ITEC engineering

COMUNE DI GENOVA

Committente:
Comune di Genova

Livello di Progetto:
Esecutivo

Titolo:

OPERE DI ADEGUAMENTO IDRAULICO DEL TORRENTE CHIARAVAGNA – ULTIMO LOTTO

Oggetto:

RELAZIONE IDRAULICA

Codice Progetto:
P075-18

Nome File:
P075-18-E-RE-IDR-001-B.DOCX

Firme:



Rev.	Modifiche/Revisioni	Redatto	Data	Contr./Appr.	Data
A	Prima emissione	MI	20/12/2018	DR	20/12/2018
B	Aggiornamento	MI	29/05/2019	DR	30/05/2019

ITEC engineering S.r.l.
19038 SARZANA (SP)
Via Variante Aurelia, 98
TEL. +39 0187 610532
info@itec-engineering.it

16129 GENOVA
Via Antonio Cecchi 7/9-10
TEL. +39 010 5959690
www.itec-engineering.it

ASSOCIATO oice CONFINDUSTRIA

efca FIDIC

ACCREDIA

apave Certification
ISO 9001
N° SC 10-2588/IAF 34

È vietata a norma di legge la riproduzione, anche parziale, non autorizzata di questo documento

INDICE

1 PREMESSA 2

2 PROGETTO PRELIMINARE APPROVATO 3

2.1 DESCRIZIONE 3
2.2 INTERVENTI GIÀ REALIZZATI O IN FASE DI REALIZZAZIONE 3

3 INTERVENTI PREVISTI 5

3.1 TRATTO A VALLE DELL'EDIFICIO LEONARDO (EX ELSAG) 5
3.2 TRATTO DI CONFLUENZA CON IL RIO RUSCAROLO 5
3.3 TRATTO A MONTE DELLA CONFLUENZA CON IL RIO RUSCAROLO 6

4 VERIFICHE IDRAULICHE TORRENTE CHIARAVAGNA 8

4.1 PORTATE DI RIFERIMENTO 8
4.2 METODOLOGIE DI CALCOLO 8
4.3 PARAMETRI DI CALCOLO E CONFIGURAZIONI DI VERIFICA 8
4.4 RISULTATI 10
4.5 CONFRONTO CON PROFILI HYDRODATA 12

5 IL MODELLO FISICO DELLA CONLUENZA 14

6 COLLETTORI RETE MISTA 16

6.1 DESCRIZIONE 16
6.2 VERIFICA IDRAULICA 16
6.2.1 Metodologia di calcolo 16
6.2.2 Risultati 17

Allegati:

ALLEGATO A: Verifiche idrauliche in moto permanente del torrente Chiaravagna

Appendici:

APPENDICE 1: Software di calcolo HecRas 5.0.5

1 PREMESSA

La presente relazione fa parte del *Opere di adeguamento idraulico del torrente Chiaravagna - ultimo lotto progetto esecutivo*.

Essa contiene le verifiche idrauliche del torrente Chiaravagna nella configurazione finale di progetto nel tratto compreso tra il viadotto dell'Autostrada A10 Genova-Savona e lo sbocco a mare.

Quest'ultimo è stato redatto con riferimento al progetto preliminare di Hydrodata del 2001, con alcune modifiche dovute principalmente ad approfondimenti di carattere topografico e progettuale.

Quale attività propedeutica è stata raccolta la documentazione relativa ai progetti previsti nel progetto preliminare che sono stati realizzati o sono in corso di esecuzione.

Sulla base di tale documentazione sono stati aggiornati e omogeneizzati i rilievi dell'alveo lungo tutto il tratto, ed è stata realizzata una nuova base topografica di riferimento.

Particolare attenzione nella fase di progetto è stata posta nella risoluzione del nodo di confluenza con il rio Ruscarolo e del tratto d'alveo in corrispondenza dell'edificio Leonardo (ex ELSAG).

Quest'ultimo è interessato dalla presenza di pilastri in alveo, dalla presenza della platea di fondazione lungo il nuovo fornice di sinistra e dall'interferenza con la rete mista esistente che presenta quote di scorrimento superiori al fondo alveo.

2 PROGETTO PRELIMINARE APPROVATO

2.1 DESCRIZIONE

Il progetto generale di sistemazione idraulica del tratto terminale del torrente Chiaravagna redatto dall'ATI tra STI e HYDRODATA nel novembre 2001 ha individuato, tra le possibili configurazioni di progetto, quella più efficace che consente lo smaltimento delle portate 200-ennali mediante i seguenti interventi:

- sistemazione del tratto a monte e realizzazione di una vasca di raccolta del materiale solido trasportato dalla corrente in corrispondenza del ponte autostradale (interventi 1 e 2);
- regolarizzazione tratto d'alveo dal ponte di Via Bissone alla passerella di Via VIII Società Case (intervento 3);
- abbassamento della quota di fondo alveo lungo tutto il tratto a valle della passerella di Via VIII Case sino allo sbocco a mare (interventi da 4 a 15);
- demolizione e ricostruzione dei ponti di Via Chiaravagna e di Via Giotto con strutture a campata unica (interventi 5 e 7) e sistemazione del tratto intermedio, con demolizione dei fabbricati in alveo a monte e a valle di via Giotto (intervento 6);
- demolizione e ricostruzione del ponte di Via Manara con una struttura a due luci, una sul torrente Chiaravagna e una sul rio Ruscarolo, con spostamento a monte della confluenza e sistemazione del tratto d'alveo tra Via Giotto e Via Manara, con demolizione dell'edificio di civile abitazione in sponda sinistra del torrente Chiaravagna, immediatamente a monte del ponte di Via Manara (interventi 8 e 9);
- allargamento alveo in sponda sinistra, in corrispondenza dello stabilimento ELSAG (intervento 10);
- allargamento alveo in sponda sinistra nel tratto tra l'edificio Elsag e gli attraversamenti ferroviari (intervento 11);
- realizzazione nuovo fornice in sponda sinistra in corrispondenza degli attraversamenti ferroviari (intervento 12);
- allargamento alveo in sponda sinistra nel tratto prospiciente l'area ILVA compreso tra gli attraversamenti ferroviari e il ponte della Piaggio (intervento 13);
- demolizione ponte Piaggio (intervento 14);
- realizzazione nuovo fornice in sponda sinistra nel tratto interferente con l'area "Piaggio" compreso tra il ponte Piaggio e lo sbocco a mare (intervento 15).

2.2 INTERVENTI GIÀ REALIZZATI O IN FASE DI REALIZZAZIONE

Gli interventi previsti nel progetto preliminare sono stati ad oggi quasi totalmente realizzati o sono in corso di realizzazione, ad esclusione di quelli previsti nel presente progetto che, come già detto, rappresenta l'Ultimo Lotto esecutivo dei lavori.

Procedendo da monte verso valle sono stati realizzati i seguenti interventi:

- realizzazione di una vasca di raccolta del materiale solido trasportato dalla corrente

in corrispondenza del ponte autostradale (interventi 1 e 2);

- rifacimento del ponte di Via Giotto e demolizione degli edifici in alveo a monte e a valle dello stesso (interventi 6 e 7);
- demolizione e ricostruzione del ponte di Via Manara, spostamento a monte della confluenza e demolizione dell'edificio di civile abitazione in sponda sinistra del torrente Chiaravagna, immediatamente a monte del ponte di Via Manara (interventi 8 e 9);
- allargamento alveo in sponda sinistra, in corrispondenza dello stabilimento ELSAG (intervento 10);
- allargamento alveo in sponda sinistra nel tratto tra l'edificio Elsag e gli attraversamenti ferroviari (intervento 11);
- realizzazione nuovo fornice in sponda sinistra in corrispondenza degli attraversamenti ferroviari (intervento 12);
- allargamento alveo in sponda sinistra nel tratto prospiciente l'area ILVA compreso tra gli attraversamenti ferroviari e il ponte della Piaggio (intervento 13);
- demolizione ponte Piaggio (intervento 14).

Sono invece in corso di realizzazione i seguenti interventi:

- rifacimento del ponte di Via Chiaravagna (intervento 5);
- realizzazione nuovo fornice in sponda sinistra nel tratto compreso tra il ponte Piaggio e lo sbocco a mare (intervento 15).

3 INTERVENTI PREVISTI

Gli interventi previsti nel presente progetto sono quelli necessari al completamento del progetto preliminare del 2001 e, procedendo da valle verso monte, sono suddivisibili in tre tratti distinti:

- tratto a valle dell'edificio Leonardo (ex ELSAG);
- tratto di confluenza con il rio Ruscarolo;
- tratto a monte della confluenza con il rio Ruscarolo.

Di seguito si riporta una descrizione sintetica degli interventi con particolare riferimento alla geometria e alla conseguente sistemazione idraulica del tratto, mentre per la descrizione degli aspetti più specificatamente strutturali dell'intervento si rimanda alle relazioni tecniche allegate al progetto.

3.1 TRATTO A VALLE DELL'EDIFICIO LEONARDO (EX ELSAG)

In tale tratto è previsto l'abbassamento del fondo e la conseguente asportazione del materiale in eccesso dall'alveo.

Ciò comporta un intervento di sottomurazione dell'argine in sponda destra in corrispondenza dell'area ex Cognitex (compreso tra l'edificio Leonardo e Via Albareto) mediante micropali e relativo cordolo di testa.

In tale tratto verrà mantenuto il fondo naturale con l'interposizione di alcune soglie in massi cementati che fissano le quote del fondo e faciliteranno le operazioni di pulizia e manutenzione dell'alveo tratto.

Le sottomurazioni del tratto interessato dagli attraversamenti ferroviari saranno curate dalle stesse Ferrovie dello Stato.

3.2 TRATTO DI CONFLUENZA CON IL RIO RUSCAROLO

Il tratto è compreso tra la briglia a valle dell'edificio Leonardo e il ponte di Via Giotto e in esso sono previsti i seguenti interventi:

- realizzazione di una nuova briglia in corrispondenza della passerella pedonale a valle dell'edificio Leonardo di altezza pari a circa 0.8 m, con quota di sommità pari a 1.67 m s.l.m.;
- sottomurazione dei setti e dei muri laterali nel tratto sotto l'edificio;
- sottomurazione di tratti di muri d'argine su entrambe le sponde tra Via Manara e Via Giotto;
- realizzazione di due nuove briglie, una sul torrente Chiaravagna a valle del ponte di Via Giotto, di altezza di circa 0.4 m e quota in sommità pari a 3.36 m s.l.m., l'altra

sul rio Ruscarolo, in corrispondenza del ponticello in pietra ad arco, di altezza pari a circa 1.8 m e quota in sommità pari a 4.6 m s.l.m.;

- abbassamento (-1.5 m circa) e plateazione del fondo alveo in tutto il tratto;
- risoluzione dell'interferenza con la fogna mista mediante realizzazione di nuove condotte (2 DN700 in PEAD) tra la briglia sul rio Ruscarolo e l'area ABB.

L'abbassamento del fondo nel tratto sotto l'edificio presenta alcune problematiche legate alla presenza di pilastri in alveo non indicati nel progetto preliminare, all'ubicazione e alla struttura della platea di fondazione lungo il nuovo fornice di sinistra, e alla tipologia e consistenza dei setti e dei muri d'argine esistenti.

Sulla base di tali evidenze il progetto prevede una quota di fondo differente tra i diversi fornici ed in particolare quote variabili da 3.6 m s.l.m. a 3.5 s.l.m. nel nuovo fornice di levante (superiori di circa 0.6 m rispetto al progetto preliminare) e da 2.7 m s.l.m. a 2.5 m s.l.m. nei due fornici centrale e di ponente (inferiori di 0.3 m rispetto al progetto preliminare).

Vengono mantenute le pendenze del progetto preliminare.

Il collegamento con le quote del tratto a monte è previsto mediante la realizzazione della briglia a valle del ponte di Via Giotto.

Tale nuova configurazione è idraulicamente "equivalente" a quella del progetto preliminare in termini di quote del pelo libero e dei relativi franchi.

La presenza della briglia a valle del ponte di Via Giotto consente inoltre un miglioramento del deflusso attraverso il ponte con franchi adeguati.

Per quanto riguarda la fognatura mista, la soluzione progettuale proposta prevede la realizzazione di nuove condotte affiancate DN700 in PEAD che raccolgono i reflui provenienti dalla rete nera posata lungo il rio Ruscarolo e le acque miste del collettore in corrispondenza dell'Istituto tecnico "Bergese; le condotte verranno inglobate in un bauletto di cls posato lungo la sponda sinistra sino al collegamento al tratto di valle (sotto il parcheggio dell'area ABB) realizzato nei lotti precedenti.

Tale soluzione consente il mantenimento del funzionamento a pelo libero lungo tutto il tratto, con conseguenti minori oneri di manutenzione e pulizia.

Le prove su modello fisico hanno dimostrato la fattibilità idraulica di tale soluzione, senza significative differenze delle caratteristiche di deflusso delle portate di piena rispetto alla soluzione alternativa che prevedeva la realizzazione di un sifone per il collettore della fogna mista, senza ingombri in alveo.

3.3 TRATTO A MONTE DELLA CONFLUENZA CON IL RIO RUSCAROLO

Gli interventi previsti in tale tratto sono:

- allargamento e realizzazione di nuovo muro d'argine in sponda destra nel tratto a monte di Via Giotto con struttura a sbalzo per consentire l'accesso pedonale all'edificio in fregio;
- sottomurazioni dei muri d'argine su entrambe le sponde nel tratto compreso tra Via Giotto e la passerella di Via VIII Società Case;
- demolizione di edifici in sponda sinistra a monte del viadotto autostradale e contestuale realizzazione di nuovi muri d'argine e/o sottomurazioni su entrambe le sponde;
- demolizione della briglia esistente in corrispondenza della pila del viadotto e realizzazione di nuova briglia circa 20 m più a monte con risagomatura del fondo alveo e sottomurazione della pila;
- abbassamento del fondo e regolarizzazione delle sezioni di deflusso lungo tutto il tratto con realizzazione di una serie di soglie in massi cementati nel tratto tra la passerella di Via VIII Società Case e il ponte di Via Giotto.

4 VERIFICHE IDRAULICHE TORRENTE CHIARAVAGNA

4.1 PORTATE DI RIFERIMENTO

Con riferimento al Piano di Bacino del torrente Chiaravagna le portate di piena 50-ennale e 200-ennale in diverse sezioni del torrente Chiaravagna e del rio Ruscarolo risultano:

Chiaravagna a monte della confluenza con il rio Ruscarolo (sez. C2.1)

T= 50 anni Q=161 m^3/s
T= 200 anni Q=204 m^3/s

Chiaravagna a valle della confluenza con il rio Ruscarolo (sez. C2)

T= 50 anni Q=203 m^3/s
T= 200 anni Q=257 m^3/s

Chiaravagna alla foce (sez. C1)

T= 50 anni Q=214 m^3/s
T= 200 anni Q=270 m^3/s

Ruscarolo (sez. R0)

T= 50 anni Q=60 m^3/s
T= 200 anni Q=76 m^3/s

4.2 METODOLOGIE DI CALCOLO

Le verifiche idrauliche sono state effettuate con il software di calcolo *Hec-Ras 5.0.5*[1] .

Il software consente il calcolo dell'andamento dei profili di rigurgito in moto permanente gradualmente variato in alvei naturali o canali artificiali e la valutazione degli effetti sulla corrente dovuti all'interazione con ponti, tombinature, briglie, stramazzi, aree golenali ecc.,

Per maggiori approfondimenti teorici a riguardo si rimanda all'Appendice 1 allegata alla presente relazione.

4.3 PARAMETRI DI CALCOLO E CONFIGURAZIONI DI VERIFICA

La verifica ha riguardato il tratto del torrente Chiaravagna compreso il viadotto autostradale e lo sbocco a mare per una lunghezza di circa 1300 m, caratterizzata dalla presenza della confluenza con il rio Ruscarolo.

[1] HEC-RAS, Hydrologic Engineering Center – US Army Corps of Engineers

Ai fini dei calcoli il tratto è stato schematizzato, da valle verso monte, come segue:

Tratto terminale compreso tra l'edificio Leonardo (ex-ELSAG) e la foce

- da sez. 3 (progr. 0.0) a sez. 5.1 (progr. 101) tratto coperto tra foce e ponte Piaggio;
- da sez. 5.1 (progr. 101) a sez.6.3 (progr. 193) tratto a cielo libero tra ponte Piaggio e ponti ferroviari;
- da sez. 6.3 (progr. 193) a sez. 10.2 (progr. 266) tratto interessato dai tre ponti ferroviari e dal ponte di Via Albareto;
- da sez. 10.2 (progr. 266) a sez.11.9 (progr. 430) tratto a cielo libero tra Via Albareto e l'edificio Leonardo;

Tratto a cavallo della confluenza tra edificio Leonardo ed edificio di Via Giotto

- da sez. 11.9 (progr. 430) a sez. 13.1 (progr. 480) tratto al di sotto dell'edificio Leonardo e il ponte di Via Manara;
- da sez. 13.1 (progr. 480) a sez.14.8 (progr. 520) tratto di confluenza tra il ponte di Via Manara e il ponte di Via Giotto;
- da sez. 14.8 (progr. 520) a sez.15.0 (progr. 560) ponte ed edificio di Via Giotto;

Tratto tra edificio di Via Giotto e passerella di Via Leonardi

- da sez. 15.0 (progr. 560) a sez. 16.1 (progr. 620) tratto tra edificio demolito di Via Giotto e ponte di Via Chiaravagna;
- da sez. 16.1 (progr. 620) a sez.18 (progr. 740) tratto compreso tra il ponte di Via Chiaravagna e la passerella di Via Leonardi.

Tratto passerella di Via Leonardi e ponte Via Bissone

- da sez. 18.0 (progr. 740) a sez. 26 (progr. 916) tratto tra passerella Via Leonardi e passerella Via VIII Società Case;
- da sez. 26 (progr. 916) a sez.35.1 (progr. 1141) tratto compreso tra i passerella Via VIII Società Case e il ponte di Via Bissone.

Tratto ponte Via Bissone e monte viadotto autostradale

- da sez. 35.1 (progr. 1141) a sez. 38.3 (progr. 1232) tratto vasca di sedimentazione;
- da sez. sez. 38.3 (progr. 1232) a sez. 40 (progr. 1263) tratto pila autostrada;
- da sez. sez. 40 (progr. 1263) a sez. 42 (progr. 1307) tratto monte pila autostrada.

Le verifiche sono state effettuate assumendo un coefficiente di scabrezza omogeneo di Manning pari a 0.03 per tutto il tratto scoperto di monte con fondo alveo naturale e pari a 0.025 per il tratto terminale plateato, in accordo con le vigenti indicazioni tecniche per la redazione degli studi idraulici formulate dalla Regione Liguria nel Regolamento Regionale n. 3 del 14/07/2011.

I profili di rigurgito sono stati integrati per entrambe le condizioni di corrente lenta da valle verso monte e di corrente veloce da monte verso valle imponendo come condizioni al contorno la quota del livello del medio mare nella sezione di estremità di valle (sezione 0.1) e la condizione critica nella sezione di monte (sez. 42), nell'ipotesi di sponde infinite, quindi senza esondazioni.

In Allegato A è riportata la planimetria del tratto indagato con l'indicazione delle sezioni idrauliche di calcolo.

Le verifiche idrauliche sono state effettuate nello stato di progetto con le seguenti configurazioni dei valori di portata:

Configurazione A

Portata di piena sull'asta del torrente Chiaravagna, assegnando al rio Ruscarolo un contributo pari alla differenza tra i colmi di piena dell'asta principale del torrente Chiaravagna.

Configurazione B

Portata di piena sull'asta del torrente Chiaravagna a valle della confluenza e sul rio Ruscarolo, assegnando al torrente Chiaravagna a monte della confluenza un contributo pari alla differenza tra i colmi di piena dell'asta principale del torrente Chiaravagna a valle e del rio Ruscarolo.

4.4 RISULTATI

Con la metodologia descritta al paragrafo precedente, per le due configurazioni individuate, è stato effettuato il calcolo del profilo di rigurgito in moto permanente gradualmente variato del tratto del torrente Chiaravagna compreso tra il viadotto autostradale e lo sbocco a mare con la portata con tempo di ritorno di 200 anni.

Configurazione A

Il deflusso della portata 200-ennale avviene con alternanza di correnti lente e veloci (Froude variabile tra 2 e 0.4), con altezze del pelo libero comprese tra 1.1 m e 4.3 m circa e velocità comprese tra 1.6 m/s e 7 m/s circa.

La portata 200-ennale risulta contenuta all'interno di tutto il tratto con franchi adeguati su entrambe le sponde (superiori a 0.5 m e carico totale inferiore alla sommità arginale).

Il progetto di abbassamento del fondo consente il deflusso attraverso i ponti e le coperture a pelo libero senza messa in pressione dei manufatti.

Di seguito, per ciascun attraversamento, sono riportati i livelli e i franchi rispetto alle quote di intradosso.

Ponte di Via Bissone

L'attraversamento del ponte di via Bissone (sez. 38) avviene con un franco del pelo libero rispetto alla sommità dell'arco pari a 2.8 m e rispetto all'imposta pari a 1.1 m. La linea dei carichi è inferiore di circa 0.5 m rispetto all'imposta dell'arco.

Passerella VIII Società Case

L'attraversamento della passerella (sez. 25.15) avviene con un franco del pelo libero rispetto all'intradosso pari a 1.9 m e linea dei carichi inferiore all'intradosso.

Passerella di Via Leonardi

L'attraversamento della passerella (sez. 18.15) avviene con un franco del pelo libero rispetto all'intradosso superiore a 3 m e linea dei carichi inferiore di oltre 2 m rispetto all'intradosso.

Ponte di Via Chiaravagna (detto ponte obbliquo)

L'attraversamento del ponte (sez. 16.25) avviene con un franco del pelo libero rispetto all'intradosso pari a 1.25 m e linea dei carichi inferiore all'intradosso.

Ponte di Via Giotto

L'attraversamento del ponte (sez. 14.93) avviene con un franco del pelo libero rispetto all'intradosso pari a 1.9 m e linea dei carichi inferiore all'intradosso.

Ponte di Via Manara

L'attraversamento del ponte (sez. 13) avviene con un franco del pelo libero rispetto all'intradosso variabile da un massimo di 0.9 m al centro a un minino di 0.6 m ai lati e linea dei carichi inferiore all'intradosso.

Copertura edificio Leonardo (ex-Elsag)

Nel tratto tombinato (sez. 12.2-12.3) il deflusso della portata avviene con un franco del pelo libero rispetto all'intradosso:

- nel fornice di levante variabile da 0.4 m a 2.3 m e linea dei carichi inferiore all'intradosso;
- nel fornice centrale variabile da 1.3 m a 2.8 m e linea dei carichi inferiore all'intradosso;
- nel fornice di ponente variabile da 1.3 m a 2.8 m e linea dei carichi inferiore all'intradosso.

Passerella Leonardo (ex-Elsag)

L'attraversamento della passerella (sez. 12) avviene con un franco del pelo libero rispetto all'intradosso superiore a 2 m e linea dei carichi inferiore all'intradosso.

Attraversamenti FS

L'attraversamento dei ponti FS (da sez. 7.3 a sez. 10.2) avviene con un franco minimo del pelo libero rispetto all'intradosso pari a 1 m e linea dei carichi inferiore all'intradosso.

Ponte di Via Albareto

L'attraversamento del ponte (sez. 7.2-7.1) avviene con un franco del pelo libero rispetto all'intradosso di 1.5 m e linea dei carichi inferiore all'intradosso.

Copertura terminale

Nei due fornici di ponente e centrale (sez. 1.6-1.1) il deflusso della portata avviene con un franco del pelo libero rispetto all'intradosso di circa 1 m e linea dei carichi inferiore all'intradosso.
Nel nuovo fornice di levante il franco è variabile da 0.4 m a 0.7 m e la linea dei carichi coincide con l'intradosso.

Configurazione B

Il deflusso della portata 200-ennale è del tutto simile a quello della configurazione A con altezze del pelo libero inferiori di circa 0.3 m nel tratto a monte della confluenza.

4.5 CONFRONTO CON PROFILI HYDRODATA

A titolo di confronto si è proceduto alla sovrapposizione dei profili della portata 200-ennale risultanti dalle presenti verifiche idrauliche con quelli riportati negli elaborati del progetto preli minare del 2001.

I risultati sono riportati nelle figure seguenti, relativamente ai tratti a valle e a monte della confluenza con il rio Ruscarolo.

Il confronto evidenzia una sostanziale concordia tra i due profili, con alcune differenze, più marcate nei tratti di estremità, dovute principalmente agli approfondimenti di carattere topografico e progettuale che hanno condotto alla realizzazione dei lotti precedenti e alla impostazione della presente fase progettuale.

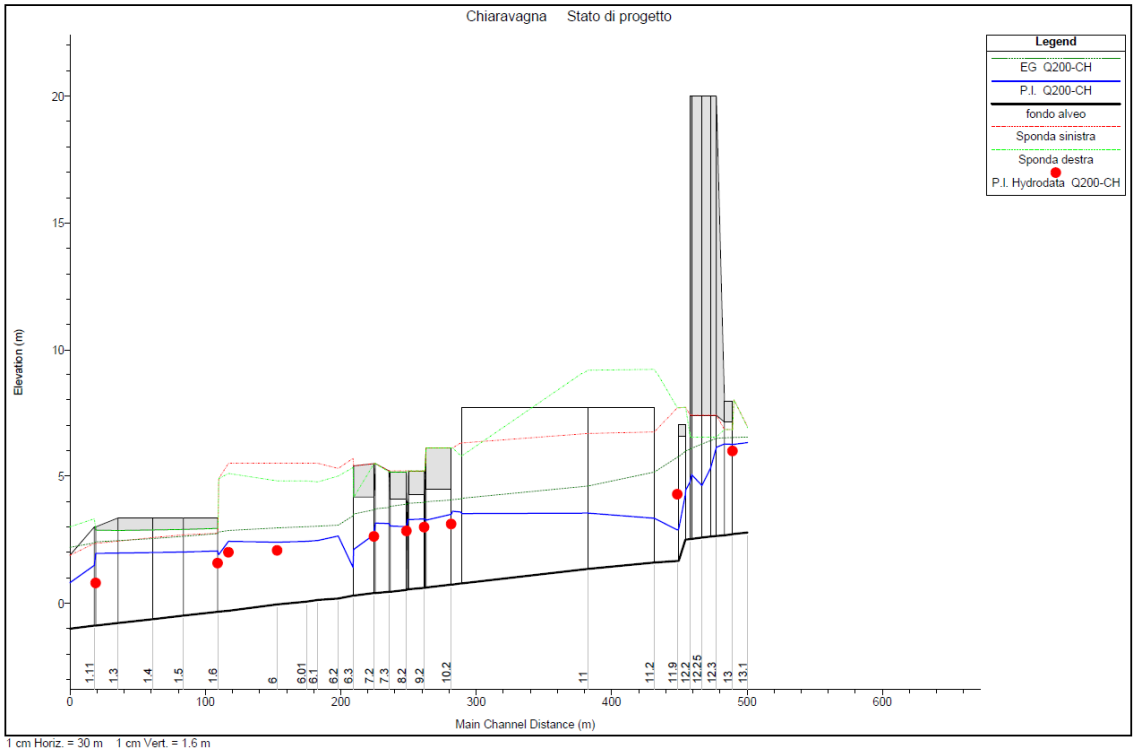


Figura 4.1: confronto profili progetto 2018/2001 – tratto a valle della confluenza con rio Ruscarolo.

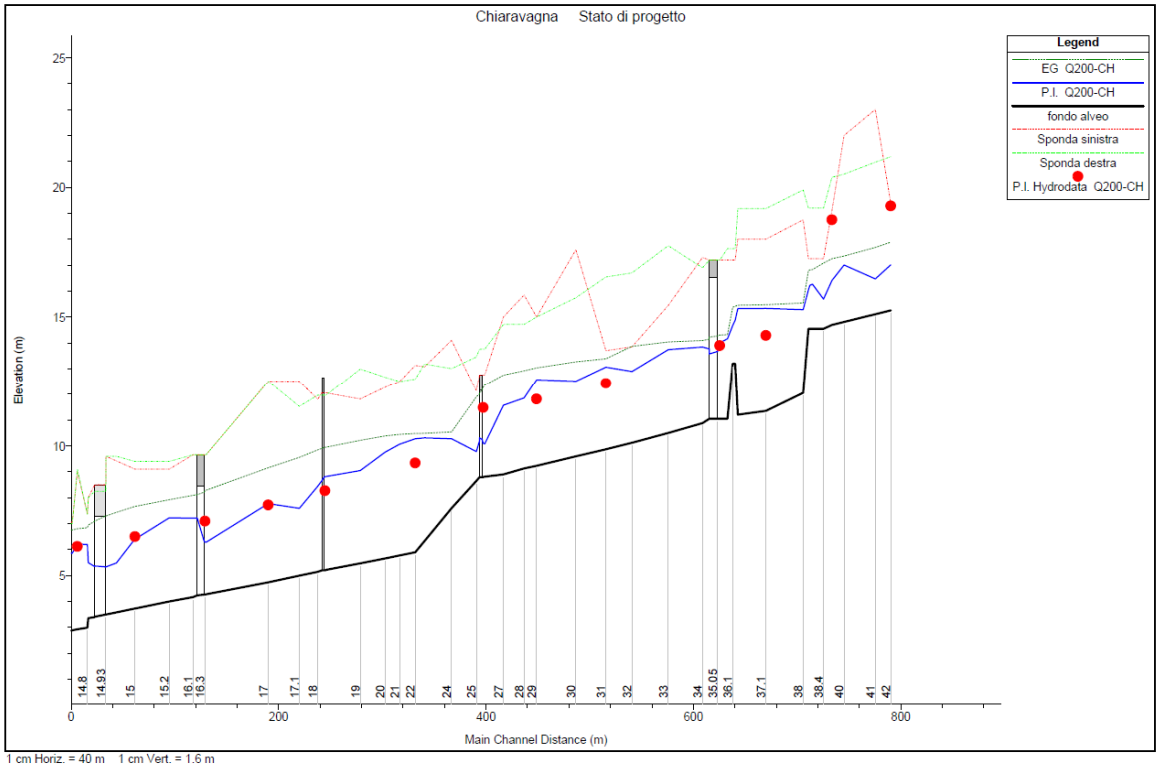


Figura 4.2: confronto profili progetto 2018/2001 – tratto a monte della confluenza con rio Ruscarolo.

5 IL MODELLO FISICO DELLA CONLUENZA

Come previsto nel disciplinare di incarico nell'ambito del presente progetto è stato realizzato un modello fisico in scala ridotta del tratto del torrente Chiaravagna in cui insiste la confluenza del rio Ruscarolo (con un breve tratto di quest'ultimo) e il tratto coperto di valle (edificio Leonardo, ex ELSAG).

Il modello è stato realizzato in scala 1:35 presso il Laboratorio Marchi del Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica e Ambientale (DICCA) dell'Università di Genova.

Lo stesso DICCA ne ha curato direttamente la realizzazione e le relative prove sperimentali.

Obiettivo delle prove è stato quello di verificare che le modifiche introdotte rispetto alla configurazione del progetto preliminare non pregiudichino il corretto funzionamento idraulico del nodo di confluenza tra il torrente Chiaravagna e il rio Ruscarolo e del relativo tratto coperto di valle.

La descrizione del modello e i risultati delle prove sperimentali sono riportati nella relazione del DICCA dell'aprile 2019 allegata al presente progetto.

Le prove sono state effettuate con riferimento all'evento 200-ennale nelle due ipotesi di piena alternativamente sul torrente Chiaravagna e sul rio Ruscarolo, mantenendo costante il valore della portata di piena nel tratto a valle della confluenza.

Il complesso delle prove sperimentali eseguite sul modello hanno portato alle seguenti conclusioni:

- La confluenza nella sua configurazione di progetto è soggetta, per entrambe le combinazioni di portata esaminate, ad un fenomeno di instabilità che si manifesta attraverso la formazione di un'onda trasversale non stazionaria nell'area della confluenza, onda che viene riflessa tra le due sponde e raggiunge ampiezze confrontabili con la profondità media della corrente.
- Tale oscillazione si riflette sul deflusso all'interno dei fornici della copertura ELSAG, che risulta non bilanciato tra i fornici stessi, implicando una riduzione dei franchi di sicurezza e la presenza di onde che portano la superficie libera della corrente a lambire le travi che sostengono la copertura stessa.
- Al fine di evitare o quantomeno contenere tale instabilità, è risultato necessario introdurre un setto posizionato in corrispondenza del fronte del primo pilone della copertura ELSAG (sponda destra, lato Chiaravagna) che si estenda per circa 10 m verso monte, con un'altezza media di circa 1.80 m, opportunamente rastremato verso monte.
- Sono state eseguite diverse prove per individuare l'orientamento ottimale di tale setto, che oltre a inibire la formazione delle onde trasversali, incide sulla ripartizione delle portate all'interno dei fornici della copertura ELSAG. La posizione selezionata prevede un orientamento che congiunge idealmente la testa della pila centrale con la fine della sottumurazione in sponda sinistra del Chiaravagna alla sezione 13.5.
- Una volta posizionato opportunamente il setto, si è simulato l'effetto dell'eliminazione di un tratto della fognatura superficiale, ipotizzando la

realizzazione di un sifone. Il lieve aumento di sezione utile al deflusso conseguente all'eliminazione della fognatura e del relativo bauletto non sembra produrre effetti idraulicamente significativi, tali da giustificare un'opera relativamente complessa e di più difficile manutenzione.

- Nella configurazione suggerita (con setto e fognatura superficiale) i franchi di sicurezza risultano complessivamente accettabili, trattandosi comunque di un evento 200-ennele e di un tratto dalla geometria particolarmente complessa in cui la corrente, oltre a dover miscelare le diverse portate e i diversi flussi di quantità di moto provenienti dai due torrenti, subisce una considerevole successione di restringimenti ed allargamenti.

A titolo di confronto si è proceduto alla sovrapposizione dei profili della portata 200-ennale risultanti dalle presenti verifiche idrauliche con quelli risultanti dal modello fisico della confluenza. I risultati sono riportati nella figura seguente.

Sono stati utilizzati, al fine del confronto, per il modello fisico i risultati delle altezze massime misurate nel fornice centrale per entrambe le configurazioni di portata (piena sul torrente Chiaravagna e piena sul rio Ruscarolo).

Il confronto evidenzia una sostanziale concordia tra i due profili, con alcune differenze, più marcate in corrispondenza di via Manara, dovute alla presenza del profilo idrodinamico (setto) a monte del ponte.

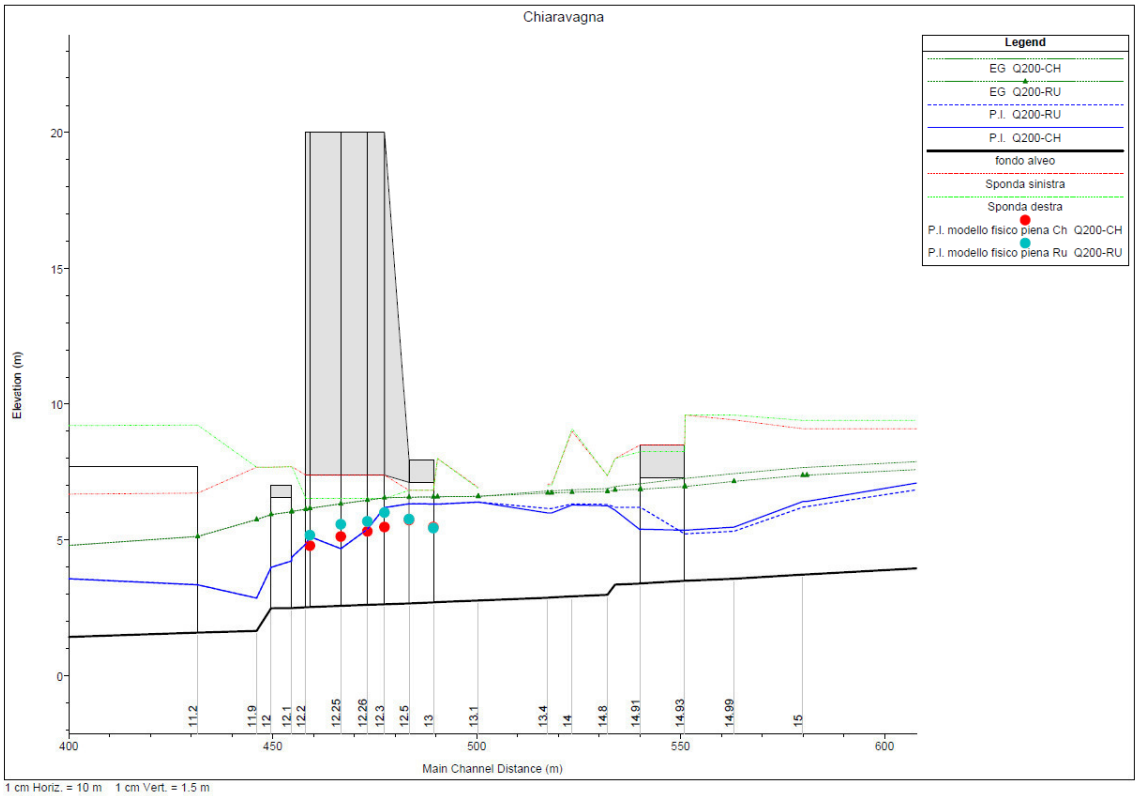


Figura 5.1: Confronto profili modello numerico (Hec RAS) / modello fisico confluenza

6 COLLETTORI RETE MISTA

6.1 DESCRIZIONE

La rete nera (mista) è attualmente convogliata a valle dell'edificio "Leonardo" (ex ELSAG) in una condotta DN 800 in PEAD con pendenza pari a 1%, posata esternamente al muro d'argine in sponda sinistra nei precedenti lotti di sistemazione, che parte al di sotto dell'area di parcheggio ABB e convoglia i reflui nella vasca ubicata circa 300 m a valle, in prossimità dell'area ex ILVA, per il successivo pompaggio all'impianto di depurazione.

Tra il ponte di Via Manara e la sezione di imbocco del collettore esistente sotto l'area ABB, sono attualmente ubicate due tubazioni posate fuori terra sul fondo dell'alveo all'interno del fornice centrale dell'edificio "Leonardo), una DN 500 ed una DN 800, collegate alla tubazione esistente mediante un tratto terminale di raccordo DN800 in PEAD.

Il progetto per il ripristino funzionale della rete nella zona della confluenza tra Ruscarolo e Chiaravagna prevede sostanzialmente:

- posa di un nuovo collettore DN 800 in PEAD rinforzato tra il ponticello in pietra sul Ruscarolo e la sezione di sbocco della rete mista proveniente dall'Istituto Tecnico "Bergese", per il collettamento della rete nera proveniente da monte;
- posa di due tubazioni affiancate DN700 in PEAD rinforzato con pendenza 0.6% protette da un bauletto in cls lungo la parete sinistra del fornice centrale sino al pozzetto di collegamento con il collettore esistente sotto l'area ABB;

Le quote maggiori del fondo alveo lungo il nuovo fornice di sinistra e la presenza della briglia immediatamente a valle del tratto sotto l'edificio, consentono l'attraversamento della sezione di valle del fornice stesso verso la sponda sinistra mantenendo l'estradosso a quota inferiore alla quota di fondo alveo e quindi senza interferenze con i livelli di piena.

6.2 VERIFICA IDRAULICA

6.2.1 Metodologia di calcolo

La verifica idraulica dei collettori è stata eseguita determinando le caratteristiche della corrente nelle condizioni di moto uniforme mediante la formulazione di Chezy:

$$Q = \chi \cdot A \cdot \sqrt{R \cdot i_f}$$

dove $Q[m^3/s]$ è la portata, $\chi[m^{1/2}\ s^{-1}]$ il coefficiente di attrito, $A[m^2]$ l'area della sezione liquida, $R[m]$ il raggio idraulico, i_f la pendenza dell'alveo.

Per il calcolo di χ è stata adottata la formula di Manning:

$$\chi = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{1}{6}}$$

dove n*[$m^{-1/3}s$]* è un coefficiente dimensionale che definisce la scabrezza in funzione della natura dell'alveo.

Pur trattandosi di tubazioni di materiale plastico, quindi tecnicamente lisce, ai fini del calcolo è stato comunque adottato un coefficiente di scabrezza n di Manning pari a 0.016 per tener conto dell'usura e di eventuale irregolarità del tracciato.

6.2.2 Risultati

Al fine di verificare l'efficacia dell'intervento è stata dapprima calcolata la portata massima smaltibile a pelo libero dal collettore esistente di valle, verificando successivamente che la somma dei due collettori affiancati previsti nel progetto non risulti inferiore a tale capacità di smaltimanto.

Collettore esistente

Dati

- Diametro esterno De = 800 mm
- Diametro interno Di = 738.8 mm
- Pendenza del fondo if = 0.01

Risulta una capacità di smaltimento Q=0.73 m^3/s per un rapporto di invaso Y/D=0.7 ed una capacità di smaltimento massima Q=0.94 m^3/s per un rapporto Y/D=0.93.

Collettore in progetto

Dati

- Diametro esterno De = 710 mm
- Diametro interno Di = 655.6 mm
- Pendenza del fondo if = 0.01

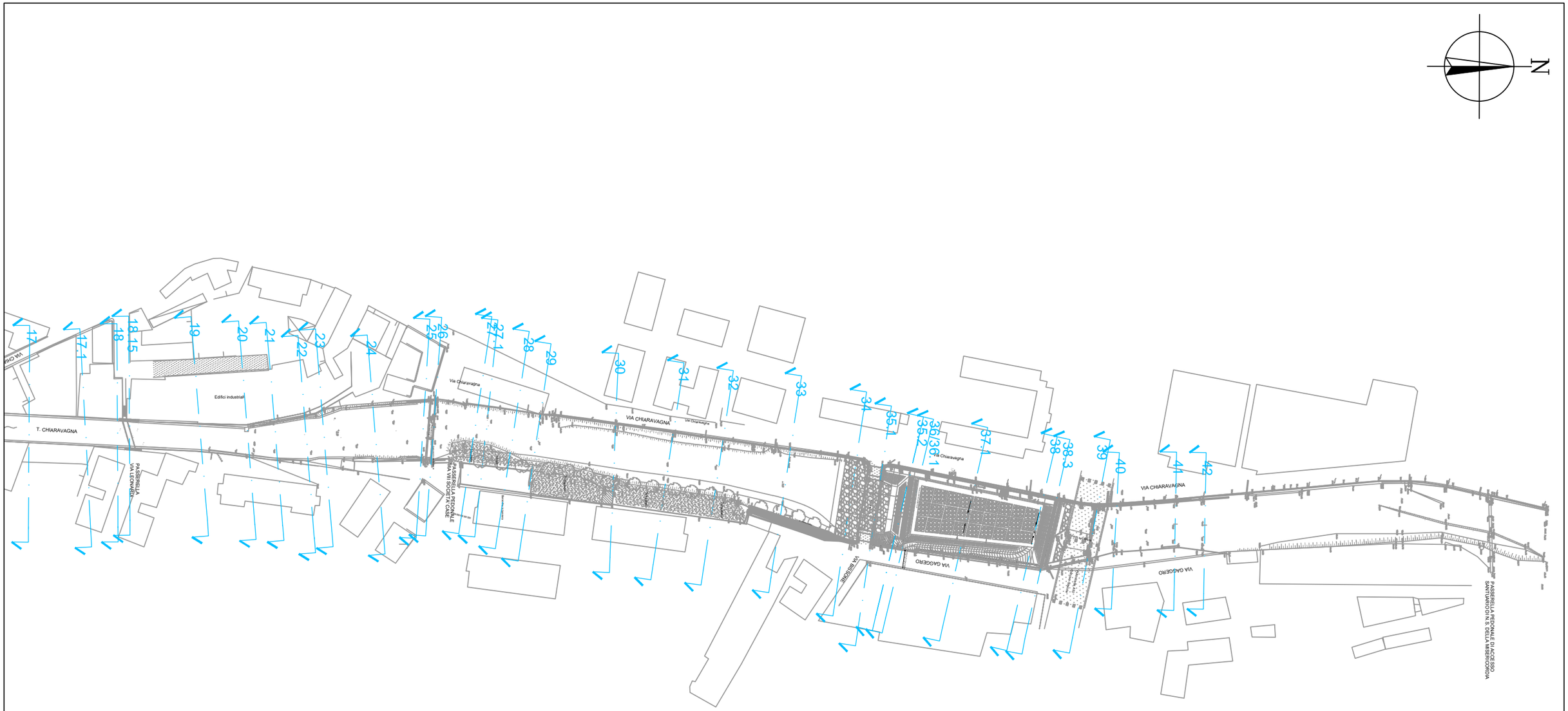
Per il singolo tubo risulta una capacità di smaltimento Q=0.38 m^3/s per un rapporto di invaso Y/D=0.7 ed una capacità di smaltimento massima Q=0.48 m^3/s per un rapporto Y/D=0.93.

Ciò comporta una capacità complessiva rispettivamente pari a Q=0.76 m^3/s e Q=0.96 m^3/s.

Tali valori sono superiori a quelli del collettore esistente di valle, che rendono quindi la soluzione prevista compatibile da un punto di vista idraulico.

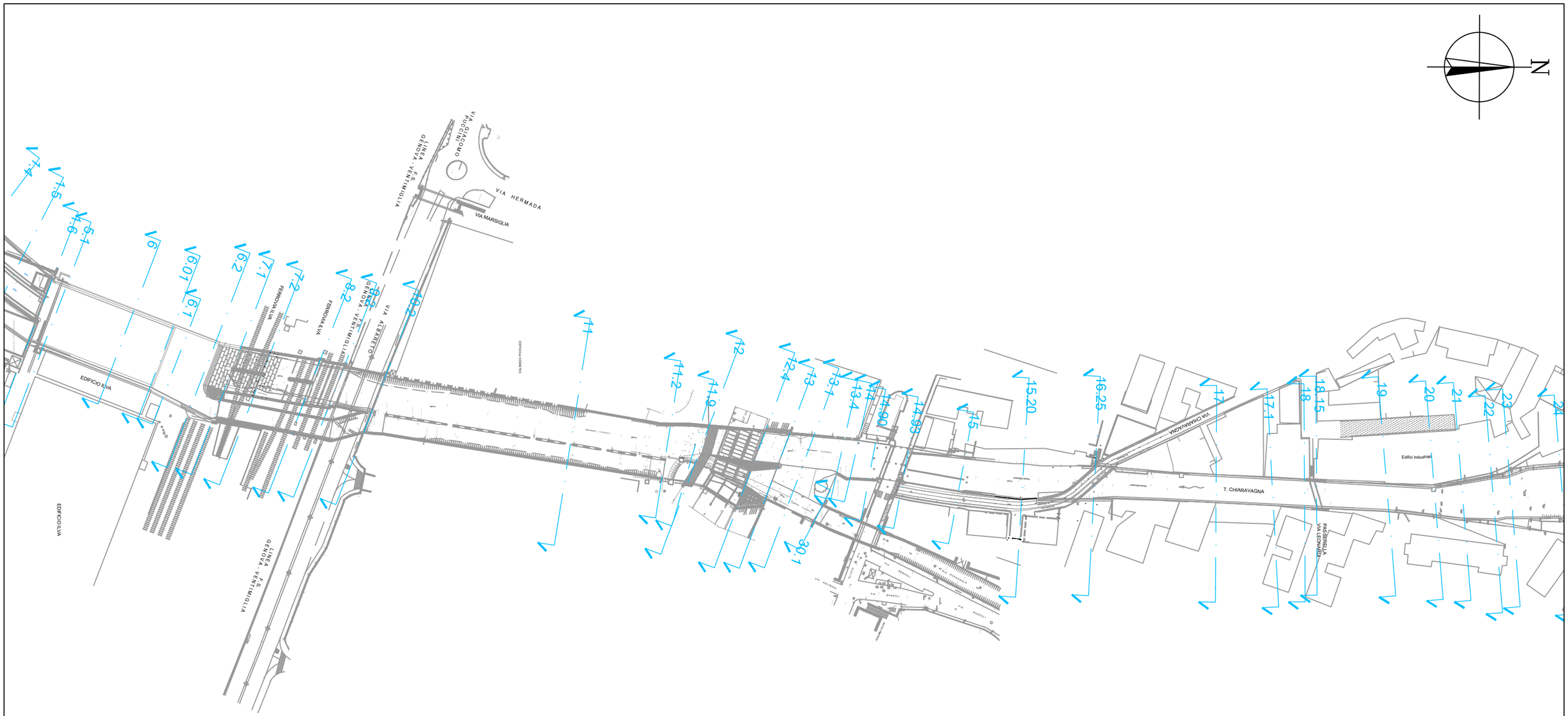
ALLEGATO A

VERIFICHE IDRAULICHE IN MOTO PERMANENTE GRADUALMENTE VARIATO DEL TORRENTE CHIARAVAGNA



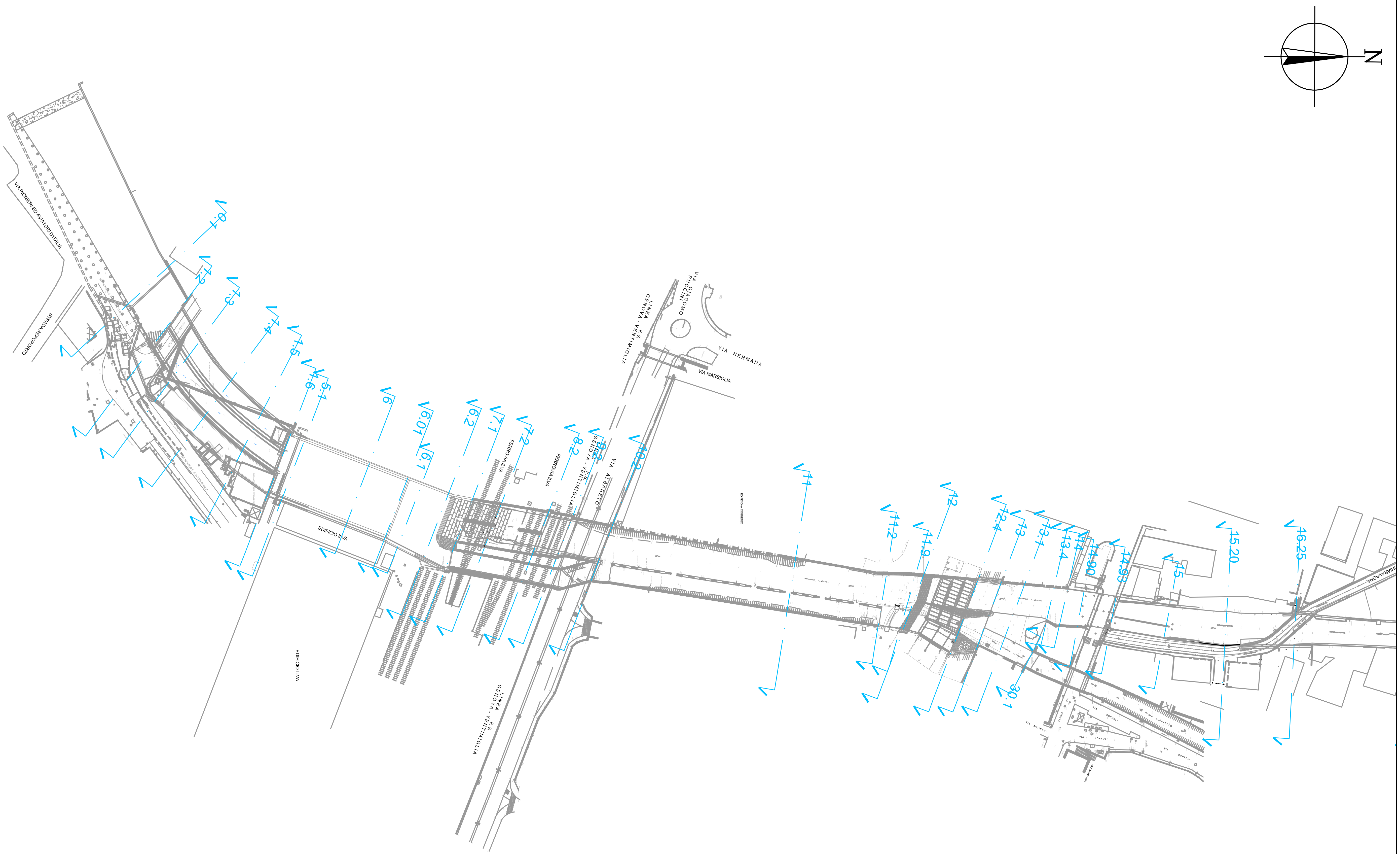
PLANIMETRIA CON UBICAZIONE SEZIONI IDRAULICHE 1 di 3

Scala 1:2000



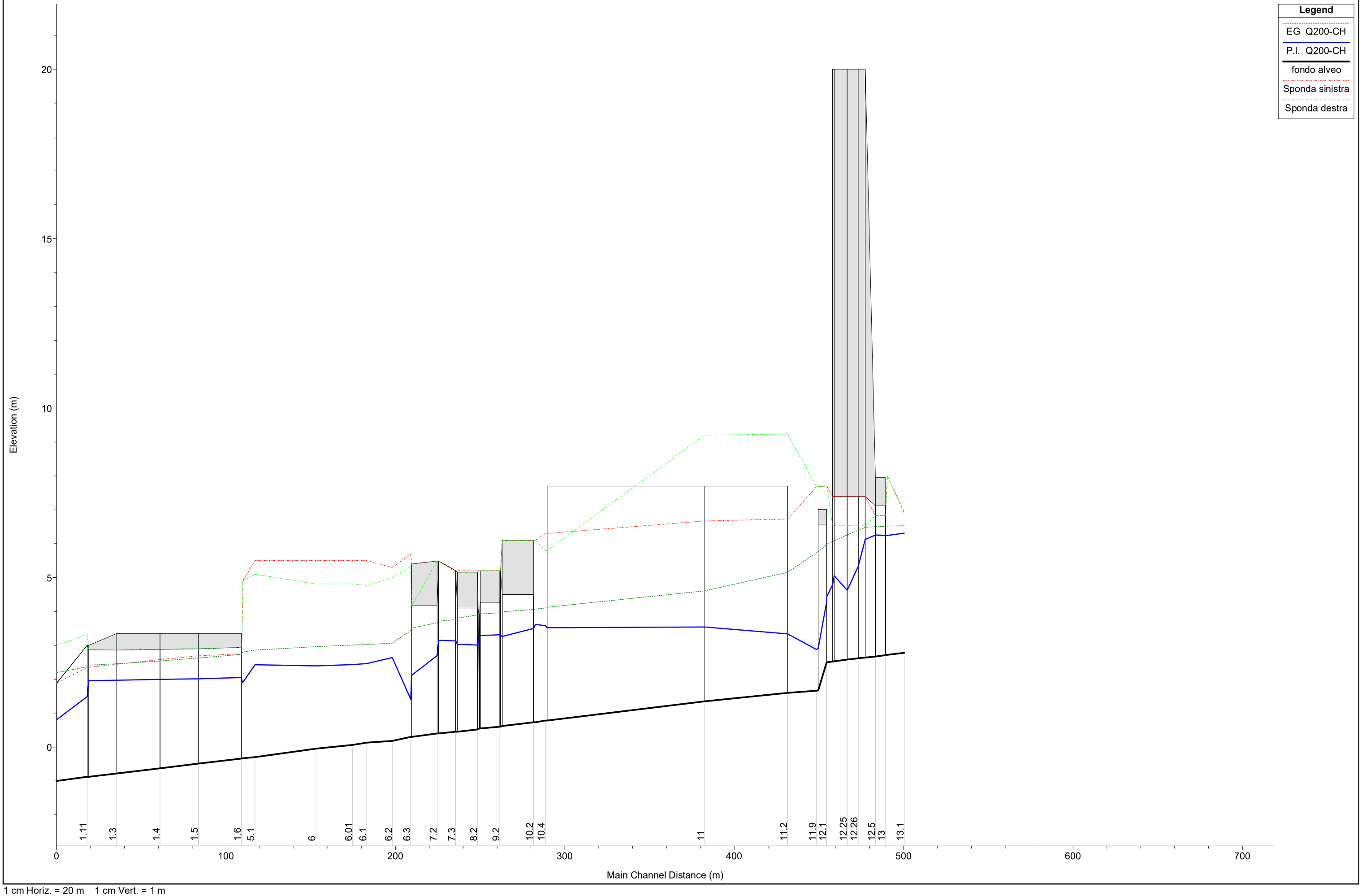
PLANIMETRIA CON UBICAZIONE SEZIONI IDRAULICHE 2 di 3

Scala 1:2000



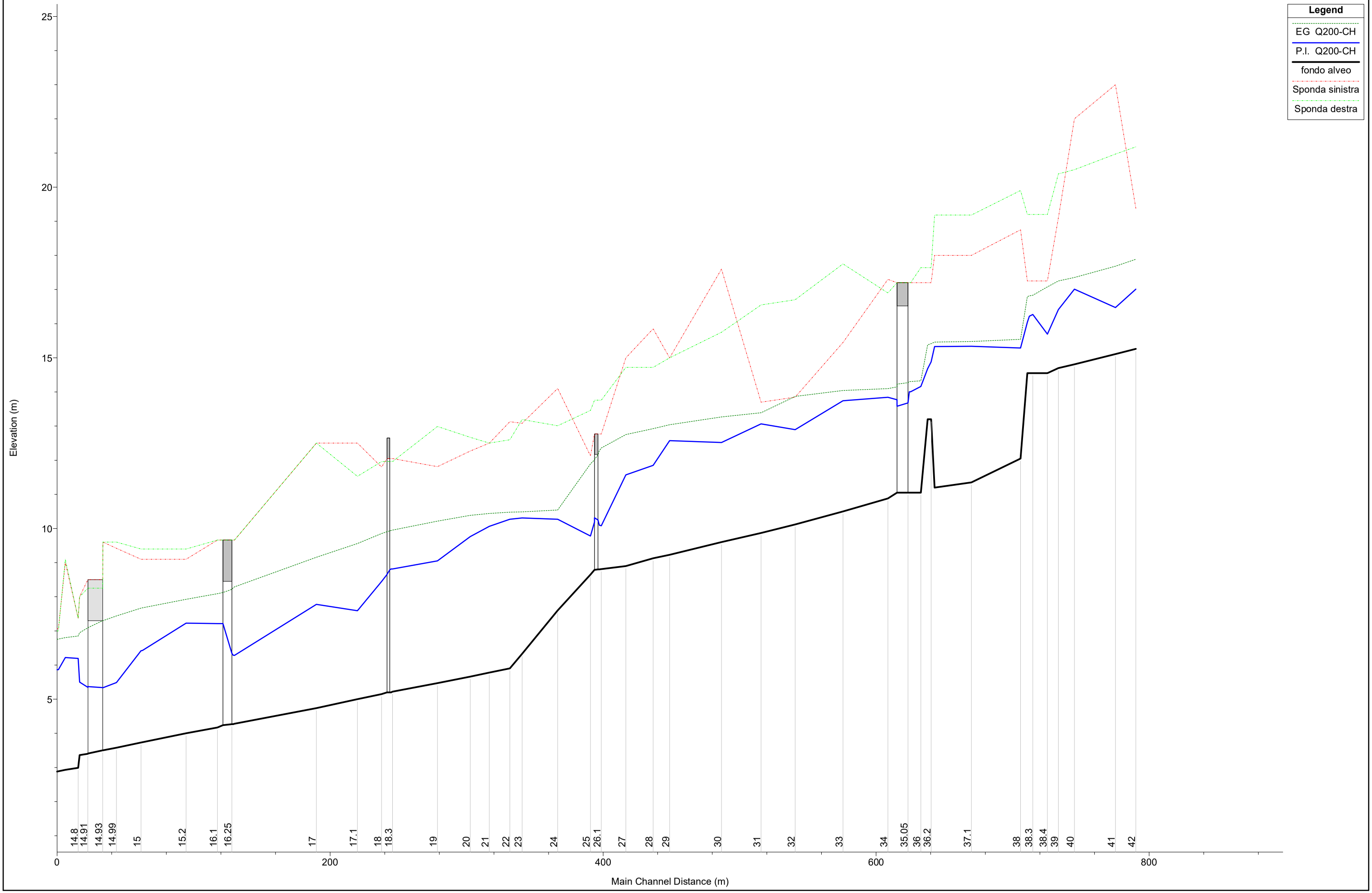
PLANIMETRIA CON UBICAZIONE
SEZIONI IDRAULICHE 3 di 3
Scala 1:2000

Chiaravagna Stato di progetto piena Chiaravagna tratto di valle



1 cm Horiz. = 20 m 1 cm Vert. = 1 m

Chiaravagna Stato di progetto piena Chiaravagna tratto di monte



1 cm Horiz. = 25 m 1 cm Vert. = 1 m

HEC-RAS Plan: Chiaravagna-progetto-si fondo-9OK Profile: Q200-CH

River	Reach	River Sta	Profile	Cum Ch Len	Q Total	Min Ch El	LOB Elev	ROB Elev	W.S. Elev	E.G. Elev	Hydr Depth	Max Chl Dpth	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
				(m)	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Ruscarolo	affluente	30.2	Q200-CH	22.00	53.00	4.59	9.00	9.00	6.52	7.09	1.82	1.93	3.36	15.76	8.67	0.80
Ruscarolo	affluente	30.19991		Lat Struct												
Ruscarolo	affluente	30.1	Q200-CH	17.00	53.00	4.58	9.00	9.00	6.25	7.03	1.56	1.67	3.91	13.54	8.67	1.00
Chiaravagna	monte	42	Q200-CH	798.28	204.00	15.26	19.38	21.18	17.01	17.89	1.75	1.75	4.14	49.22	28.12	1.00
Chiaravagna	monte	41	Q200-CH	783.28	204.00	15.11	23.00	20.97	16.47	17.68	1.36	1.36	4.87	41.88	30.72	1.33
Chiaravagna	monte	40	Q200-CH	753.28	204.00	14.81	22.00	20.51	17.01	17.35	2.20	2.20	2.59	78.81	35.83	0.56
Chiaravagna	monte	39	Q200-CH	741.48	204.00	14.70	19.10	20.39	16.41	17.25	1.66	1.71	4.05	50.34	30.35	1.00
Chiaravagna	monte	38.4	Q200-CH	733.48	204.00	14.55	17.25	19.20	15.69	17.08	1.14	1.14	5.21	39.12	34.23	1.56
Chiaravagna	monte	38.3	Q200-CH	722.78	204.00	14.55	17.25	19.20	16.27	16.83	1.72	1.72	3.32	61.37	35.71	0.81
Chiaravagna	monte	38.2	Q200-CH	720.28	204.00	14.55	17.25	19.20	16.22	16.82	1.67	1.67	3.42	59.61	35.71	0.85
Chiaravagna	monte	38.1	Q200-CH	718.78	204.00	14.55	17.25	19.20	16.04	16.79	1.49	1.49	3.83	53.30	35.71	1.00
Chiaravagna	monte	38	Q200-CH	713.78	204.00	12.05	18.75	19.90	15.29	15.54	2.56	3.24	2.23	91.52	35.80	0.45
Chiaravagna	monte	37.1	Q200-CH	677.78	204.00	11.35	18.00	19.18	15.34	15.48	3.38	3.99	1.66	123.14	36.47	0.29
Chiaravagna	monte	37	Q200-CH	650.78	204.00	11.20	18.00	19.18	15.33	15.46	3.48	4.13	1.61	127.04	36.46	0.27
Chiaravagna	monte	36.2	Q200-CH	648.28	204.00	13.20	17.20	17.64	14.88	15.42	1.59	1.68	3.24	62.88	39.66	0.82
Chiaravagna	monte	36.1	Q200-CH	645.78	204.00	13.20	17.20	17.64	14.68	15.38	1.39	1.48	3.71	55.00	39.66	1.01
Chiaravagna	monte	36	Q200-CH	640.78	204.00	11.05	17.20	17.64	14.16	14.33	2.85	3.11	1.81	113.00	39.66	0.34
Chiaravagna	monte	35.2	Q200-CH	633.28	204.00	11.05	17.20	17.20	14.01	14.31	2.17	2.96	2.42	84.25	38.84	0.52
Chiaravagna	monte	35.1	Q200-CH	632.28	204.00	11.05	17.20	17.20	14.00	14.30	2.17	2.95	2.42	84.14	38.83	0.53
Chiaravagna	monte	35.05		Bridge												
Chiaravagna	monte	35	Q200-CH	623.28	204.00	11.05	17.20	17.20	13.77	14.15	1.99	2.72	2.71	75.26	37.87	0.61
Chiaravagna	monte	34	Q200-CH	616.68	204.00	10.88	17.30	16.90	13.84	14.10	2.36	2.96	2.24	91.15	38.58	0.46
Chiaravagna	monte	33	Q200-CH	583.68	204.00	10.50	15.45	17.75	13.74	14.04	2.59	3.24	2.42	84.36	32.51	0.48
Chiaravagna	monte	32	Q200-CH	548.68	204.00	10.12	13.85	16.70	12.89	13.87	1.92	2.77	4.37	46.68	24.32	1.01
Chiaravagna	monte	31	Q200-CH	523.68	204.00	9.87	13.70	16.55	13.06	13.39	2.89	3.19	2.53	80.70	27.88	0.47
Chiaravagna	monte	30	Q200-CH	494.68	204.00	9.60	17.60	15.75	12.52	13.27	2.07	2.92	3.83	53.22	25.67	0.85
Chiaravagna	monte	29	Q200-CH	456.68	204.00	9.23	15.00	15.00	12.57	13.04	2.55	3.34	3.02	67.53	26.53	0.60
Chiaravagna	monte	28	Q200-CH	444.68	204.00	9.13	15.85	14.72	11.85	12.93	2.15	2.72	4.59	44.44	20.64	1.00
Chiaravagna	monte	27	Q200-CH	424.68	204.00	8.90	15.00	14.72	11.57	12.75	2.15	2.67	4.81	42.39	19.75	1.05
Chiaravagna	monte	26.1	Q200-CH	406.68	204.00	8.81	12.77	13.76	10.08	12.36	1.06	1.27	6.69	30.51	28.68	2.07
Chiaravagna	monte	26	Q200-CH	405.18	204.00	8.80	12.77	13.76	10.10	12.27	1.09	1.30	6.53	31.23	28.73	2.00
Chiaravagna	monte	25.15		Bridge												
Chiaravagna	monte	25.1	Q200-CH	404.19	204.00	8.79	12.77	13.76	10.19	12.01	1.18	1.40	5.98	34.14	29.03	1.76
Chiaravagna	monte	25	Q200-CH	401.19	204.00	8.65	12.13	13.46	9.78	11.89	1.13	1.13	6.44	31.69	28.05	1.93
Chiaravagna	monte	24	Q200-CH	377.19	204.00	7.60	14.10	13.01	10.27	10.54	2.53	2.67	2.30	88.61	34.97	0.46
Chiaravagna	monte	23	Q200-CH	351.19	204.00	6.33	13.08	13.19	10.31	10.49	3.72	3.98	1.87	109.10	29.29	0.31
Chiaravagna	monte	22	Q200-CH	342.19	204.00	5.90	13.13	12.60	10.27	10.48	4.21	4.37	2.01	101.71	24.17	0.31
Chiaravagna	monte	21	Q200-CH	327.19	204.00	5.78	12.50	12.50	10.06	10.44	3.85	4.28	2.72	74.87	19.45	0.44
Chiaravagna	monte	20	Q200-CH	313.19	204.00	5.66	12.27	12.67	9.76	10.38	3.72	4.10	3.49	58.44	15.69	0.58
Chiaravagna	monte	19	Q200-CH	289.19	204.00	5.47	11.81	12.99	9.05	10.21	3.17	3.58	4.78	42.71	13.49	0.86
Chiaravagna	monte	18.3	Q200-CH	256.19	204.00	5.22	12.05	11.96	8.82	9.95	3.10	3.60	4.72	43.20	13.94	0.86
Chiaravagna	monte	18.2	Q200-CH	255.19	204.00	5.20	12.05	11.96	8.81	9.94	3.11	3.61	4.70	43.42	13.94	0.85
Chiaravagna	monte	18.14999		Bridge												
Chiaravagna	monte	18.10001	Q200-CH	252.19	204.00	5.20	12.05	11.96	8.65	9.91	2.96	3.45	4.95	41.17	13.93	0.92
Chiaravagna	monte	18	Q200-CH	248.19	204.00	5.15	11.80	11.96	8.45	9.85	2.79	3.30	5.25	38.86	13.92	1.00
Chiaravagna	monte	17.1	Q200-CH	230.49	204.00	5.00	12.50	11.53	7.59	9.56	2.30	2.59	6.22	32.82	14.29	1.31
Chiaravagna	monte	17	Q200-CH	200.49	204.00	4.74	12.50	12.50	7.78	9.16	2.76	3.04	5.21	39.17	14.20	1.00
Chiaravagna	monte	16.39999	Q200-CH	140.49	204.00	4.28	9.66	9.66	6.28	8.29	2.00	2.00	6.27	32.54	16.24	1.41
Chiaravagna	monte	16.3	Q200-CH	139.49	204.00	4.27	9.66	9.66	6.29	8.26	2.02	2.02	6.22	32.77	16.24	1.40

