non hanno ripercussioni sull'ecosistema.

Dove si ha un breve tratto sotteso viene rilasciato il minimo deflusso vitale, normalmente maggiorato rispetto a quello di calcolo, incrementato di una quantità di portata modulata durante l'anno in base alle portate naturali presenti in alveo ed inoltre incrementato delle portate rilasciate superiori alla massima di progetto (quindi non turbinabili per dimensionamento dell'impianto).

Infine, i tratti sottesi dei progetti elencati sopra più il tratto sotteso dal nostro progetto, riguardano una lunghezza di meno di un 1,5 km, distanza insignificante (solo 10%) rispetto alla lunghezza totale del torrente Arroscia (circa 15 km).

3. CARATTERISTICHE DEL BACINO IMBRIFERO DEL TORRENTE ARROSCIA

Il Torrente Arroscia nasce dal M.te Frontè e scorre in direzione Est-Ovest per circa 42 km prima di confluire nel fiume Centa, il quale sfocia in mare in corrispondenza dell'abitato di Albenga.

L'affluente principale di questo corso d'acqua è il Torrente Lerrone; quest'ultimo drena i versanti ubicati sulla sponda orografica destra del Torrente Arroscia, nasce dal M.te Mucchio di Pietre ed è caratterizzato da uno sviluppo complessivo pari a circa 15 km.

Le stazioni pluviometriche storiche presenti sul bacino del Torrente Arroscia e nelle vicinanze sono: Pogli di Ortovero (90 m s.,m.), Pieve di Teco (263 m s.m.) Colle di Nava (930 m s.m.), Alto (630 m.sm.) (nella vallata

del Pennavaire), Castelvecchio (250 m.s.m.) (nella vallata del Pennavaire) e Triora (780 m s.m.) (nell'alta valle Argentina) . Le stazioni recentemente installate dall'ARPAL, invece, risultano: Pornassio (500 m), Ranzo (310 m), Testico (435 m) (vallata Merula), Poggio Fearza (1845 m) e Conna (360 m) (nella vallata del Merula). Pieve di Teco e Pogli di Ortovero hanno garantito la maggiore continuità di registrazioni di misura e risultano i pluviometri più attendibili per la parte alta del bacino e per la parte vicino in corrispondenza della sezione idrometrica .Il valore medio annuo di precipitazione (1951-1975) a Pogli è di 1142 mm .La stazione pluviometrica storica di Pogli è stata dismessa a inizio Marzo 2010 e al suo posto ne è stata collocata una in località Onzo (in frazione di Ranzo-IM) a circa due km a monte dell'idrometro di Pogli.
Il valore medio annuo di precipitazione a Pogli si può considerare di circa 1.100 mm.

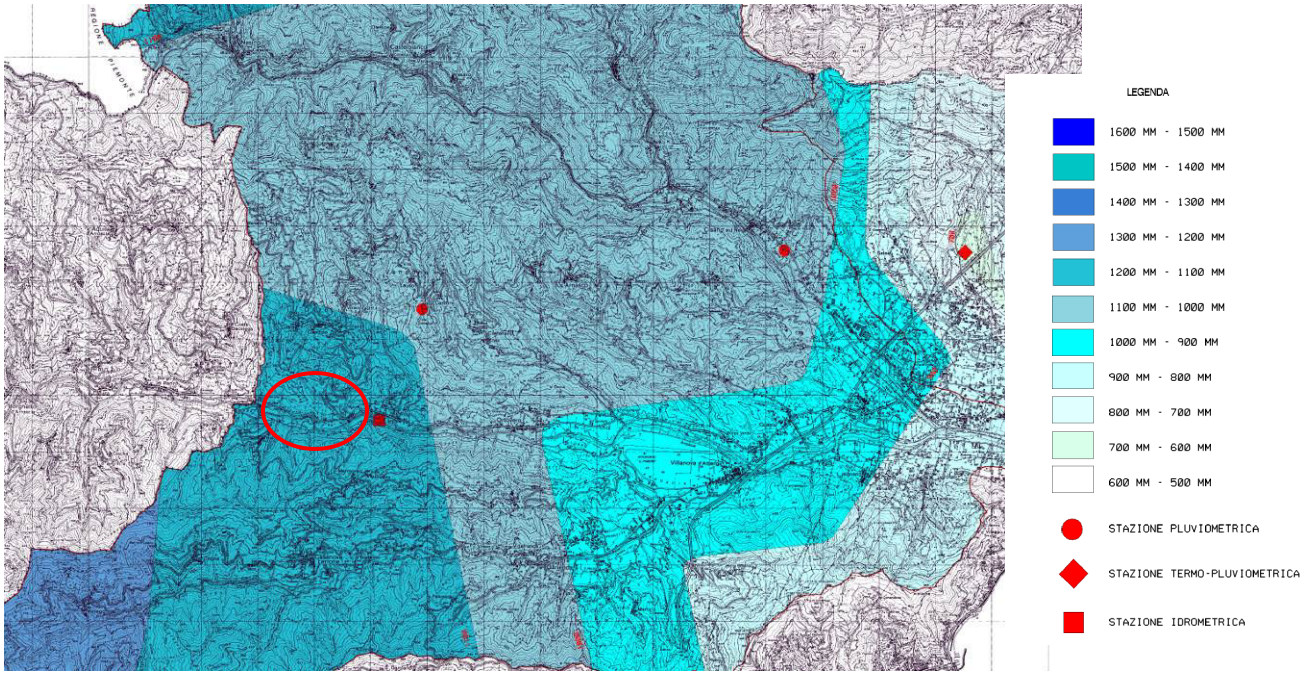


***Figura 1**: Estratto della Carta delle isoiete del Piano di Bacino del Centa.*

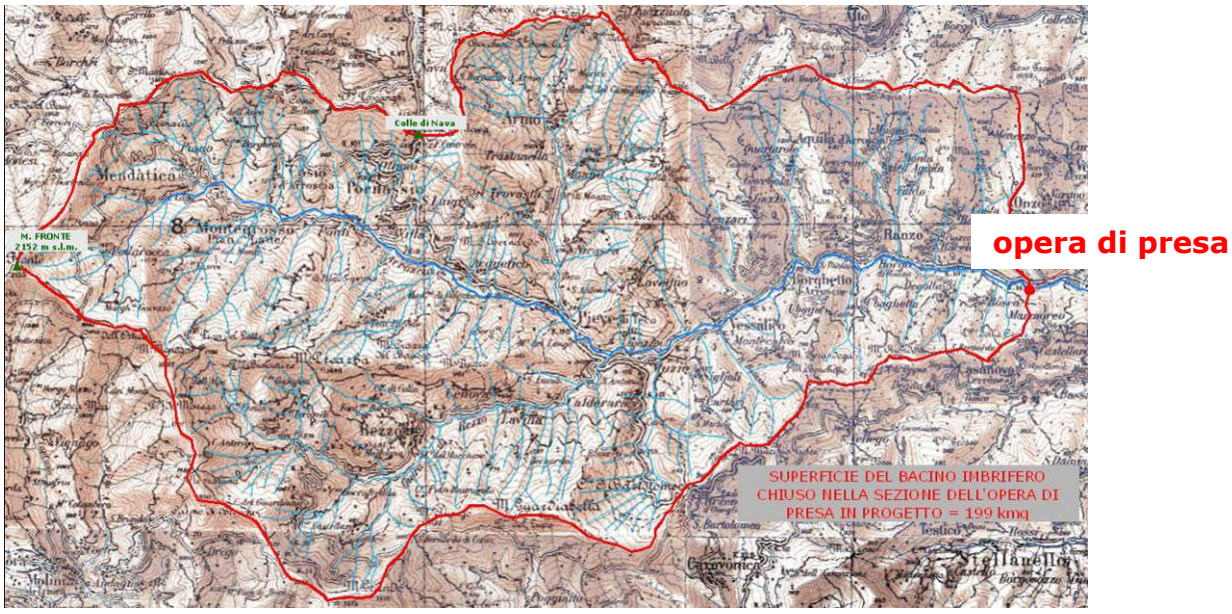


***Figura 2**: Bacino imbrifero del torrente Arroscia alla chiusura all'opera di presa.*

4. PORTATE NATURALI DISPONIBILI

La valutazione delle portate disponibili e prelevabili dal torrente Arroscia, e della compatibilità idraulica del progetto, è vincolata alla determinazione della portata naturale del torrente stesso.

Il bacino del torrente Arroscia, alla sezione di chiusura all'opera di presa, presenta le seguenti caratteristiche:

- Area bacino imbrifero: **199 Km²**
- Altitudine massima: 2.152 m s.l.m. (Monte Fronte);
- Quota all'opera di presa: **75,00 m s.l.m.**;
- Altitudine media: 1.006 m s.l.m.
- Piovosità media annua: 1.100 mm

Sul torrente Arroscia è presente una stazione storica di misura delle portate a Pogli di Ortovero, nelle immediate vicinanze dell'opera di presa in progetto.

Per la stazione storica di Pogli sono disponibili lunghe sequenze di portate medie giornaliere pubblicate dagli Annali Idrologici dell'ex Servizio Idrografico Nazionale per i periodi: 1932-1942, 1951-1969, 1971-1975 e 1993-1996. Oltre ai dati storici sono disponibili i valori di portata per il periodo 2004-2011, per un totale di 45 anni di dati analizzati.

Come riportato nell'estratto di seguito, tratto dal Decreto di VIA n° 3911 del 4/12/2014, a monte della presa in progetto esistono alcune derivazioni superficiali e da sorgente non restituite, per una somma di 332 l/s.

sono prelevate a monte della sezione di presa di interesse e incidono quindi sulla risorsa idrica locale. La somma delle derivazioni superficiali e da sorgente non restituite (quindi uso idroelettrico escluso) sopra elencate ammonta a 332 l/s circa. Alcune di tali concessioni, anche consistenti (p.e. cfr. AMAT di Sanremo), sono state rilasciate posteriormente al rilievo dei dati storici di Pogli, compreso tra il 1951 e il 1975, a meno del triennio 1990-2 e dell'anno 1996. Pertanto, la curva di durata non tiene effettivamente conto di tali prelievi.
Si segnala, a tal proposito, che la portata media annua naturale riscalata da Pogli alla sezione di presa dai progettisti ammonta a 3,62 mc/s; tuttavia, il vigente PdB stralcio del T. Arroscia definisce, in base agli utilizzi a monte, una portata disponibile al confine del territorio provinciale di 3.512 mc/s (al 2006) che, riscalati alla sezione di presa, danno luogo a una portata disponibile alla presa in progetto Q=3,32 mc/s<3,62 mc/s. Presumibilmente alla differenza contribuiscono le portate emunte dal bacino e non restituite e concesse posteriormente alla dismissione dell'idrometro di Pogli (la differenza di circa 300 l/s corrisponde tra l'altro alla somma delle portate utilizzate nel bacino); peraltro non si tratta di una differenza insignificante ma dell'ordine del 10%.

La portata di 332 l/s è stata sottratta alle portate naturali per ottenere le portate che realmente arrivano alla presa in progetto.

Di seguito si riporta la **curva di durata** delle portate naturali così ottenuta.

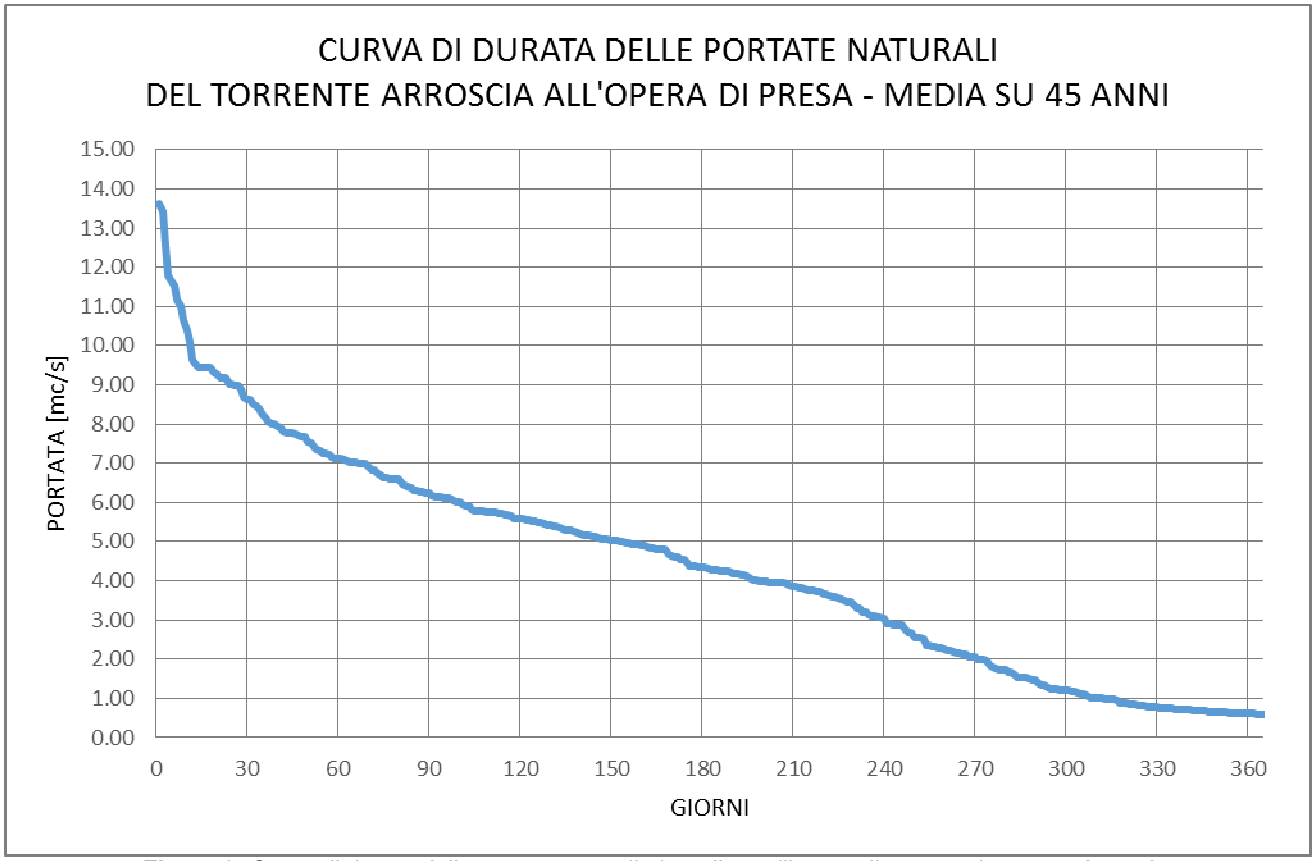


Figura 3: *Curva di durata delle portate naturali giornaliere all'opera di presa sul torrente Arroscia.*

5. CALCOLO DEL DMV

Il Deflusso Minimo Vitale è definito come il deflusso che in un corso d'acqua deve essere presente a valle delle captazioni idriche, al fine di mantenere vitali le condizioni di funzionalità e di qualità degli ecosistemi.

Per la determinazione del D.M.V. si è utilizzata la formula riportata nel **Piano di Tutela delle Acque della Regione Liguria**, stabilita dalle delibere del 7/2002 e 7/2004 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino del fiume Po: **DMV = k q_{meda} S M Z A T** (in l/s)

dove:

k = parametro sperimentale determinato per singole aree idrografiche

q_{meda} = portata specifica media annua per unità di superficie del bacino ((Q_{MEDIA}/S) in l/s km^2)

S = superficie del bacino sottesa dalla sezione del corso d'acqua (in km^2)

M = parametro morfologico

Z = il massimo dei valori dei tre parametri N, F, Q, calcolati distintamente, dove:

N = parametro naturalistico

F = parametro di fruizione

Q = parametro relativo alla qualità delle acque fluviali.

A = parametro relativo all'interazione tra le acque superficiali e le acque sotterranee.

T = parametro relativo alla modulazione nel tempo del DMV.

Il termine **k * q_{meda} * S** rappresenta la **componente idrologica del DMV**, da definire a valle di ogni derivazione che insiste sul reticolo idrografico naturale.

Gli **altri parametri (M Z A T)** vengono indicati negli atti dell'Autorità di Bacino del Po come fattori di correzione che tengono conto, ove necessario, delle particolari condizioni locali, ed in particolare:

- ✓ i parametri M ed A esprimono la necessità di adeguamento della componente idrologica del DMV alle particolari caratteristiche morfologiche dell'alveo, e delle modalità di scorrimento della corrente, nonché degli scambi idrici tra le acque superficiali e sotterranee.
- ✓ I parametri N, F, Q esprimono la maggiorazione della componente idrologica del DMV necessaria in relazione alle condizioni di pregio naturalistico, alla specifica destinazione d'uso della risorsa idrica e al raggiungimento degli obiettivi di qualità previsti dal Piano di Tutela delle Acque o in altri piani settoriali. Nel caso in cui ricorrano le condizioni per l'applicazione di almeno due dei suddetti parametri, si dovrà considerare il valore numericamente più elevato, idoneo a garantire una adeguata tutela anche per le altre componenti.

Ai sensi dell'art. 26 delle Norme di attuazione del Piano di Tutela delle Acque, la Giunta Regionale è competente a definire i metodi per la determinazione e l'applicazione dei fattori correttivi del Deflusso Minimo Vitale (DMV) sulla base dei criteri individuati dalle Autorità di Bacino.

L'Allegato 1 alla Deliberazione n°1775 del 25.09.2013 della Giunta Regionale contiene una prima individuazione dei fattori correttivi relativi alla morfologia del territorio (M), agli aspetti naturalistici (N) e alla qualità delle acque fluviali (Q).

5.1 CALCOLO DELLA COMPONENTE IDROLOGICA DEL D.M.V.

La componente idrologica del Deflusso Minimo Vitale è definita come:

$$D.M.V._{IDRO} = k * q_{MEDA} * S$$

Determinazione del parametro S

Il parametro S rappresenta la superficie del bacino idrografico sotteso dalla sezione del corso d'acqua nella quale è calcolato il deflusso minimo vitale.

Nel caso in esame la superficie del bacino risulta pari a 199 km^2:

$$S = 199 \text{ km}^2$$

Determinazione del parametro k

Il parametro k esprime la percentuale della portata media che deve essere considerata nel calcolo del deflusso minimo vitale.

Il valore del parametro k è compreso tra 0 e 1, estremi esclusi, ed è diversificato per aree omogenee nei regimi idrologici di magra.

Per il bacino in esame, verrà, quindi, utilizzata la seguente formula:

$$K = -2{,}39 * 10^{-5} * S + 0{,}058$$

Da cui si ottiene: $k = 0{,}0532$

Determinazione di q_{MEDA}

La metodologia per la valutazione della portata specifica media annua per unità di superficie del bacino = q_{MEDA}, deve considerare le seguenti possibilità:

- espressioni di regionalizzazione adatte alla dimensione del bacino idrografico in esame;
- trasferimento dei dati di monitoraggio delle stazioni esistenti di misura delle portate, fatti salvi gli opportuni vincoli in merito alla rappresentatività della stazione rispetto alla sezione di interesse e alla idoneità dei dati ad esprimere la situazione idrologica naturale di riferimento;
- impianto di una stazione di monitoraggio specifica e acquisizione di almeno un quinquennio di osservazioni (anche in questo caso da ricondurre alla situazione naturale di riferimento);

- analisi idrologica avanzata, con il supporto di modellistica idrologico-idraulica specifica.

Per i bacini regolati q_{MEDA} deve rappresentare, con la migliore approssimazione consentita dai dati idrometrici disponibili, il valore medio annuale delle portate specifiche naturali defluenti nella sezione del corso d'acqua, in assenza delle derivazioni idriche e degli invasi.

Per quanto concerne la sezione corrispondente all'opera di presa in progetto sul torrente Arroscia, la portata media annua per unità di superficie del bacino risulta pari a:

$$q_{meda} = 18{,}10 \text{ l/(s kmq)}$$

In base alle elaborazioni effettuate ed utilizzando la formula $\mathbf{D.M.V._{IDRO} = k * q_{MEDA} * S}$

risultano i seguenti valori della componente idrologica del Deflusso Minimo Vitale:

torrente Arroscia	k	Q_{MEDA}	S	D.M.V. idrologico
	0,0532	18,10 l/s/km^2	199 km^2	**191,62 l/s**

Dai calcoli sopra esposti risulta un Deflusso Minimo Vitale idrologico pari a: **191,62 l/s**.

5.2 CALCOLO DEI FATTORI CORRETTIVI

Il calcolo dei fattori correttivi M, N e Q è stato effettuato sulla base delle indicazioni fornite dall'allegato 1 della **Deliberazione n°1175 del 25.09.2013 della Giunta Regionale**.

Gli altri fattori correttivi sono stati considerati pari a uno.

Determinazione del fattore M

Il parametro morfologico M esprime l'attitudine dell'alveo a mantenere le portate di deflusso minimo in condizioni compatibili, dal punto di vista della distribuzione del flusso, con gli obiettivi di habitat e di fruizione.

