



COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA

PROVINCIA DI SIENA



REGIONE TOSCANA



[ID: 7791]

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO E DELLE
RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA
DI PICCO PARI A 13.977,60 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A
12.000 kW

Denominazione Impianto:

IMPIANTO GRACCIANO 1

Ubicazione:

Comune di **Colle Val D'Elsa** (SI)
Località Casino Di Scarna

ELABORATO
031107

STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO

Cod. Doc.: GRA20-031107-R_St-Idrologico-Idraulico



Project - Commissioning – Consulting

Municipiul Bucuresti Sector 2
Str. GRIGORE IONESCU Nr. 63, Camera 1, Bl. T73
Scara 2, Etaj 4, Ap. 42
RO43492950

Scala: --

PROGETTO

Data:

15/06/2023

PRELIMINARE



DEFINITIVO



AS BUILT



Richiedente:

CCEN GRACCIANO Srl
Piazza Walther Von Vogelweide, 8
39100 Bolzano
Provincia di Bolzano
P.IVA 03080580214
ITALY

Tecnici e Professionisti:


Ing. Luca Ferracuti Pompa:
Iscritto al n.A344 dell'Albo dell'Ordine degli
Ingegneri della Provincia di Fermo

Versione	Data	Descrizione	Redatto	Approvato	Autorizzato
--	15/06/2023	Integrazioni	F.P.L.	F.P.L.	F.P.L.
01					
02					
03					

Il Tecnico:
Dott. Ing. Luca Ferracuti Pompa



Il Richiedente:
CCEN GRACCIANO S.r.l.

ELABORATO 031107	COMUNE di COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Ver.: --
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE AGROVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 13.977,60 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000 kW	Data:15/06/23
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 2 di 5

[ID: 7791]

1. OGGETTO

Il presente documento è redatto quale integrazione alla documentazione relativa al progetto per la costruzione e **l'esercizio di un impianto agrovoltaico** in conformità alle vigenti prescrizioni di legge con potenza di picco pari a 13.977,60 kW e potenza in immissione pari a 12.000,00 kW nel Comune di **Colle di Val d'Elsa (SI)** in località **"Casino di Scarna"**.

2. PREMESSA

Lo studio idrologico-idraulico che segue è stato svolto nel marzo 2023 da tecnici specializzati. La relazione riporta i dati della precedente versione del progetto poiché lo scopo di detto studio era verificarne la compatibilità idrologico-idraulica in quanto ubicato all'interno della cassa di espansione del Torrente Scarna. L'esito di tale studio ha ammesso una sostanziale compatibilità delle strutture dell'impianto con gli eventi modellati per i tempi di ritorno considerati, tuttavia lo stesso tipo di studio e la cartografia tematica facenti parte del Piano Strutturale Comunale vigente conducono a risultati maggiormente restrittivi, pertanto si è deciso di apportare variazioni progettuali non sostanziali che hanno portato ad una **rimodulazione del layout dell'impianto fotovoltaico**. Per sottrarre il più possibile **le strutture all'interferenza con gli allagamenti** tutte le Power-Station sono state spostate sul lato monte nelle vicinanze della strada interpodereale e sono state eliminate alcune stringhe di moduli fotovoltaici che avrebbero potuto interferire con la perimetrazione delle aree a maggior velocità di flusso e a maggior altezza del battente come risultanti dalle carte riferite ai tempi di ritorno duecentennali. **Inoltre è stata prevista l'adozione di alcuni tratti di recinzione protettiva supplementare, dislocata a distanza dalla recinzione dell'impianto sul lato valle, destinata a trattenere eventuali corpi flottanti in caso di riempimento della cassa di espansione. Per non porre ostacoli al funzionamento di quest'ultima e per consentire il più possibile il libero deflusso delle acque si prevede di non inserire opere di mitigazione perimetrali lungo i lati della recinzione rivolti verso il fondo valle.**

Tali accorgimenti fanno parte di quanto prescritto dalla Legge Regionale 24 luglio 2018, n. 41 secondo cui la fattibilità del progetto è subordinata alla realizzazione di interventi di protezione, ai sensi dell'art.13, comma 4, lettera d) in cui si afferma che in aree inondabili sono ammissibili "impianti e relative opere per la produzione di energia da fonti rinnovabili, nonché l'adeguamento e l'ampliamento di quelli esistenti, a condizione che sia realizzata almeno una delle opere di cui all'articolo 8, comma 1, lettere a), b), c) o d)":


Art. 8: Opere per la gestione del rischio da alluvioni

1. La gestione del rischio di alluvioni è assicurata mediante la realizzazione delle seguenti opere finalizzate al raggiungimento almeno di un livello di rischio medio R2:

a) opere idrauliche che assicurano l'assenza di allagamenti rispetto ad eventi poco frequenti;

b) opere idrauliche che riducono gli allagamenti per eventi poco frequenti, conseguendo almeno una classe di magnitudo idraulica moderata, unitamente ad opere di sopraelevazione, senza aggravio delle condizioni di rischio in altre aree;

c) opere di sopraelevazione, senza aggravio delle condizioni di rischio in altre aree;

ELABORATO 031107	COMUNE di COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Ver.: --
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE AGROVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 13.977,60 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000 kW	Data:15/06/23
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 3 di 5

[ID: 7791]

d) *interventi di difesa locale.*

Nel caso in esame verranno realizzati gli interventi di cui ai punti:

c) opere di sopraelevazione, senza aggravio delle condizioni di rischio in altre aree.

Le cabine elettriche, poste al margine settentrionale **dell'area allagabile**, verranno **sopraelevate di 80 cm** quale ulteriore margine di sicurezza. Le stringhe di moduli fotovoltaici, aventi sempre una altezza minima di 80 cm, possono eventualmente essere sottoposte a sommersione senza subire danni e senza provocarne **all'esterno**. Le strutture di supporto saranno dimensionate in fase esecutiva affinché non si verifichino distacchi dovuti all'eventuale erosione di suolo.

d) *interventi di difesa locale.*

Oltre alla recinzione perimetrale che già di per sé fornisce protezione contro **l'intrusione di eventuali corpi galleggianti** trasportati dalla corrente che possano danneggiare le strutture verrà posta in opera una ulteriore recinzione protettiva più esterna, di caratteristiche di robustezza appositamente calcolate, avente lo scopo di trattenere eventuali corpi **galleggianti e di non farli avvicinare all'impianto**. Inoltre le strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici saranno dimensionate e calcolate in fase esecutiva **per resistere all'urto di corpi trasportati dall'acqua sovradimensionati rispetto** a quanto sia lecito attendersi.

In relazione al dimensionamento delle recinzioni protettive e delle strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici nella presente fase di progettazione definitiva possono essere date delle direttive generali che dovranno essere seguite nella successiva fase di progettazione esecutiva a valle dell'ottenimento dell'autorizzazione.

Tale indirizzo si basa sulle seguenti considerazioni:

la forza che si sviluppa durante l'impatto tra due corpi si ricava attraverso la formula:

$$\text{Forza d' impatto} = \frac{\text{massa del corpo} \cdot \text{velocità all'istante dell'impatto}}{\text{tempo di decelerazione}}$$

La massa m di un corpo è data dal prodotto tra la densità ed il volume:

$$m = \rho * V$$

Supponiamo **che l'oggetto impattante sia** un tronco di diametro, lunghezza e peso specifico rispettivamente:

ELABORATO 031107	COMUNE di COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Ver.: --
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE AGROVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 13.977,60 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000 kW	Data: 15/06/23
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 4 di 5

[ID: 7791]

$$d = 0,2 \text{ m quindi } r = d/2 = 0,1 \text{ m}$$

$$l = 2 \text{ m}$$

$$\rho = 750 \text{ kg/m}^3$$

$$V = \pi * r^2 * h = 3,14 * (0,1)^2 * 2 = 0,20 \text{ m}^3$$

$$m = \rho * V = 750 * 0,20 = 150 \text{ kg}$$

Considerando la condizione peggiore della velocità della corrente, come riportato dalla tavola del Piano Strutturale comunale "SG12_Carta_della_velocità_della_corrente_b" in cui $v \geq 1 \text{ m/s}$, viene posta la velocità all'istante dell'impatto pari a:

$$v = 2 \text{ m/s}$$

Non resta che calcolare **la forza d'impatto ipotizzando un** tempo di decelerazione pari a:

$$t_d = (2 * \text{spazio di arresto}) / v = (2 * 10) / 2 = 10 \text{ s}$$


quindi

$$F = (150 * 2) / 10 = 30 \text{ N}$$

*I pali delle strutture fisse e quelli delle recinzioni dovranno essere progettati per sopportare una forza **F ≥ 30 N***

Bolzano, li 15/06/2023

In Fede
Il Tecnico
(Dott. Ing. Luca Ferracuti Pompa)





COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA

PROVINCIA DI SIENA



REGIONE TOSCANA



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW

Denominazione Impianto:

IMPIANTO GRACCIANO 1

Ubicazione:

Comune di Colle Val D'Elsa (SI)
Località Casino Di Scarna

**ELABORATO
031107**

STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO

Cod. Doc.: GRA20-031107-R_Studio-
Idrologico-Idraulico



Project - Commissioning – Consulting

Municipiul Bucuresti Sector 1
Str. HRISOVULUI Nr. 2-4, Parter, Camera 1, Bl. 2, Ap. 88
RO41889165

Scala: --

PROGETTO

Data:

28/03/2023

PRELIMINARE



DEFINITIVO



AS BUILT



Richiedente:

CCEN GRACCIANO Srl

Piazza Walther Von Vogelweide, 8
39100 Bolzano
Provincia di Bolzano
P.IVA 03080580214
ITALY

Tecnici e Professionisti:

Dott. Ing. Domenico Spina
Dott. Ing. Raul Lucian Ionut Danut

Iscritti rispettivamente al n. A28090 e A37368 dell'Albo
dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

Revisione

Data

Descrizione

Redatto

Approvato

Autorizzato

01

15/11/2022

Progetto Definitivo

F.P.L.

F.P.L.

F.P.L.

02

28/03/2023

Studio idrologica idraulica preliminare

S.D. R.D.

F.P.L.

F.P.L.

03

04

I Tecnici:

Danut Raul Lucian Ionut

Il Richiedente:

CCEN GRACCIANO S.r.l.

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 2 di 101

Sommario

1. PREMESSA	3
1.1 UBICAZIONE.....	3
2. RIFERIMENTI NORMATIVI E STATO DI FATTO DELLE AREE OGGETTO DI INTERVENTO.....	5
2.1 QUADRO NORMATIVO DELL'AREA OGGETTO D'INTERVENTO IN MATERIA DI PERICOLOSITÀ E RISCHIO IDRAULICO	5
2.2 SOPRALLUOGO E STATO DI FATTO DELLE AREE	14
3. ANALISI IDROLOGICA	21
3.1 ESTRAZIONE DEL BACINO IDROGRAFICO E DEFINIZIONE DEI PARAMETRI GEOMORFOLOGICI.....	23
3.2 ANALISI DI REGIONALIZZAZIONE DELLE PIOGGE INTENSE SECONDO IL METODO VAPI.....	24
3.2.1 BASE DATI PLUVIOMETRICA UTILIZZATA.....	24
3.2.2 VARIAZIONE DEI COEFFICIENTI DI CRESCITA CON IL TEMPO DI RITORNO: PRIMO E SECONDO LIVELLO DI REGIONALIZZAZIONE.....	25
3.2.3 LEGGE REGIONALE PER LA VALUTAZIONE DELLA GRANDEZZA INDICE: TERZO LIVELLO DI REGIONALIZZAZIONE	29
3.2.4 STIMA DEGLI SPESSORI E DELLE INTENSITÀ DI PIOGGIA RELATIVI ALL'AREA DI INTERVENTO CON IL METODO VAPI	32
3.3 ANALISI DI REGIONALIZZAZIONE DELLE PIOGGE INTENSE SECONDO IL METODO DELL'UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FIRENZE – REGIONE TOSCANA	35
3.3.1 DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA DELLA REGIONALIZZAZIONE E DEI RISULTATI OTTENUTI.....	36
3.3.2 STIMA DEGLI SPESSORI E DELLE INTENSITÀ DI PIOGGIA RELATIVI ALL'AREA DI INTERVENTO	40
3.4 CONFRONTO DEI RISULTATI DELLE REGIONALIZZAZIONI UTILIZZATE	44
3.5 DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO	47
3.5.1 CALCOLO DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO SULLA BASE DELLA COPERTURA E USO DEL SUOLO.....	47
3.5.2 CALCOLO DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO SULLA BASE DELLA PEDOLOGIA E LA PERMEABILITÀ DEL SUOLO	49
3.5.3 SCELTA DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO CARATTERISTICO DEL BACINO	52
3.6 DETERMINAZIONE DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE	53
3.6.1 CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE SULLA BASE DELLE FORMULAZIONI EMPIRICHE IN LETTERATURA	53
3.6.2 CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE SULLA BASE DELLA RELAZIONE DELL'UNIVERSITÀ DEGLI STUDI ROMA TRE	55
3.7 VALUTAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA CON IL METODO RAZIONALE	57
3.7.1 RICOSTRUZIONE DEGLI IDROGRAMMI DI PIENA CON IL METODO DELL'IDROGRAMMA UNITARIO SINTETICO USCS.....	58
4. MODELLAZIONE IDRAULICA	60
4.1 DEFINIZIONE DELLA GEOMETRIA DI MODELLAZIONE MONODIMENSIONALE (<i>UNSTEADY-FLOW</i>)	62
4.2 DEFINIZIONE DELLA GEOMETRIA DI MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE (<i>UNSTEADY-FLOW</i>)	69
4.3 RISULTATI DELLA MODELLAZIONE MONODIMENSIONALE (<i>UNSTEADY-FLOW</i>)	75
4.4 RISULTATI DELLA MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE (<i>UNSTEADY-FLOW</i>).....	81
4.5 ANALISI DEI RISULTATI DELLE MODELLAZIONI IN RELAZIONE ALL'AREA OGGETTO DI INTERVENTO	87
5. CONCLUSIONI	94

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 3 di 101

1. PREMESSA

Il presente documento è parte della documentazione relativa al progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto agrovoltaiico in conformità alle vigenti prescrizioni di legge con potenza di picco pari a 14.448,72 kW e potenza massima in immissione pari a 12.000,00 kW da realizzare nel Comune di **Colle Val d'Elsa** (SI), in Località "**Casino di Scarna**". L'impianto sarà del tipo grid connected e l'energia elettrica prodotta sarà riversata completamente in rete, con allaccio in Media Tensione alla rete di elettrica di e-Distribuzione S.p.a.:

Il produttore e soggetto responsabile è la Società CCEN GRACCIANO S.R.L., la quale dispone dell'autorizzazione all'utilizzo dell'area su cui sorgerà l'impianto in oggetto. La denominazione dell'impianto è "**Gracciano 1**".