HEC-RAS Plan: Chiaravagna-progetto-si fondo-9OK Profile: Q200-CH (Continued)

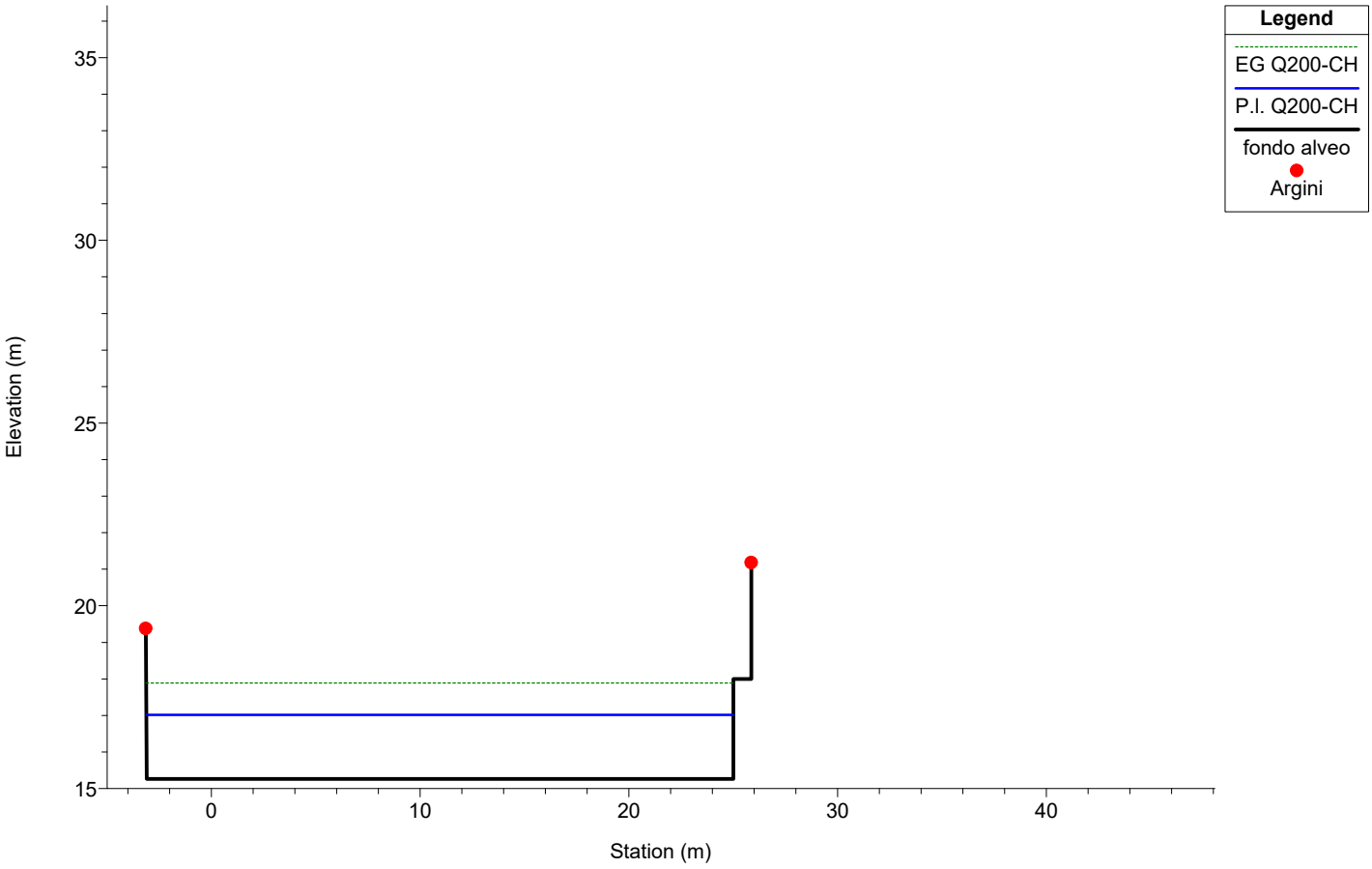
River	Reach	River Sta	Profile	Cum Ch Len	Q Total	Min Ch El	LOB Elev	ROB Elev	W.S. Elev	E.G. Elev	Hydr Depth	Max Chl Dpth	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
				(m)	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Chiaravagna	monte	16.25		Bridge												
Chiaravagna	monte	16.2	Q200-CH	138.50	204.00	4.24	9.66	9.66	7.21	8.12	2.97	2.97	4.23	48.26	16.25	0.78
Chiaravagna	monte	16.1	Q200-CH	134.50	204.00	4.17	9.66	9.66	7.21	8.09	3.03	3.04	4.15	49.18	16.21	0.76
Chiaravagna	monte	15.2	Q200-CH	111.50	204.00	4.00	9.10	9.40	7.23	7.93	2.97	3.23	3.70	55.06	18.56	0.69
Chiaravagna	monte	15.1	Q200-CH	79.50	204.00	3.74	9.10	9.40	6.43	7.68	2.50	2.69	4.95	41.18	16.45	1.00
Chiaravagna	monte	15	Q200-CH	78.50	204.00	3.73	9.10	9.40	6.42	7.67	2.50	2.69	4.95	41.17	16.44	1.00
Chiaravagna	monte	14.99	Q200-CH	60.50	204.00	3.58	9.42	9.60	5.49	7.44	1.91	1.91	6.19	32.97	17.30	1.43
Chiaravagna	monte	14.94	Q200-CH	50.50	204.00	3.50	9.60	9.60	5.34	7.30	1.84	1.84	6.20	32.88	17.90	1.46
Chiaravagna	monte	14.93	Q200-CH	50.40	204.00	3.50	7.30	7.30	5.34	7.30	1.84	1.84	6.20	32.89	17.90	1.46
Chiaravagna	monte	14.92	Q200-CH	39.60	204.00	3.41	7.30	7.30	5.37	7.09	1.96	1.96	5.82	35.06	17.90	1.33
Chiaravagna	monte	14.91	Q200-CH	39.50	204.00	3.40	8.50	8.25	5.35	7.09	1.95	1.95	5.85	34.89	17.90	1.34
Chiaravagna	monte	14.85	Q200-CH	33.50	204.00	3.36	8.00	8.00	5.50	6.95	2.07	2.14	5.33	38.26	18.50	1.18
Chiaravagna	monte	14.8	Q200-CH	32.50	204.00	2.99	7.37	7.37	6.20	6.85	3.10	3.21	3.58	57.03	18.42	0.65
Chiaravagna	monte	14	Q200-CH	23.00	204.00	2.93	9.00	9.10	6.22	6.81	3.12	3.29	3.39	60.16	19.30	0.61
Chiaravagna	monte	13.5	Q200-CH	18.00	204.00	2.89	7.06	7.00	5.86	6.76	2.76	2.97	4.19	48.69	17.64	0.81
Chiaravagna	monte	13.4	Q200-CH	17.00	204.00	2.88	7.06	7.00	5.86	6.75	2.77	2.98	4.18	48.82	17.64	0.80
Chiaravagna	valle	13.1	Q200-CH	500.38	257.00	2.78	6.94	6.90	6.31	6.53	3.26	3.53	2.07	124.24	38.14	0.37
Chiaravagna	valle	13.01	Q200-CH	490.38	257.00	2.72	8.00	8.00	6.24	6.52	3.24	3.52	2.32	111.01	34.31	0.41
Chiaravagna	valle	13	Q200-CH	489.38	257.00	2.71	6.83	6.83	6.25	6.51	3.54	3.54	2.27	113.13	31.97	0.39
Chiaravagna	valle	12.5	Q200-CH	483.38	257.00	2.67	6.83	6.83	6.26	6.50	3.38	3.59	2.19	117.37	34.72	0.38
Chiaravagna	valle	12.3	Q200-CH	477.38	257.00	2.64	7.39	6.53	6.13	6.48	3.03	3.49	2.63	97.63	32.20	0.48
Chiaravagna	valle	12.26	Q200-CH	473.18	257.00	2.62	7.39	6.53	5.33	6.39	2.14	2.71	4.58	56.17	26.27	1.00
Chiaravagna	valle	12.25	Q200-CH	466.68	257.00	2.58	7.39	6.53	4.62	6.26	1.60	2.04	5.66	45.37	28.27	1.43
Chiaravagna	valle	12.21	Q200-CH	459.08	257.00	2.53	7.39	6.53	5.05	6.09	2.08	2.52	4.51	56.94	27.40	1.00
Chiaravagna	valle	12.2	Q200-CH	458.08	257.00	2.52	7.39	6.53	4.78	6.06	1.83	2.26	5.00	51.37	28.10	1.18
Chiaravagna	valle	12.11	Q200-CH	454.68	257.00	2.50	7.70	7.70	4.44	5.99	1.56	1.94	5.51	46.60	29.85	1.41
Chiaravagna	valle	12.1	Q200-CH	454.58	257.00	2.50	6.55	6.55	4.28	5.97	1.49	1.78	5.76	44.61	29.85	1.50
Chiaravagna	valle	12	Q200-CH	449.58	257.00	1.67	6.55	6.55	2.92	5.76	1.25	1.25	7.47	34.42	27.61	2.14
Chiaravagna	valle	11.9	Q200-CH	448.58	257.00	1.66	7.68	7.68	2.88	5.73	1.22	1.22	7.49	34.32	28.21	2.17
Chiaravagna	valle	11.2	Q200-CH	431.58	257.00	1.60	5.28	7.70	3.34	5.15	1.74	1.74	5.96	43.09	24.77	1.44
Chiaravagna	valle	11	Q200-CH	382.58	257.00	1.35	5.08	7.70	3.54	4.61	2.13	2.19	4.57	56.20	26.37	1.00
Chiaravagna	valle	10.5	Q200-CH	289.58	257.00	0.78	5.08	7.70	3.52	4.13	2.68	2.74	3.44	74.63	27.83	0.67
Chiaravagna	valle	10.4	Q200-CH	288.58	257.00	0.78	6.30	5.80	3.58	4.10	2.80	2.80	3.19	80.68	28.80	0.61
Chiaravagna	valle	10.3	Q200-CH	282.58	257.00	0.73	6.10	6.10	3.62	4.07	2.89	2.89	2.97	86.49	29.93	0.56
Chiaravagna	valle	10.2	Q200-CH	281.58	257.00	0.73	4.50	4.50	3.50	4.06	2.69	2.77	3.31	77.64	28.83	0.64
Chiaravagna	valle	10.1	Q200-CH	263.08	257.00	0.62	4.50	4.50	3.26	3.99	2.36	2.64	3.78	68.03	28.87	0.79
Chiaravagna	valle	9.3	Q200-CH	262.08	257.00	0.60	3.86	5.20	3.31	3.96	2.48	2.71	3.57	72.06	29.00	0.72
Chiaravagna	valle	9.2	Q200-CH	261.58	257.00	0.60	3.86	4.27	3.31	3.96	2.48	2.71	3.57	72.00	29.00	0.72
Chiaravagna	valle	9.1	Q200-CH	250.08	257.00	0.55	3.86	4.27	3.29	3.93	2.50	2.74	3.54	72.64	29.00	0.71
Chiaravagna	valle	9.01	Q200-CH	249.58	257.00	0.55	3.86	3.86	3.29	3.93	2.50	2.74	3.54	72.57	29.00	0.71
Chiaravagna	valle	8.2	Q200-CH	248.58	257.00	0.52	3.66	4.10	3.01	3.90	2.22	2.49	4.18	61.52	27.76	0.90
Chiaravagna	valle	8.1	Q200-CH	236.58	257.00	0.45	3.66	4.10	3.03	3.81	2.38	2.58	3.89	66.07	27.76	0.81
Chiaravagna	valle	7.3	Q200-CH	235.58	257.00	0.45	3.66	5.20	3.13	3.76	2.28	2.68	3.50	73.35	32.21	0.74
Chiaravagna	valle	7.21	Q200-CH	225.58	257.00	0.40	3.23	5.49	3.15	3.71	2.41	2.75	3.33	77.12	32.04	0.69
Chiaravagna	valle	7.2	Q200-CH	224.58	257.00	0.40	3.23	4.17	2.70	3.67	1.94	2.30	4.36	58.92	30.38	1.00
Chiaravagna	valle	7.1	Q200-CH	209.58	257.00	0.30	3.23	4.17	2.11	3.51	1.64	1.81	5.23	49.18	30.00	1.30
Chiaravagna	valle	6.3	Q200-CH	209.08	257.00	0.30	5.70	5.33	1.41	3.44	1.11	1.11	6.30	40.77	36.73	1.91
Chiaravagna	valle	6.2	Q200-CH	198.08	257.00	0.18	5.30	5.00	2.64	3.07	2.42	2.46	2.90	88.70	36.72	0.60
Chiaravagna	valle	6.1	Q200-CH	183.08	257.00	0.13	5.50	4.77	2.46	3.03	2.28	2.33	3.32	77.31	33.84	0.70

HEC-RAS Plan: Chiaravagna-progetto-si fondo-9OK Profile: Q200-CH (Continued)

River	Reach	River Sta	Profile	Cum Ch Len	Q Total	Min Ch El	LOB Elev	ROB Elev	W.S. Elev	E.G. Elev	Hydr Depth	Max Chl Dpth	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
				(m)	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Chiaravagna	valle	6.01	Q200-CH	174.58	257.00	0.06	5.50	4.81	2.43	3.01	2.31	2.37	3.36	76.57	33.12	0.70
Chiaravagna	valle	6	Q200-CH	153.08	257.00	-0.05	5.50	4.81	2.39	2.96	2.33	2.44	3.33	77.13	33.12	0.70
Chiaravagna	valle	5.1	Q200-CH	117.08	257.00	-0.30	5.50	5.10	2.43	2.86	2.67	2.73	2.91	88.39	33.10	0.57
Chiaravagna	valle	5	Q200-CH	109.88	257.00	-0.33	4.90	4.90	1.91	2.80	2.20	2.24	4.18	61.48	34.00	0.90
Chiaravagna	valle	4.1	Q200-CH	109.48	257.00	-0.34	3.35	3.35	1.94	2.78	2.23	2.28	4.07	63.17	34.48	0.87
Chiaravagna	valle	1.6	Q200-CH	109.08	257.00	-0.34	2.75	2.94	2.05	2.73	2.20	2.39	3.66	70.17	31.88	0.79
Chiaravagna	valle	1.5	Q200-CH	83.66	257.00	-0.49	2.69	2.90	2.01	2.63	2.32	2.50	3.47	74.15	31.96	0.73
Chiaravagna	valle	1.4	Q200-CH	61.07	257.00	-0.63	2.58	2.88	1.99	2.54	2.46	2.62	3.27	78.61	31.93	0.67
Chiaravagna	valle	1.3	Q200-CH	35.50	257.00	-0.78	2.44	2.86	1.97	2.46	2.59	2.75	3.09	83.09	32.12	0.61
Chiaravagna	valle	1.2	Q200-CH	19.00	257.00	-0.88	2.35	2.87	1.96	2.41	2.66	2.84	2.99	85.81	32.28	0.59
Chiaravagna	valle	1.11	Q200-CH	18.00	270.00	-0.88	2.35	3.00	1.49	2.37	1.76	2.37	4.16	64.93	36.79	1.00
Chiaravagna	valle	0.1	Q200-CH		270.00	-1.00	1.88	1.88	0.81	2.20	1.44	1.81	5.22	51.68	36.00	1.39

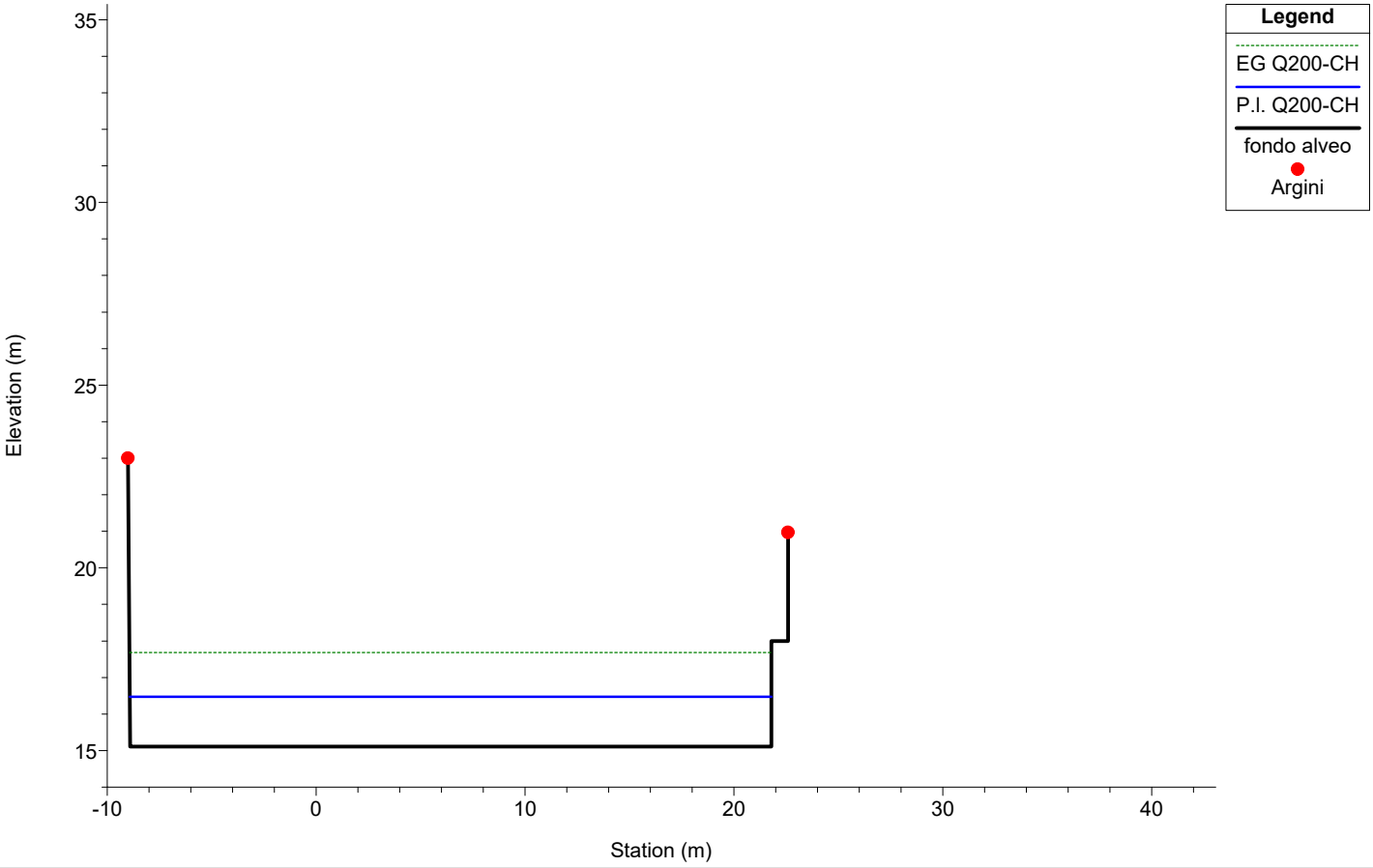
Chiaravagna

Sez. 42 (1 vasca) (4HYDRO) Stato di progetto



Chiaravagna

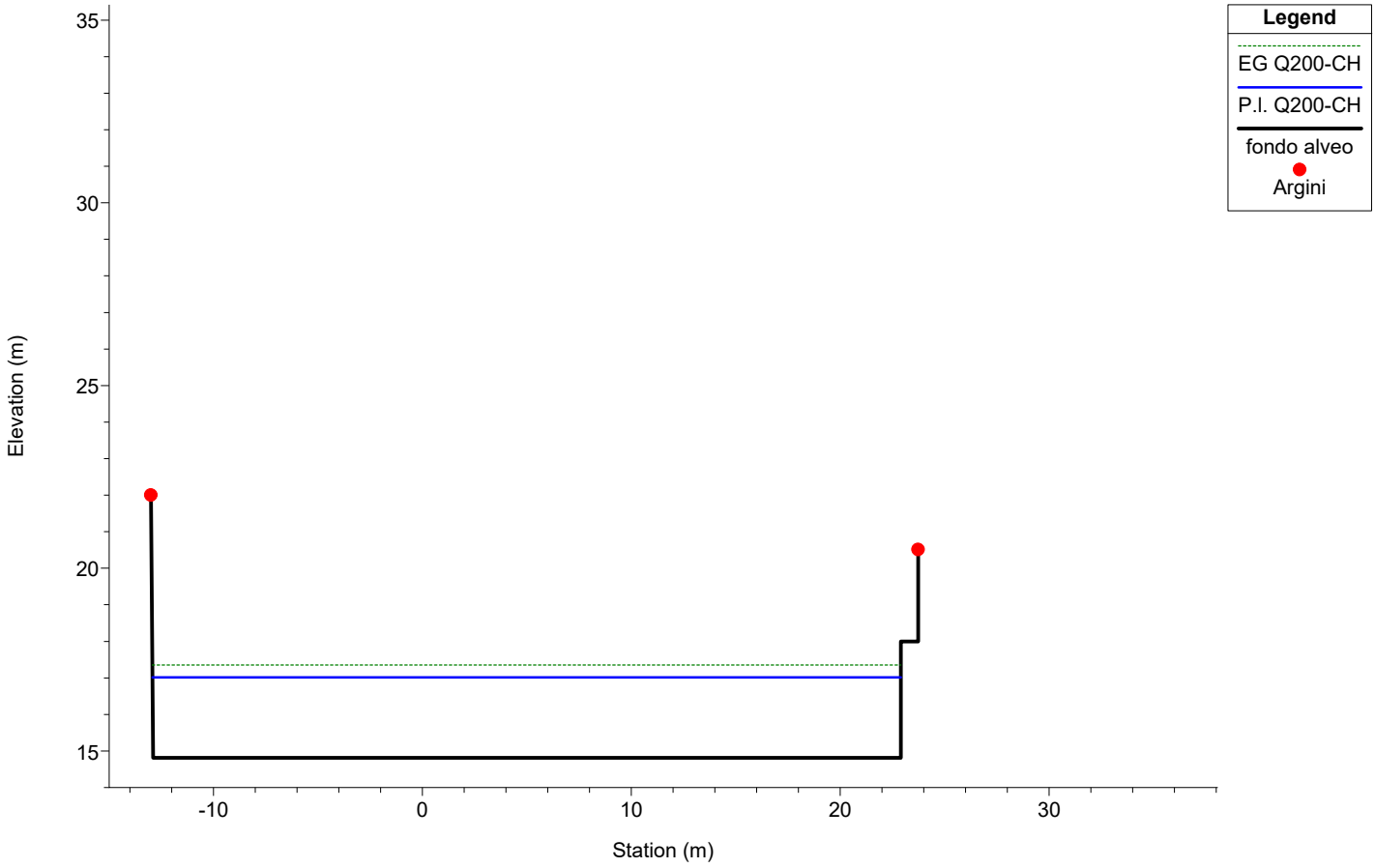
Sez. 41 (2 vasca) Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

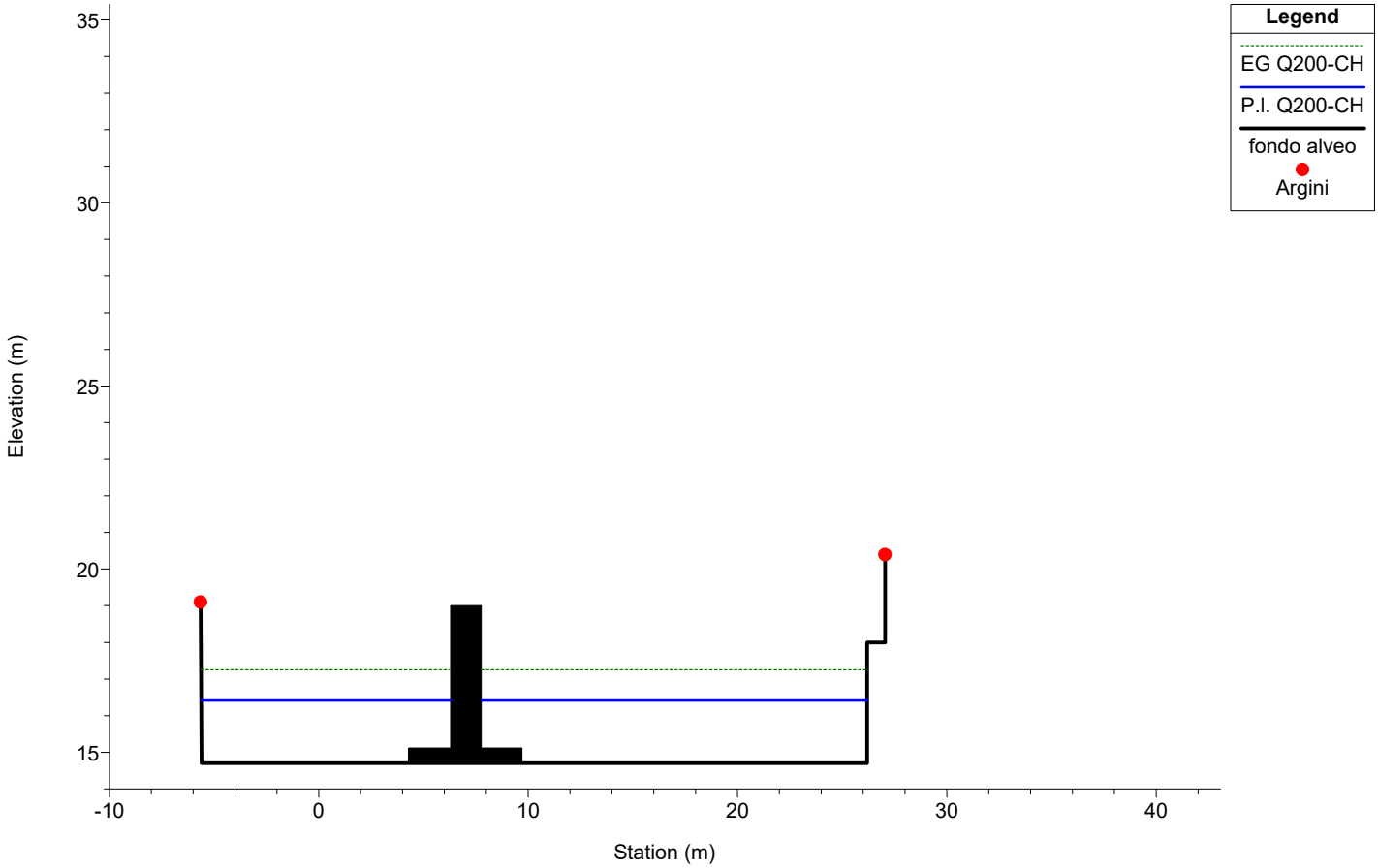
Chiaravagna

Sez. 40 (3 vasca) Stato di progetto



Chiaravagna

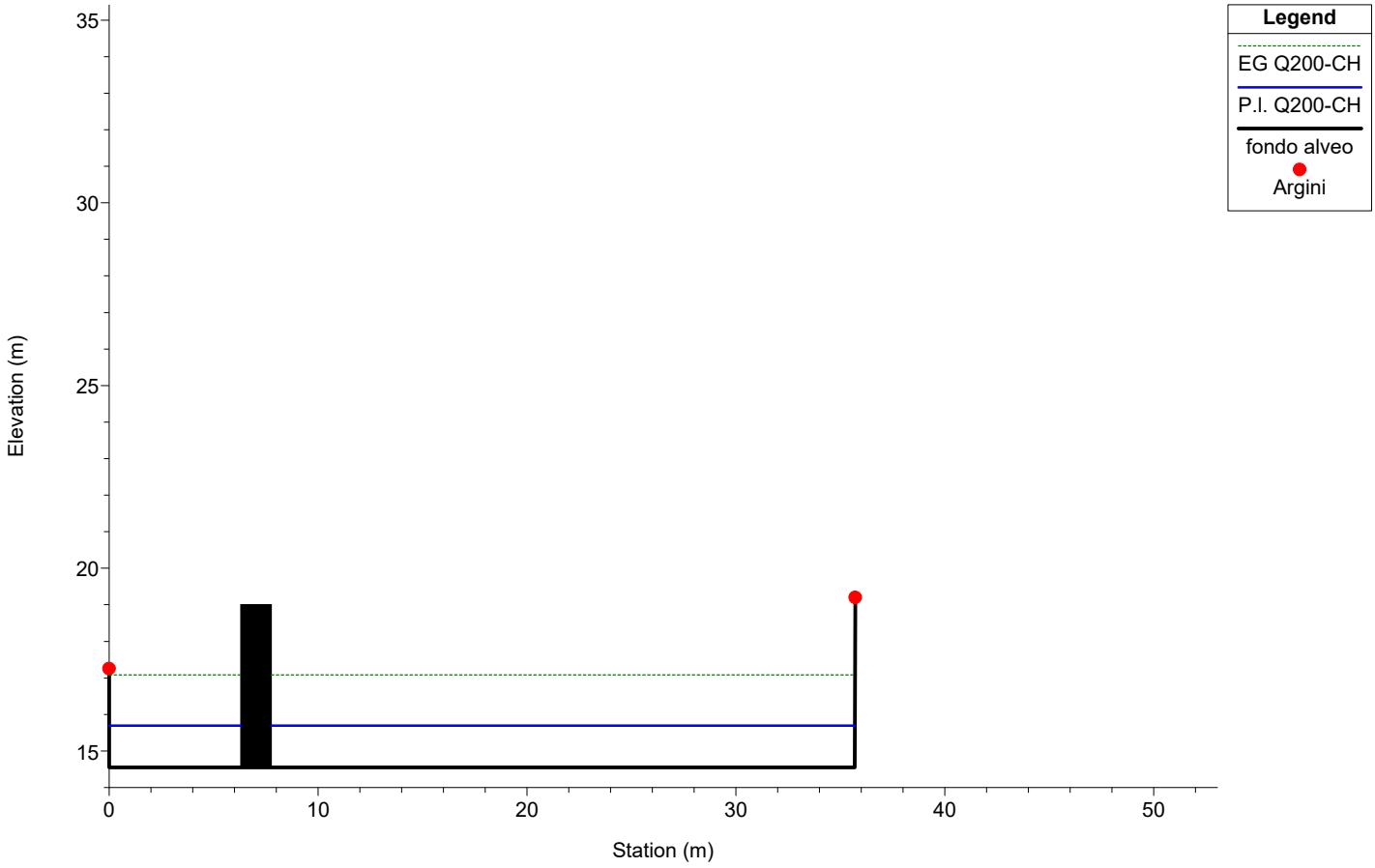
Sez. 39 (4 vasca) (5 HYDRO) Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

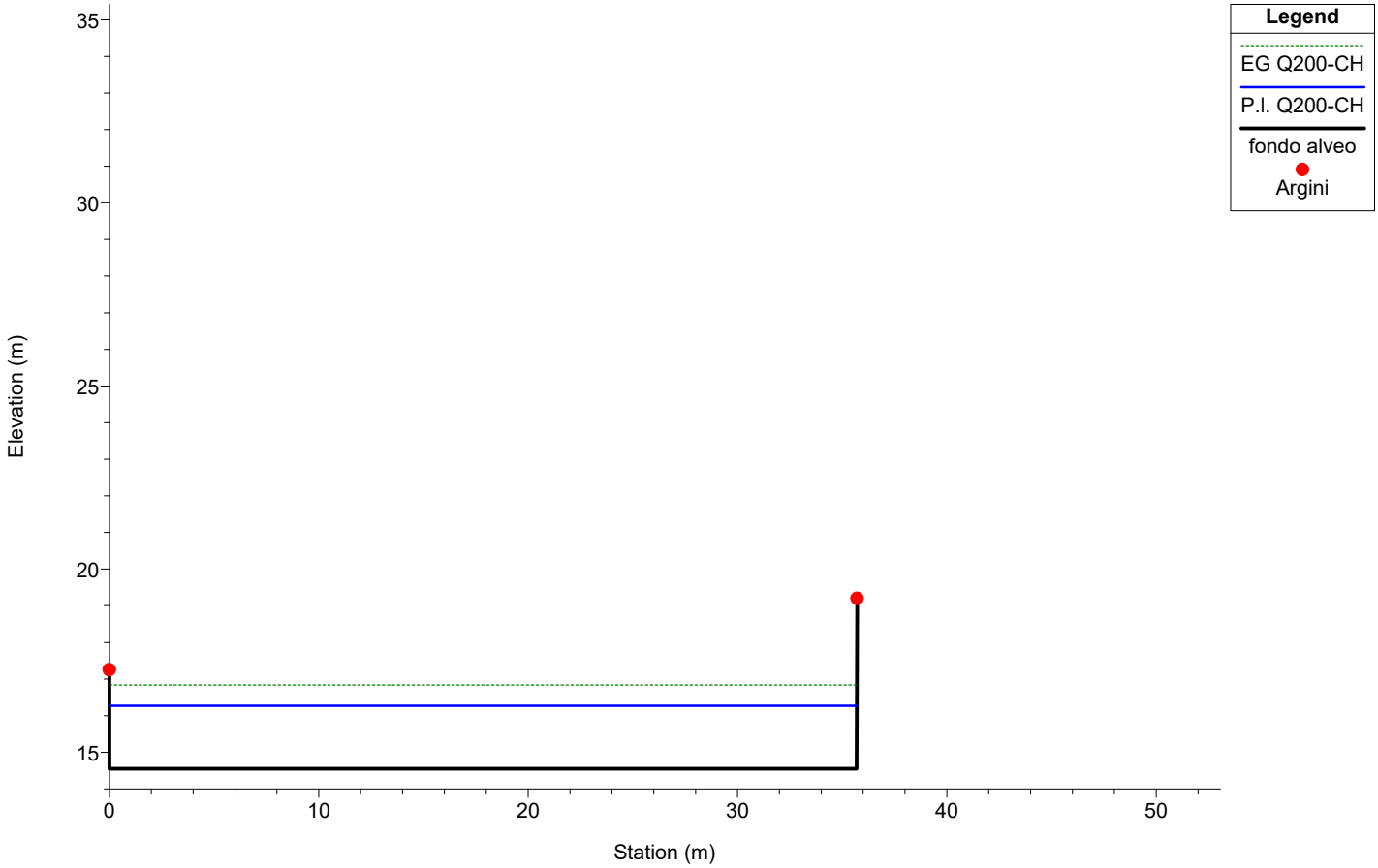
Chiaravagna

Sez. 38.4 (4' VASCA) Stato di progetto



Chiaravagna

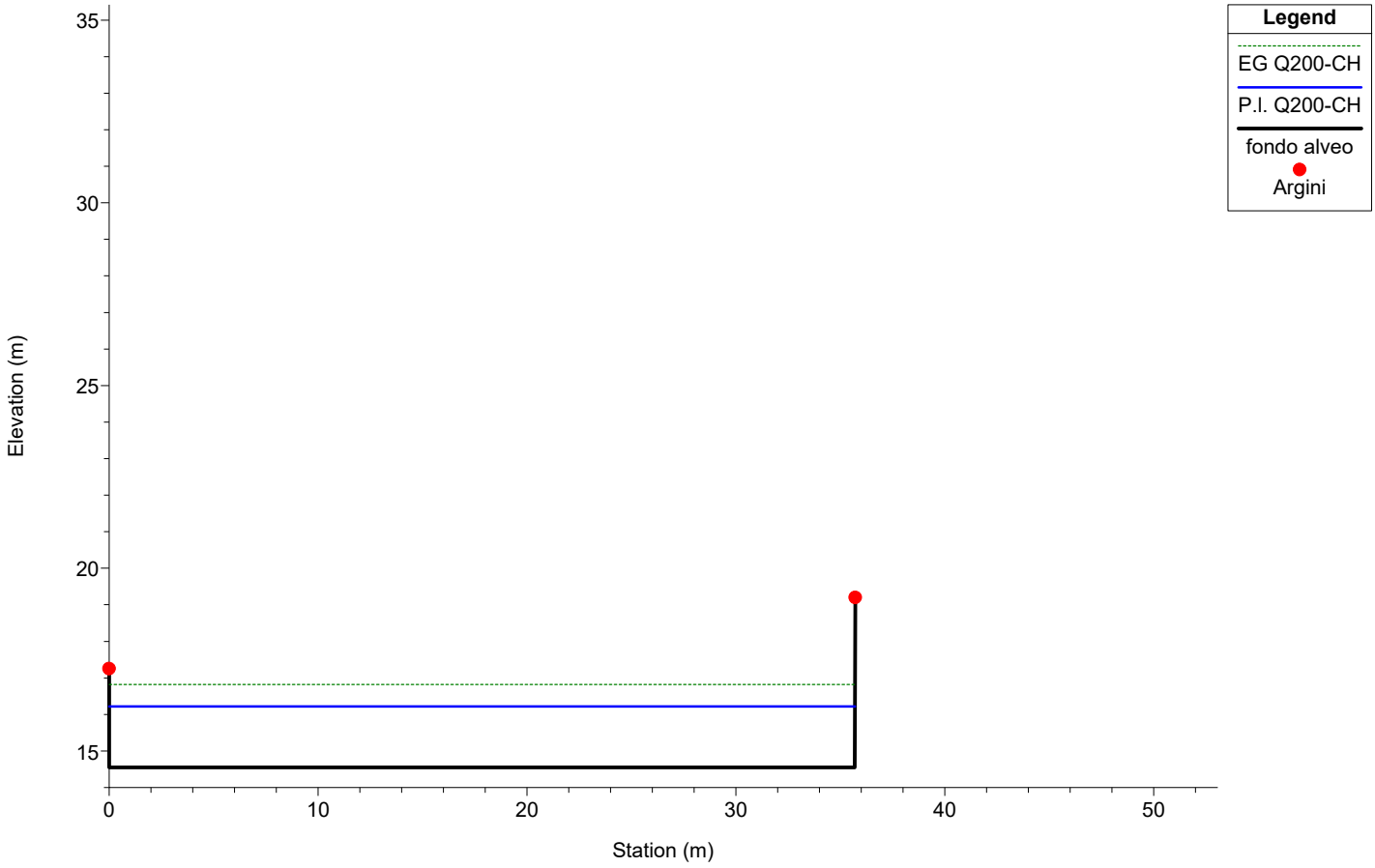
Sez. 38.3 (AA vasca) Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

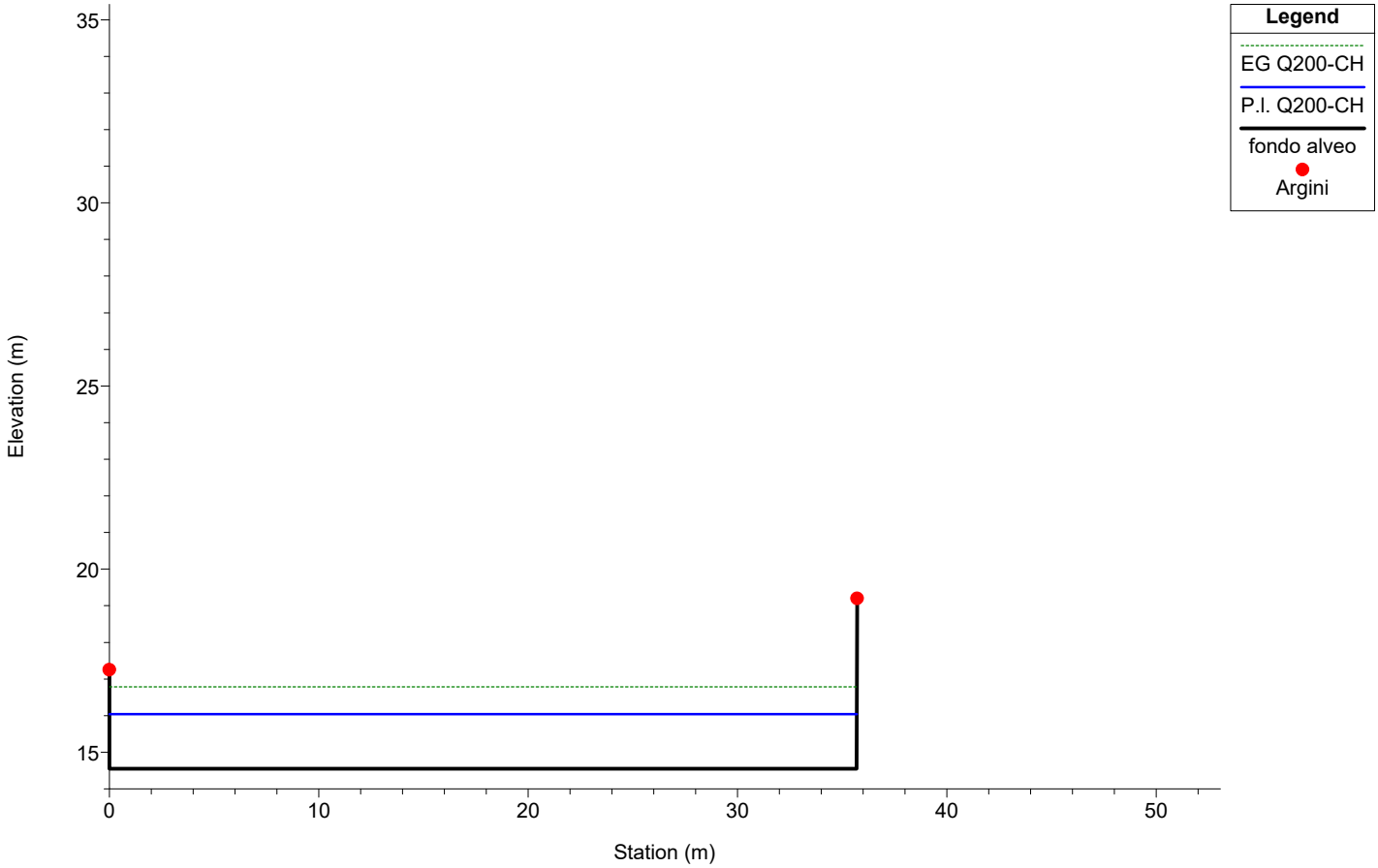
Chiaravagna

Sez. 38.2 (AA vasca) Stato di progetto



Chiaravagna

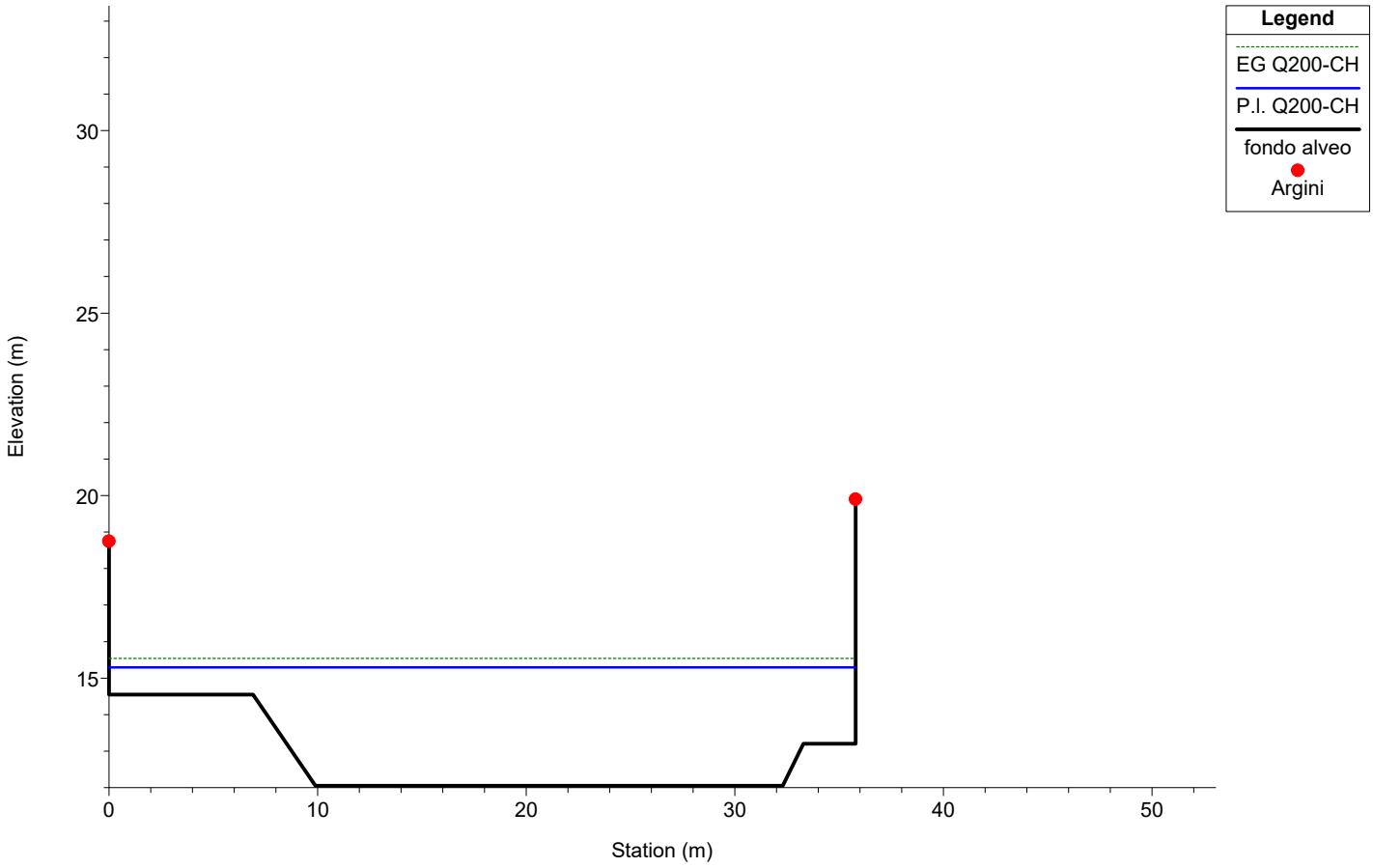
Sez. 38.1 (AA vasca) Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

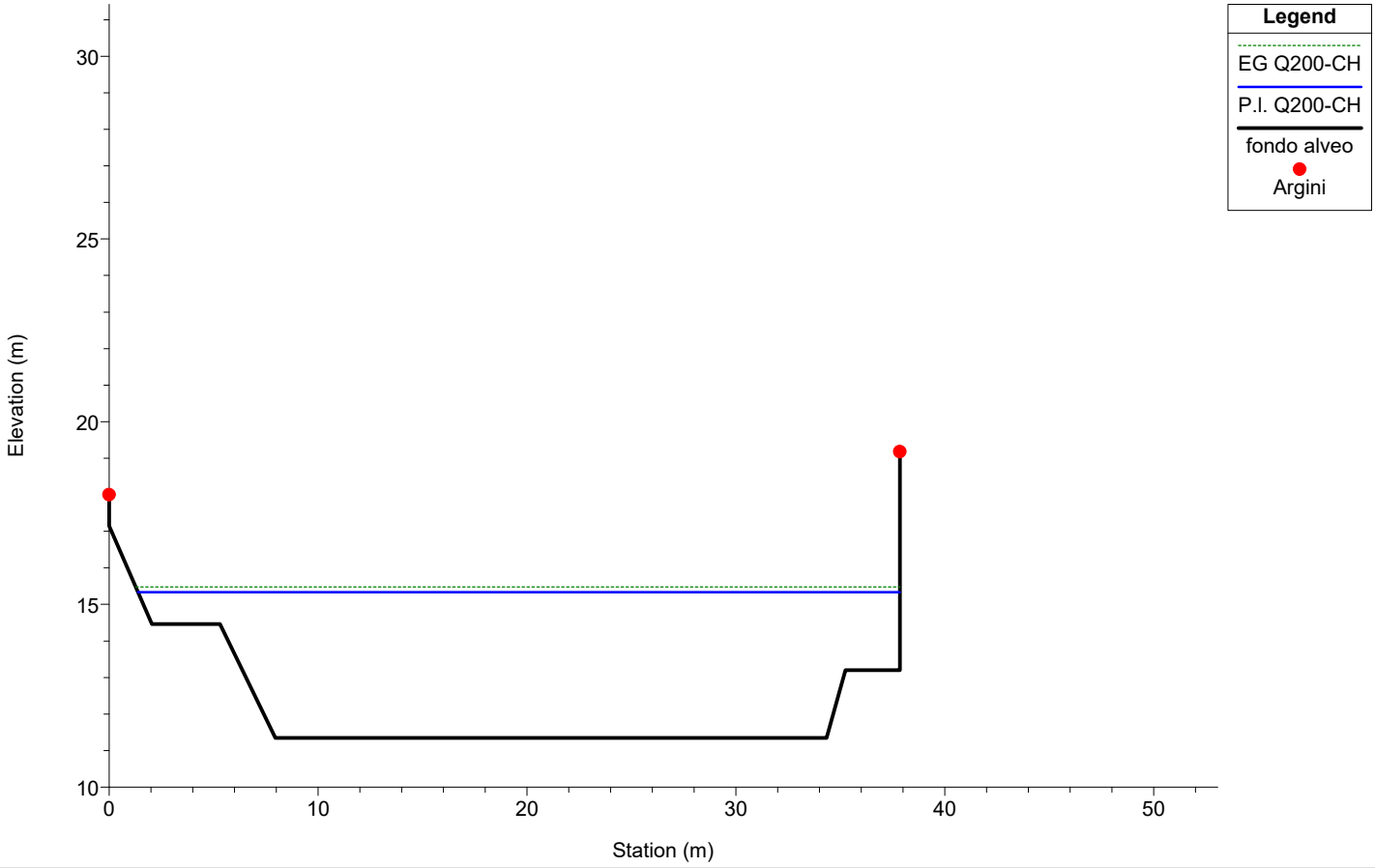
Chiaravagna

Sez. 38 (5 vasca) Stato di progetto



Chiaravagna

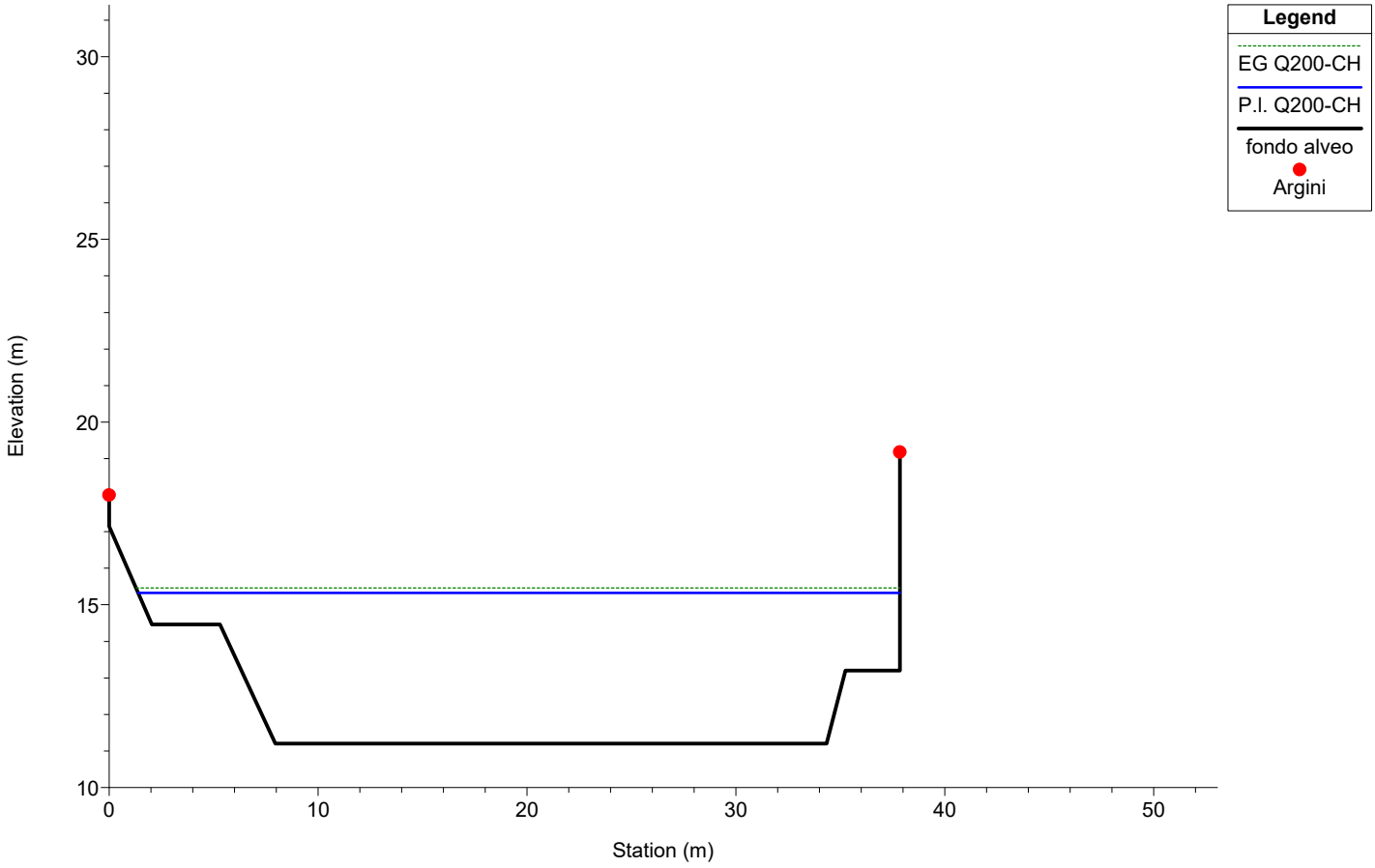
Sez. 37.1 (6 vasca) (6 HYDRO) Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

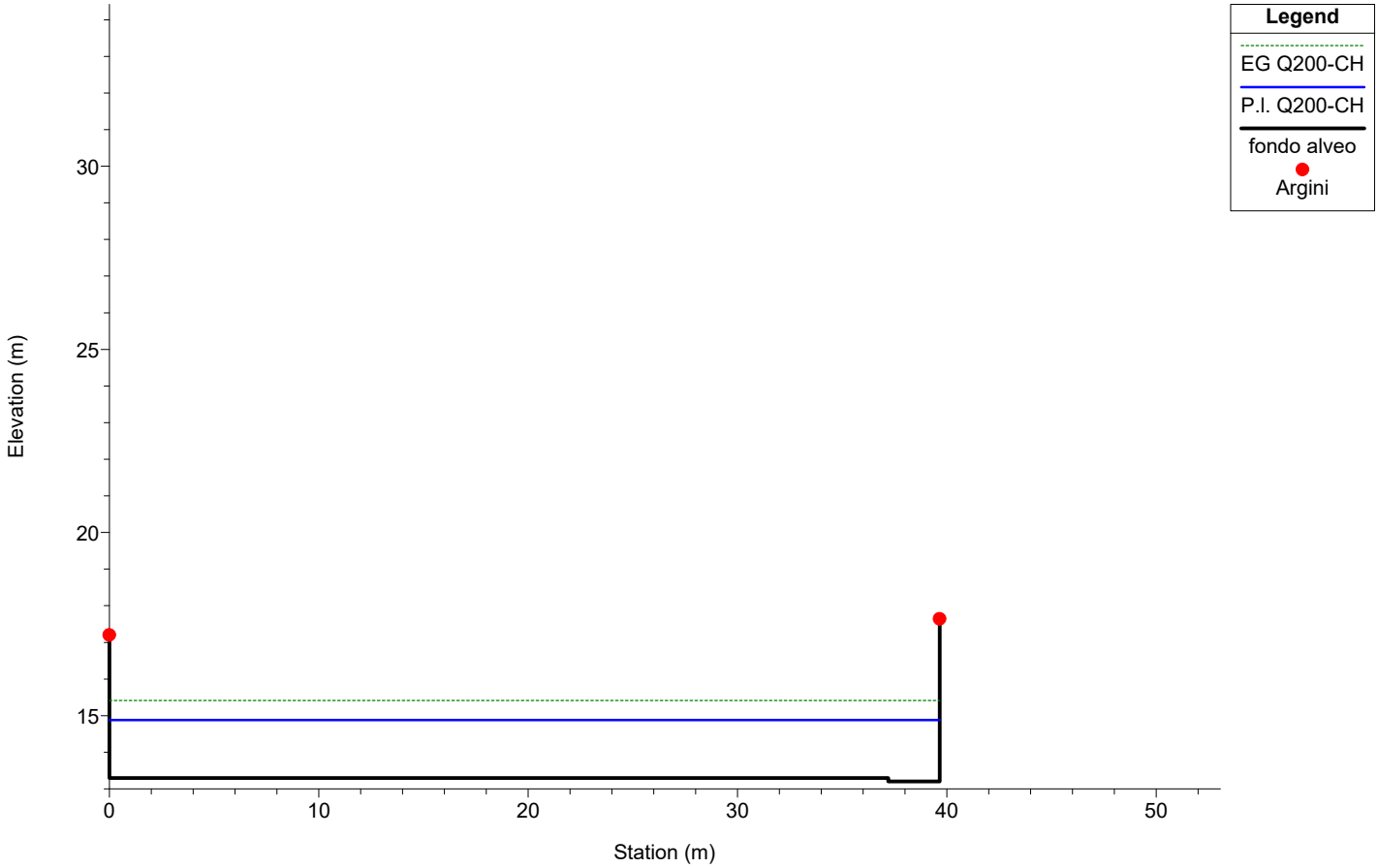
Chiaravagna

Sez. 37 (6 vasca) Stato di progetto



Chiaravagna

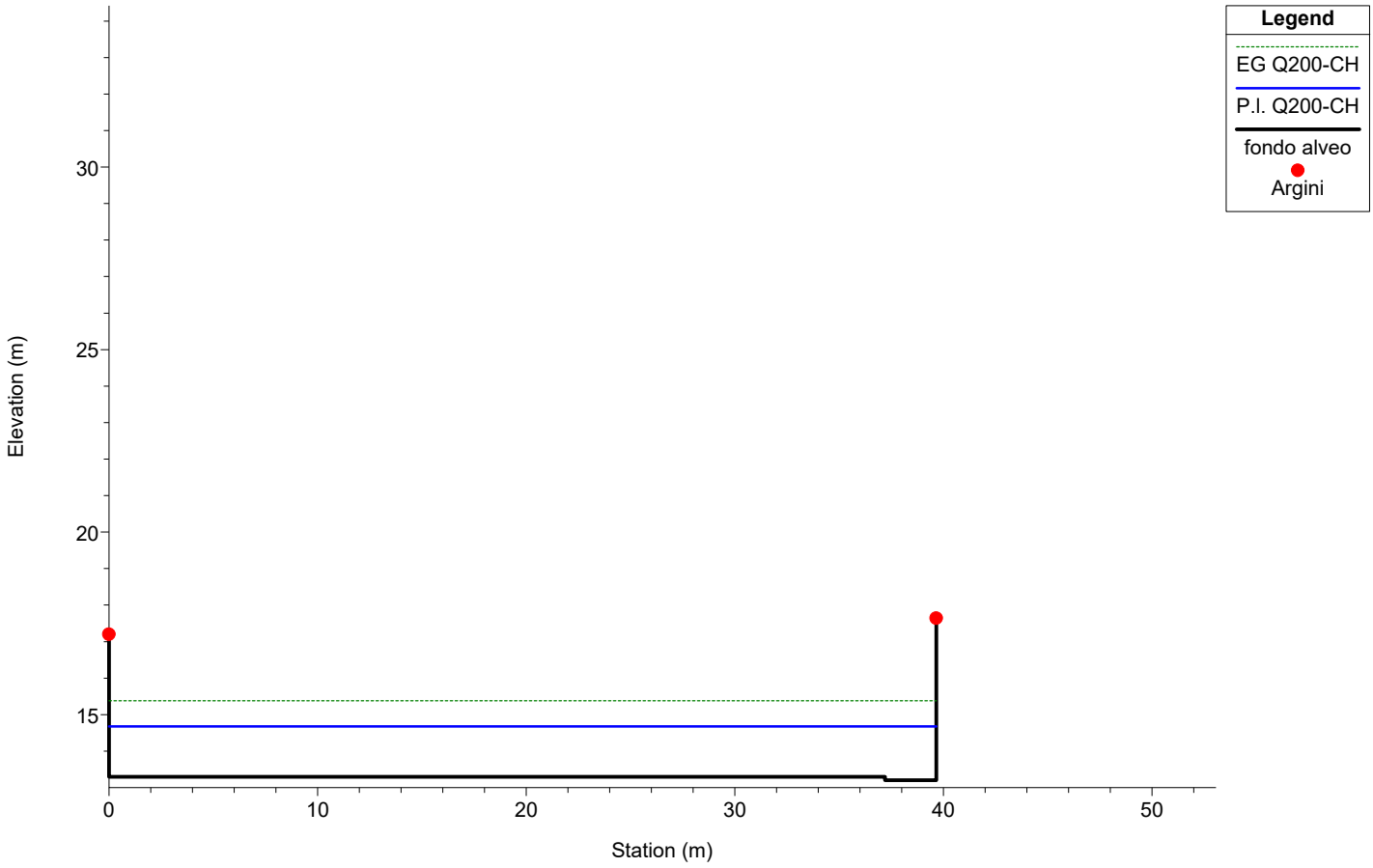
Sez. 36.1 (7 vasca) Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

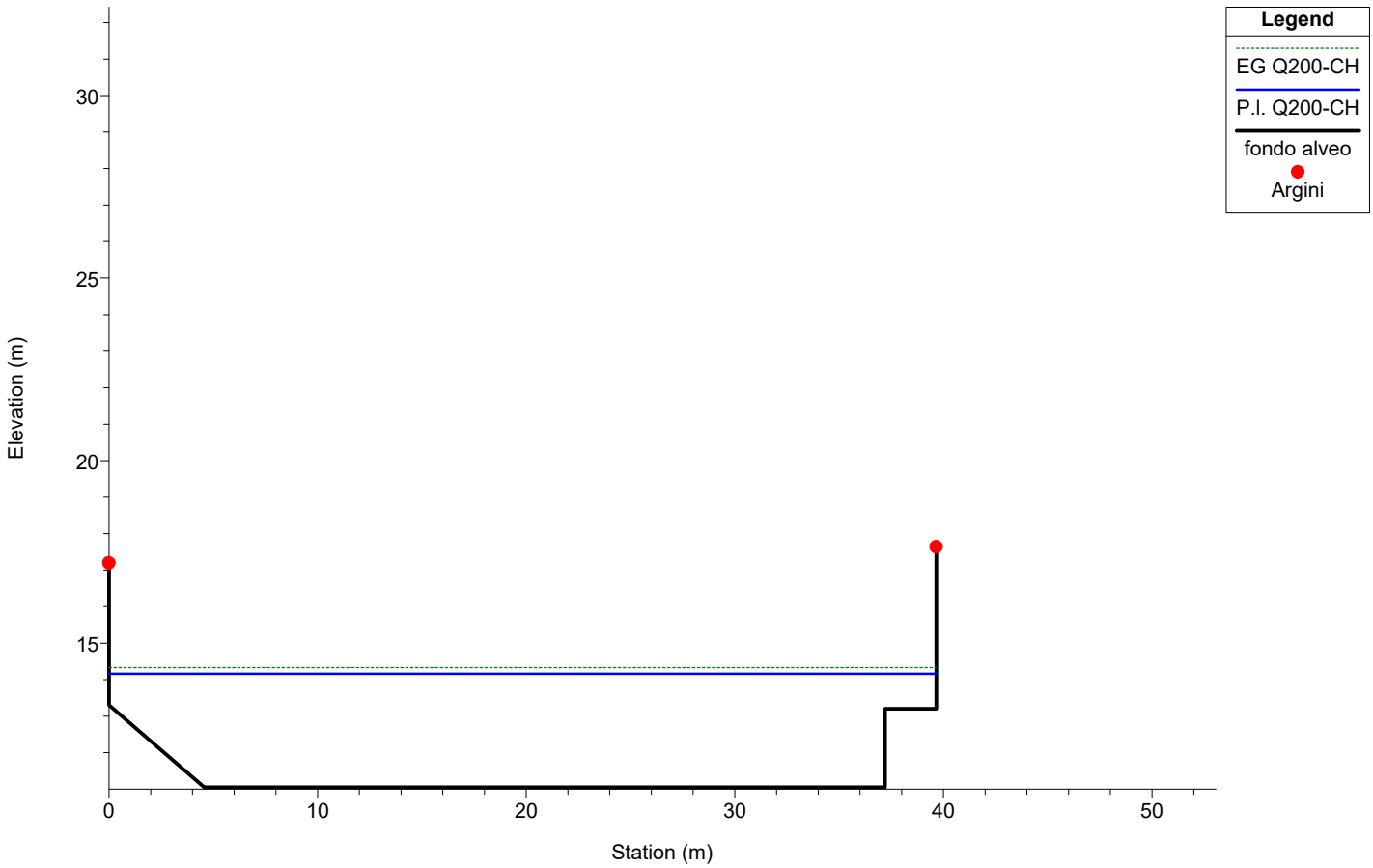
Chiaravagna

Sez. 36.1 (7 vasca) Stato di progetto



Chiaravagna

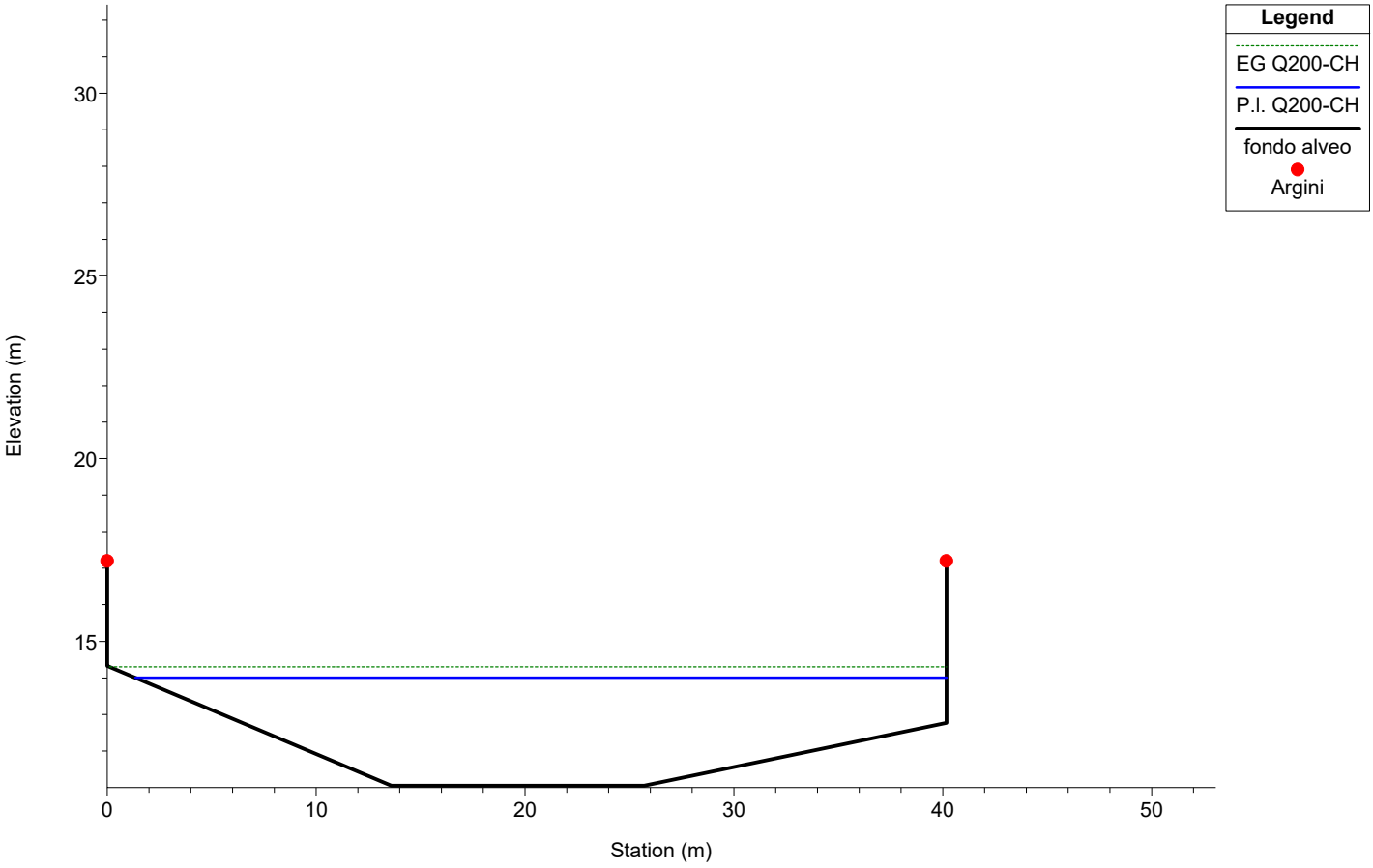
Sez. 36 (7 vasca) Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