Tabella 1 - Classi morfologiche

CLASSE MORFOLOGICA (CM)		VALORE M
CM1	Reticolo di versante in ambiente montano alpino	0,90
CM2	Aste di fondovalle in ambiente montano alpino con alveo-tipo tendenzialmente unicursale o pluricursale con pendenze inferiori/uguali al 10%	1,10
CM3	Reticolo di versante e di fondovalle in ambiente montano appenninico, pedemontano alpino o collinare	1,10
CM4	Reticolo idrografico naturale di pianura	1,15

L'individuazione delle diverse classi morfologiche si ottiene dalla carta allegata all'Allegato 2 alla Deliberazione n°1775 del 25.09.2013 della Giunta Regionale. Nel seguito si riporta l'estratto di tale carta dal quale si evince che per la zona di studio la classe morfologica da adottare è la CM4 a cui corrisponde un valore di **M pari a 1,15.**

M = 1,15

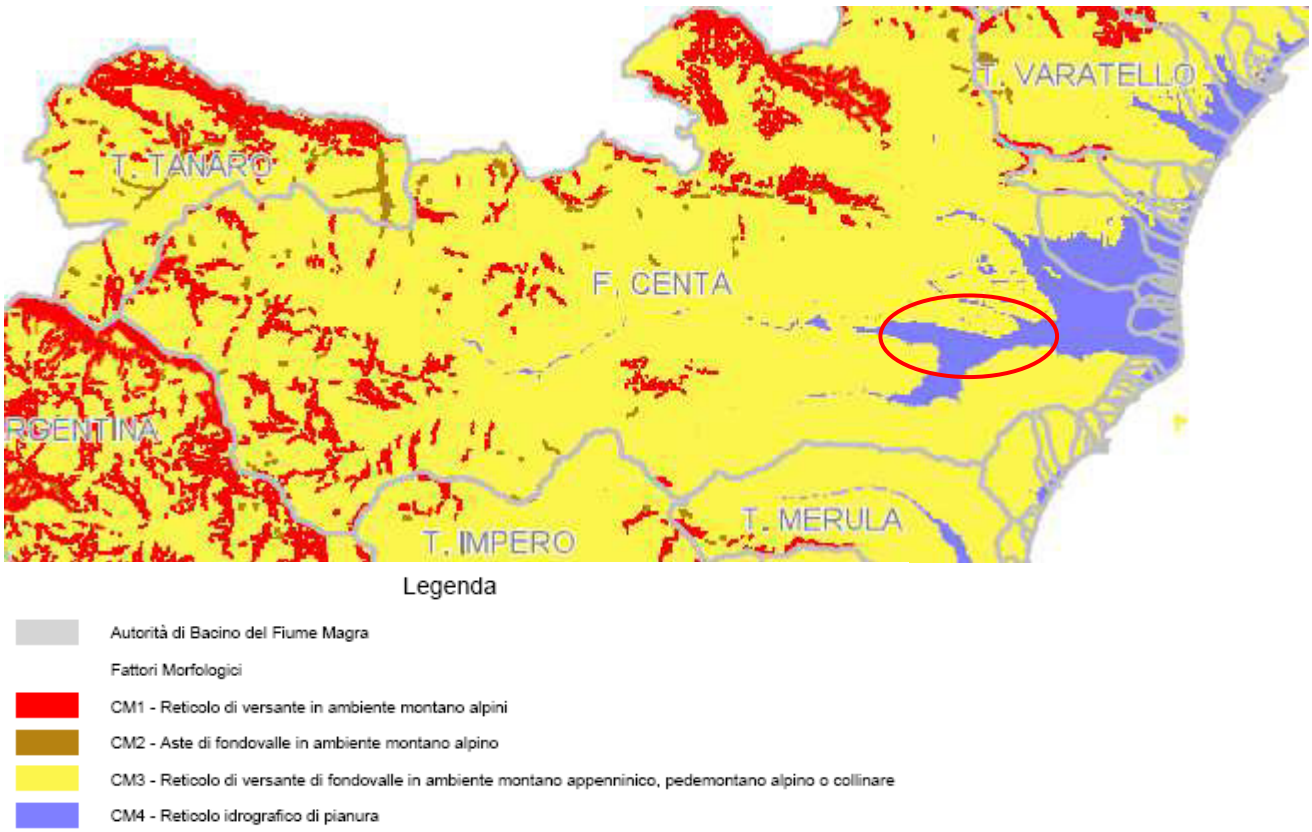


***Figura 4**: Estratto della Carta relativa all'individuazione della classe morfologica (fattore M) allegata alla DGR 1175/2013.*

Determinazione del fattore N

Il parametro N esprime le esigenze di maggiore tutela per ambienti fluviali con elevato grado di naturalità. I valori del parametro N, come indicato all'Allegato II del Piano di Tutela delle Acque, sono maggiori o uguali a 1; devono essere previsti valori di N maggiori di 1 almeno per:

- i corsi d'acqua compresi nel territorio di parchi nazionali e riserve naturali dello Stato;
- i corsi d'acqua compresi nel territorio di parchi e riserve naturali regionali;
- i corsi d'acqua compresi nel territorio delle zone umide dichiarate "di importanza internazionale" ai sensi della convenzione di Ramsar del 2 febbraio 1971, resa esecutiva con il decreto del Presidente della Repubblica del 13 marzo 1976, n. 448, sulla protezione delle zone umide;
- i corsi d'acqua compresi nel territorio dei siti di importanza comunitaria e delle zone di protezione speciali, individuate ai sensi delle direttive 92/43/CEE "Conservazione degli habitat" e 79/409/CEE, di cui al decreto ministeriale 3 aprile 2000 del Ministro dell'Ambiente, pubblicato sulla G.U. 22 aprile 2000, n. 95, supplemento ordinario n. 65;
- i corsi d'acqua che, ancorché non compresi nelle precedenti categorie, presentino un rilevante interesse scientifico, naturalistico, ambientale e produttivo in quanto costituenti habitat di specie animali o vegetali rare o in via di estinzione, ovvero in quanto sede di complessi ecosistemi acquatici meritevoli di conservazione o, altresì, sede di antiche e tradizionali forme di produzione ittica, che presentano un elevato grado di sostenibilità ecologica ed economica;

L'area interessata dalle opere in progetto non ricade in un'area protetta, pertanto il fattore N è considerato pari a 1.

N = 1

Determinazione del fattore Q

Il parametro Q esprime le esigenze di diluizione degli inquinanti veicolati nei corsi d'acqua in funzione delle attività antropiche esistenti.

I valori del parametro Q sono maggiori o uguali a 1. Valori maggiori di 1 devono essere previsti laddove la riduzione dei carichi inquinanti provenienti da sorgenti puntiformi, ottenuta applicando le più efficaci tecniche di depurazione, e da sorgenti diffuse non sia sufficiente a conseguire gli obiettivi di qualità.

La carta riportata nell'Allegato 2 alla Deliberazione m°1175 del 25.09.2013 della Giunta Regionale riporta i valori del fattore Q nei diversi bacini liguri.

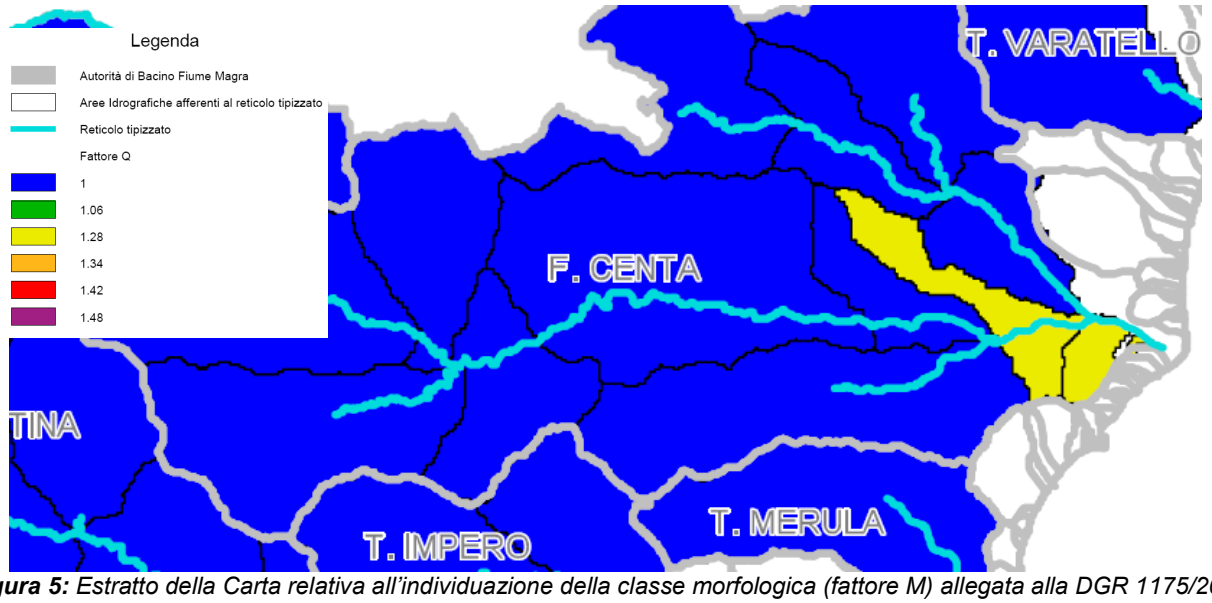


Figura 5: *Estratto della Carta relativa all'individuazione della classe morfologica (fattore M) allegata alla DGR 1175/2013.*

Dall'analisi della carta menzionata si evince che l'intero bacino del torrente Arroscia è caratterizzato da un valore unitario del fattore Q. pertanto, nella valutazione del DMV si assume:

Q = 1

5.3 DETERMINAZIONE DEL D.M.V.

Il **D.M.V.** da rilasciare a valle della derivazione in progetto sul torrente Arroscia calcolato con la seguente formula:

$$\mathbf{DMV = k\ q_{meda}\ S\ M\ Z\ A\ T}\ \text{(in l/s)} = \mathbf{D.M.V._{IDRO}\ M\ Z\ A\ T}\ \text{(in l/s)}$$

dove i diversi fattori sono stati valutati nei paragrafi precedenti.

Per cui:

DMV = 191,62*1,15*1*1*1 = 220,50 l/s

Il **Piano di Bacino del torrente Centa** indica per il torrente Arroscia al misuratore di Pogli (sezione ubicata poco più a valle rispetto a quella di progetto) un valore del DMV pari a 234 l/s, quindi comparabile con quello di calcolo.

Al fine di garantire una portata maggiore in alveo, **per il presente progetto si prevede di rilasciare a valle dell'opera di presa una portata di**

DMV = 270 l/s,

superiore quindi a quella di calcolo.

Si precisa che il rio delle Rive, affluente di sinistra dell'Arroscia, garantisce un ulteriore apporto idrico nel tratto sotteso dalle opere in progetto. L'area del bacino di questo rio è grande circa 1,14 km^2.

Se si fa una stima della portata media attraverso una similitudine dei bacini si ottiene una portata media immessa nel torrente Arroscia, nel tratto sotteso dal progetto, di circa 11 l/s, in più rispetto al DMV e alle portate rilasciate per la modulazione o per dimensionamento (quando le portate naturali sono superiori alla massima di progetto).

5.4 MODULAZIONE DEL D.M.V.

Al fine di meglio seguire la variazione delle portate del corso d'acqua nell'anno, si prevede di effettuare la modulazione temporale del deflusso minimo vitale mediante l'adattamento della portata istantanea rilasciata in alveo in base alle variazioni di portata.

Nell'ambito del presente progetto, al fine di rendere la derivazione compatibile è stato applicato il metodo ERA (Esclusione, Repulsione, Attrazione) sulla base dell'Elaborato *"Misure Individuali" del Piano di Tutela delle Acque 2016-2021* della Regione Liguria.

Dall'analisi condotta e riportata nell'Elaborato ***n°14 "Studio di Impatto Ambientale"*** allegato è emersa la necessità di modulare stagionalmente il Deflusso Minimo Vitale in modo da mantenere l'Indice di sfruttamento della risorsa idrica WEI ("Water Exploitation Index") al di sotto dei valori di soglia di limite per impatto rilevante.

L'analisi è stata condotta sulla base dei dati di portata giornalieri ricavati dagli Annali Idrologici per tutti i 45 anni disponibili.

Inoltre, in ottemperanza al parere della Regione Liguria Prot.n. PG/2017/301604 del 18.09.2017, sono stati corretti gli indici di modulazione come prescritti, ed in particolare:

MESE	*PORTATA NATURALE [mc/s]*	*MODULAZIONE*	*PORTATA MEDIA DERIVATA[mc/s]*	*PORTATA MEDIA RILASCIATA[mc/s]*
gennaio	5.06	36%	2.10	2.99
febbraio	5.85	36%	2.04	3.67
marzo	6.79	36%	2.65	4.14
aprile	6.62	54%	2.22	4.40
maggio	5.19	54%	1.94	3.25
giugno	2.88	54%	0.89	1.99
luglio	1.10	100%	0.00	1.10
agosto	0.69	100%	0.00	0.69
settembre	1.60	100%	0.00	1.60
ottobre	2.95	23%	1.13	1.82
novembre	7.54	23%	2.45	5.09
dicembre	6.73	36%	2.20	4.52

Il DMV da rilasciare risulta pertanto pari al DMV sopra esposto (270 l/s) incrementato, sulla base delle percentuali riportate nella tabella precedente, della differenza tra portata naturale istantanea presente in alveo e DMV di base:

$$\textbf{DMV rilasciato} = DMV_{base} + \text{modulazione \%} \; (Q_{ist} - DMV_{base})$$

Come si può vedere dalla tabella precedente si è stata valutata una modulazione massima per il periodo primaverile in modo da non interferire con il periodo riproduttivo dell'ittiofauna.

Per effettuare la modulazione è indispensabile installare un misuratore delle portate naturali e uno delle portate derivate e collegarli alla centrale. Dai dati in input delle portate sarà quindi possibile calcolare la modulazione e gestire un programma che in automatico aprirà e chiuderà le pale della turbina in modo da derivare la portata corretta, rilasciando in alveo DMV e modulazione.

Il livello verrà mantenuto costante alla presa, per cui al variare delle portate varierà la velocità dell'acqua e quindi l'apertura delle pale della turbina.

5.5 SUBALVEO

Come meglio approfondito nella Relazione Geologica di Progetto Definitivo, in merito alla potenziale capacità di infiltrazione del DMV nel tratto sotteso dal canale di derivazione in progetto, si evidenzia che i sopralluoghi hanno consentito di rilevare che non è presente un vero e proprio materasso alluvionale profondo e continuo, tale da costituire un subalveo, con una sostanziale capacità di infiltrazione ed immagazzinamento con deflusso in falda e/o dispersione laterale.

Il substrato roccioso è costituito, lungo tutto il tratto sotteso, dalle Quarziti di Monte Bignone (qzQMB), formazione argillitica sostanzialmente impermeabile, che nei livelli più lapidei e stratificati (Quaziti inferiori) può risultare semipermeabile per fratturazione, ma si ritiene che mantenga sempre valori estremamente bassi di permeabilità con K<10-4 cm/sec.

Il substrato affiora pressoché con continuità sia in sponda destra che in sponda sinistra, sia dove è presente la traversa per l'opera di presa, che lungo il tratto sotteso dall'impianto, fin oltre la zona di rilascio, come è dettagliato nella relazione geologica allegata al progetto.

Il Torrente Arroscia, nel tratto sotteso dal canale di derivazione, scorre in un alveo pressoché rettilineo, con sponde incise nel substrato roccioso. Si configura quindi come un canale d'erosione con sponde verticalizzate, il cui alveo è coperto a tratti da uno strato di sedimenti alluvionali mobili, particolarmente evidenti nelle zone di calma o di ritenuta, come presso le barre laterali o a monte delle briglie/traverse, ove presentano spessori consistenti ed una certa stabilità.

Si può quindi affermare con sicurezza che non vi sono perdite di deflusso sotterraneo apprezzabili nel tratto sotteso dal canale di derivazione, o comunque significative ai fini del calcolo del DMV.

Si ritiene perciò che svolgere "verifiche di campo e/o calcoli" sia inutile essendo il tratto del corso d'acqua sotteso dalla condotta monocursale ed interamente in erosione nel substrato roccioso con sottili accumuli alluvionali mobili che solo alla base della traversa di presa, peraltro già esistente, possono raggiungere spessori più consistenti (massimo 3,5 m).

Nonostante ciò, a supporto di quanto sopra scritto, il 4 dicembre 2015 sono state effettuate delle misure di portata nel tratto interessato dal progetto, in particolare subito a valle della traversa, 100 metri a valle della traversa ed in prossimità dello scarico della centrale.

Queste sono state effettuate per mezzo di un mulinello idrometrico Corr-Tek, modello OTT C31.

Tale strumento è adatto per misurare la velocità del flusso d'acqua in canali artificiali, condotte, corsi d'acqua naturali e mare, misurando velocità nell'intervallo tra 0,025 m/s e 10 m/s.

Si compone di un'elica collegata ad un misuratore di giri e tempo. Tale elica si fissa ad un'asta graduata in acciaio, la quale serve sia come sostegno dello strumento sia come misuratore di altezza, in modo da poter mettere il mulinello ad altezze precise.



Figura 6: *Mulinello idrometrico OTT C31, con tutte le sue componenti, utilizzato per le misure di portata sul torrente Arroscia.*

Per effettuare i campionamenti si è proceduto nel seguente modo:

- si è individuata una sezione nel torrente con acqua scorrente (non stagnante), e dove non erano presenti perturbazioni o ostacoli, come rocce molto grandi, in grado di influenzare il flusso;
- si è divisa la larghezza della sezione in parti uguali, in modo da effettuare più misure di velocità in punti diversi;
- si è rilevato, per mezzo di un metro, la larghezza della sezione e le altezze d'acqua nei vari punti individuati, per ottenere il disegno preciso, e quindi l'area, della sezione d'interesse;
- si è valutato se effettuare una o più misure delle velocità in più punti su ogni verticale, cioè per esempio a pelo libero, sul fondo e a metà;
- sono state effettuate le misure con il mulinello fissando un tempo, come 60 secondi, durante il quale lo strumento conteggiava i giri dell'elica (in caso di poca acqua occorre impostare un tempo molto alto, in modo da avere una misura più precisa);
- ad ogni misurazione si è annotato il numero di giri dell'elica, che, in una fase successiva, attraverso la formula di taratura dello strumento è stato trasformato in velocità dell'acqua;
- infine, tramite velocità dell'elica e aree delle sezioni, con un procedimento ragionevole di medie, sia sulle verticali che sulle orizzontali, si è ottenuta la portata idrica (PORTATA = SEZIONE*VELOCITA') presente in tale area della sezione di misura.
- Si è proceduto quindi in modo uguale sull'altra sezione del torrente.

Equations:

$$n \leq 1.43 \quad v = 0.1354 \cdot n + 0.016$$
$$1.43 \leq n \leq 29.27 \quad v = 0.1347 \cdot n + 0.017$$
$$29.27 \leq n \leq 36.82 \quad v = 0.1388 \cdot n - 0.103$$

Figura 7: *Formula di taratura del mulinello idrometrico. n = numero di giri diviso per il tempo.*

I risultati ottenuti sono illustrati di seguito.

Tabella 1: portate, in l/s, misurate il 4 dicembre 2015.

N° SEZ.	LUOGO	PORTATA MISURATA [l/s]
1	Subito a valle traversa	863
2	100 m a valle traversa	871
3	dallo scarico della centrale	907

Per controllare la correttezza dei valori da noi misurati, questi sono stati confrontati con i valori misurati dall'ARPA LIGURIA, riportati negli annali idrologici, nella stazione di Pogli di Ortovero nello stesso giorno negli

anni precedenti. In particolare l'anno 2007 può essere preso come riferimento, in quanto i mesi di novembre e dicembre sono stati caratterizzati da un periodo di siccità come si è verificato nel 2015.
Il 4 dicembre 2007 la portata misurata a Pogli di Ortovero era pari a 870 l/s, molto simile a quanto da noi misurato.
Quindi oltre ad avere ottenuto dati realistici possiamo osservare come la portata aumenti procedendo da monte verso valle. Il rio delle Rive, nella giornata delle misure, era secco, ma comunque la portata del torrente Arroscia aumenta verso valle per la presenza di afflussi nel terreno circostante. Questo significa che non esiste una perdita di portata in subalveo e quindi non è presente un materasso alluvionale.

6. DETERMINAZIONE DELLE PORTATE TURBINABILI

Le portate turbinabili al fabbricato di centrale sono quelle derivate all'opera di presa, nel rispetto del D.M.V. più modulazione imposti e della portata massima utilizzabile dall'impianto.
Il D.M.V. è stato calcolato nel capitolo n° 5 con il metodo indicato dalla normativa. **La portata di DMV di calcolo è pari a 220,50 l/s. La portata di DMV ritenuta per il presente progetto è stata maggiorata del 15% circa, ed è stata posta pari a 270 l/s più % modulazione stagionale** come riportato nel paragrafo precedente.
Detraendo dalle portate naturali del torrente Arroscia all'opera di presa, stimate nei capitoli precedenti, il D.M.V. più modulazione e le concessioni esistenti, si ottengono le portate derivabili all'opera di presa, e pertanto turbinabili al fabbricato di centrale.
Nella tabella e nei grafici seguenti si riportano: le portate naturali del torrente Arroscia all'opera di presa, le portate derivabili e quelle complessivamente turbinate.

Da queste si deduce come la **portata media turbinata** risulta pari a **2,34 mc/s**, avendo fissato la **portata massima turbinabile** a **6,00 mc/s** la **portata minima turbinabile** a **600 l/s**.

L'impianto rimane fermo per i 3 mesi estivi da luglio a settembre.
Sul valore della portata massima disponibile di 6,00 mc/s è stato dimensionato l'impianto idroelettrico.
Il volume d'acqua medio annuo turbinabile risulta pari a circa 73.600.000 metri cubi.
Detraendo, dalle portate naturali (già decurtate delle derivazioni irrigue, le portate effettivamente turbinate dall'impianto in progetto, si ottengono le portate rilasciate all'opera di presa, come riportato nella tabella seguente:

portata media annua naturale	**4,41 mc/s**	
portata media annua turbinata	**2,34 mc/s**	**53,0%**
portata media annua rilasciata	**2,07 mc/s**	**47,0%**

Da quanto sopra si deduce come **la portata media annua rilasciata (2,07 mc/s) sia circa 7 volte maggiore del Deflusso Minimo Vitale di calcolo pari a 0,27 mc/s.**

Di seguito si riporta il grafico riguardante la curva delle portate naturali all'opera di presa, la curva delle portate derivate e la curva delle portate rilasciate alla presa.
Viene considerato il caso di rilascio del valore di DMV pari a 270 l/s più modulazione, come spiegato nel capitolo n° 5 che precede, considerando la media sui 45 anni disponibili.