1.1 UBICAZIONE

L'impianto Fotovoltaico oggetto del presente Studio idrologico-idraulico è ubicato nell'agro del Comune di Colle Val d'Elsa (SI) in Località "**Gracciano dell'Elsa**". L'area identificata per la realizzazione dell'impianto è situata a circa 3,2 km a Sud - Est del centro abitato di **Colle Val d'Elsa**, in prossimità di località **Gracciano dell'Elsa** (vedi Figura 1.1, Inquadramento generale, Figura 1.2 Inquadramento su Ortofoto e Figura 1.3 Inquadramento su CTR).

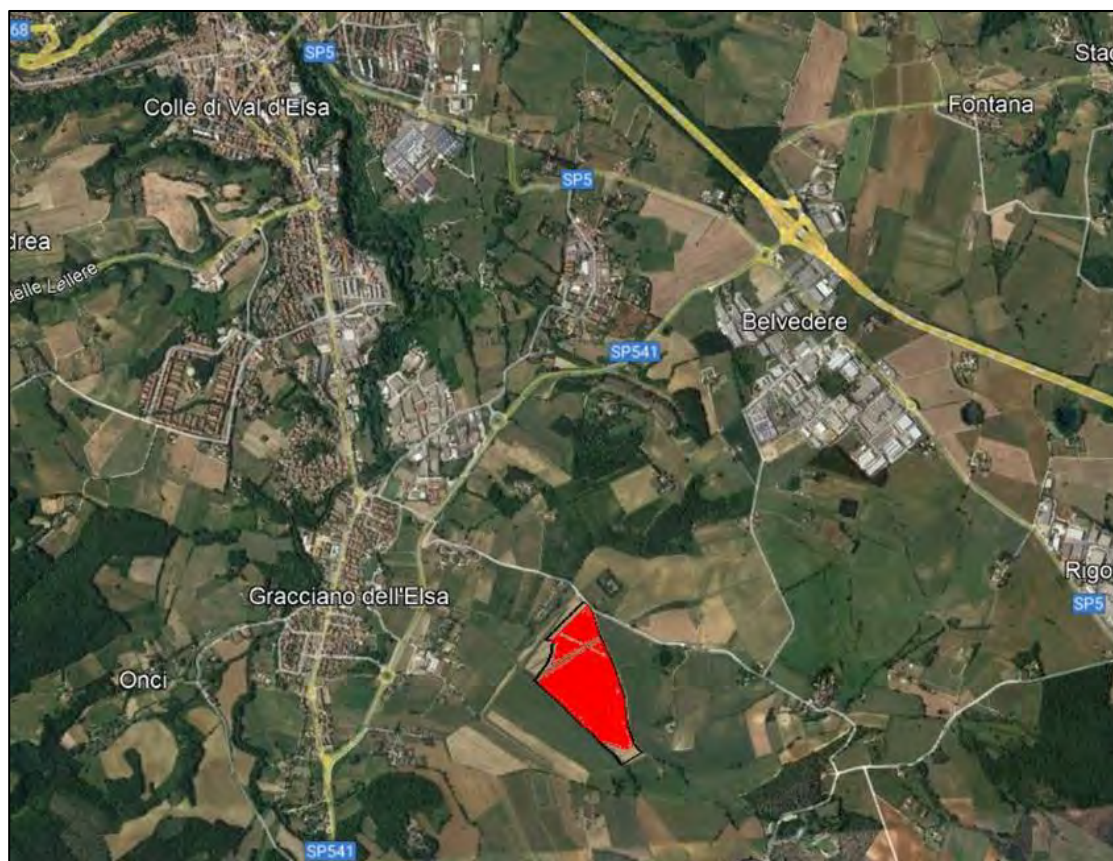


Figura 1.1: Inquadramento Generale

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 4 di 101

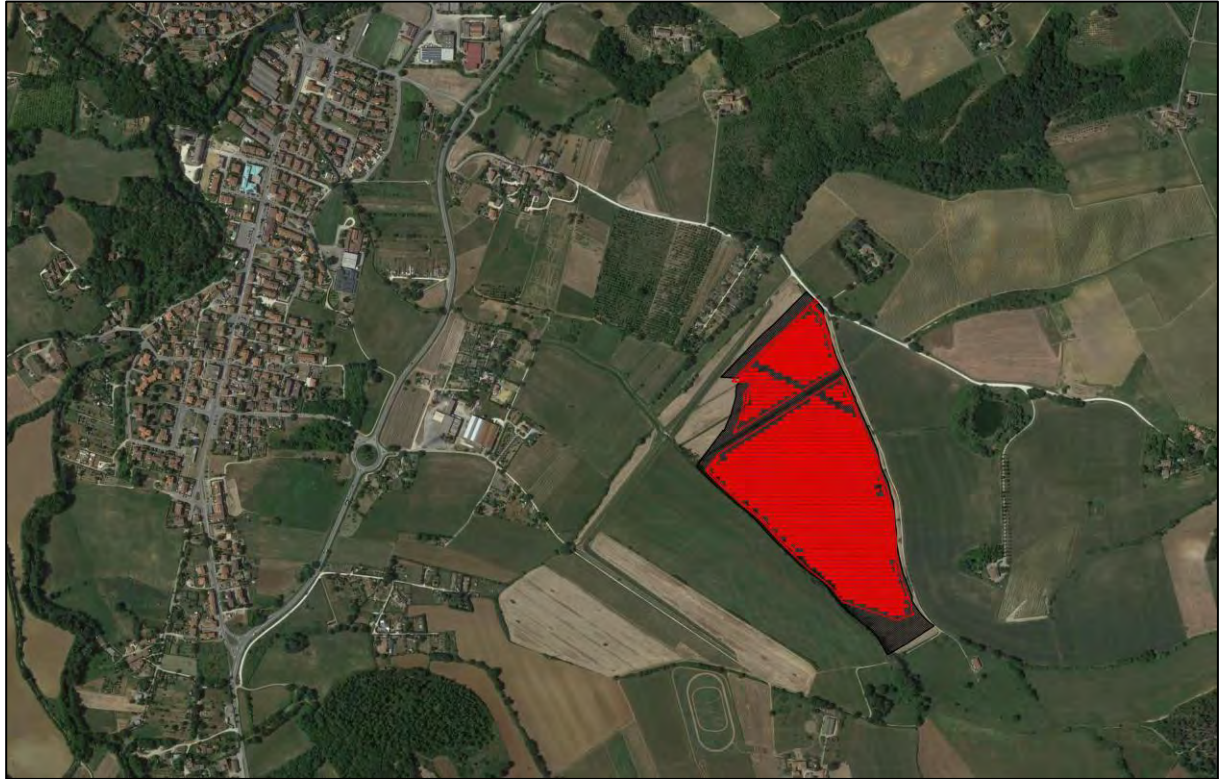


Figura 1.2: Inquadramento su Ortofoto Impianto

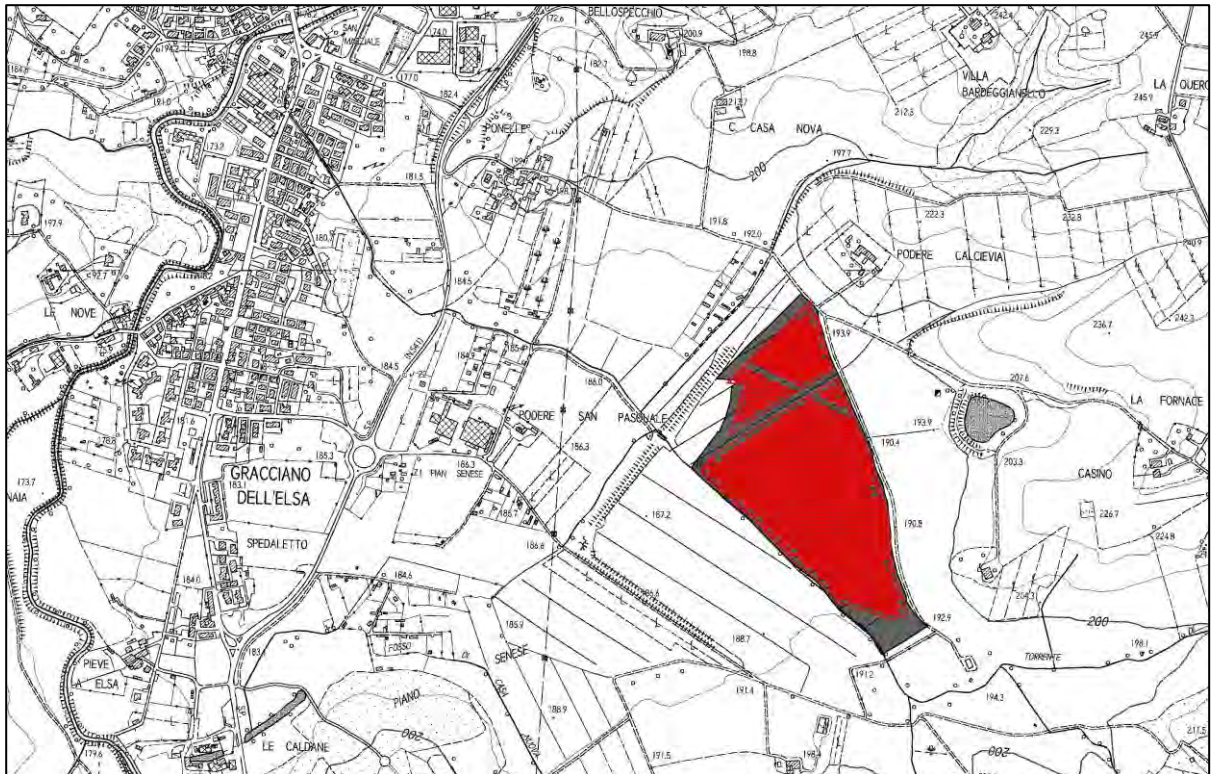



Figura 1.3: Inquadramento su CTR Impianto

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 5 di 101

2. RIFERIMENTI NORMATIVI E STATO DI FATTO DELLE AREE OGGETTO DI INTERVENTO

In questo capitolo si andranno ad analizzare nello specifico i riferimenti normativi che insistono in materia idraulica sulle aree oggetto di intervento, prestando particolare attenzione sulla vincolistica e le prescrizioni in merito alle analisi di compatibilità idraulica degli interventi in base alla pericolosità e al rischio del reticolo primario e secondario.


Successivamente si andranno a descrivere gli stati di fatto dei luoghi sulla base di un sopralluogo effettuato nelle aree di ubicazione dell'intervento, utile alla caratterizzazione idraulica del territorio e al rilievo puntuale degli elementi finalizzati alla modellazione idrologica-idraulica descritta nel proseguo.

2.1 QUADRO NORMATIVO DELL'AREA OGGETTO D'INTERVENTO IN MATERIA DI PERICOLOSITÀ E RISCHIO IDRAULICO

L'intervento in questione si trova ubicato nel Comune di Colle Val d'Elsa in prossimità del Torrente di Scarna, affluente in destra idraulica del Fiume Elsa nella parte alta del bacino, a sua volta sottobacino del più ampio sistema del Fiume Arno. L'area ricade nelle competenze dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale.