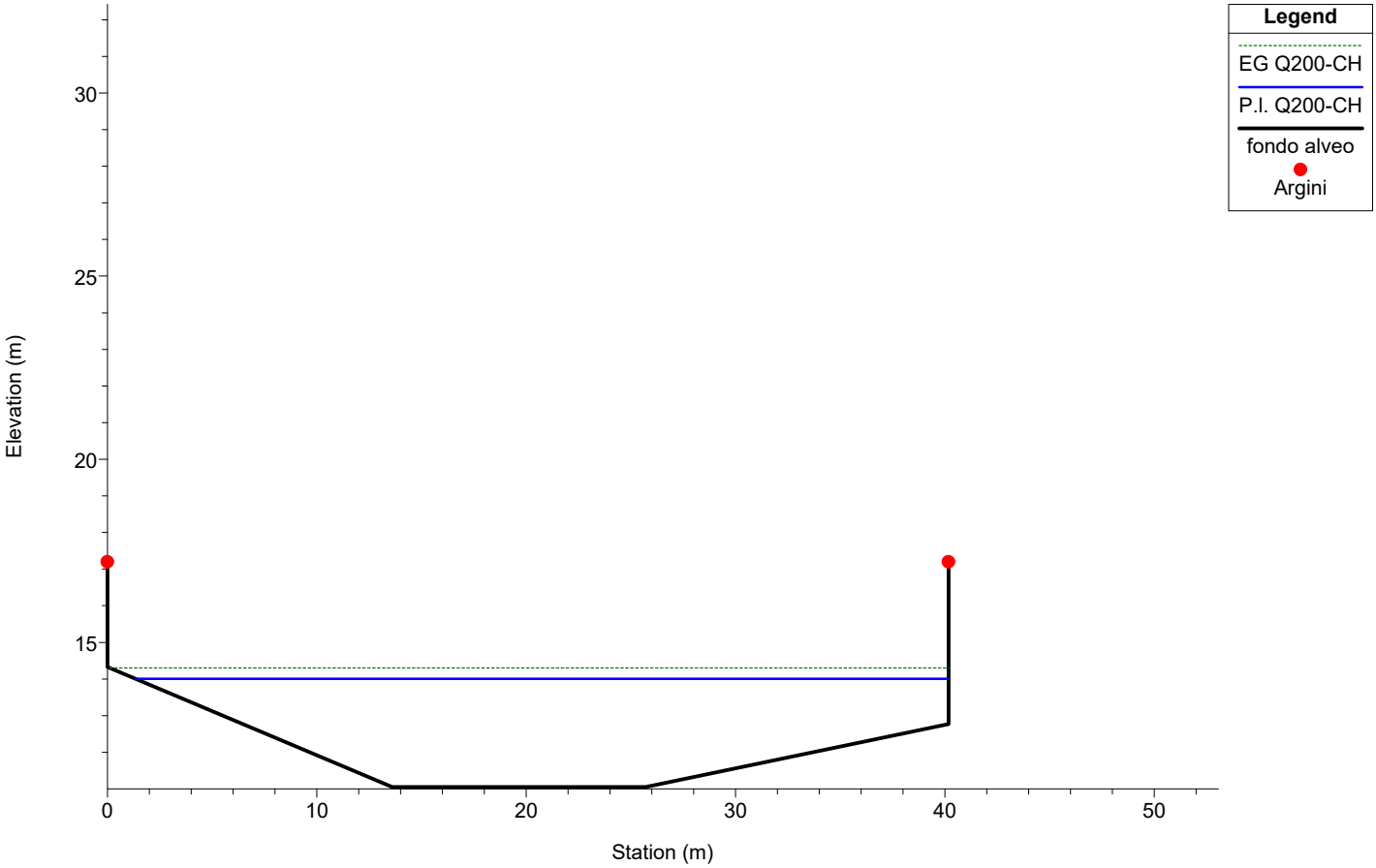
Chiaravagna

Sez. 35.2 (8 vasca) Stato di progetto



Chiaravagna

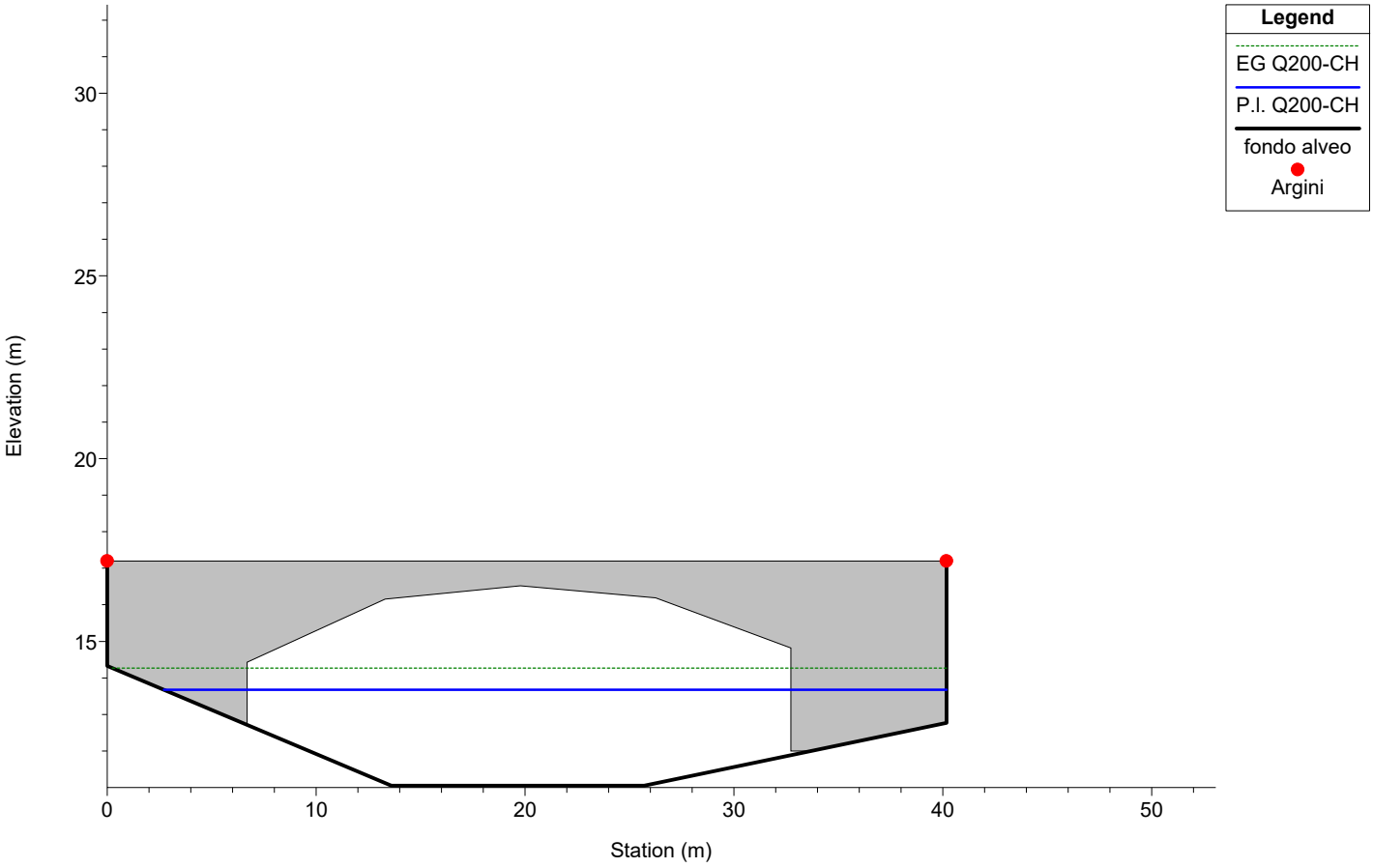
Sez. 35.1 (8 vasca) (7 HYDRO) Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

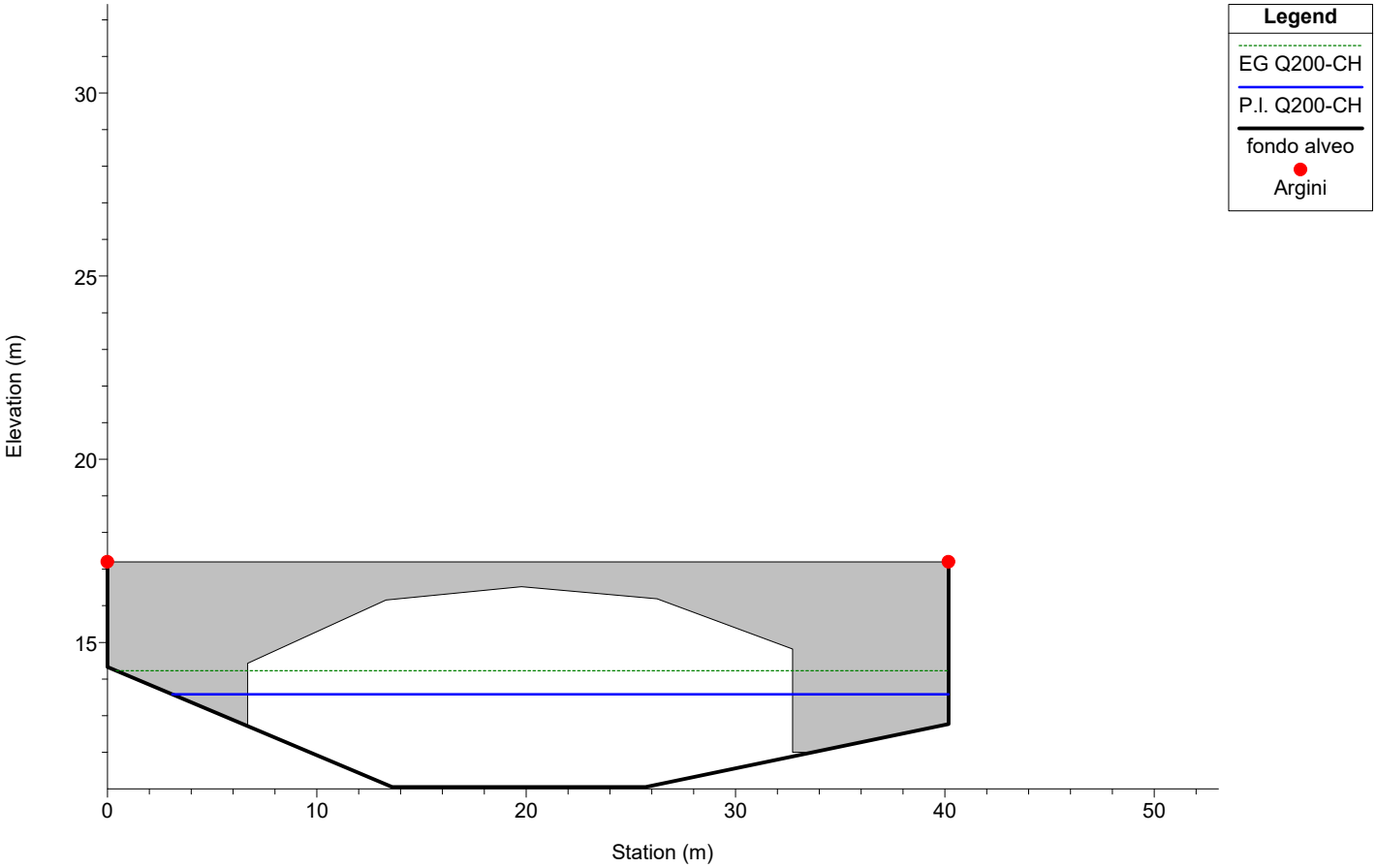
Chiaravagna

Via Bissone Stato di progetto



Chiaravagna

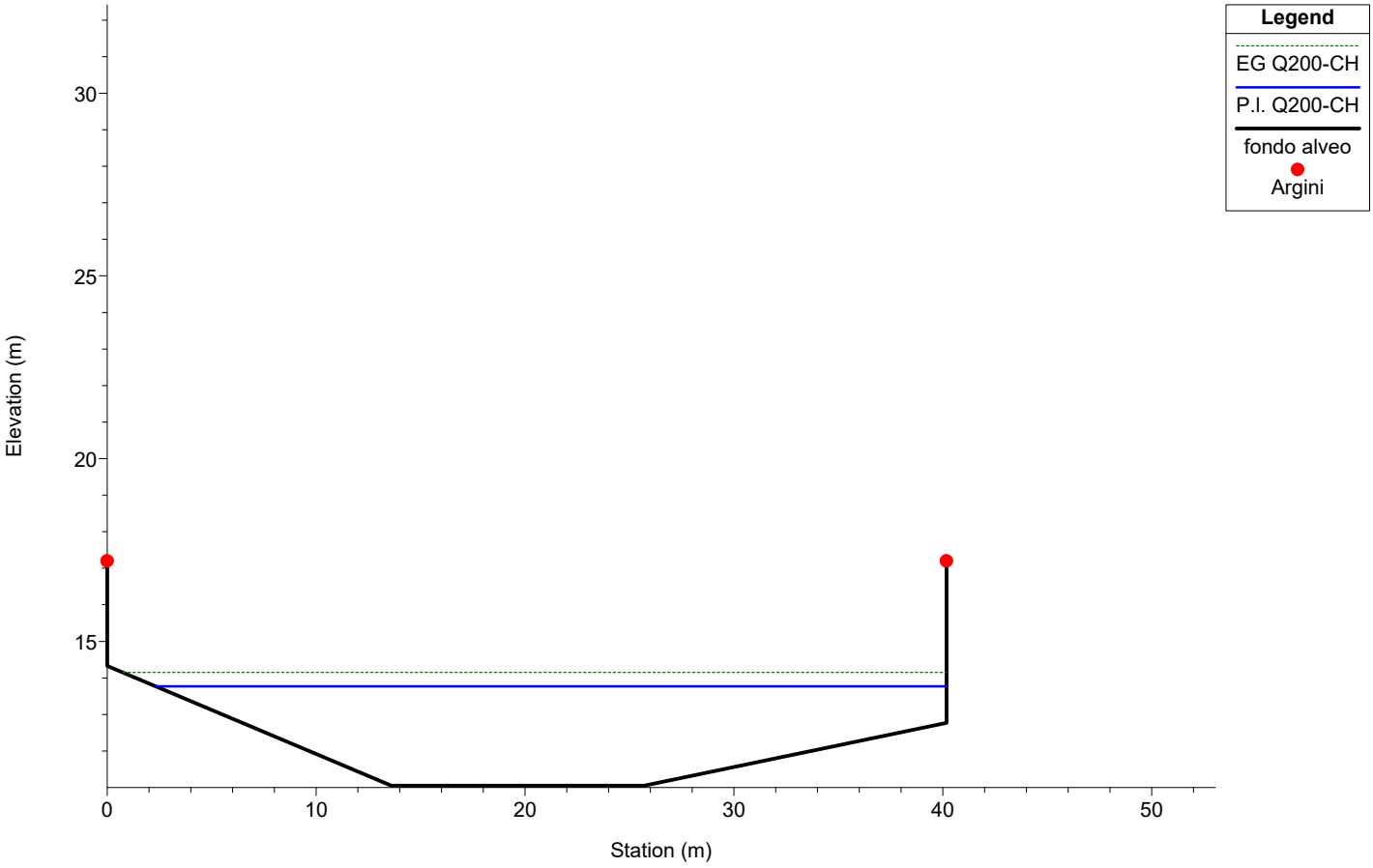
Via Bissone Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

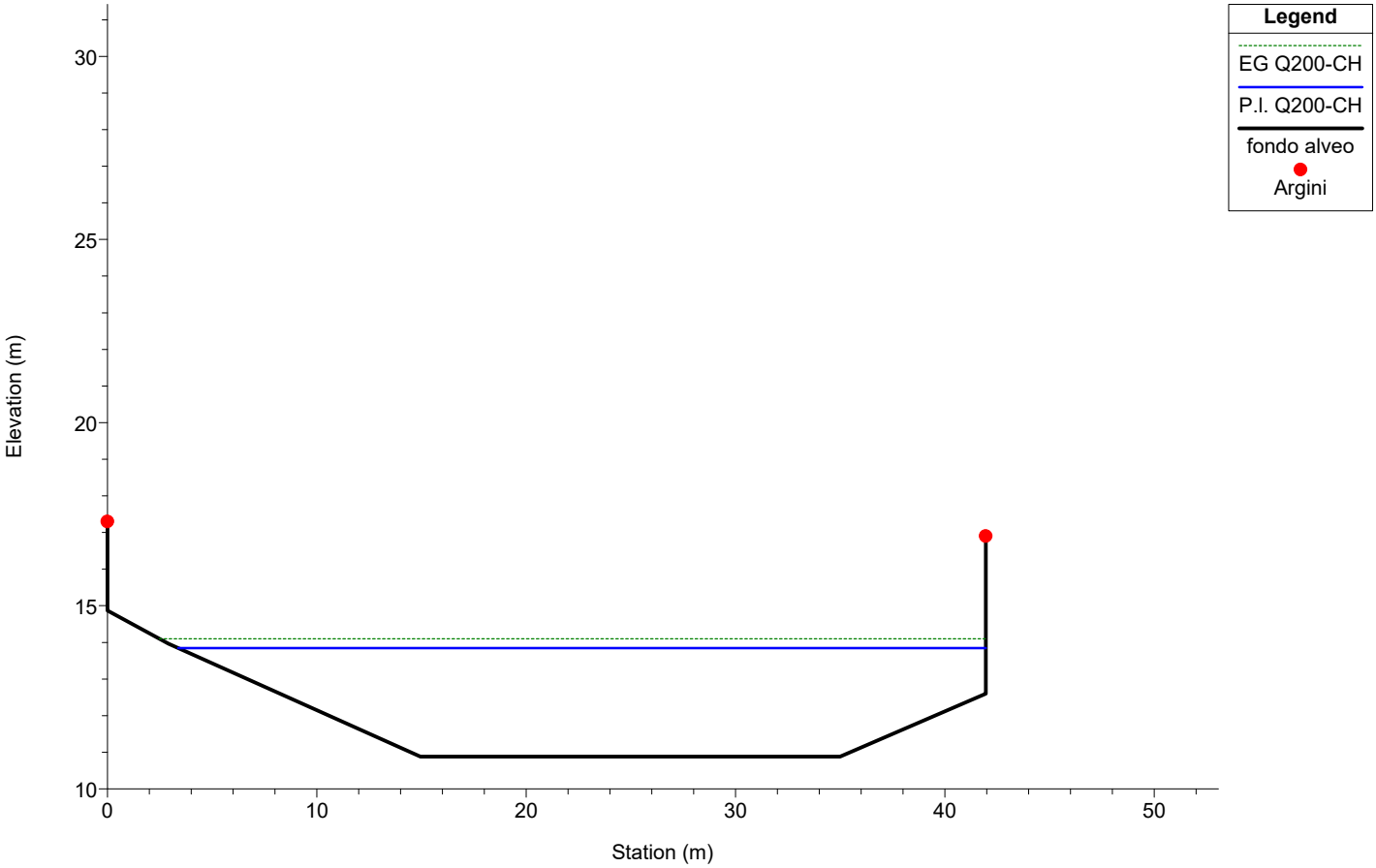
Chiaravagna

Sez. 35 (8 vasca) Stato di progetto



Chiaravagna

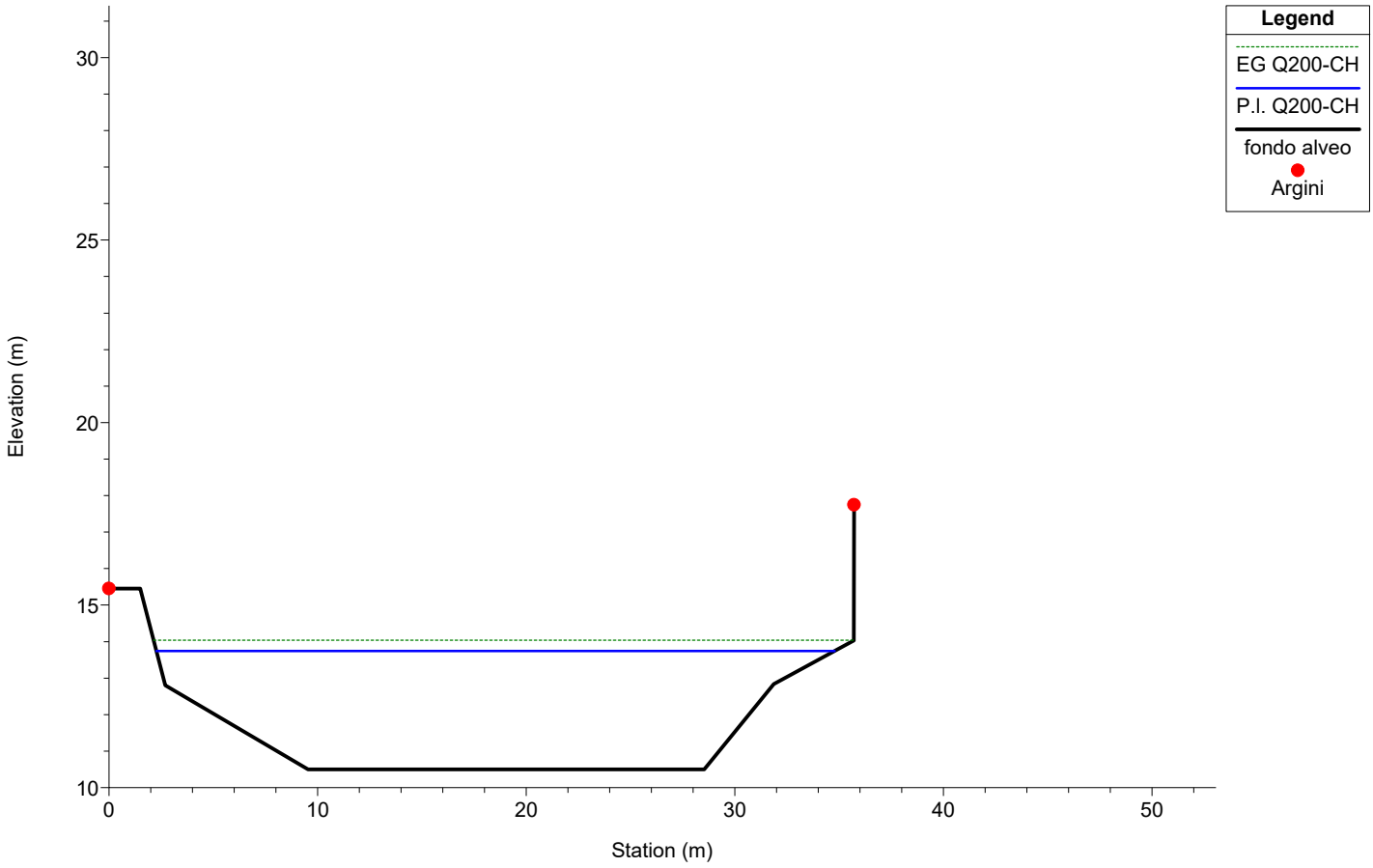
Sez. 34 (9 vasca) Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

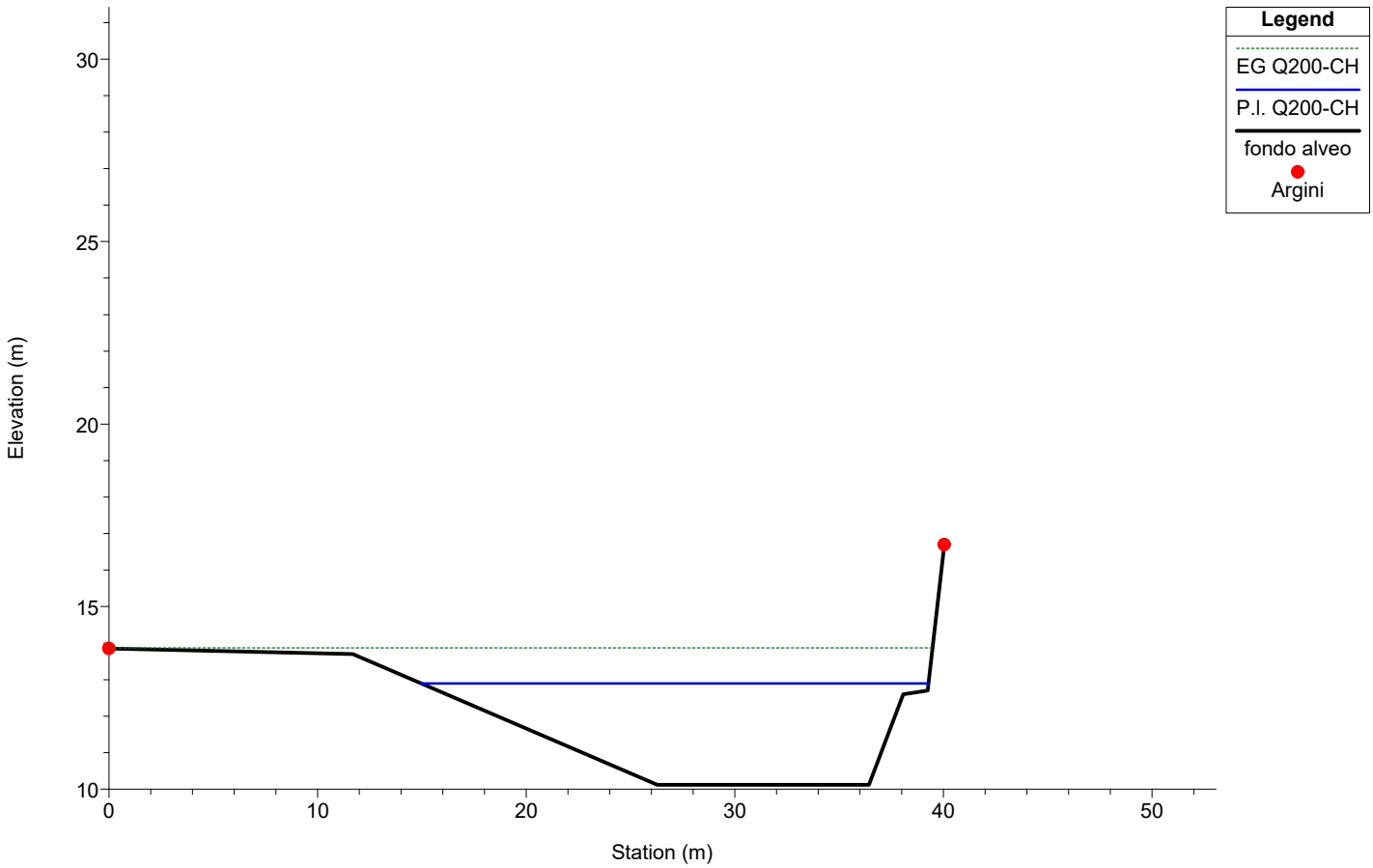
Chiaravagna

Sez. 33 (10 vasca) Stato di progetto



Chiaravagna

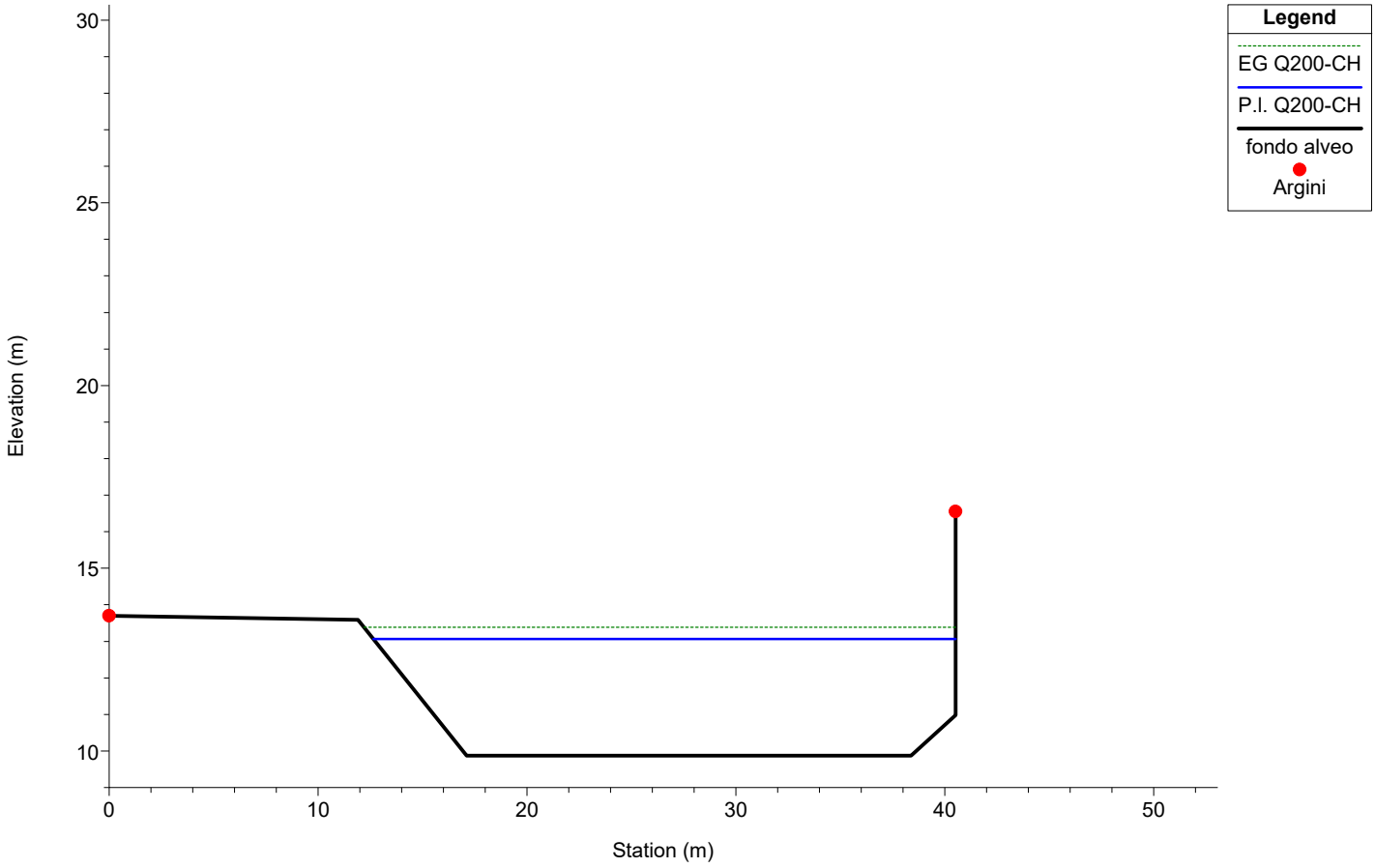
Sez. 32 (11 vasca) Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

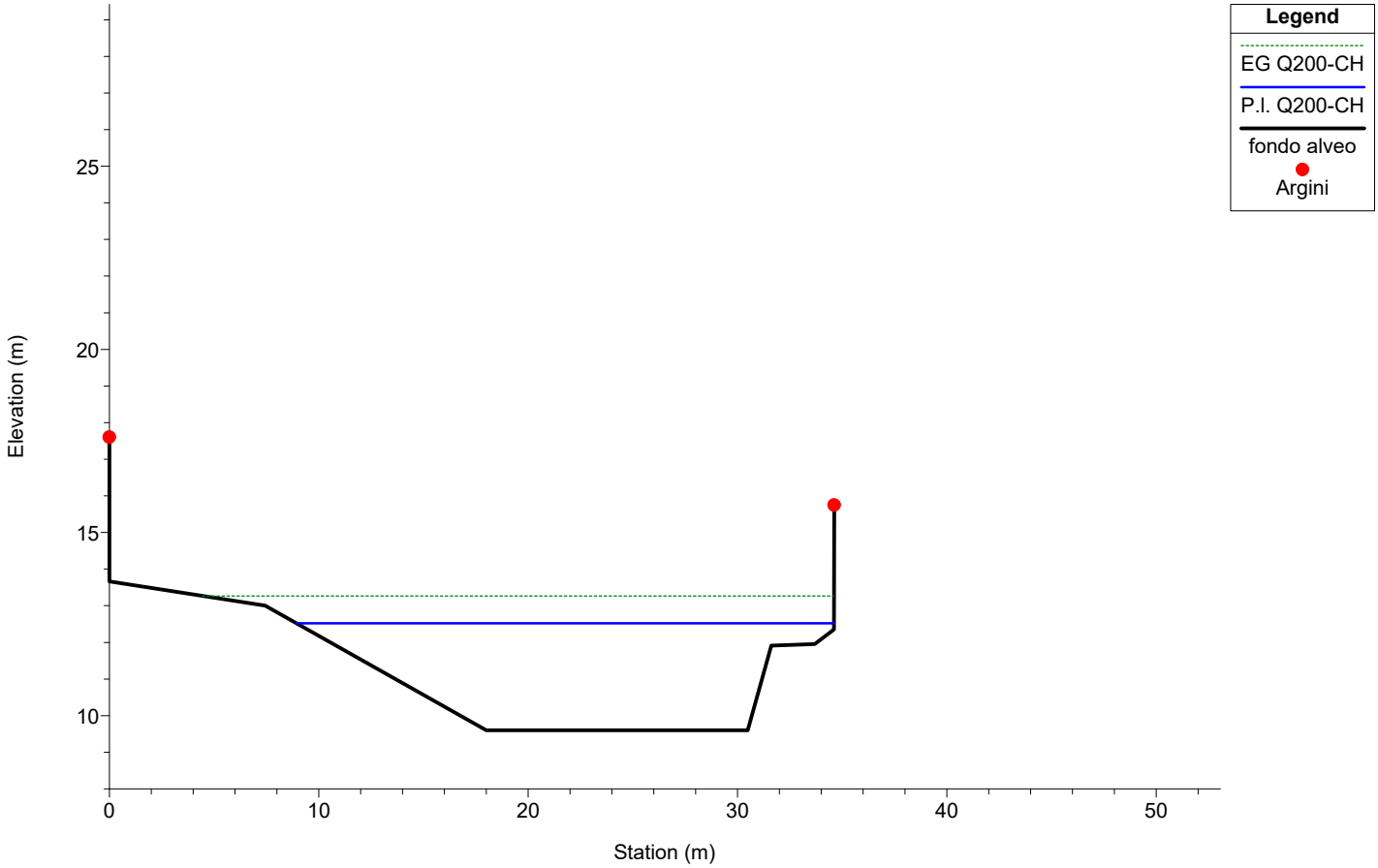
Chiaravagna

Sez. 31 (12 vasca) (8 HYDRO) Stato di progetto



Chiaravagna

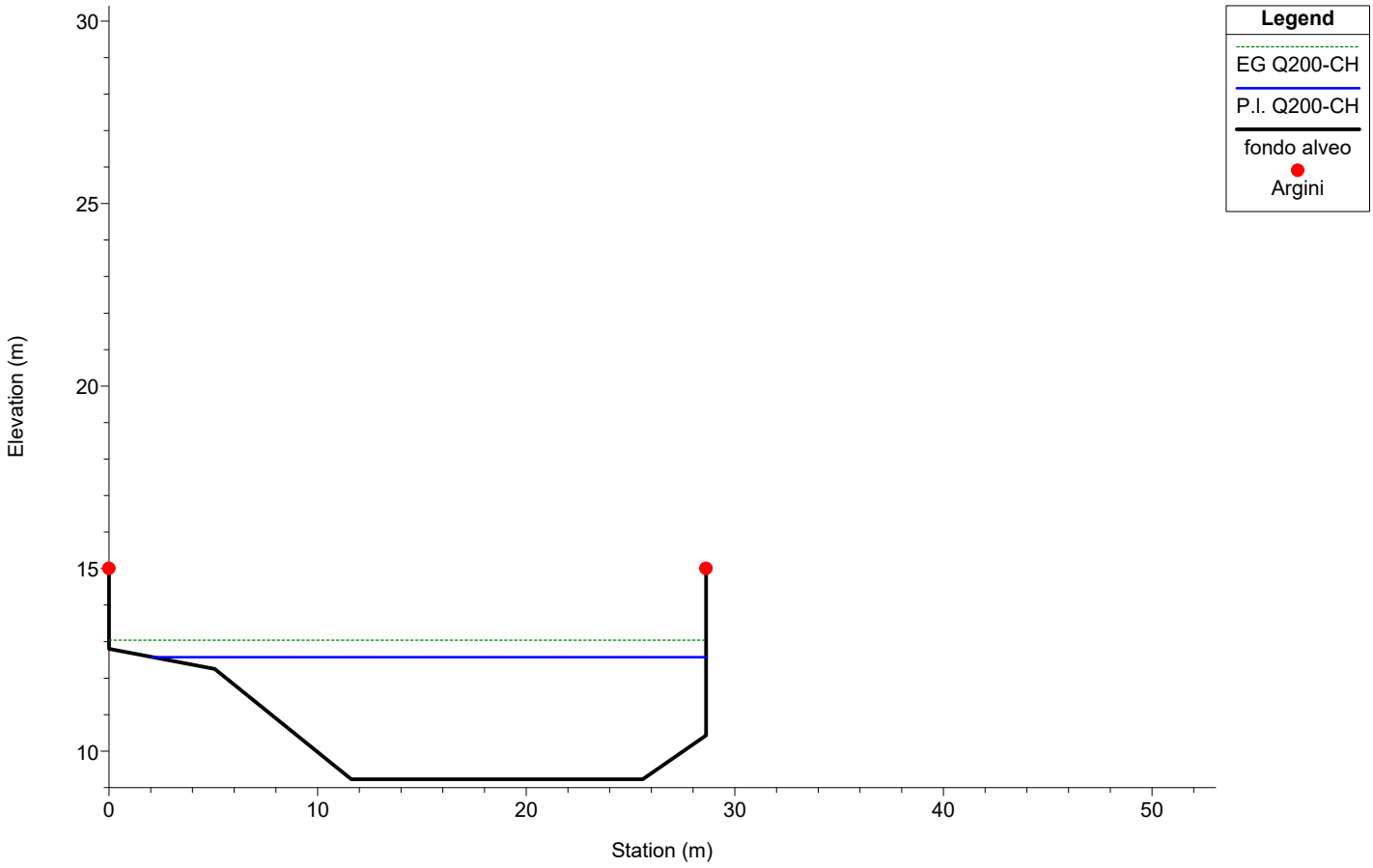
Sez. 30 (13 vasca) Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

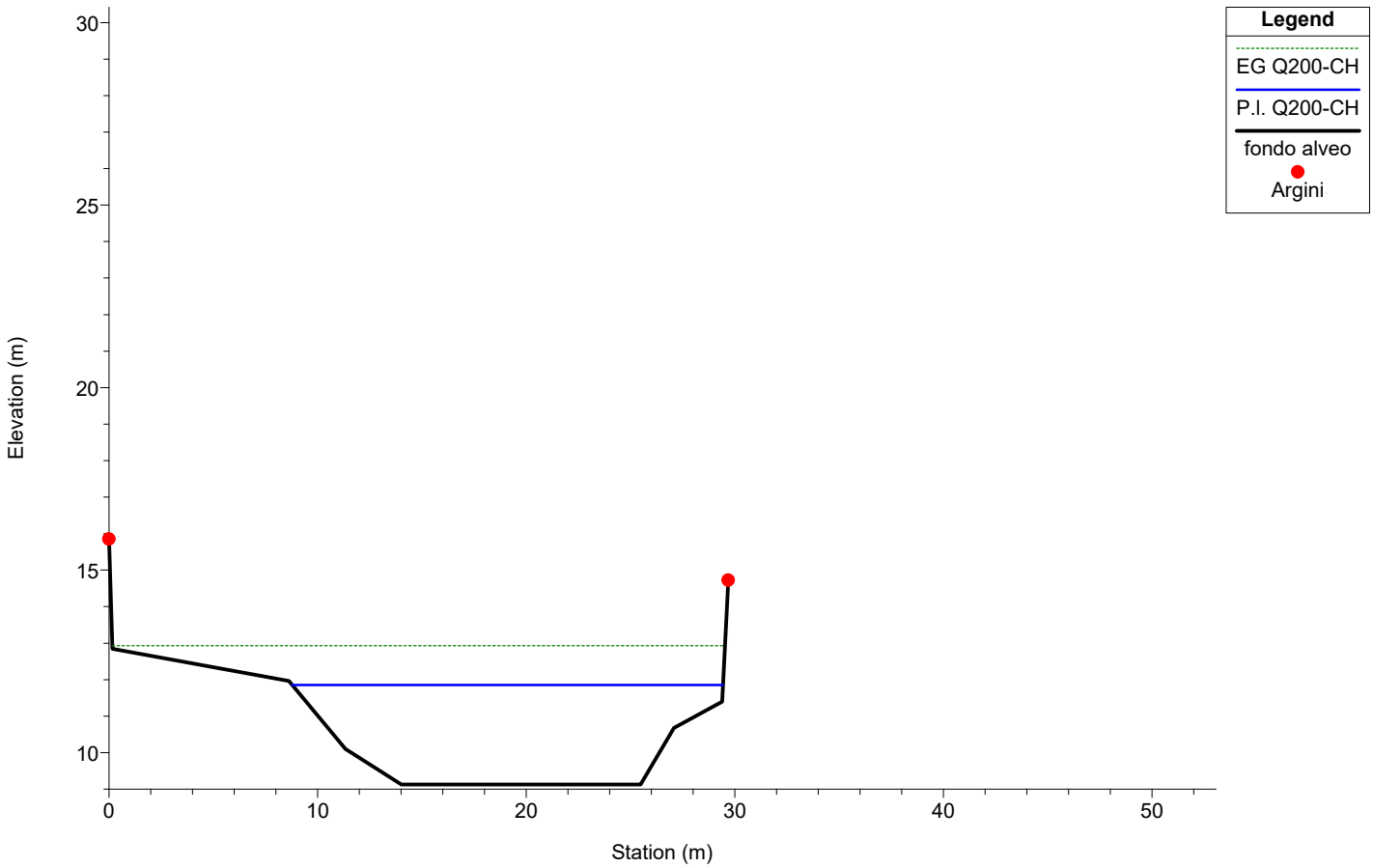
Chiaravagna

Sez. 29 (14 vasca) (9 HYDRO) Stato di progetto



Chiaravagna

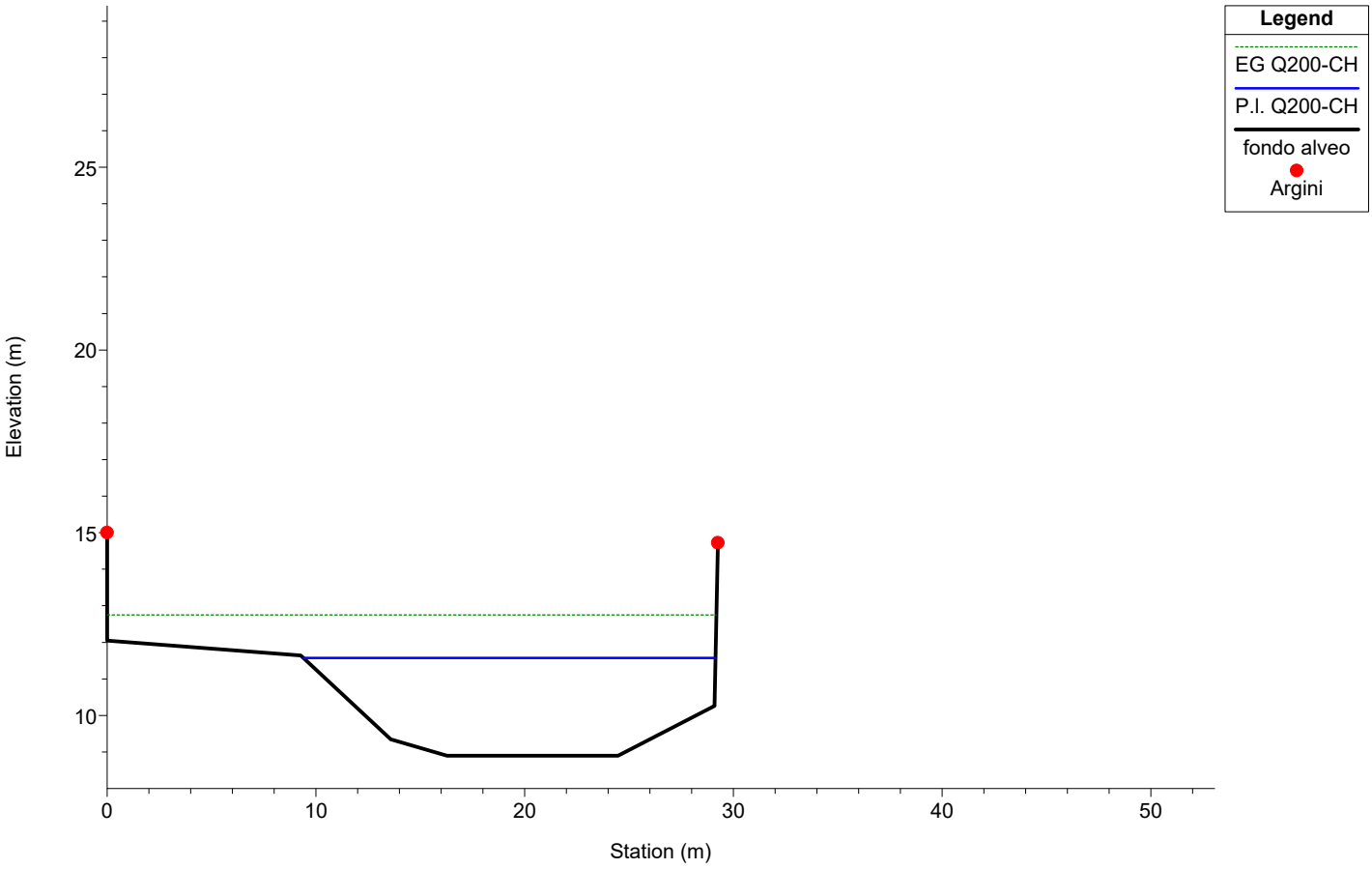
Sez. 28 (17 PROGETEC) Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

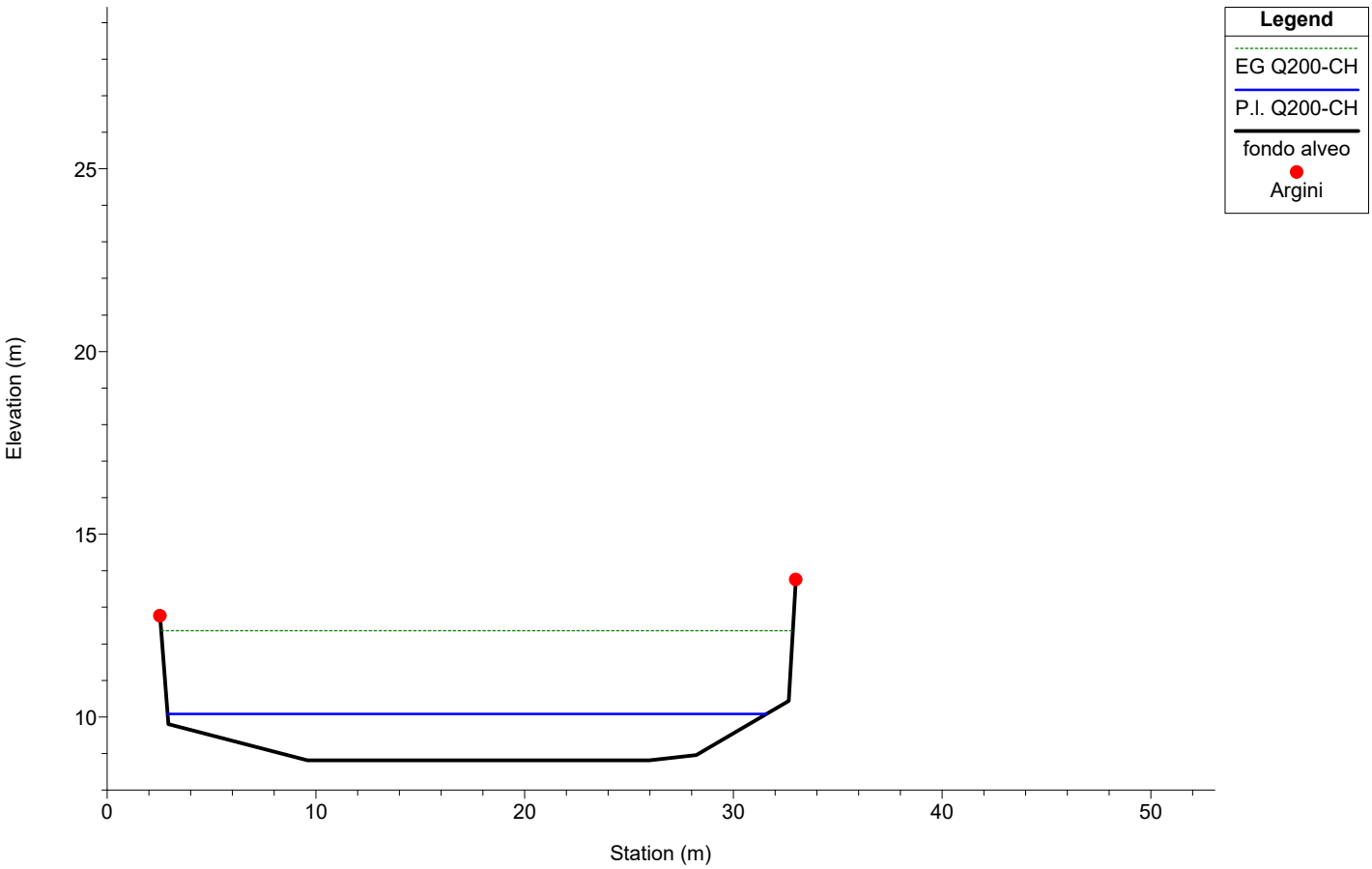
Chiaravagna

Sez. 27 (16 PROGETEC) Stato di progetto



Chiaravagna

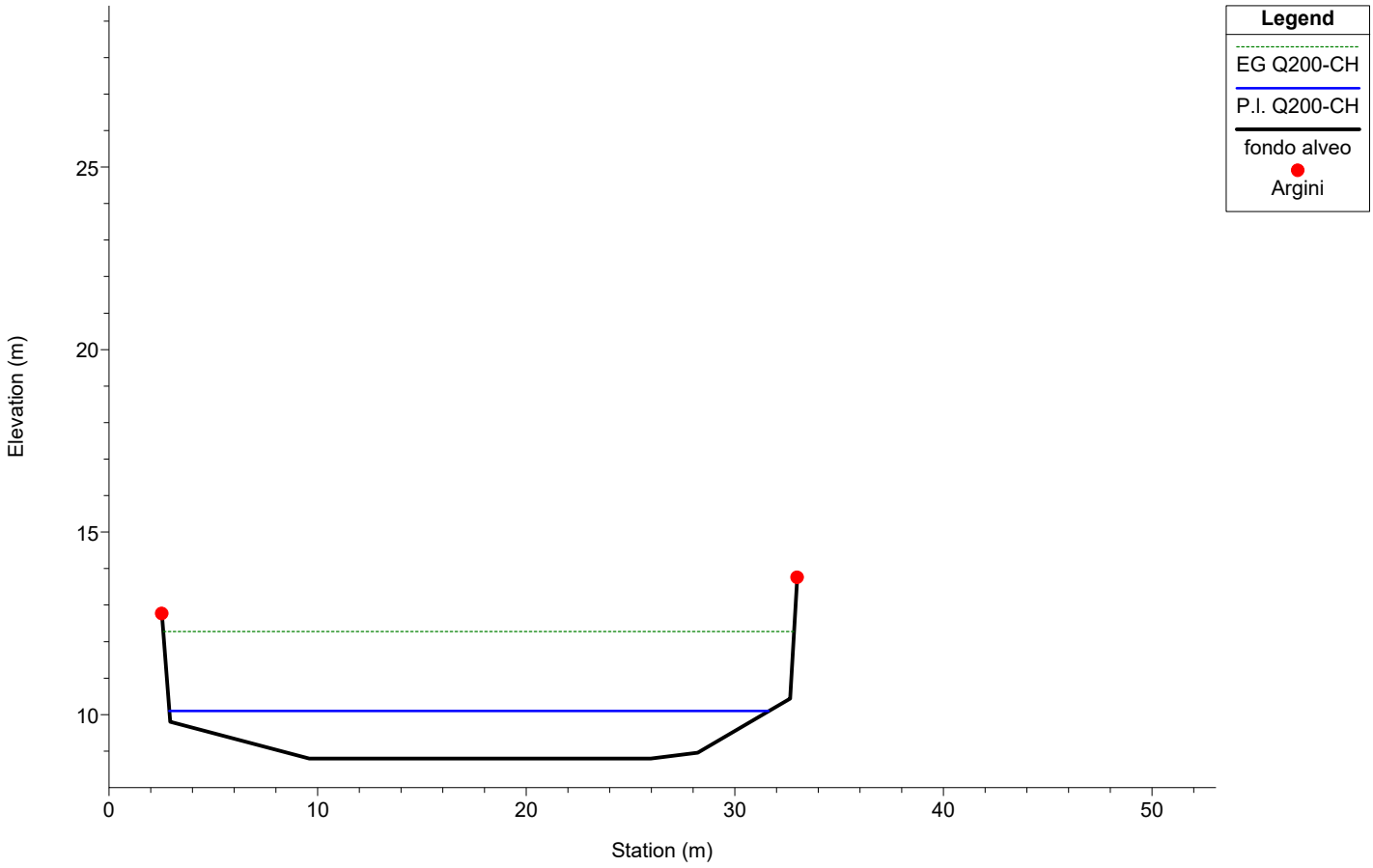
Sez. 26 (15 PROGETEC) Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

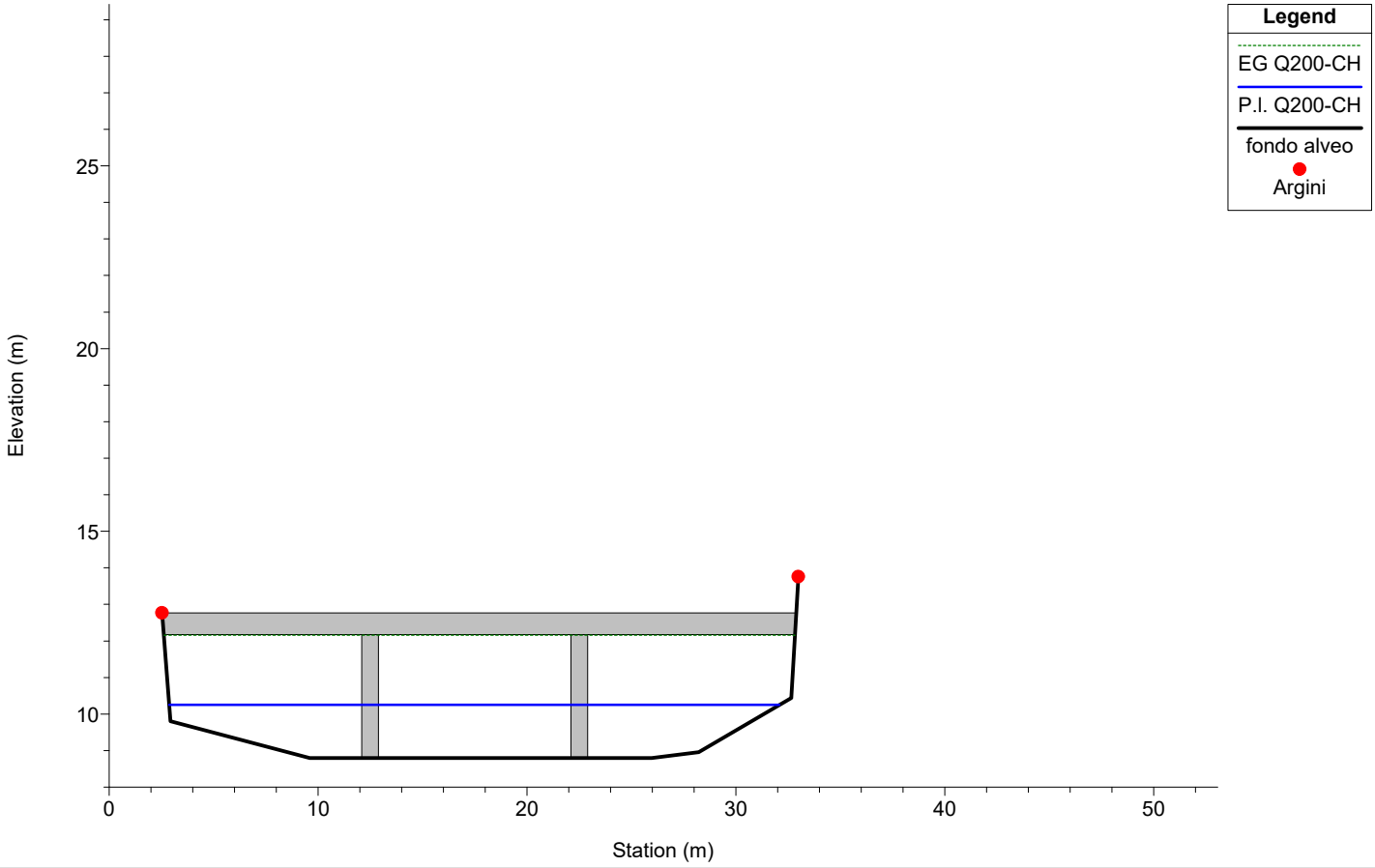
Chiaravagna

Sez. 26 (15 PROGETEC) (10 HYDRO) Stato di progetto



Chiaravagna

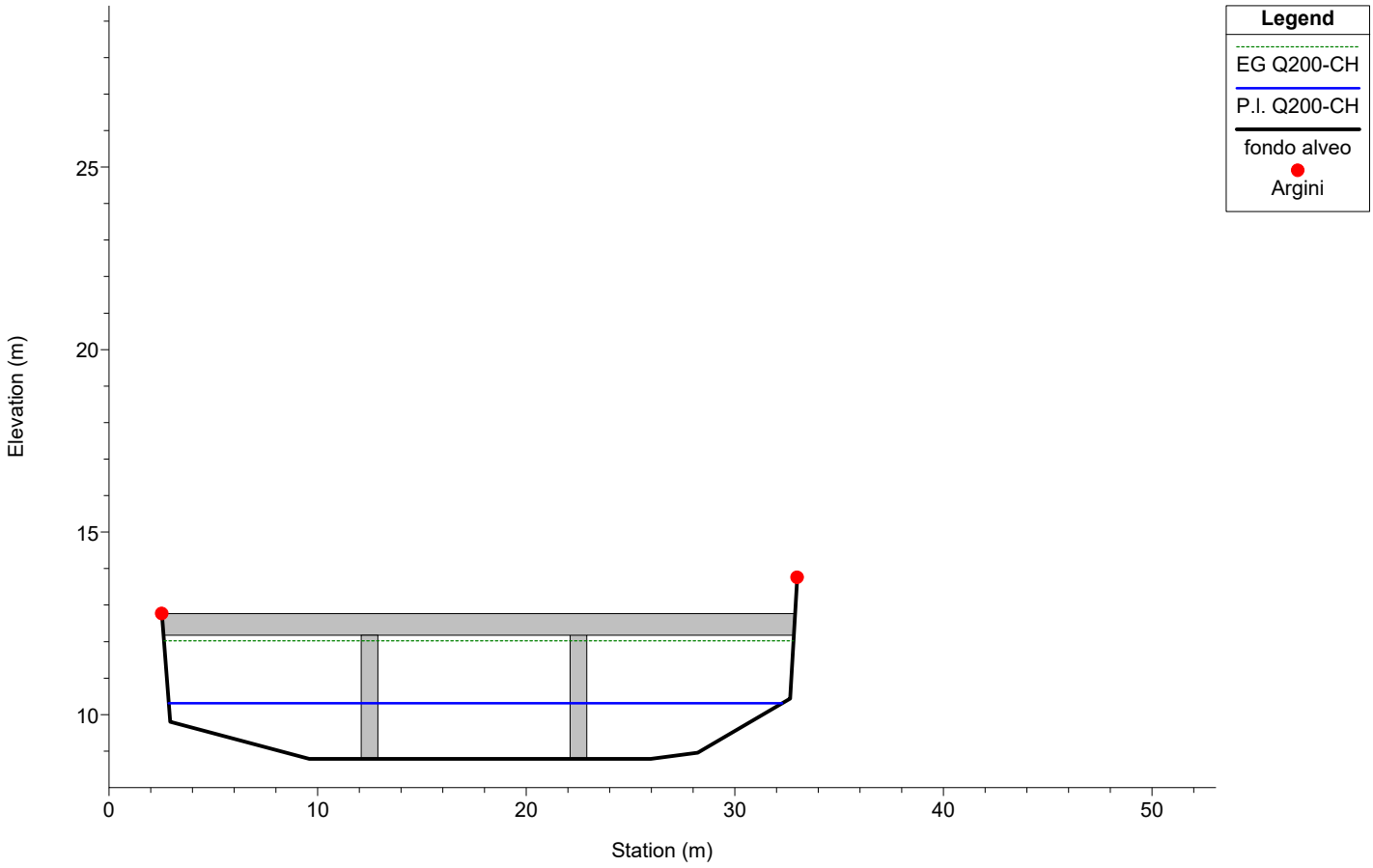
Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