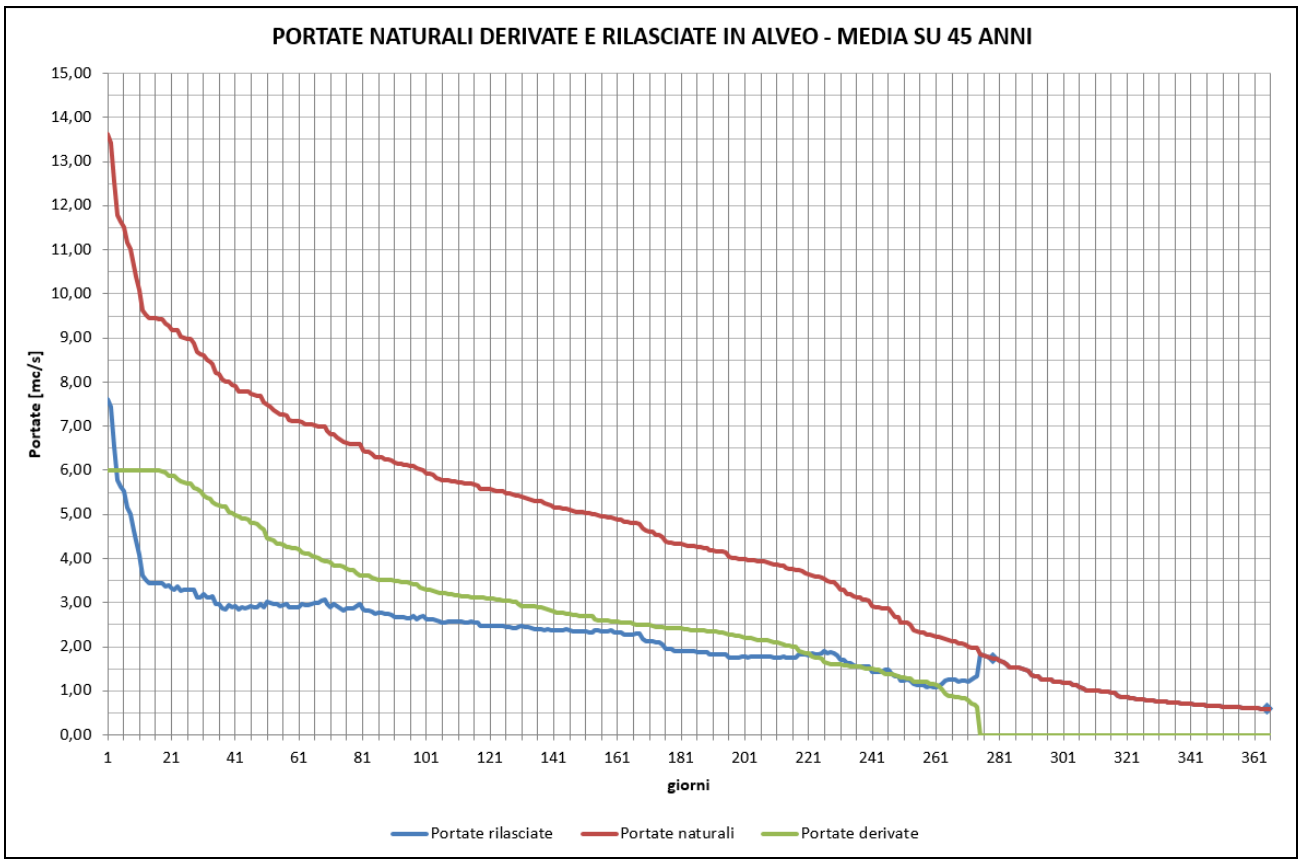


Figura 8: *Curva di durata delle portate naturali del torrente Arroscia all'opera di presa, curva di durata delle portate derivabili nel caso di rilascio del DMV pari a 270 l/s più modulazione e curva di rilascio.*

Si riportano, nella tabella di seguito, i valori giornalieri medi, in ordine decrescente sui 365 giorni dell'anno, della portata naturale, della portata di Deflusso Minimo Vitale, di quella prelevabile al netto del DMV, della portata prelevata e di quella non prelevata (cioè rilasciata in alveo all'opera di presa).

GIORNI	PORTATA NATURALE ALLA PRESA [mc/s]	PORTATA DISPONIBILE [mc/s]	PORTATA PRELEVATA [mc/s]	PORTATA NON PRELEVATA [mc/s]
1	13,61	10,28	6,00	7,61
2	13,43	10,14	6,00	7,43
3	12,56	9,46	6,00	6,56
4	11,78	7,57	6,00	5,78
5	11,64	7,37	6,00	5,64
6	11,52	7,28	6,00	5,52
7	11,16	7,20	6,00	5,16
8	11,02	7,05	6,00	5,02
9	10,64	6,97	6,00	4,64
10	10,40	6,88	6,00	4,40
11	10,09	6,87	6,00	4,09
12	9,62	6,71	6,00	3,62
13	9,52	6,63	6,00	3,52
14	9,45	6,63	6,00	3,45
15	9,45	6,48	6,00	3,45
16	9,44	6,44	6,00	3,44
17	9,44	6,12	6,00	3,44
18	9,43	5,99	5,99	3,44
19	9,32	5,96	5,96	3,36
20	9,27	5,88	5,88	3,40
21	9,19	5,87	5,87	3,32
22	9,17	5,87	5,87	3,30

23	9,17	5,79	5,79	3,38
24	9,02	5,76	5,76	3,26
25	9,01	5,72	5,72	3,29
26	8,98	5,70	5,70	3,29
27	8,98	5,69	5,69	3,29
28	8,88	5,59	5,59	3,28
29	8,68	5,57	5,57	3,12
30	8,64	5,53	5,53	3,11
31	8,62	5,42	5,42	3,20
32	8,51	5,39	5,39	3,12
33	8,46	5,34	5,34	3,12
34	8,41	5,27	5,27	3,14
35	8,22	5,24	5,24	2,98
36	8,18	5,21	5,21	2,97
37	8,07	5,19	5,19	2,88
38	8,02	5,18	5,18	2,84
39	8,01	5,06	5,06	2,95
40	7,94	5,04	5,04	2,90
41	7,91	4,99	4,99	2,92
42	7,80	4,96	4,96	2,84
43	7,79	4,90	4,90	2,88
44	7,78	4,90	4,90	2,88
45	7,78	4,89	4,89	2,89
46	7,74	4,82	4,82	2,92
47	7,70	4,81	4,81	2,90
48	7,69	4,78	4,78	2,91
49	7,69	4,71	4,71	2,98
50	7,54	4,65	4,65	2,89
51	7,50	4,47	4,47	3,03
52	7,43	4,44	4,44	2,99
53	7,37	4,41	4,41	2,96
54	7,31	4,34	4,34	2,97
55	7,26	4,33	4,33	2,93
56	7,26	4,30	4,30	2,95
57	7,23	4,27	4,27	2,97
58	7,15	4,25	4,25	2,90
59	7,13	4,24	4,24	2,89
60	7,12	4,23	4,23	2,89
61	7,11	4,21	4,21	2,91
62	7,10	4,14	4,14	2,96
63	7,04	4,11	4,11	2,94
64	7,04	4,11	4,11	2,93
65	7,04	4,06	4,06	2,98
66	7,01	4,03	4,03	2,98
67	7,00	4,01	4,01	2,99
68	7,00	3,96	3,96	3,04
69	6,99	3,93	3,93	3,06
70	6,90	3,93	3,93	2,96
71	6,82	3,92	3,92	2,89
72	6,81	3,85	3,85	2,96
73	6,74	3,83	3,83	2,91
74	6,69	3,83	3,83	2,86
75	6,64	3,81	3,81	2,83
76	6,63	3,76	3,76	2,87
77	6,61	3,74	3,74	2,86
78	6,60	3,74	3,74	2,86
79	6,59	3,68	3,68	2,91
80	6,59	3,63	3,63	2,96
81	6,46	3,61	3,61	2,84
82	6,43	3,61	3,61	2,82
83	6,41	3,60	3,60	2,81
84	6,38	3,57	3,57	2,81
85	6,30	3,55	3,55	2,75
86	6,30	3,53	3,53	2,77

87	6,29	3,52	3,52	2,76
88	6,26	3,52	3,52	2,74
89	6,25	3,51	3,51	2,74
90	6,22	3,50	3,50	2,72
91	6,18	3,50	3,50	2,68
92	6,15	3,48	3,48	2,67
93	6,15	3,47	3,47	2,67
94	6,13	3,46	3,46	2,67
95	6,12	3,46	3,46	2,66
96	6,11	3,45	3,45	2,66
97	6,11	3,41	3,41	2,69
98	6,04	3,41	3,41	2,63
99	6,01	3,34	3,34	2,67
100	6,01	3,32	3,32	2,69
101	5,94	3,30	3,30	2,63
102	5,92	3,29	3,29	2,63
103	5,90	3,27	3,27	2,63
104	5,82	3,24	3,24	2,59
105	5,80	3,22	3,22	2,57
106	5,77	3,22	3,22	2,55
107	5,77	3,22	3,22	2,56
108	5,77	3,20	3,20	2,57
109	5,76	3,18	3,18	2,57
110	5,74	3,18	3,18	2,57
111	5,73	3,16	3,16	2,58
112	5,73	3,16	3,16	2,58
113	5,71	3,15	3,15	2,56
114	5,70	3,15	3,15	2,55
115	5,70	3,13	3,13	2,57
116	5,68	3,13	3,13	2,55
117	5,66	3,12	3,12	2,54
118	5,59	3,12	3,12	2,47
119	5,59	3,11	3,11	2,47
120	5,58	3,10	3,10	2,48
121	5,57	3,10	3,10	2,48
122	5,56	3,09	3,09	2,46
123	5,54	3,07	3,07	2,47
124	5,53	3,06	3,06	2,47
125	5,53	3,05	3,05	2,47
126	5,49	3,04	3,04	2,45
127	5,48	3,04	3,04	2,44
128	5,46	3,03	3,03	2,43
129	5,43	3,01	3,01	2,42
130	5,42	2,97	2,97	2,45
131	5,40	2,92	2,92	2,48
132	5,38	2,92	2,92	2,46
133	5,35	2,91	2,91	2,44
134	5,33	2,91	2,91	2,42
135	5,30	2,91	2,91	2,39
136	5,30	2,91	2,91	2,39
137	5,29	2,90	2,90	2,39
138	5,25	2,86	2,86	2,39
139	5,23	2,84	2,84	2,40
140	5,21	2,82	2,82	2,38
141	5,16	2,78	2,78	2,38
142	5,16	2,78	2,78	2,38
143	5,16	2,77	2,77	2,38
144	5,14	2,77	2,77	2,37
145	5,14	2,75	2,75	2,39
146	5,10	2,73	2,73	2,37
147	5,08	2,73	2,73	2,34
148	5,07	2,72	2,72	2,35
149	5,05	2,71	2,71	2,35
150	5,05	2,70	2,70	2,34

151	5,04	2,70	2,70	2,34
152	5,02	2,70	2,70	2,33
153	5,01	2,69	2,69	2,33
154	5,00	2,63	2,63	2,37
155	4,97	2,60	2,60	2,37
156	4,96	2,60	2,60	2,36
157	4,95	2,60	2,60	2,35
158	4,94	2,59	2,59	2,35
159	4,94	2,58	2,58	2,36
160	4,90	2,58	2,58	2,33
161	4,89	2,57	2,57	2,32
162	4,88	2,56	2,56	2,32
163	4,84	2,56	2,56	2,28
164	4,84	2,55	2,55	2,29
165	4,82	2,55	2,55	2,27
166	4,81	2,53	2,53	2,28
167	4,81	2,50	2,50	2,30
168	4,79	2,50	2,50	2,29
169	4,68	2,50	2,50	2,18
170	4,63	2,50	2,50	2,14
171	4,62	2,49	2,49	2,13
172	4,60	2,47	2,47	2,13
173	4,54	2,45	2,45	2,10
174	4,54	2,44	2,44	2,09
175	4,49	2,44	2,44	2,05
176	4,39	2,43	2,43	1,95
177	4,37	2,42	2,42	1,95
178	4,36	2,42	2,42	1,94
179	4,33	2,42	2,42	1,91
180	4,33	2,42	2,42	1,91
181	4,33	2,42	2,42	1,91
182	4,30	2,40	2,40	1,90
183	4,29	2,40	2,40	1,90
184	4,29	2,38	2,38	1,91
185	4,28	2,38	2,38	1,90
186	4,26	2,38	2,38	1,88
187	4,25	2,37	2,37	1,89
188	4,25	2,37	2,37	1,88
189	4,24	2,36	2,36	1,88
190	4,18	2,35	2,35	1,83
191	4,18	2,35	2,35	1,83
192	4,17	2,35	2,35	1,82
193	4,16	2,32	2,32	1,84
194	4,15	2,31	2,31	1,84
195	4,13	2,30	2,30	1,83
196	4,05	2,28	2,28	1,76
197	4,02	2,27	2,27	1,74
198	4,01	2,25	2,25	1,75
199	3,99	2,25	2,25	1,74
200	3,99	2,22	2,22	1,77
201	3,99	2,21	2,21	1,78
202	3,97	2,20	2,20	1,77
203	3,96	2,20	2,20	1,77
204	3,96	2,17	2,17	1,79
205	3,95	2,16	2,16	1,79
206	3,95	2,16	2,16	1,79
207	3,94	2,15	2,15	1,79
208	3,92	2,15	2,15	1,77
209	3,90	2,13	2,13	1,77
210	3,86	2,11	2,11	1,76
211	3,85	2,09	2,09	1,76
212	3,84	2,08	2,08	1,76
213	3,83	2,06	2,06	1,77
214	3,79	2,03	2,03	1,76

215	3,77	2,03	2,03	1,74
216	3,76	2,01	2,01	1,75
217	3,75	2,01	2,01	1,74
218	3,73	1,89	1,89	1,84
219	3,71	1,88	1,88	1,83
220	3,67	1,86	1,86	1,82
221	3,65	1,85	1,85	1,80
222	3,63	1,79	1,79	1,84
223	3,60	1,76	1,76	1,83
224	3,60	1,76	1,76	1,84
225	3,56	1,72	1,72	1,84
226	3,54	1,65	1,65	1,90
227	3,48	1,63	1,63	1,86
228	3,48	1,61	1,61	1,87
229	3,46	1,61	1,61	1,86
230	3,39	1,60	1,60	1,79
231	3,29	1,59	1,59	1,70
232	3,29	1,58	1,58	1,71
233	3,21	1,58	1,58	1,62
234	3,20	1,57	1,57	1,64
235	3,14	1,56	1,56	1,58
236	3,11	1,56	1,56	1,56
237	3,11	1,55	1,55	1,55
238	3,07	1,53	1,53	1,54
239	3,07	1,51	1,51	1,56
240	3,05	1,51	1,51	1,55
241	2,92	1,50	1,50	1,42
242	2,89	1,48	1,48	1,42
243	2,89	1,47	1,47	1,42
244	2,87	1,43	1,43	1,44
245	2,87	1,39	1,39	1,48
246	2,87	1,39	1,39	1,48
247	2,78	1,39	1,39	1,39
248	2,68	1,35	1,35	1,33
249	2,67	1,33	1,33	1,34
250	2,55	1,31	1,31	1,23
251	2,54	1,31	1,31	1,23
252	2,54	1,29	1,29	1,25
253	2,51	1,28	1,28	1,23
254	2,37	1,22	1,22	1,15
255	2,34	1,21	1,21	1,14
256	2,32	1,20	1,20	1,12
257	2,32	1,20	1,20	1,12
258	2,29	1,20	1,20	1,09
259	2,27	1,17	1,17	1,11
260	2,25	1,16	1,16	1,09
261	2,22	1,13	1,13	1,09
262	2,22	1,11	1,11	1,11
263	2,20	1,04	1,04	1,15
264	2,17	0,94	0,94	1,22
265	2,16	0,90	0,90	1,26
266	2,13	0,87	0,87	1,26
267	2,12	0,87	0,87	1,25
268	2,07	0,86	0,86	1,21
269	2,07	0,83	0,83	1,24
270	2,06	0,82	0,82	1,24
271	2,00	0,79	0,79	1,22
272	1,99	0,72	0,72	1,27
273	1,98	0,68	0,68	1,31
274	1,97	0,64	0,64	1,33
275	1,83	0,00	0,00	1,83
276	1,80	0,00	0,00	1,80
277	1,77	0,00	0,00	1,77
278	1,74	0,00	0,00	1,74

279	1,74	0,00	0,00	1,74
280	1,72	0,00	0,00	1,72
281	1,67	0,00	0,00	1,67
282	1,67	0,00	0,00	1,67
283	1,61	0,00	0,00	1,61
284	1,53	0,00	0,00	1,53
285	1,53	0,00	0,00	1,53
286	1,52	0,00	0,00	1,52
287	1,52	0,00	0,00	1,52
288	1,50	0,00	0,00	1,50
289	1,48	0,00	0,00	1,48
290	1,45	0,00	0,00	1,45
291	1,37	0,00	0,00	1,37
292	1,33	0,00	0,00	1,33
293	1,33	0,00	0,00	1,33
294	1,27	0,00	0,00	1,27
295	1,25	0,00	0,00	1,25
296	1,25	0,00	0,00	1,25
297	1,25	0,00	0,00	1,25
298	1,22	0,00	0,00	1,22
299	1,21	0,00	0,00	1,21
300	1,20	0,00	0,00	1,20
301	1,19	0,00	0,00	1,19
302	1,18	0,00	0,00	1,18
303	1,17	0,00	0,00	1,17
304	1,14	0,00	0,00	1,14
305	1,12	0,00	0,00	1,12
306	1,10	0,00	0,00	1,10
307	1,07	0,00	0,00	1,07
308	1,01	0,00	0,00	1,01
309	1,00	0,00	0,00	1,00
310	1,00	0,00	0,00	1,00
311	1,00	0,00	0,00	1,00
312	1,00	0,00	0,00	1,00
313	0,99	0,00	0,00	0,99
314	0,98	0,00	0,00	0,98
315	0,98	0,00	0,00	0,98
316	0,97	0,00	0,00	0,97
317	0,95	0,00	0,00	0,95
318	0,89	0,00	0,00	0,89
319	0,87	0,00	0,00	0,87
320	0,87	0,00	0,00	0,87
321	0,86	0,00	0,00	0,86
322	0,84	0,00	0,00	0,84
323	0,83	0,00	0,00	0,83
324	0,82	0,00	0,00	0,82
325	0,81	0,00	0,00	0,81
326	0,81	0,00	0,00	0,81
327	0,80	0,00	0,00	0,80
328	0,79	0,00	0,00	0,79
329	0,79	0,00	0,00	0,79
330	0,77	0,00	0,00	0,77
331	0,76	0,00	0,00	0,76
332	0,75	0,00	0,00	0,75
333	0,75	0,00	0,00	0,75
334	0,74	0,00	0,00	0,74
335	0,74	0,00	0,00	0,74
336	0,73	0,00	0,00	0,73
337	0,73	0,00	0,00	0,73
338	0,72	0,00	0,00	0,72
339	0,71	0,00	0,00	0,71
340	0,71	0,00	0,00	0,71
341	0,70	0,00	0,00	0,70
342	0,69	0,00	0,00	0,69

343	0,68	0,00	0,00	0,68
344	0,68	0,00	0,00	0,68
345	0,67	0,00	0,00	0,67
346	0,67	0,00	0,00	0,67
347	0,67	0,00	0,00	0,67
348	0,66	0,00	0,00	0,66
349	0,65	0,00	0,00	0,65
350	0,65	0,00	0,00	0,65
351	0,64	0,00	0,00	0,64
352	0,64	0,00	0,00	0,64
353	0,64	0,00	0,00	0,64
354	0,64	0,00	0,00	0,64
355	0,63	0,00	0,00	0,63
356	0,63	0,00	0,00	0,63
357	0,62	0,00	0,00	0,62
358	0,62	0,00	0,00	0,62
359	0,61	0,00	0,00	0,61
360	0,61	0,00	0,00	0,61
361	0,61	0,00	0,00	0,61
362	0,61	0,00	0,00	0,61
363	0,59	0,00	0,00	0,59
364	0,59	0,00	0,00	0,59
365	0,59	0,00	0,00	0,59
366	0,58	0,00	0,00	0,58
MEDIE	***4,41***	***2,40***	***2,34***	***2,07***

7. DISPOSITIVI DI LIMITAZIONE DELLE PORTATE E DEI VOLUMI DERIVATI NEL PUNTO DI PRESA

La portata di concessione per uso irriguo del Consorzio Irriguo Paraone-Arroscia è pari a 6,46 l/s (circa 7l/s), valore irrisorio rispetto alla derivazione per uso idroelettrico. Tale portata verrà derivata durante il periodo estivo, quando normalmente l'impianto idroelettrico risulta fermo.

Durante il fermo impianto la paratoia di presa verrà lasciata leggermente aperta in modo da poter permettere il passaggio di questa portata da derivare.

Si riportano qui di seguito i dati utilizzati per il calcolo dell'apertura della paratoia.

Tabella 2: dati utilizzati per la scala di deflusso della paratoia di presa.

larghezza paratoia	2 m
quota p.m.s.	75.3 m
quota fondo paratoia	73.7 m
h acqua sopra fondo	1.6 m
mu (costante per	0.61

La tabella sottostante mostra tutta la scala di deflusso della paratoia di presa.

Tabella 3: scala di deflusso della paratoia di presa.

apertura paratoia [m]	apertura paratoia [cm]	h acqua per calcolo Q	portata Q [l/s]	portata Q [mc]
0.001	0.1	1.5995	6.83	0.007
0.05	5	1.575	339	0.339
0.10	10	1.55	673	0.673
0.15	15	1.525	1001	1.001
0.20	20	1.5	1324	1.324
0.25	25	1.475	1641	1.641
0.30	30	1.45	1952	1.952
0.35	35	1.425	2258	2.258
0.40	40	1.4	2558	2.558
0.45	45	1.375	2851	2.851
0.50	50	1.35	3139	3.139

0.55	55	1.325	3421	3.421
0.60	60	1.3	3697	3.697
0.65	65	1.275	3966	3.966
0.70	70	1.25	4229	4.229
0.75	75	1.225	4486	4.486
0.80	80	1.2	4736	4.736
0.85	85	1.175	4979	4.979
0.90	90	1.15	5216	5.216
0.95	95	1.125	5445	5.445
1.00	100	1.1	5668	5.668
1.05	105	1.075	5883	5.883
1.06	106	1.07	5925	5.925
1.07	107	1.065	5967	5.967
1.08	108	1.06	6009	6.009

Come si può notare dalla scala di deflusso, per far passare la portata irrigua di 6,46 l/s basta aprire la paratoia di circa un millimetro (riga evidenziata in arancione).

Con un'apertura di circa 1,08 m si ottiene il passaggio della portata massima derivabile (riga evidenziata in verde).