In base alla posizione del sito dell'intervento e alle indicazioni dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale, del Settore Genio Civile Valdarno Superiore - Direzione Difesa del Suolo e Protezione Civile e della Direzione Ambiente ed Energia, Settore Valutazione Impatto Ambientale, Valutazione Ambientale Strategica della Regione Toscana, nonché dell'Ufficio Ambientale – Gestione del Territorio della Città di Colle di Val d'Elsa – Provincia di Siena, nelle successive analisi di carattere idraulico si è fatto affidamento sui seguenti riferimenti normativi:

- Indicazioni vincolistiche di pericolosità o rischio idraulico vigenti sulla base del PGRA Piano Gestione Rischio Alluvioni e del PAI Piano di Assetto Idrogeologico, che per l'area in questione fanno riferimento alle norme dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale, nella *Unit of Management Arno*;
- LR 41 del 24 luglio 2018 'Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49', della Regione Toscana, in particolare per quanto concerne la tutela delle acque pubbliche di cui al RD 523/1904, per una fascia di 10 mt dai corsi d'acqua;
- Piano di indirizzo territoriale con valenza di piano paesaggistico (PIT), adottato con DCR n. 58 del 02 luglio 2014 della Regione Toscana, in particolare per quanto concerne la tutela **dei principali corsi d'acqua** di cui al RD 11/12/1933 per una fascia di larghezza 150 mt rispetto al centro alveo;
- Piano Strutturale (PS) del Comune di Colle Val d'Elsa, approvato con DC n.21 del 10 marzo 2022, nel quale si è proceduto a specifico studio idrologico-idraulico del reticolo principale ricadente nei territori comunali su indirizzo **dell'Autorità di Bacino per la definizione della pericolosità**, i cui risultati sono confluiti nel PGRA;

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 6 di 101


- LR 79/2012 aggiornato con DGR 103/2022, che individua il reticolo idrografico e di gestione di riferimento della Regione Toscana.

Dall'analisi delle cartografia tecnica di base, dei *SIT (Sistemi Informativi Territoriali)* degli enti consultati e delle informazioni raccolte nei riferimenti normativi analizzati, si sono dapprima individuati i reticoli idraulici primari e secondari e i bacini di riferimento che insistono sull'area di analisi. In particolare, sebbene in seguito si procederà a specifica analisi idrologica di estrazione del reticolo e del bacino afferente **nell'area d'intervento**, in prima battuta si sono reperiti:

- Reticolo idrografico primario dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale, che raccoglie le principali aste idrauliche del bacino del Fiume Arno;
- La suddivisione del bacino del Fiume Arno in Aree Omogenee dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale, tra cui il bacino del Fiume Elsa afferente al Sistema del Valdarno Inferiore (Area Omogenea 5);
- Indicazioni cartografiche georeferenziate degli Interventi di misure di protezione e delle Aree di Contesto Fluviale raccolte tra le misure di piano nel PGRA dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale su tutto il bacino dell'Arno, che includono l'area oggetto d'intervento classificandola come adibita a cassa di espansione sul Torrente di Scarna;
- Reticolo idrografico e di gestione della Regione Toscana che raccoglie, a livello regionale, oltre le aste principali, il reticolo idrografico minore, secondo la LR 79/2012 aggiornato con DGR 103/2022;
- Reticolo delle acque pubbliche di tutela, così come è rappresentato nel Piano di indirizzo territoriale con valenza di piano paesaggistico (PIT) della Regione Toscana.

Nelle seguenti Figure si riportano, con inquadramenti a scala di dettaglio crescente, i reticoli idraulici e i bacini idrologici di riferimento del bacino del Fiume Arno (Figura 2.1), quelli del suo affluente in sinistra idraulica, il Fiume Elsa (Figura 2.2) e infine la parte alta dello stesso bacino del Fiume Elsa, in corrispondenza della confluenza con il Torrente di Scarna, **in prossimità dell'area oggetto d'intervento** (Figura 2.3).

Nello specifico di ciascuno degli **aspetti normativi di carattere idraulico citati nell'introduzione al presente** paragrafo si è fatto riferimento di seguito.

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 9 di 101

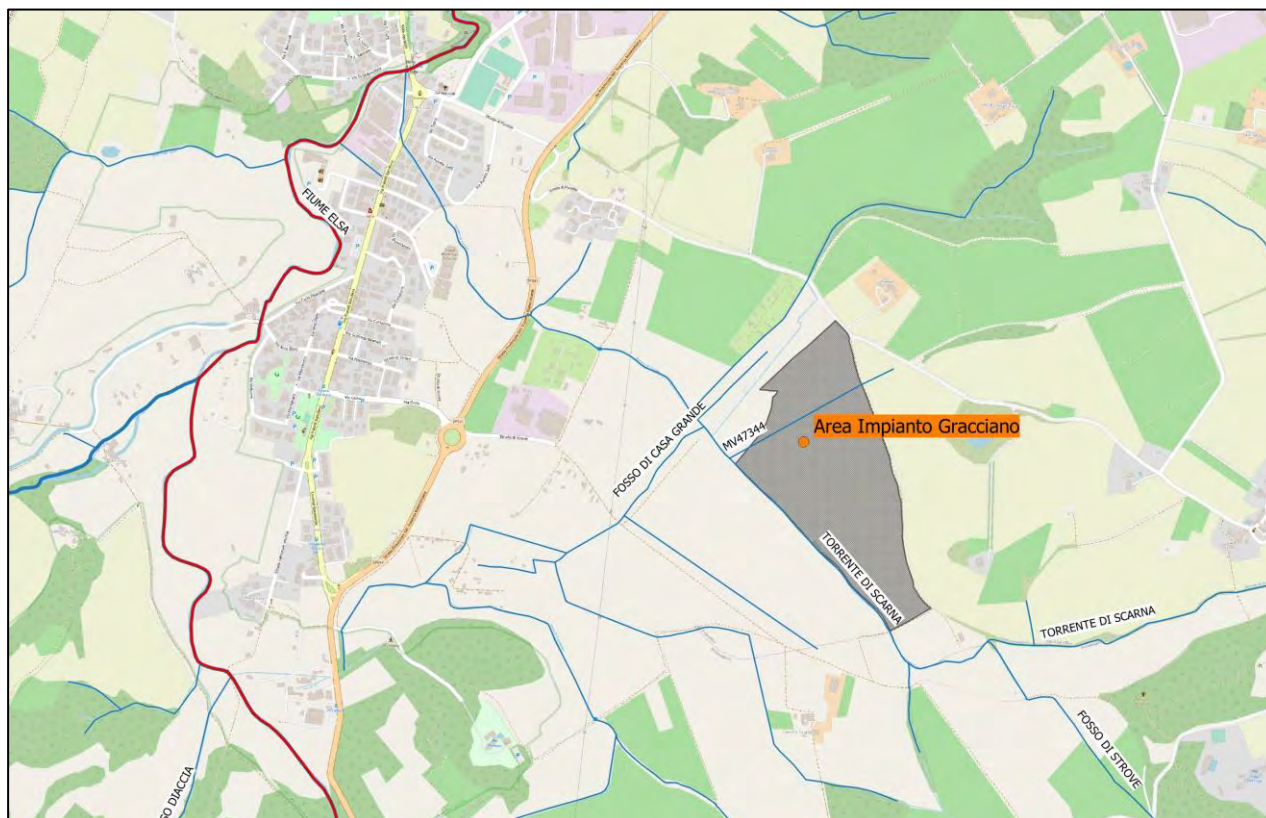



Figura 2.3: Inquadramento di dettaglio dei reticoli di riferimento in prossimità dell'area d'intervento su base Open Street Map: reticolo idrografico della Regione Toscana (come da LR 79/2012 aggiornato con DGR 103/2022), su cui vige la prescrizione della fascia di rispetto dei 10 mt dall'argine esterno, secondo la LR 41 del 2018, che recepisce la prescrizione del RD 523/1904. Evidenziato in rosso il reticolo delle acque pubbliche da Piano Paesaggistico PIT Regione Toscana, su cui vige la fascia di rispetto dei 150 mt del centro alveo, secondo il RD 11/12/1933.

Per quanto riguarda gli aspetti relativi alla compatibilità degli interventi in materia di pericolosità si è fatto riferimento al PGRA (si veda l'estratto in Figura 2.4 nell'area di Colle Val d'Elsa) e al PAI (estratto in Figura 2.5 nell'area di Colle Val d'Elsa) dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale, il secondo in particolare non più vigente, in quanto superato dal primo come riferimento pianificatorio unico in termini della sola pericolosità nel bacino dell'Arno con delibera n. 26 del 20 dicembre 2021, con cui la Conferenza Istituzionale Permanente ha adottato il primo aggiornamento del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni 2021-2027 – Secondo ciclo di gestione.

Al contrario, in materia di rischio idraulico resta ancora in vigore il Piano Stralcio di Rischio Idraulico (si veda l'estratto in Figura 2.6 nell'area di Colle Val d'Elsa) basato sulla pericolosità PAI e approvato con DPCM 5/11/1999, ma ancora vigente nel bacino del Fiume Arno.

Fissando l'attenzione sull'area oggetto di intervento, l'ubicazione dell'impianto in progetto risulta all'interno di una cassa di laminazione delle piene in linea, già censita anche tra le Aree di Contesto Fluviale, nonché tra gli Interventi con

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 11 di 101

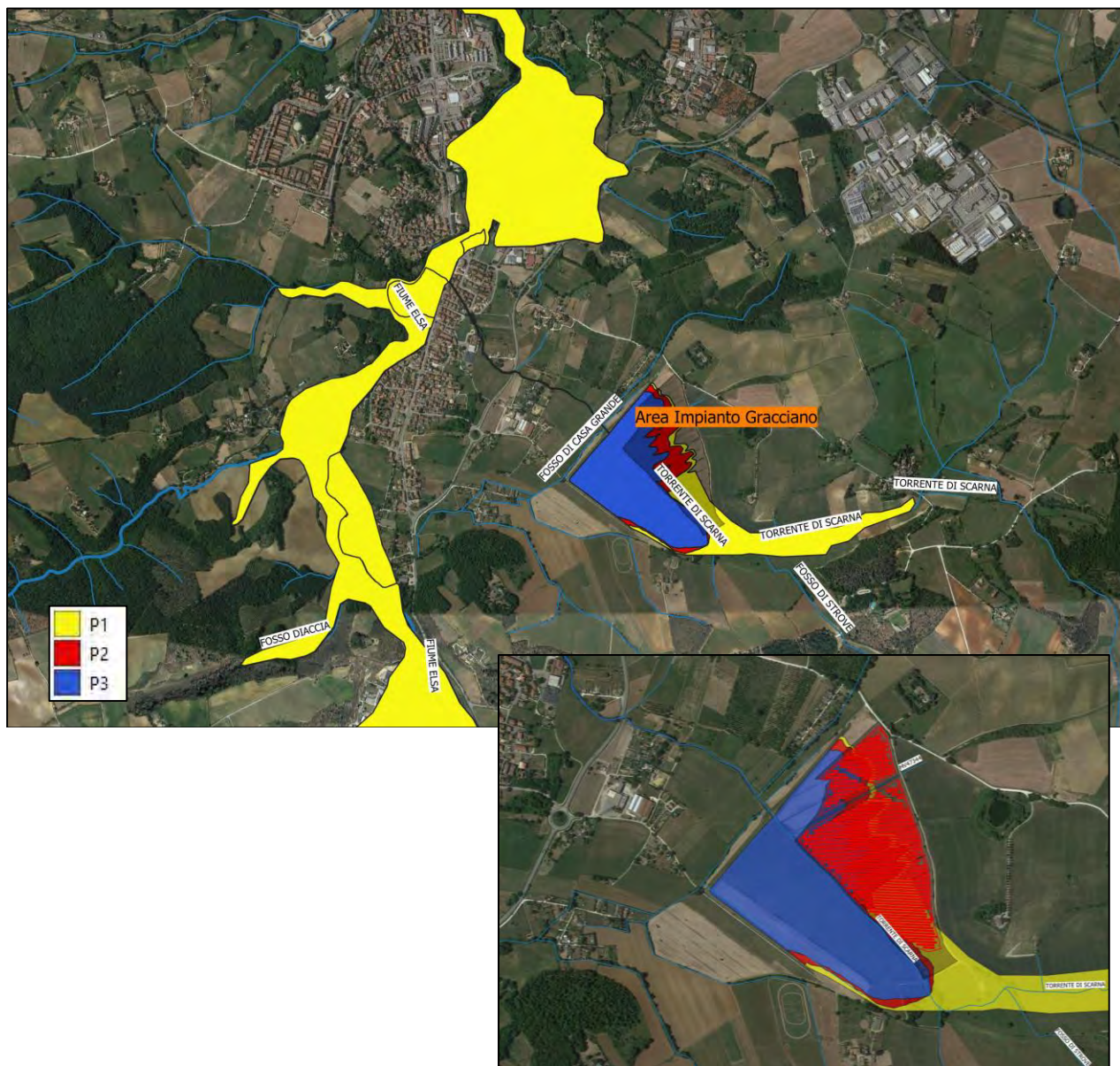



Figura 2.5: Estratto Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale, non più vigente in seguito alla delibera n. 26 del 20 dicembre 2021: estensione fasce di pericolosità idraulica in relazione all'area d'intervento. Fascia P1 in giallo, Fascia P2 in rosso, Fascia P3 in blu. Si nota che l'area oggetto d'intervento si trova a cavallo delle tre fasce a pericolosità idraulica crescente, avvicinandosi al Torrente di Scarna, in corrispondenza dell'area adibita a cassa di espansione in linea, con estensione delle fasce più contenute rispetto al nuovo documento di pianificazione. In basso a destra: dettaglio in relazione alla distribuzione dei pannelli fotovoltaici nell'area d'intervento

Dal confronto tra i due strumenti pianificatori, si nota come in seguito all'approvazione del PGRA (Figura 2.4) la pericolosità idraulica nell'area d'intervento si è stata amplificata, in un'ottica maggiormente conservativa. Per quanto concerne la fascia P2, si osserva che la cassa di laminazione in linea sul Torrente di Scarna risulta insufficiente al contenimento delle piene con riferimento alle portate caratteristiche corrispondenti alla $Tr = 200$ anni.