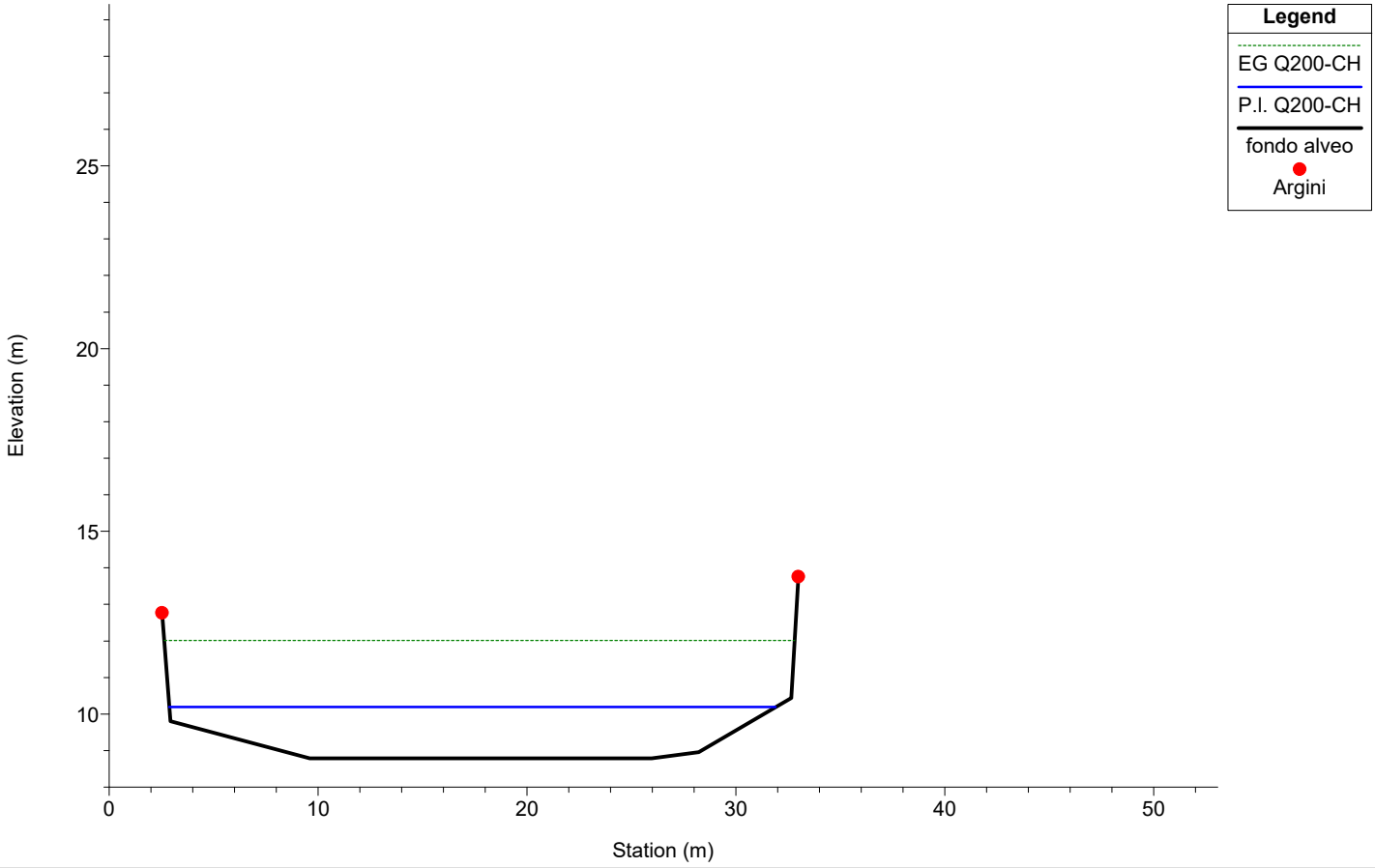
Chiaravagna

Stato di progetto



Chiaravagna

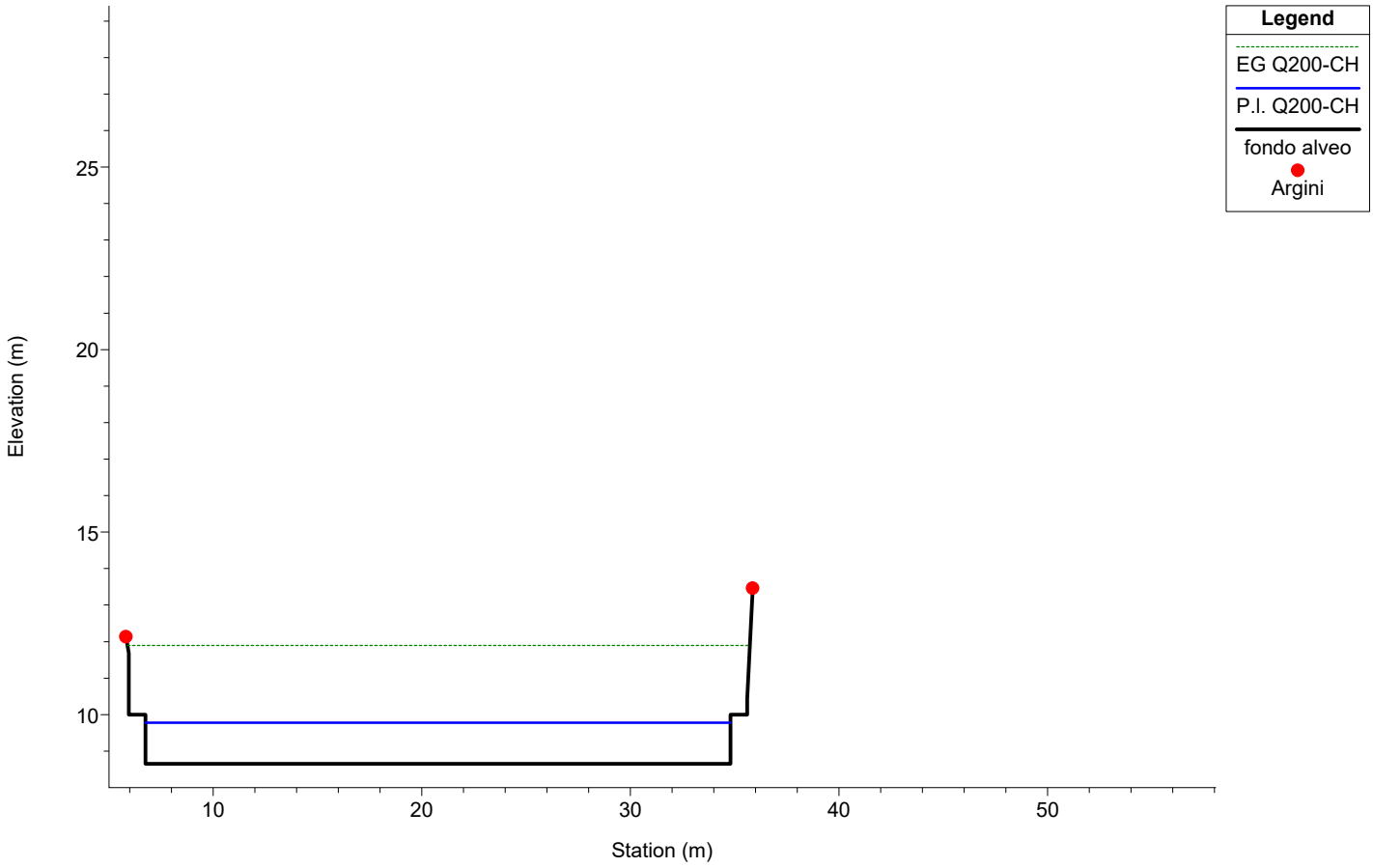
Sez. 25.1 (14 PROGETEC) Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

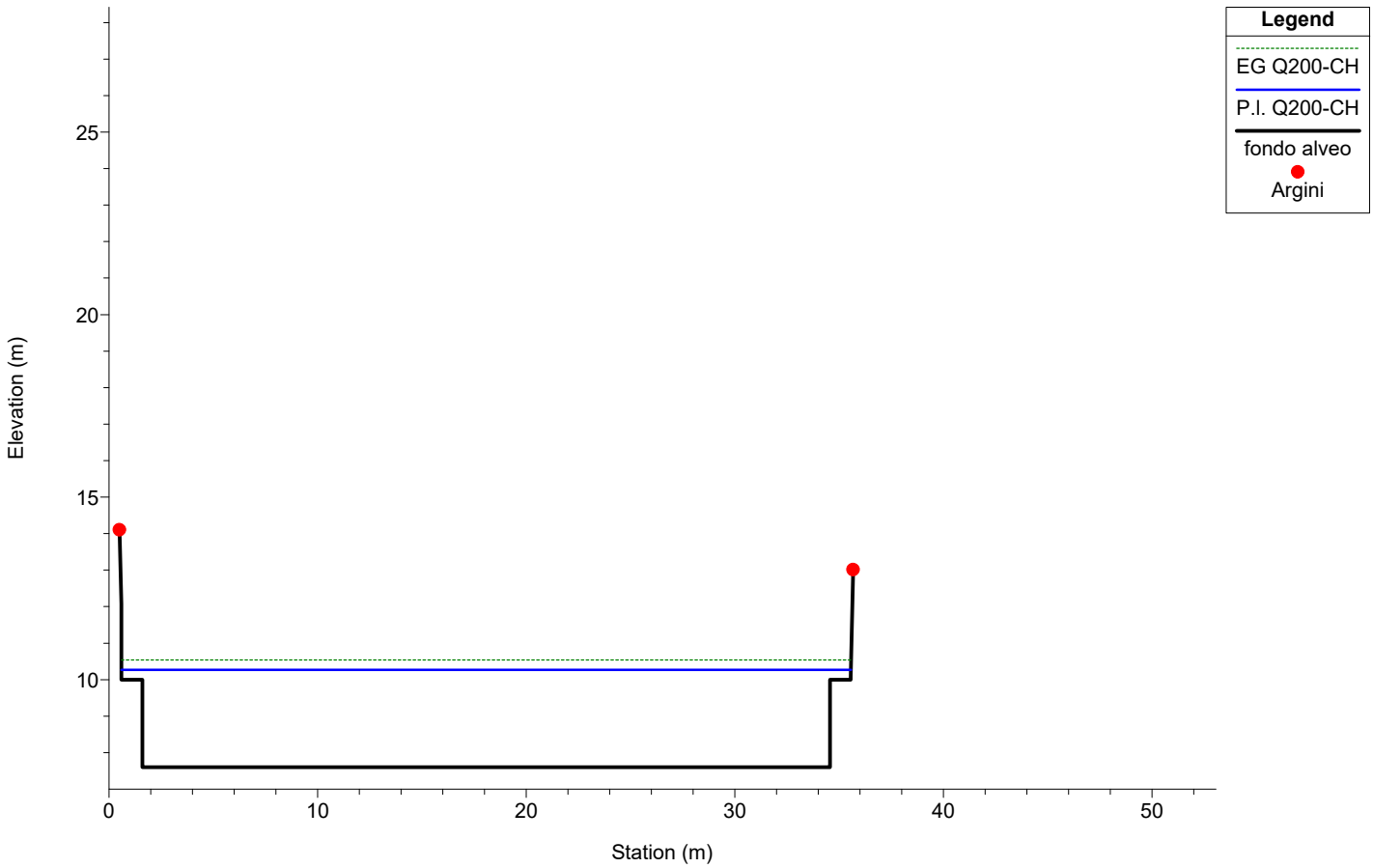
Chiaravagna

Sez. 25 (14 PROGETEC) soglia 8 Stato di progetto



Chiaravagna

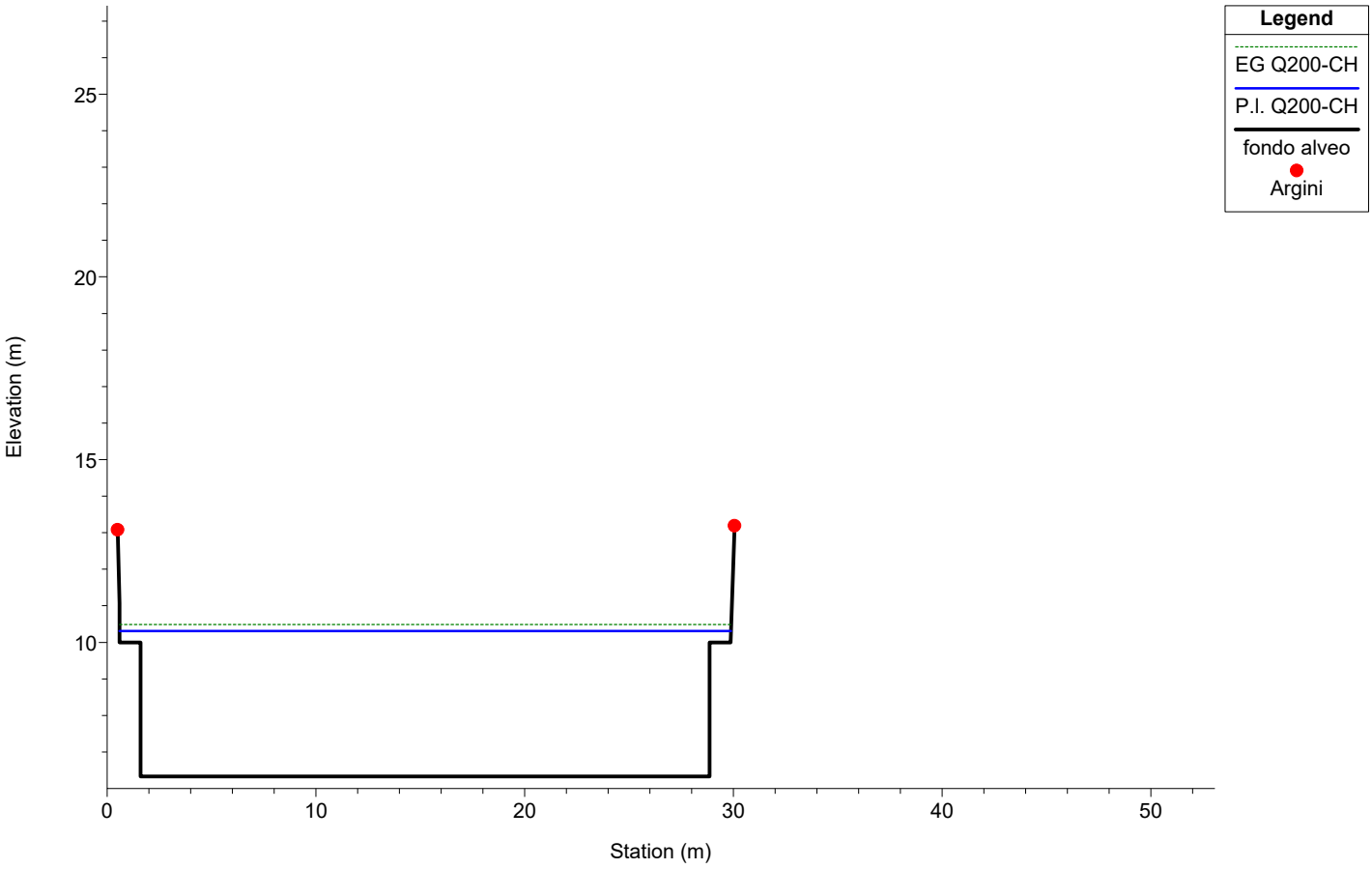
Sez. 24 (13 PROGETEC) Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

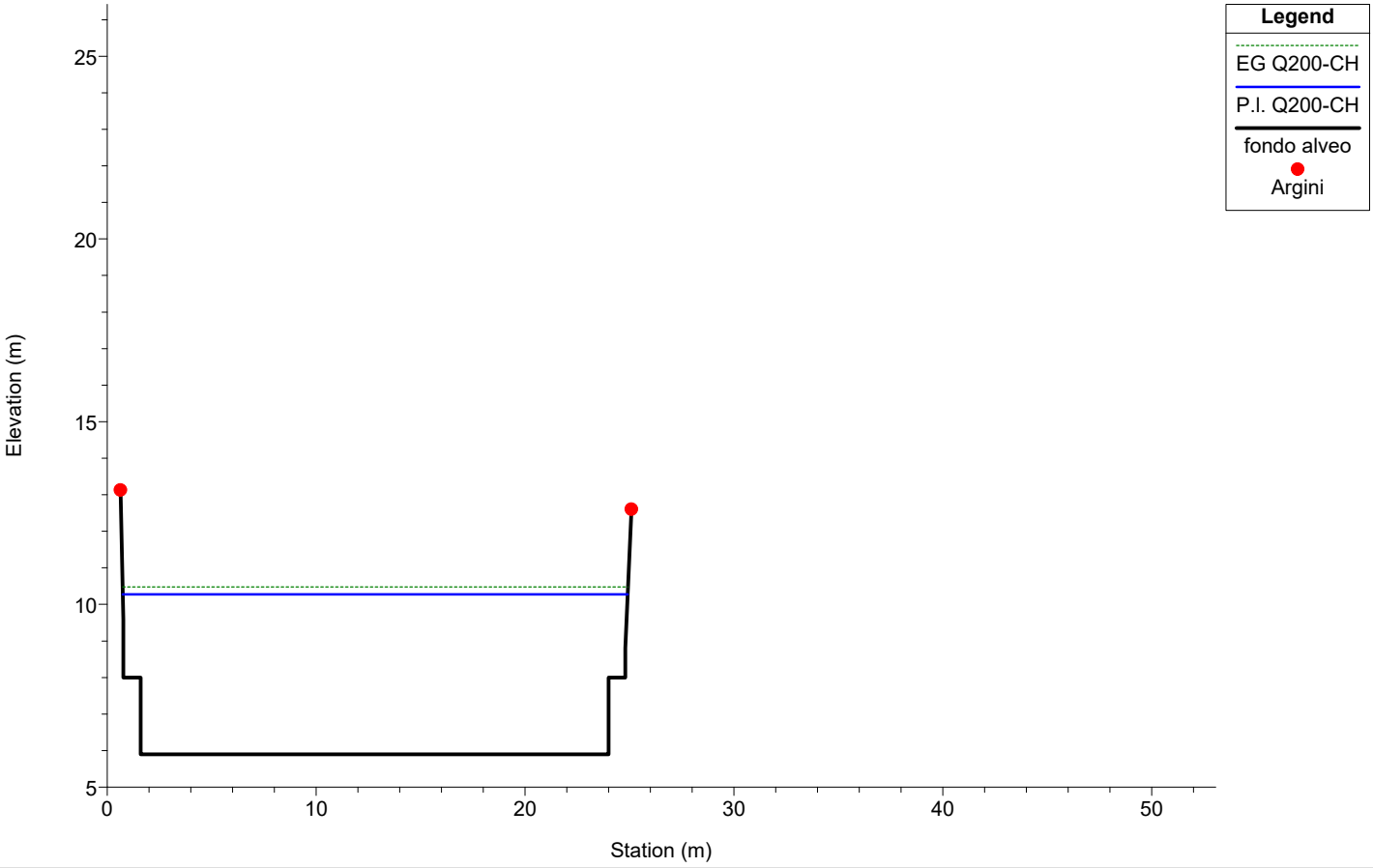
Chiaravagna

Sez. 23 (12 PROGETEC) Stato di progetto



Chiaravagna

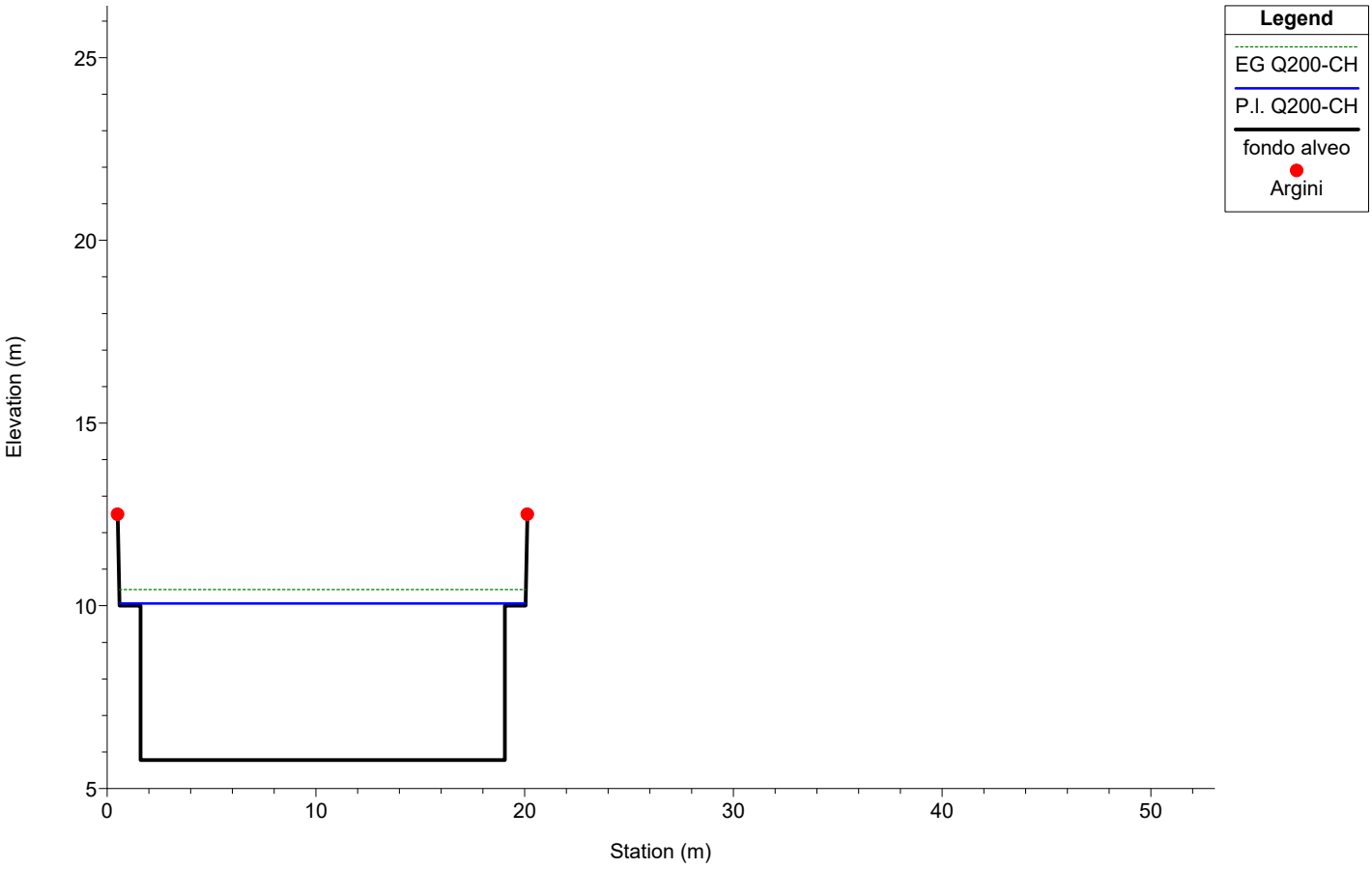
Sez. 22 (11 PROGETEC) (11 HYDRO) soglia 6 Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

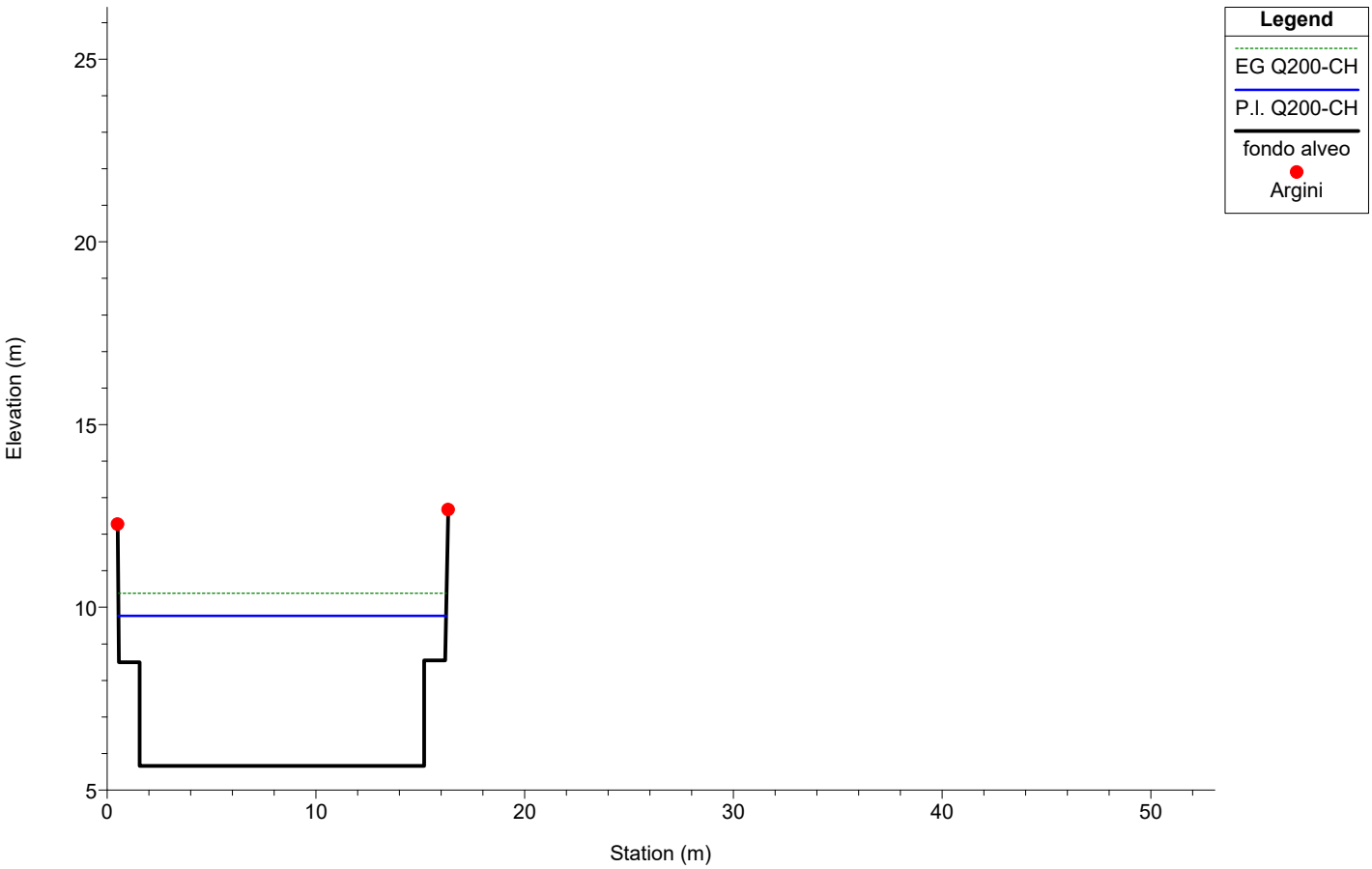
Chiaravagna

Sez. 21 (10 PROGETEC) Stato di progetto



Chiaravagna

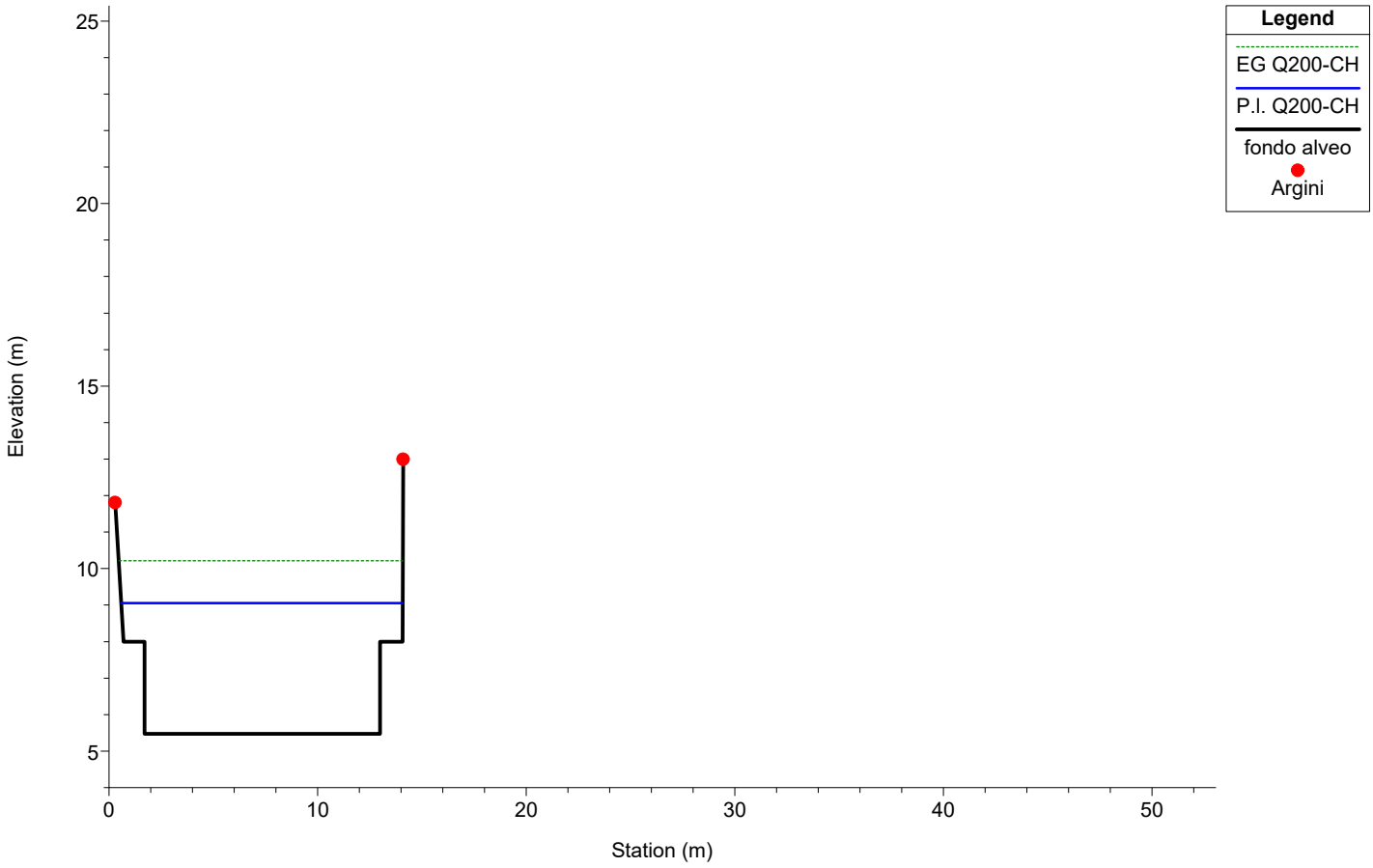
Sez. 20 (9 PROGETEC) Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

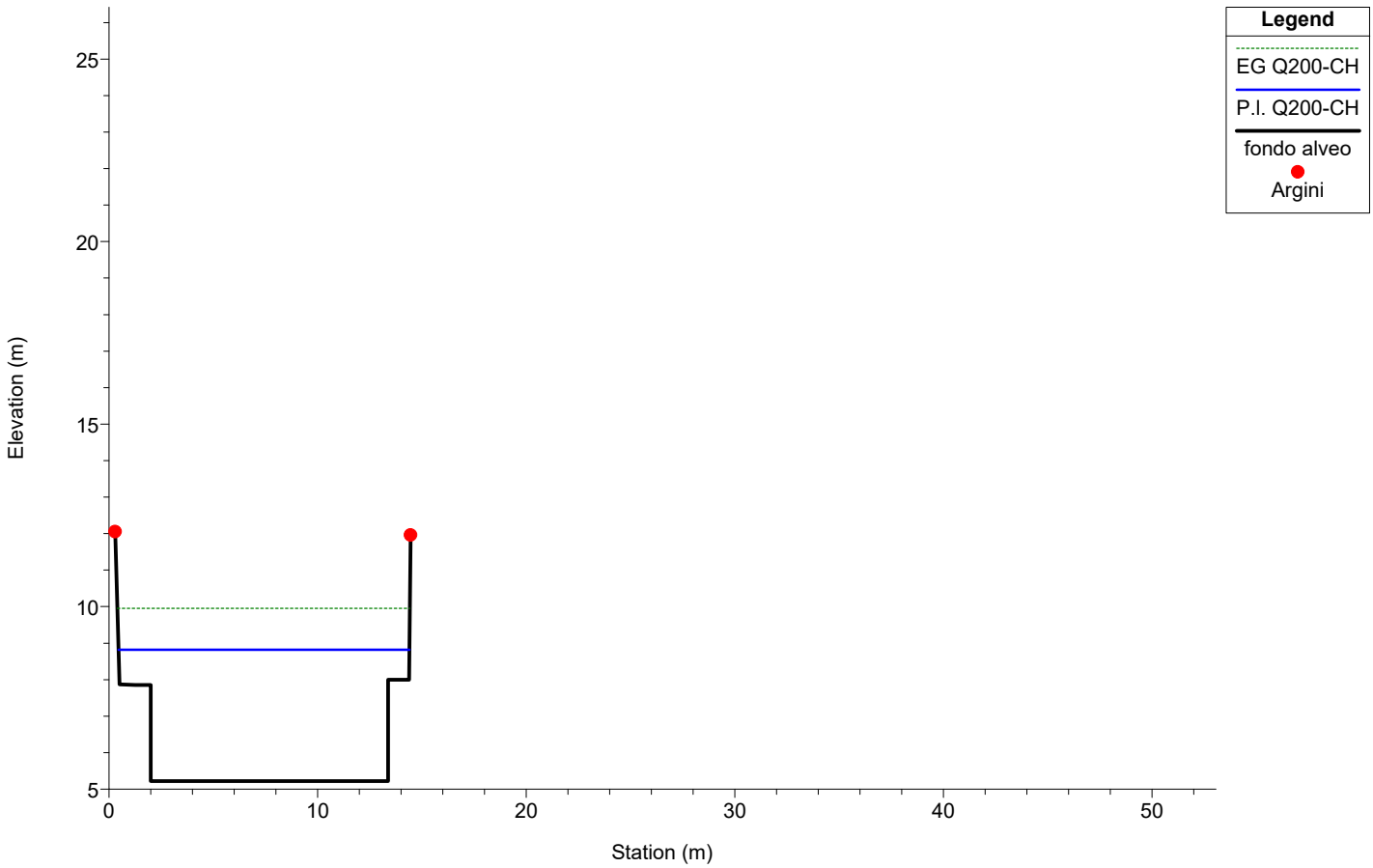
Chiaravagna

Sez. 19 (8 PROGETEC) Stato di progetto



Chiaravagna

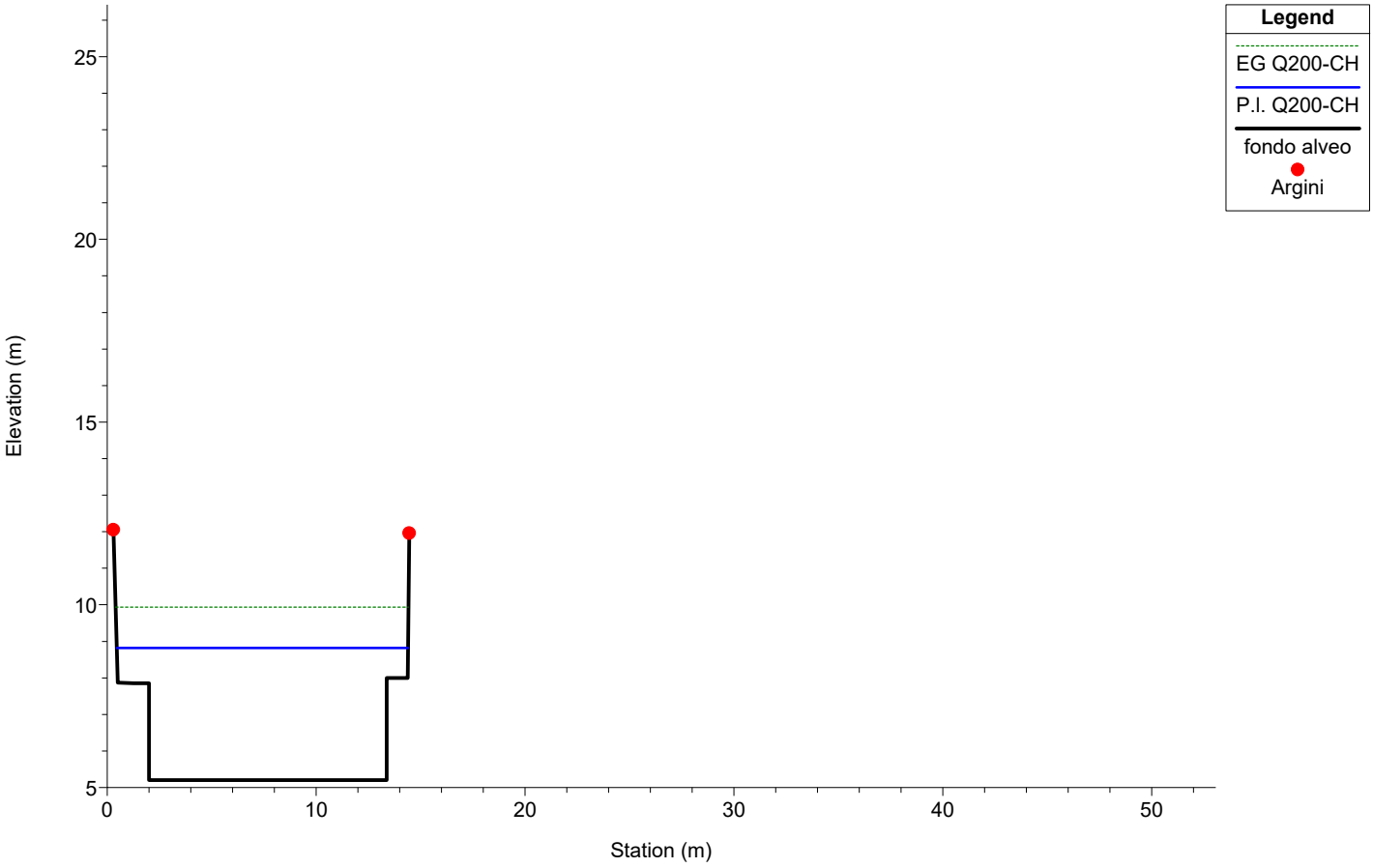
Sez 18.3 Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

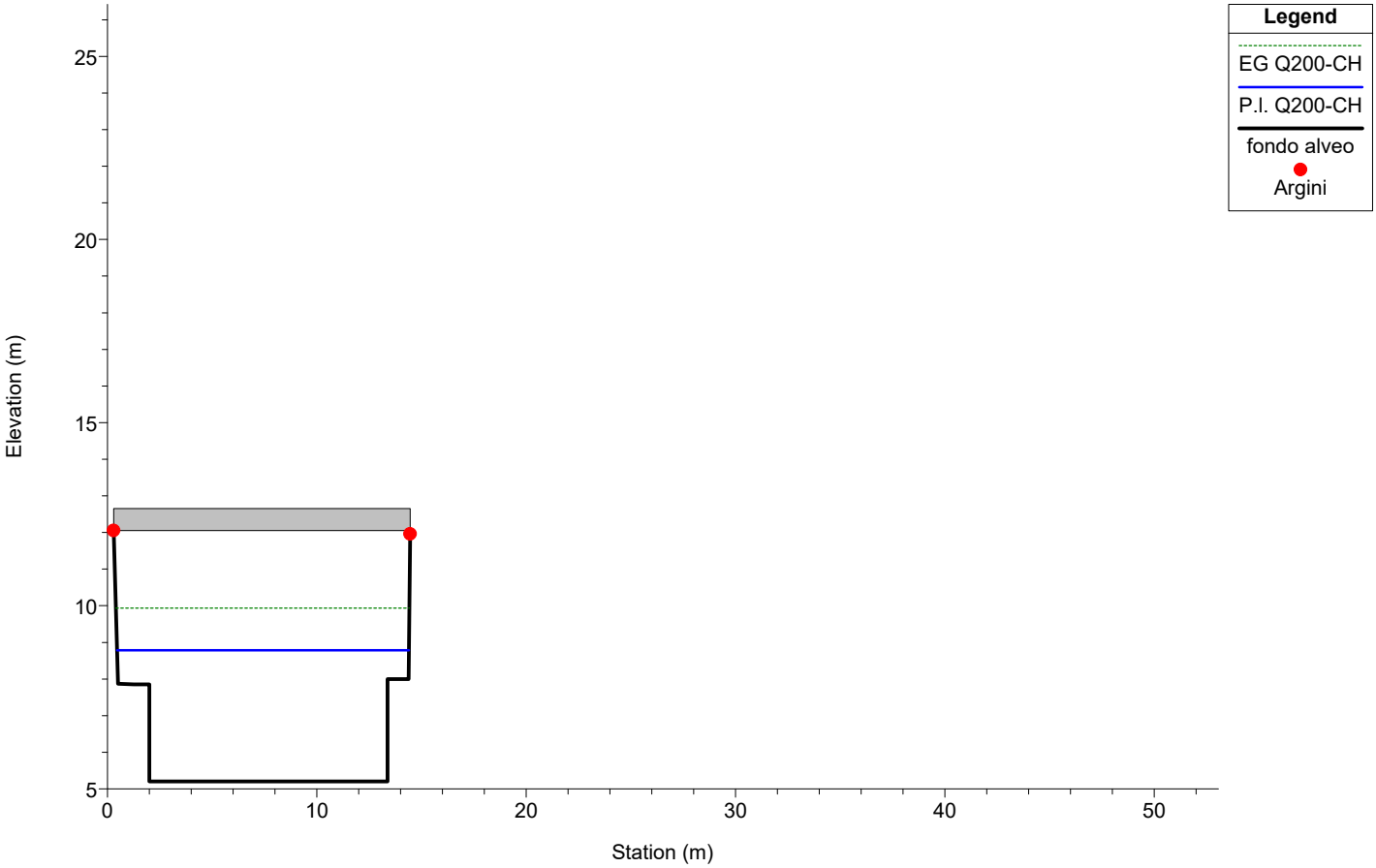
Chiaravagna

Sez 18.2 (12 HYDRO) Stato di progetto



Chiaravagna

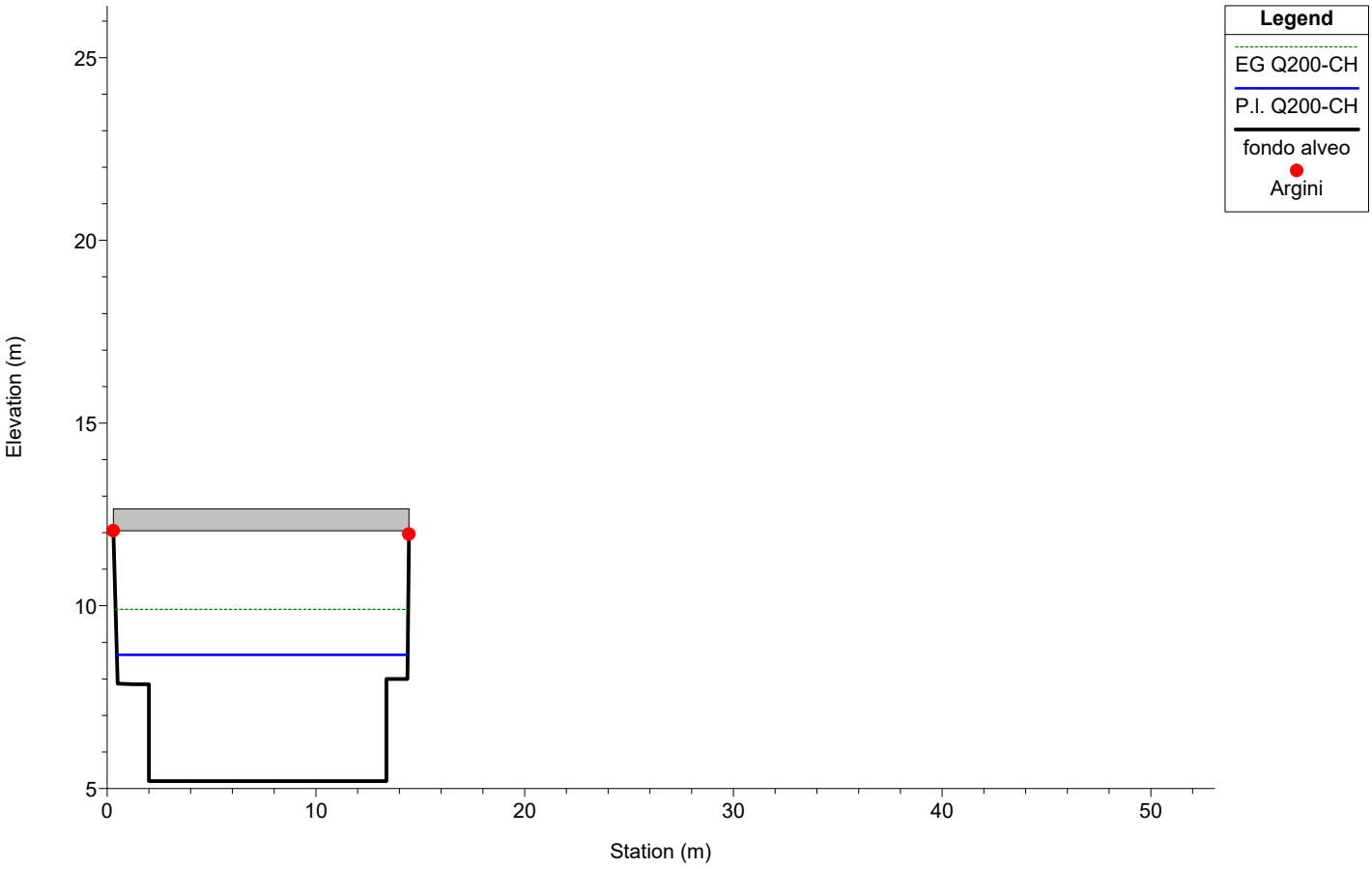
Via Leonardi Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

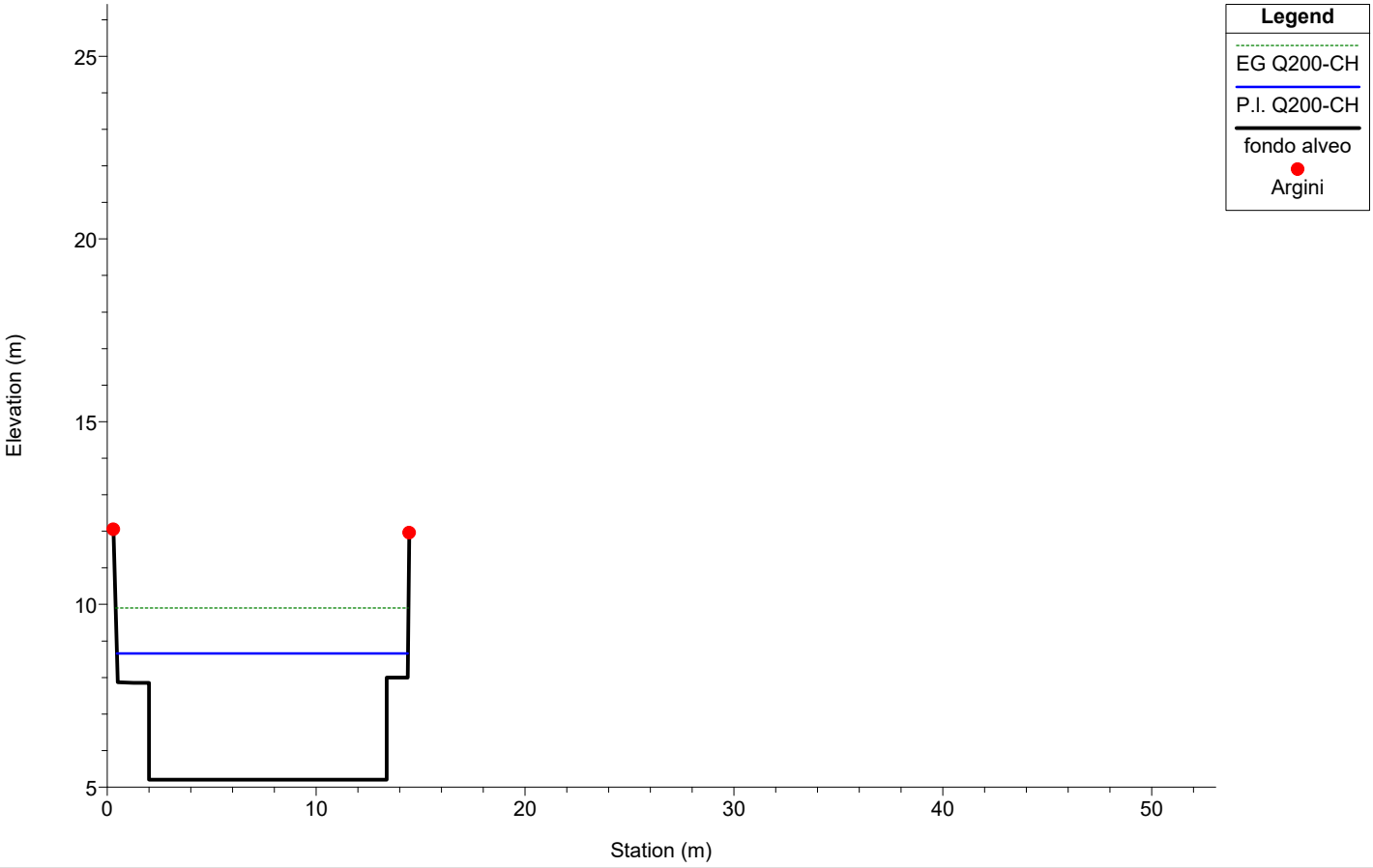
Chiaravagna

Via Leonardi Stato di progetto



Chiaravagna

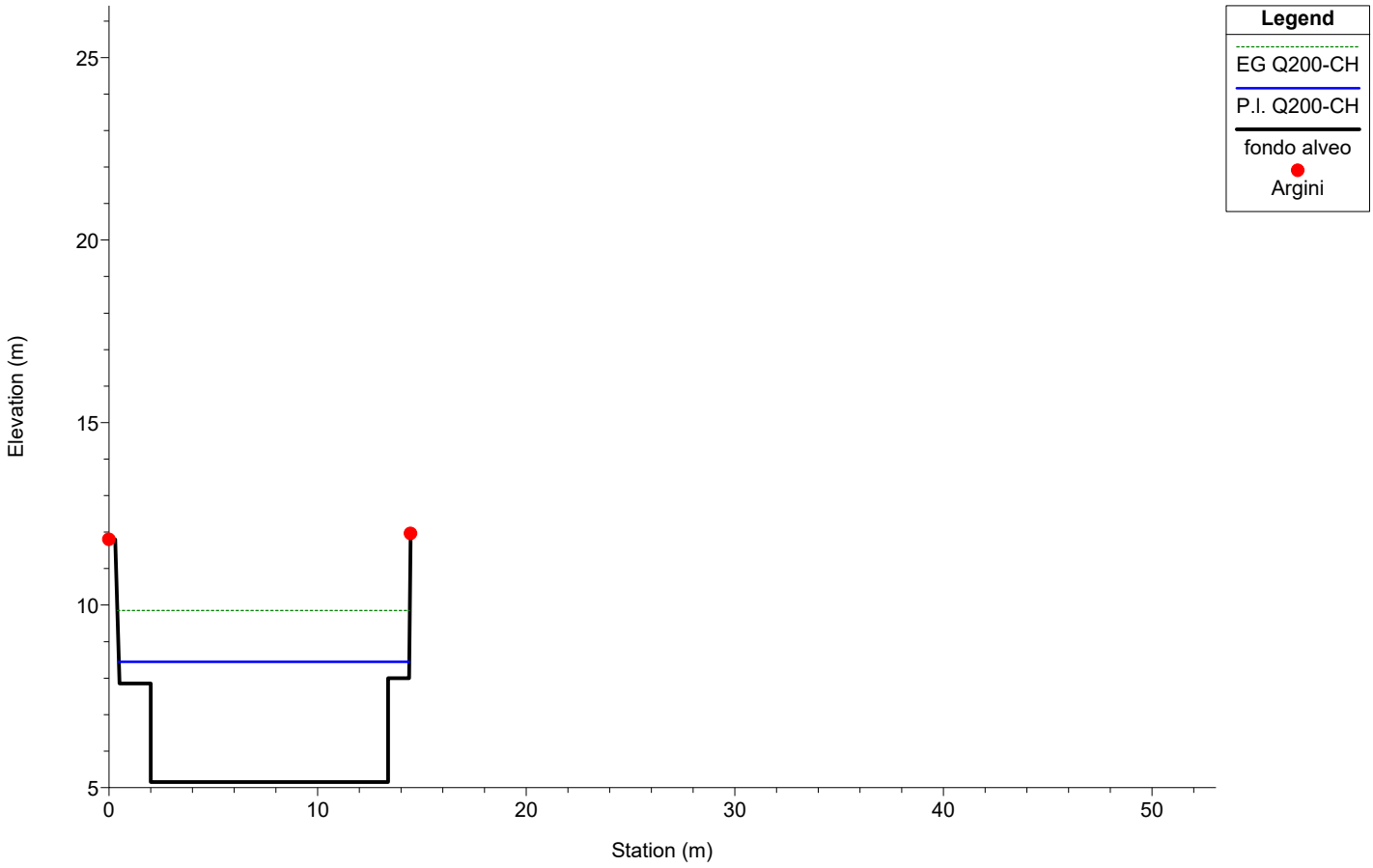
Sez 18.1(7 PROGETEC) Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

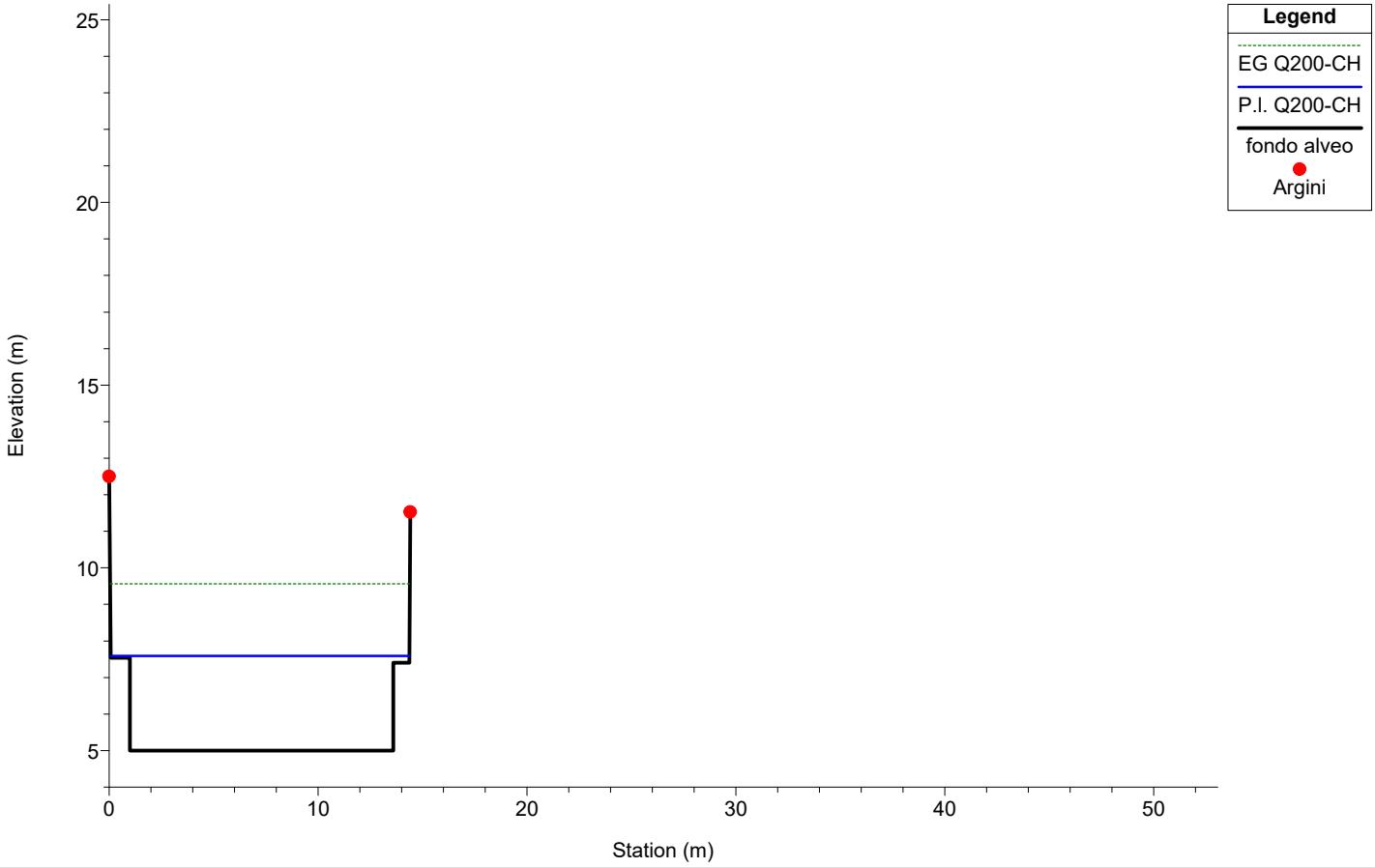
Chiaravagna

Sez 18 Stato di progetto



Chiaravagna

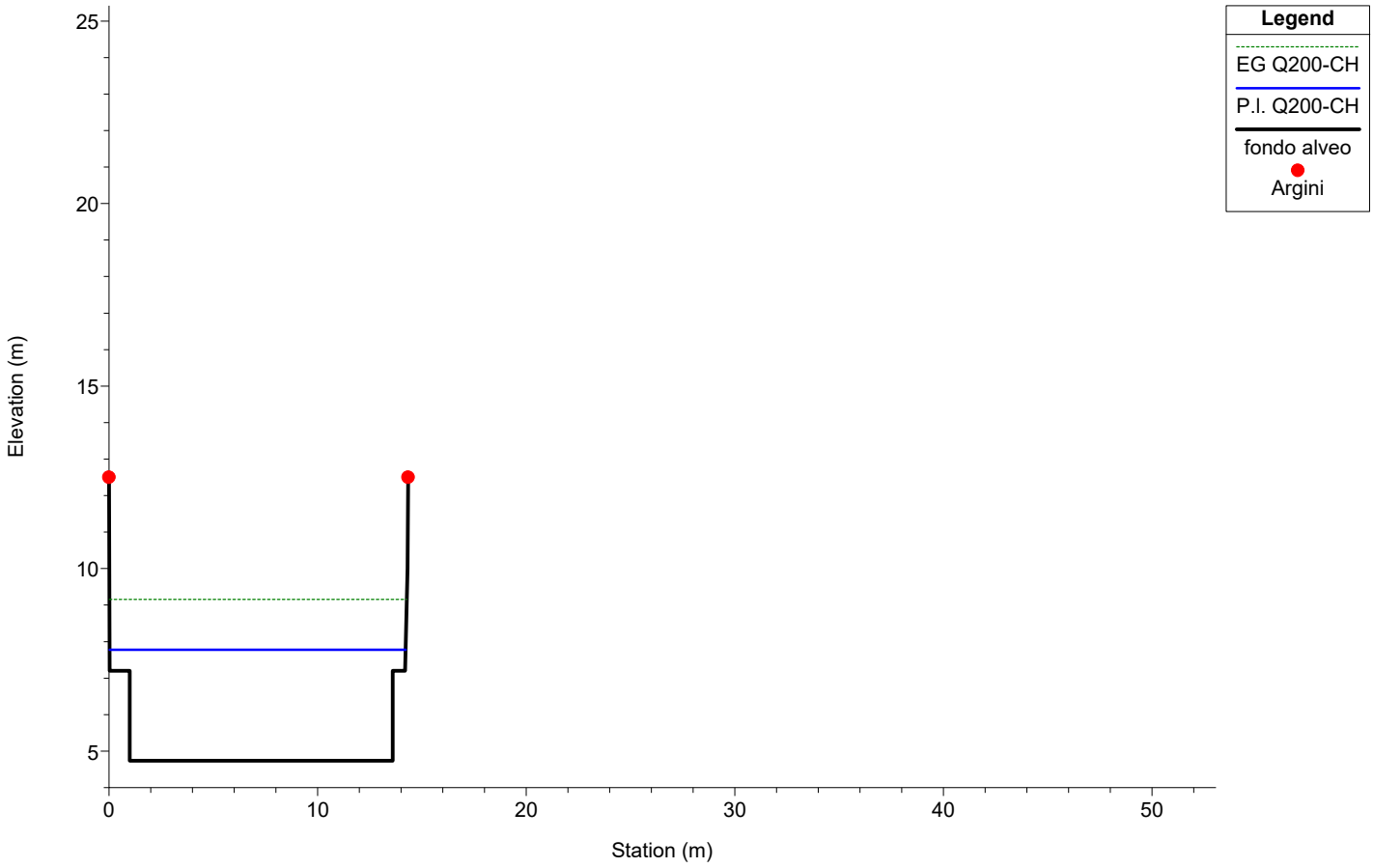
Sez 17.1 (6 PROGETEC) Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

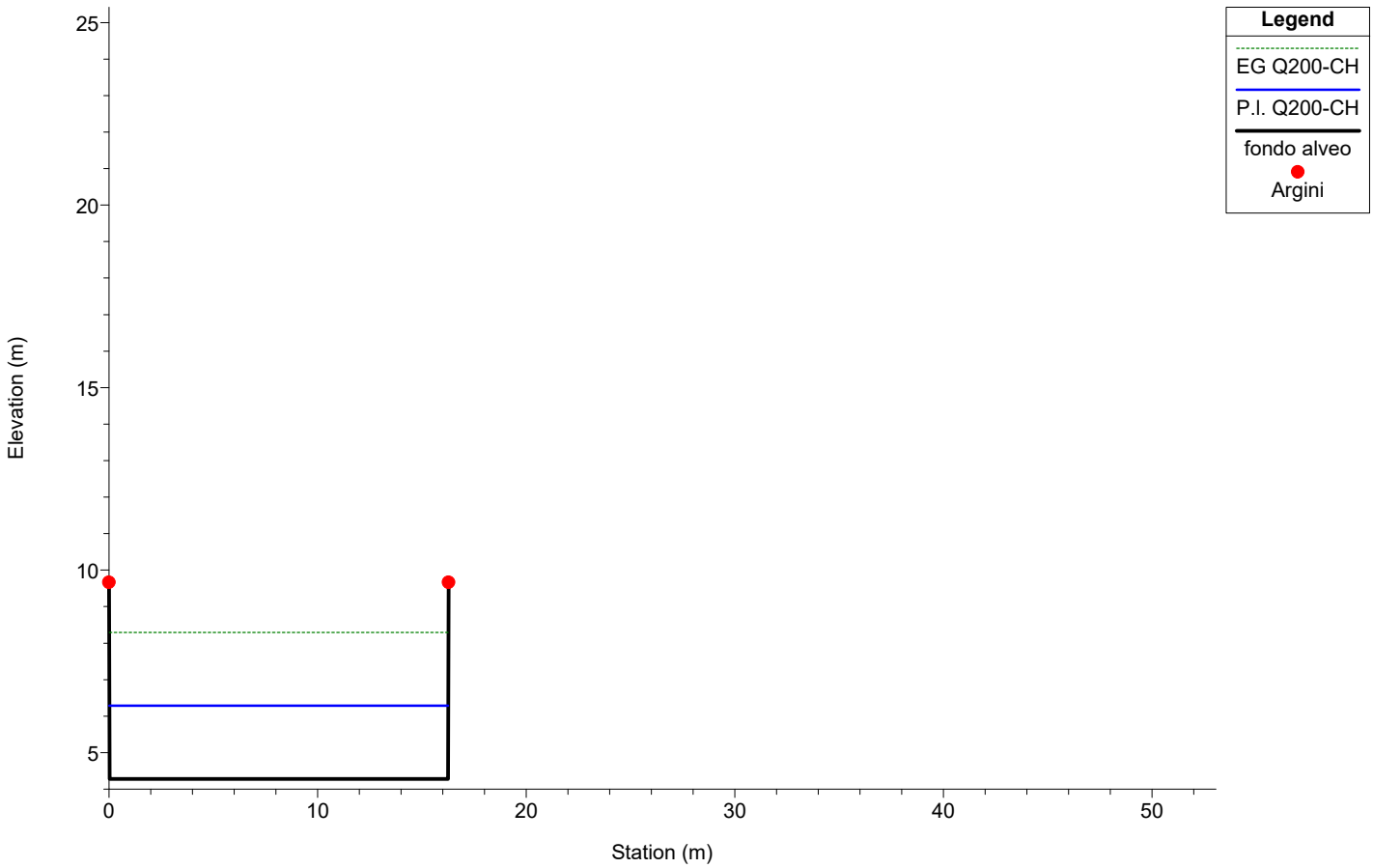
Chiaravagna

Sez 17 (5 PROGETEC) (13 HYDRO) Stato di progetto



Chiaravagna

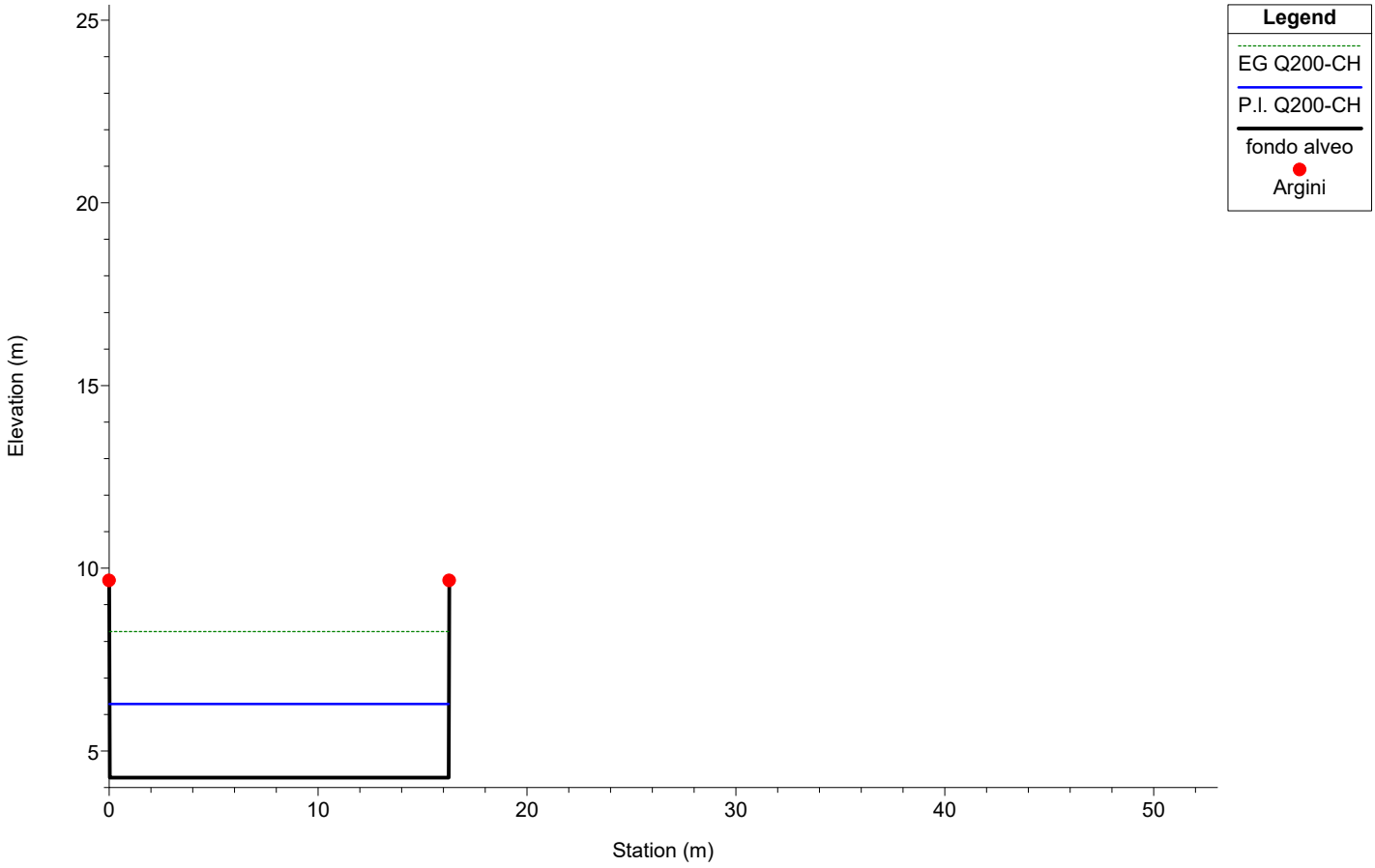
Sez 16.4 Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