8. STIMA DEL TRASPORTO SOLIDO

In questo capitolo è stata riportata una caratterizzazione dei sedimenti in alveo, con indicazioni di massima sulla quantità e tipologia del materiale trasportato e sulla tendenza morfologica evolutiva (deposito o erosione) dei vari tratti di alveo interessato dal progetto, come richiesto nell'Allegato 1 del R.R. 3/2011:

> In generale, poiché il trasporto di sedimenti costituisce una componente che può influenzare in modo significativo la dinamica della corrente, è opportuno che gli studi idraulici effettuino considerazioni, anche di massima, relative al trasporto solido, finalizzate a valutare la rilevanza di tale fenomeno nel caso in esame (ad esempio, effetto della dinamica dell'alveo sui livelli idrici durante gli eventi di piena e/o effetto dell'opera sulla dinamica del trasporto di sedimenti) e ad evidenziare la necessità di eventuali approfondimenti in tal senso attraverso modelli a fondo mobile. Ove necessario, ovvero su indicazione della Provincia, la capacità di trasporto della corrente in diverse condizioni di piena può essere valutata, in prima approssimazione, sulla base della modellazione idraulica effettuata nello studio e di una speditiva caratterizzazione dei sedimenti in alveo, ottenendo indicazioni di massima sulla quantità e sulla tipologia del materiale trasportato e sulla tendenza morfologica evolutiva (deposito o erosione) dei vari tratti di alveo.

Sono state inoltre calcolate attraverso la simulazione idraulica con Hec-ras, le portate necessarie a movimentare i sedimenti.

La Relazione Geologica – Geotecnica e Sismica riporta al capitolo 3 l'analisi granulometrica dei sedimenti che per maggior comodità di lettura si riporta riassunta di seguito.

8.1 ANALISI GRANULOMETRICA

E' stata eseguita lungo il corso d'acqua una stazione di misura dei sedimenti presenti in alveo.

Nella tabella seguente sono raccolti i principali parametri calcolati nella stazione di misura.

Tabella 4: parametri granulometrici.

Sito di Misura		GRANULOMETRIE ALVEO								PARAMETRI STATISTICI		
Stazione	Sez. progetto *(Quota media m s.l.m.)*	D_{90} [mm]	D_{84} [mm]	D_{70} [mm]	D_{50} [mm]	D_{30} [mm]	D_{10} [mm]	Diametro medio D_m [mm]	MODA *classe diametrica prevalente* (mm)	Coeff. di Uniformità U	Coeff. di Asimmetria $sk_{F\&W}$	Coeff. di Classazione $s_{F\&W}$
S.1	9÷9 10÷10 *(≈71)*	323	239	150	58	28	7	54	Ghiaia molto grossa (64 ÷ 91)	11,76	-0,154	2,251



Figura 9: *Particolare della barra su cui è stata svolta l'analisi granulometrica S.1*

Si rileva tuttavia che nel tratto d'interesse a valle della briglia ove è posta la presa dell'impianto, l'alveo del torrente Arroscia presenta un andamento pressoché monocursale rettilineo senza particolare variazioni di fondo, si ritiene, quindi, che i valori rilevati siano sufficientemente rappresentativi della granulometria complessiva movimentata nel tratto. I valori indicati risentono tuttavia delle condizioni stagionali e del grado di corrazzamento.
Si riassumono qui di seguito le caratteristiche geormorfologiche della stazione di campionamento.

La S.1 è rappresentativa del materiale depositato in sponda sinistra, ed è stata svolta su di una barra laterale posta circa 25m a valle della briglia su cui è posta la presa dell'impianto. Questo tratto d'alveo susseguente la briglia si presenta rettilineo con pendenza media intorno al 0,007%. L'alveo a monte della presa compie fra due briglie susseguenti una ampia S che porta il flusso sulla briglia di presa curvando verso sinistra. La sponda sinistra si trova, quindi, in una zona a minor energia che dovrebbe favorire il deposito del carico detritico ma ciò non si verifica, essendo presente, altresì, una condizione di sostanziale equilibrio dinamico. La barra, in effetti, pare dall'esame delle cartografie e foto aeree e dal confronto con fotografie scattate dallo scrivente alcuni anni orsono, sostanzialmente stazionaria.

Si ritiene, quindi, il materiale sedimentato rappresentativo del trasporto detritico medio. Attualmente ad un esame visivo, il materiale costituente la barra pare in parte depositato in una piena recente (materiale più fino), in parte (materiale più grossolano) è stato solo rimaneggiato in superficie dagli ultimi eventi di piena.

La presenza di vegetazione colonizzante la barra non sradicata dalla piena ma con evidenti segni di sommersione, indica che probabilmente è necessaria una piena eccezionale per mobilitare profondamente questa barra (osservazioni analoghe sono state svolte anche su altre piccole barre laterali poste più a valle sempre in sponda sinistra).

Si ritiene in ogni caso che la diffusa presenza sulle sponde ed in tratti nell'alveo del substrato roccioso indichi la possibilità che in piene eccezionali possa essere mobilitato profondamente e quasi completamente almeno in alcuni tratti, il sedimento in alveo.

I parametri statistici denotano una distribuzione granulometrica con una lieve asimmetria verso il materiale fine in accordo con la distribuzione caratteristica dei tratti terminali di pianura dei corsi d'acqua.

Come già indicato, il campionamento numerale è una fotografia dell'alveo attuale, e non consente di verificare, a meno della rimozione della copertura, le granulometrie al disotto dello strato superficiale (corazzamento) e, quindi, i risultati dell'analisi granulometrica possono mutare a seguito di piene con differente capacità di trasporto, ancorché come indicato la barra in cui è stata svolta la stazione N.1 pare mantenere nel tempo una condizione stazionaria.

Il Torrente Arroscia considerate le caratteristiche di bacino montano e la notevole estensione areale presenta un notevole trasporto solido. I depositi alluvionali di fondovalle acquistano potenze significative a valle dell'abitato Pieve di Teco raggiungendo potenze elevate in prossimità della confluenza con il fiume Centa. Per quanto riguarda le aste secondarie, attualmente la deposizione avviene prevalentemente nei tratti più a valle delle aste, con alveo in erosione nella parte a monte. La presenza di briglie sull'asta principale dell'Arroscia e dei suoi affluenti principali ha però localmente modificato profondamente i fenomeni di erosione e deposito dei sedimenti anche se attualmente pare essere stato raggiunto un sostanziale equilibrio.

Si è cercato di stimare il trasporto solido medio annuo in sospensione utilizzando la nota formulazione di Fournier (1961) che dipende dal regime pluviometrico oltre che dalle caratteristiche morfologiche del bacino (Stot, Hmed, imed) :

$$LogE = 2{,}65 \cdot Log\left(\frac{P^2}{P_m}\right) + 0{,}46 \cdot LogH^0 \cdot TgI_m - 1{,}56$$

Dove: Im = altezza media del bacino = 1014m, e per i valori pluviometrici si è fatto riferimento ai valori medi della Stazione di Pieve di Teco con i seguenti valori: - Precipitazione del mese più piovoso P ≈ 180 mm; - Precipitazione media annua Pm≈ 1.179 mm; - Altezza media della stazione di misura H°≈260 m slm. Si è ottenuta una erosione media annua per unità di superficie pari a: TuFournier =181,3 ton/kmq*anno che secondo la classificazione di Fournier è considerato un grado di erosione medio. Alla sezione di presa (bacino sotteso) si ottiene, quindi, una quantità complessiva di trasporto solido in sospensione Ttot= 36.077 ton*anno e ponendo una densità media del sedimento di 2,6 t/mc si ottiene un volume complessivo di detrito Vtot=13.876 mc. Se si considera, inoltre, un valore medio della densità della coltre di copertura superficiale di 1,8 t/mc si ottiene un valore della profondità d'erosione media del bacino di 0,10 mm*anno. La formula di Fournier è stata sviluppata su bacini di elevata estensione che presentano tratti montani contenuti rispetto all'estensione totale del bacino, ed è quindi lecito attendersi nel caso in esame dove il bacino si sviluppa essenzialmente in un ambiente montano e collinare, una sottostima del valore del trasporto solido anche di un fattore 2. È evidente, inoltre, che nel caso in esame lo sviluppo di un singolo fenomeno di frana sui versanti connesso al reticolo idrografico (erosioni di sponda) o lo svilupparsi di una colata detritica in uno dei numerosi affluenti in occasione di eventi alluvionali, può modificare radicalmente e repentinamente il valore del trasporto solido, rendendo inefficaci tutti i tentativi di stima del fenomeno.

In conclusione le granulometrie prevalenti misurate nella stazione di misura, in occasioni di eventi parossistici sono completamente mobilizzabili, almeno a livello superficiale ma piene eccezionali, a parere dello scrivente, possono provocare la mobilizzazione completa del deposito in alveo che si ricorda dalle osservazioni svolte pare generalmente essere inferiore a 3 m. La costruzione delle traverse lungo il corso d'acqua ha indotto una riduzione dei fenomeni erosivi in alveo e sulle sponde generando nel tratto d'interesse un sostanziale equilibrio dei fenomeni di trasporto/deposito del sedimento, almeno in questi ultimi anni. Il materiale in alveo e le barre laterali pur soggette a modificazioni stagionali, paiono mantenere una certa costanza sia nell'ubicazione che nella quantità e qualità del materiale depositato.

8.2 STIMA DELLE PORTATE CON CUI INIZIA IL TRASPORTO DEI SEDIMENTI AL FONDO

In questo paragrafo si effettua uno studio sul trasporto solido del torrente Arroscia nel tratto interessato dal progetto, sui diametri movimentati e sulle velocità, e relative portate, che permettono appunto questa movimentazione.

Per valutare la velocità critica per cui inizia il trasporto solido al fondo di un determinato diametro di sedimento o, viceversa, per valutare il diametro dei sedimenti movimentati per determinate velocità, viene utilizzata la seguente formula:

$$v_{cr} = 0.85\sqrt{2gd\frac{(\gamma_s - \gamma)}{\gamma}}$$

dove:

- γ_s è il peso specifico del materiale solido, assunto pari a 2.600 N/m^3
- γ è il peso specifico dell'acqua, pari a 1.000 N/m^3

- **d** è il diametro medio del materiale solido (m)
- **g** è l'accelerazione di gravità, pari a 9,81 m/s^2

Dall'analisi delle caratteristiche granulometriche effettuate in sito risulta che il diametro medio del materiale solido Dm è pari a circa 5,4 cm, quindi si ottiene un valore della velocità critica pari a 1,1 m/s.

Per verificare la portata per cui si ottiene, nelle sezioni d'alveo subito a monte della traversa, una velocità di circa 1,1 m/s, è stato fatto girare il programma HEC-RAS, con la simulazione dello stato di progetto, con diversi valori di portata. Sono stati effettuati tanti tentativi fino a trovare per ogni sezione significativa quale portata movimenta i sedimenti. Per sezioni significative si intendono quelle tra la traversa in progetto e la traversa più a monte, e quelle in corrispondenza dello scarico della centrale. I risultati ottenuti sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 5: Risultati della modellazione idraulica dello stato di progetto. Nella colonna evidenziata si osservano i diversi valori di velocità per cui si ha movimentazione del materiale solido di fondo.

N° SEZIONE	PORTATA	DESCRIZIONE
14	75	Traversa di monte
13	15	Tra le due traverse
12	36	Tra le due traverse
11	25	Tra le due traverse
10	250	Traversa in progetto
9	1.5	A valle della traversa
3.2	4	Centrale in progetto
3.1	3	Centrale in progetto
3	0.45	Fabbricato esistente
2	20	A valle dello scarico

I diversi valori di portata per le diverse sezioni dipendono dalla geometria di queste ultime. La velocità dell'acqua è direttamente proporzionale alla portata e inversamente proporzionale alla sezione.

Dove infatti si ha un allargamento dell'alveo e quindi un aumento della sezione, per ottenere la stessa velocità critica si dovrà avere anche un aumento della portata.

In particolare si notano portate molto elevate in corrispondenza delle traverse, in quanto questi manufatti creano una zona di rallentamento della corrente e quindi di deposito dei materiali. Per poter trasportare il materiale verso valle bisogna avere portate di piena.

A valle delle traverse invece la sezione si restringe e si ha un aumento della corrente che porta ad un tratto di erosione e quindi ad una facile movimentazione del materiale solido.

In corrispondenza del fabbricato esistente si ha una sezione molto stretta che permette l'attivazione del trasporto solido con velocità molto basse.

Secondo la curva di durata delle portate naturali, ottenuta da una media di circa dieci anni, riportata nella Relazione di progetto n° 2: "Relazione idrologica – idraulica", la portata maggiore che si può avere durante l'anno è compresa tra 35 e 45 m3/s, e quindi portate maggiori sono da considerarsi eventi eccezionali.

Nelle sezioni a monte della traversa in progetto si hanno tutte portate elevate, che si verificano con tempi di ritorno di un anno o superiori. Questo significa che a monte della traversa in progetto non arriveranno molti sedimenti o comunque si avrà un lungo tratto di deposito.

Nel tratto di valle e vicino alla centrale, invece, si avrà un trasporto solido del materiale continuo nell'anno.

Nella zona dello scarico della centrale si ha di nuovo una zona di rallentamento della corrente e quindi di deposito.

9. COMPATIBILITA' IDRAULICA DEI MANUFATTI IN PROGETTO

Il presente capitolo affronta lo studio della compatibilità idraulica delle opere in progetto, verificando e quantificando, attraverso una simulazione di calcolo al computer, l'interferenza che le opere previste potrebbero avere sul sistema idrografico del torrente Arroscia, in varie ipotesi di portata di piena, nel tratto di alveo interessato dal progetto stesso.

Infatti, poiché l'inserimento delle opere in progetto modifica, anche se in minima parte, la situazione dello stato attuale, si rende necessaria la verifica degli effetti che tali modifiche potrebbero esercitare sul deflusso delle portate naturali in caso di eventi di piena.

Tale verifica è stata condotta mediante simulazione con il software HEC-RAS, come viene illustrato di seguito.

È stata effettuata la verifica idraulica sia in corrispondenza dell'opera di presa che nella zona dove sarà ubicato il fabbricato di centrale, con le portate con tempo di ritorno di 50, 200 e 500 anni.

9.1 SEZIONI UTILIZZATE

Le sezioni utilizzate per la simulazione idraulica sono state ricavate dal rilievo topografico eseguito sul campo ed infatti corrispondono alle sezioni riportate nella Tavola n° 7 "STATO ATTUALE: PROFILO ALVEO E SEZIONI TRASVERSALI". Qui sotto si riporta una tabella con la corrispondenza dei numeri delle sezioni utilizzate per la simulazione e quelle della Tav. 7 di Progetto.

Tabella 6: Corrispondenza tra le sezioni della simulazione idraulica di Hec-ras e la Tav. 7 di Progetto.

N° SEZ. HEC-RAS	N° SEZ. TAV. 7	NOTE
2	1	
3	2	Vecchio fabbricato
4	3	
5	4	
6	5	
7	6	
8	7	
9	8	
9.9	9	Traversa
11	10	

Nelle sezioni di progetto rappresentate nella Tavola 7 sono stati riportati anche i livelli della piena duecentennale risultanti dalle simulazioni riportate nei capitoli successivi. I livelli di piena dello Stato di Progetto e dello Stato Attuale differiscono per solo qualche centimetro in alcune sezioni, non rilevabili o significativi dai disegni.

In questa tavola si può vedere inoltre il profilo longitudinale di fondo alveo con evidenziato il livello della piena duecentennale.

Nella Tavola n° 6 "STATO ATTUALE: RILIEVO TOPOGRAFICO SU FOTO AEREA" è riportata la localizzazione delle sezioni della Tav. 7.

Sia la planimetria che le sezioni e il profilo sono debitamente quotati e restituiti a scala adeguata.

9.2 PORTATE DI PIENA DI RIFERIMENTO

Le portate di piena utilizzate nella presente VERIFICA IDRAULICA sono quelle determinate nel documento *"Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio – Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico",* contenuto nel **Piano di bacino stralcio sul rischio idrogeologico del torrente Centa**.

Per la verifica idraulica in oggetto si sono considerate le portate di piena determinate alla sezione ubicata sul torrente Arroscia poco più a valle rispetto alla zona di progetto e indicata con il numero 85 :

- Q (T=50 anni) = 1.170 m^3/s
- Q (T=200 anni) = 1.700 m^3/s
- Q (T=500 anni) = 2.040 m^3/s

9.3 MODELLO MATEMATICO UTILIZZATO

Il modello integra l'equazione della corrente a pelo libero in moto stazionario gradualmente variato, e definisce in modo automatico i tratti di corrente lenta e veloce, nonché la posizione dei risalti (codice di calcolo HEC 2, versione HEC-RAS).

Il fenomeno idraulico fuori e dentro l'alveo è stato simulato considerando l'alveo stesso trasversalmente come un'unica sezione (piano golenale più alveo inciso), in considerazione del fatto che tale ipotesi è l'unica valida, nel contesto della modellistica fluviale, qualora si ricorra alla simulazione degli alvei composti tramite i modelli monodimensionali (pelo libero orizzontale e linea dell'energia parallela al pelo libero).

L'equazione del moto è:

$d/d_s *(Y_m+Q^2/2gA^2) = -J-E_B$ *(1), d*ove

- A = area bagnata [m^2]
- Q = portata [m^3/s]
- s = coordinata lungo l'asse dell'alveo [m]
- Y_m = quota media del pelo libero nella sezione [m s.l.m]

Le perdite di carico considerate sono:

a) Perdita di carico continua, espressa da:

$\mathbf{J} = Q^2/K^2$ (2)

ove la capacità di deflusso idraulico vale, per sezione semplice:

$\mathbf{K} = A*R^{2/3}/n$ (2a)

n è il coefficiente di Manning e R il raggio idraulico.

Per sezione composta da N sottosezioni, e munita di variazioni di scabrezza lungo il perimetro bagnato, si ha:

$K = \Sigma_{i=1,N} (A_i*R_i^{2/3} / n_i)$ (2b)

b) Perdite di carico concentrate sul tronco elementare Δs, che valgono:

$E_B = C/\Delta s * | \alpha_2 V_2^2/2g - \alpha V_1^2/2g |$ (3), dove:

- C = coefficiente tipo Borda (allargamento e restringimento brusco o graduale)
- V = velocità della corrente nell'i-esima sezione
- α = coefficiente di ragguaglio di Coriolis

Le perdite di carico complessive sono:

$H_{f\,1-2} = L\,J + C^* | \alpha_2 V_2^2/2g - \alpha V_1^2/2g |$ (4), dove:

$L = (L_1Q_1 + L_2Q_2 + L_3Q_3)/ (Q_1 + Q_2 + Q_3)$

- L = distanza pesata con le portate tra due sezioni consecutive, *i-i+1*

- $L_{i=1-3}$ = distanza parziale tra le sezioni *i-i+1* nei tronchi di corrente contenuti tra le golene e gli alvei di magra
- $Q_{i=1-3}$ = portata transitante nei tronchi di corrente contenuti tra le golene e gli alvei di magra, tra due sezioni consecutive (*i* ed *i+1*)

Il sistema di equazioni (1), (2) e (3) è integrato alle differenze finite col metodo "standard-step".

La risoluzione del sistema richiede la conoscenza di opportune condizioni al contorno: il valore di portata Q e il valore del tirante h nelle sezioni di monte e di valle del tratto in esame, se la corrente è veloce o lenta rispettivamente.

9.4 COEFFICIENTI DI SCABREZZA E CONDIZIONI AL CONTORNO

Nella modellazione in esame, coerentemente con quanto indicato nel documento sopracitato del Piano di bacino del Centa per il tratto subito a valle dell'area di progetto, per tutte le sezioni è stato cautelativamente utilizzato un coefficiente di scabrezza di Manning pari a :

- 0.029 $s/m^{1/3}$ *per l'alveo inciso,*
- 0.029 $s/m^{1/3}$ *per le aree di golena.*

Le **condizioni al contorno** sono state impostate come da indicazioni del Piano di Bacino Stralcio del Centa, in prossimità del torrente Arroscia a Pogli d'Ortovero, dalla sezione 85 alla sezione 68. Il tratto compreso tra la confluenza con il Torrente Neva e l'abitato di Ortovero risulta molto più a valle del tratto in oggetto (sezioni tra la 56 e la 1).

Le sezioni sono indicate nella Carta delle Aree Inondabili del T. Arroscia del Piano di Bacino Stralcio del Centa. Il tratto oggetto di studio risulta a monte della sezione 85, in un'area non sottoposta a verifiche idrauliche dal Piano di Bacino.

La sezione di valle del Piano di Bacino più prossima al tratto interessato dal progetto risulta essere la n° 85.

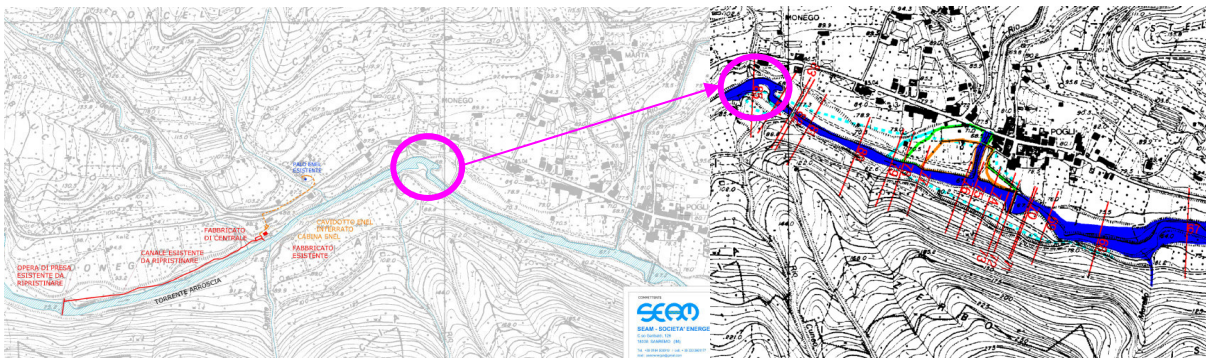


Figura 10: *localizzazione del progetto rispetto alle sezioni del Piano di Bacino Stralcio del Centa.*

Il Piano di Bacino per il tratto tra la sezione 85 e la 68 riporta:

"Condizioni al contorno
T. Arroscia – loc. Pogli d'Ortovero:
a monte: profondità di moto uniforme
a valle: livello del pelo libero a pari tempo di ritorno desunto dallo studio idraulico del tratto immediatamente a valle (sez.67)"

Le condizioni al contorno impostate per la modellazione matematica sono:

- quota del pelo libero della corrente, nella sezione indisturbata di monte e di valle, pari a quella di moto uniforme;
- portate in ingresso indicate nel paragrafo 8.1.