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 12 di 101

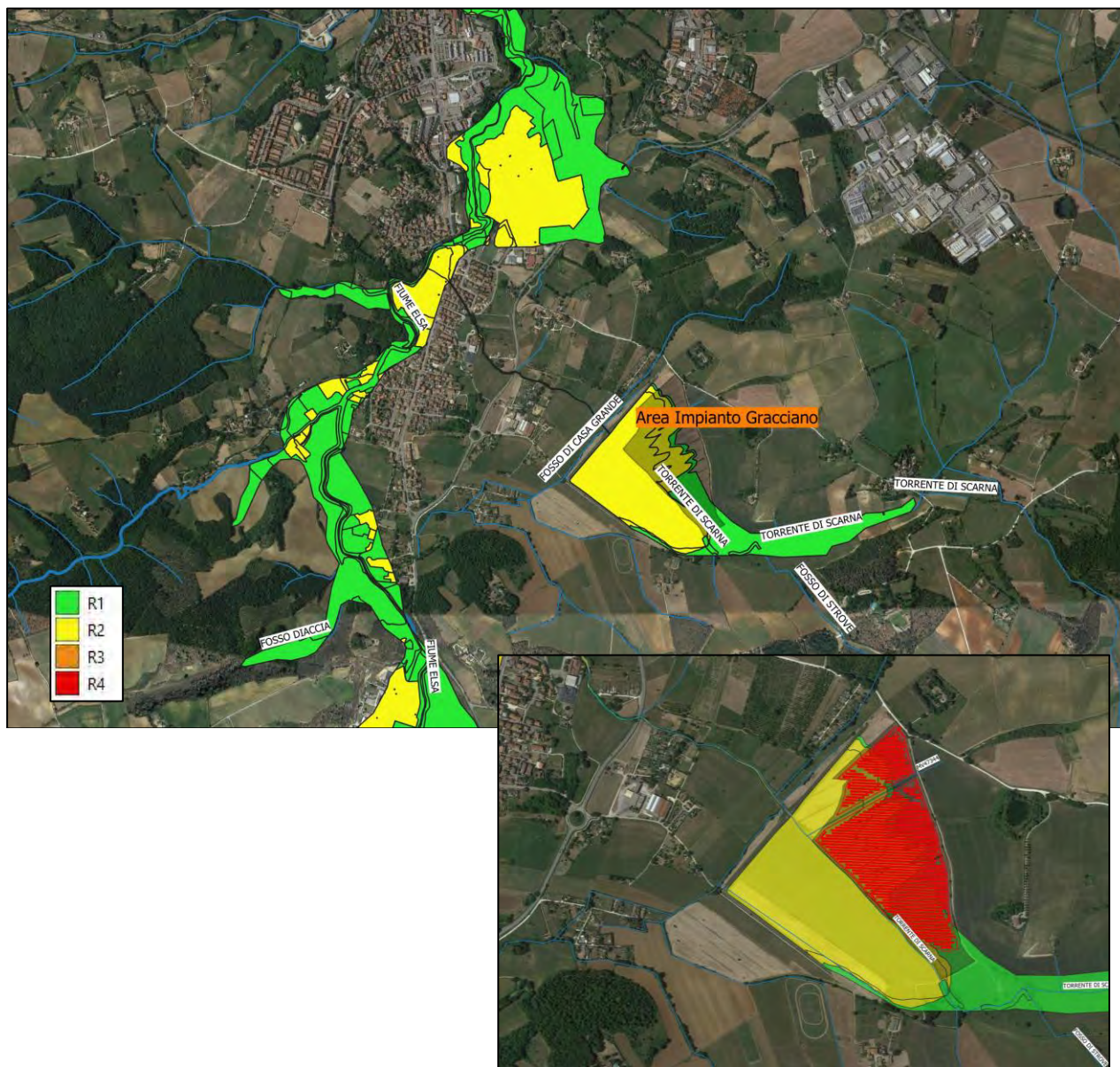



Figura 2.6: Estratto Piano Stralcio di Rischio Idraulico dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale, basato sulla pericolosità PAI, ma ancora vigente (approvato con DPCM 5.11.1999) nelle aree d'interesse: estensione dei perimetri di rischio idraulico. Fascia R1 in verde, Fascia R2 in giallo, Fascia R3 in arancione, Fascia R4 in rosso. Si nota che nell'area oggetto d'intervento la perimetrazioni del rischio sono basate sul vecchio documento pianificatorio e che l'area d'intervento si trova a cavallo tra due fasce di rischio crescente, avvicinandosi al Torrente di Scarna. In basso a destra: dettaglio in relazione alla distribuzione dei pannelli fotovoltaici nell'area d'intervento

Passando ora alla compatibilità idraulica degli interventi sulla base della LR 41 del 2018, che recepisce la prescrizione del RD 523/1904, su cui vige la fascia di rispetto dei 10 mt dall'argine esterno dei corsi d'acqua e sulla base del Piano Paesaggistico PIT della Regione Toscana, su cui vige la fascia di rispetto dei 150 mt del centro alveo dei principali corsi d'acqua, secondo il RD 11/12/1933, si osservi la seguente Figura 2.7.

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 13 di 101

L'area d'intervento **non interferisce con la fascia dei 150 mt del PIT, localizzata solo lungo il corso d'acqua principale del Fiume Elsa, e la disposizione dei pannelli sarà tale da non interferire con la fascia di rispetto dei 10 mt della LR 41 del 2018 che interessa il Torrente di Scarna e il suo affluente in destra idraulica denominato fosso MV47344.**

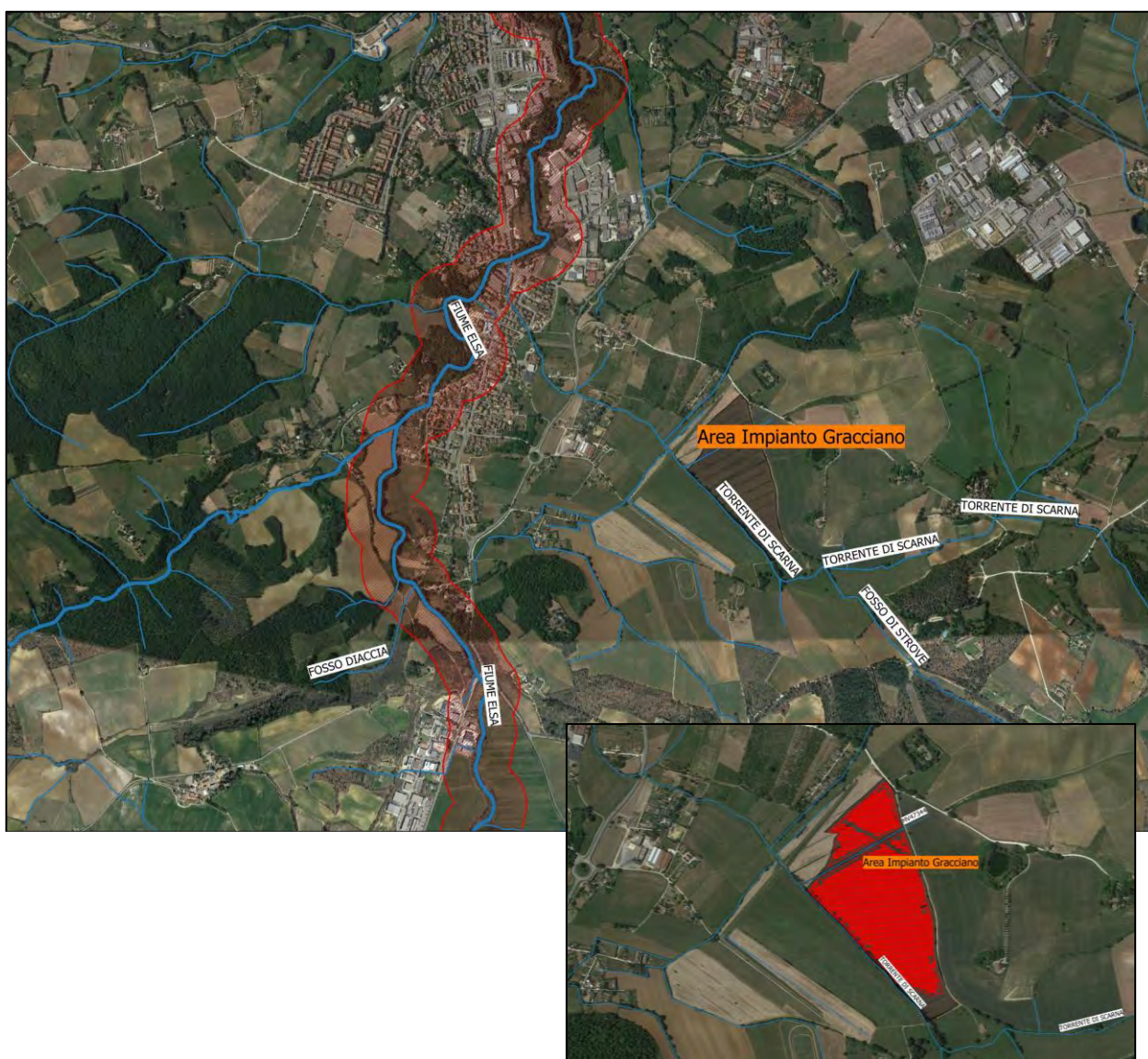



Figura 2.8: Estratto reticolo idrografico della Regione Toscana (come da LR 79/2012 aggiornato con DGR 103/2022), su cui vige la prescrizione della fascia di rispetto dei 10 mt dall'argine esterno, secondo la LR 41 del 2018, che recepisce la prescrizione del RD 523/1904 e ubicazione della fascia di rispetto delle acque pubbliche da Regio Decreto 11/12/1933 (in rosso) di larghezza 150 mt rispetto al centro alveo secondo il Piano Paesaggistico PIT regionale in relazione all'area d'intervento. Si nota che l'intervento non interferisce con la fascia dei 150 mt del PIT, localizzata solo lungo il Fiume Elsa, e la disposizione dei pannelli sarà tale da non interferire con la fascia di rispetto dei 10 mt della LR 41 del 2018 che interessa il Torrente di Scarna e il suo affluente in destra idraulica denominato fosso MV47344 (si veda dettaglio in basso a destra)

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 14 di 101

In conclusione, sulla base di quanto raccolto in merito alla vincolistica di pericolosità e rischio vigenti nell'area d'impianto, anche in relazione alla delicatezza della zona di ubicazione dell'intervento in oggetto, situata nelle aree di pertinenza di una cassa di espansione in linea, si è proceduto ad effettuare uno specifico studio di pericolosità idrologico-idraulica del bacino del Torrente di Scarna chiuso in corrispondenza dell'opera in linea di regolazione delle portate, in modo da fornire gli elementi utili sulla compatibilità idraulica dell'intervento, sia in termini dei tiranti, che delle velocità di deflusso degli allagamenti attesi in relazione alle opere in progetto.

2.2 SOPRALLUOGO E STATO DI FATTO DELLE AREE

In seguito alle analisi cartografiche sullo stato dei luoghi, preliminarmente alla fase di studio e modellazione idrologica e idraulica, si è deciso di effettuare un sopralluogo in sito, in modo da evidenziare lo stato di fatto dei luoghi ed effettuare un rilievo del reticolo idraulico che insiste nell'area, dell'opera in linea di regolazione delle portate, funzionale all'entrata in funzione della cassa di espansione, delle arginature di contenimento perimetrali alla cassa stessa e dell'area di ubicazione dell'impianto in progetto, nonché di tutti gli elementi utili, in particolare nella successiva fase di definizione della geometria del modello idraulico.

In fase di sopralluogo, effettuato in data 5 marzo 2023, si è posta particolarmente attenzione sui seguenti aspetti ed elementi:

- L'ubicazione e le quote altimetriche qualitative dell'area d'impianto in relazione al percorso del Torrente di Scarna;
- La geometria e le caratteristiche di scabrezza della sezione defluente del Torrente di Scarna, a monte e a valle della cassa di espansione;
- Le caratteristiche geometriche della luce di fondo e del profilo di sfioro dell'opera di regolazione in linea delle portate;
- Le caratteristiche geometriche e il profilo sommitale delle arginature perimetrali di contenimento dei volumi della cassa di laminazione;
- Le saracinesche e gli scarichi di fondo, funzionali alla manutenzione post-evento delle aree adibite a cassa di espansione.

Si riporta in Figura 2.8 un inquadramento su ortofoto Google, utile all'individuazione delle posizioni a cui sono state scattate le fotografie di rilievo alla caratterizzazione dello stato di fatto dei luoghi.