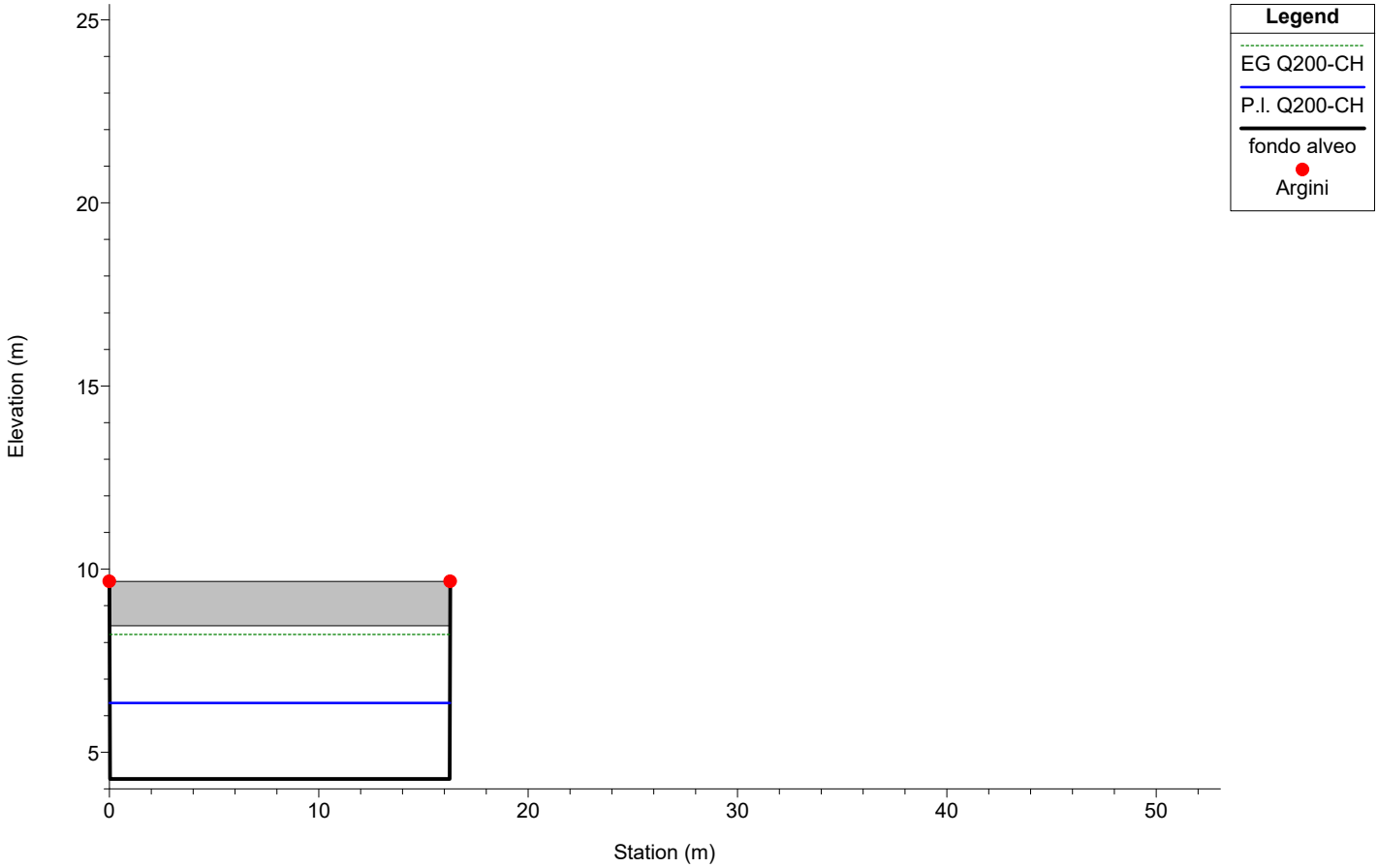
Chiaravagna

Sez 16.3 (14 HYDRO) Stato di progetto

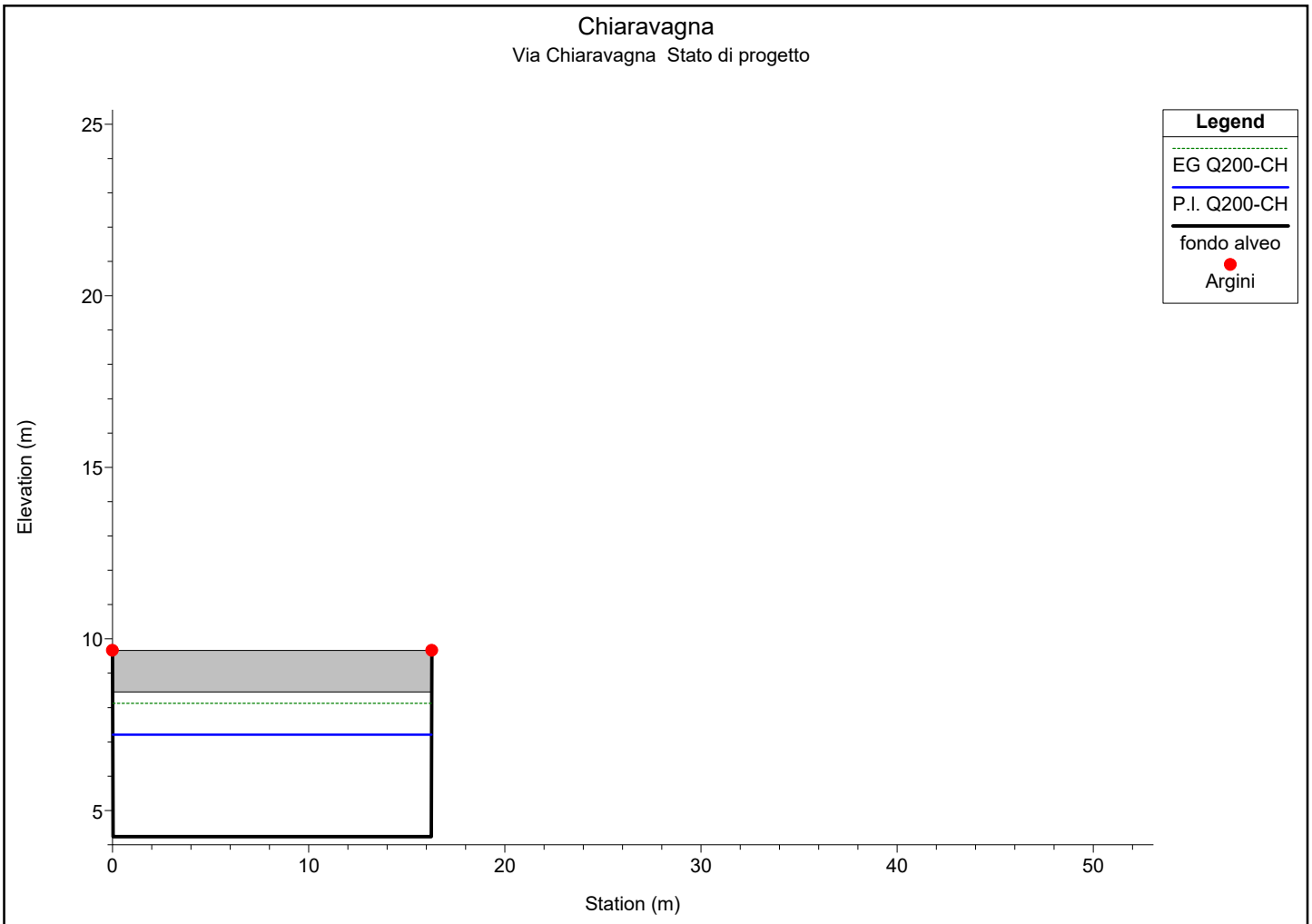


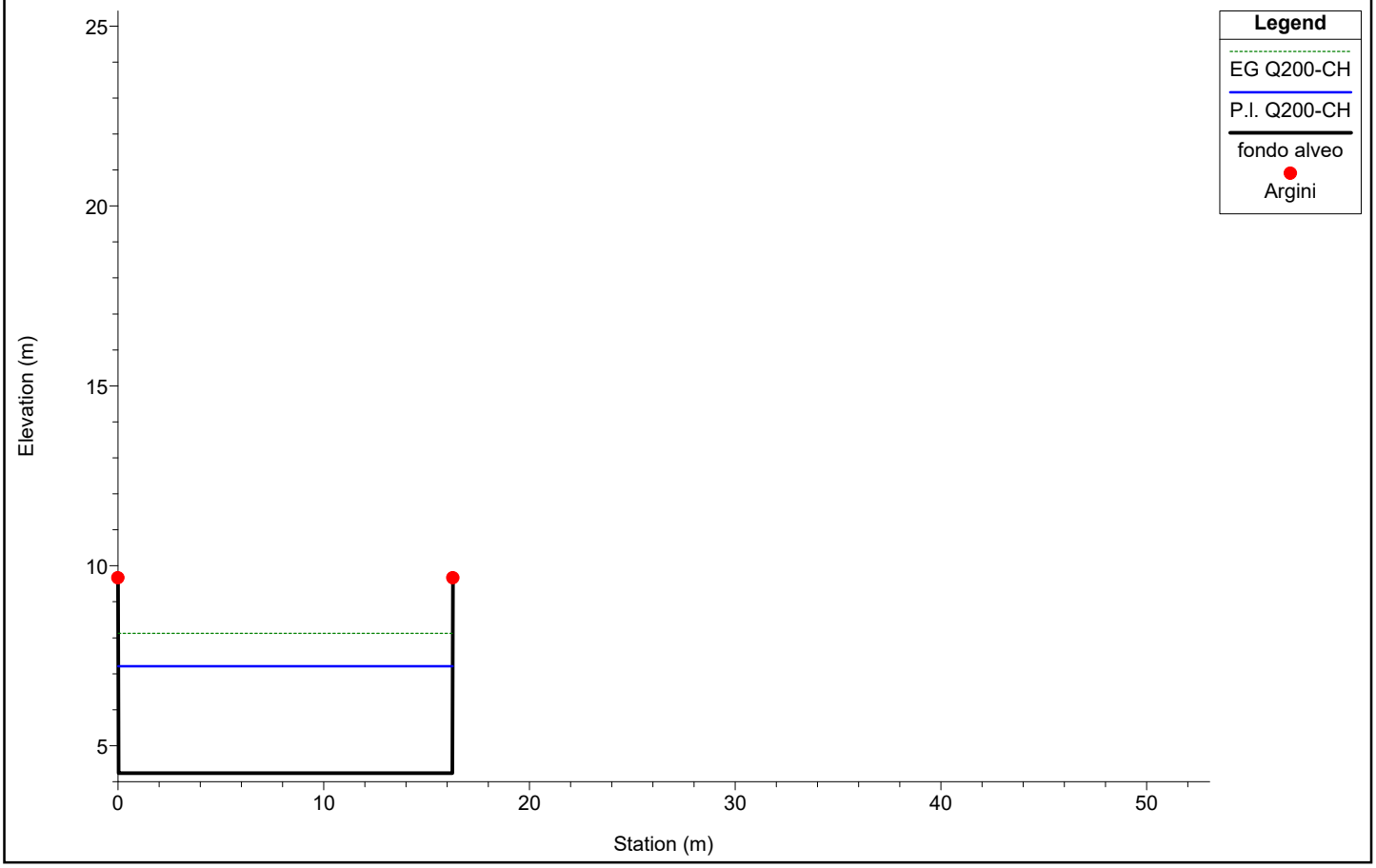
Chiaravagna

Via Chiaravagna Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

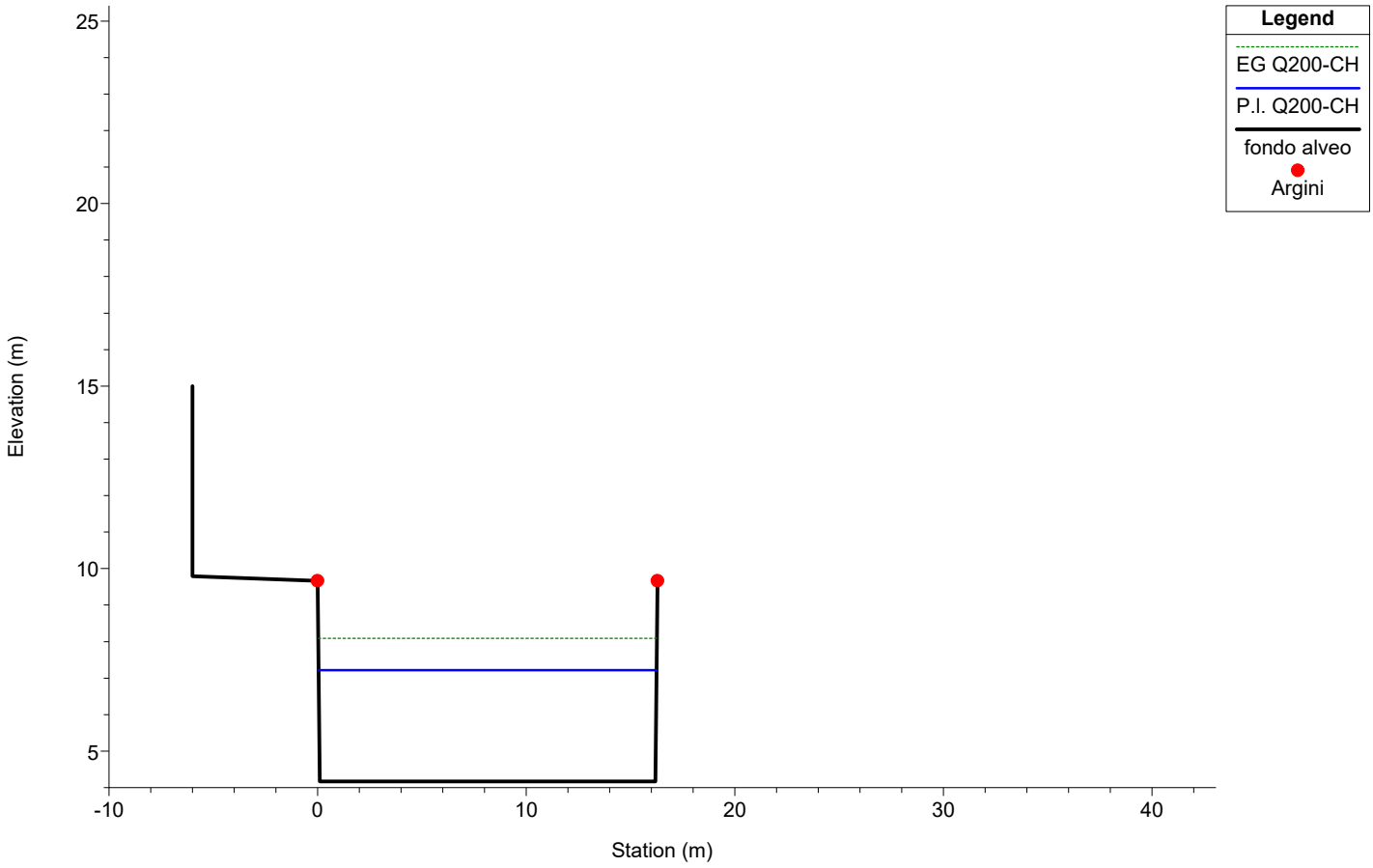




1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

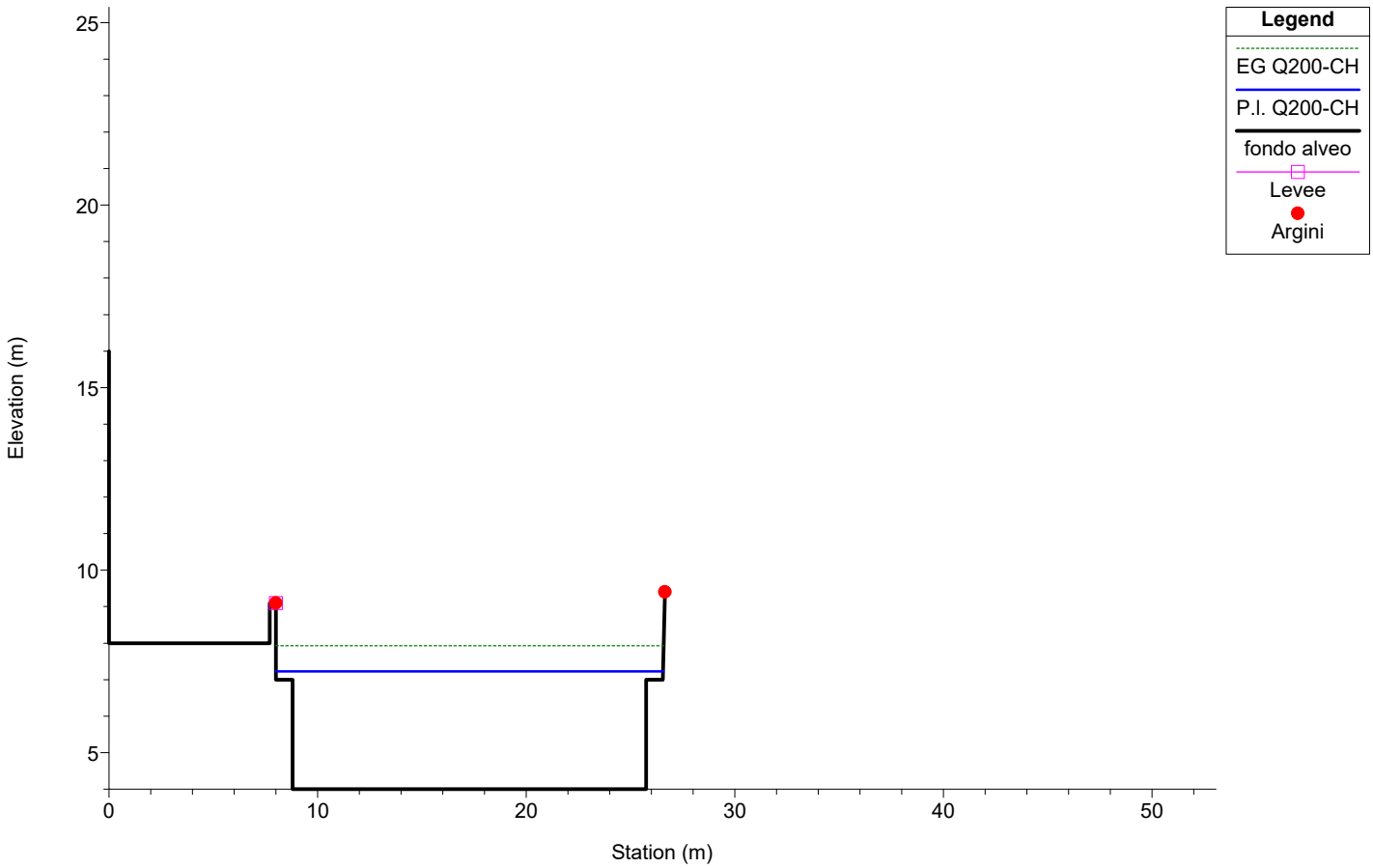
Chiaravagna

Sez 16.1 (4 PROGETEC) Stato di progetto



Chiaravagna

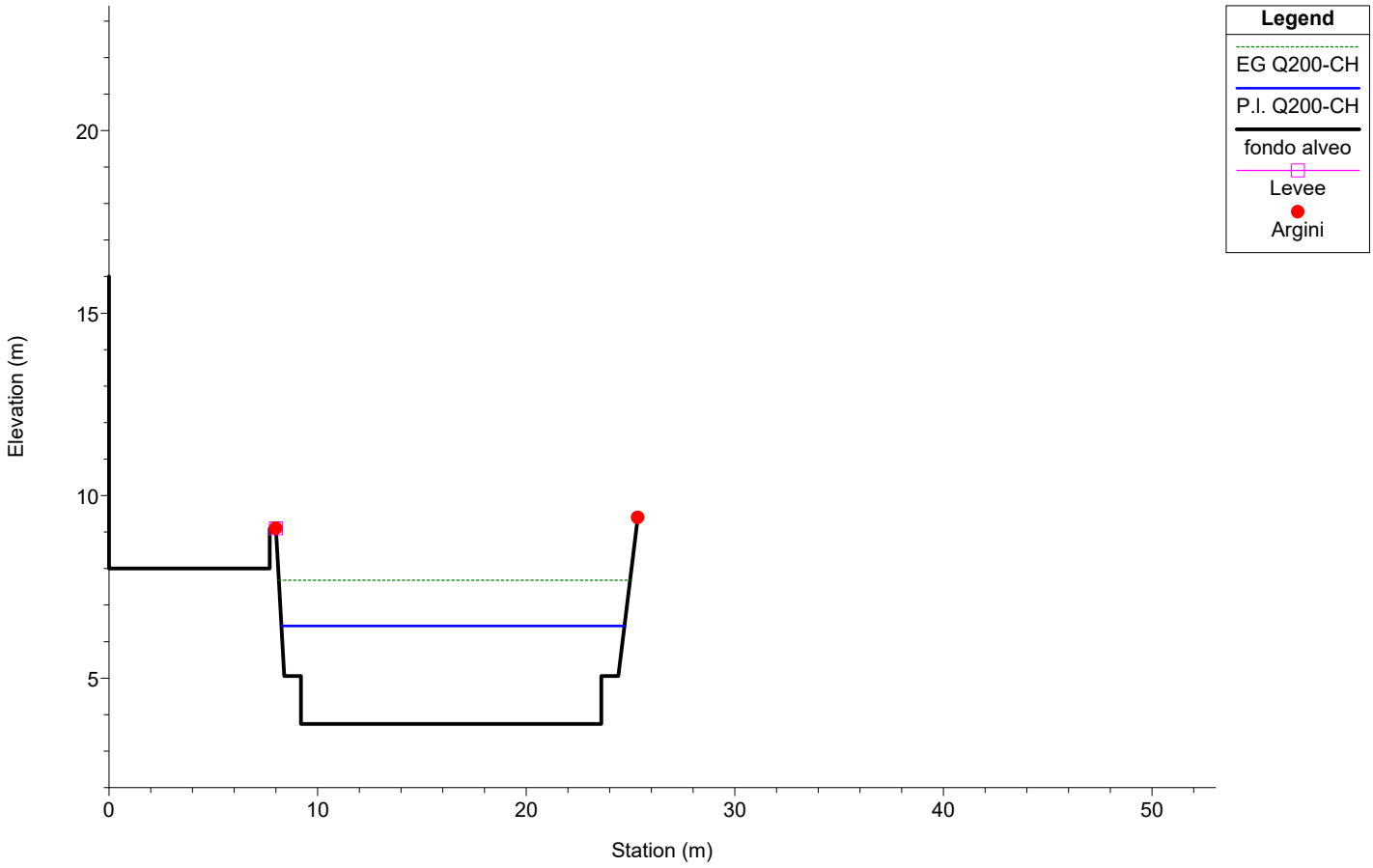
Sez 15.2 (3 PROGETEC) Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

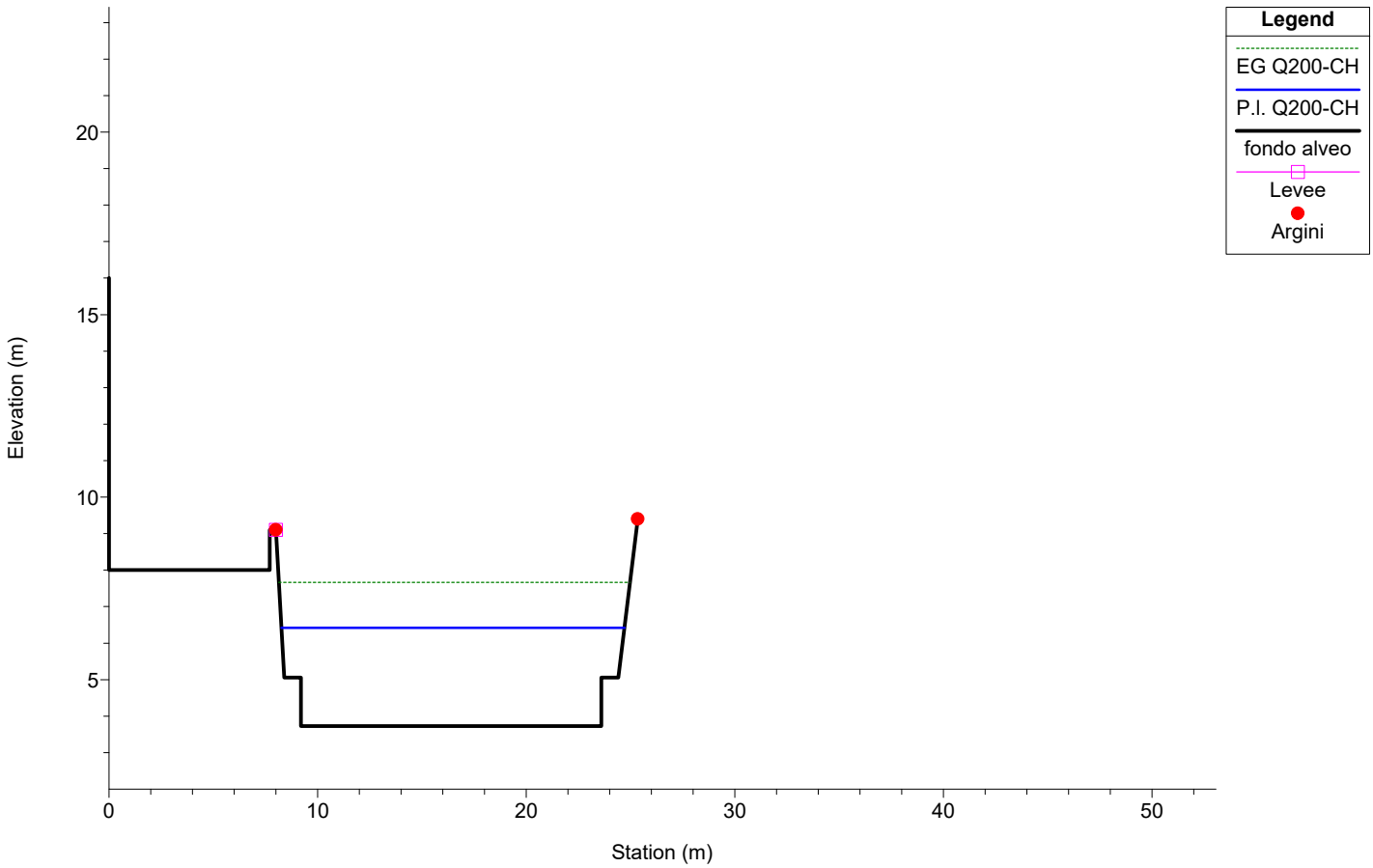
Chiaravagna

Sez 15.1 Stato di progetto



Chiaravagna

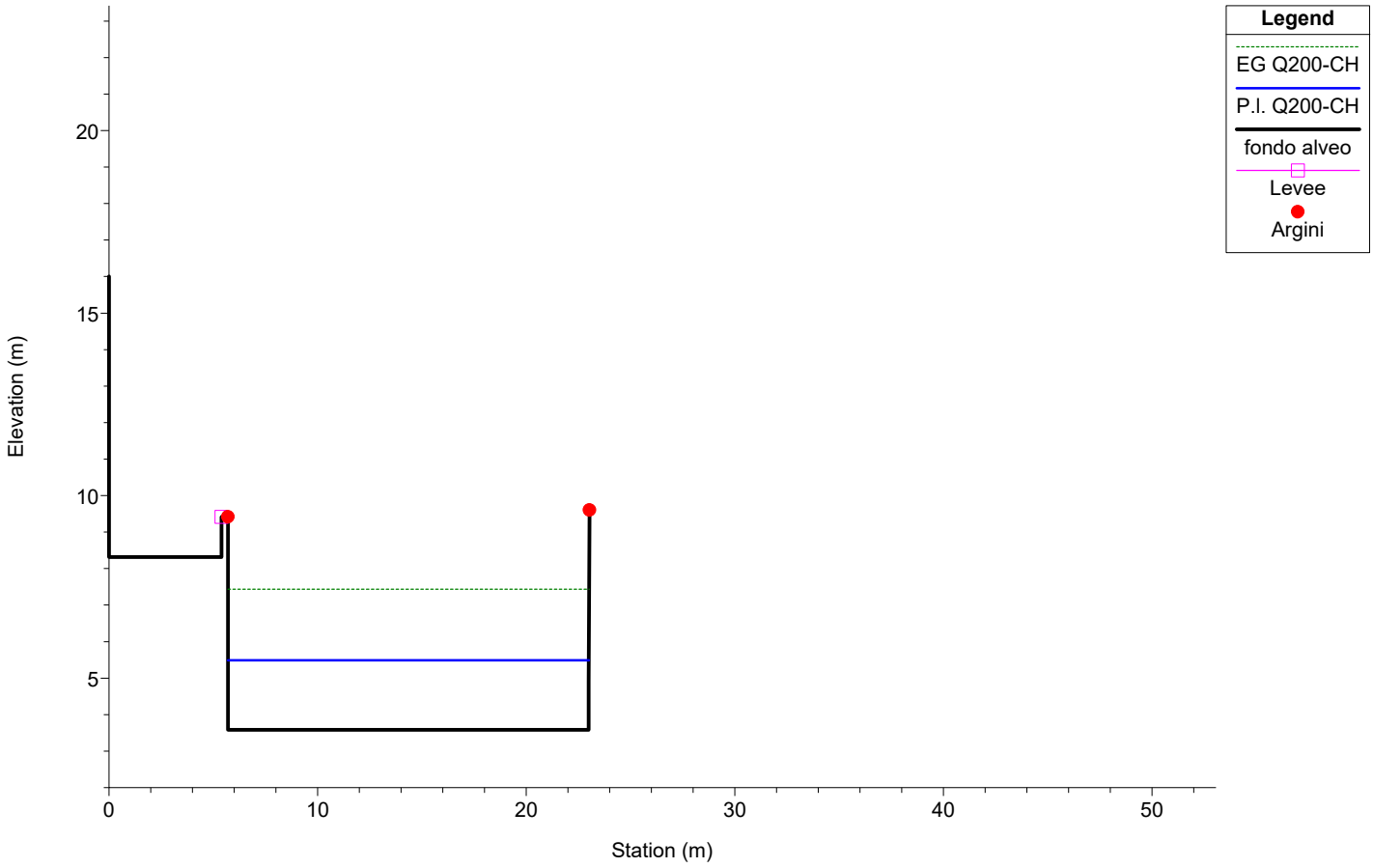
Sez 15 (15a) (2 PROGETEC) (15 HYDRO) Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

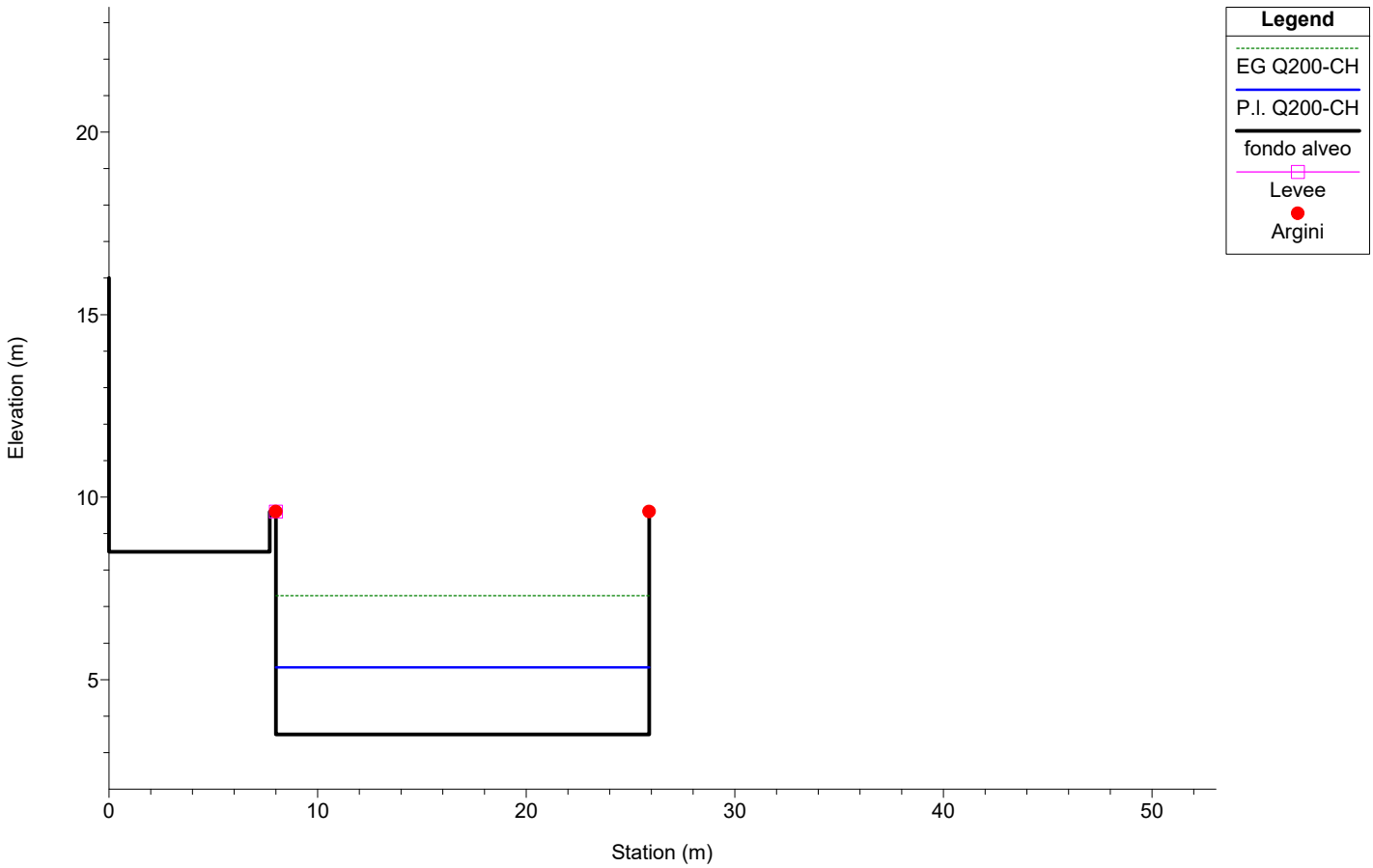
Chiaravagna

Sez 14.99 Stato di progetto



Chiaravagna

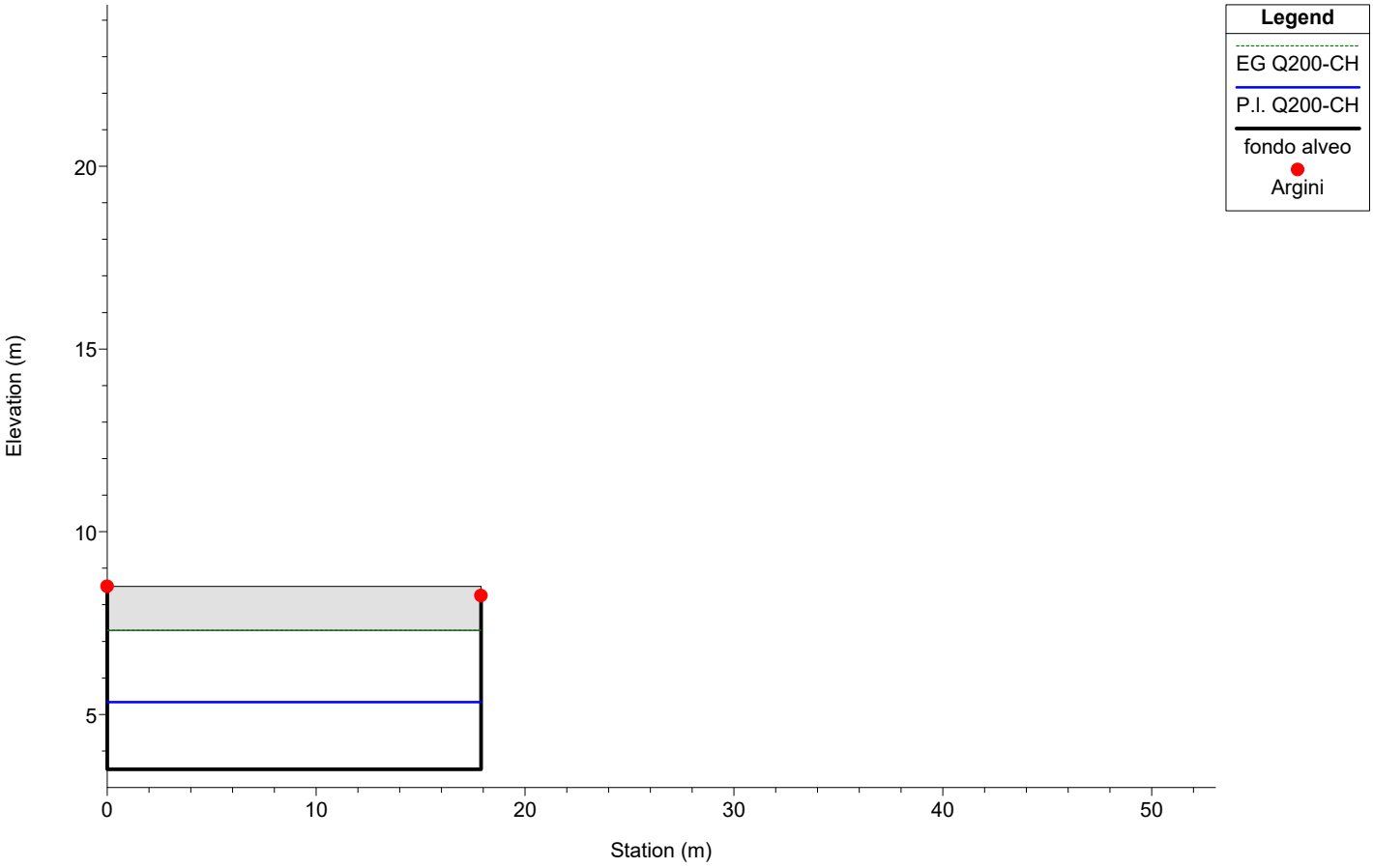
Sez 14.94 (15) Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

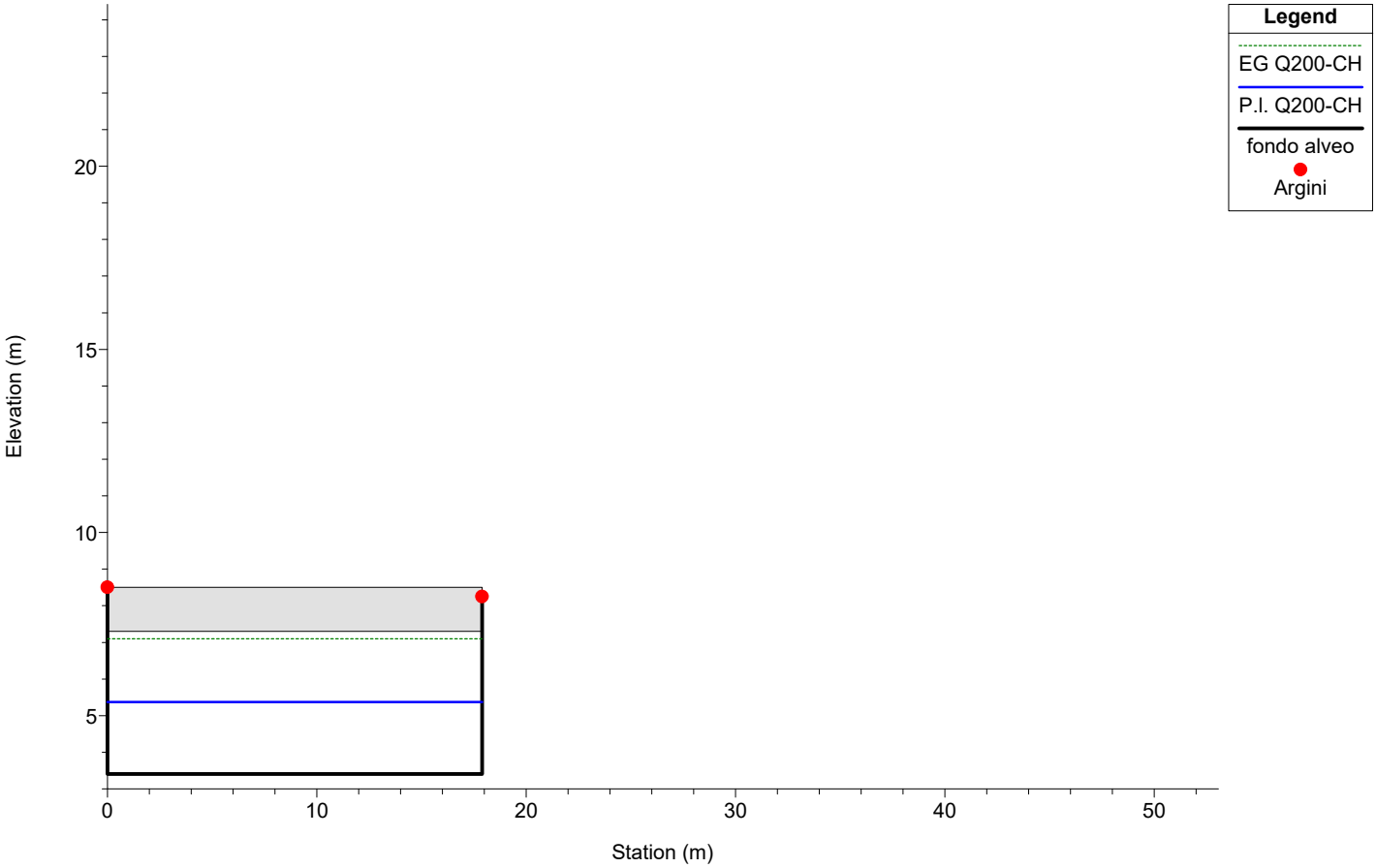
Chiaravagna

Sez 14.93 Stato di progetto



Chiaravagna

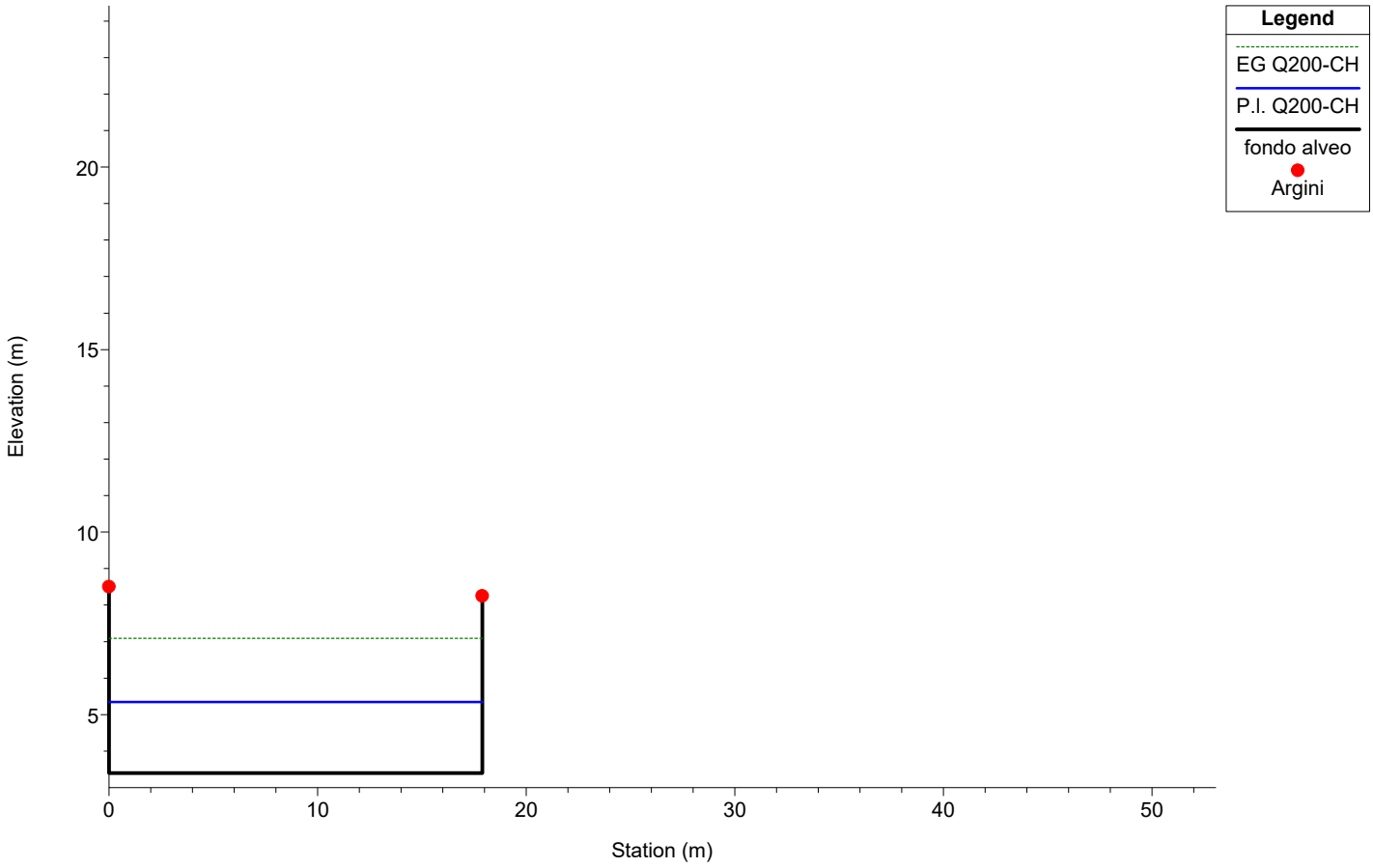
Sez 14.92 Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

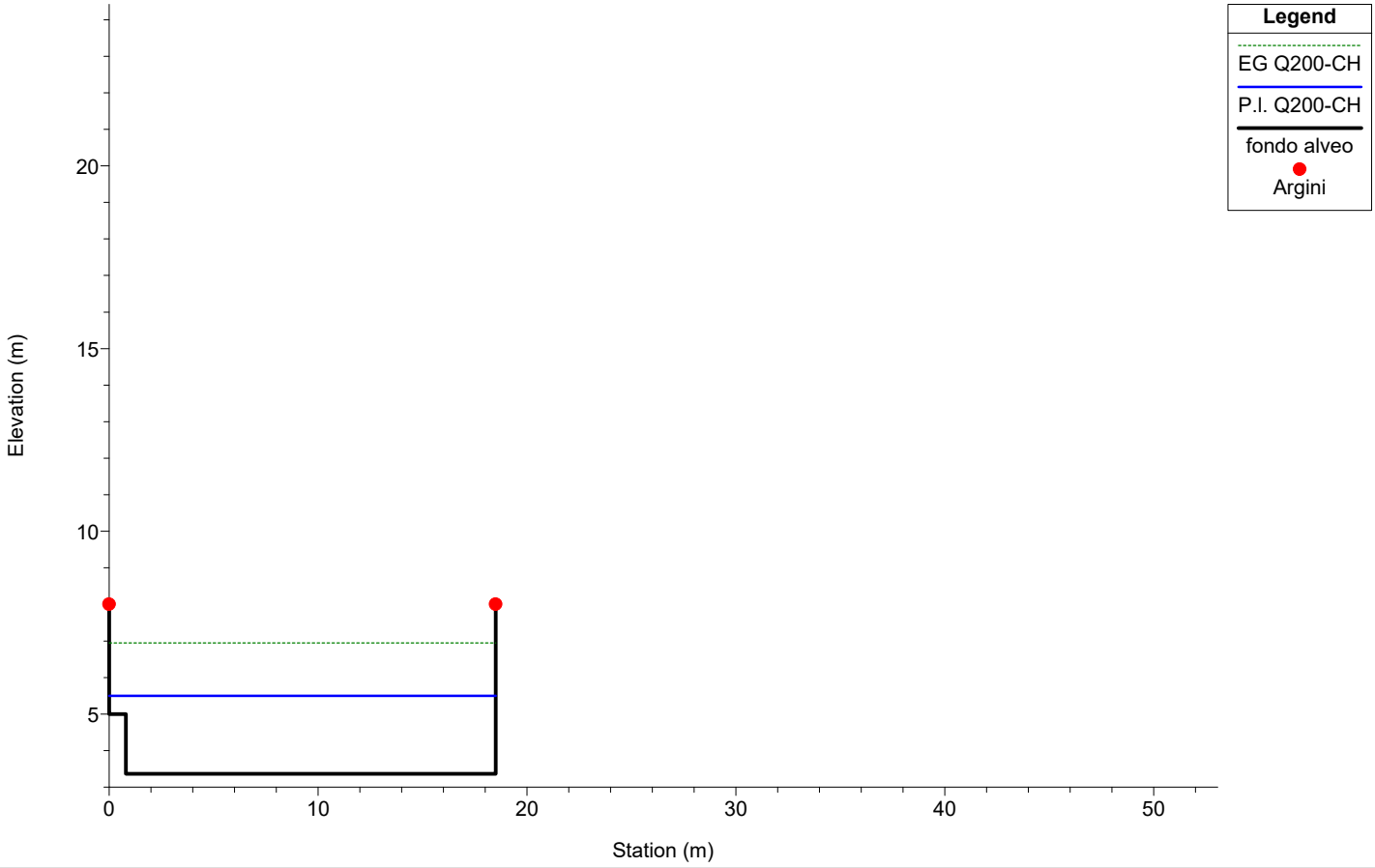
Chiaravagna

Sez 14.91 Stato di progetto



Chiaravagna

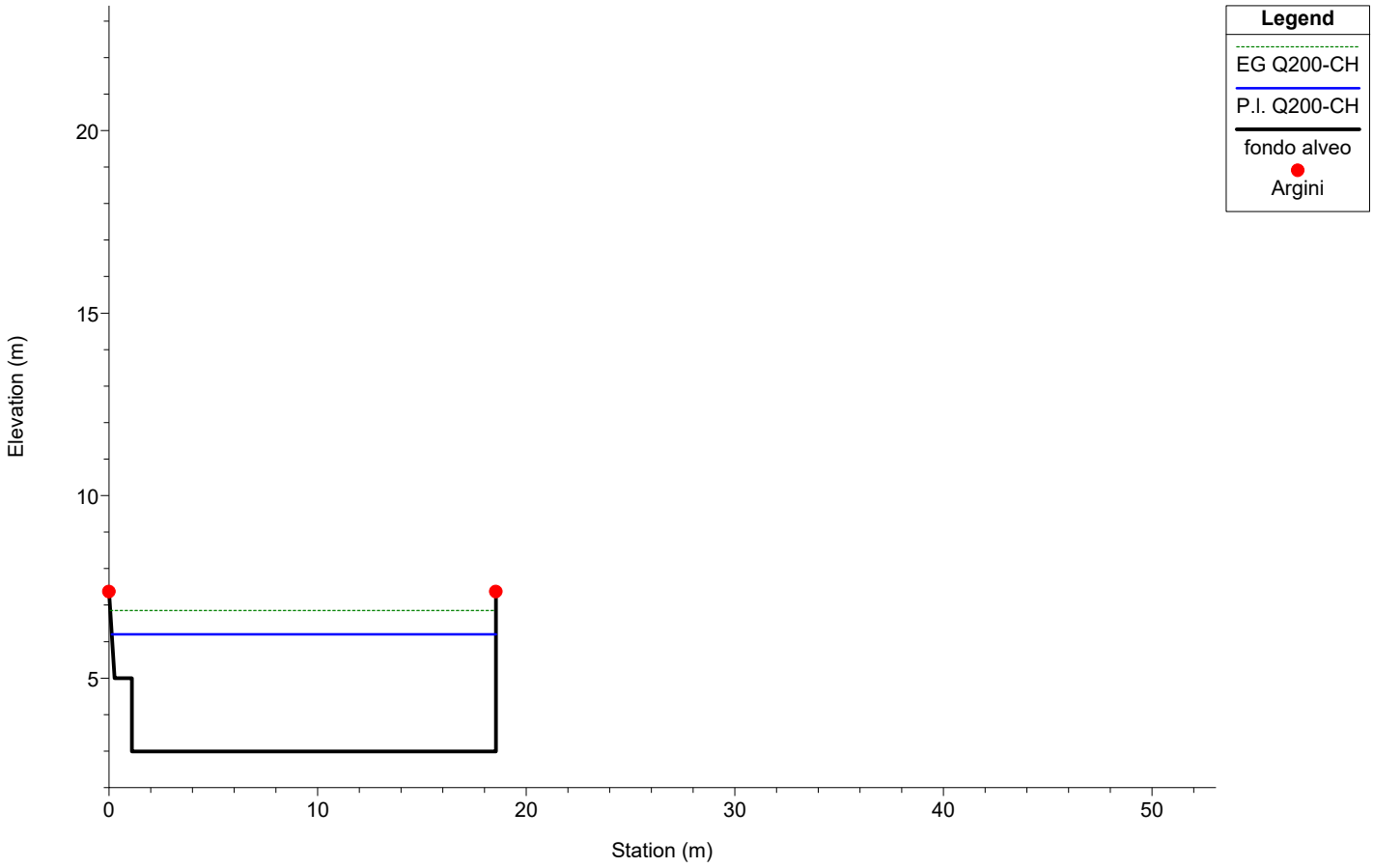
Sez 14.85 Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

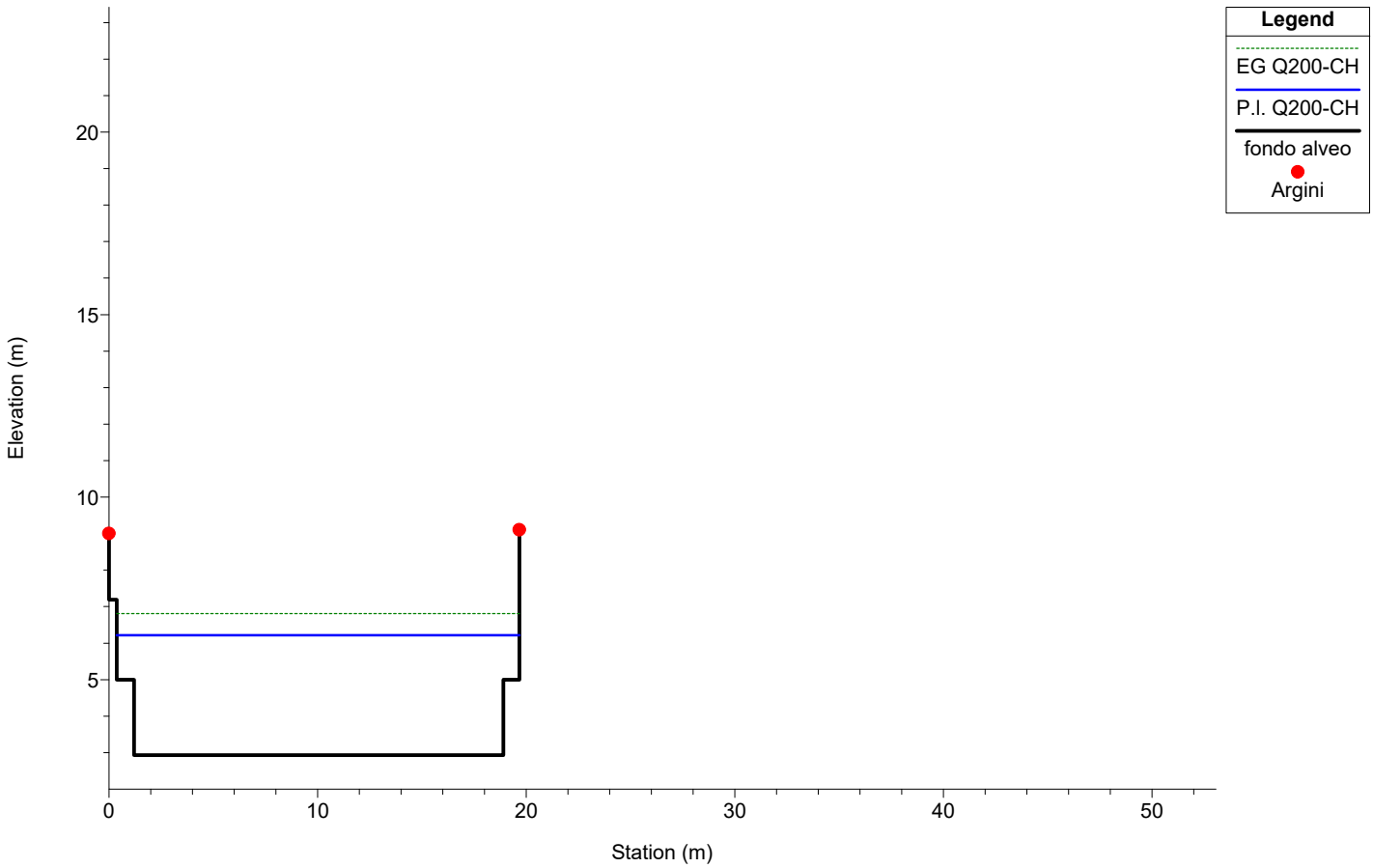
Chiaravagna

Sez 14.8 Stato di progetto



Chiaravagna

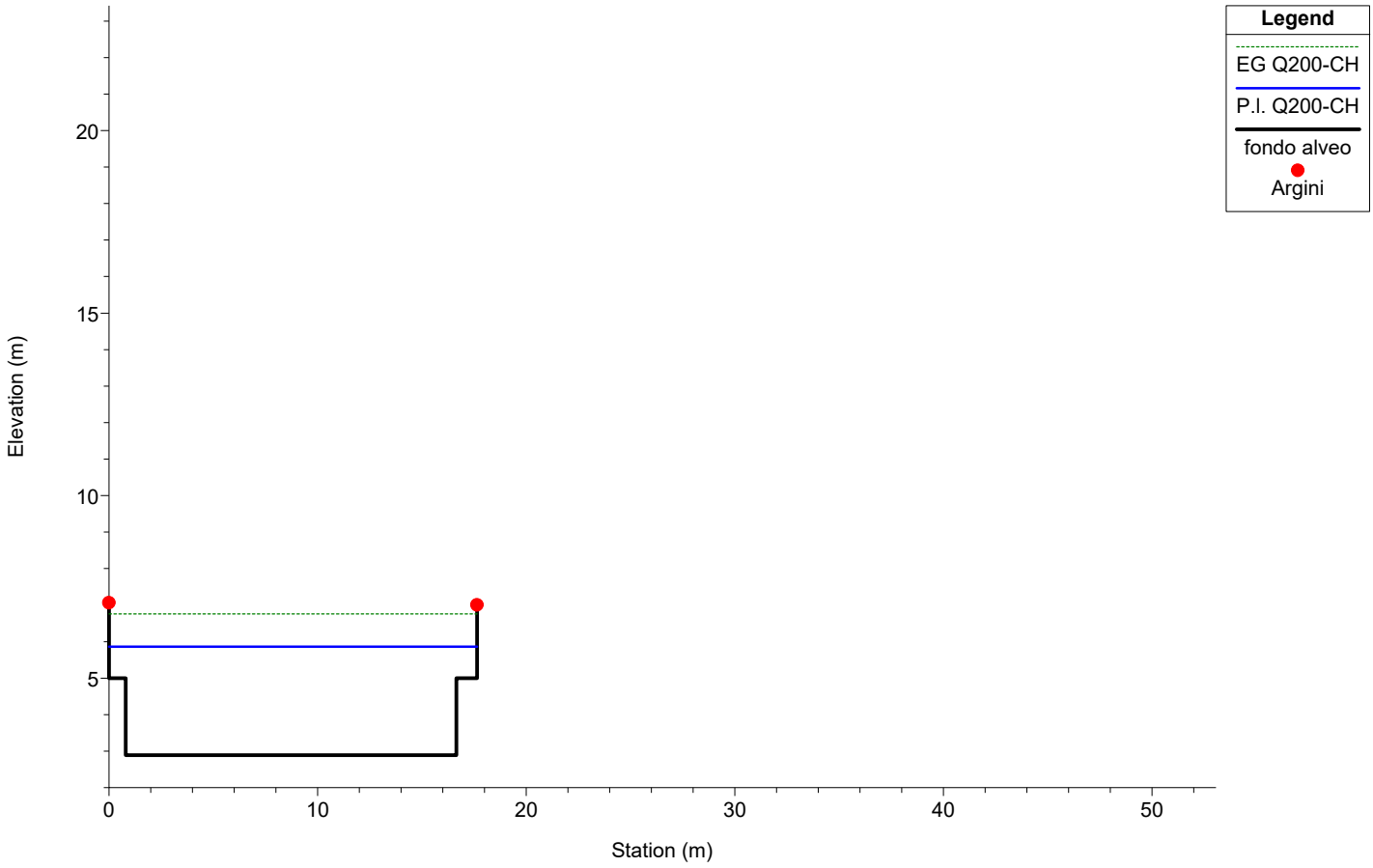
Sez 14 (14a) (16 HYDRO) Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

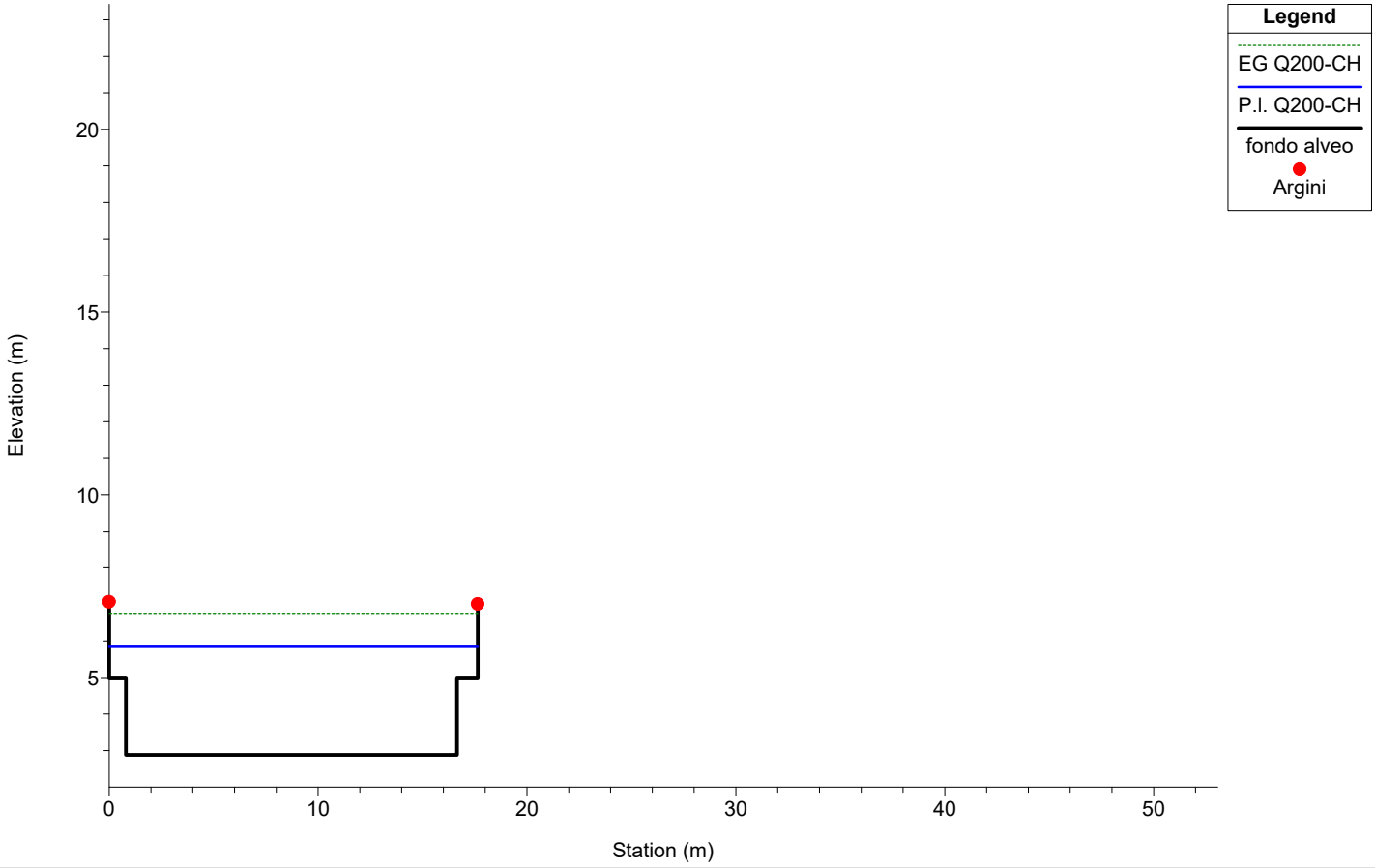
Chiaravagna

Sez 13.5 Stato di progetto



Chiaravagna

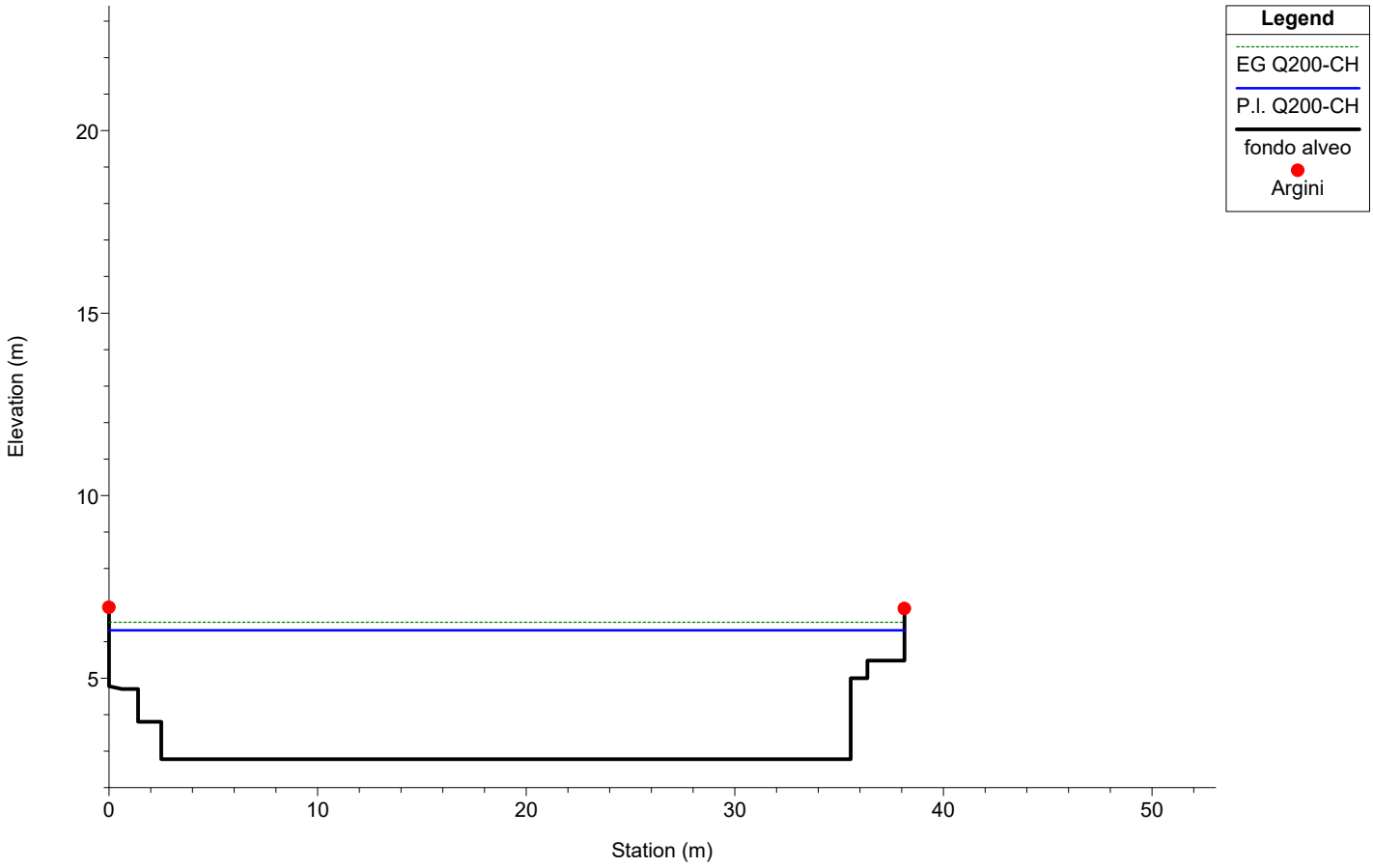
13.4 Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