Essendo la sezione 85 non immediatamente a valle del tratto in oggetto non si è potuto prendere in riferimento il pelo libero di questa sezione, ma è stata comunque tenuta in considerazione nel calcolo delle portate.
Si è effettuata la simulazione idraulica in corrispondenza dell'area di studio.

9.5 VERIFICA IDRAULICA PER LO STATO ATTUALE

La simulazione numerica del deflusso della corrente di piena relativa allo stato attuale fornisce i parametri idraulici rappresentativi del moto, quali la velocità della corrente ed i livelli idrici, che permetteranno di valutare l'influenza del nuovo manufatto in progetto sul deflusso della portata di piena.
Le sezioni utilizzate per la simulazione idraulica nell'area di progetto sono riportate nel seguito.

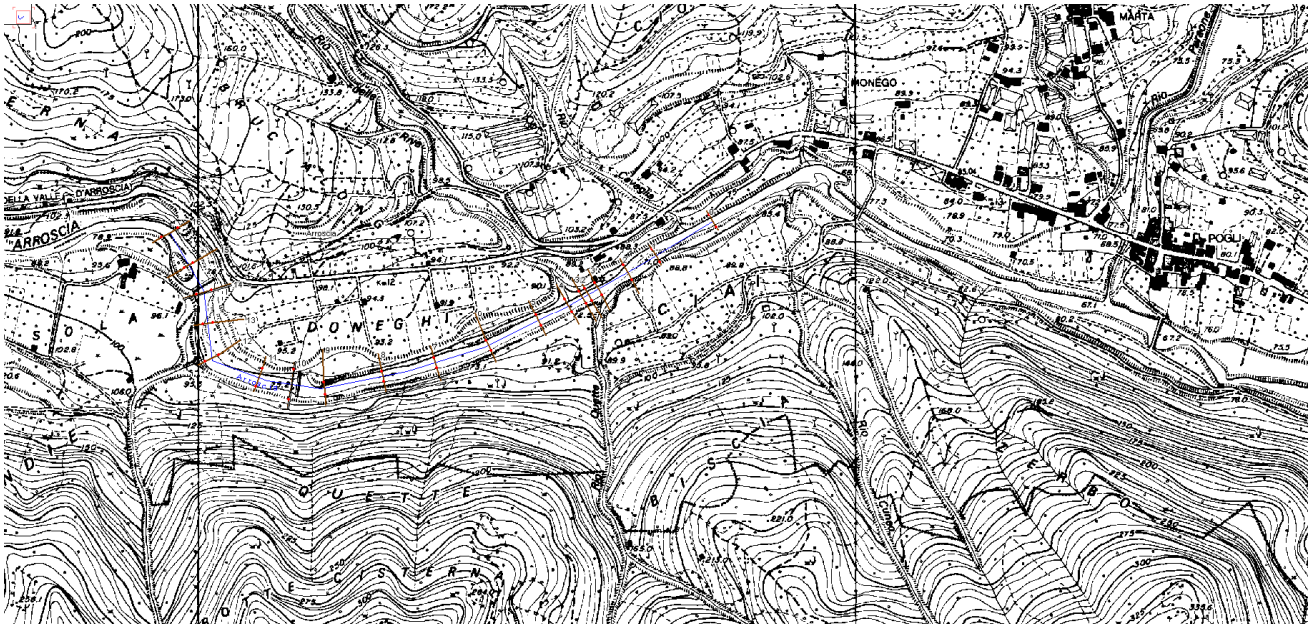


Figura 11: *Sezioni trasversali utilizzate per la verifica idraulica della zona di progetto.*

Si riportano di seguito, in tabella, i risultati della modellazione idraulica monodimensionale per la portata di progetto con tempo di ritorno 50, 200 e 500 anni.
Da questi si osserva che la corrente risulta sempre lenta.
Allo stato attuale, in corrispondenza della sezione dove sarà ubicata la traversa in progetto (sez. 10), la quota del pelo libero corrispondente alla portata di piena con tempo di ritorno **200 anni, assunta come portata di piena di progetto** e pari a **1.700 m^3/s**, è pari a 83,29 m s.l.m. .
In corrispondenza delle sezioni dove sarà ubicato il fabbricato in progetto (sez. 3.2-3.1), i livelli di piena con tempo di ritorno **200 anni, assunta come portata di piena di progetto** e pari a **1.700 m^3/s**, risultano rispettivamente pari a 80,06 m s.l.m. e 80,05 m s.l.m.

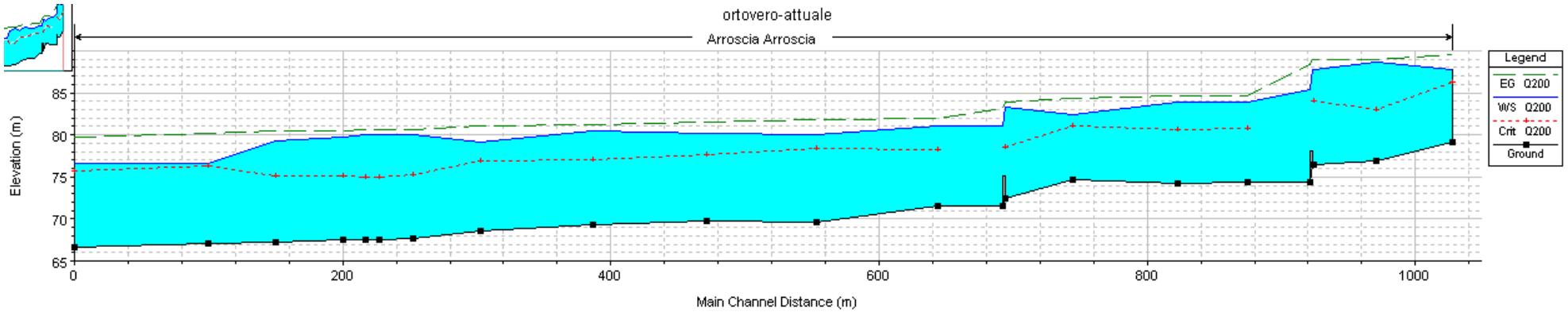


Figura 12: *Profilo longitudinale della corrente, nella condizione di stato attuale, per portata con tempo di ritorno 200 anni.*

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
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Arroscia	16	Q50	1170.00	79.13	85.72	84.96	87.38	0.002727	5.98	217.30	44.15	0.77
Arroscia	15	Q50	1170.00	76.91	86.65	82.00	86.92	0.000320	2.69	523.38	70.77	0.28
Arroscia	14	Q50	1170.00	76.50	86.03	82.63	86.84	0.000856	4.31	313.13	42.32	0.46
Arroscia	13.9		Inl Struct									
Arroscia	13	Q50	1170.00	74.32	82.16	79.68	82.77	0.000972	4.01	348.09	59.51	0.47
Arroscia	12	Q50	1170.00	74.30	82.17	79.54	82.70	0.000799	3.66	375.40	64.24	0.43
Arroscia	11	Q50	1170.00	74.74	81.20	79.81	82.52	0.002202	5.39	237.83	42.03	0.70
Arroscia	10	Q50	1170.00	72.50	81.77	77.39	82.22	0.000469	2.98	410.11	56.68	0.33
Arroscia	9.9		Inl Struct									
Arroscia	9	Q50	1170.00	71.53	78.70	76.97	79.69	0.001697	5.15	284.66	57.16	0.63
Arroscia	8	Q50	1170.00	69.65	77.29	76.87	79.37	0.003386	7.16	196.31	38.81	0.87
Arroscia	7	Q50	1170.00	69.77	77.57	76.28	78.94	0.002093	5.91	239.55	41.82	0.70
Arroscia	6	Q50	1170.00	69.30	77.89	75.91	78.63	0.001056	4.50	334.61	61.53	0.50
Arroscia	5	Q50	1170.00	68.63	76.76	75.30	78.41	0.002222	6.27	224.01	36.80	0.72
Arroscia	4	Q50	1170.00	67.63	77.47	74.13	78.03	0.000687	3.76	387.23	58.67	0.38
Arroscia	3.2	Q50	1170.00	67.57	77.51	73.86	77.99	0.000567	3.52	410.10	61.49	0.37
Arroscia	3.1	Q50	1170.00	67.55	77.51	73.86	77.99	0.000567	3.52	409.92	61.47	0.37
Arroscia	3	Q50	1170.00	67.51	77.26	73.91	77.95	0.000772	4.10	341.50	47.25	0.44
Arroscia	2	Q50	1170.00	67.17	76.99	73.68	77.89	0.000896	4.38	296.12	37.97	0.47
Arroscia	1	Q50	1170.00	67.07	74.91	74.63	77.63	0.003819	7.50	167.62	27.98	0.92
Arroscia	0	Q50	1170.00	66.57	74.81	74.09	77.18	0.003000	6.99	180.13	27.97	0.83

Tabella 7: *Risultati della modellazione idraulica nello stato attuale per la portata avente tempo di ritorno di **50 anni**. In blu sono indicate le sezioni relative all'opera di presa, in rosso le sezioni relative al fabbricato di centrale.*

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
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Arroscia	16	Q200	1700.00	79.13	87.75	86.33	89.48	0.002006	6.21	311.39	48.43	0.70
Arroscia	15	Q200	1700.00	76.91	88.68	82.96	89.03	0.000323	3.09	670.53	74.28	0.29
Arroscia	14	Q200	1700.00	76.50	87.80	84.05	88.93	0.000945	5.11	390.45	45.00	0.50
Arroscia	13.9		Inl Struct									
Arroscia	13	Q200	1700.00	74.32	83.88	80.71	84.65	0.000923	4.51	452.65	61.76	0.48
Arroscia	12	Q200	1700.00	74.30	83.91	80.55	84.58	0.000752	4.10	488.84	65.87	0.43
Arroscia	11	Q200	1700.00	74.74	82.47	81.10	84.36	0.002468	6.47	291.88	43.38	0.76
Arroscia	10	Q200	1700.00	72.50	83.29	78.59	83.93	0.000555	3.62	498.67	60.36	0.37
Arroscia	9.9		Inl Struct									
Arroscia	9	Q200	1700.00	71.53	81.08	78.30	81.99	0.001084	5.01	430.42	64.44	0.52
Arroscia	8	Q200	1700.00	69.65	79.97	78.37	81.78	0.001999	6.85	310.66	46.63	0.71
Arroscia	7	Q200	1700.00	69.77	80.12	77.58	81.51	0.001468	6.04	351.74	48.00	0.61
Arroscia	6	Q200	1700.00	69.30	80.55	77.01	81.21	0.000677	4.35	505.64	67.44	0.42
Arroscia	5	Q200	1700.00	68.63	79.21	76.98	81.01	0.001727	6.66	322.25	46.10	0.67
Arroscia	4	Q200	1700.00	67.63	80.02	75.34	80.81	0.000488	3.95	544.33	65.83	0.37
Arroscia	3.2	Q200	1700.00	67.57	80.06	74.96	80.57	0.000452	3.70	574.76	67.36	0.35
Arroscia	3.1	Q200	1700.00	67.55	80.05	74.96	80.57	0.000452	3.70	574.64	67.36	0.35
Arroscia	3	Q200	1700.00	67.51	79.72	75.17	80.53	0.000672	4.50	461.14	50.32	0.43
Arroscia	2	Q200	1700.00	67.17	79.31	75.11	80.46	0.000850	4.98	389.42	46.26	0.48
Arroscia	1	Q200	1700.00	67.07	76.64	76.33	80.14	0.003657	8.55	216.86	28.72	0.94
Arroscia	0	Q200	1700.00	66.57	76.57	75.78	79.70	0.003002	8.08	229.82	28.70	0.86

Tabella 8: *Risultati della modellazione idraulica nello stato attuale per la portata avente tempo di ritorno di **200 anni**. In blu sono indicate le sezioni relative all'opera di presa, in rosso le sezioni relative al fabbricato di centrale.*

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
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Arroscia	16	Q500	2040.00	79.13	88.83	87.10	90.67	0.001816	6.43	365.09	50.36	0.68
Arroscia	15	Q500	2040.00	76.91	89.80	83.51	90.20	0.000327	3.32	755.04	76.22	0.30
Arroscia	14	Q500	2040.00	76.50	88.76	84.89	90.08	0.001000	5.57	434.77	48.12	0.52
Arroscia	13.9		Inl Struct									
Arroscia	13	Q500	2040.00	74.32	84.87	81.29	85.73	0.000902	4.78	514.59	63.06	0.48
Arroscia	12	Q500	2040.00	74.30	84.91	81.12	85.66	0.000735	4.34	555.27	66.80	0.44
Arroscia	11	Q500	2040.00	74.74	83.14	81.86	85.41	0.002643	7.10	321.51	44.22	0.80
Arroscia	10	Q500	2040.00	72.50	84.13	79.27	84.90	0.000598	3.97	550.56	61.98	0.38
Arroscia	9.9		Inl Struct									
Arroscia	9	Q500	2040.00	71.53	82.49	79.10	83.38	0.000883	4.97	524.27	68.33	0.49
Arroscia	8	Q500	2040.00	69.65	81.47	79.23	83.19	0.001614	6.78	383.92	51.05	0.65
Arroscia	7	Q500	2040.00	69.77	81.58	78.35	82.98	0.001257	6.13	425.73	53.48	0.58
Arroscia	6	Q500	2040.00	69.30	82.03	77.60	82.69	0.000575	4.37	607.89	70.73	0.40
Arroscia	5	Q500	2040.00	68.63	80.72	77.96	82.50	0.001471	6.74	400.54	57.95	0.63
Arroscia	4	Q500	2040.00	67.63	81.59	76.03	82.11	0.000439	4.05	643.72	69.75	0.35
Arroscia	3.2	Q500	2040.00	67.57	81.54	75.61	82.08	0.000407	3.81	677.83	71.43	0.34
Arroscia	3.1	Q500	2040.00	67.55	81.54	75.61	82.08	0.000407	3.81	677.72	71.42	0.34
Arroscia	3	Q500	2040.00	67.51	81.16	75.92	82.03	0.000626	4.78	539.78	58.86	0.42
Arroscia	2	Q500	2040.00	67.17	80.72	75.94	81.96	0.000795	5.22	459.69	53.18	0.47
Arroscia	1	Q500	2040.00	67.07	77.64	77.30	81.61	0.003589	9.12	245.84	29.25	0.95
Arroscia	0	Q500	2040.00	66.57	77.58	76.74	81.17	0.003001	8.67	259.02	29.18	0.88

Tabella 9: *Risultati della modellazione idraulica nello stato attuale per la portata avente tempo di ritorno di **500 anni**. In blu sono indicate le sezioni relative all'opera di presa, in rosso le sezioni relative al fabbricato di centrale.*

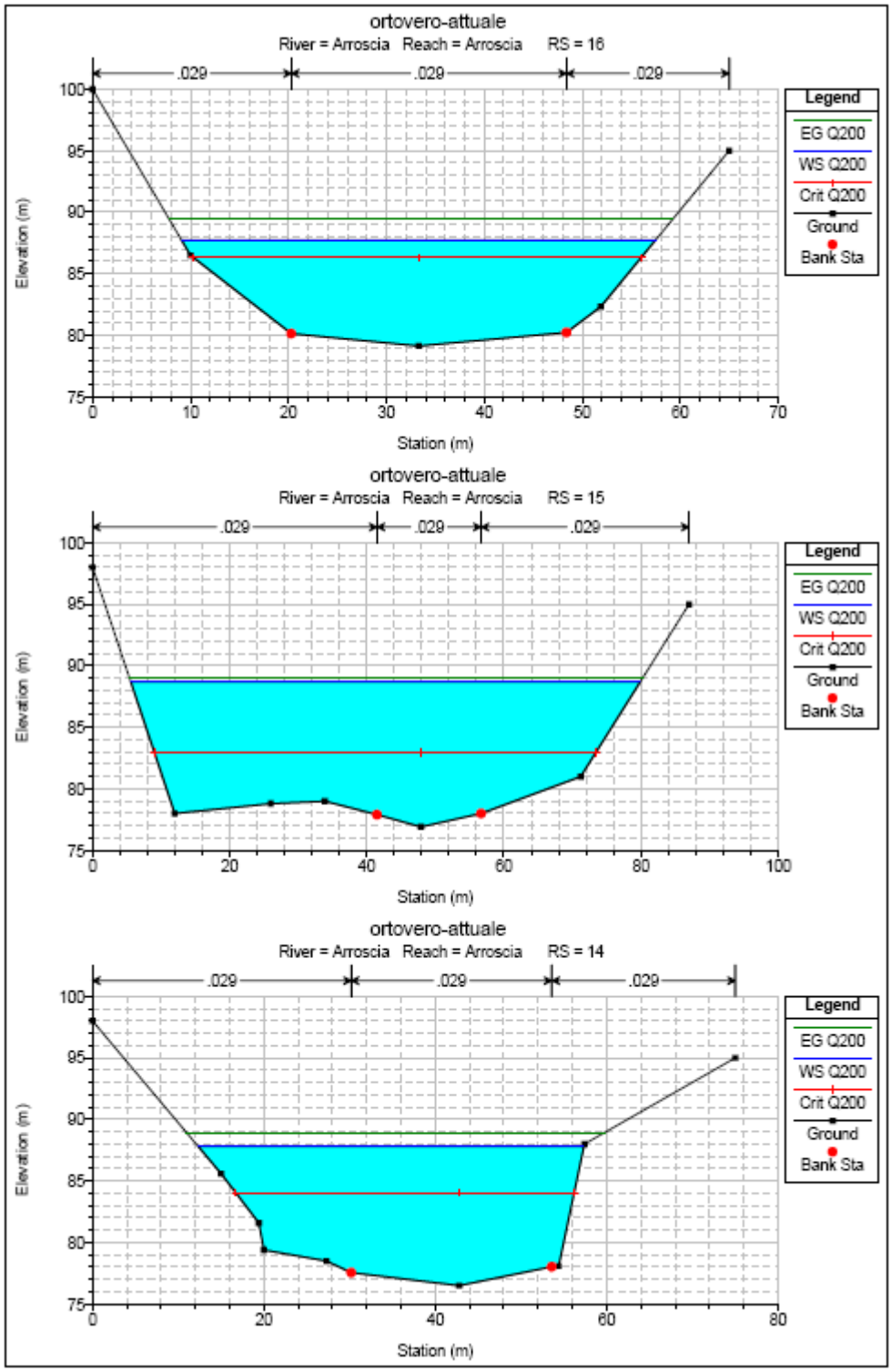


Figura 13: *Sezioni modello idraulico a monte della traversa: <u>stato attuale</u> con portata tempo di ritorno 200 anni.*

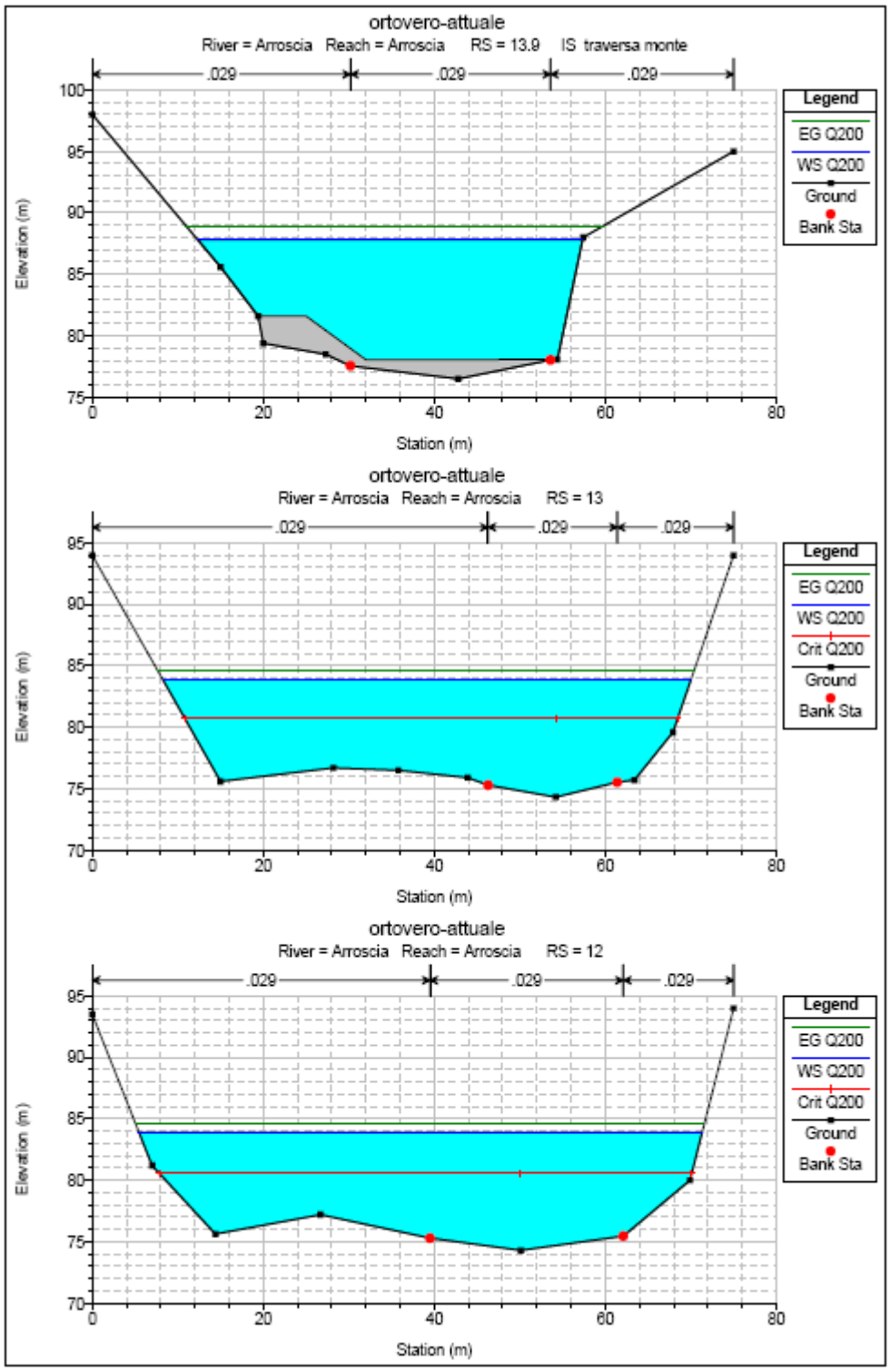


Figura 14: *Sezioni modello idraulico a monte della traversa: stato attuale con portata tempo di ritorno 200 anni.*