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 15 di 101



Figura 2.8: Sopralluogo nell'area di ubicazione dell'impianto: reticolo idrico individuato in fase di sopralluogo e posizione delle fotografie nei punti di maggior rilievo ai fini delle analisi di modellazione idraulica



Figura 2.9: Sopralluogo nell'area di ubicazione dell'impianto, posizione 1: sezione defluente del Torrente di Scarna in prossimità dell'opera di regolazione in linea delle portate, vista da valle verso monte. Si notano le probabili recenti operazioni di pulizia e sfalcio dalla vegetazione


ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 16 di 101



Figura 2.10: Sopralluogo nell'area di ubicazione dell'impianto, posizione 1: sezione defluente del Torrente di Scarna in prossimità dell'opera di regolazione in linea delle portate, vista da monte verso valle, scatto aereo da drone. Si intuisce l'importante estensione dell'area adibita a cassa di espansione delle piene e si nota il fosso affluente in destra idraulica denominato MV47344



Figura 2.11: Sopralluogo nell'area di ubicazione dell'impianto, posizione 1: sezione defluente del Torrente di Scarna in prossimità dell'opera di regolazione in linea delle portate, vista da monte verso valle, scatto aereo da drone. Si intuisce l'altezza non trascurabile dei profili delle arginature perimetrali di contenimento dei volumi della cassa di laminazione


ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 17 di 101



Figura 2.12: Sopralluogo nell'area di ubicazione dell'impianto, posizione 2: dettaglio dell'opera di regolazione in linea delle portate, vista da monte verso valle. Si nota la luce di fondo rettangolare e la gaveta trapezoidale di sfioro



Figura 2.13: Sopralluogo nell'area di ubicazione dell'impianto, posizione 3: dettaglio dell'opera di regolazione in linea delle portate e degli scarichi di fondo con valvole a 'clapet' di non ritorno, vista da valle verso monte, scatto aereo da drone

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 18 di 101



Figura 2.14: Sopralluogo nell'area di ubicazione dell'impianto, posizione 3: dettaglio manufatto di uscita degli scarichi di fondo con valvole a 'clapet' di non ritorno, vista da valle verso monte



Figura 2.15: Sopralluogo nell'area di ubicazione dell'impianto, posizione 4: dettaglio manufatto d'ingresso degli scarichi di fondo, con saracinesche ad azionamento manuale, posto all'angolo nord-ovest dell'area adibita a cassa di espansione, altimetricamente più depressa


ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 19 di 101



Figura 2.16: Sopralluogo nell'area di ubicazione dell'impianto, posizione 5: dettaglio pendenza morfologica della cassa di espansione in direzione del manufatto d'ingresso degli scarichi di fondo, con saracinesche ad azionamento manuale, posto all'angolo nord-ovest dell'area adibita a cassa di laminazione, altimetricamente più depressa




Figura 2.17: Sopralluogo nell'area di ubicazione dell'impianto, posizione 6: sezione defluente del Torrente di Scarna a valle dell'opera di regolazione in linea delle portate, vista da valle verso monte, scatto aereo da drone. Si nota il manufatto d'uscita degli scarichi di fondo e la sezione defluente del torrente a valle della cassa di espansione

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 20 di 101

Il sopralluogo effettuato, oltre ad averci permesso di rilevare le dimensioni della sezione tipo del Torrente di Scarna e le geometrie delle opere funzionali all'entrata in funzione della cassa di espansione, ha condotto alle seguenti osservazioni qualitative utili nella successiva fase di modellazione idraulica:

- Le aree complessivamente appaiono in un buono stato di manutenzione, sia per quanto riguarda la sezione defluente del Torrente di Scarna, a monte e a valle dell'area d'intervento, che per la cassa di espansione e le sue opere accessorie, l'arginatura perimetrale di contenimento delle piene e l'opera di regolazione delle portate in linea;
- La cassa di espansione e le opere di pertinenza presentano geometrie ed estensioni importanti in relazione alla sezione incisa del Torrente di Scarna;
- La morfologia delle superfici ricadenti nelle aree di competenza della cassa di espansione presenta complessivamente pendenze in direzione dell'angolo nord-ovest, in sinistra idraulica al Torrente di Scarna, area di accumulo dei volumi, in cui sono posizionate le saracinesche manuali degli scarichi di fondo;
- L'area di ubicazione dell'intervento, ricadente nelle pertinenze della cassa di laminazione, in destra idraulica al Torrente di Scarna, presenta complessivamente quote altimetriche assolute maggiori rispetto al piano campagna in sinistra idraulica al Torrente;
- La morfologia dell'area di ubicazione dell'intervento appare percorsa da canali agricoli di scolo, paralleli tra loro, in direzione perpendicolare al Torrente di Scarna, di cui il più importante è il fosso denominato MV47344.

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 21 di 101


3. ANALISI IDROLOGICA

Ai fini della determinazione delle forzanti idrauliche caratteristiche, in termini di portate corrispondenti ai tempi di ritorno di 30 anni, 200 anni e 500 anni considerati in fase di modellazione, in ingresso nel tratto del Torrente di Scarna oggetto di analisi, si è proceduto dapprima ad uno studio idrologico del bacino sotteso alla sezione di chiusura in prossimità dell'area dell'intervento, considerata in corrispondenza dell'opera in linea di regolazione della cassa di espansione.

Per quanto concerne in particolare l'analisi pluviometrica, si è fatto riferimento a due metodologie distinte, per scegliere infine quella maggiormente cautelativa tra le due:

- La regionalizzazione delle piogge intense proposta nell'ambito del progetto *Valutazione Piene (VAPI)* del Gruppo Nazionale per la difesa delle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del CNR (1994), e nello specifico nella sezione relativa al *compartimento di Bologna-Ancona-Pisa*, che interessa i territori del centro Italia delle regioni Emilia-Romagna, Toscana e Marche, tra cui l'area del bacino di analisi;
- Alla regionalizzazione degli spessori di pioggia proposta dall'*Università degli Studi di Firenze*, Dipartimento di *Ingegneria Civile e Ambientale* dal titolo '*Analisi di Frequenza Regionale delle Precipitazioni Estreme*' per conto della *Regione Toscana*.

Si riporta di seguito (Figura 3.1) un inquadramento, su DEM idrologico della Regione Toscana a maglia 10 mt, del sottobacino del Torrente di Scarna oggetto di analisi, dell'opera in linea di regolazione della cassa di espansione nell'area oggetto d'intervento.

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 22 di 101

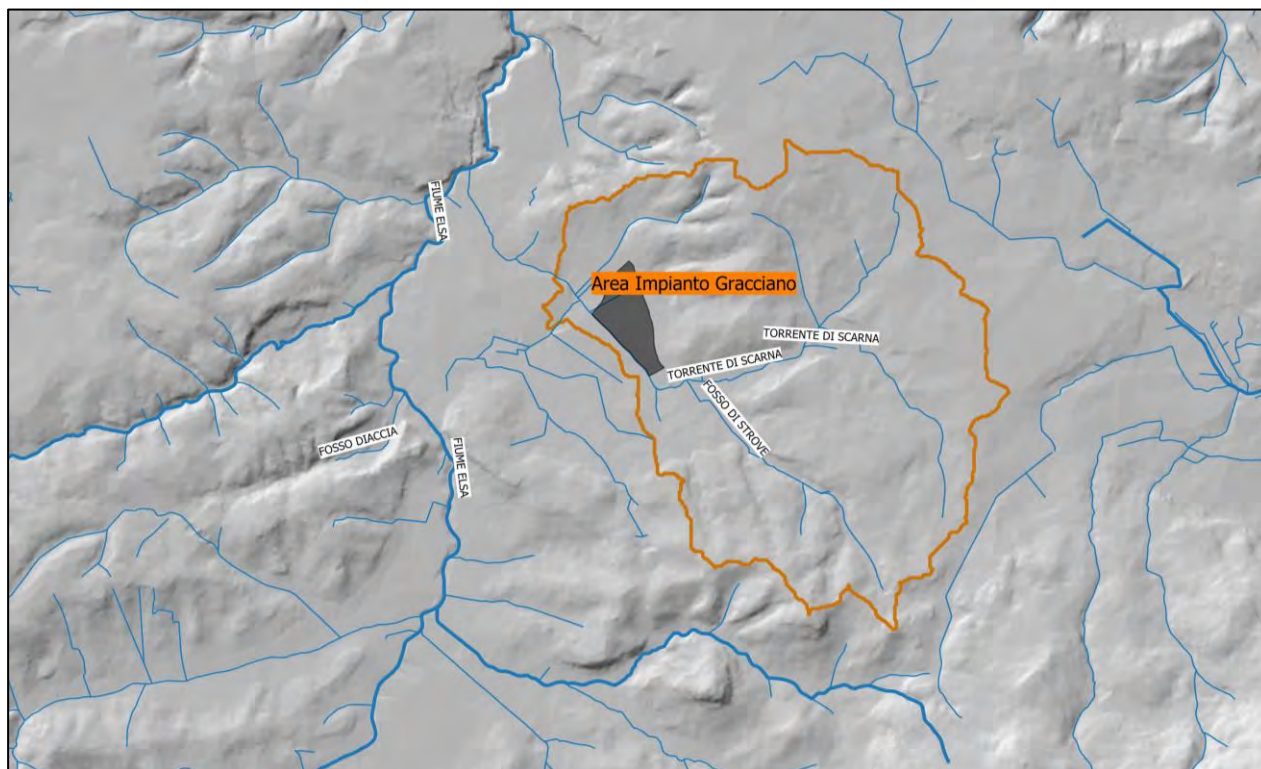



Figura 3.1: Inquadramento su DEM idrologico Regione Toscana (passo 10 mt) del bacino del Torrente di Scarna chiuso alla sezione di chiusura della cassa di espansione (in arancione) e del reticolo idrografico di riferimento

L'analisi idrologica verrà predisposta secondo i seguenti punti:

- Estrazione del reticolo e del bacino idrografico del Torrente di Scarna alla **sezione di chiusura dell'intervento** e definizione delle caratteristiche morfometriche del sottobacino;
- **Definizione degli spessori e delle intensità di pioggia critiche nell'area di interesse con il metodo di regionalizzazione VAPI;**
- **Definizione degli spessori e delle intensità di pioggia critiche nell'area di interesse con il metodo di regionalizzazione dell'Università degli Studi di Firenze – Regione Toscana;**
- Ricostruzione delle CPP e confronto dei risultati ottenuti attraverso le differenti regionalizzazioni;
- Definizione del coefficiente di deflusso del bacino alla **sezione di chiusura dell'intervento;**
- Calcolo del tempo di corrivazione del bacino alla **sezione di chiusura dell'intervento;**
- Calcolo delle portate di picco con il metodo razionale e definizione degli idrogrammi di piena per i differenti tempi di ritorno considerati.

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 23 di 101

3.1 ESTRAZIONE DEL BACINO IDROGRAFICO E DEFINIZIONE DEI PARAMETRI GEOMORFOLOGICI

Il primo passo dell'analisi idrologica è consistito nell'estrazione del bacino idrografico e del reticolo afferente alla sezione di chiusura della cassa di espansione in prossimità dell'intervento. L'analisi è stata effettuata con l'ausilio di algoritmi automatici di calcolo attraverso il software Q-GIS ed in particolare attraverso l'estensione SAGA, sulla base del DTM (Digital Terrain Model) idrologico della Regione Toscana a maglia 10 mt, e ha permesso di ricavare i parametri geomorfologici caratteristici del bacino individuato e dell'asta idrografica d'interesse.

Si riporta in Figura 3.2 l'inquadramento morfometrico del bacino idrografico del Torrente di Scarna alla sezione di chiusura in prossimità dell'intervento e il reticolo idrografico estratto, per cui si rimanda anche all'Allegato 3. Già da questa analisi si intuisce come la morfologia generale dell'area, complessivamente tende naturalmente a degradare in direzione nord - ovest, rispetto al tratto del Torrente di Scarna a valle della cassa di espansione.

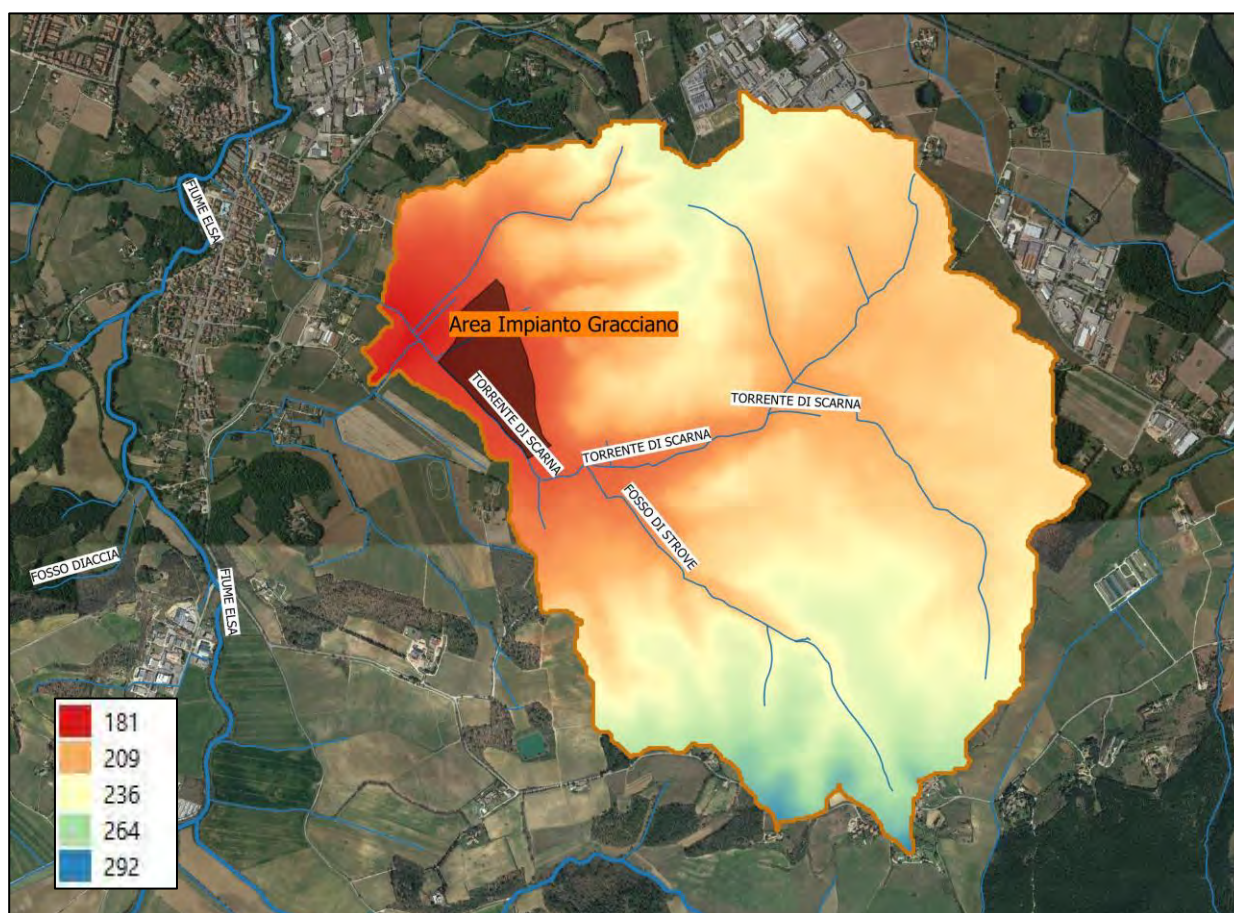



Figura 3.2: Analisi morfometrica in ambiente GIS su DEM Toscana 10 mt: estrazione del bacino del Torrente di Scarna e del reticolo idrografico alla sezione di chiusura della cassa di espansione (quote in m s.l.m.)