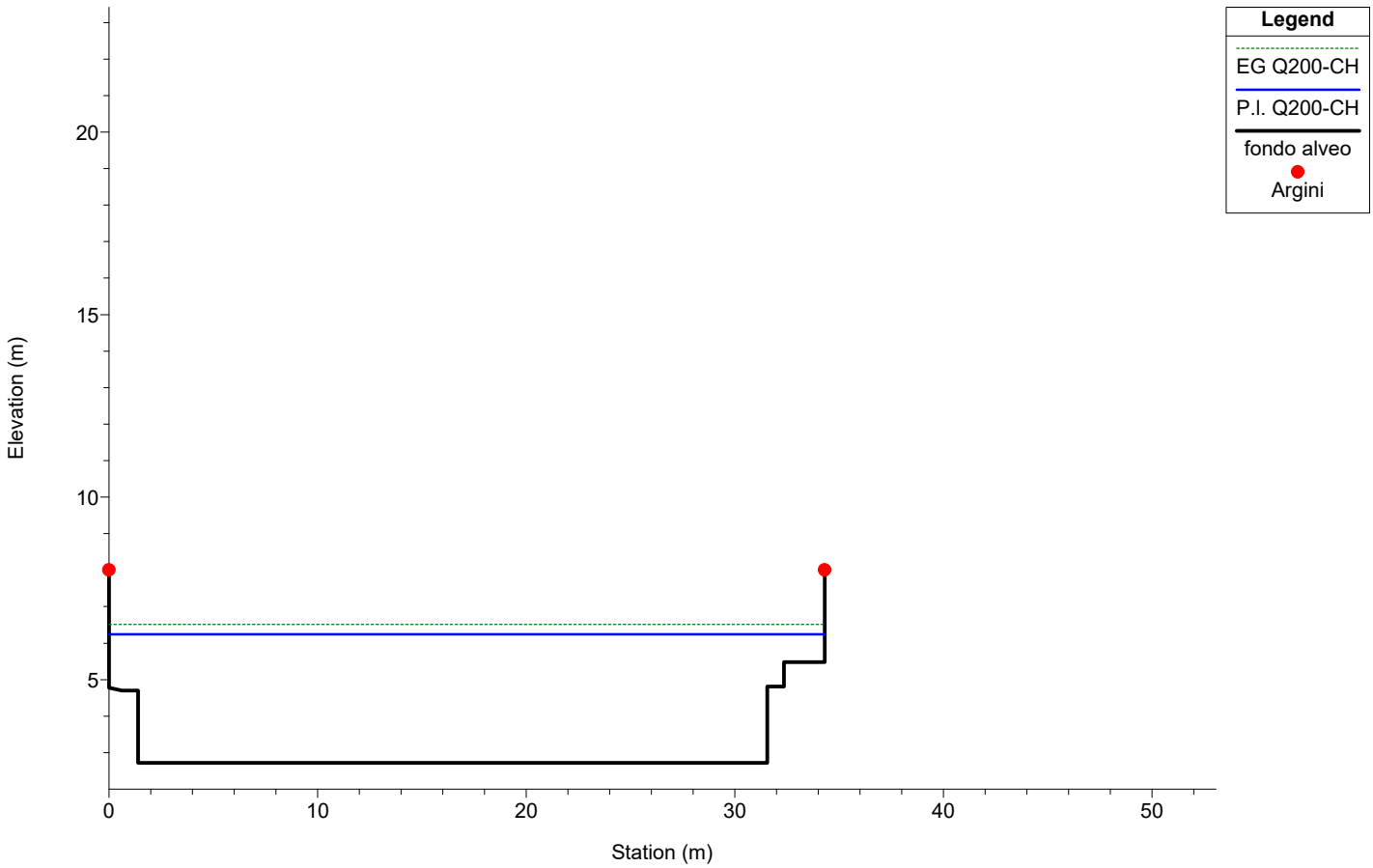
Chiaravagna

Sez 13.1 Stato di progetto



Chiaravagna

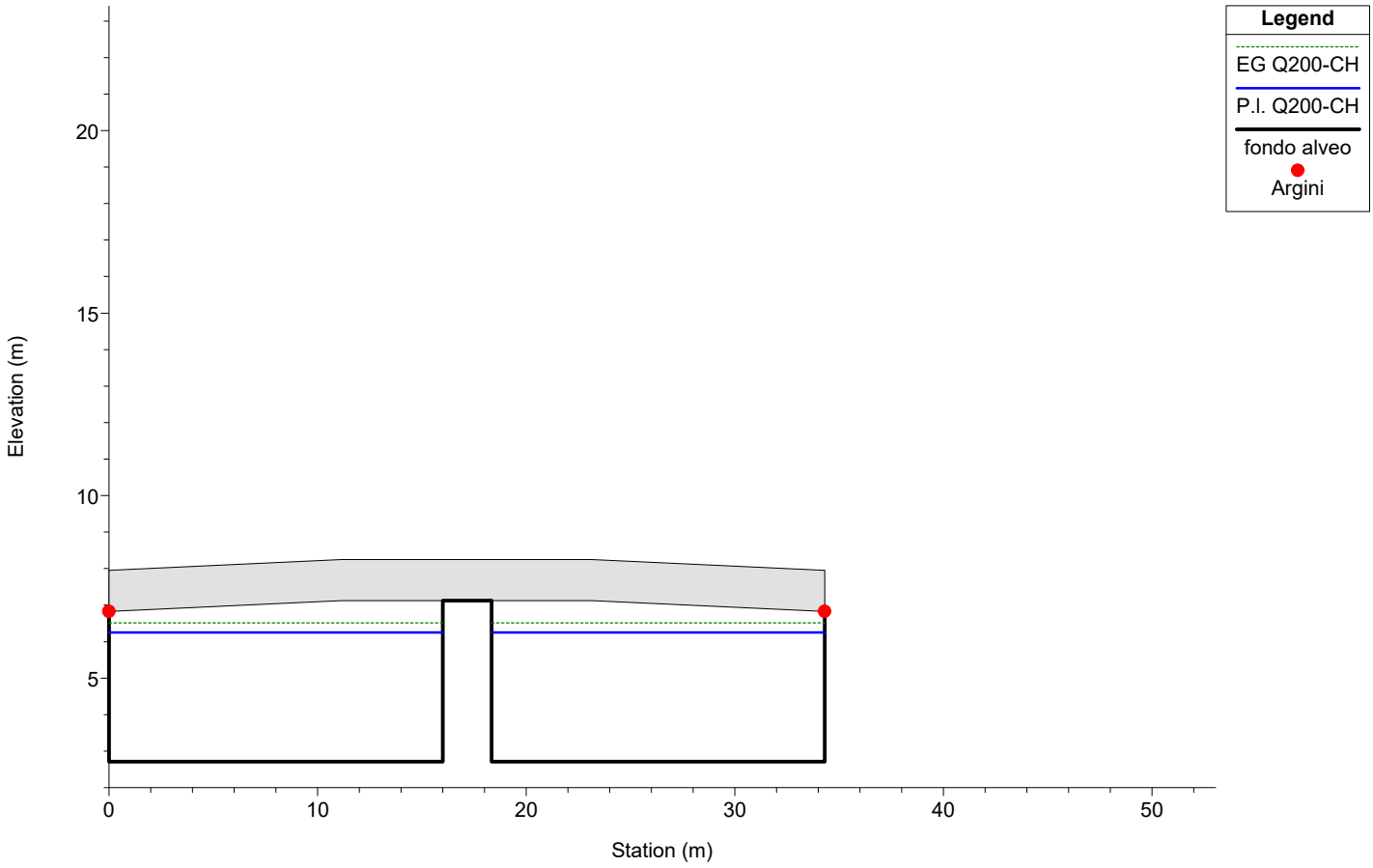
Sez 13.01 Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

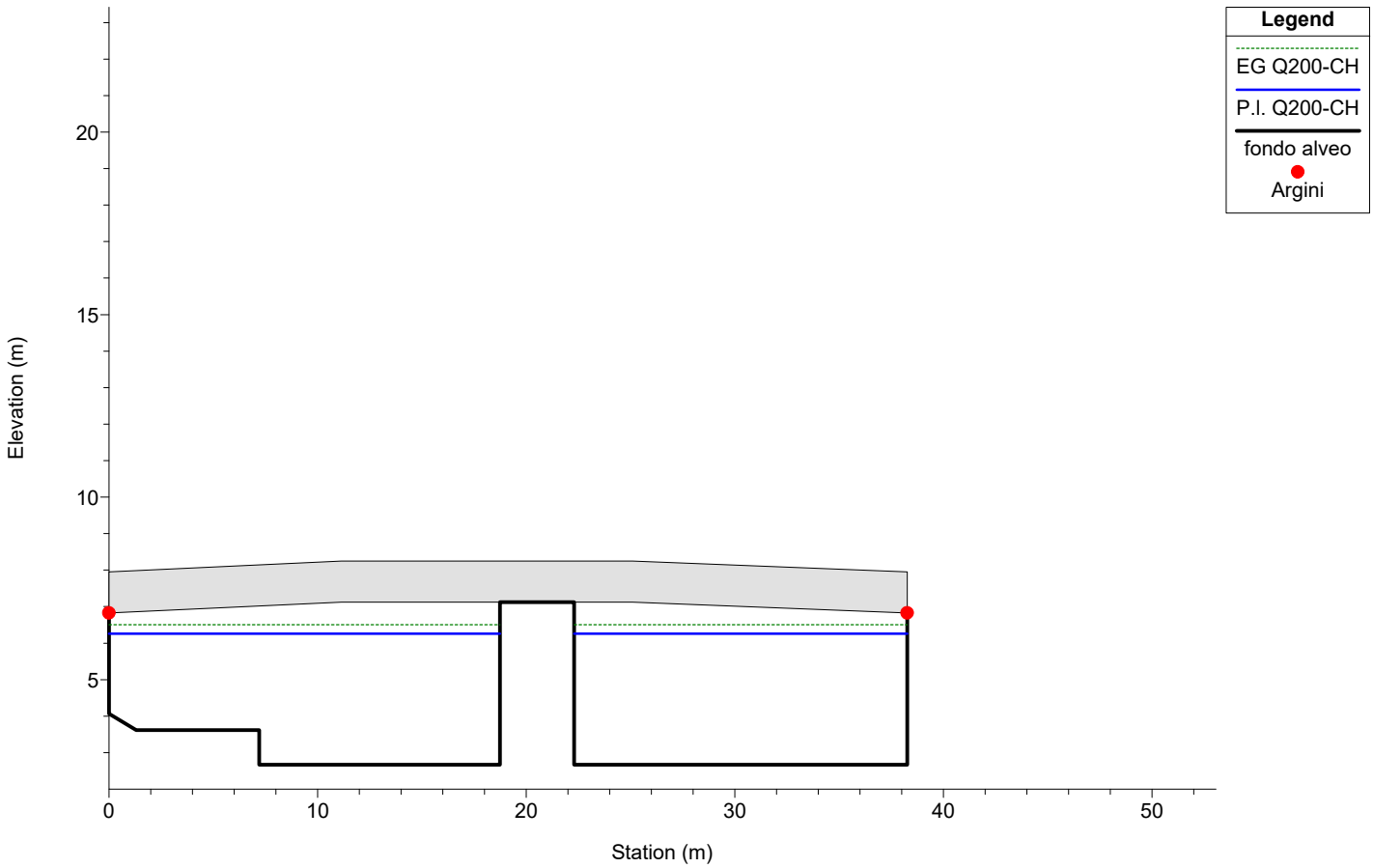
Chiaravagna

Sez 13 - via Manara (17HYDRO) Stato di progetto



Chiaravagna

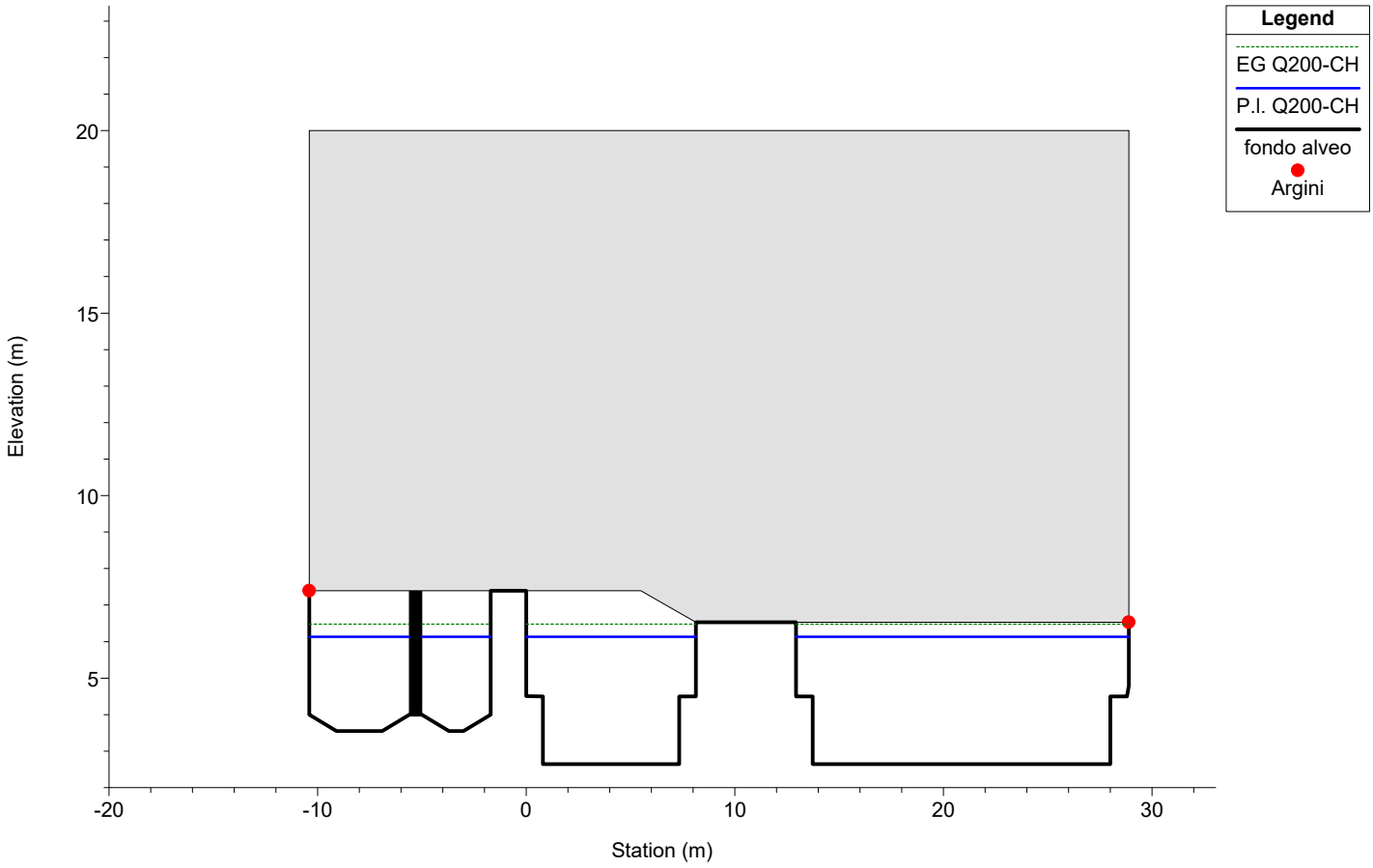
Sez 12.5 - via Manara Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

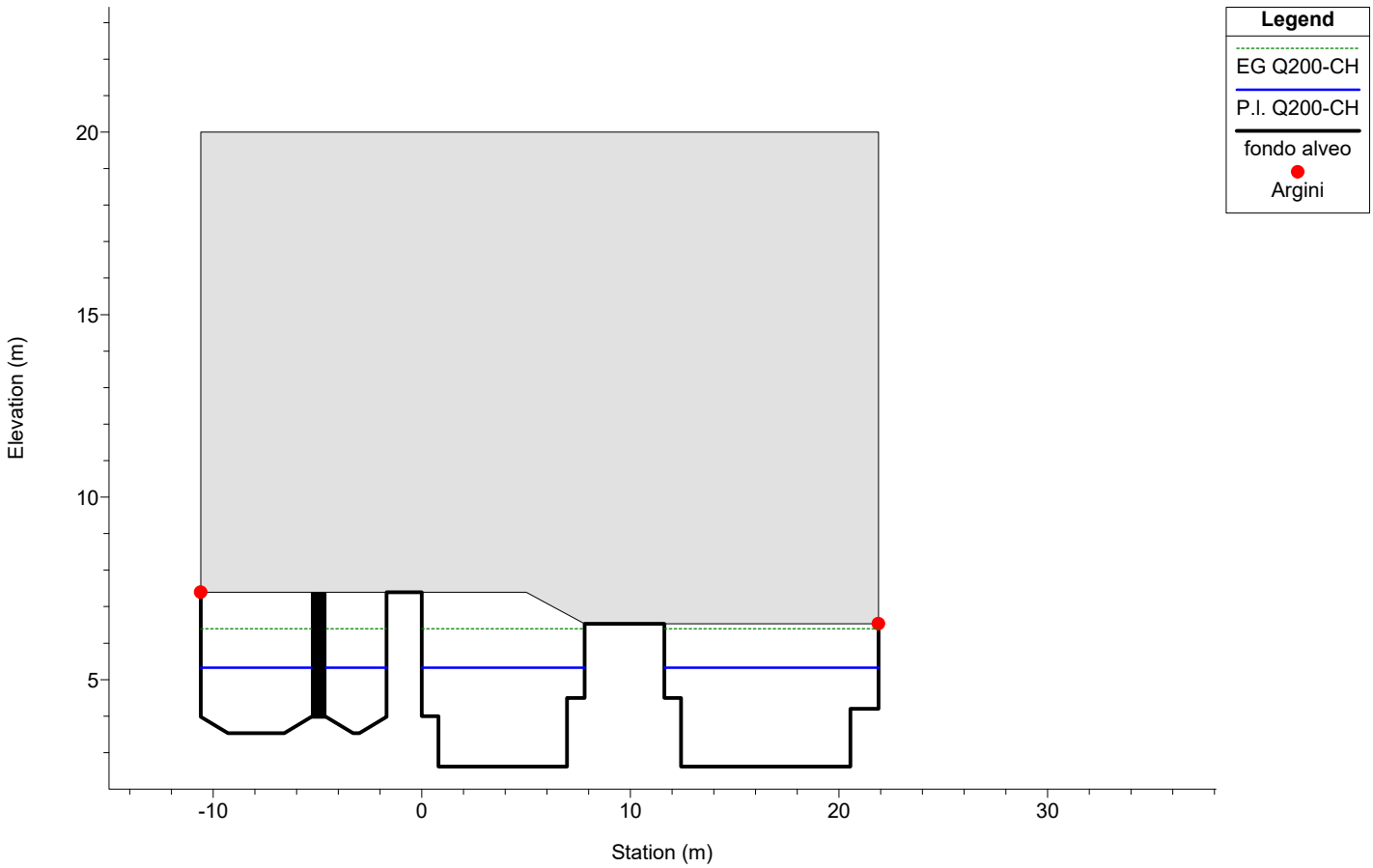
Chiaravagna

Sez 12.3- Elsag (17bHYDRO) Stato di progetto



Chiaravagna

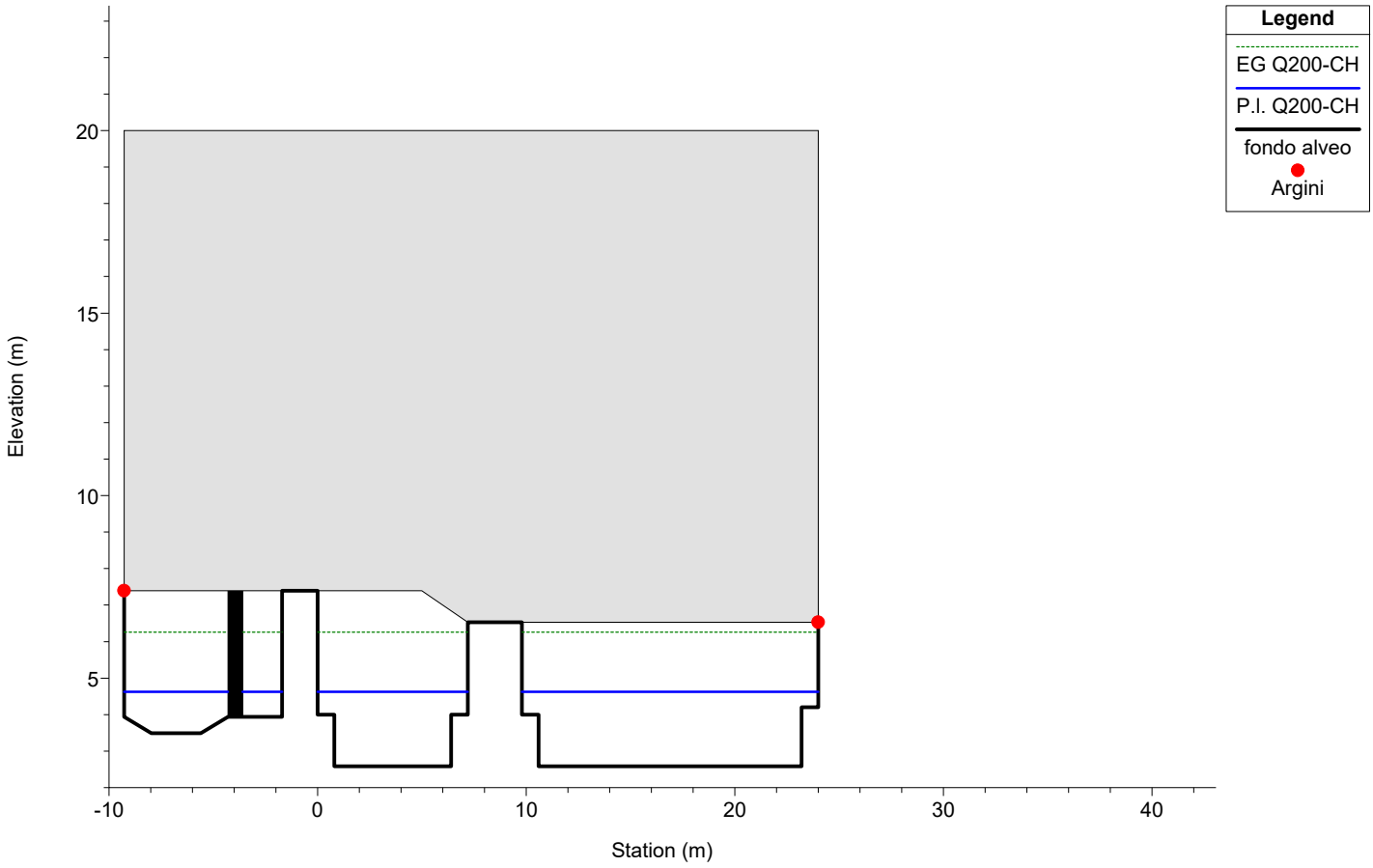
Sez 12.26 - Elsag Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

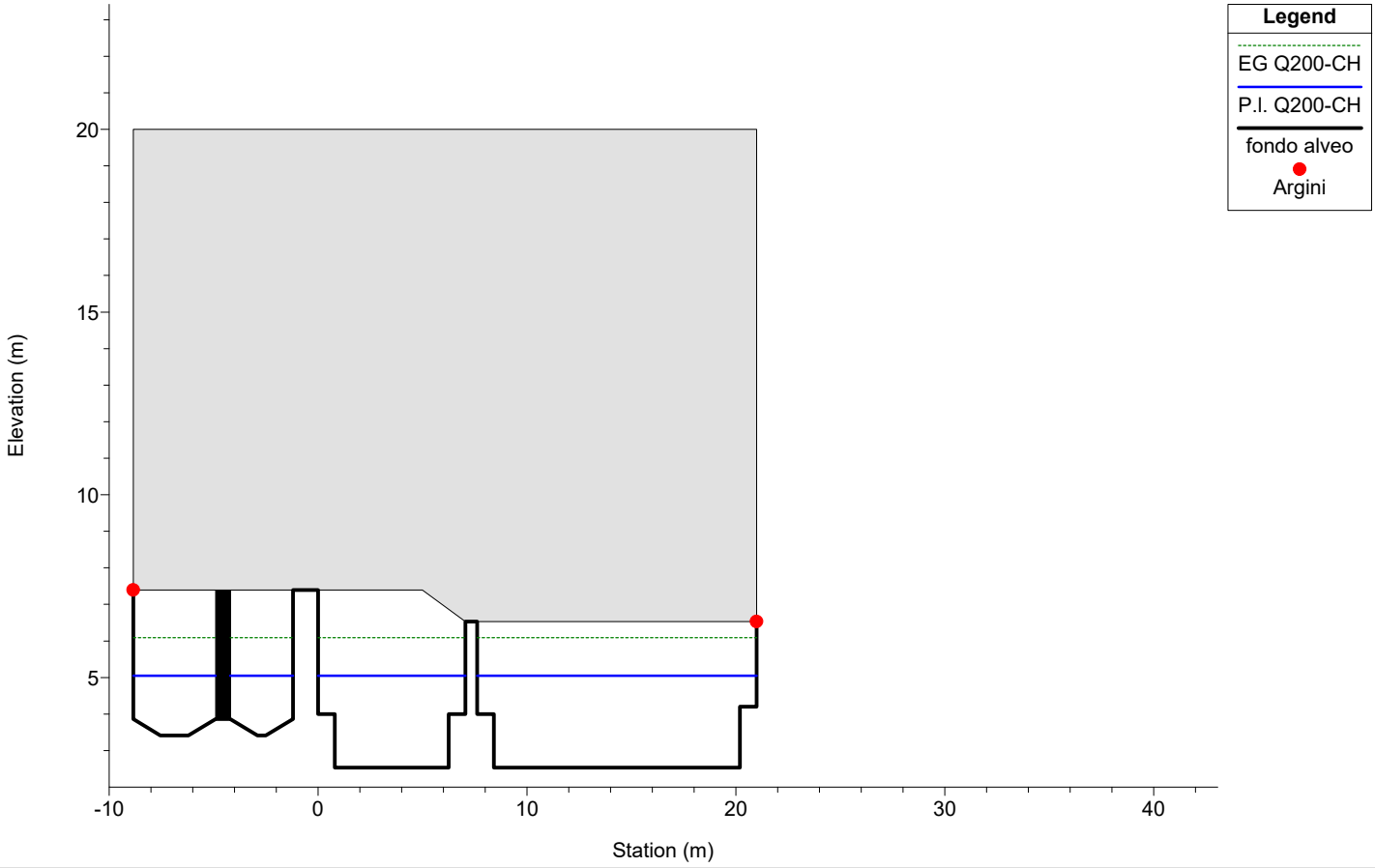
Chiaravagna

Sez 12.25 - Elsag Stato di progetto



Chiaravagna

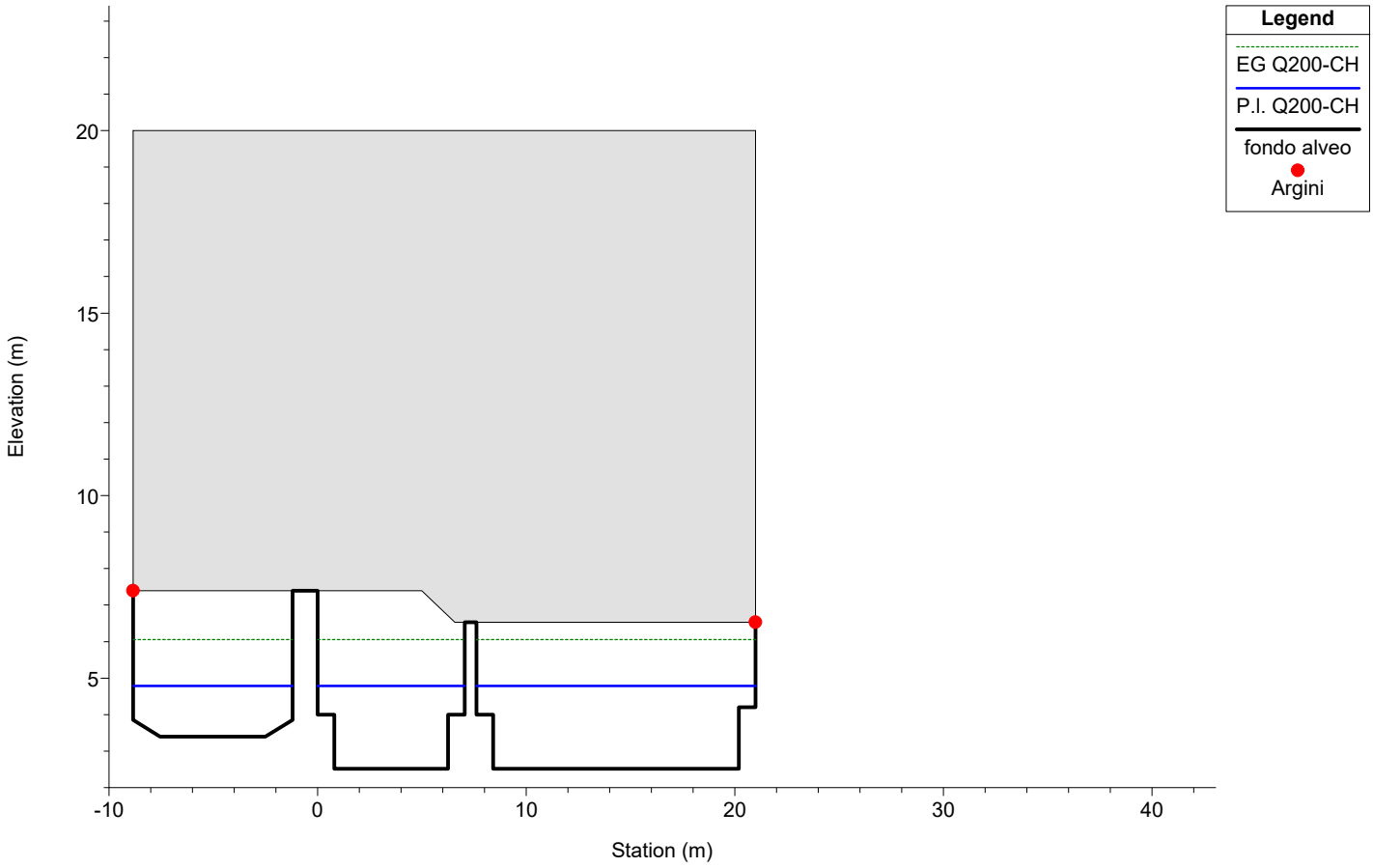
Sez 12.21 - Elsag Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

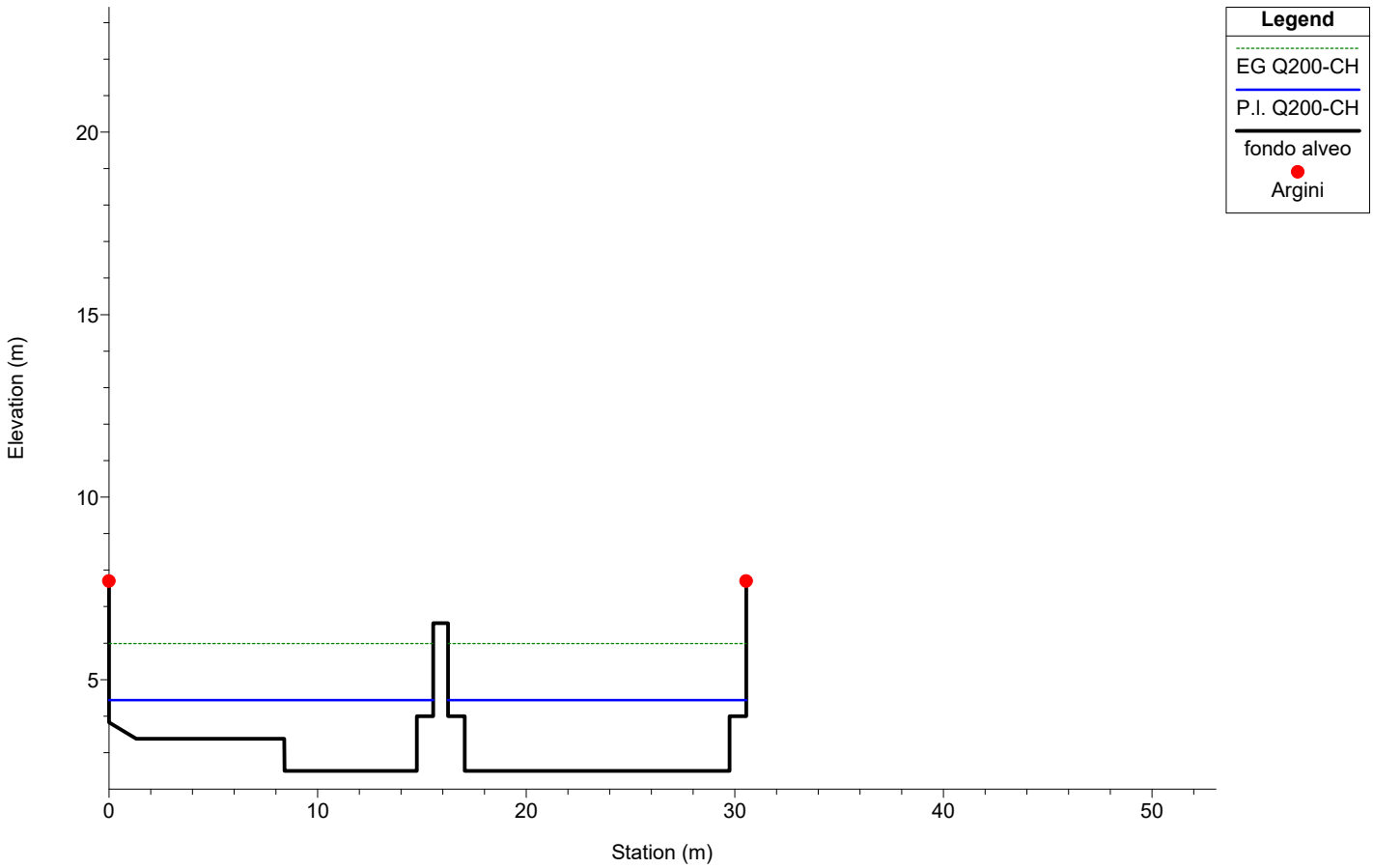
Chiaravagna

Sez 12.2 - Elsag Stato di progetto



Chiaravagna

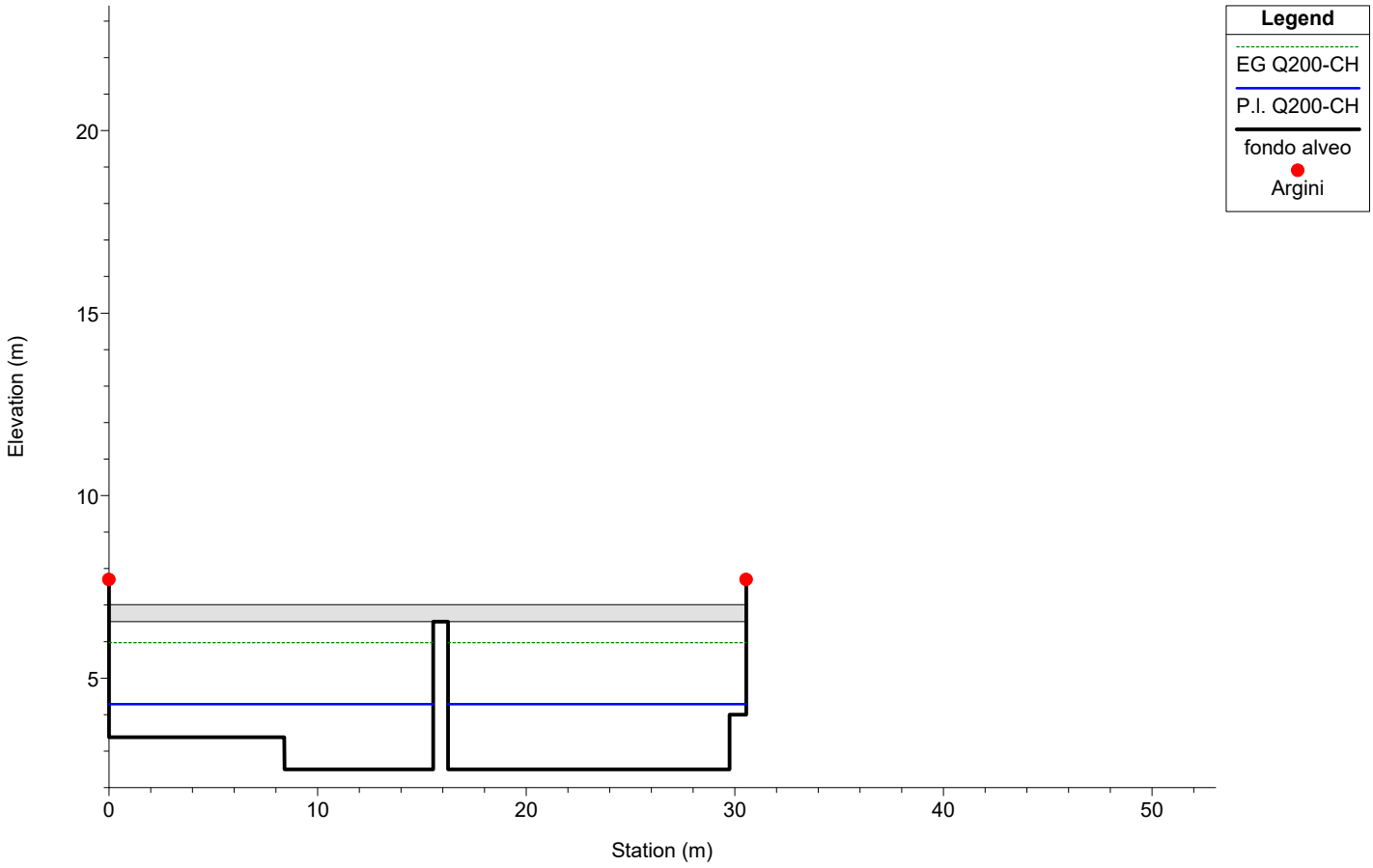
Sez 12.11 Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

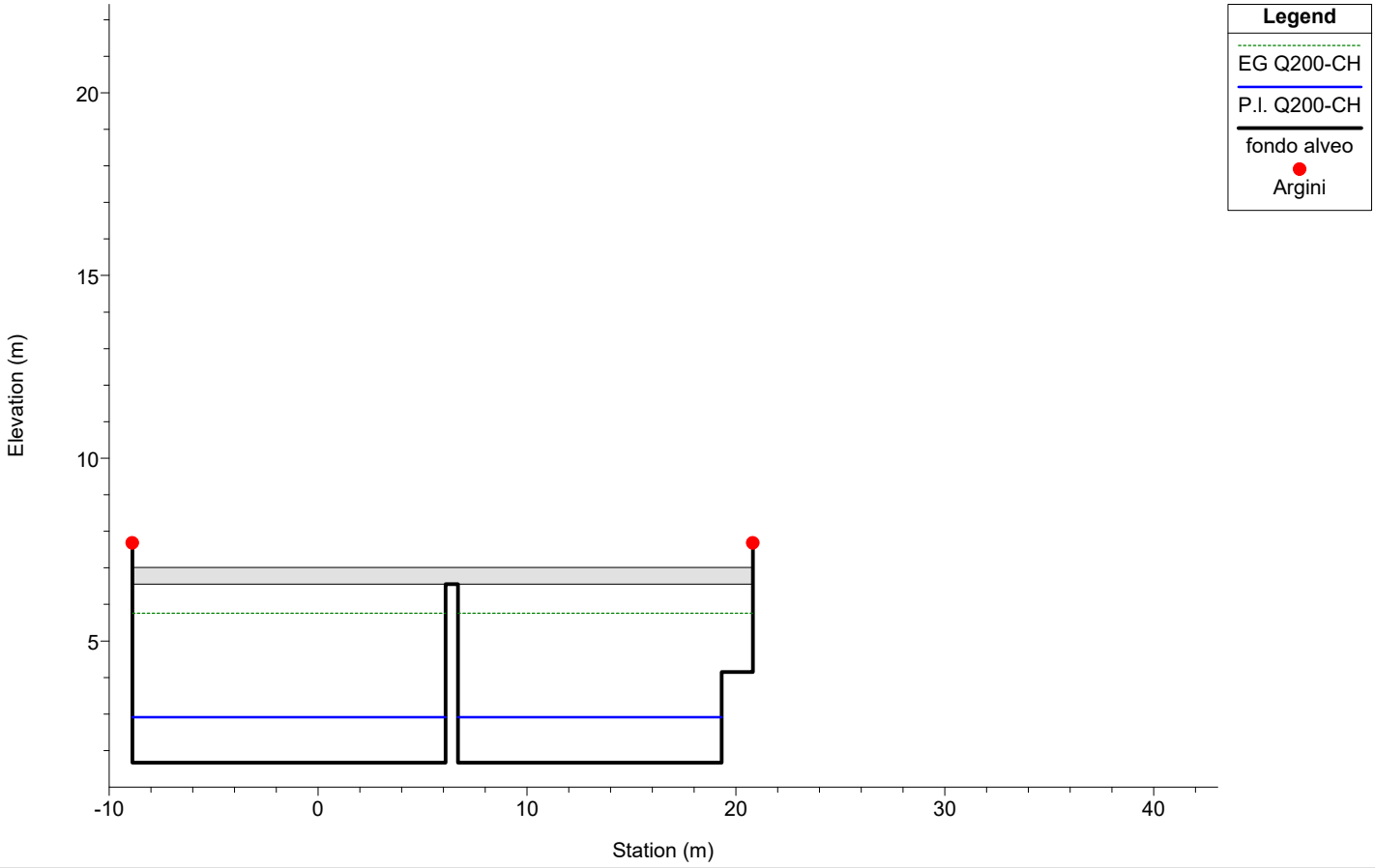
Chiaravagna

Sez 12.1 - passerella Elsag Stato di progetto



Chiaravagna

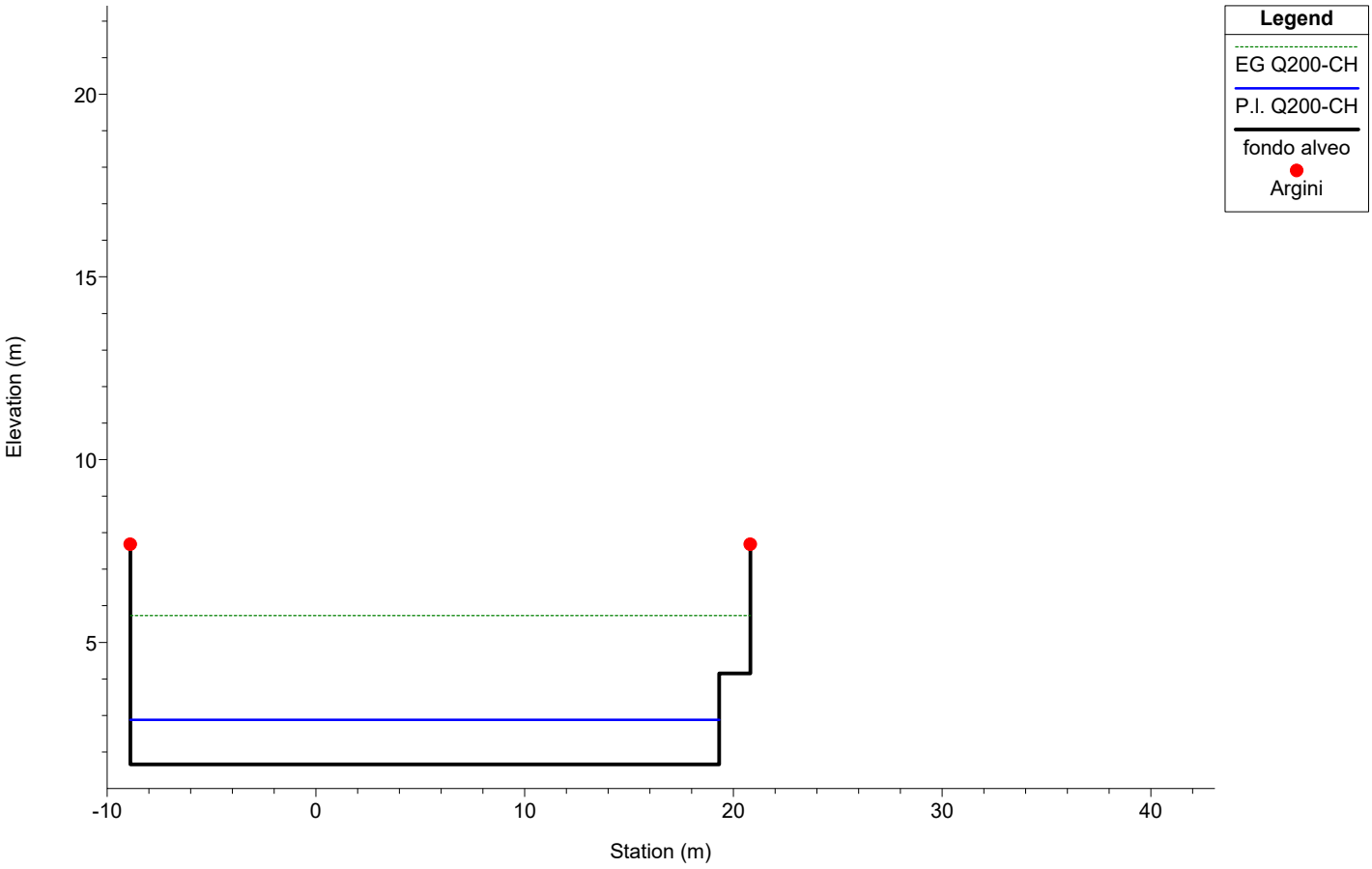
Sez 12 - passerella Elsag Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

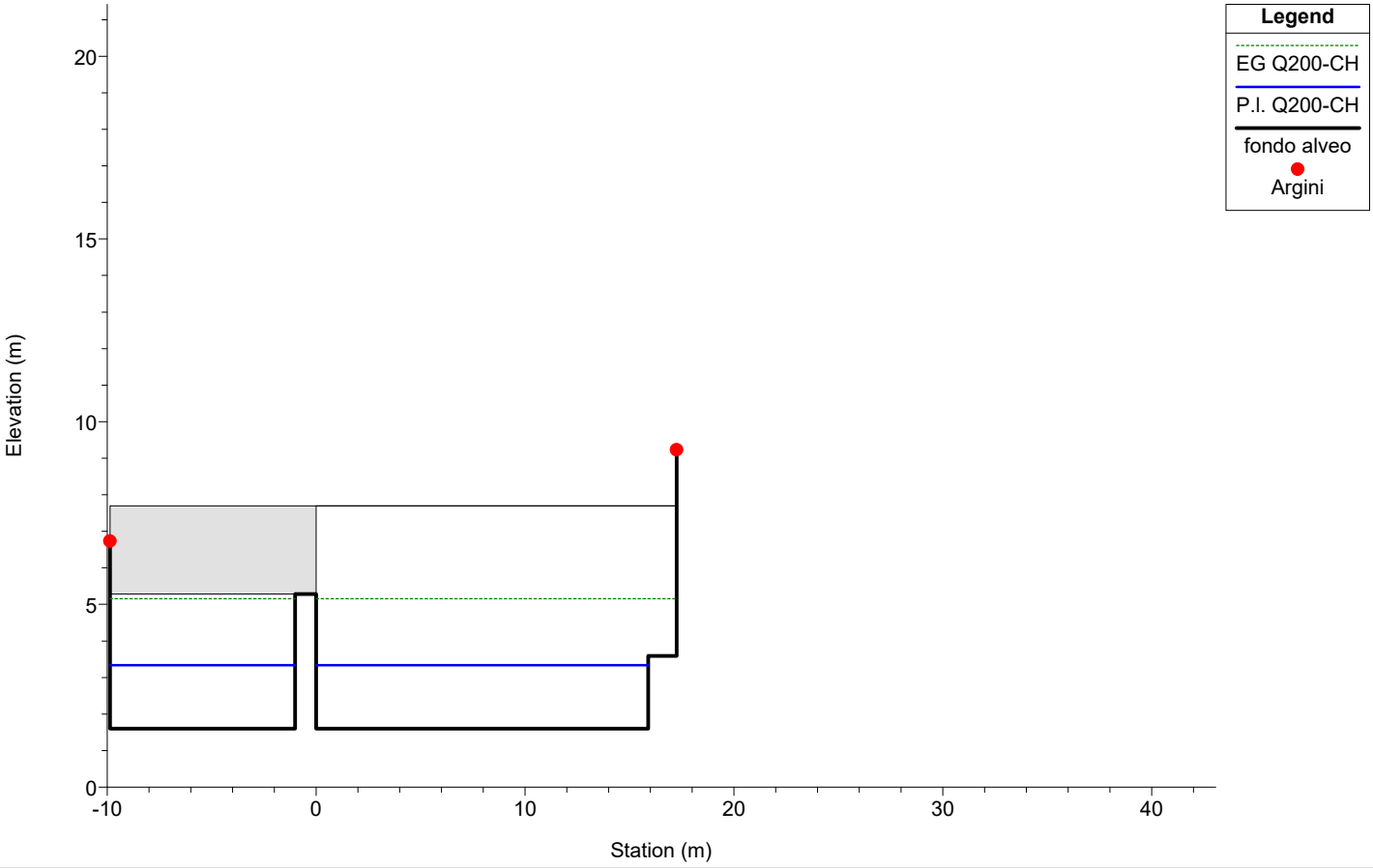
Chiaravagna

Sez 11.9 Stato di progetto



Chiaravagna

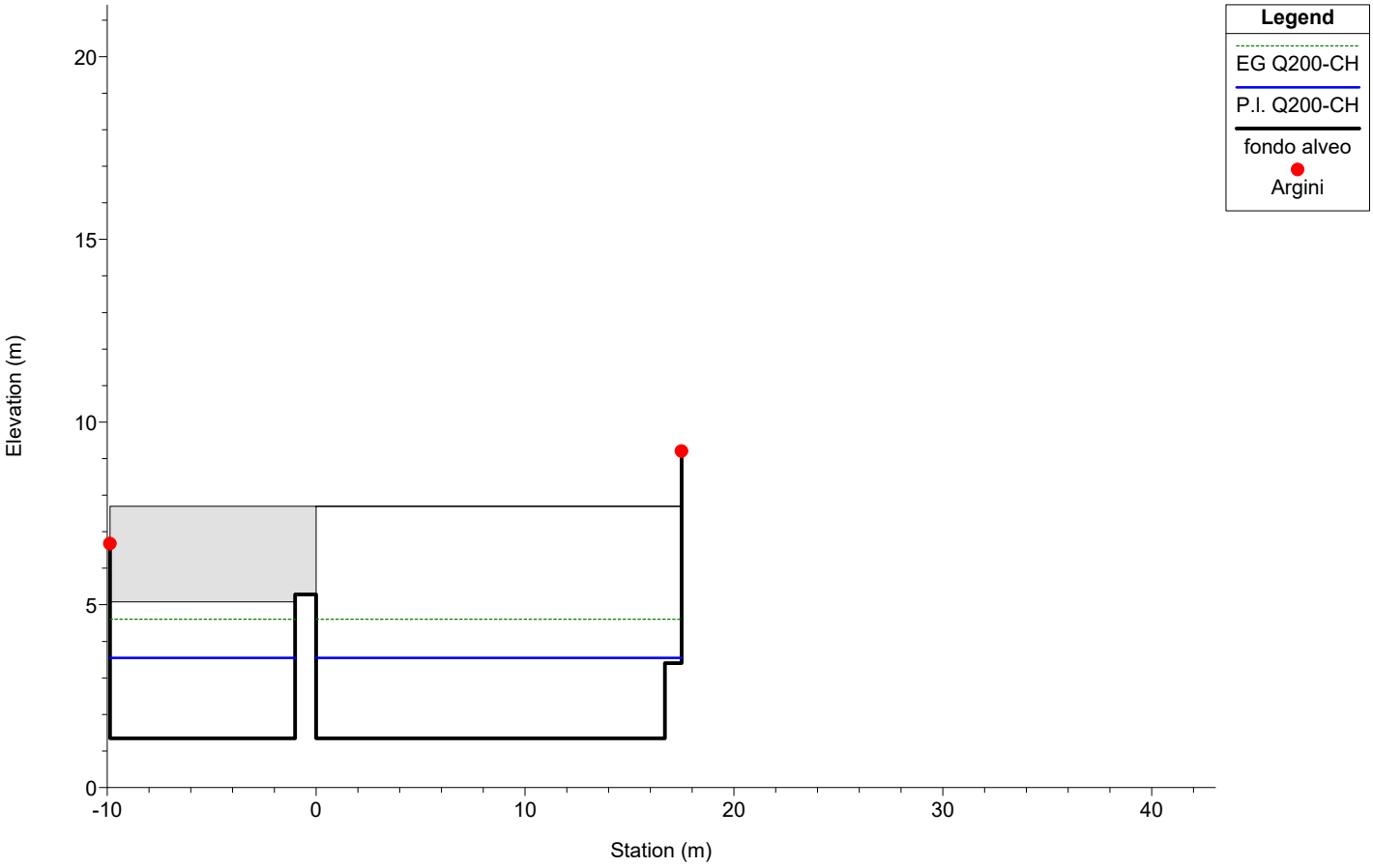
Sez 11.2 (19HYDRO) Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

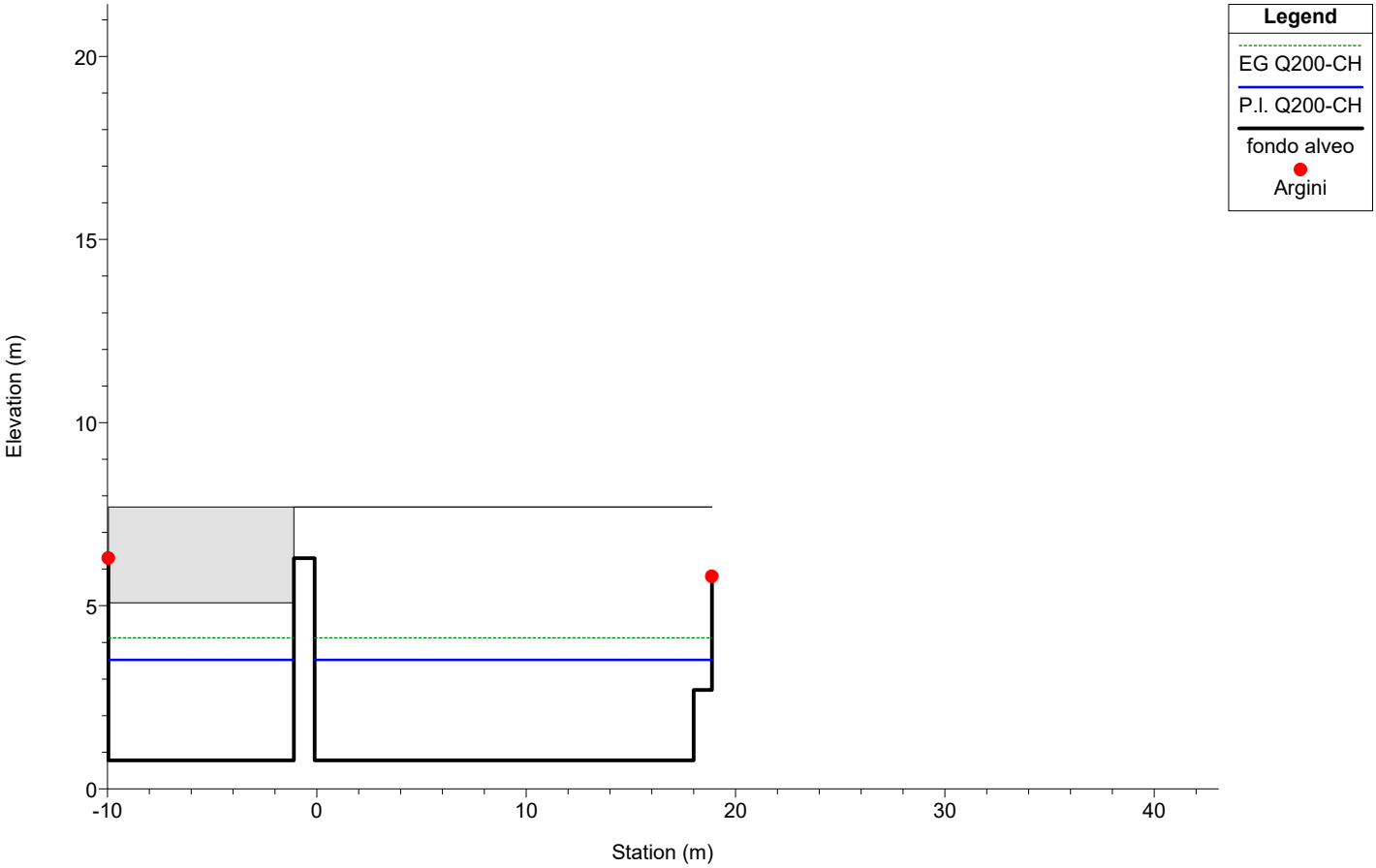
Chiaravagna

Sez 11 Stato di progetto



Chiaravagna

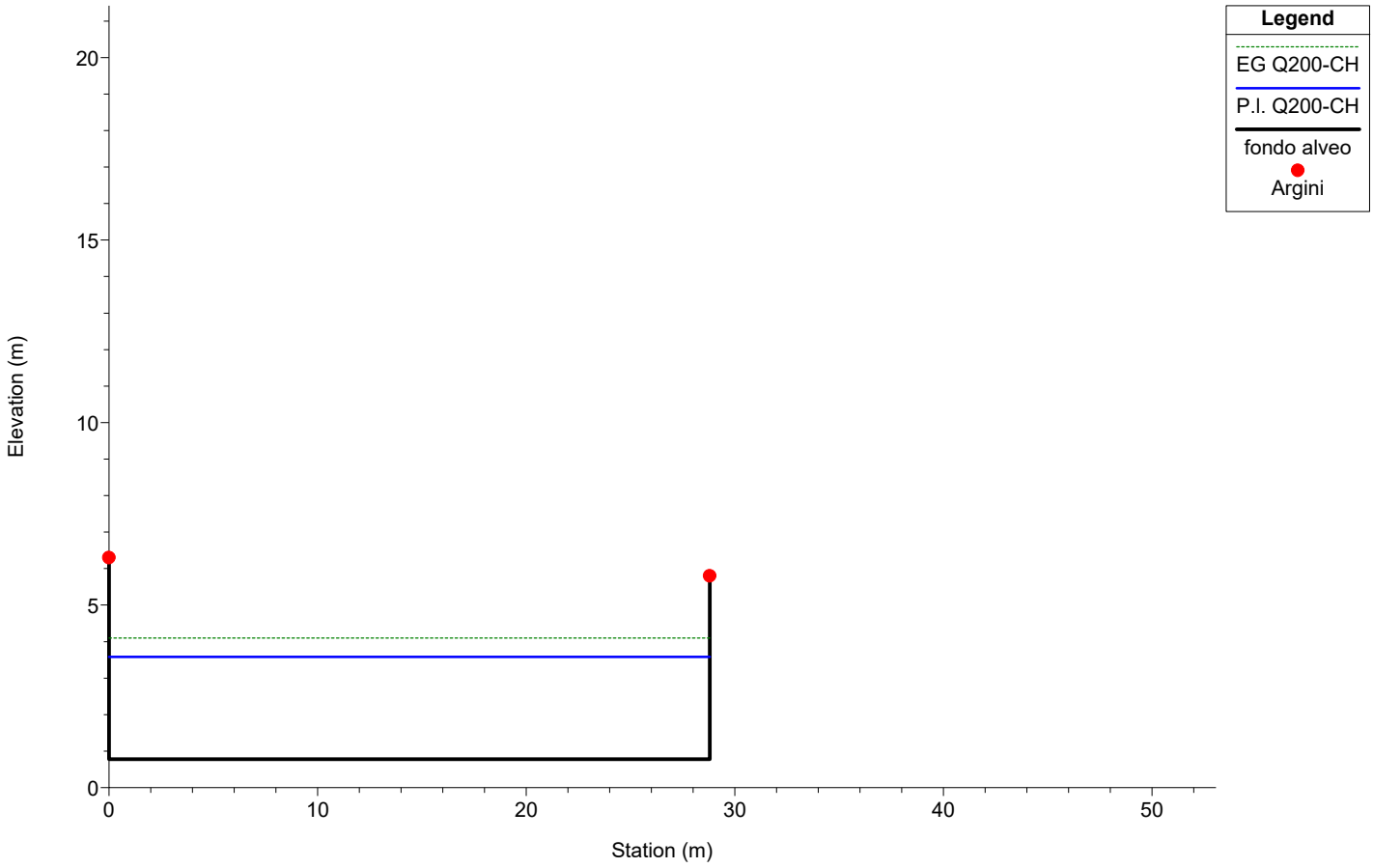
Sez 10.5 Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

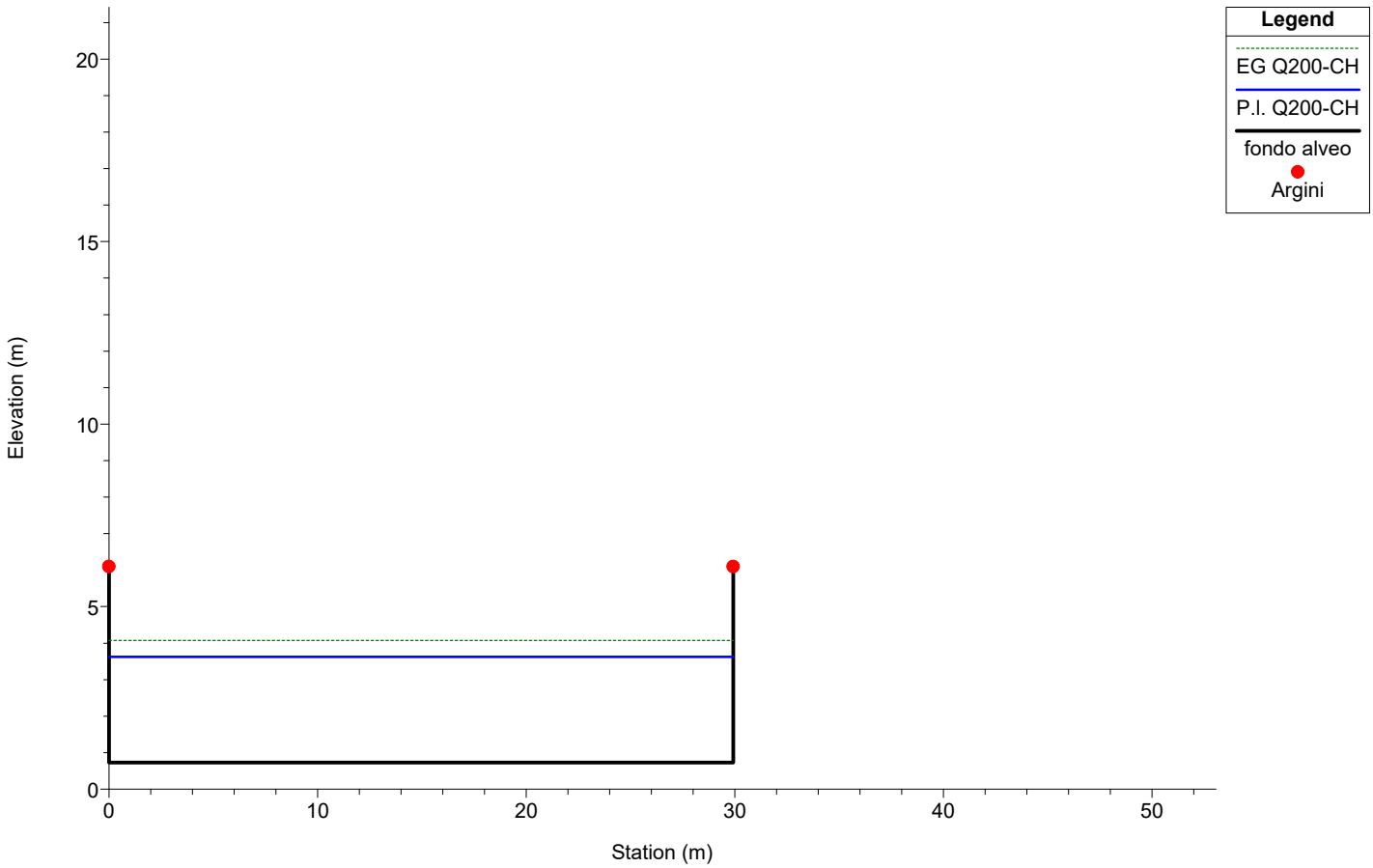
Chiaravagna

Sez 10.4 Stato di progetto



Chiaravagna

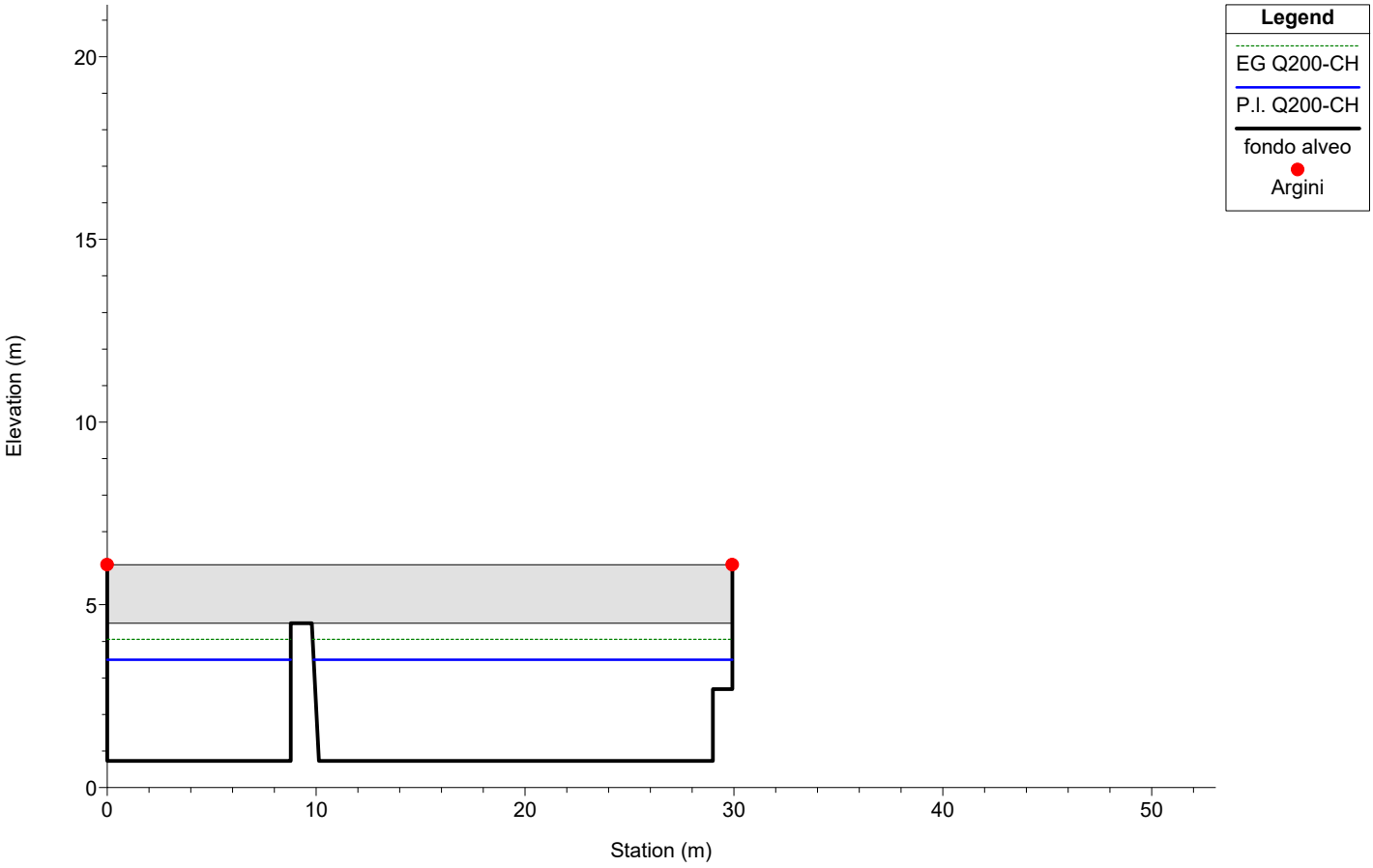
Sez 10.3 Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