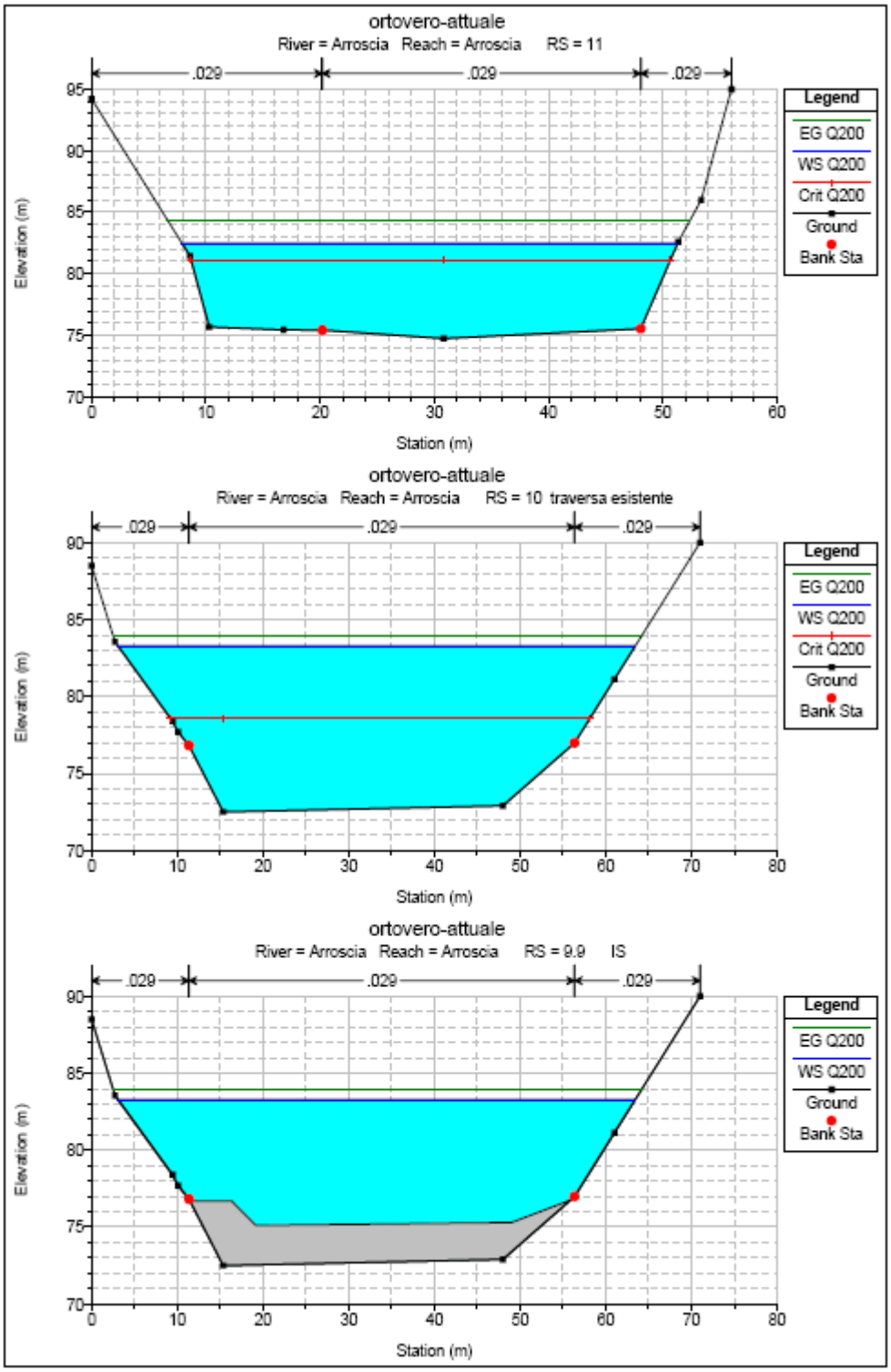


Figura 15: *Sezioni modello idraulico in corrispondenza della traversa: stato attuale con portata tempo di ritorno 200 anni.*

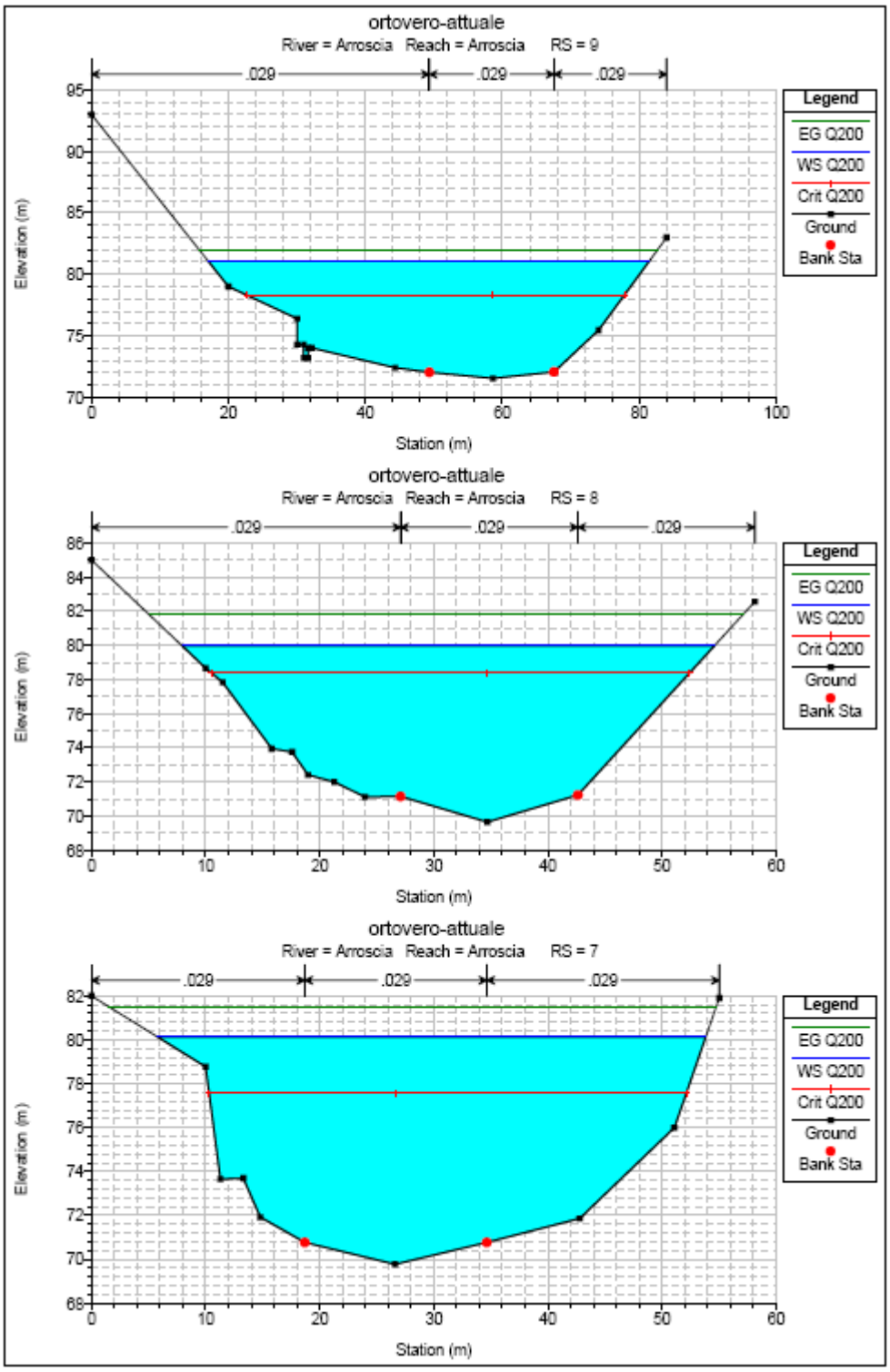


Figura 16: *Sezioni modello idraulico a valle della traversa: <u>stato attuale</u> con portata tempo di ritorno 200 anni.*

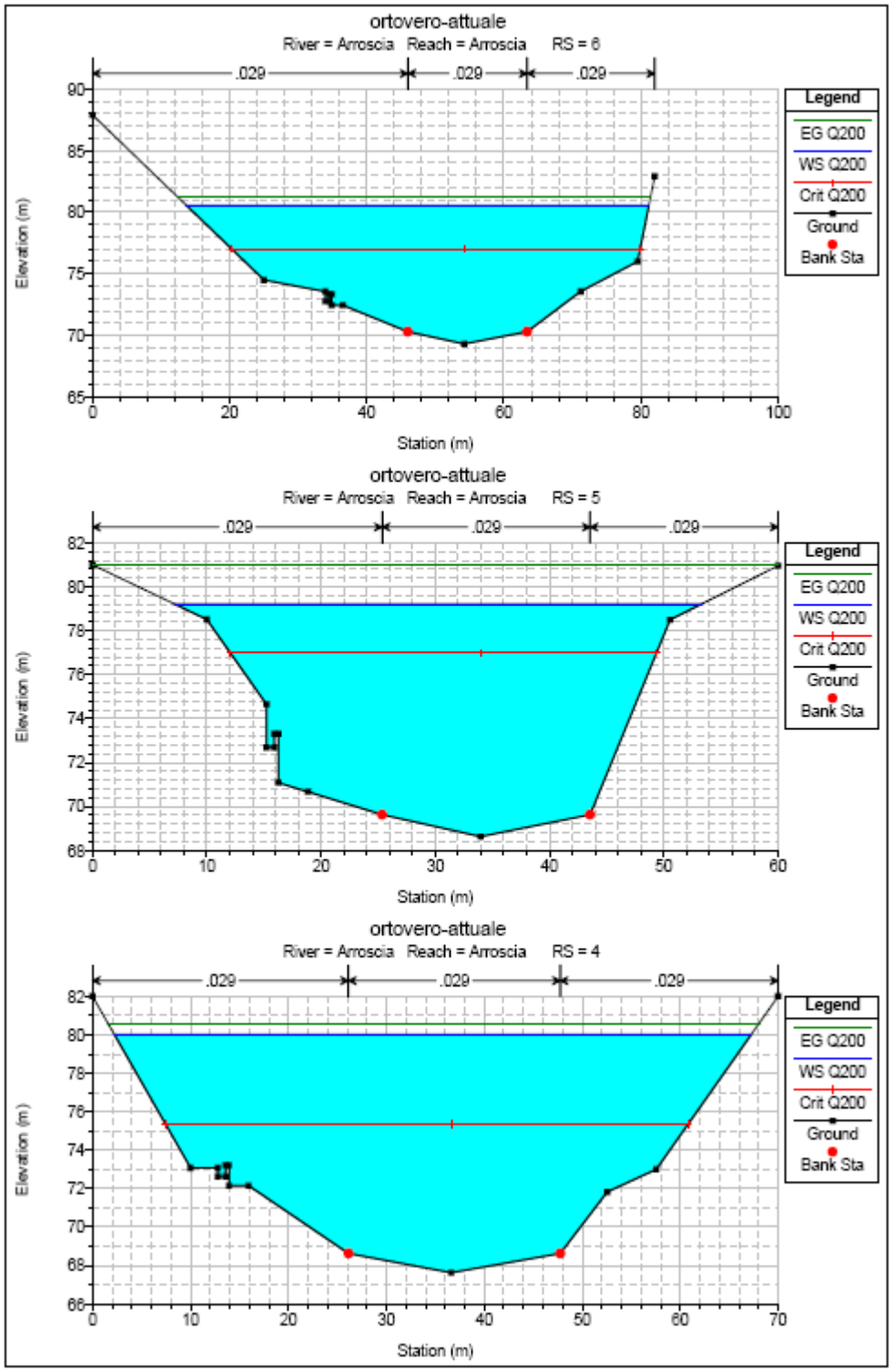


Figura 17: *Sezioni modello idraulico a monte della centrale: <u>stato attuale</u> con portata tempo di ritorno 200 anni.*

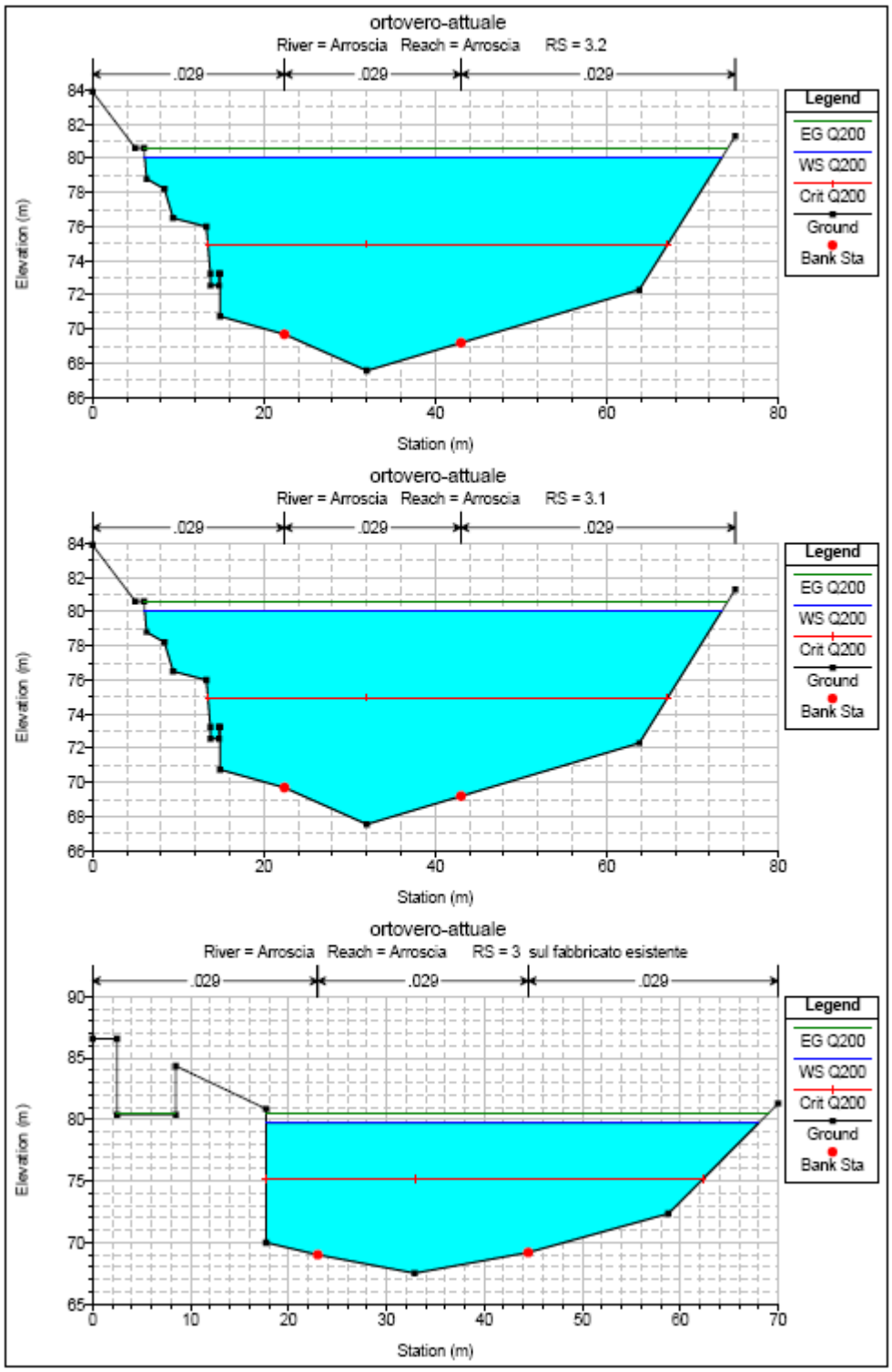


Figura 18: *Sezioni modello idraulico in corrispondenza della centrale: <u>stato attuale</u> con portata tempo di ritorno 200 anni.*

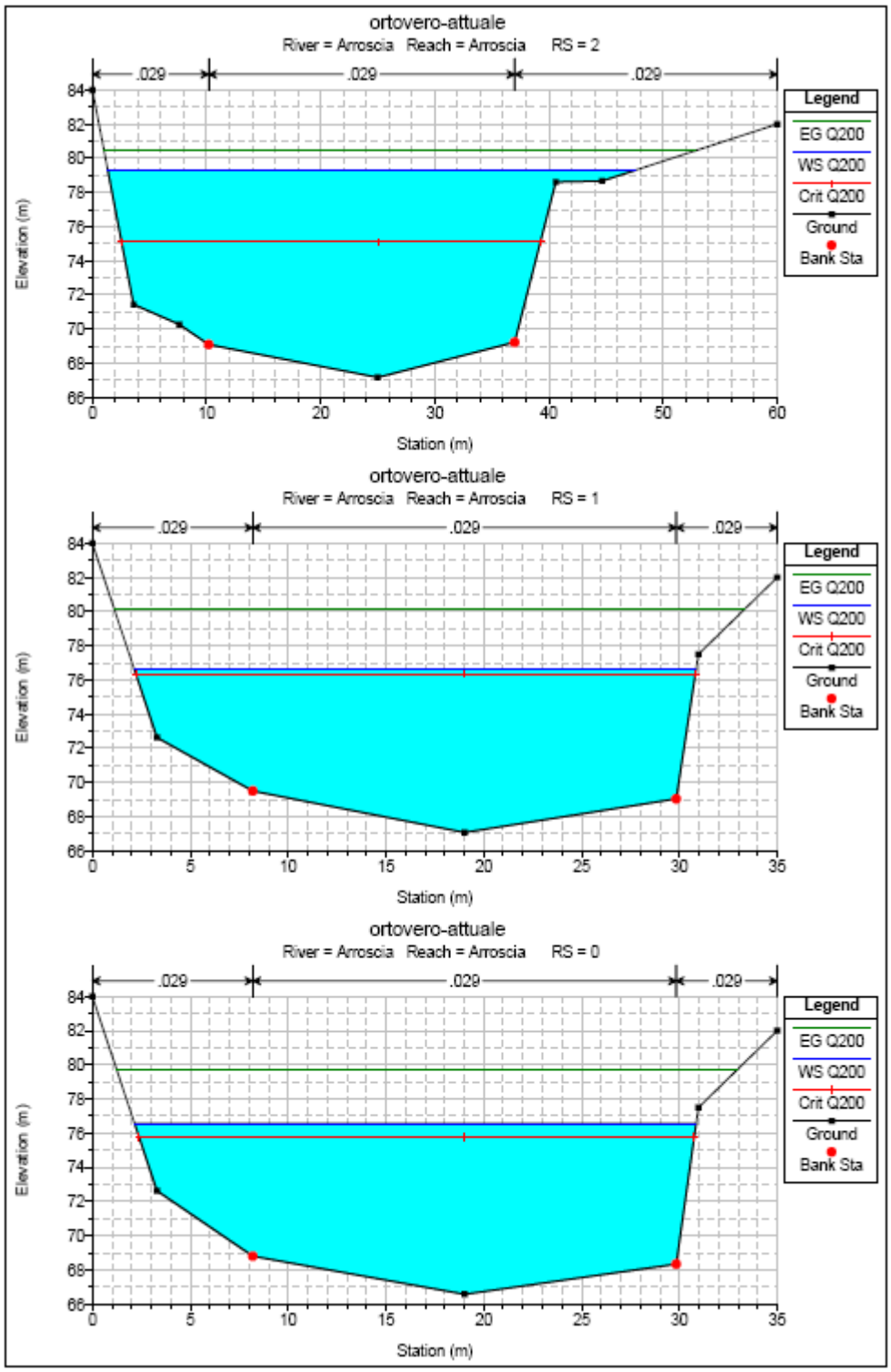


Figura 19: *Sezioni modello idraulico a valle della centrale: stato attuale con portata tempo di ritorno 200 anni.*

9.6 VERIFICA IDRAULICA PER LO STATO DI PROGETTO

Al fine di valutare l'influenza del ripristino dell'impianto sul deflusso della portata di piena, è stata eseguita la simulazione numerica del moto della corrente di piena considerando le modeste variazioni dovute al ripristino dell'opera di presa e del canale di derivazione e alla realizzazione della vasca di carico e del fabbricato di centrale.

La vasca di carico e il nuovo fabbricato di centrale sono inseriti tra le sezioni n° 3.2 e 3.1.

Si riportano di seguito in tabella i risultati della modellazione idraulica monodimensionale, per la portata di progetto con tempo di ritorno 50, 200 e 500 anni.

Si può osservare, dal confronto di stato attuale e stato di progetto, che **si ha una modesta variazione dei livelli nel tratto compreso tra l'opera di presa e il fabbricato in progetto.**

Tale situazione non comporta, comunque, alcun rischio all'ambiente circostante.