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 24 di 101

Si riportano in Tabella 3.3 i parametri morfometrici del bacino idrografico del Torrente di Scarna alla sezione di chiusura in prossimità dell'intervento alla sezione di chiusura dell'opera in linea della cassa di espansione.

CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE BACINO IDROGRAFICO					
Nome bacino	Superficie bacino a monte	Lunghezza asta principale	Quote bacino		Pendenza media asta principale
	[km ²]	[m]	Hmax [m slm]	Hmed [m slm]	[m/m]
Torrente di Scarna	6.47	3115	291.70	222.89	0.013

Tabella 3.3: Caratteristiche geomorfologiche del bacino idrografico del Torrente di Scarna chiuso in prossimità della sezione di chiusura dell'opera in linea della cassa di espansione, ubicazione dell'intervento in progetto

3.2 ANALISI DI REGIONALIZZAZIONE DELLE PIOGGE INTENSE SECONDO IL METODO VAPI

Nel presente paragrafo si andrà a ripercorrere brevemente la regionalizzazione delle piogge intense proposta nell'ambito del progetto *Valutazione Piene (VAPI)* del Gruppo Nazionale per la difesa delle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del CNR (1994), e nello specifico nella sezione relativa al *compartimento di Bologna – Ancona - Pisa*, che ha interessato gran parte del territorio del centro Italia, corrispondente alle regioni Emilia Romagna, Toscana e Marche, in cui ricade anche l'area del Comune di Colle Val d'Elsa, per poi andare a selezionare i parametri relativi all'area di studio, utili al calcolo delle intensità di pioggia critiche nel bacino oggetto di intervento.


3.2.1 Base dati pluviometrica utilizzata

L'area di indagine VAPI, per il compartimento in questione, **comprende parte dell'Emilia-Romagna e l'intera regione Marche (SIMN Bologna), gran parte della regione Toscana (SIMN Pisa), l'intera regione Umbria e parte della regione Lazio (SIMN Roma)**, ed è stata successivamente estesa ad alcuni bacini idrografici di **competenza dell'Ufficio** Idrografico del Po di Parma, così da ricoprire totalmente la regione Emilia-Romagna.

L'area interessata dagli studi, comprende globalmente i bacini idrografici affluenti in destra Po compresi tra lo Scrivia ed il Panaro (Ufficio Idrografico del Po di Parma), i bacini idrografici con foce in Adriatico compresi tra il fiume Reno ed il fiume Tronto (Compartimento SIMN di Bologna), **nonché quelli con foce in Tirreno tra il Serchio e l'Albegna** (Compartimento SIMN di Pisa) e tra il Marta a Nord ed il Tevere a Sud (Compartimento SIMN di Roma).

La rete pluviometrica cui si è fatto riferimento risulta composta da 1556 stazioni di misura con numerosità variabile da 1 a 72 anni, per 540 delle quali sono disponibili anche le osservazioni relative ai massimi annuali delle altezze di pioggia di durata inferiore al giorno, con numerosità variabile da 1 a 62 anni.

L'analisi statistica è stata condotta sulle stazioni con almeno 30 anni di osservazione, individuando così 792 stazioni di misura della precipitazione giornaliera (numerosità media campionaria 48 anni) e 240 delle piogge di durata 1-24 ore (numerosità media campionaria di 43 anni).

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 25 di 101

3.2.2 Variazione dei coefficienti di crescita con il tempo di ritorno: primo e secondo livello di regionalizzazione

Per la distribuzione di probabilità delle massime altezze di pioggia giornaliera, h_d , è stata adottata la *legge TCEV*, espressa nella forma:

$$P(h_d) = e^{-\Lambda_1 e^{-\frac{\beta h_d}{\mu_{hd}}}} - \Lambda^* \Lambda_1^{1/\Theta^*} e^{-\frac{\beta h_d}{\Theta^* \mu_{hd}}}$$

dove μ_{hd} è la media di h_d , Λ^* e Θ^* sono due parametri da cui dipende il coefficiente di asimmetria della distribuzione, Λ_1 è un parametro che insieme ai due precedenti determina il coefficiente di variazione, e β una funzione dei tre precedenti parametri.

Sostituendo nella precedente il *coefficiente di crescita*:

$$k = \frac{h_d}{\mu_{hd}}$$

si ottiene:

$$P(k) = e^{-\Lambda_1 e^{-\beta k}} - \Lambda^* \Lambda_1^{1/\Theta^*} e^{-\frac{\beta}{\Theta^*} k}$$

che in forma implicita fornisce la curva di crescita $k(T)$ della variabile h_d , dove T è il tempo di ritorno di h_d :


$$T = \frac{1}{1 - P(k)}$$

La $P(k)$ non è purtroppo esplicitabile in forma esatta, ma può essere invertita con un'espressione approssimata, valida per:

$$0,1 \leq \Lambda^* \leq 0,9$$

$$1,1 \leq \Theta^* \leq 10$$

L'**analisi pluviometrica**, delle piogge giornaliere, inizialmente svolta da Franchini e Galeati [1994] in riferimento al compartimento SIMN di Bologna ha portato all'**identificazione di 2 sotto zone omogenee (SZO)**, una zona costiera ed una zona appenninica, la cui omogeneità in senso statistico è stata confermata in un successivo studio da Brath et al. [1998]. Tale studio, come già precedentemente ricordato, si estende anche ai bacini idrografici di competenza dei SIMN di Pisa e Roma. Esso ha portato alla **identificazione nell'ambito delle regioni Toscana, Umbria e Lazio di due ulteriori**

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 26 di 101

SZO: la prima include la zona tirrenica costiera e parte della vallata del Tevere, mentre la seconda i contrafforti appenninici lungo il versante tirrenico. Un più recente studio, che integra i precedenti dati pluviometrici con quelli relativi ai bacini idrografici in destra Po compresi tra lo Scrivia e il Panaro (cfr. Brath e Franchini, 1999), ha infine condotto ad una leggera modifica nella suddivisione delle 2 SZO omogenee individuate sul versante adriatico ed alla delimitazione di 3 ulteriori SZO nel territorio di competenza dell'Ufficio Idrografico del Po di Parma.

L'intero territorio indagato risulta in definitiva, al primo e secondo livello di regionalizzazione, suddiviso in 7 sottozone SZO omogenee (rappresentate nella seguente Figura 3.4) nei confronti delle precipitazioni intense, in cui l'ipotesi della costanza del coefficiente di variazione e del coefficiente di asimmetria può essere accettata e le cui curve di crescita, che determinano in maniera univoca il legame fra periodo di ritorno T e valore del coefficiente probabilistico di crescita K_T sono rappresentate dalla relazione:

$$T = \frac{1}{1 - F_k(k)} = \frac{1}{1 - \exp(-\Lambda_1 e^{-\eta k} - \Lambda_2 \Lambda_1^{1/\beta_2} e^{-\eta k/\beta_2})}$$

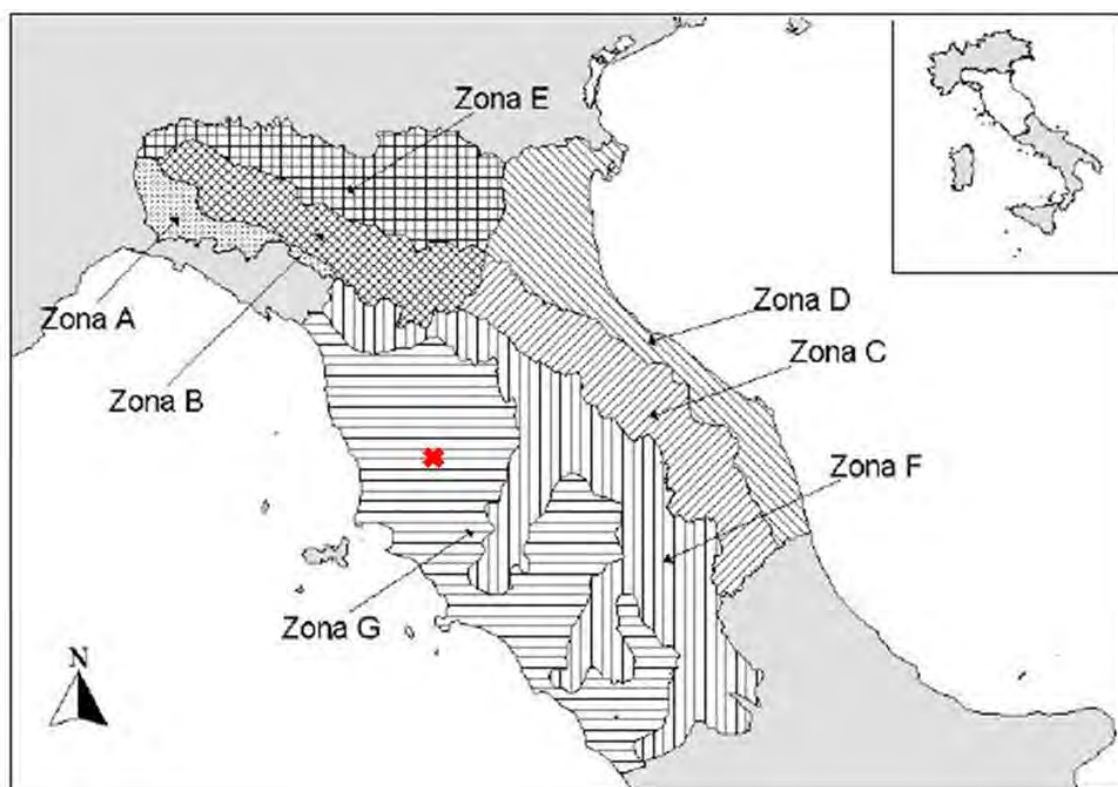



Figura 3.4: Sottozone omogenee VAPI compartimento di Bologna – Ancona - Pisa, primo e secondo livello di regionalizzazione: l'area risulta suddivisa in 7 SZO il Comune **Colle Val d'Elsa** di ubicazione dell'intervento si trova nella sottozona G (segnalino in rosso). (Fonte: GNDCl Linea 1. Rapporto di sintesi sulla valutazione delle piene in Italia. Sintesi del rapporto Regionale per i compartimenti di Bologna, Pisa, Roma e zona emiliana del bacino del Po)

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 27 di 101

I parametri Λ^* e θ^* , determinati al *primo livello di regionalizzazione*, e i parametri Λ_1 e η , determinati al *secondo livello di regionalizzazione*, per le sette sottozone, in relazione alle *precipitazioni giornaliere* sono indicati nella Tabella 3.5 seguente.

Sottozona	Λ^*	θ^*	Λ_1	η
A	0.109	2.361	24.70	4.001
B	1.528	1.558	39.20	5.335
C	1.528	1.558	25.70	4.913
D	0.361	2.363	29.00	4.634
E	0.044	3.607	30.45	4.135
F	0.144	2.042	33.03	4.321
G	0.221	3.322	30.78	4.628


Tabella 3.5: Parametri di distribuzione del primo e del secondo livello di regionalizzazione (Metodo VAPI) per le precipitazioni giornaliere. Evidenziati in rosso quelli relativi alla sottozona G dell'area oggetto d'intervento. (Fonte: GNDCI Linea 1. Rapporto di sintesi sulla valutazione delle piene in Italia. Sintesi del rapporto Regionale per i compartimenti di Bologna, Pisa, Roma e zona emiliana del bacino del Po)

Per quanto riguarda le piogge brevi (1 – 24 ore), le analisi dei massimi annuali rilevati alle 240 stazioni di misura disponibili hanno evidenziato che l'ipotesi solitamente assunta di un *fattore probabilistico di crescita* K_T costante al variare della durata di pioggia non risulta soddisfatto in 5 delle 7 SZO.

Basandosi sia su risultati di carattere statistico sia su considerazioni legate alla applicabilità, quali limitare il numero di parametri di stima e porsi comunque, nei casi incerti, in condizioni conservative, in queste 5 SZO sono stati stimati, per le diverse durate, tutti o alcuni dei parametri descrittivi delle relative curve di crescita.

I parametri ottenuti per le *precipitazioni brevi (subgiornaliere)* sono riportati nella seguente Tabella 3.6.