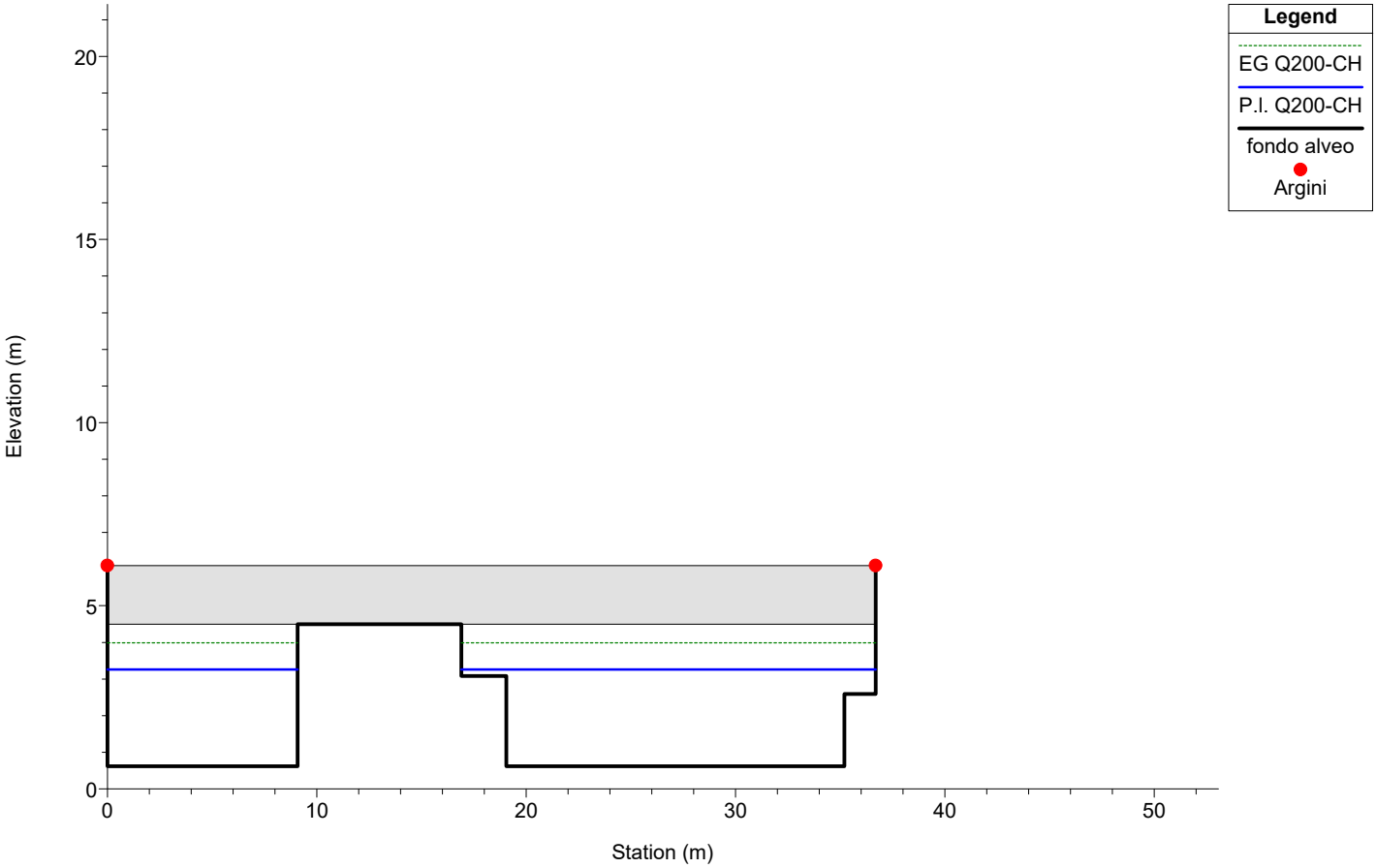
Chiaravagna

Sez 10.2 Stato di progetto



Chiaravagna

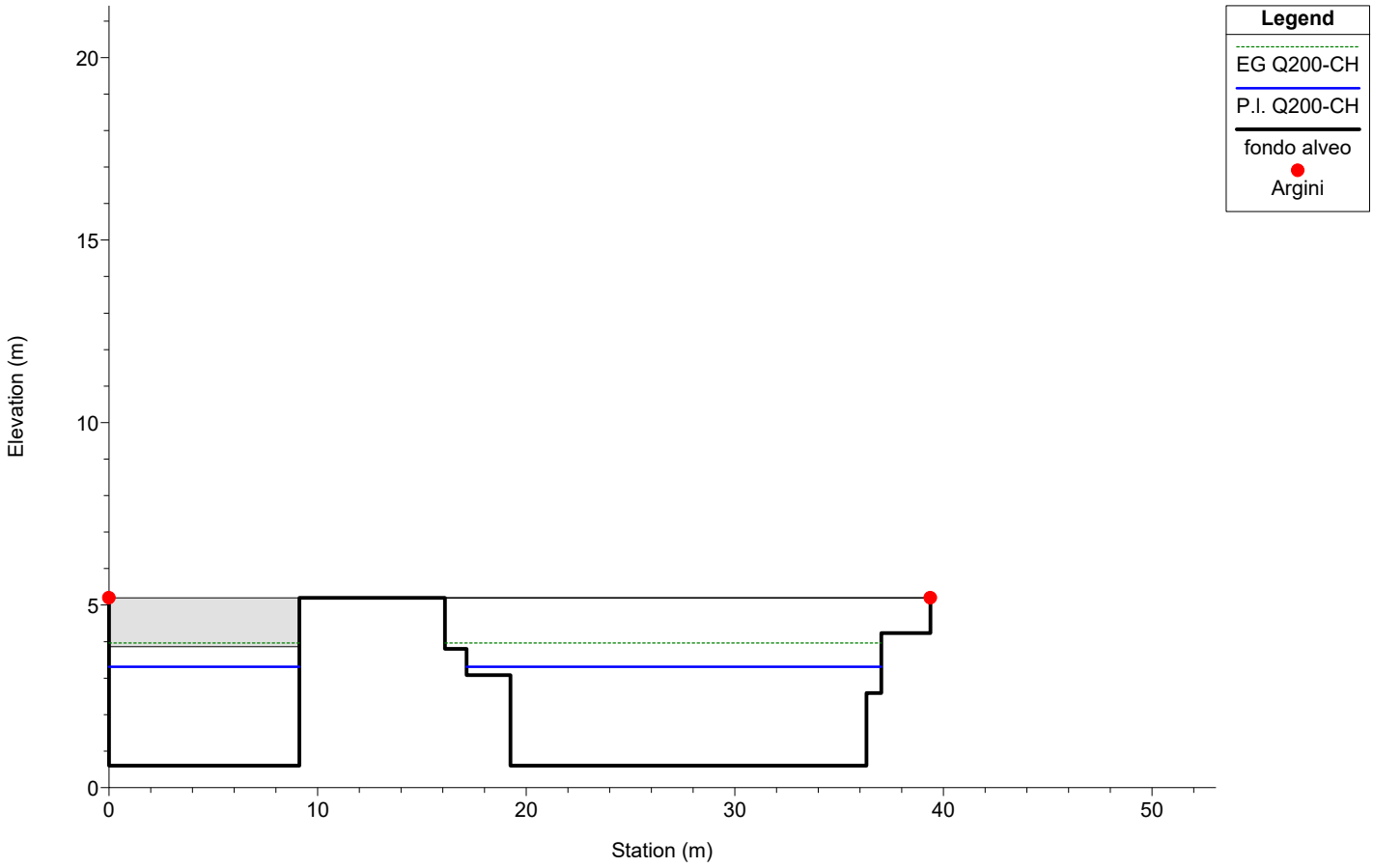
Sez 10.1 Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

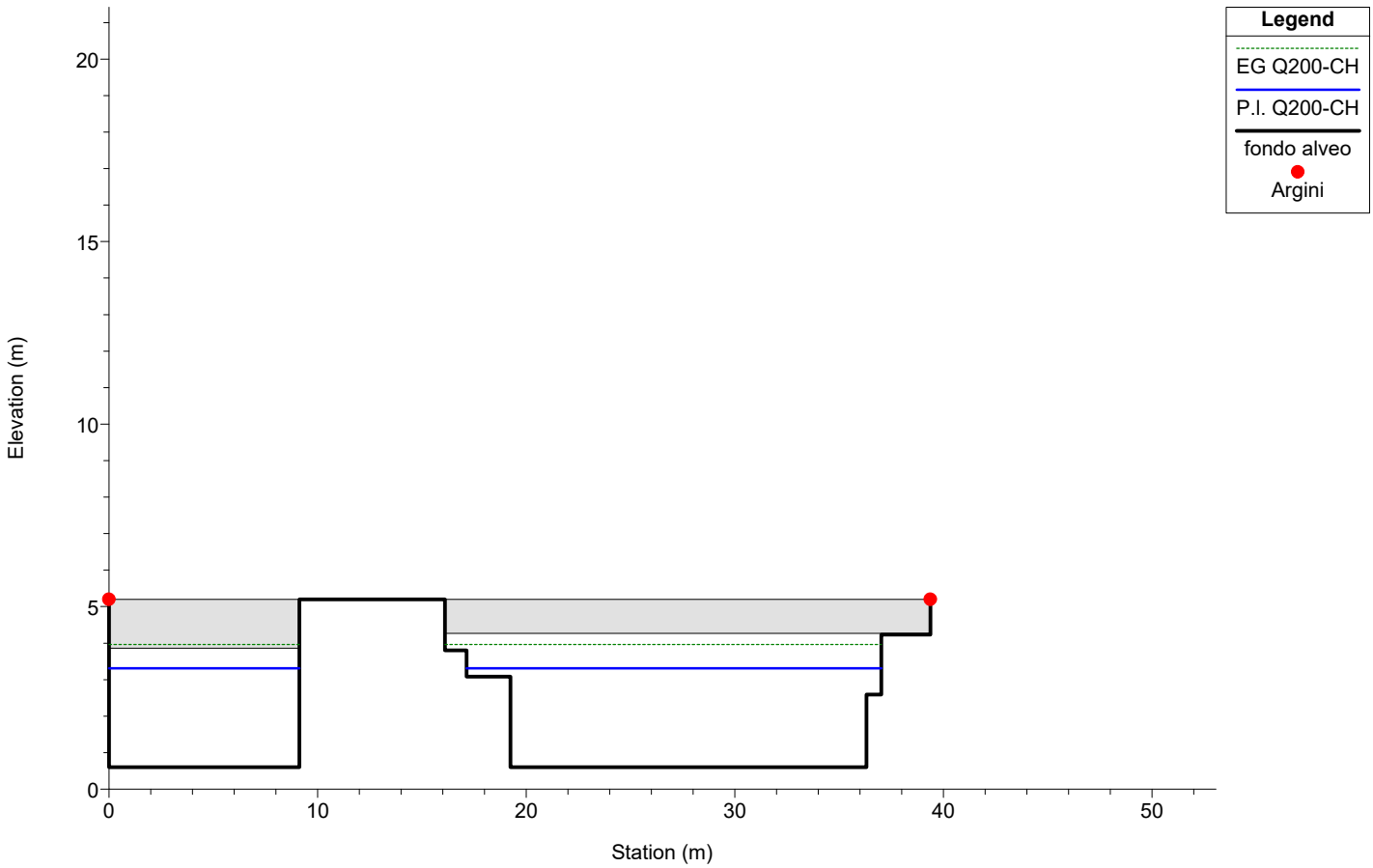
Chiaravagna

Sez 9.3 Stato di progetto



Chiaravagna

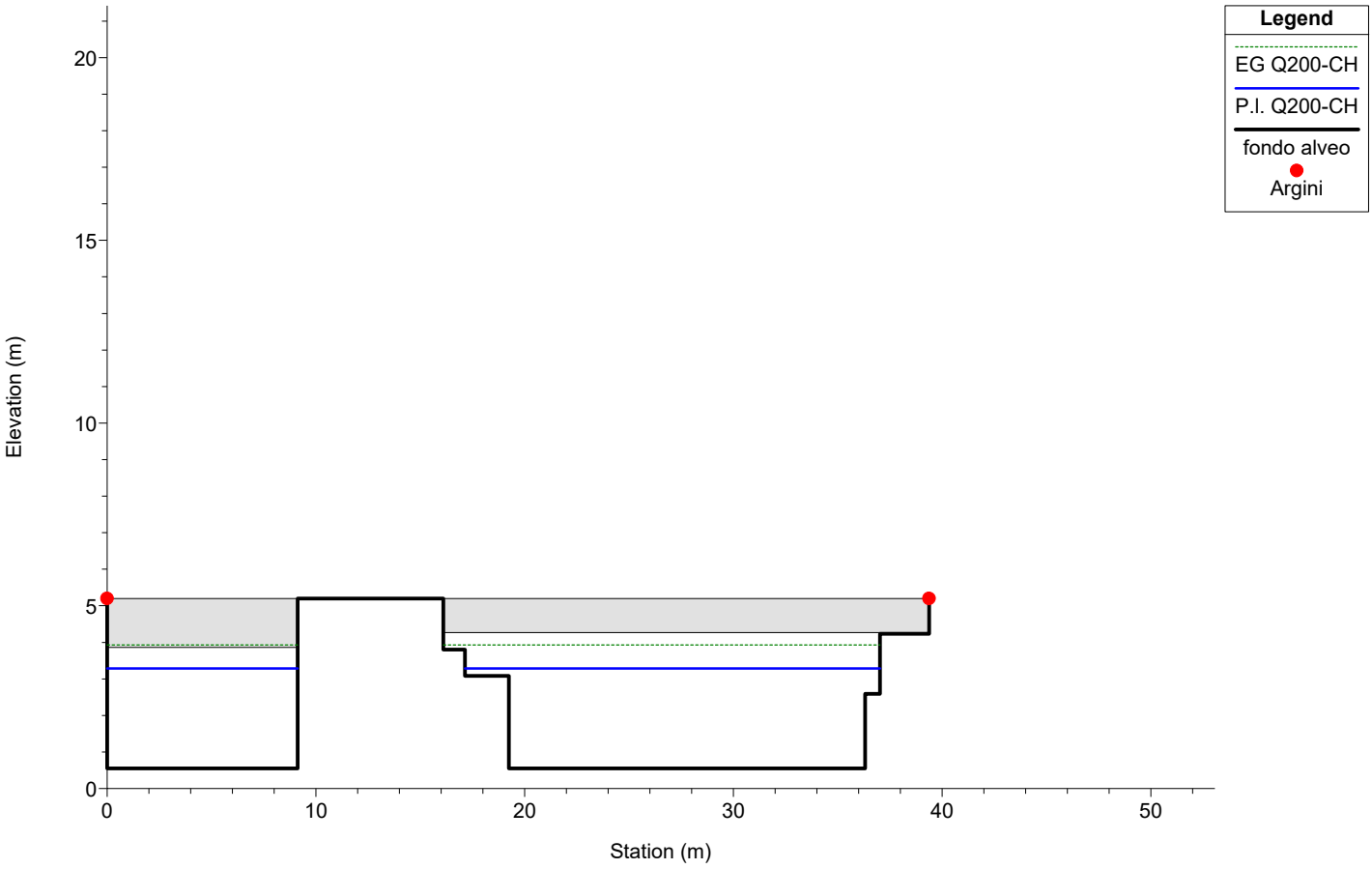
Sez 9.2 - FS Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

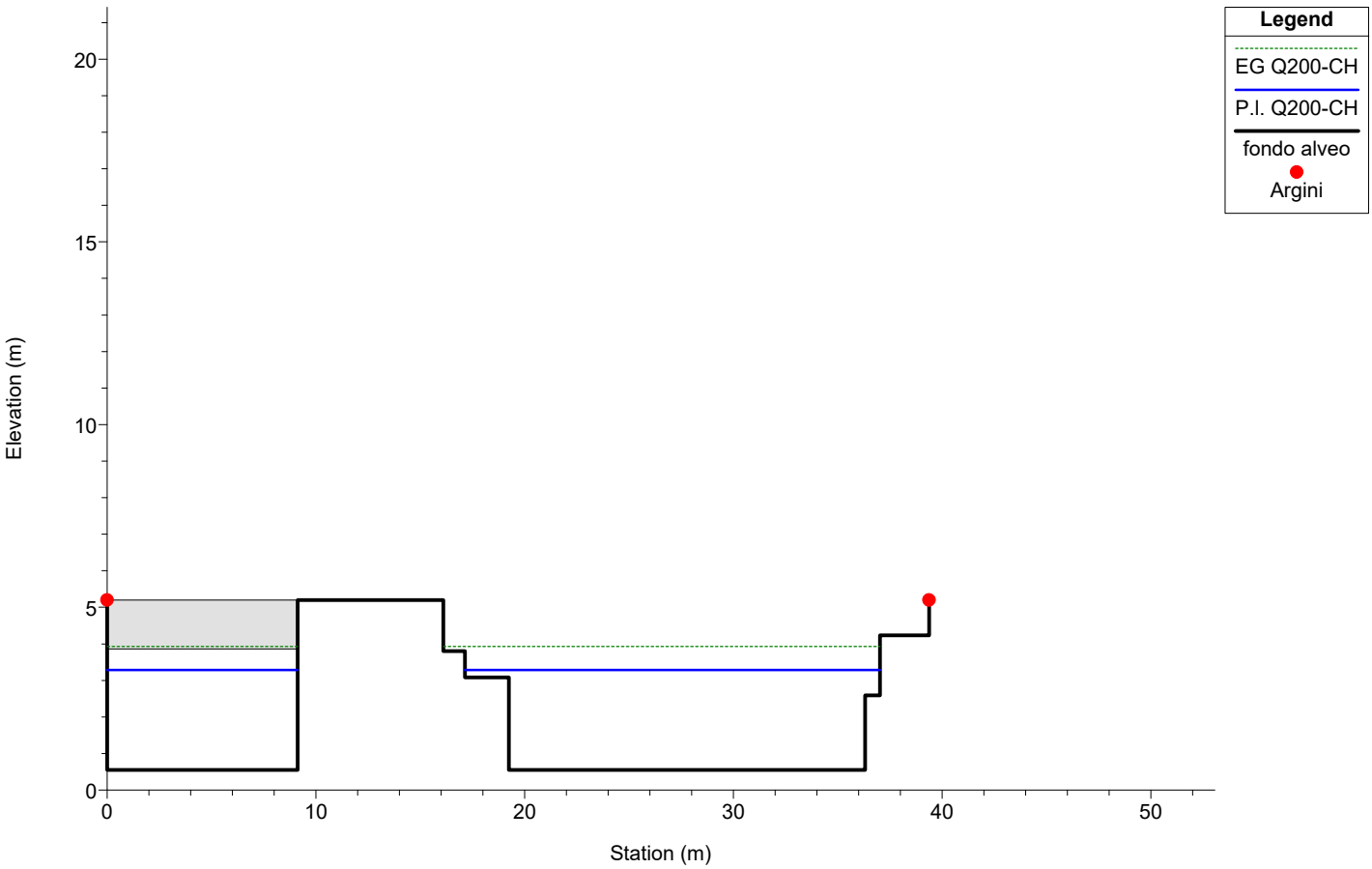
Chiaravagna

Sez 9.1 Stato di progetto



Chiaravagna

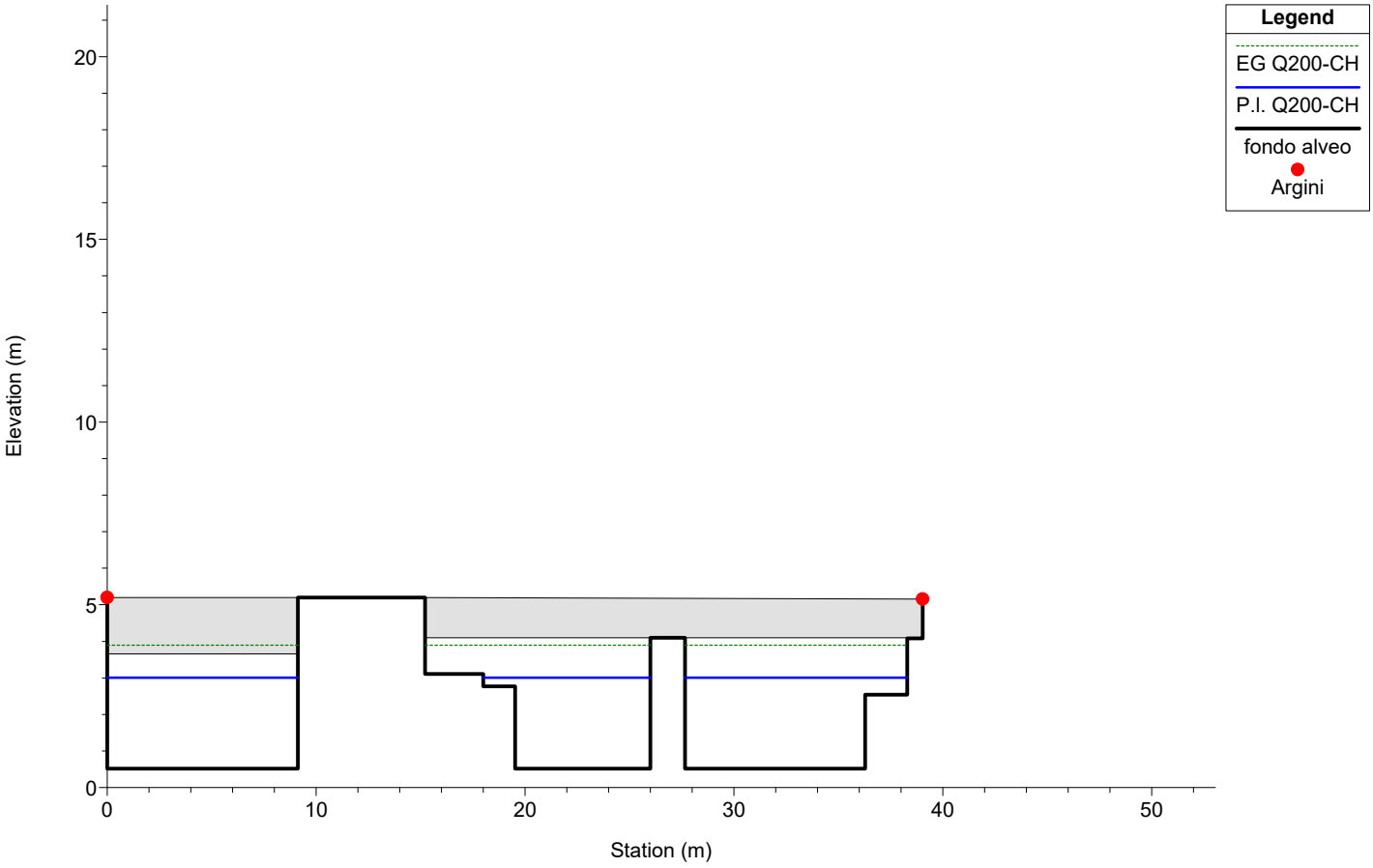
Sez 9.01 Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

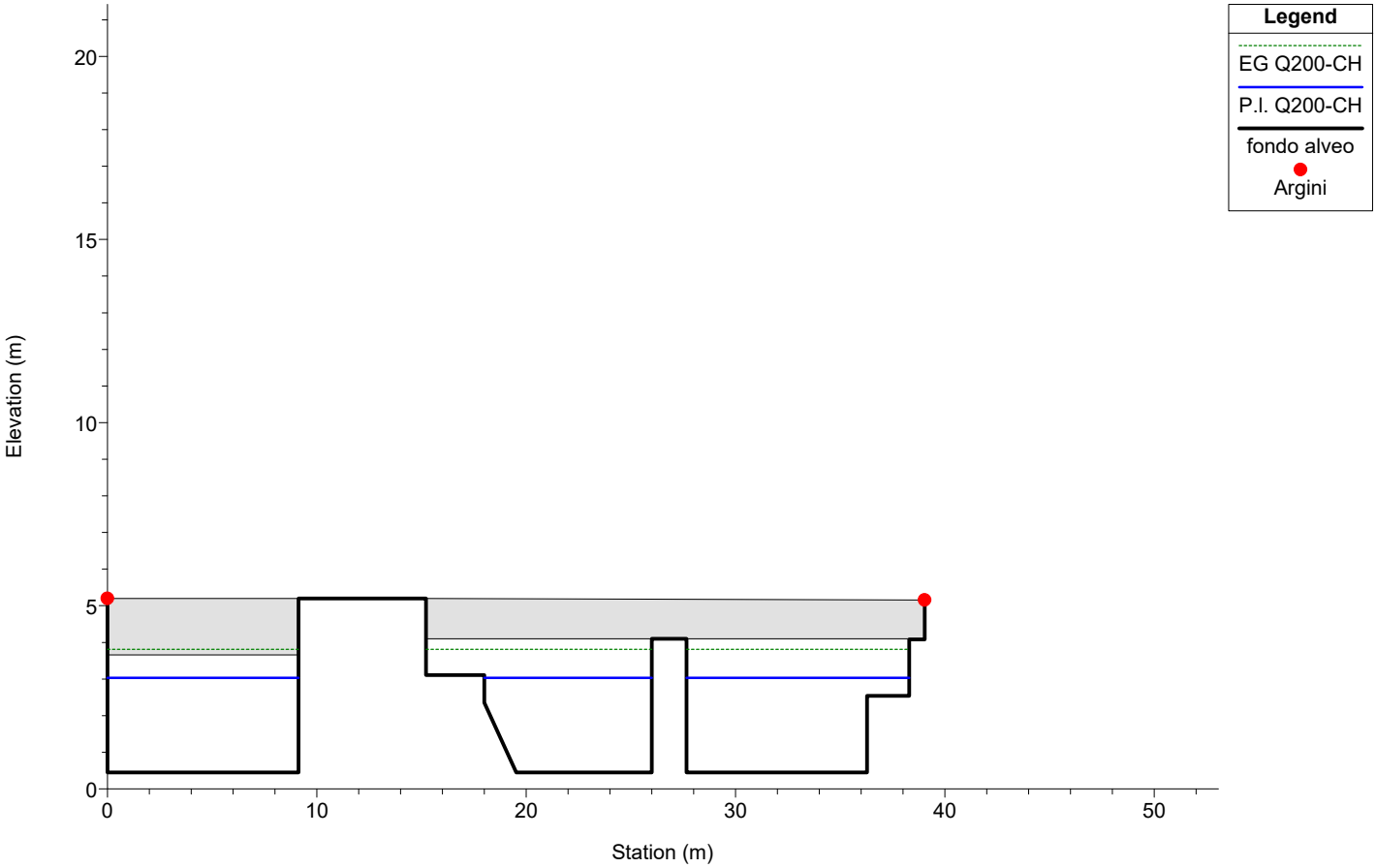
Chiaravagna

Sez 8.2 Stato di progetto



Chiaravagna

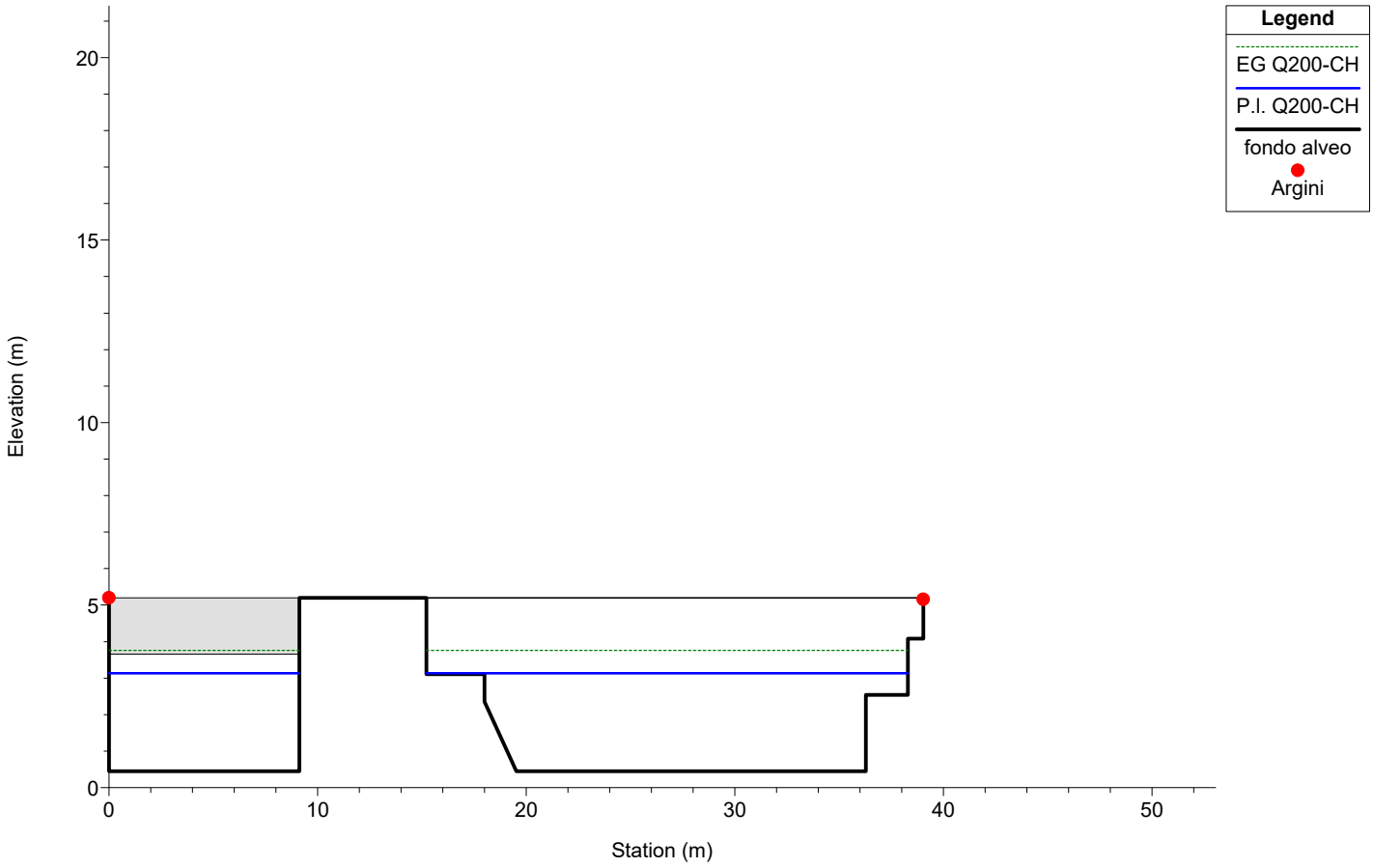
Sez 8.1 Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

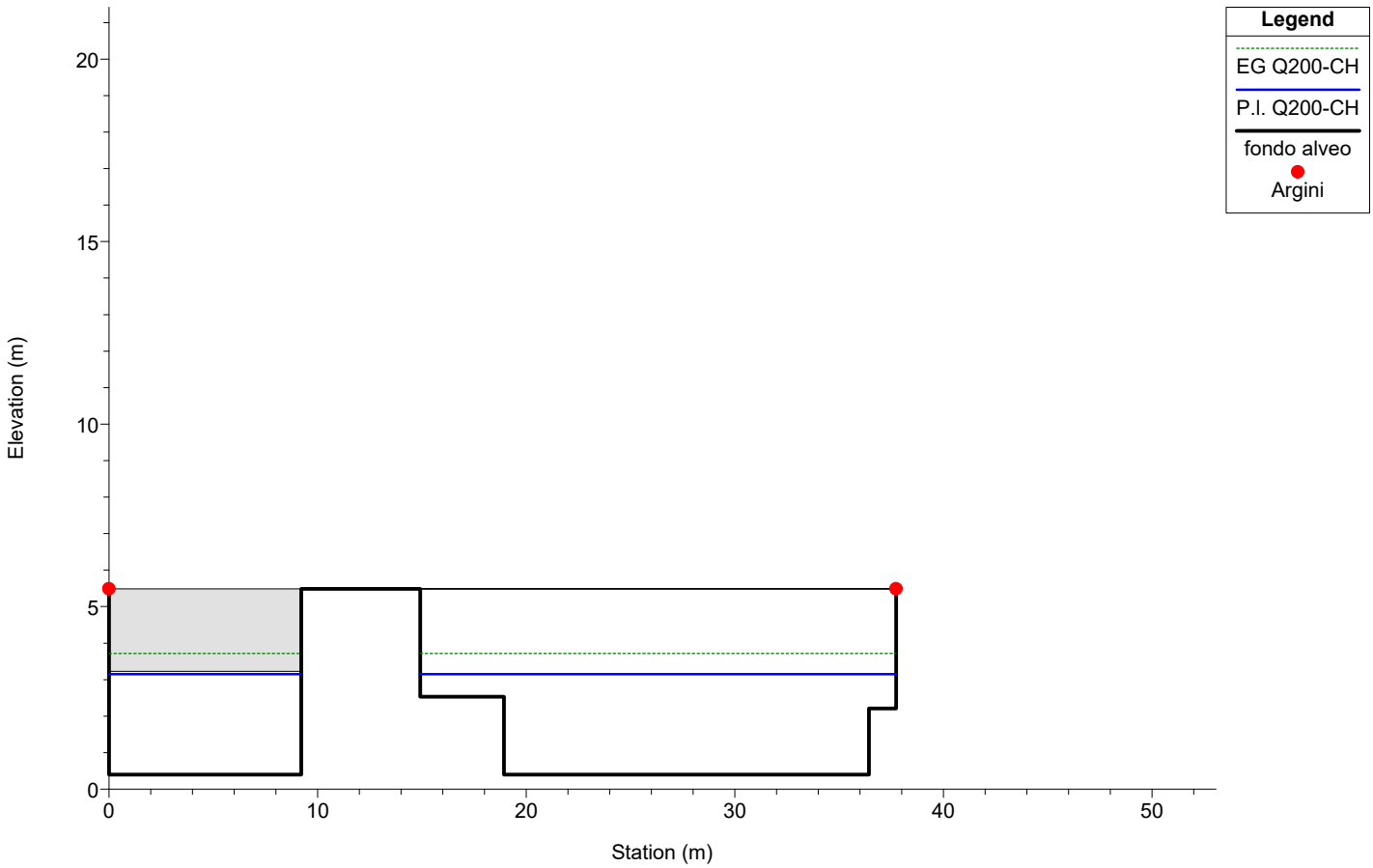
Chiaravagna

Sez 7.3 Stato di progetto



Chiaravagna

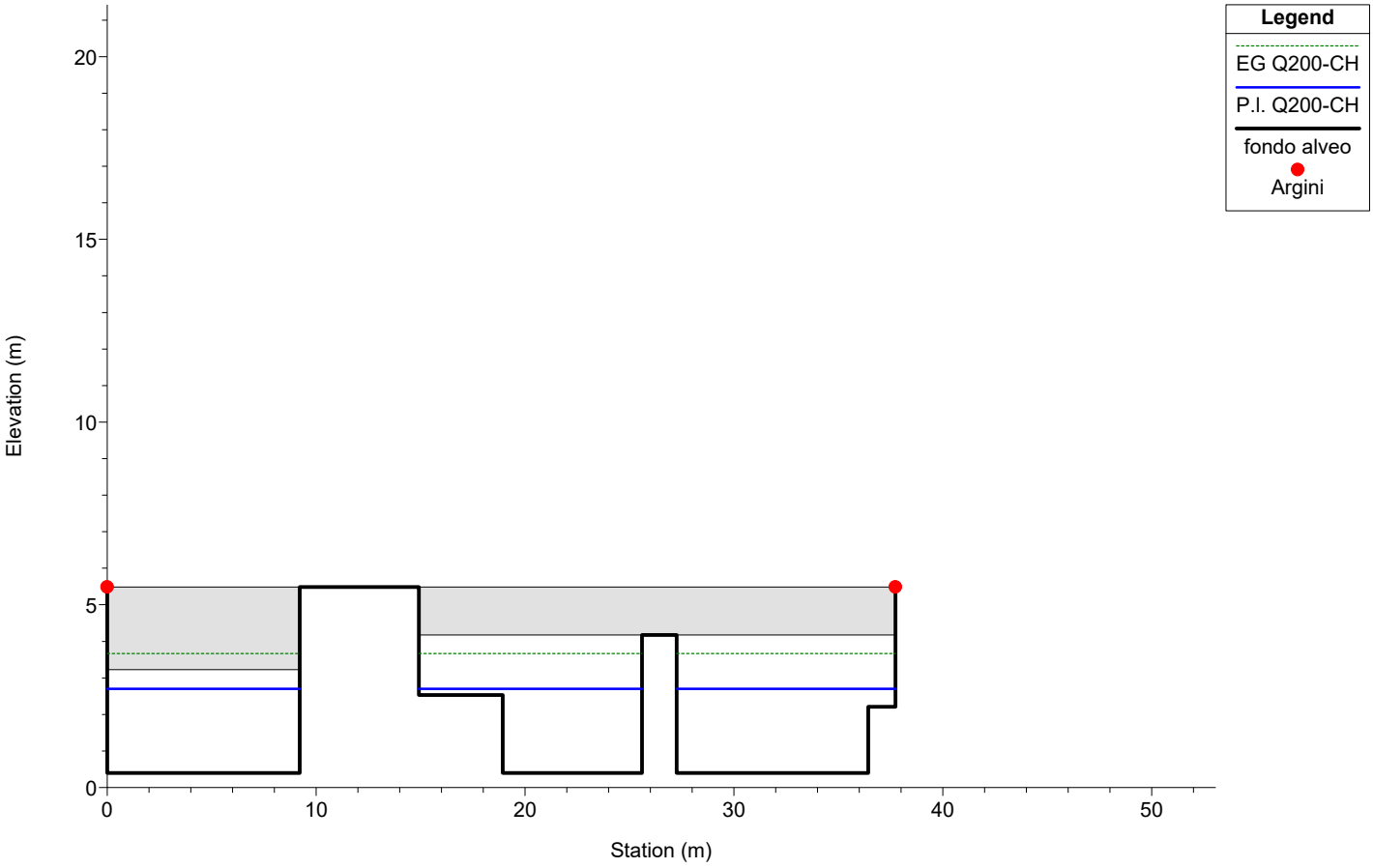
Sez 7.21 Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

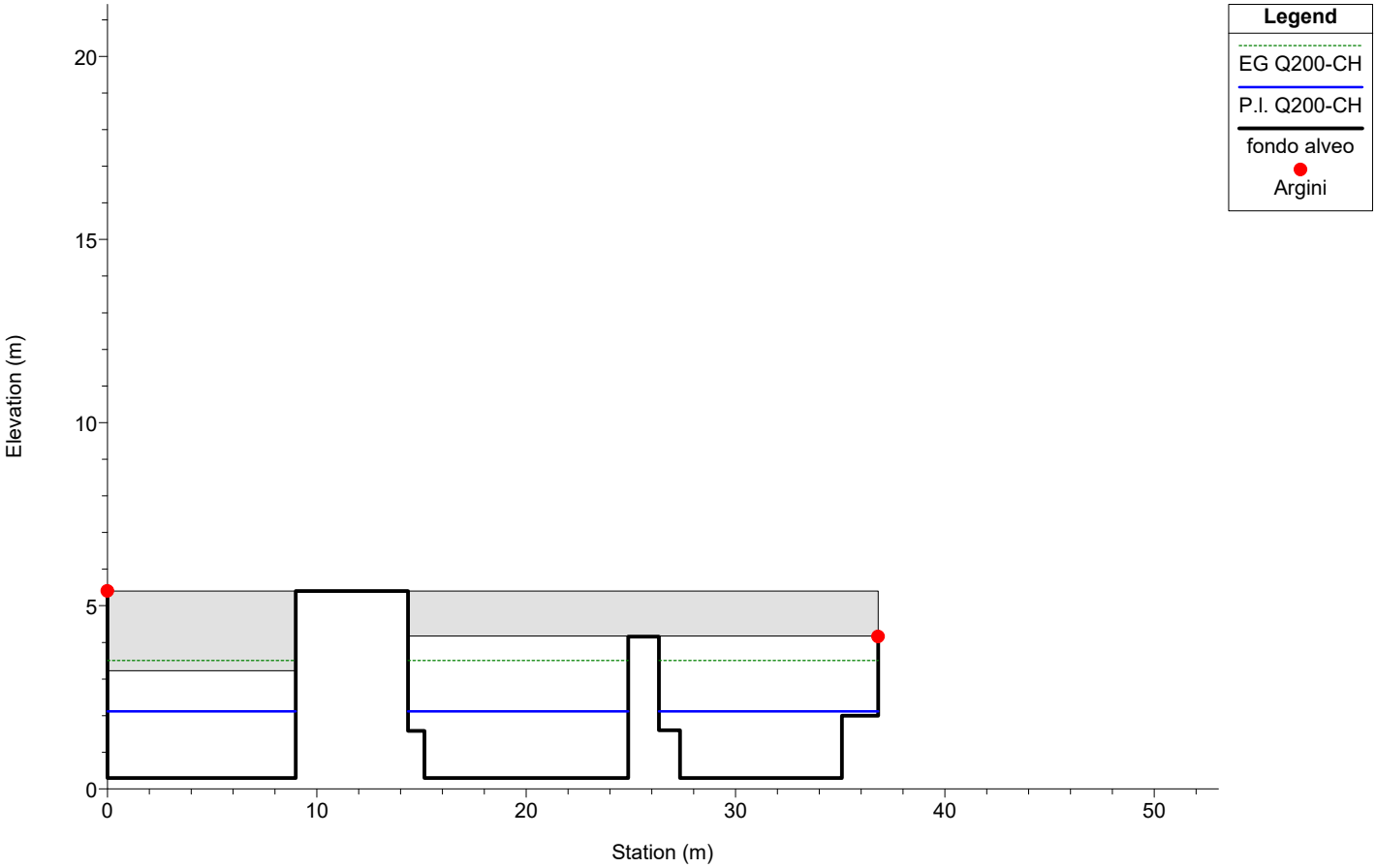
Chiaravagna

Sez 7.2 Stato di progetto



Chiaravagna

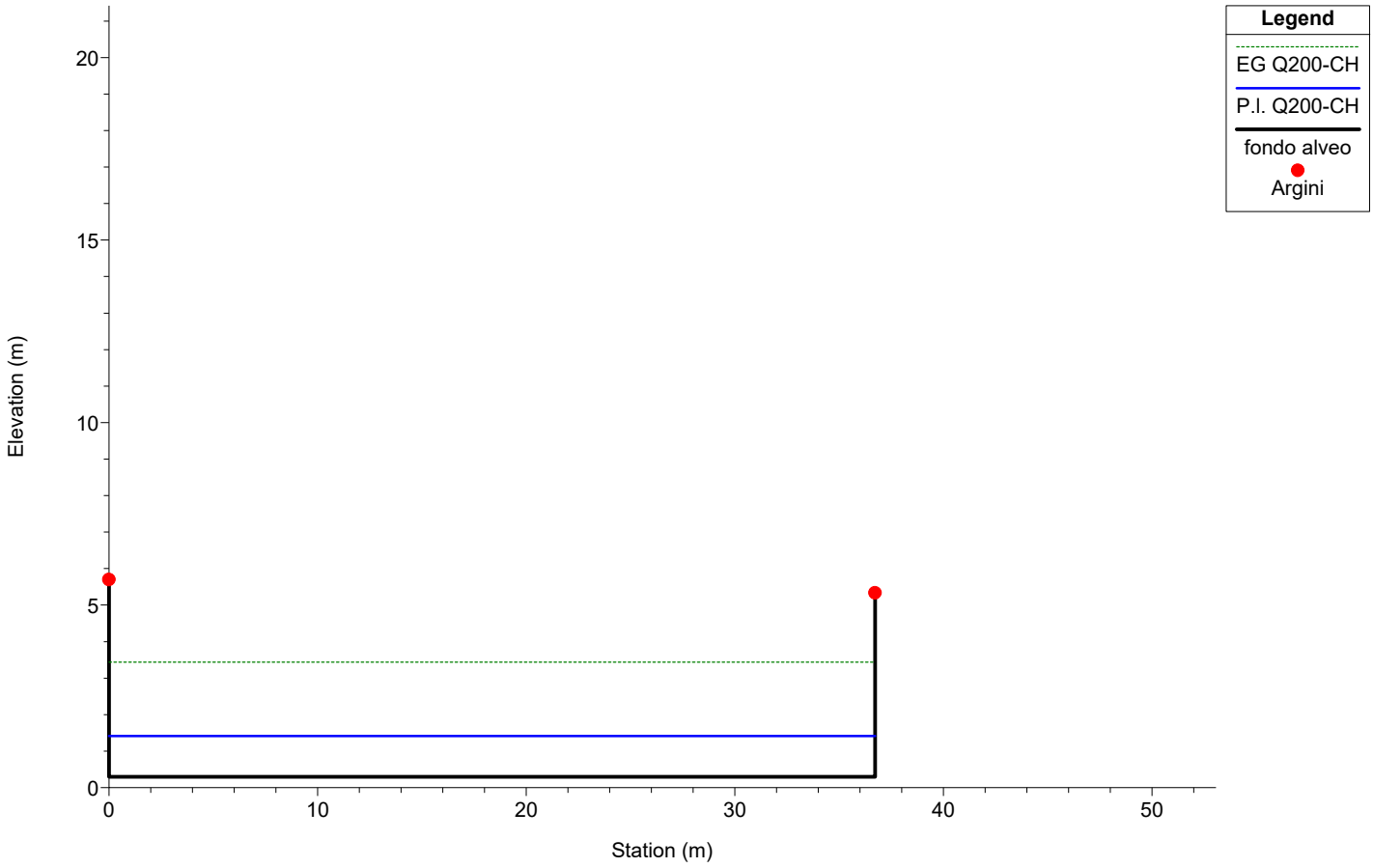
Sez 7.1 Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

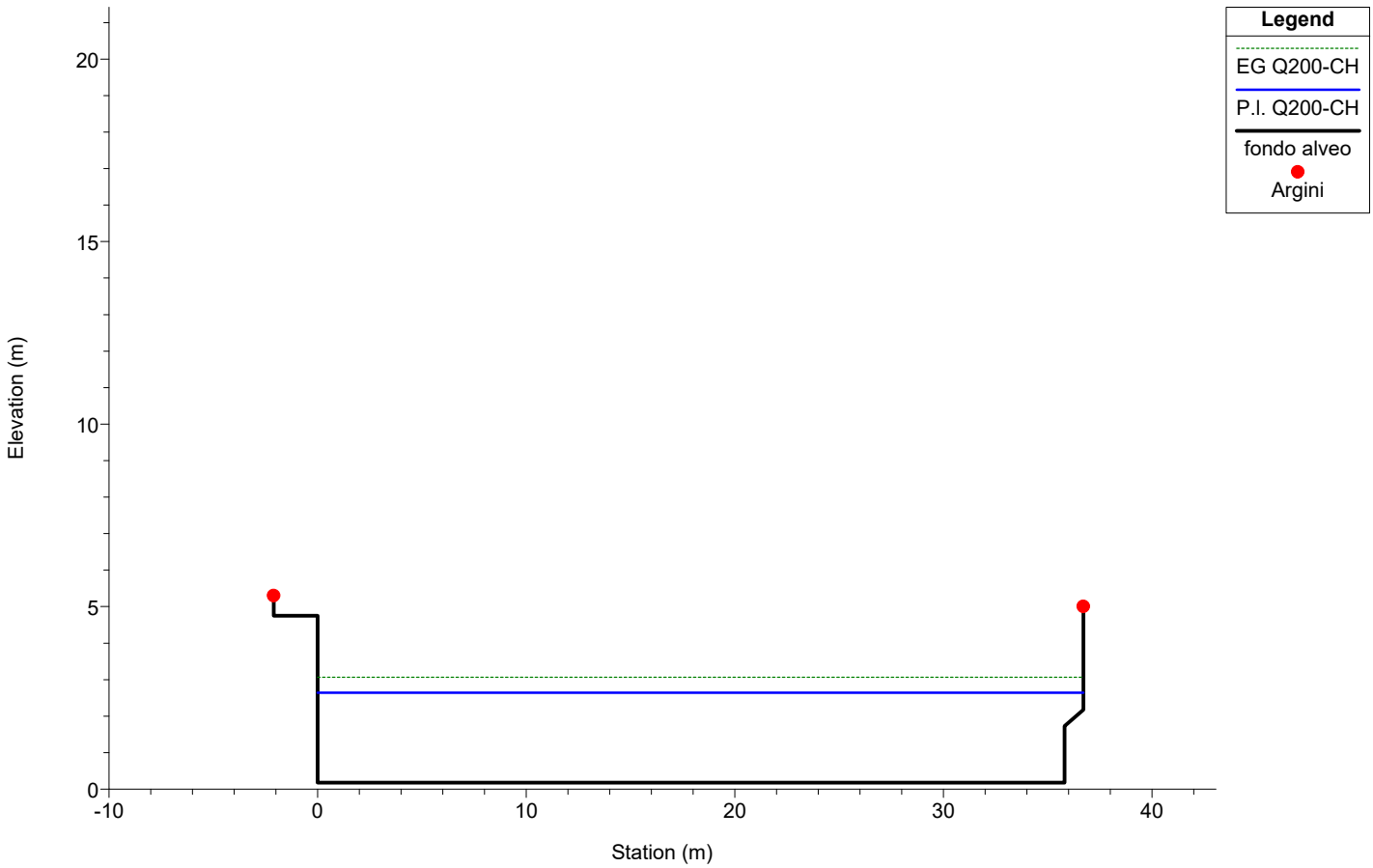
Chiaravagna

Sez 6.3 Stato di progetto



Chiaravagna

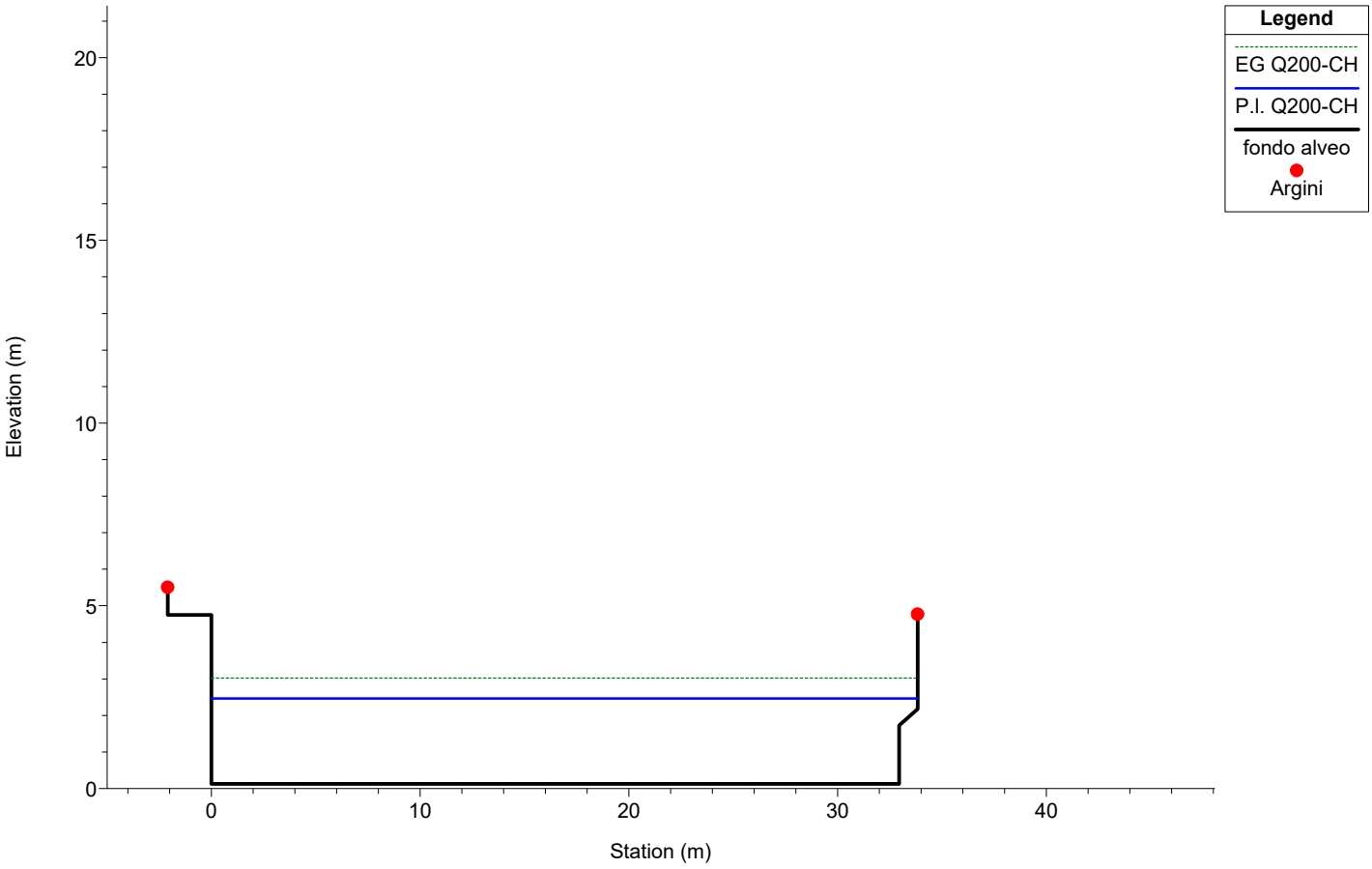
Sez 6.2 Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

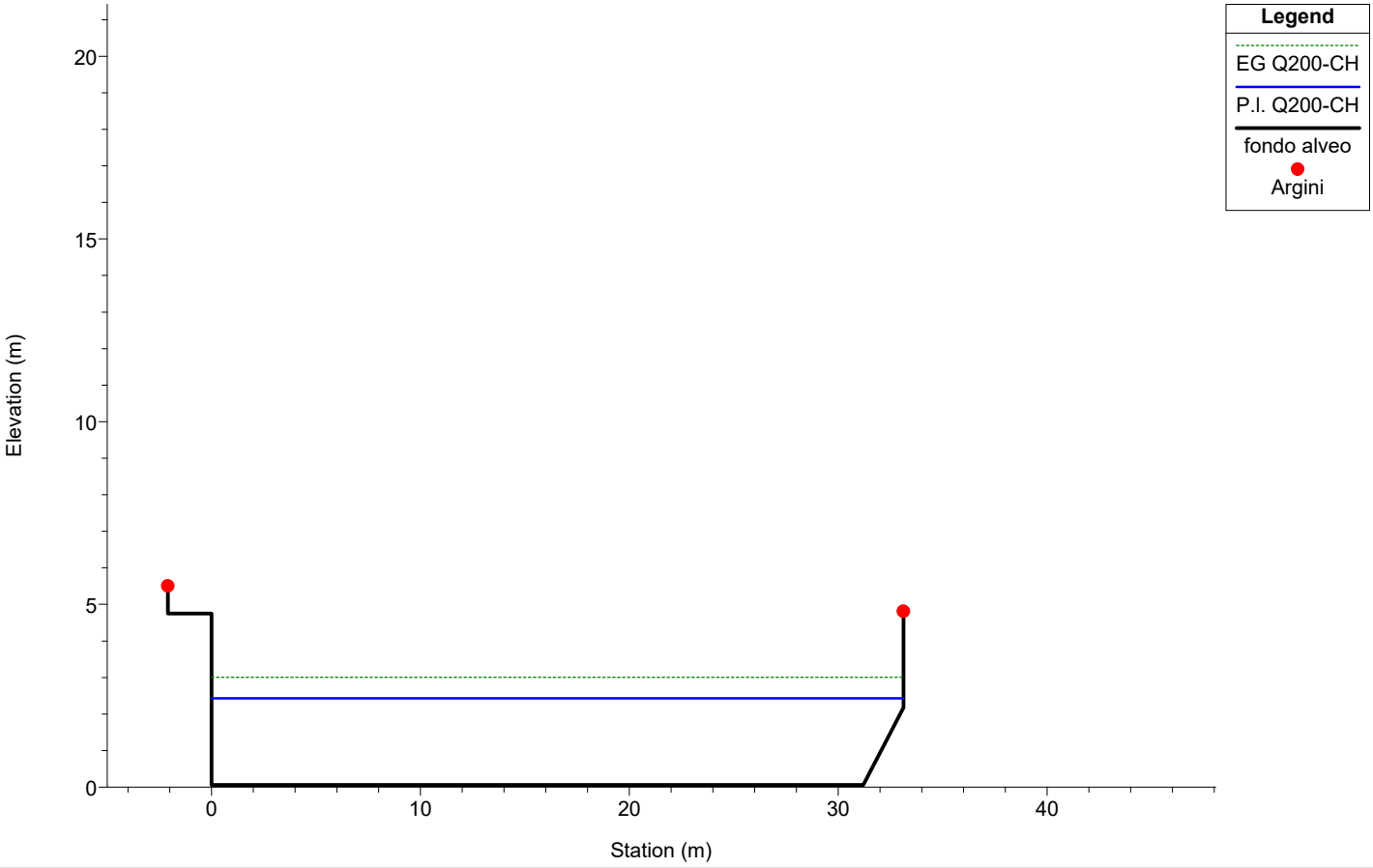
Chiaravagna

Sez 6.1 Stato di progetto



Chiaravagna

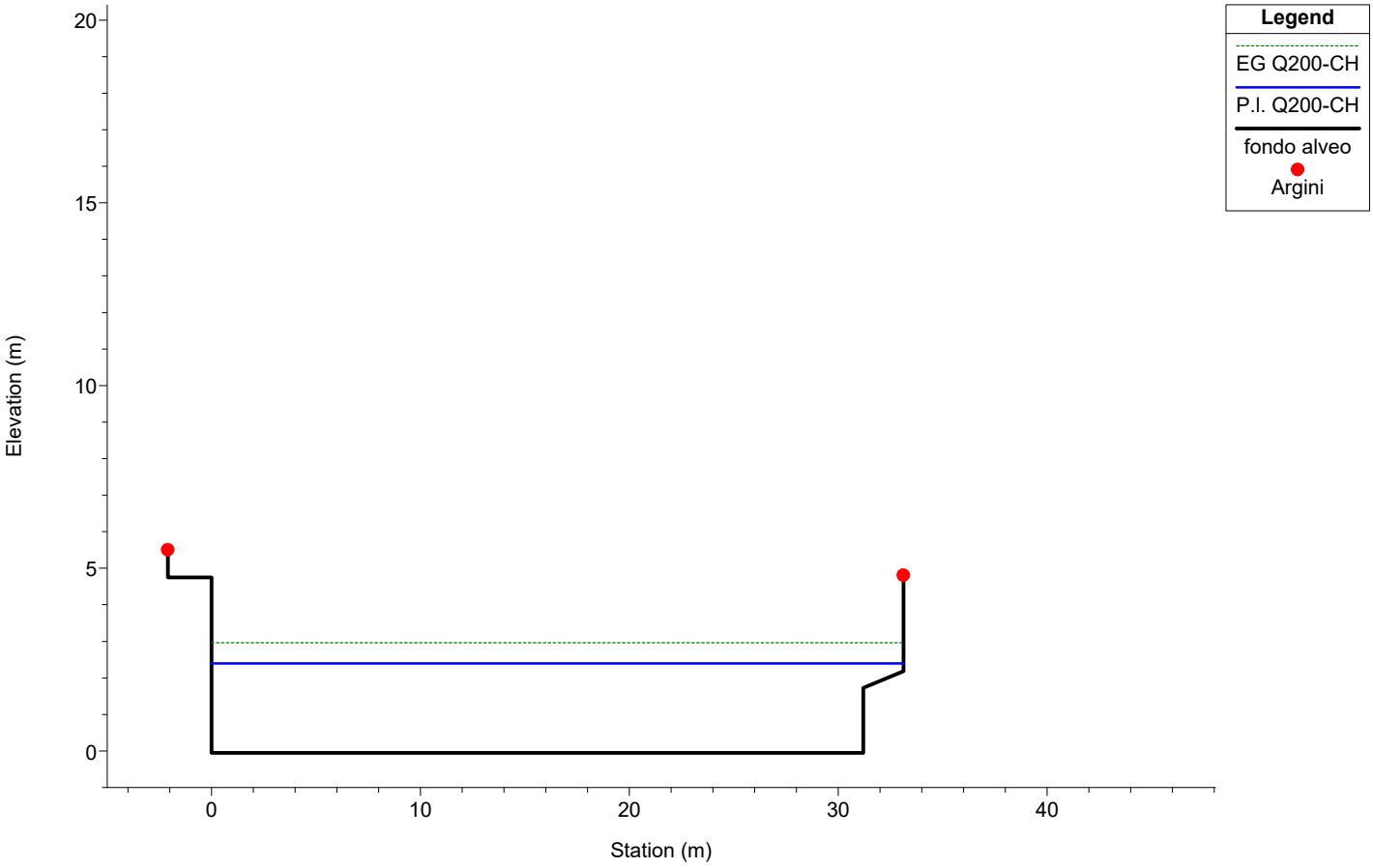
Sez 6.01 Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

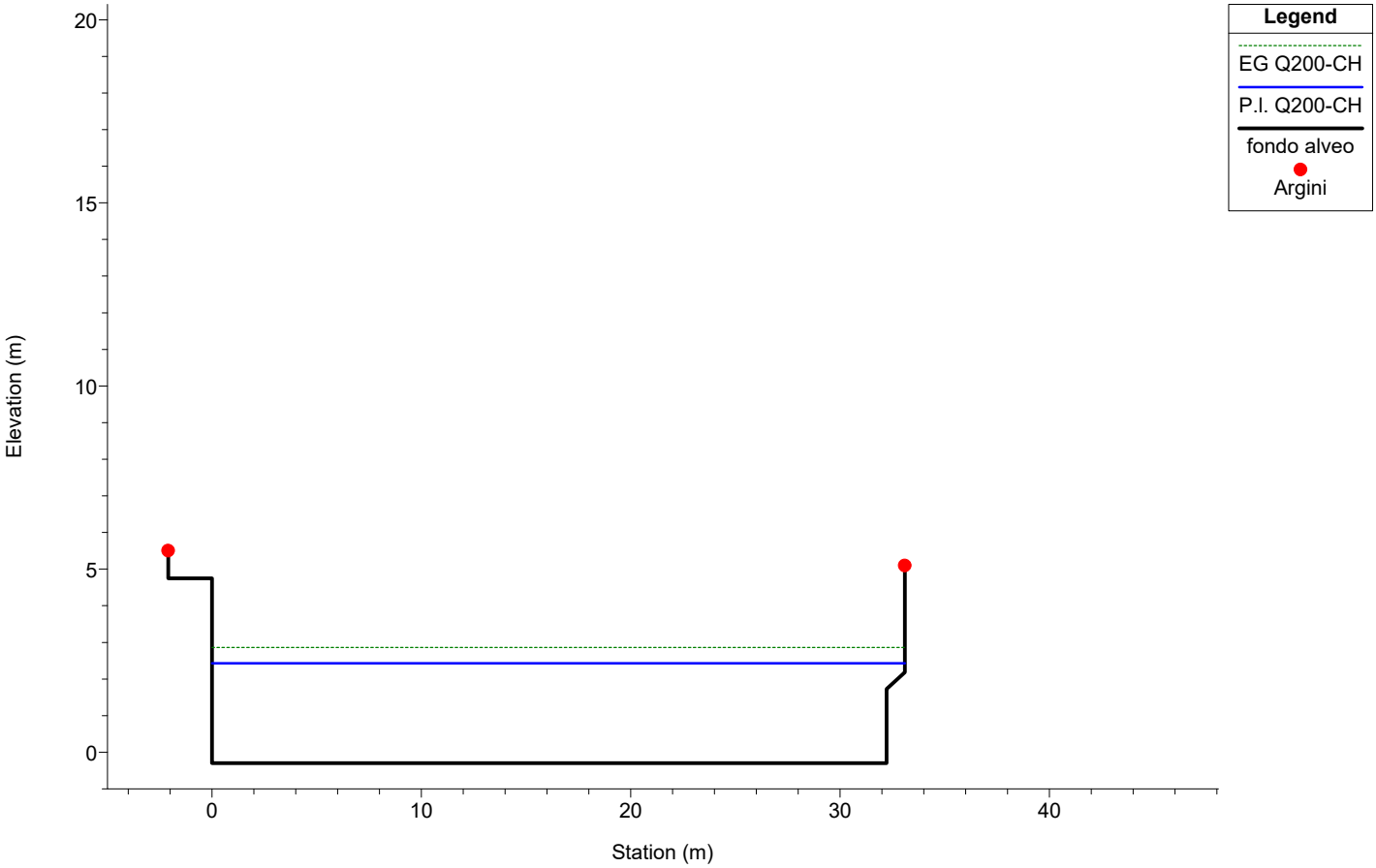
Chiaravagna

Sez 6 Stato di progetto



Chiaravagna

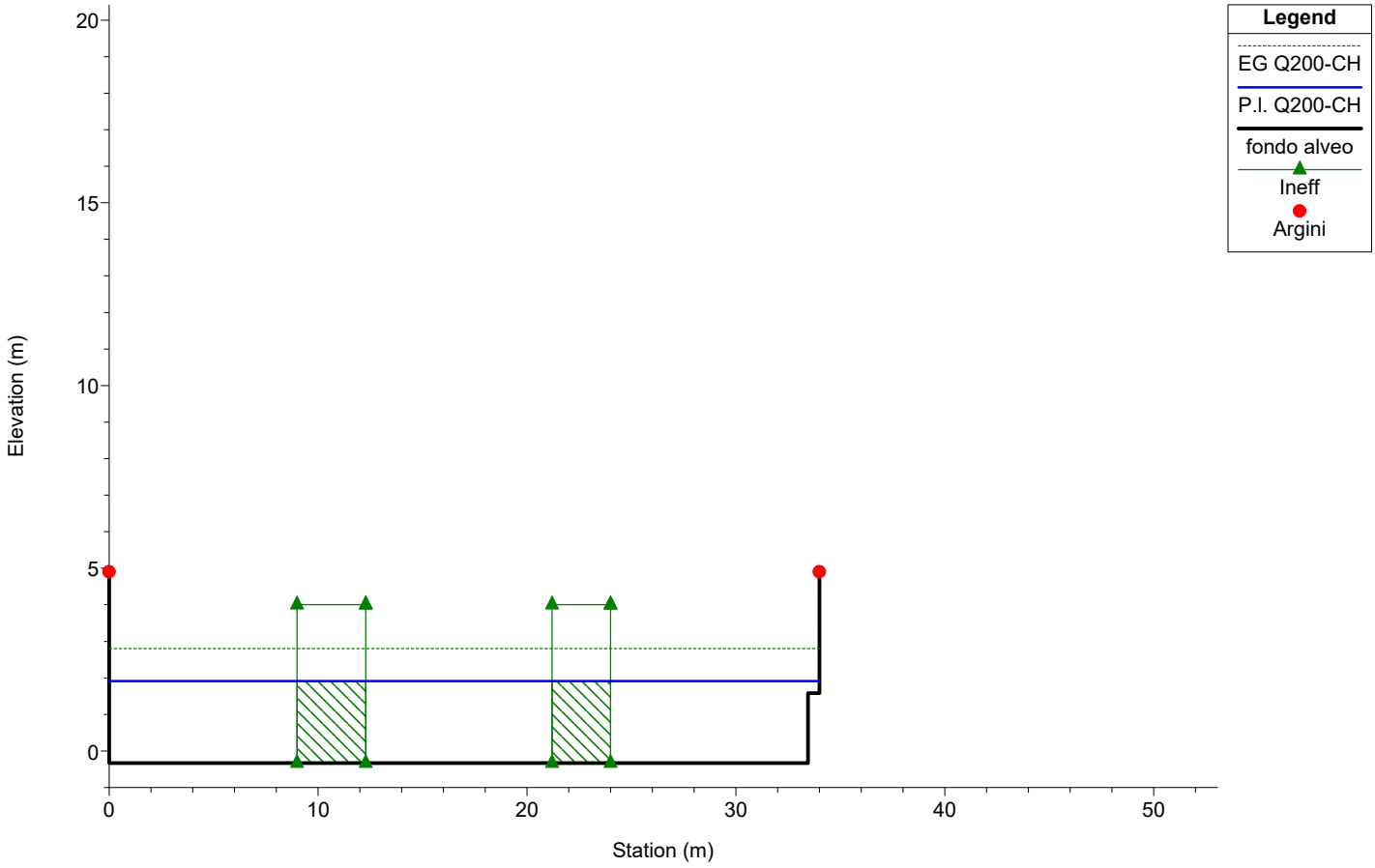
Sez 5.1 - ponte Piaggio Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