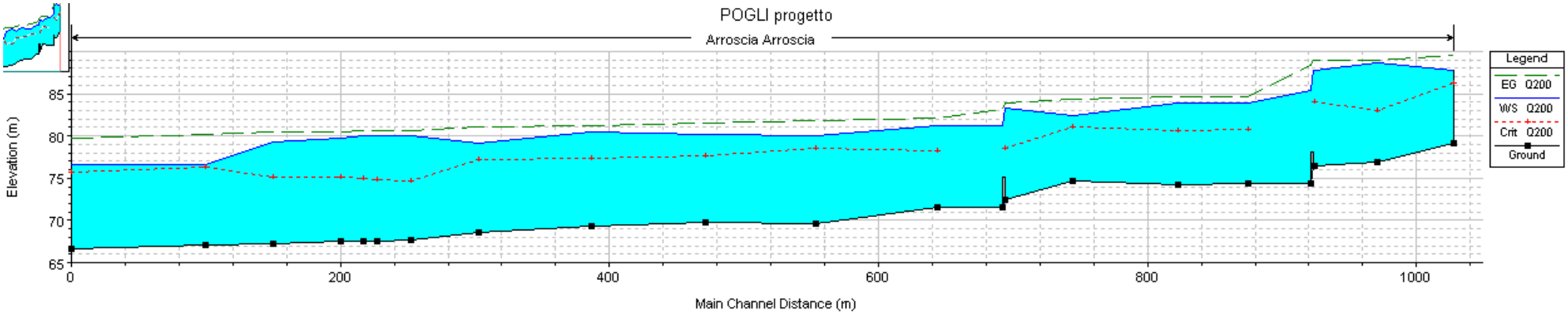


Figura 20: *Profilo longitudinale della corrente nella condizione di progetto con portata tempo di ritorno* ***200 anni****.*

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
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Arroscia	16	Q50	1170.00	79.13	85.72	84.96	87.38	0.002727	5.98	217.30	44.15	0.77
Arroscia	15	Q50	1170.00	76.91	86.65	82.00	86.92	0.000320	2.69	523.38	70.77	0.28
Arroscia	14	Q50	1170.00	76.50	86.03	82.63	86.84	0.000856	4.31	313.13	42.32	0.46
Arroscia	13.9		Inl Struct									
Arroscia	13	Q50	1170.00	74.32	82.16	79.68	82.77	0.000972	4.01	348.08	59.51	0.47
Arroscia	12	Q50	1170.00	74.30	82.16	79.54	82.70	0.000799	3.66	375.39	64.24	0.43
Arroscia	11	Q50	1170.00	74.74	81.20	79.81	82.52	0.002202	5.39	237.83	42.03	0.70
Arroscia	10	Q50	1170.00	72.50	81.77	77.39	82.22	0.000469	2.98	410.11	56.68	0.33
Arroscia	9.9		Inl Struct									
Arroscia	9	Q50	1170.00	71.53	79.87	76.87	79.99	0.001539	4.99	294.82	58.07	0.59
Arroscia	8	Q50	1170.00	69.65	77.31	76.98	79.48	0.003507	7.30	193.92	38.78	0.89
Arroscia	7	Q50	1170.00	69.77	77.61	76.41	79.03	0.002134	5.99	236.73	41.75	0.71
Arroscia	6	Q50	1170.00	69.30	77.90	76.23	78.72	0.001166	4.73	319.77	60.88	0.53
Arroscia	5	Q50	1170.00	68.63	76.60	75.62	78.48	0.002536	6.61	210.07	36.48	0.77
Arroscia	4	Q50	1170.00	67.63	77.42	74.02	78.05	0.000680	3.96	366.20	57.21	0.41
Arroscia	3.2	Q50	1170.00	67.57	77.49	73.85	77.99	0.000591	3.58	402.99	62.32	0.38
Arroscia	3.1	Q50	1170.00	67.55	77.45	73.85	77.98	0.000623	3.67	385.09	55.60	0.39
Arroscia	3	Q50	1170.00	67.51	77.26	73.91	77.95	0.000772	4.10	341.50	47.25	0.44
Arroscia	2	Q50	1170.00	67.17	76.99	73.68	77.89	0.000896	4.38	296.12	37.97	0.47
Arroscia	1	Q50	1170.00	67.07	74.91	74.63	77.63	0.003819	7.50	167.62	27.98	0.92
Arroscia	0	Q50	1170.00	66.57	74.81	74.09	77.18	0.003000	6.99	180.13	27.97	0.83

Tabella 10: *Risultati della modellazione idraulica nello stato di progetto per la portata avente tempo di ritorno **50 anni**. In blu sono indicate le sezioni corrispondenti all'opera di presa, in rosso quelle del fabbricato in progetto.*

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
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Arroscia	16	Q200	1700.00	79.13	87.75	86.33	89.48	0.002006	6.21	311.39	48.43	0.70
Arroscia	15	Q200	1700.00	76.91	88.68	82.96	89.03	0.000323	3.09	670.53	74.28	0.29
Arroscia	14	Q200	1700.00	76.50	87.80	84.05	88.93	0.000945	5.11	390.45	45.00	0.50
Arroscia	13.9		Inl Struct									
Arroscia	13	Q200	1700.00	74.32	83.88	80.71	84.65	0.000923	4.51	452.61	61.76	0.48
Arroscia	12	Q200	1700.00	74.30	83.91	80.55	84.58	0.000752	4.10	488.80	65.87	0.43
Arroscia	11	Q200	1700.00	74.74	82.46	81.10	84.35	0.002469	6.47	291.83	43.38	0.76
Arroscia	10	Q200	1700.00	72.50	83.29	78.59	83.93	0.000555	3.62	498.61	60.36	0.37
Arroscia	9.9		Inl Struct									
Arroscia	9	Q200	1700.00	71.53	81.17	78.30	82.06	0.001042	4.95	436.37	64.69	0.52
Arroscia	8	Q200	1700.00	69.65	79.97	78.50	81.84	0.002064	6.96	307.48	46.64	0.72
Arroscia	7	Q200	1700.00	69.77	80.13	77.71	81.56	0.001502	6.11	347.55	48.04	0.62
Arroscia	6	Q200	1700.00	69.30	80.54	77.28	81.26	0.000732	4.52	488.53	66.94	0.44
Arroscia	5	Q200	1700.00	68.63	79.12	77.23	81.05	0.001844	6.84	309.89	45.42	0.69
Arroscia	4	Q200	1700.00	67.63	79.97	74.74	80.62	0.000535	4.13	521.25	64.33	0.38
Arroscia	3.2	Q200	1700.00	67.57	80.05	74.87	80.57	0.000461	3.74	569.33	67.92	0.35
Arroscia	3.1	Q200	1700.00	67.55	79.97	75.00	80.56	0.000510	3.92	544.29	67.28	0.37
Arroscia	3	Q200	1700.00	67.51	79.72	75.17	80.53	0.000672	4.50	461.14	50.32	0.43
Arroscia	2	Q200	1700.00	67.17	79.31	75.11	80.46	0.000850	4.98	389.42	46.26	0.48
Arroscia	1	Q200	1700.00	67.07	76.64	76.33	80.14	0.003657	8.55	216.86	28.72	0.94
Arroscia	0	Q200	1700.00	66.57	76.57	75.78	79.70	0.003002	8.08	229.82	28.70	0.86

Tabella 11: *Risultati della modellazione idraulica nello stato di progetto per la portata avente tempo di ritorno **200 anni**. In blu sono indicate le sezioni corrispondenti all'opera di presa, in rosso quelle del fabbricato in progetto.*

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
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Arroscia	16	Q500	2040.00	79.13	88.83	87.10	90.67	0.001816	6.43	365.09	50.36	0.68
Arroscia	15	Q500	2040.00	76.91	89.80	83.51	90.20	0.000327	3.32	755.04	76.22	0.30
Arroscia	14	Q500	2040.00	76.50	88.76	84.89	90.08	0.001000	5.57	434.77	48.12	0.52
Arroscia	13.9		Inl Struct									
Arroscia	13	Q500	2040.00	74.32	84.87	81.29	85.73	0.000902	4.78	514.60	63.06	0.48
Arroscia	12	Q500	2040.00	74.30	84.91	81.12	85.66	0.000735	4.34	555.28	66.80	0.44
Arroscia	11	Q500	2040.00	74.74	83.14	81.86	85.41	0.002643	7.10	321.53	44.22	0.80
Arroscia	10	Q500	2040.00	72.50	84.13	79.27	84.90	0.000598	3.97	550.58	61.98	0.38
Arroscia	9.9		Inl Struct									
Arroscia	9	Q500	2040.00	71.53	82.56	79.10	83.43	0.000862	4.93	528.87	68.51	0.48
Arroscia	8	Q500	2040.00	69.65	81.47	79.36	83.24	0.001659	6.88	380.58	51.06	0.66
Arroscia	7	Q500	2040.00	69.77	81.58	78.48	83.02	0.001282	6.19	421.29	53.50	0.59
Arroscia	6	Q500	2040.00	69.30	82.02	77.89	82.73	0.000616	4.52	589.91	70.33	0.41
Arroscia	5	Q500	2040.00	68.63	80.65	78.17	82.53	0.001546	6.89	388.28	57.42	0.65
Arroscia	4	Q500	2040.00	67.63	81.46	76.28	82.13	0.000475	4.21	620.36	68.50	0.37
Arroscia	3.2	Q500	2040.00	67.57	81.54	75.87	82.08	0.000411	3.83	673.19	71.42	0.34
Arroscia	3.1	Q500	2040.00	67.55	81.47	75.67	82.07	0.000451	4.00	647.77	71.32	0.35
Arroscia	3	Q500	2040.00	67.51	81.16	75.92	82.03	0.000626	4.70	539.70	58.86	0.42
Arroscia	2	Q500	2040.00	67.17	80.72	75.94	81.96	0.000795	5.22	459.69	53.18	0.47
Arroscia	1	Q500	2040.00	67.07	77.64	77.30	81.61	0.003589	9.12	245.84	29.25	0.95
Arroscia	0	Q500	2040.00	66.57	77.58	76.74	81.17	0.003001	8.67	259.02	29.18	0.88

Tabella 12: *Risultati della modellazione idraulica nello stato di progetto per la portata avente tempo di ritorno **500 anni**. In blu sono indicate le sezioni corrispondenti all'opera di presa, in rosso quelle del fabbricato in progetto .*

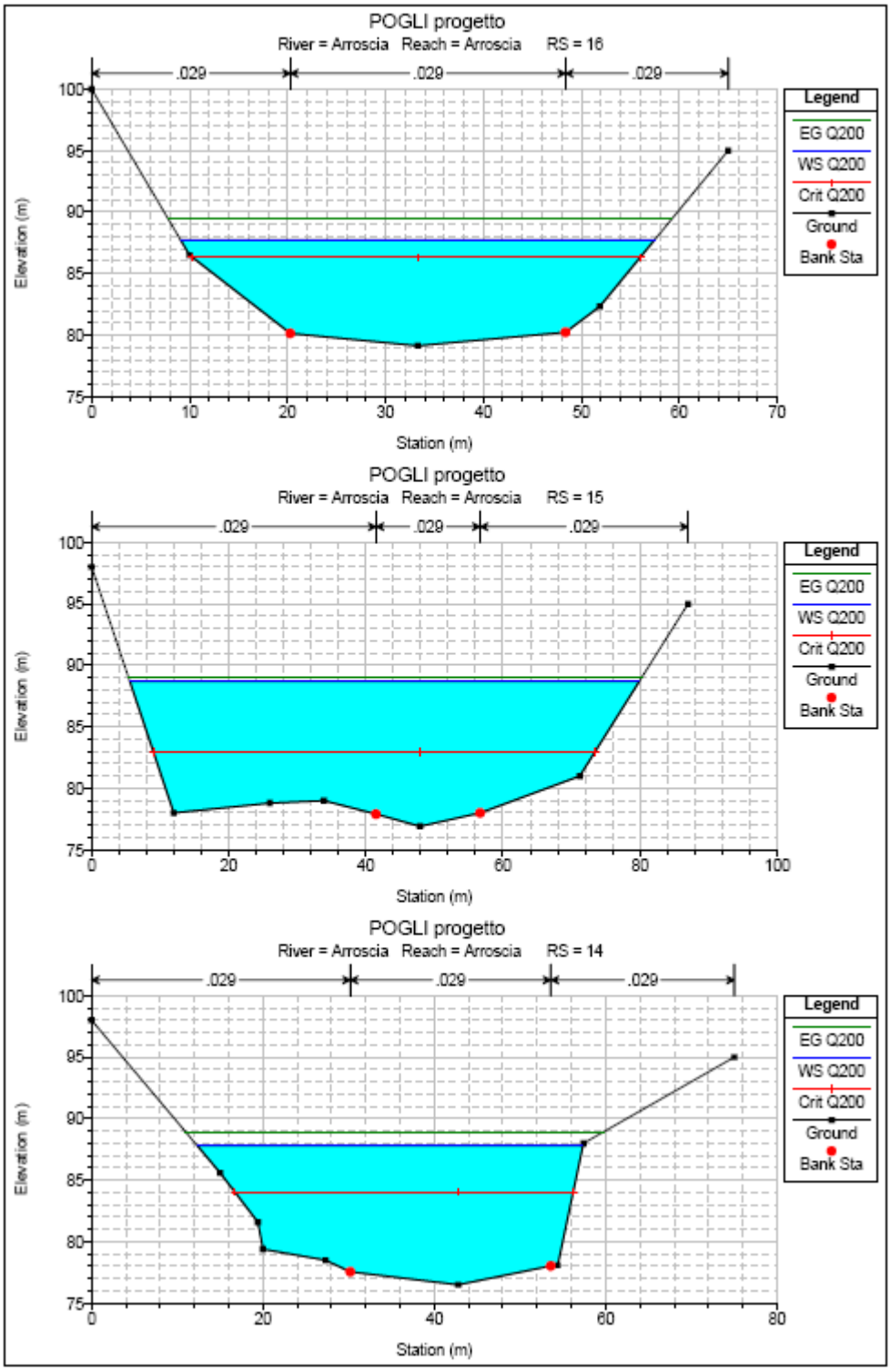


Figura 21: *Sezioni modello idraulico a monte della traversa: stato di progetto con portata con tempo di ritorno di 200 anni.*

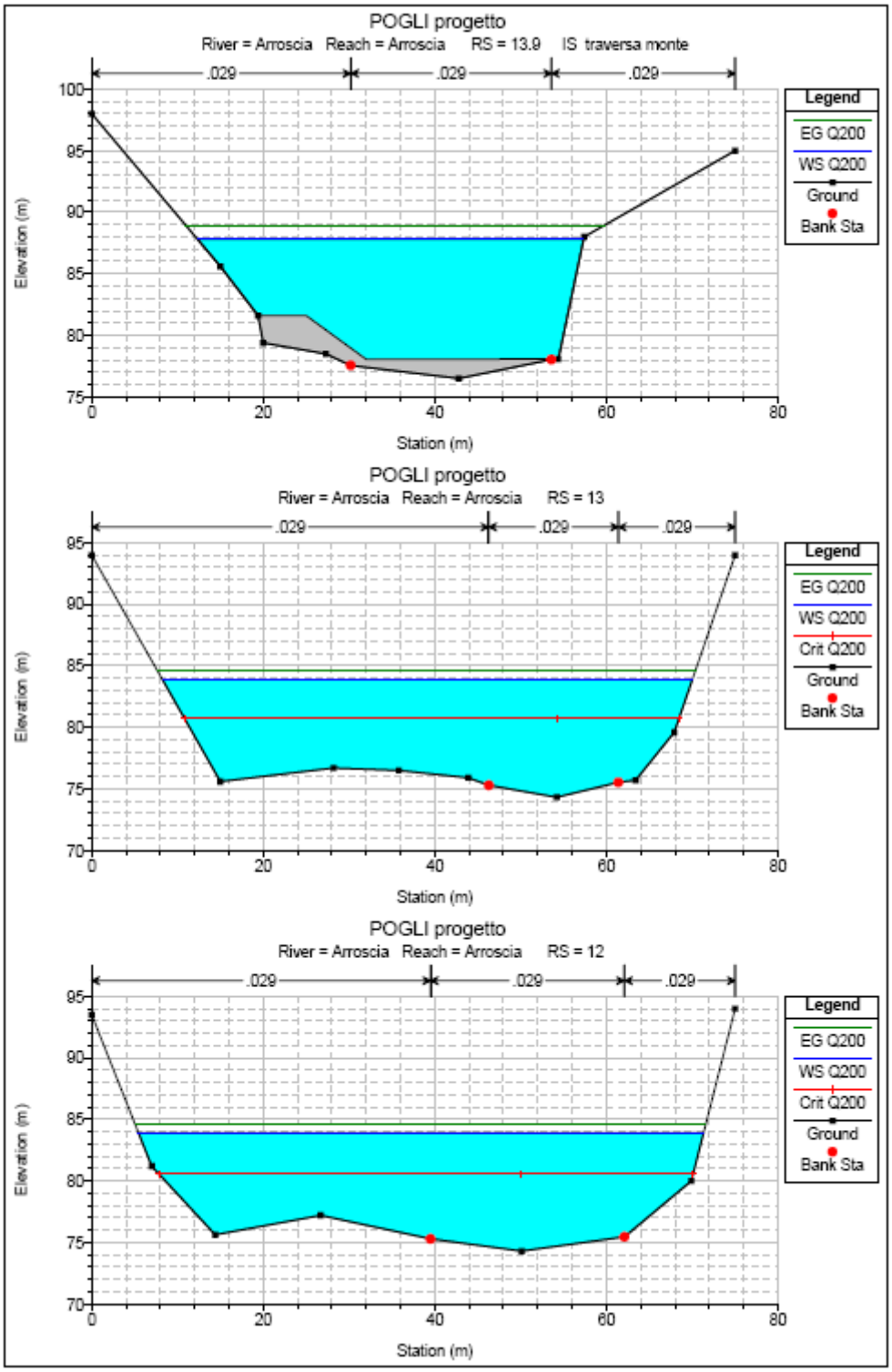


Figura 22: *Sezioni modello idraulico in corrispondenza della traversa: stato di progetto con portata con tempo di ritorno di 200 anni.*

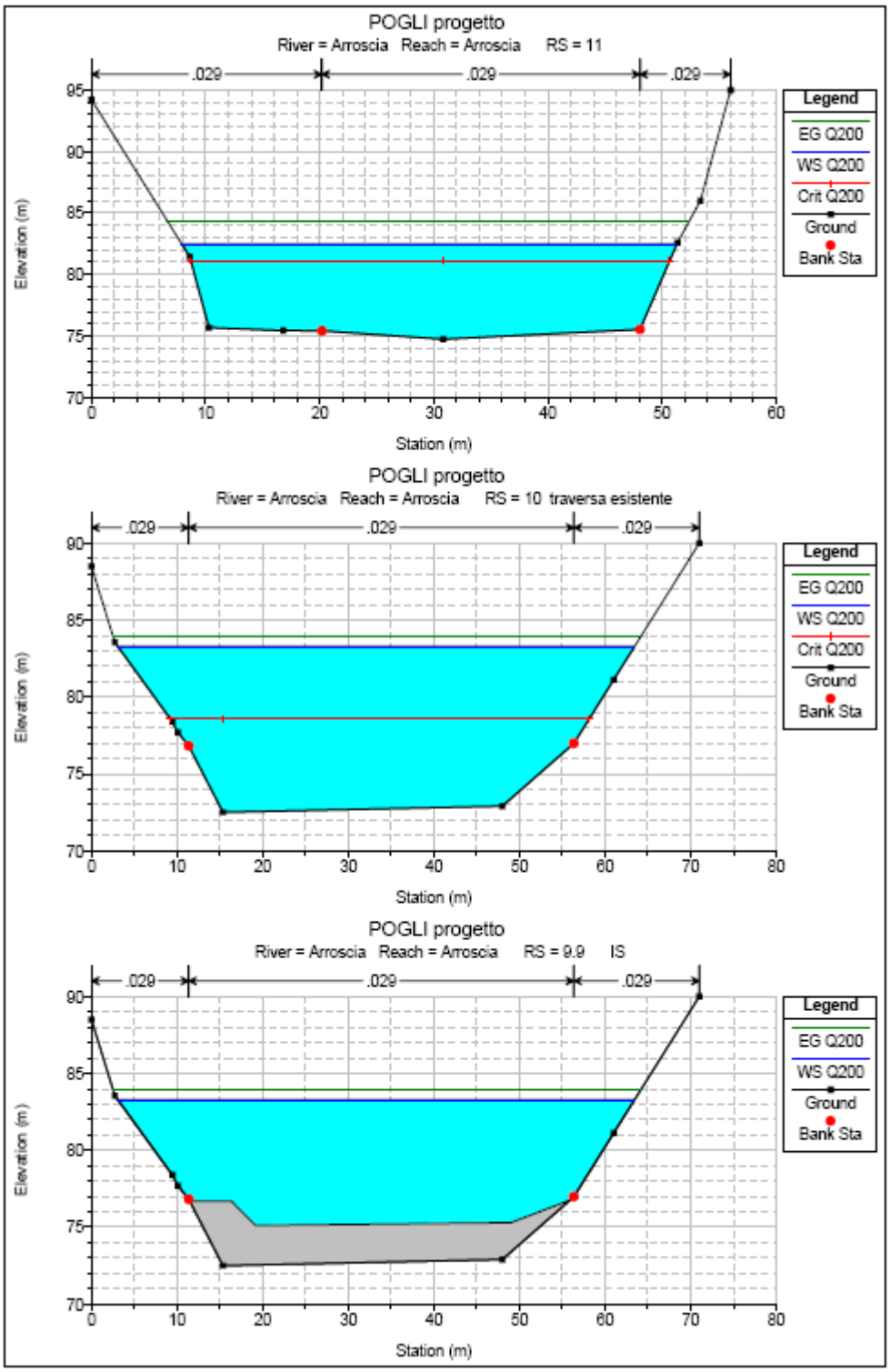


Figura 23: *Sezioni modello idraulico in corrispondenza della traversa: stato di progetto con portata con tempo di ritorno di 200 anni.*