L'esame dei valori in Tabella 3.6 evidenzia che, in particolare per le SZO B, C ed E, il parametro di scala Λ_1 aumenta con l'aumentare della durata: questo implica che, a parità di parametri di forma e di periodo di ritorno, il *coefficiente probabilistico di crescita* K_T per le piogge di breve durata è superiore a quello mostrato per le piogge giornaliere. Al contrario, nelle SZO F e G, l'uso dei valori di K_T ricavati sulla base delle piogge di durata 24 ore risulta leggermente conservativo.

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	

Sottozona	Λ_*	θ_*	Λ_1	η	durata (ore)
A	0.109	2.361	24.70	4.001	Tutte
B	1.528	1.558	13.65	4.280	1
			19.35	4.629	3
			26.20	4.932	6
			39.20	5.335	≥12 e 1g
C	1.528	1.558	13.65	4.280	1
			14.70	4.354	3
			20.25	4.674	6
			25.70	4.913	≥12 e 1g
D	0.361	2.363	29.00	4.634	Tutte
E	0.044	3.607	13.60	3.329	1
			19.80	3.704	3
			23.65	3.882	6
			30.45	4.135	≥ 12 e 1g
F	0.073	1.406	21.01	3.713	1
	0.144	2.042	33.03	4.321	≥ 3 e 1g
G	0.131	1.820	16.28	3.571	1
	0.770	2.391	24.71	5.140	3
	0.380	2.592	26.21	4.633	6
	0.303	2.799	30.01	4.680	12
	0.221	3.322	30.78	4.628	24 e 1g

Tabella 3.6: Parametri di distribuzione del primo e del secondo livello di regionalizzazione (Metodo VAPI) per le precipitazioni brevi (subgiornaliere). Evidenziati in rosso quelli relativi alla sottozona G dell'area oggetto d'intervento. (Fonte: GNDCI Linea 1. Rapporto di sintesi sulla valutazione delle piene in Italia. Sintesi del rapporto Regionale per i compartimenti di Bologna, Pisa, Roma e zona emiliana del bacino del Po)

Per un agevole utilizzo operativo delle curve di crescita occorrerebbe disporre della forma inversa della precedente relazione tra *periodo di ritorno T* e valore del *coefficiente probabilistico di crescita K_T* tramite la quale, fissato il valore *T* di interesse, ricavare il corrispondente valore del coefficiente K_T . Poiché per la distribuzione TCEV tale relazione non è analiticamente ottenibile, nella seguente Tabella 3.7 sono riportati i valori di K_T ottenuti numericamente per i valori del periodo di ritorno di maggior interesse pratico.

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 29 di 101

T (anni)	2	5	10	20	25	40	50	100	200	500	1000
SZO A	0.93	1.24	1.46	1.70	1.78	1.95	2.04	2.34	2.68	3.18	3.57
SZO B	1.01	1.30	1.51	1.71	1.77	1.90	1.97	2.17	2.37	2.63	2.83
SZO C	1.01	1.33	1.55	1.77	1.84	1.98	2.05	2.27	2.48	2.77	2.99
SZO D	0.87	1.19	1.44	1.72	1.82	2.02	2.13	2.45	2.79	3.23	3.57
SZO E	0.93	1.22	1.43	1.64	1.72	1.89	1.98	2.32	2.78	3.53	4.13
SZO F	0.93	1.23	1.43	1.65	1.72	1.87	1.95	2.20	2.47	2.86	3.17
SZO G	0.88	1.22	1.50	1.87	2.01	2.32	2.47	2.96	3.46	4.12	4.61

Tabella 3.7: Valori teorici del coefficiente probabilistico di crescita K_T per le piogge giornaliere, per alcuni valori del periodo di ritorno T . (Metodo VAPI). Evidenziati in rosso quelli relativi all'area di intervento. (Fonte: GNDCI Linea 1. Rapporto di sintesi sulla valutazione delle piene in Italia. Sintesi del rapporto Regionale per i compartimenti di Bologna, Pisa, Roma e zona emiliana del bacino del Po)

Nelle pratiche approssimazioni, è possibile anche fare riferimento alla seguente espressione semplificata:

$$K_T = \left(\frac{\theta_* \ln \Lambda_*}{\eta} + \frac{\ln \Lambda_1}{\eta} \right) + \frac{\theta_*}{\eta} \ln T$$

che, sostituendo gli opportuni valori dei parametri, conduce alle seguenti espressioni approssimate:

$$\text{SZO A: } K_T = -0.5064 + 0.590 \ln T$$

$$\text{SZO B: } K_T = 0.8115 + 0.292 \ln T$$

$$\text{SZO C: } K_T = 0.7952 + 0.317 \ln T$$

$$\text{SZO D: } K_T = 0.2071 + 0.510 \ln T$$


$$\text{SZO E: } K_T = -1.8986 + 0.872 \ln T$$

$$\text{SZO F: } K_T = -0.1064 + 0.473 \ln T$$

$$\text{SZO G: } K_T = 0.3431 + 0.718 \ln T$$

3.2.3 Legge regionale per la valutazione della grandezza indice: terzo livello di regionalizzazione

Al terzo livello di regionalizzazione sono state individuate delle zone omogenee in cui vale l'ipotesi che la media del **massimo annuale dell'altezza puntuale di pioggia giornaliera** m_g , che prende il nome di pioggia indice, sia legata alla **media del massimo annuale dell'altezza puntuale di pioggia oraria** m_l secondo una relazione del tipo:

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 30 di 101

$$m(h_d) = m(h_1) \cdot d^n$$

$$n = (\text{Ln}[m(h_2)] - \text{Ln}[m(h_1)] - \text{Ln } r) / \text{Ln } 24$$

in cui:

$m(h_d)$ = media del massimo annuale dell'altezza puntuale di precipitazione di durata d (ore);

$m(h_2)$ = media del massimo annuale dell'altezza puntuale di precipitazione giornaliera;

$m(h_1)$ = media del massimo annuale dell'altezza puntuale di precipitazione in 1 ora;

r = $m(h_2) / m(h_{24}) = 0.89$ nella regione esaminata

Per una pratica applicazione delle precedenti, vengono fornite le mappe isoparametriche di m_g e di m_I per l'intero territorio di indagine (vedi Brath e Franchini [1999] per le SZO A, B, C, D, E, e Brath et al. [1998] per le SZO G e F) e riportate nelle seguenti Figura 3.8 e 3.9.



Figura 3.8: Terzo livello di regionalizzazione: distribuzione delle isolinee del parametro medio di pioggia massima giornaliera m_g e individuazione dell'area d'intervento nel Comune di Colle Val d'Elsa. (Fonte: Valutazione delle piogge intense nell'Italia Centrosettentrionale, Brath, Franchini, Galeati, 1998)

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 31 di 101

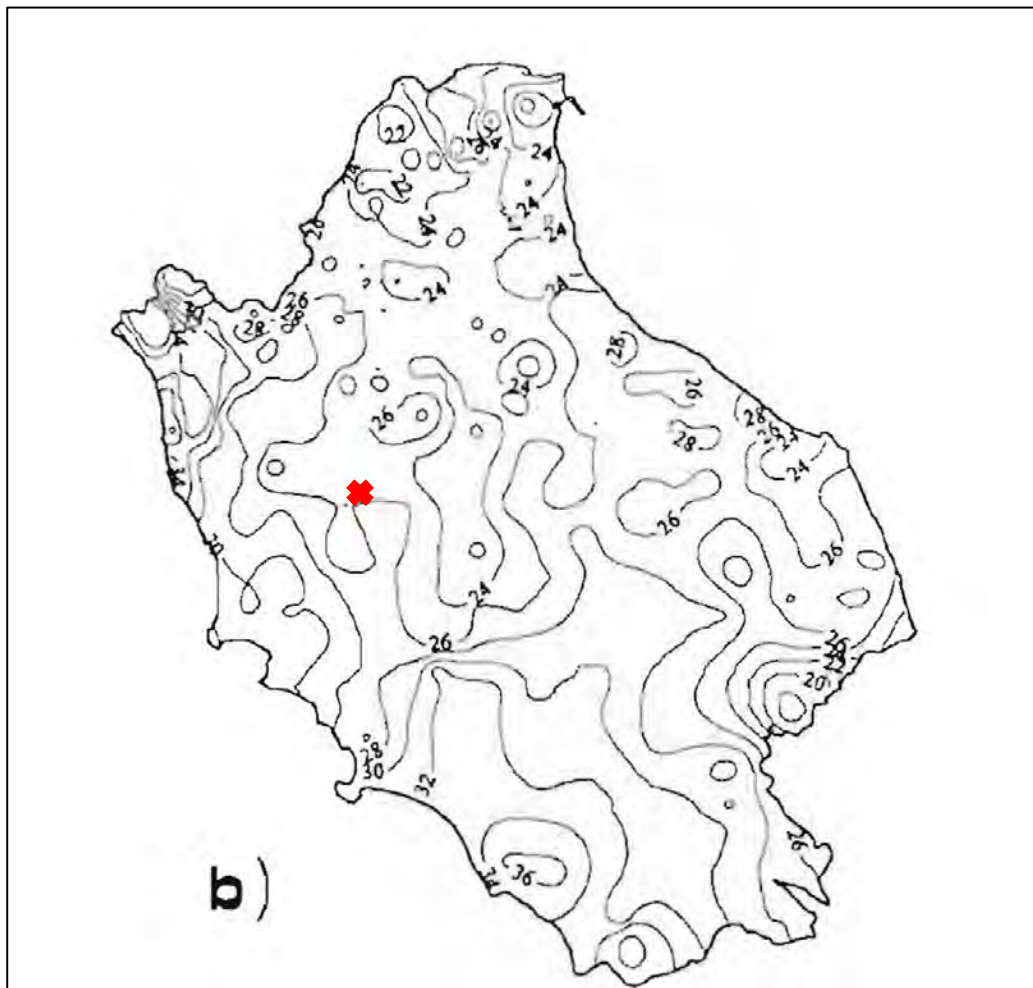



Figura 3.9: Terzo livello di regionalizzazione: distribuzione delle isolinee del parametro medio di pioggia massima giornaliera m_1 e individuazione dell'area d'intervento nel Comune di Colle Val d'Elsa. (Fonte: Valutazione delle piogge intense nell'Italia Centrosettentrionale, Brath, Franchini, Galeati, 1998)

Si riportano in Tabella 3.10 i due parametri delle piogge medie massime, orarie m_1 e giornaliera m_g , estratte dalle precedenti mappe isoparametriche per l'area oggetto d'intervento, ubicata nel Comune di Colle Val d'Elsa.

m_1	m_g
26	60

Tabella 3.10: Terzo livello di regionalizzazione: definizione dei parametri delle piogge medie massime, orarie m_1 e giornaliera m_g , per l'area d'intervento ubicata nel Comune di Colle Val d'Elsa

La stima dell'altezza di precipitazione puntuale di durata d e tempo di ritorno T si ottiene moltiplicando il fattore di crescita opportuno K_T , per la precipitazione indice m_d deducibile tramite la precedente relazione.

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 32 di 101

3.2.4 Stima degli spessori e delle intensità di pioggia relativi all'area di intervento con il metodo VAPI

Una volta analizzati i principi alla base del metodo di regionalizzazione VAPI, si è passati al calcolo degli spessori e delle intensità di pioggia per il bacino del **Torrente di Scarna** oggetto dell'intervento.

La stazione pluviometrica di riferimento per l'area d'intervento è quella di Scorgiano, posta a quota $z = 234 \text{ m s.l. m.}$, di cui si riportano i dati identificativi (Tabella 3.11) e una fotografia (Figura 3.12), tratte dalla monografia di riferimento fornita dal *Settore Idrologico e Geologico della Regione Toscana*.

Stazione	
Codice:	378
Nome:	Scorgiano [TOS11000025]
Tipo:	04-Stazioni RASIRT F2
Modello:	ETG/Arsia
Status:	Regolare
Contatto:	
Locazione:	SI Monteriggioni
	La stazione si trova in
Longitudine:	11.15048
Latitudine:	43.36610
Altitudine:	
Note:	



Regione Toscana
Diritti Valori Innovazione Sostenibilità

Tabella 3.11: Anagrafica stazione pluviometrica di Scorgiano (Fonte: monografia stazione pluviometrica Settore Idrologico e Geologico della Regione Toscana)



Figura 3.12: Sito di installazione stazione pluviometrica di Scorgiano (Fonte: monografia stazione pluviometrica Settore Idrologico e Geologico della Regione Toscana)

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 33 di 101

L'area in questione ricade, secondo il metodo VAPI nella zona G sulla base di ciò è possibile definire:

- dal *primo livello di regionalizzazione* i parametri Λ^* e Θ^* della distribuzione di probabilità (SZO G);
- dal *secondo livello di regionalizzazione* i parametri $\Lambda 1$ e η della distribuzione di probabilità (SZO G) e quindi ricavare i fattori di crescita K_T per piogge di durata giornaliera o subgiornaliera;
- dal *terzo livello di regionalizzazione* i parametri m_g e m_1 dei parametri medi di pioggia massima puntuali per l'area d'intervento.

Si riportano di seguito i parametri della distribuzione di probabilità calcolati per interpolazione delle piogge intense subgiornaliere secondo il *primo* (Tabella 3.13) e il *secondo livello* (Tabella 3.14) della regionalizzazione VAPI nell'area d'intervento nel Comune di Colle Val d'Elsa.