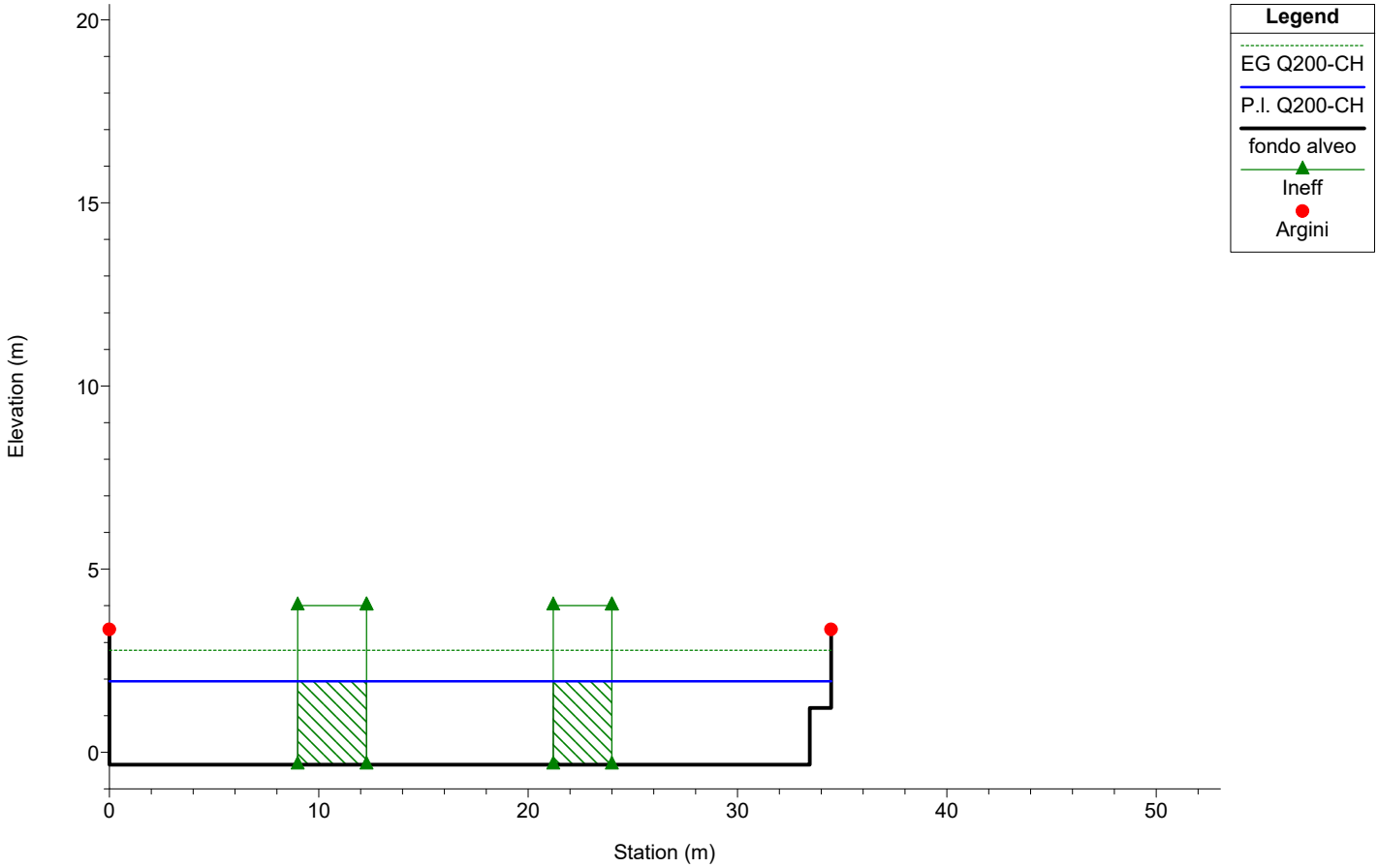
Chiaravagna

Sez 5 - ponte Piaggio Stato di progetto



Chiaravagna

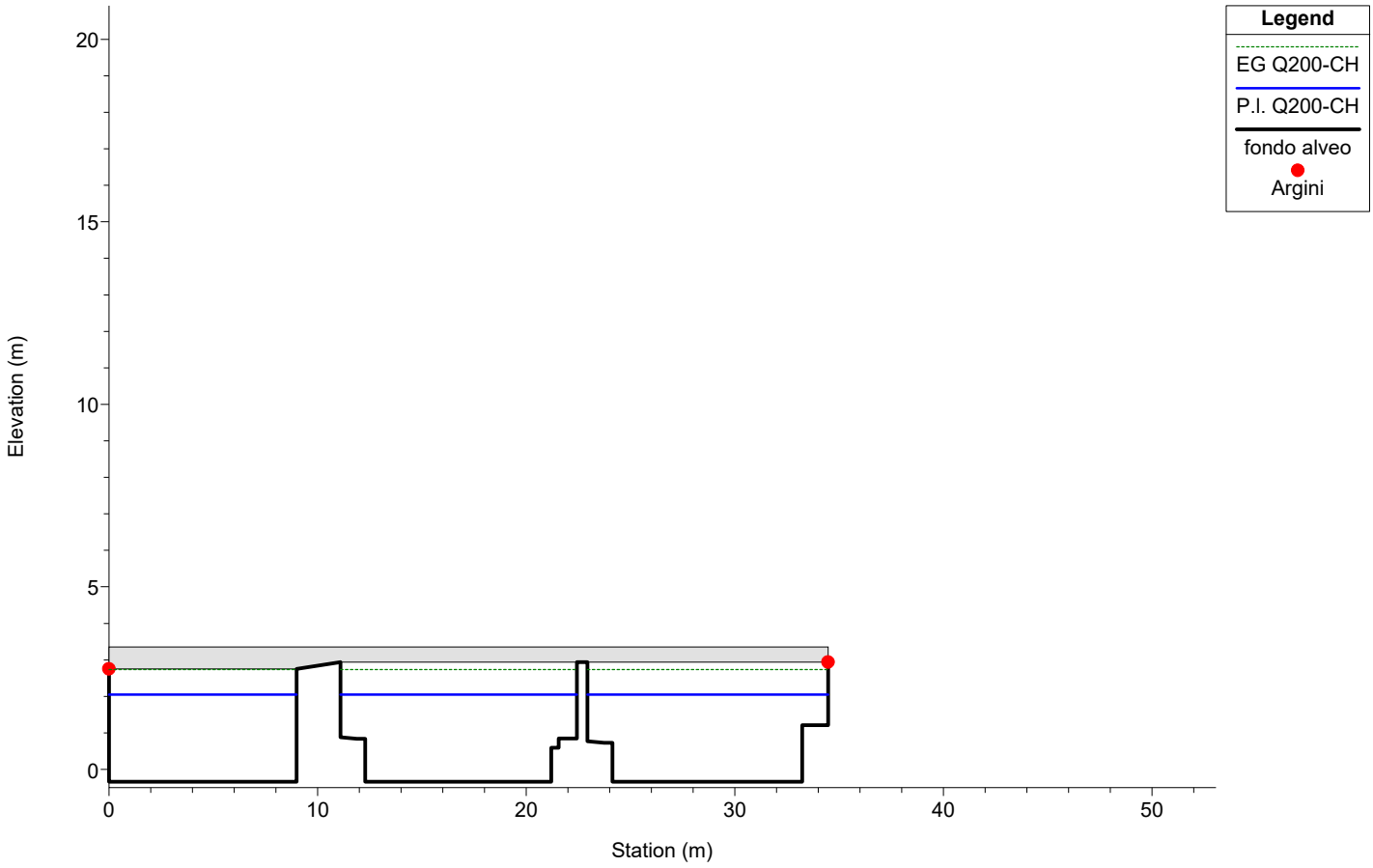
Sez 4.1 Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

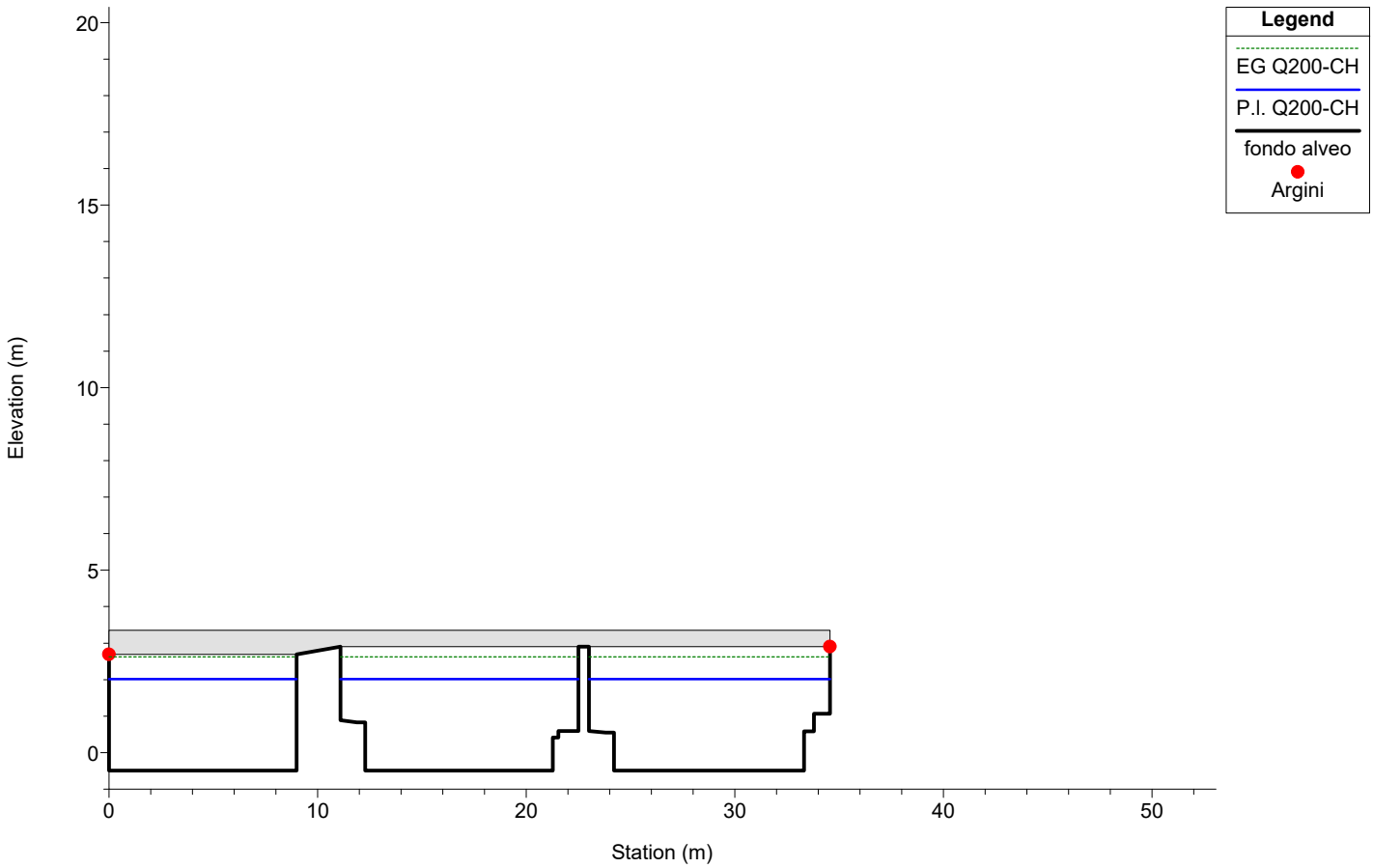
Chiaravagna

1.6 Stato di progetto



Chiaravagna

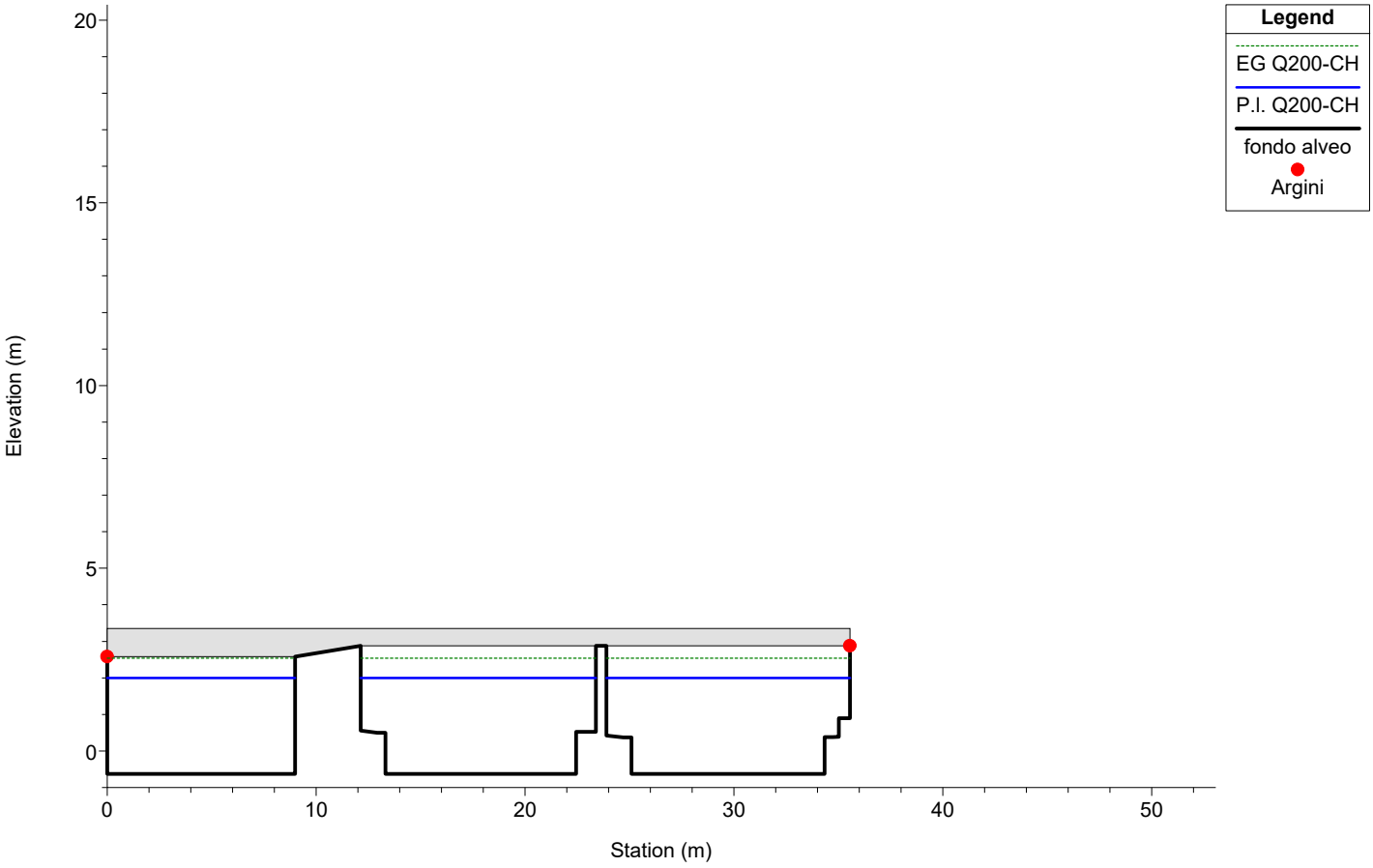
1.5 Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

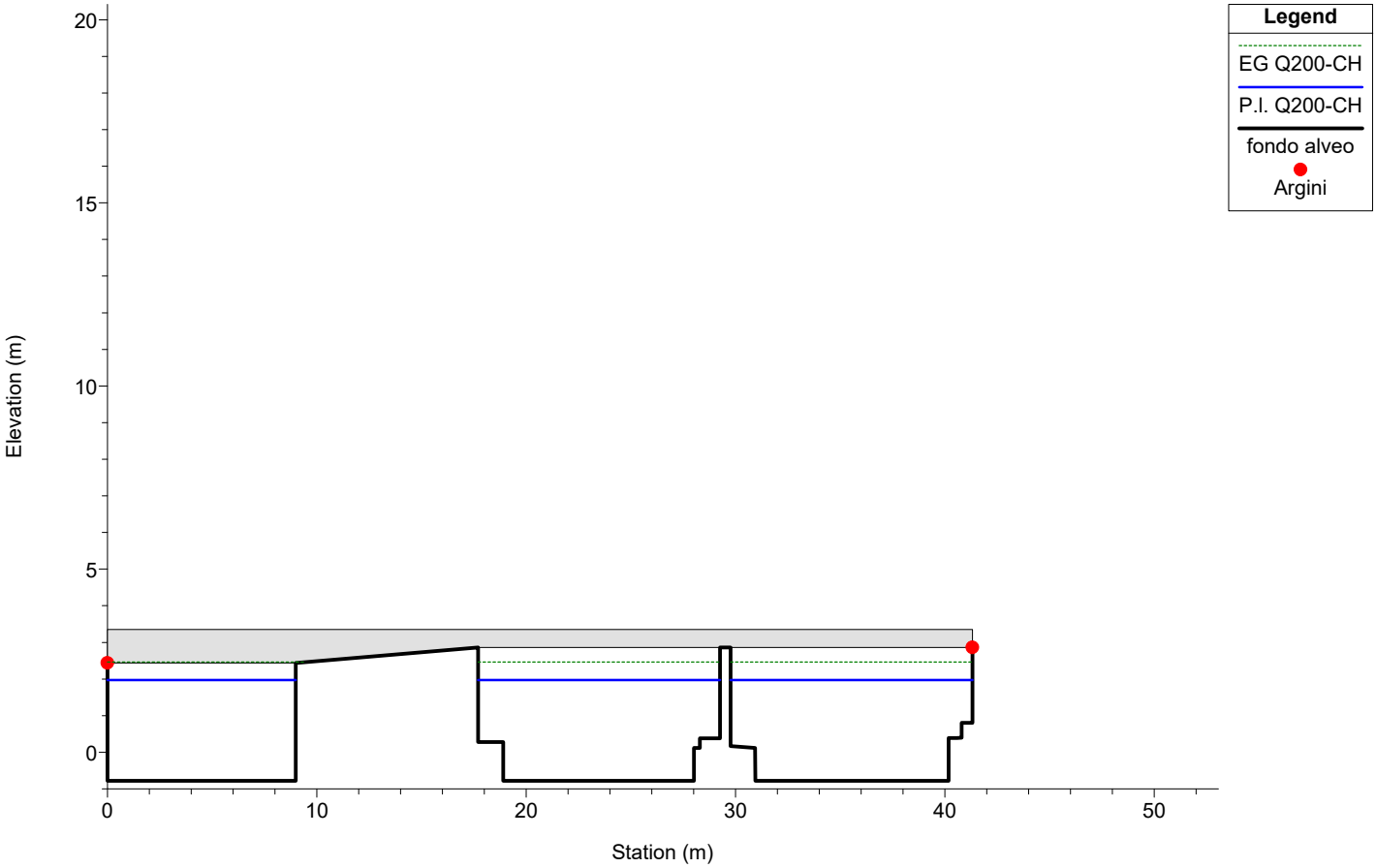
Chiaravagna

1.4 Stato di progetto



Chiaravagna

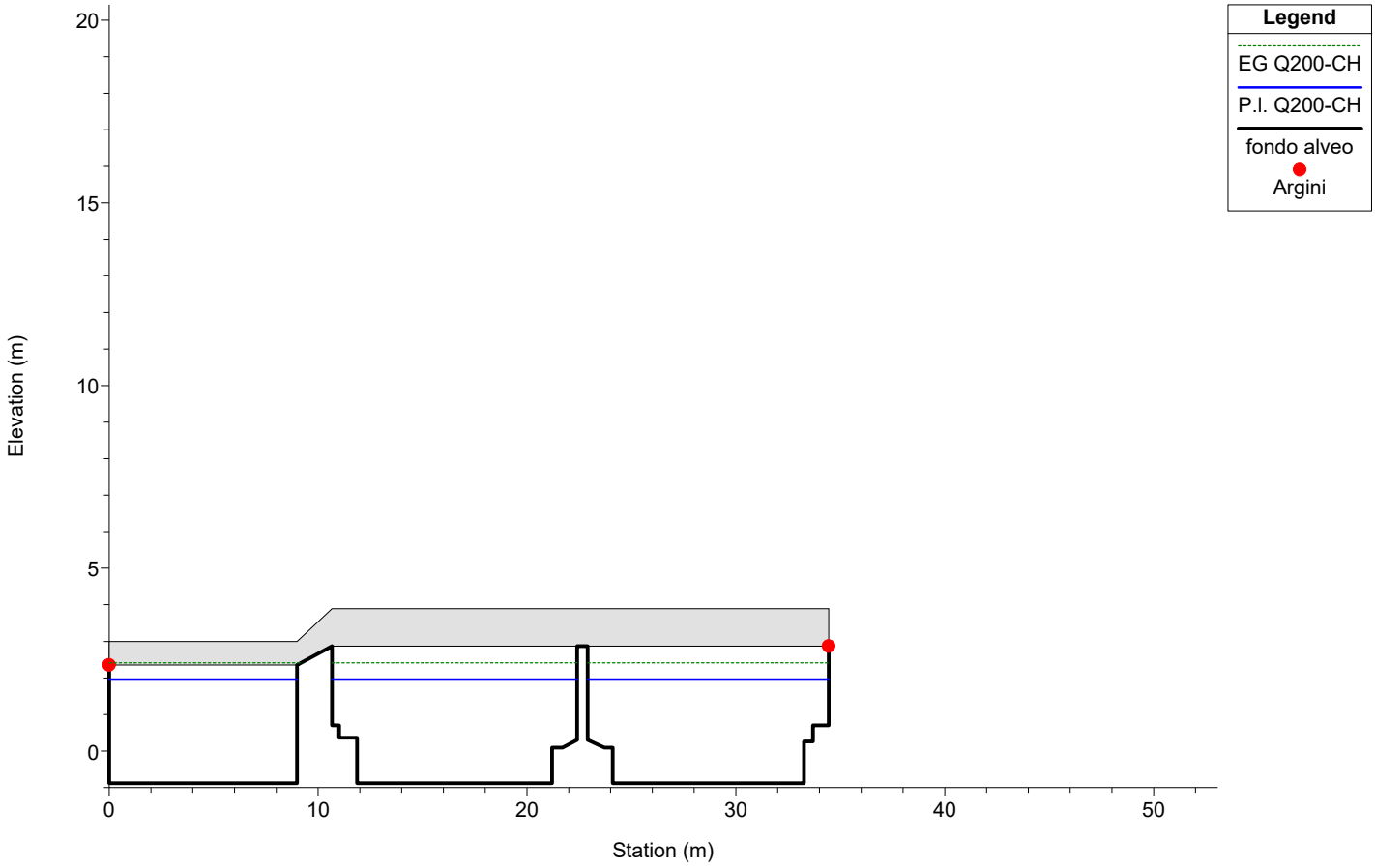
1.3 Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

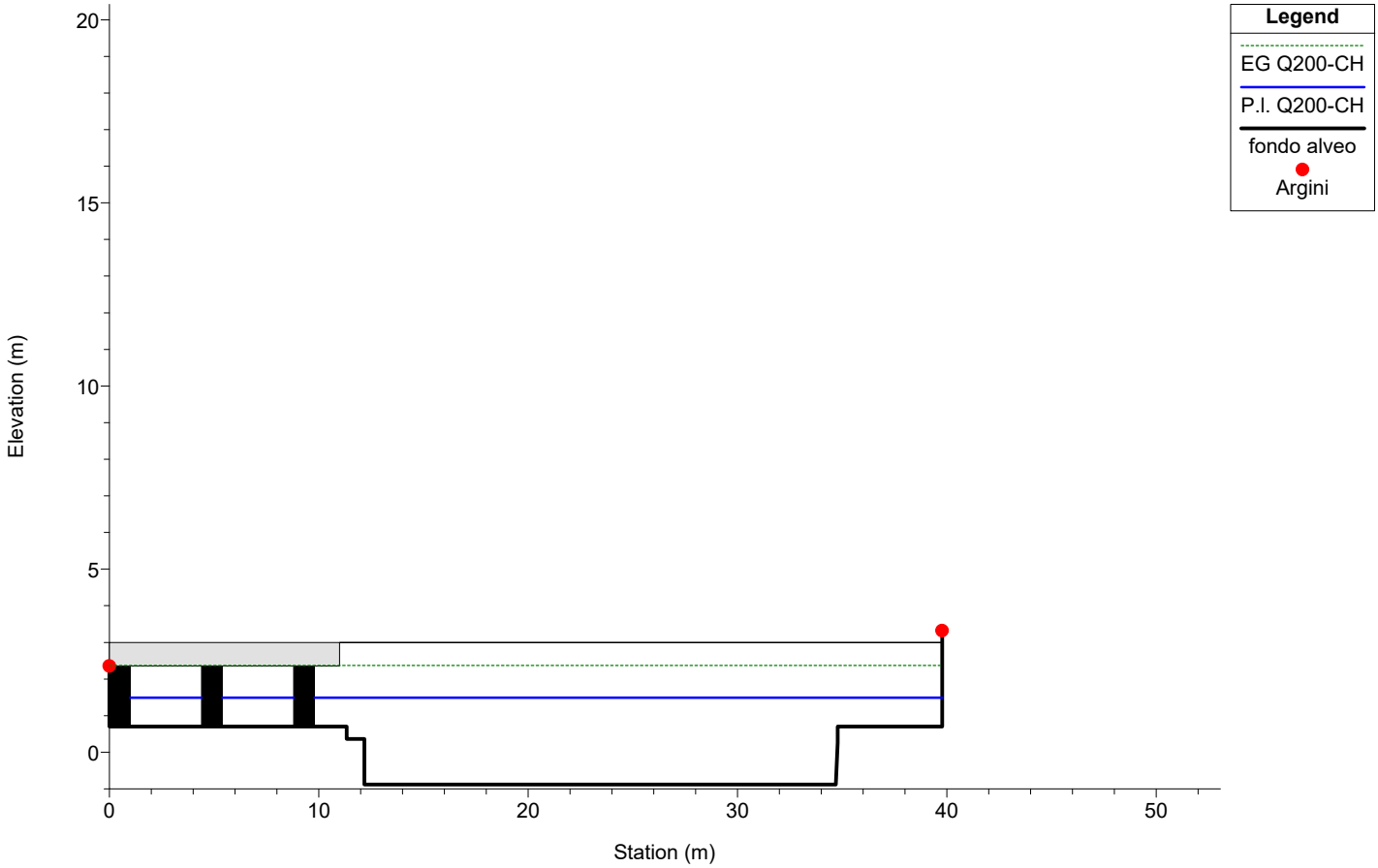
Chiaravagna

1.2 Stato di progetto



Chiaravagna

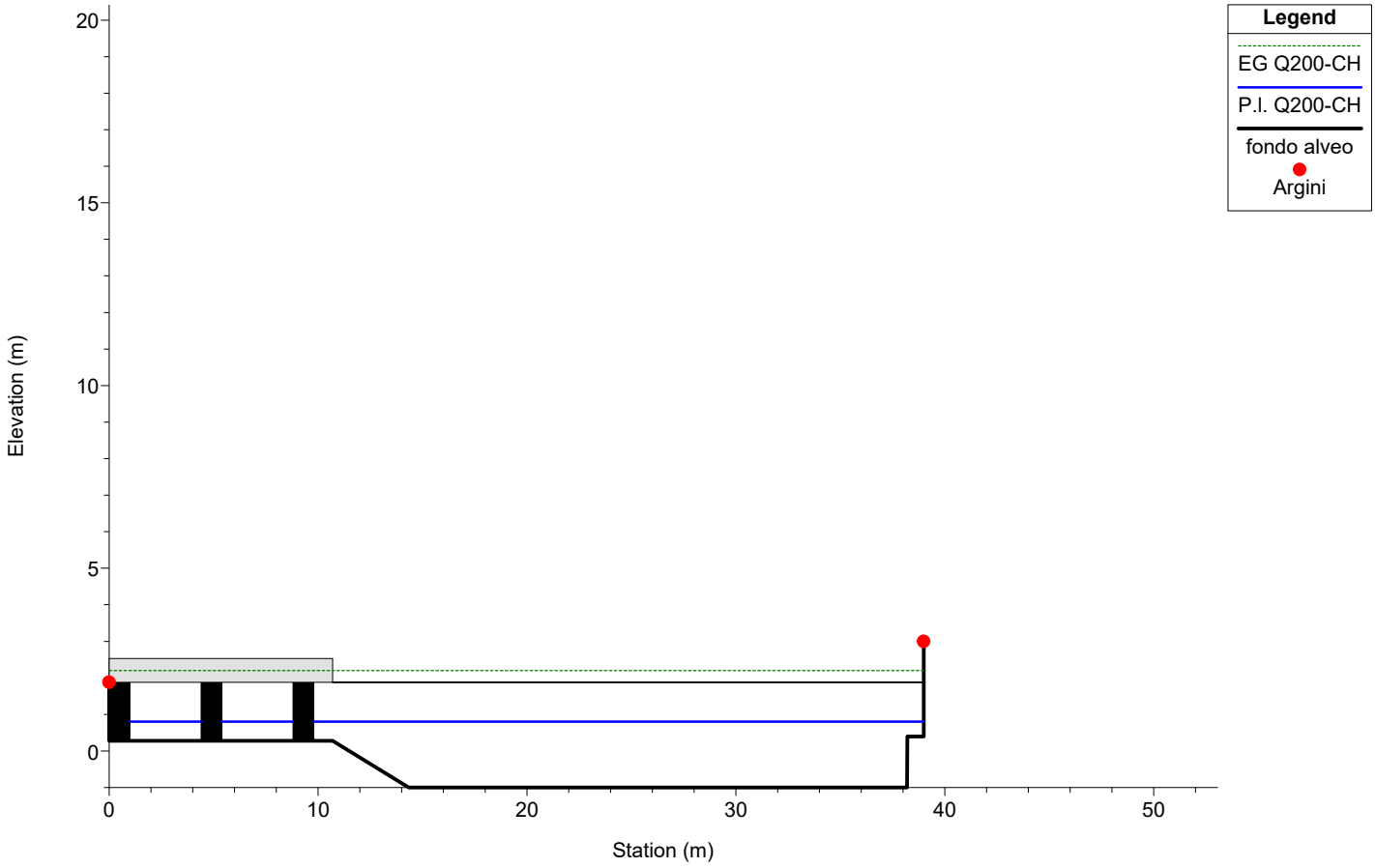
1.11 Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

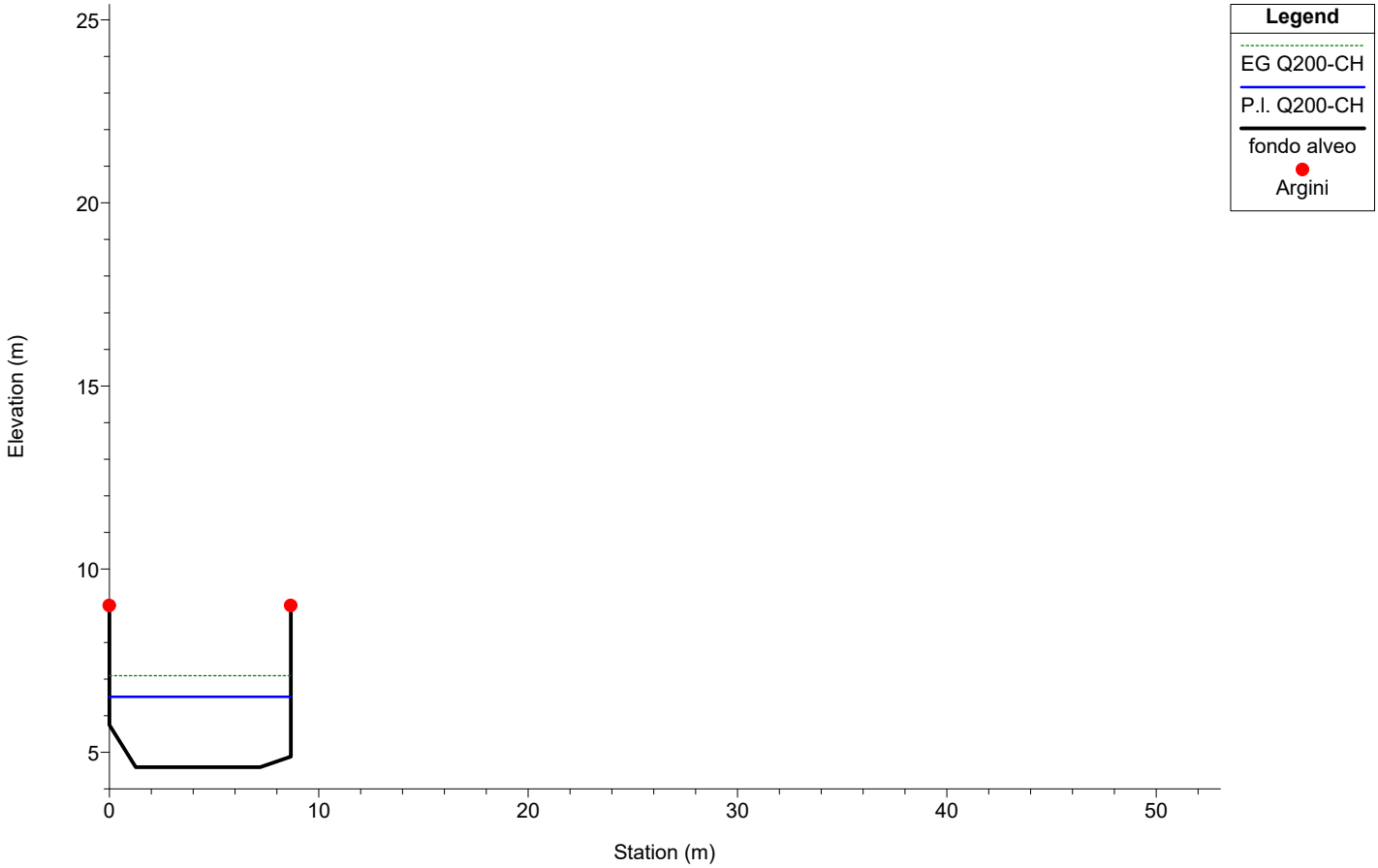
Chiaravagna

Sez 0.1 Stato di progetto



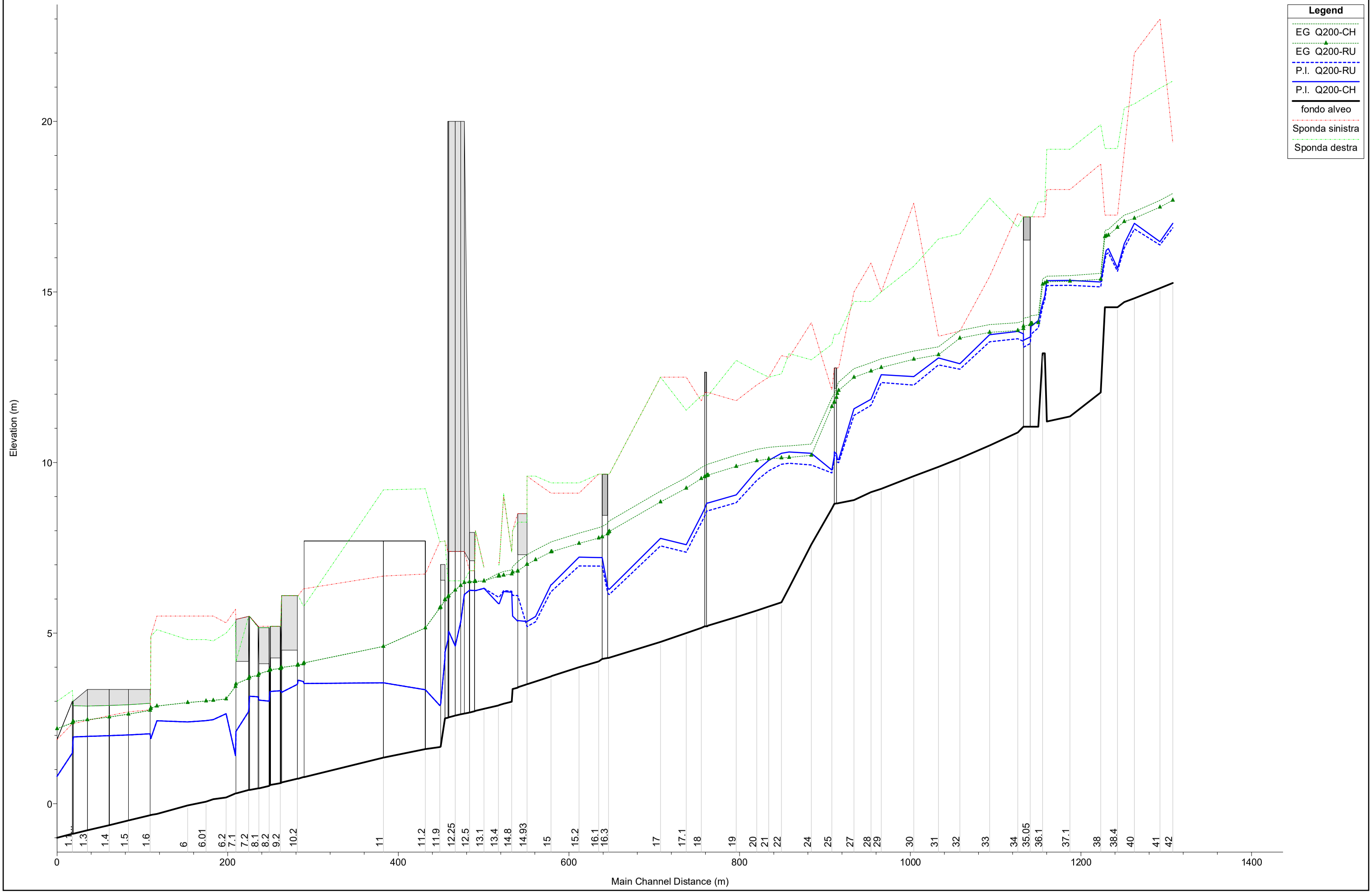
Chiaravagna

Sez 30.2 Stato di progetto



1 cm Horiz. = 3.5 m 1 cm Vert. = 2 m

Chiaravagna Stato di progetto confronto piena Chiarvagna/ Ruscarolo



1 cm Horiz. = 40 m 1 cm Vert. = 1 m

HEC-RAS Plan: Chiaravagna-progetto-si fondo-9OK Profile: Q200-RU

River	Reach	River Sta	Profile	Cum Ch Len	Q Total	Min Ch El	LOB Elev	ROB Elev	W.S. Elev	E.G. Elev	Hydr Depth	Max Chl Dpth	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
				(m)	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Ruscarolo	affluente	30.2	Q200-RU	22.00	76.00	4.59	9.00	9.00	6.99	7.74	2.30	2.40	3.82	19.91	8.67	0.80
Ruscarolo	affluente	30.19991		Lat Struct												
Ruscarolo	affluente	30.1	Q200-RU	17.00	76.00	4.58	9.00	9.00	6.67	7.67	1.98	2.09	4.43	17.16	8.67	1.01
Chiaravagna	monte	42	Q200-RU	798.28	181.00	15.26	19.38	21.18	16.88	17.69	1.62	1.62	3.98	45.45	28.12	1.00
Chiaravagna	monte	41	Q200-RU	783.28	181.00	15.11	23.00	20.97	16.37	17.48	1.26	1.26	4.67	38.79	30.72	1.33
Chiaravagna	monte	40	Q200-RU	753.28	181.00	14.81	22.00	20.51	16.84	17.16	2.03	2.03	2.49	72.79	35.83	0.56
Chiaravagna	monte	39	Q200-RU	741.48	181.00	14.70	19.10	20.39	16.29	17.06	1.53	1.59	3.89	46.48	30.34	1.00
Chiaravagna	monte	38.4	Q200-RU	733.48	181.00	14.55	17.25	19.20	15.60	16.89	1.05	1.05	5.02	36.02	34.23	1.56
Chiaravagna	monte	38.3	Q200-RU	722.78	181.00	14.55	17.25	19.20	16.15	16.66	1.60	1.60	3.18	57.00	35.71	0.80
Chiaravagna	monte	38.2	Q200-RU	720.28	181.00	14.55	17.25	19.20	16.10	16.64	1.55	1.55	3.27	55.28	35.71	0.84
Chiaravagna	monte	38.1	Q200-RU	718.78	181.00	14.55	17.25	19.20	15.93	16.62	1.38	1.38	3.68	49.21	35.71	1.00
Chiaravagna	monte	38	Q200-RU	713.78	181.00	12.05	18.75	19.90	15.15	15.37	2.42	3.10	2.09	86.47	35.80	0.43
Chiaravagna	monte	37.1	Q200-RU	677.78	181.00	11.35	18.00	19.18	15.19	15.31	3.24	3.84	1.54	117.83	36.36	0.27
Chiaravagna	monte	37	Q200-RU	650.78	181.00	11.20	18.00	19.18	15.18	15.30	3.35	3.98	1.49	121.77	36.35	0.26
Chiaravagna	monte	36.2	Q200-RU	648.28	181.00	13.20	17.20	17.64	14.76	15.26	1.47	1.56	3.11	58.29	39.66	0.82
Chiaravagna	monte	36.1	Q200-RU	645.78	181.00	13.20	17.20	17.64	14.57	15.22	1.28	1.37	3.56	50.78	39.66	1.01
Chiaravagna	monte	36	Q200-RU	640.78	181.00	11.05	17.20	17.64	13.94	14.10	2.63	2.89	1.73	104.36	39.66	0.34
Chiaravagna	monte	35.2	Q200-RU	633.28	181.00	11.05	17.20	17.20	13.78	14.07	2.00	2.73	2.39	75.64	37.91	0.54
Chiaravagna	monte	35.1	Q200-RU	632.28	181.00	11.05	17.20	17.20	13.78	14.07	1.99	2.73	2.40	75.52	37.89	0.54
Chiaravagna	monte	35.05		Bridge												
Chiaravagna	monte	35	Q200-RU	623.28	181.00	11.05	17.20	17.20	13.55	13.92	1.81	2.50	2.70	66.97	36.95	0.64
Chiaravagna	monte	34	Q200-RU	616.68	181.00	10.88	17.30	16.90	13.63	13.87	2.20	2.75	2.18	82.94	37.74	0.47
Chiaravagna	monte	33	Q200-RU	583.68	181.00	10.50	15.45	17.75	13.54	13.81	2.45	3.04	2.33	77.74	31.76	0.48
Chiaravagna	monte	32	Q200-RU	548.68	181.00	10.12	13.85	16.70	12.73	13.64	1.81	2.61	4.23	42.82	23.63	1.00
Chiaravagna	monte	31	Q200-RU	523.68	181.00	9.87	13.70	16.55	12.86	13.16	2.72	2.99	2.41	75.02	27.59	0.47
Chiaravagna	monte	30	Q200-RU	494.68	181.00	9.60	17.60	15.75	12.27	13.03	1.90	2.67	3.86	46.92	24.71	0.89
Chiaravagna	monte	29	Q200-RU	456.68	181.00	9.23	15.00	15.00	12.35	12.78	2.53	3.12	2.93	61.74	24.44	0.59
Chiaravagna	monte	28	Q200-RU	444.68	181.00	9.13	15.85	14.72	11.68	12.68	2.00	2.55	4.43	40.83	20.37	1.00
Chiaravagna	monte	27	Q200-RU	424.68	181.00	8.90	15.00	14.72	11.38	12.50	1.99	2.48	4.68	38.66	19.38	1.06
Chiaravagna	monte	26.1	Q200-RU	406.68	181.00	8.81	12.77	13.76	9.99	12.11	0.99	1.18	6.44	28.11	28.42	2.07
Chiaravagna	monte	26	Q200-RU	405.18	181.00	8.80	12.77	13.76	10.01	12.02	1.01	1.21	6.28	28.83	28.47	1.99
Chiaravagna	monte	25.15		Bridge												
Chiaravagna	monte	25.1	Q200-RU	404.19	181.00	8.79	12.77	13.76	10.11	11.76	1.10	1.32	5.70	31.76	28.77	1.73
Chiaravagna	monte	25	Q200-RU	401.19	181.00	8.65	12.13	13.46	9.69	11.64	1.04	1.04	6.18	29.27	28.05	1.93
Chiaravagna	monte	24	Q200-RU	377.19	181.00	7.60	14.10	13.01	9.92	10.21	2.33	2.33	2.36	76.63	32.96	0.49
Chiaravagna	monte	23	Q200-RU	351.19	181.00	6.33	13.08	13.19	9.98	10.15	3.65	3.65	1.82	99.44	27.27	0.30
Chiaravagna	monte	22	Q200-RU	342.19	181.00	5.90	13.13	12.60	9.95	10.14	3.89	4.05	1.93	93.87	24.13	0.31
Chiaravagna	monte	21	Q200-RU	327.19	181.00	5.78	12.50	12.50	9.76	10.10	3.98	3.98	2.61	69.40	17.45	0.42
Chiaravagna	monte	20	Q200-RU	313.19	181.00	5.66	12.27	12.67	9.48	10.05	3.44	3.82	3.36	53.93	15.68	0.58
Chiaravagna	monte	19	Q200-RU	289.19	181.00	5.47	11.81	12.99	8.82	9.89	2.94	3.35	4.57	39.63	13.46	0.85
Chiaravagna	monte	18.3	Q200-RU	256.19	181.00	5.22	12.05	11.96	8.59	9.63	2.87	3.37	4.52	40.00	13.93	0.85
Chiaravagna	monte	18.2	Q200-RU	255.19	181.00	5.20	12.05	11.96	8.59	9.62	2.89	3.39	4.50	40.22	13.93	0.85
Chiaravagna	monte	18.14999		Bridge												
Chiaravagna	monte	18.10001	Q200-RU	252.19	181.00	5.20	12.05	11.96	8.43	9.58	2.73	3.23	4.76	38.03	13.92	0.92
Chiaravagna	monte	18	Q200-RU	248.19	181.00	5.15	11.80	11.96	8.23	9.53	2.58	3.08	5.04	35.88	13.90	1.00
Chiaravagna	monte	17.1	Q200-RU	230.49	181.00	5.00	12.50	11.53	7.37	9.24	2.37	2.37	6.06	29.85	12.60	1.26
Chiaravagna	monte	17	Q200-RU	200.49	181.00	4.74	12.50	12.50	7.56	8.84	2.54	2.82	5.02	36.05	14.19	1.01
Chiaravagna	monte	16.39999	Q200-RU	140.49	181.00	4.28	9.66	9.66	6.13	7.98	1.85	1.85	6.01	30.11	16.24	1.41
Chiaravagna	monte	16.3	Q200-RU	139.49	181.00	4.27	9.66	9.66	6.14	7.95	1.87	1.87	5.96	30.34	16.24	1.39

HEC-RAS Plan: Chiaravagna-progetto-si fondo-9OK Profile: Q200-RU (Continued)

River	Reach	River Sta	Profile	Cum Ch Len	Q Total	Min Ch El	LOB Elev	ROB Elev	W.S. Elev	E.G. Elev	Hydr Depth	Max Chl Dpth	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
				(m)	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Chiaravagna	monte	16.25		Bridge												
Chiaravagna	monte	16.2	Q200-RU	138.50	181.00	4.24	9.66	9.66	6.96	7.82	2.72	2.72	4.09	44.20	16.25	0.79
Chiaravagna	monte	16.1	Q200-RU	134.50	181.00	4.17	9.66	9.66	6.96	7.78	2.79	2.79	4.01	45.14	16.20	0.77
Chiaravagna	monte	15.2	Q200-RU	111.50	181.00	4.00	9.10	9.40	6.97	7.63	2.97	2.97	3.60	50.31	16.95	0.67
Chiaravagna	monte	15.1	Q200-RU	79.50	181.00	3.74	9.10	9.40	6.23	7.39	2.32	2.49	4.77	37.98	16.39	1.00
Chiaravagna	monte	15	Q200-RU	78.50	181.00	3.73	9.10	9.40	6.22	7.38	2.32	2.49	4.77	37.96	16.38	1.00
Chiaravagna	monte	14.99	Q200-RU	60.50	181.00	3.58	9.42	9.60	5.33	7.15	1.75	1.75	5.97	30.29	17.30	1.44
Chiaravagna	monte	14.94	Q200-RU	50.50	181.00	3.50	9.60	9.60	5.19	7.02	1.69	1.69	5.98	30.25	17.90	1.47
Chiaravagna	monte	14.93	Q200-RU	50.40	181.00	3.50	7.30	7.30	5.19	7.02	1.69	1.69	5.98	30.25	17.90	1.47
Chiaravagna	monte	14.92	Q200-RU	39.60	181.00	3.41	7.30	7.30	6.10	6.82	2.69	2.69	3.76	48.08	17.90	0.73
Chiaravagna	monte	14.91	Q200-RU	39.50	181.00	3.40	8.50	8.25	6.10	6.82	2.70	2.70	3.74	48.36	17.90	0.73
Chiaravagna	monte	14.85	Q200-RU	33.50	181.00	3.36	8.00	8.00	6.10	6.79	2.67	2.74	3.66	49.45	18.50	0.71
Chiaravagna	monte	14.8	Q200-RU	32.50	181.00	2.99	7.37	7.37	6.23	6.73	3.13	3.24	3.14	57.60	18.42	0.57
Chiaravagna	monte	14	Q200-RU	23.00	181.00	2.93	9.00	9.10	6.24	6.70	3.14	3.31	2.99	60.64	19.30	0.54
Chiaravagna	monte	13.5	Q200-RU	18.00	181.00	2.89	7.06	7.00	6.05	6.67	2.95	3.16	3.48	52.00	17.64	0.65
Chiaravagna	monte	13.4	Q200-RU	17.00	181.00	2.88	7.06	7.00	6.05	6.67	2.96	3.17	3.47	52.16	17.64	0.64
Chiaravagna	valle	13.1	Q200-RU	500.38	257.00	2.78	6.94	6.90	6.31	6.53	3.26	3.53	2.07	124.24	38.14	0.37
Chiaravagna	valle	13.01	Q200-RU	490.38	257.00	2.72	8.00	8.00	6.24	6.52	3.24	3.52	2.32	111.01	34.31	0.41
Chiaravagna	valle	13	Q200-RU	489.38	257.00	2.71	6.83	6.83	6.25	6.51	3.54	3.54	2.27	113.13	31.97	0.39
Chiaravagna	valle	12.5	Q200-RU	483.38	257.00	2.67	6.83	6.83	6.26	6.50	3.38	3.59	2.19	117.37	34.72	0.38
Chiaravagna	valle	12.3	Q200-RU	477.38	257.00	2.64	7.39	6.53	6.13	6.48	3.03	3.49	2.63	97.63	32.20	0.48
Chiaravagna	valle	12.26	Q200-RU	473.18	257.00	2.62	7.39	6.53	5.33	6.39	2.14	2.71	4.58	56.17	26.27	1.00
Chiaravagna	valle	12.25	Q200-RU	466.68	257.00	2.58	7.39	6.53	4.62	6.26	1.60	2.04	5.66	45.37	28.27	1.43
Chiaravagna	valle	12.21	Q200-RU	459.08	257.00	2.53	7.39	6.53	5.05	6.09	2.08	2.52	4.51	56.94	27.40	1.00
Chiaravagna	valle	12.2	Q200-RU	458.08	257.00	2.52	7.39	6.53	4.78	6.06	1.83	2.26	5.00	51.37	28.10	1.18
Chiaravagna	valle	12.11	Q200-RU	454.68	257.00	2.50	7.70	7.70	4.44	5.99	1.56	1.94	5.51	46.60	29.85	1.41
Chiaravagna	valle	12.1	Q200-RU	454.58	257.00	2.50	6.55	6.55	4.28	5.97	1.49	1.78	5.76	44.61	29.85	1.50
Chiaravagna	valle	12	Q200-RU	449.58	257.00	1.67	6.55	6.55	2.92	5.76	1.25	1.25	7.47	34.42	27.61	2.14
Chiaravagna	valle	11.9	Q200-RU	448.58	257.00	1.66	7.68	7.68	2.88	5.73	1.22	1.22	7.49	34.32	28.21	2.17
Chiaravagna	valle	11.2	Q200-RU	431.58	257.00	1.60	5.28	7.70	3.34	5.15	1.74	1.74	5.96	43.09	24.77	1.44
Chiaravagna	valle	11	Q200-RU	382.58	257.00	1.35	5.08	7.70	3.54	4.61	2.13	2.19	4.57	56.20	26.37	1.00
Chiaravagna	valle	10.5	Q200-RU	289.58	257.00	0.78	5.08	7.70	3.52	4.13	2.68	2.74	3.44	74.63	27.83	0.67
Chiaravagna	valle	10.4	Q200-RU	288.58	257.00	0.78	6.30	5.80	3.58	4.10	2.80	2.80	3.19	80.68	28.80	0.61
Chiaravagna	valle	10.3	Q200-RU	282.58	257.00	0.73	6.10	6.10	3.62	4.07	2.89	2.89	2.97	86.49	29.93	0.56
Chiaravagna	valle	10.2	Q200-RU	281.58	257.00	0.73	4.50	4.50	3.50	4.06	2.69	2.77	3.31	77.64	28.83	0.64
Chiaravagna	valle	10.1	Q200-RU	263.08	257.00	0.62	4.50	4.50	3.26	3.99	2.36	2.64	3.78	68.03	28.87	0.79
Chiaravagna	valle	9.3	Q200-RU	262.08	257.00	0.60	3.86	5.20	3.31	3.96	2.48	2.71	3.57	72.06	29.00	0.72
Chiaravagna	valle	9.2	Q200-RU	261.58	257.00	0.60	3.86	4.27	3.31	3.96	2.48	2.71	3.57	72.00	29.00	0.72
Chiaravagna	valle	9.1	Q200-RU	250.08	257.00	0.55	3.86	4.27	3.29	3.93	2.50	2.74	3.54	72.64	29.00	0.71
Chiaravagna	valle	9.01	Q200-RU	249.58	257.00	0.55	3.86	3.86	3.29	3.93	2.50	2.74	3.54	72.57	29.00	0.71
Chiaravagna	valle	8.2	Q200-RU	248.58	257.00	0.52	3.66	4.10	3.01	3.90	2.22	2.49	4.18	61.52	27.76	0.90
Chiaravagna	valle	8.1	Q200-RU	236.58	257.00	0.45	3.66	4.10	3.03	3.81	2.38	2.58	3.89	66.07	27.76	0.81
Chiaravagna	valle	7.3	Q200-RU	235.58	257.00	0.45	3.66	5.20	3.13	3.76	2.28	2.68	3.50	73.35	32.21	0.74
Chiaravagna	valle	7.21	Q200-RU	225.58	257.00	0.40	3.23	5.49	3.15	3.71	2.41	2.75	3.33	77.12	32.04	0.69
Chiaravagna	valle	7.2	Q200-RU	224.58	257.00	0.40	3.23	4.17	2.70	3.67	1.94	2.30	4.36	58.92	30.38	1.00
Chiaravagna	valle	7.1	Q200-RU	209.58	257.00	0.30	3.23	4.17	2.11	3.51	1.64	1.81	5.23	49.18	30.00	1.30
Chiaravagna	valle	6.3	Q200-RU	209.08	257.00	0.30	5.70	5.33	1.41	3.44	1.11	1.11	6.30	40.77	36.73	1.91
Chiaravagna	valle	6.2	Q200-RU	198.08	257.00	0.18	5.30	5.00	2.64	3.07	2.42	2.46	2.90	88.70	36.72	0.60
Chiaravagna	valle	6.1	Q200-RU	183.08	257.00	0.13	5.50	4.77	2.46	3.03	2.28	2.33	3.32	77.31	33.84	0.70

HEC-RAS Plan: Chiaravagna-progetto-si fondo-9OK Profile: Q200-RU (Continued)

River	Reach	River Sta	Profile	Cum Ch Len	Q Total	Min Ch El	LOB Elev	ROB Elev	W.S. Elev	E.G. Elev	Hydr Depth	Max Chl Dpth	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
				(m)	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Chiaravagna	valle	6.01	Q200-RU	174.58	257.00	0.06	5.50	4.81	2.43	3.01	2.31	2.37	3.36	76.57	33.12	0.70
Chiaravagna	valle	6	Q200-RU	153.08	257.00	-0.05	5.50	4.81	2.39	2.96	2.33	2.44	3.33	77.13	33.12	0.70
Chiaravagna	valle	5.1	Q200-RU	117.08	257.00	-0.30	5.50	5.10	2.43	2.86	2.67	2.73	2.91	88.39	33.10	0.57
Chiaravagna	valle	5	Q200-RU	109.88	257.00	-0.33	4.90	4.90	1.91	2.80	2.20	2.24	4.18	61.48	34.00	0.90
Chiaravagna	valle	4.1	Q200-RU	109.48	257.00	-0.34	3.35	3.35	1.94	2.78	2.23	2.28	4.07	63.17	34.48	0.87
Chiaravagna	valle	1.6	Q200-RU	109.08	257.00	-0.34	2.75	2.94	2.05	2.73	2.20	2.39	3.66	70.17	31.88	0.79
Chiaravagna	valle	1.5	Q200-RU	83.66	257.00	-0.49	2.69	2.90	2.01	2.63	2.32	2.50	3.47	74.15	31.96	0.73
Chiaravagna	valle	1.4	Q200-RU	61.07	257.00	-0.63	2.58	2.88	1.99	2.54	2.46	2.62	3.27	78.61	31.93	0.67
Chiaravagna	valle	1.3	Q200-RU	35.50	257.00	-0.78	2.44	2.86	1.97	2.46	2.59	2.75	3.09	83.09	32.12	0.61
Chiaravagna	valle	1.2	Q200-RU	19.00	257.00	-0.88	2.35	2.87	1.96	2.41	2.66	2.84	2.99	85.81	32.28	0.59
Chiaravagna	valle	1.11	Q200-RU	18.00	270.00	-0.88	2.35	3.00	1.49	2.37	1.76	2.37	4.16	64.93	36.79	1.00
Chiaravagna	valle	0.1	Q200-RU		270.00	-1.00	1.88	1.88	0.81	2.20	1.44	1.81	5.22	51.68	36.00	1.39

APPENDICE 1

SOFTWARE DI CALCOLO HEC-RAS 5.0.5

Il software di calcolo *Hec-Ras 5.0.5* della US Army Corps of Engineers consente il calcolo dell'andamento dei profili di rigurgito in moto permanente gradualmente variato in alvei naturali o canali artificiali e la valutazione degli effetti sulla corrente dovuti all'interazione con ponti, tombinature, briglie, stramazzi, aree golenali ecc.,

La determinazione del profilo teorico è ottenuta tramite l'applicazione del cosiddetto *Standard step method* che si basa sulla semplice equazione mono-dimensionale del contenuto energetico della corrente:

$$H_1 - H_2 = h_f + h_e$$

dove $H_1[m]$ ed $H_2[m]$ sono i carichi totali della corrente nelle sezioni di monte e di valle del tronco d'alveo considerato, $h_f[m]$ sono le perdite di carico dovute all'attrito del fondo e delle sponde, mentre $h_e[m]$ è un termine che tiene conto degli effetti dovuti alla non cilindricità della corrente.

In particolare h_f dipende principalmente dalla scabrezza del tratto d'alveo considerato ed è esprimibile come:

$$h_f = j_f \cdot L$$

con j_f pendenza motrice nel tratto di lunghezza $L[m]$.

Il calcolo di j_f è effettuabile con diverse formulazioni, in funzione della pendenza motrice J in corrispondenza delle sezioni d'inizio e fine di ciascun tratto.

Il calcolo del termine J nella singola sezione è effettuato mediante la:

$$J = \left[\frac{Q}{K}\right]^2$$

dove $Q[m^3/s]$ è la portata di calcolo e K (denominato *conveyance*) è ricavabile attraverso la seguente espressione:

$$K = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}}$$

dove $A[m^2]$ l'area della sezione liquida, $R[m]$ il raggio idraulico e $n[m^{-1/3}\ s]$ è il parametro rappresentativo della scabrezza del fondo e delle sponde di Manning.

Il valore del coefficiente n è determinato secondo la procedura sviluppata da Cowan selezionando le caratteristiche più rilevanti ai fini della quantificazione dell'indice di resistenza.

Il termine h_e dipende invece dalla variazione del carico cinetico della corrente tra le sezioni 1 e 2 dovuta al cambio di geometria delle sezioni stesse ed è a sua volta esprimibile come:

$$h_e = \beta \cdot \left| \alpha_1 \cdot \frac{V_1^2}{2 \cdot g} - \alpha_2 \cdot \frac{V_2^2}{2 \cdot g} \right|$$

dove β è un coefficiente di contrazione o espansione dipendente dalle condizioni geometriche del tratto considerato, V_1 e V_2 $[m/s]$ sono i valori delle velocità medie agli estremi del tronco e α_1 e α_2 sono i coefficienti correttivi dell'energia cinetica.

Il modello consente di suddividere la sezione in più zone in cui assegnare un valore diverso del parametro *n* di scabrezza; in particolare è possibile individuare tre zone principali: quella centrale dell'alveo inciso (denominata *main channel*) e due zone laterali golenali (denominate *right and left overbanks*).

Il programma consente la simulazione del deflusso attraverso ponti e tombinature (*bridge* and *culvert*) mediante la loro schematizzazione geometrica (impalcato, pile, setti, ecc.).

La procedura di calcolo utilizzata consente di simulare il deflusso a pelo libero al di sotto dell'impalcato, il deflusso in pressione al di sotto dell'impalcato e la combinazione del deflusso in pressione e del deflusso con scavalcamento dell'impalcato stesso (funzionamento a stramazzo).

Per il deflusso a pelo libero il modello consente la scelta fra diversi metodi di calcolo quali il metodo del bilancio energetico (*Standard step method*), il metodo dei momenti (*Momentum Balance*), la formula di Yarnell per correnti lente.

Il funzionamento in pressione è simulato mediante la formulazione propria dell'efflusso da luce:

$$Q = C \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

dove $Q[m^3/s]$ è la portata defluita attraverso la luce di area $A[m^2]$, $H[m]$ è il dislivello tra il carico totale di monte ed il pelo libero a valle e C è il cosiddetto coefficiente di efflusso.

Il programma prevede la messa in pressione della struttura quando, secondo la scelta dell'utente, il carico totale o la quota del pelo libero risultano superiori alla quota dell'intradosso dell'impalcato.

Il funzionamento a stramazzo è simulato attraverso la formulazione standard:

$$Q = C \cdot L \cdot H^{\frac{3}{2}}$$

dove $Q[m^3/s]$ è la portata defluita sulla soglia di larghezza $L[m]$ e $H[m]$ è il dislivello tra il carico totale di monte e la quota della soglia e C è il coefficiente di efflusso, variabile in funzione del tipo di stramazzo e del carico sopra la soglia.

Nel caso di funzionamento combinato di moto in pressione con scavalcamento del ponte (stramazzo) l'entità delle portate stramazzanti e defluenti al di sotto dell'impalcato viene determinata attraverso una procedura iterativa combinando le equazioni che regolano i due fenomeni.

Il modello consente inoltre il calcolo del funzionamento in pressione di coperture, scatolari, tombinature e della portata esondata lungo le sponde nei tratti a cielo aperto quando il livello superi le quote di sommità arginale (*lateral structure*).

Nel rispetto dell'equazione di continuità il programma fornisce in quest'ultimo caso per ciascuna configurazione di portata imposta da monte l'entità delle portate esondate per ciascuno stramazzo laterale e la portata residua di valle, con i rispettivi livelli.