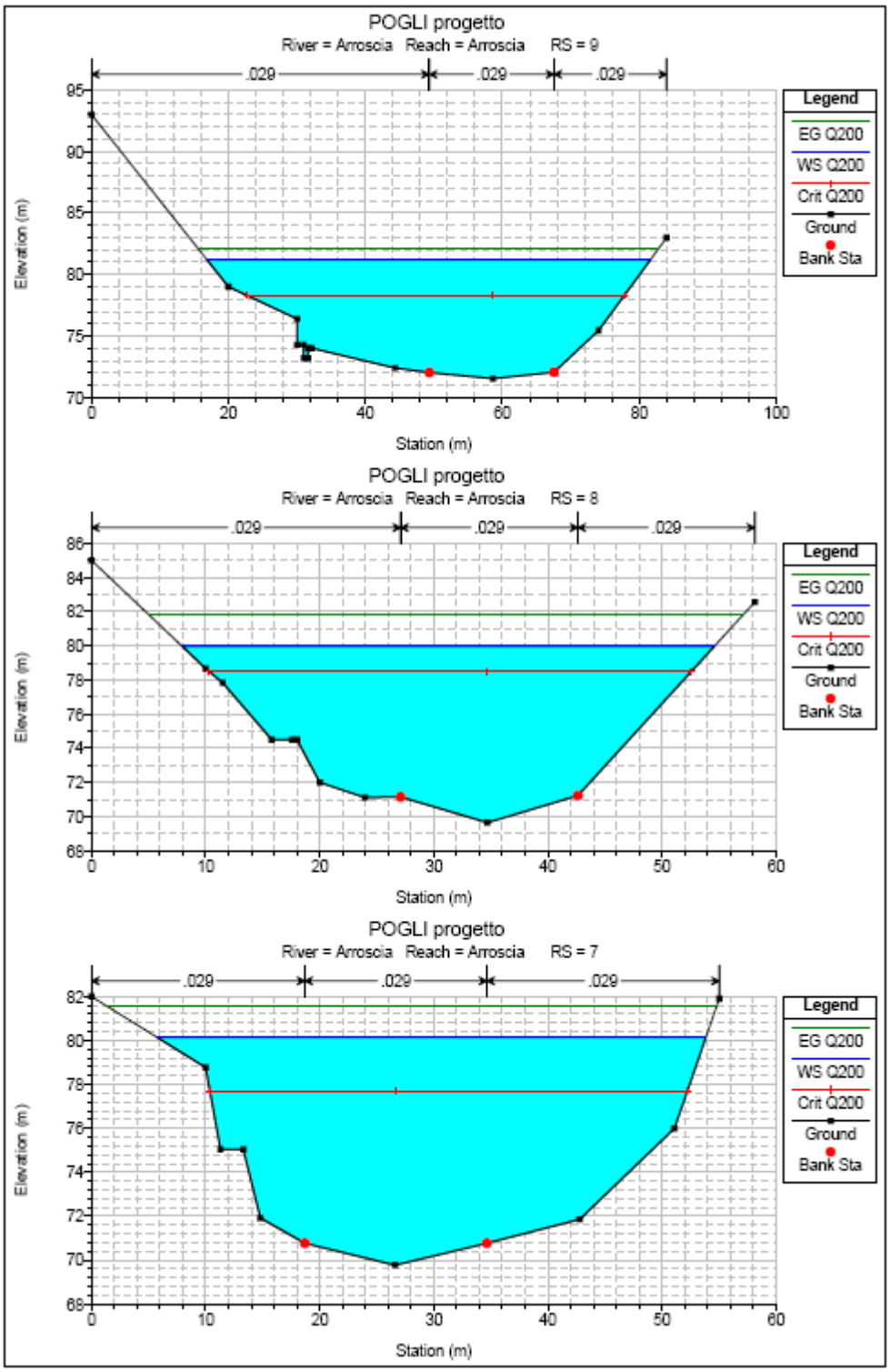


Figura 24: *Sezioni modello idraulico a valle della traversa: stato di progetto con portata con tempo di ritorno di 200 anni.*

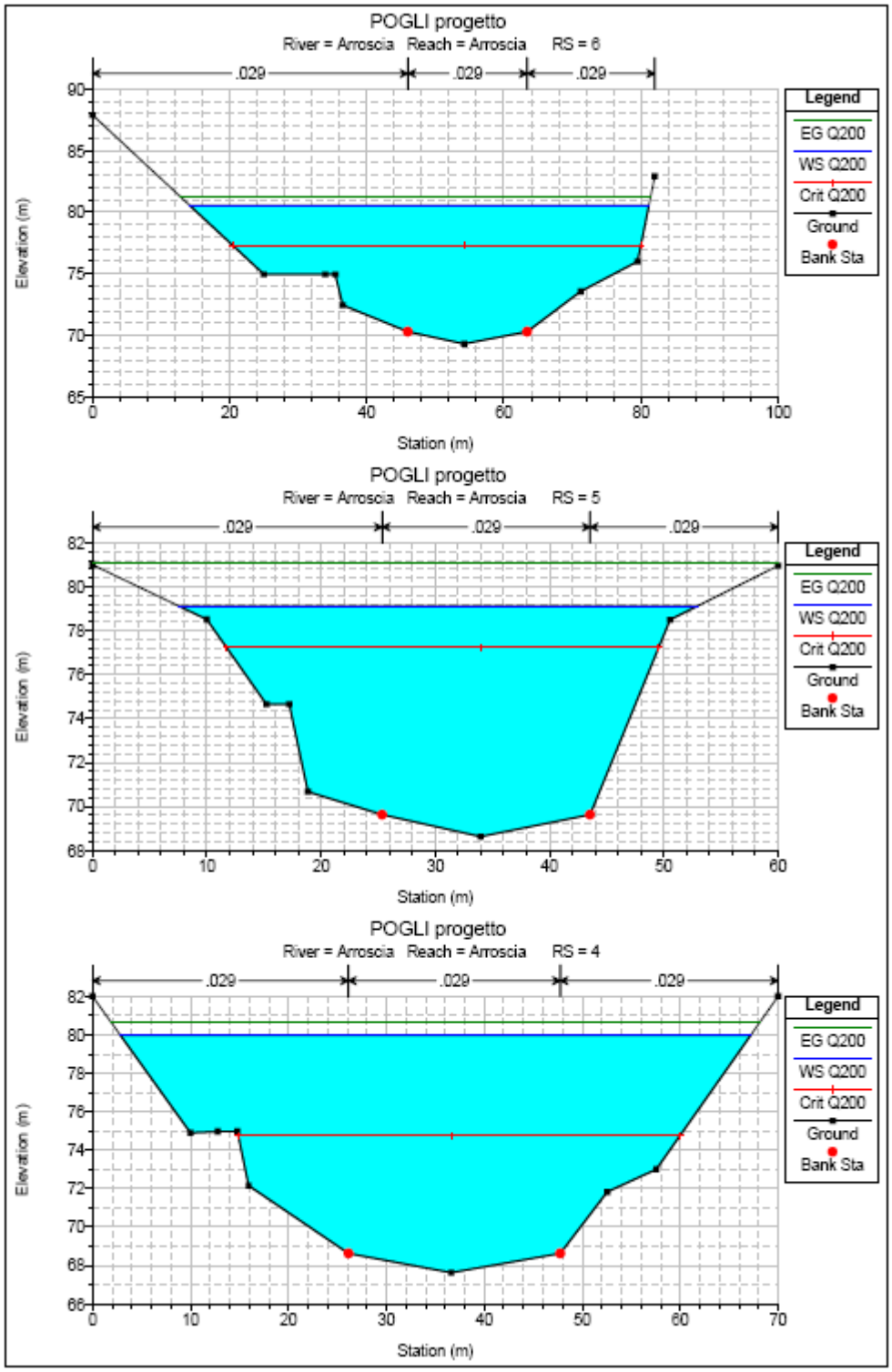


Figura 25: *Sezioni modello idraulico a valle della traversa: <u>stato di progetto</u> con portata con tempo di ritorno di 200 anni.*

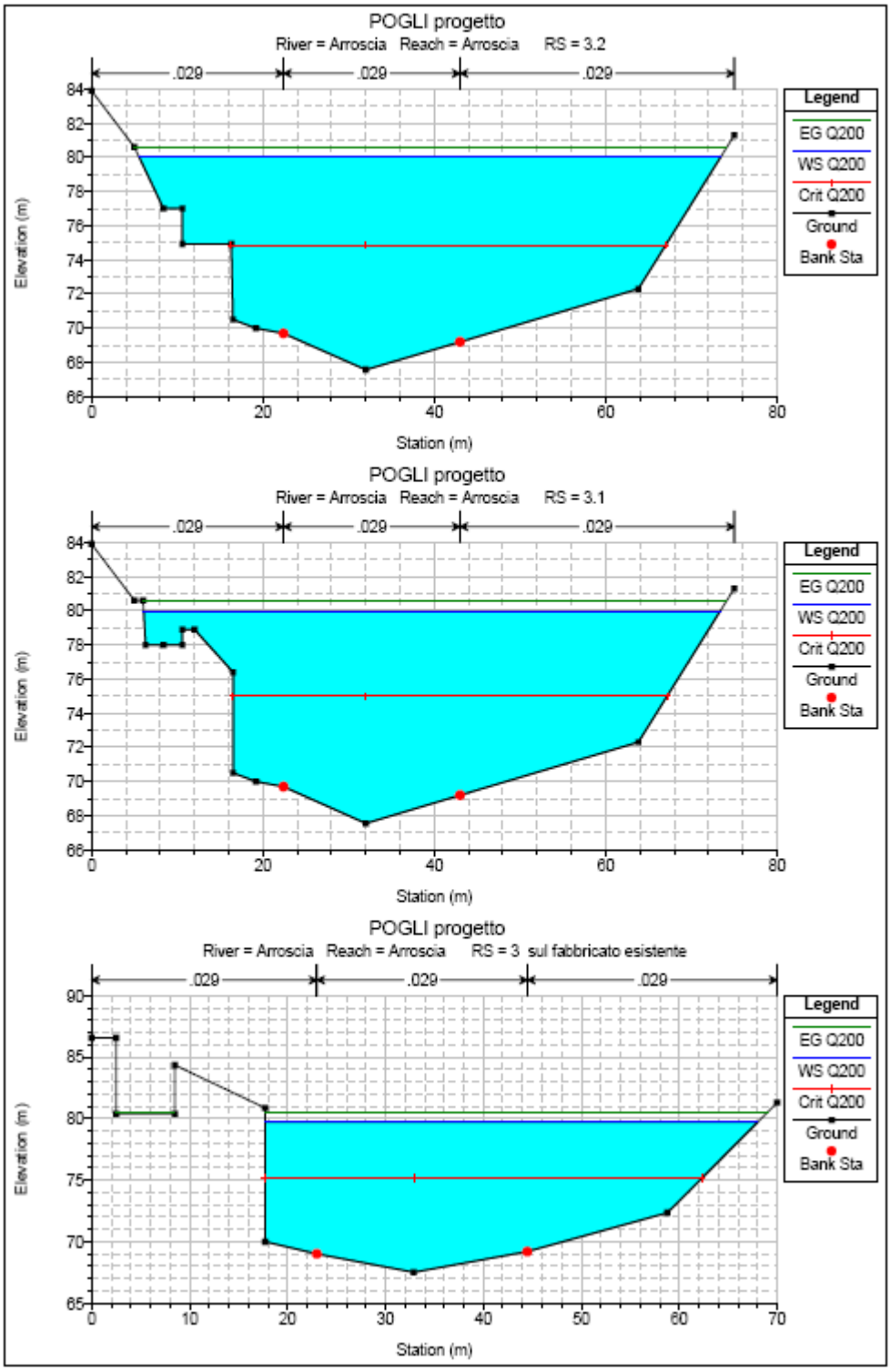


Figura 26: *Sezioni modello idraulico in corrispondenza del fabbricato in progetto: stato di progetto con portata con tempo di ritorno di 200 anni.*

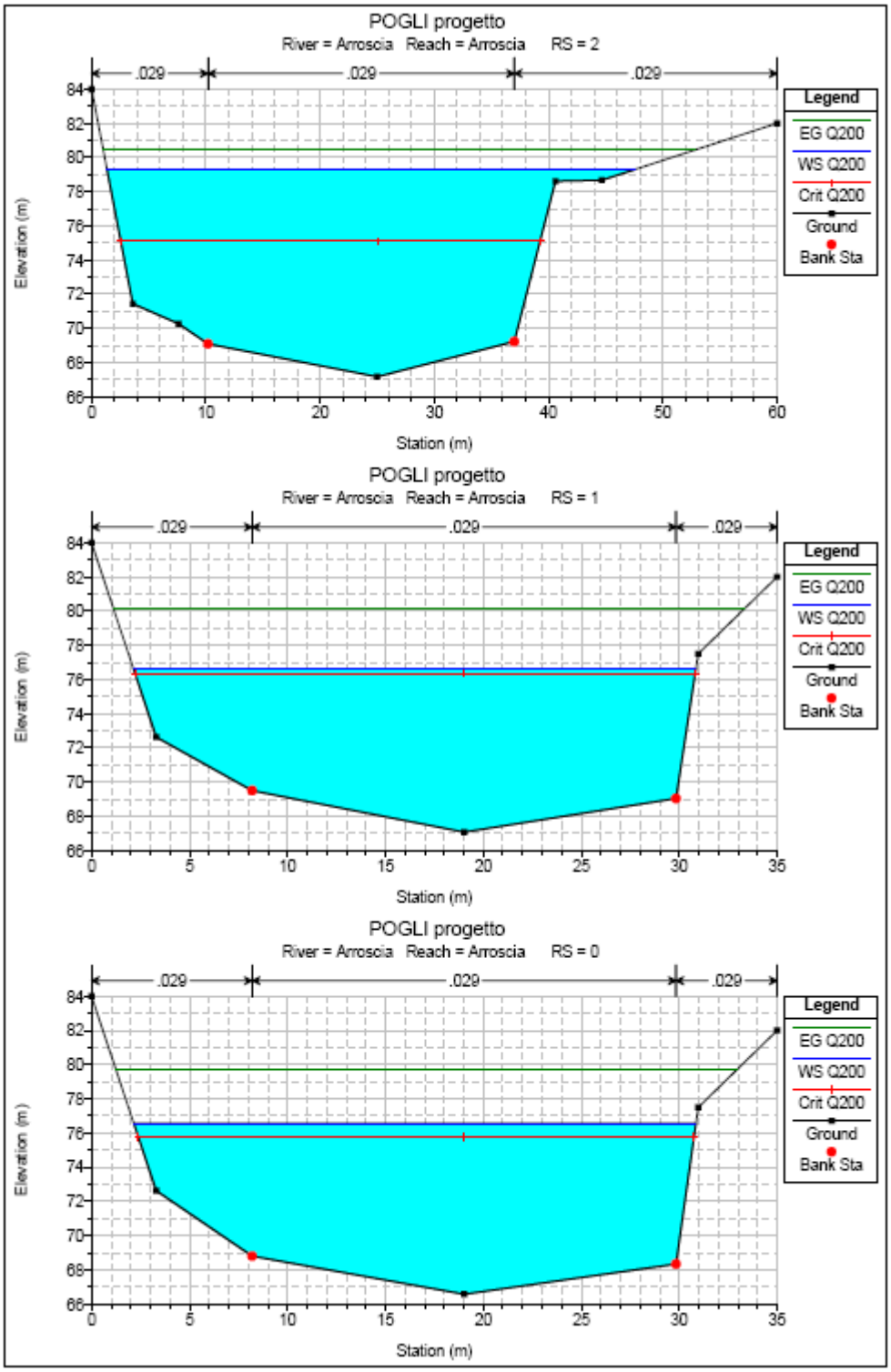


Figura 27: *Sezioni modello idraulico a valle del fabbricato in progetto: stato di progetto con portata con tempo di ritorno di 200 anni.*

10. INTERFERENZA DELLE OPERE A PROGETTO CON I CORSI D'ACQUA SECONDARI

In prossimità del Rio delle Rive il canale esistente percorre un tratto costituito da un ponticello, come si può vedere dalla foto sottostante. Questo ponte-canale è lungo circa 4 metri e alto circa 2 metri.



Figura 28: Ponte-canale esistente in prossimità del Rio delle Rive.

Il progetto prevede la ricostruzione di un nuovo canale, in prossimità di quello esistente, ma con il fondo circa 30 cm più alto. Questo significa che la sezione idraulica del Rio delle Rive aumenta.
Dai calcoli sotto riportati si può vedere che con questo aumento di sezione anche per una piena duecentennale si ha un giusto franco di sicurezza al di sotto del ponte-canale.
La portata di piena del Rio delle Rive è stata calcolata attraverso una proporzione diretta con il Torrente Arroscia in prossimità delle opere in progetto.

Bacino Rio delle Rive: 1,6 kmq

Bacino T. Arroscia all'opera di presa: 199 kmq

Portata di piena ducentennale all'opera di presa: 1700 m3/s

Portata di piena ducentennale Rio delle Rive: 13,7 m3/s

Si considerano: una sezione rettangolare di 2,3 m di altezza e 4 m di larghezza, un coefficiente di Gauckler-Strickler pari a 30 m1/3 s-1 (fondo in pietrame e sponde in cespugli) e una pendenza molto bassa (come si vede dalla foto), intorno all'1%, come nel torrente Arroscia tra le sezioni di progetto ni 5 e 1, in prossimità dell'imbocco del rio delle Rive.
Attraverso tale sezione la portata di 13,7 m3/s passa sotto il ponte-canale con un franco di sicurezza di circa 1 m. Il canale non crea quindi alcuna interferenza con il Rio delle Rive, ma anzi il progetto migliorerà la situazione attuale.
Per quanto riguarda la possibile interferenza del progetto con il Rio Caveglia, anch'essa non sussisterà, in quanto il cavidotto verrà interrato nello spessore della pavimentazione stradale già esistente.

11. QUADRO DI PERICOLOSITA' ATTUALE E RESIDUA

Le Tavole n° 6 "STATO ATTUALE: RILIEVO TOPOGRAFICO SU FOTO AEREA" e n°3 "ESTRATTO MAPPA CATASTALE CON OPERE IN PROGETTO E PIANO PARTICELLARE" riportano i limiti delle aree inondabili dalla piena duecentennale determinati con la simulazione idraulica ed i limiti demaniali del torrente Arroscia.

Per quanto riguarda la compatibilità del fabbricato di centrale, interrato nella sponda antistante il fabbricato esistente, rispetto alla fascia di in edificabilità assoluta, pari a 10 m dal limite d'alveo, imposta dal R.R. 3/2011, si osserva che il regolamento ammette, all'art. 5, la realizzazione di *"impianti tecnologici o similari"* entro il limite di fascia di in edificabilità.

Come si può vedere nella tabella sotto riportata, dal confronto tra le simulazioni dello stato attuale e dello stato di progetto, si ha una modesta variazione dei livelli nel tratto compreso tra l'opera di presa e il fabbricato in progetto, di alcuni centimetri, in positivo per quanto riguarda il tratto interessato dal canale e in negativo solo nella sezione a valle della traversa in progetto, dove verrà ripristinata la vasca di carico. Tale situazione non comporta alcun aumento della pericolosità e del rischio all'ambiente circostante in quanto si ha un miglioramento dei livelli fino a 8 cm massimo in più sezioni ed un peggioramento del livello di 9 cm in una sola sezione. Questo non crea alcuna modifica delle aree inondabili. Il fabbricato di centrale risulta praticamente tutto interrato, non creando quindi alcun restringimento della sezione.

Dal **Piano di Bacino del Centa, Capitolo 4**, per "*Pericolosità*" si intende "*la probabilità che si realizzino le condizioni di accadimento dell'evento calamitoso…La pericolosità, per quanto riguarda il rischio di inondazione, è legata al tempo di ritorno della portata di massima piena."*

Il progetto non crea una modifica dei tempi di ritorno delle piene, per cui non determina un aumento della pericolosità. I limiti delle aree esondabili visibili nelle tavole di progetto sopraccitate sono identici tra stato attuale e stato di progetto, in quanto un cambiamento altimetrico di qualche centimetro dei livelli non determina una modifica planimetrica percepibile.

Il canale risulta per la sua intera lunghezza al di fuori dell'area demaniale, nel sedime del canale esistente, e comporta un miglioramento dello stato attuale.

L'opera di presa in progetto (sez. 9.9 di Hec-ras) non altera lo stato attuale.

Le strutture in progetto non determineranno quindi un aggravio delle condizioni di rischio idraulico nelle aree perifluviali.

Tabella 13: confronto dei livelli della piena duecentennale, tra stato attuale e stato di progetto.

n° SEZ. TAV.7REV.1	n° SEZ. HEC-RAS	QUOTA STATO ATTUALE [m s.l.m.]	QUOTA STATO DI PROGETTO [m s.l.m.]	DIFFERENZA [m]	NOTE
	0	76.57	76.57	0	
	1	76.64	76.64	0	
1	2	79.31	79.31	0	
2	3	79.72	79.72	0	fabbricato esistente
	3.1	80.05	79.97	-0.08	nuovo fabbricato
	3.2	80.06	80.05	-0.01	nuovo fabbricato
3	4	80.02	79.97	-0.05	
4	5	79.21	79.12	-0.09	
5	6	80.55	80.55	0	
6	7	80.12	80.12	0	
7	8	79.97	79.97	0	
8	9	81.08	81.17	0.09	
9	9.9	83.29	83.29	0	traversa di progetto
	10	83.29	83.29	0	
10	11	82.47	82.47	0	
	12	83.91	83.91	0	
	13	83.88	83.88	0	
	13.9	87.8	87.8	0	traversa di monte
	14	87.8	87.8	0	
	15	88.68	88.68	0	
	16	87.75	87.75	0	

12. TABELLA RIASSUNTIVA DELLE CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO

Area bacino torrente Arroscia sotteso dalla presa in progetto	**199 Km²**
Comune interessato	**ORTOVERO**
Portata idrica massima derivabile	**6,00 mc/s**
Deflusso Minimo Vitale (DMV) di calcolo	**0,22 mc/s**
Deflusso Minimo Vitale (DMV) rilasciato	**0,27 mc/s**
Media annuale DMV + modulazione	**2,00 mc/s**
Portata idrica media derivabile (Portata di concessione)	**2, 34 mc/s**
Volume medio annuo turbinabile	**73.600.000 mc**
Portata media annua non turbinata	**2,07 mc/s**
Quota del pelo morto superiore	**75,04 m s.l.m.**
Quota del pelo morto inferiore	**69,00 m s.l.m.**
Salto idraulico lordo (di concessione)	**6,04 m**
Lunghezza canale di derivazione	**438 m**
Dimensioni canale di derivazione (interne)	**1,80 m x 1,60 m**
Numero e tipo turbine	**Una Kaplan**
Potenza massima nominale dell'impianto	**355,50 kW**
Rendimento macchine	**80 %**
Potenza installata (potenza massima effettiva)	**259,16 kW**
Potenza nominale media (di concessione)	**138,65 kW**
Potenza media effettiva dell'impianto	**94,94 kW**
Producibilità media annua	**830.000 kWh**
Funzionamento impianto (media annua)	**274 giorni (6.576 ore)**
Funzionamento a massima potenza	**17 giorni (408 ore)**
Fermo impianto (media annua)	**92 giorni (2.208 ore)**

NOVICONSULT s.a.s.
Via Novi 70/A - 15060 Basaluzzo AL
E-mail: info@noviconsult.it
tel: 0143 487735