METODO VAPI: PARAMETRI DISTRIBUZIONE DI PROBABILITA' REGIONALIZZAZIONE PIOGGE INTENSE									
Stazione pluviometrica di riferimento					Quota stazione z [m s.l.m.]				
378 – Scorgiano [TOS11000025]					234				
Primo e secondo livello di regionalizzazione: zona G									
Parametri distribuzione					Fattore di crescita K_T per piogge brevi di durata subgiornaliera al variare del tempo di ritorno T_r [anni]				
Durata t [ore]	Λ^*	Θ^*	$\Lambda 1$	η	30	50	100	200	500
0.5	0.120	1.420	12.28	3.471	1.25	1.46	1.74	2.02	2.40
1	0.131	1.820	16.28	3.571	1.48	1.74	2.09	2.45	2.91
3	0.770	2.391	24.71	5.140	2.08	2.32	2.64	2.97	3.39
6	0.380	2.596	26.21	4.633	2.07	2.35	2.74	3.13	3.65
12	0.303	2.799	30.01	4.680	2.05	2.35	2.77	3.18	3.73
24	0.221	3.322	30.78	4.628	2.10	2.46	2.96	3.46	4.12

Tabella 3.13: Metodo VAPI: parametri distribuzione di probabilità regionalizzazione piogge intense sul bacino del Torrente di Scarna, in relazione alle aree climatiche omogenee, e calcolo del fattore di crescita per piogge subgiornaliere al variare della durata e del tempo di ritorno dell'evento. L'area di interesse ricade in zona G Tirrenica al primo e al secondo livello di regionalizzazione, la stazione di riferimento è quella di Scorgiano

METODO VAPI: PARAMETRI DISTRIBUZIONE DI PROBABILITA' REGIONALIZZAZIONE PIOGGE INTENSE										
Stazione pluviometrica di riferimento					Quota stazione z [m s.l.m.]					
378 – Scorgiano [TOS11000025]					234					
Terzo livello di regionalizzazione: area impianto Gracciano di Val d'Elsa										
Parametri isolinee area impianto Gracciano					Spessori pioggia h [mm] per differenti tempi di ritorno dell'evento T_r [anni]					
Durata t [ore]	m_g	m_1	r	n	m_d	30	50	100	200	500
0.5	60	26	0.89	0.299 8	21.12	26.33	30.74	36.73	42.72	50.64
1					26.00	38.45	45.22	54.40	63.59	75.73
3					36.14	75.34	83.93	95.58	107.24	122.64
6					44.49	92.03	104.77	122.05	139.33	162.17
12					54.77	112.10	128.83	151.54	174.24	204.25
24					67.42	141.46	166.18	199.72	233.26	277.60

Tabella 3.14: Metodo VAPI: parametri distribuzione di probabilità regionalizzazione piogge intense sul bacino del Torrente di Scarna, in relazione alle aree climatiche omogenee, e calcolo degli spessori di pioggia subgiornaliere al variare della durata e del tempo di ritorno dell'evento. Valori dei parametri del terzo livello della regionalizzazione sulla base delle isolinee climatiche nella sottozona dell'area dell'impianto di Gracciano Val d'Elsa, la stazione di riferimento è quella di Scorgiano

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 34 di 101

In definitiva si ottengono le seguenti intensità di pioggia $i_t(T)$ al variare della durata t e del tempo di ritorno Tr dell'evento per l'area del bacino del Torrente di Scarna oggetto d'intervento (Tabella 3.15).

METODO VAPI						
Stazione di Scorgiano (zona G, sottozona impianto Gracciano Val d'Elsa): intensità di pioggia i [mm/ore] per differenti durate e tempi di ritorno dell'evento						
Tr	Durata t [ore]					
[anni]	0.5	1	3	6	12	24
30	52.66	38.45	25.11	15.34	9.34	5.89
50	61.49	45.22	27.98	17.46	10.74	6.92
100	73.47	54.40	31.86	20.34	12.63	8.32
200	85.45	63.59	35.75	23.22	14.52	9.72
500	101.28	75.73	40.88	27.03	17.02	11.57

Tabella 3.15: Metodo VAPI: intensità di pioggia per differenti durate (0.5, 1, 3, 6, 12 e 24 ore) e tempi di ritorno (30, 50, 100, 200 e 500 anni) dell'evento nel bacino del Torrente di Scarna, ricavate sulla base dei parametri di regionalizzazione con stazione di riferimento di Scorgiano (zona G, sottozona area impianto Gracciano Val d'Elsa)

Considerando la nota relazione tra intensità e spessore di pioggia:


$$h_t(T) = i_t(T) \times t$$

Si ricavano gli spessori di pioggia $h_t(T)$ corrispondenti al variare della durata t e del tempo di ritorno T dell'evento per l'area del bacino del Torrente di Scarna oggetto d'intervento (Tabella 3.16).

METODO VAPI						
Stazione di Scorgiano (zona G, sottozona impianto Gracciano Val d'Elsa): spessori di pioggia h [mm] per differenti durate e tempi di ritorno dell'evento						
Tr	Durata t [ore]					
[anni]	0.5	1	3	6	12	24
30	26.33	38.45	75.34	92.03	112.10	141.46
50	30.74	45.22	83.93	104.77	128.83	166.18
100	36.73	54.40	95.58	122.05	151.54	199.72
200	42.72	63.59	107.24	139.33	174.24	233.26
500	50.64	75.73	122.64	162.17	204.25	277.60

Tabella 3.16: Metodo VAPI: spessori di pioggia per differenti durate (0.5, 1, 3, 6, 12 e 24 ore) e tempi di ritorno (30, 50, 100, 200 e 500 anni) dell'evento nel bacino del Torrente di Scarna, ricavate sulla base dei parametri di regionalizzazione con stazione di riferimento di Scorgiano (zona G, sottozona area impianto Gracciano Val d'Elsa)

E infine, graficando gli spessori di pioggia al variare della durata t e del tempo di ritorno Tr dell'evento, per interpolazione si ricavano le CPP (*Curve di Probabilità pluviometriche*) associate all'area d'intervento di Gracciano Val d'Elsa nel bacino del Torrente di Scarna.

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 35 di 101

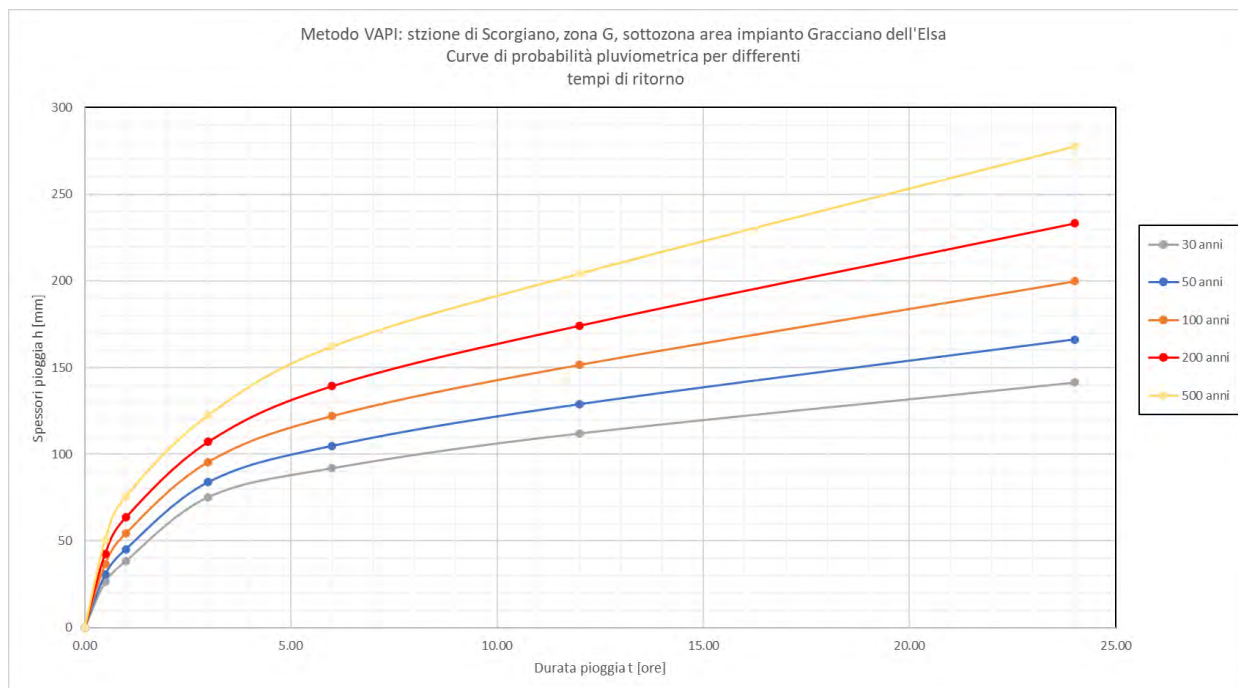


Figura 3.17: Metodo VAPI: curve di possibilità pluviometriche per differenti tempi di ritorno (30, 50, 100, 200 e 500 anni) dell'evento nel bacino del Torrente di Scarna, ricavate sulla base dei parametri di regionalizzazione con stazione di riferimento di Scorgiano (zona G, sottozona area impianto Gracciano Val d'Elsa)

3.3 ANALISI DI REGIONALIZZAZIONE DELLE PIOGGE INTENSE SECONDO IL METODO DELL'UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FIRENZE – REGIONE TOSCANA

Nel presente paragrafo si andranno a ricavare gli spessori e le intensità di pioggia secondo la regionalizzazione proposta dall'Università degli Studi di Firenze – Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale realizzata nell'ambito dell'accordo su Attività di ricerca per la mitigazione del rischio idraulico con la Regione Toscana e descritta nel documento 'Analisi di Frequenza Regionale delle Precipitazioni Estreme', completo di guida all'utilizzo dei risultati. Questa regionalizzazione, basata su valori di precipitazioni registrati nel periodo compreso tra il 1916 e il 2012, in 795 stazioni pluviometriche per le piogge giornaliere e in 540 stazioni per quelle orarie, copre tutto il territorio della Regione Toscana, tra cui anche l'area d'interesse per l'impianto in progetto.

Si procederà dapprima con una breve descrizione della metodologia di regionalizzazione tratta dalle linee guida ai risultati dello studio, per poi andare a selezionare i parametri relativi all'area d'interesse, utili al calcolo delle intensità di pioggia critiche nel bacino oggetto di intervento.

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 36 di 101

3.3.1 Descrizione della metodologia della regionalizzazione e dei risultati ottenuti

Il problema della stima di eventi estremi di precipitazione, come l'altezza massima di pioggia caratterizzata da un assegnato tempo di ritorno, in bacini idrografici non strumentati o non provvisti di una serie temporale affidabile di dati, può essere affrontato con metodologie diverse, tra cui la più robusta e più utilizzata a livello scientifico e tecnico è l'analisi di frequenza regionale. Tale approccio consente di utilizzare contemporaneamente l'intera informazione pluviometrica disponibile per le diverse stazioni pluviometriche presenti sul territorio di una regione riducendo così l'incertezza associata alla disomogeneità delle serie storiche osservate nei diversi siti di misura.

Il primo passo in una procedura di regionalizzazione è l'individuazione di regioni omogenee, all'interno delle quali le grandezze, o meglio le loro distribuzioni di frequenza, hanno alcune caratteristiche comuni. In questa analisi per la stima della variabile casuale h_t , massimo annuale dell'altezza di pioggia di durata t , è stato utilizzato un metodo basato sulla legge di distribuzione probabilistica TCEV *Two-Component Extreme Value* secondo un approccio gerarchico a tre livelli. La legge probabilistica TCEV è una distribuzione a quattro parametri, composta dal prodotto di due distribuzioni a valori estremi del I tipo (EV1) e la sua funzione di probabilità cumulata (CDF - Cumulative Distribution Function) è data da:


$$F_x(x) = \exp \left\{ -\Lambda_1 \exp \left(-\frac{x}{\theta_1} \right) - \Lambda_2 \exp \left(-\frac{x}{\theta_2} \right) \right\} \quad \text{per } x \geq 0$$

nella quale i parametri Λ_1 e Λ_2 (con $\Lambda_1 > \Lambda_2 \geq 0$) rappresentano il numero medio annuo di eventi relativi rispettivamente alla componente di base e alla componente eccezionale, mentre i parametri θ_1 e θ_2 (con $\theta_2 > \theta_1 > 0$) rappresentano il rispettivo valore medio di tali eventi.

Al primo livello di regionalizzazione si individuano una o più zone omogenee all'interno delle quali si può ammettere costante il coefficiente di asimmetria teorico G e conseguentemente i parametri Λ^* e θ^* della CDF della TCEV espressa in funzione della variabile ridotta y , dove i parametri Λ^* e θ^* sono definiti come:

$$\theta^* = \theta_2 / \theta_1 \quad \text{e} \quad \Lambda^* = \Lambda_2 / \Lambda_1^{\theta^*}$$

Al secondo livello di regionalizzazione si individuano delle sottozone omogenee nelle quali si può ritenere costante, oltre al coefficiente di asimmetria teorico, anche il coefficiente di variazione teorico C_v e quindi anche il parametro Λ_1


ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 37 di 101

della *CDF* della *TCEV* espressa in funzione della variabile ridotta y . In questo modo la distribuzione di probabilità della variabile adimensionale x' , e dunque anche il fattore di crescita $x'(F) = K_T$, risultano costanti in ogni sottozona omogenea. **L'estensione della sottozona, in caso di elevata omogeneità dei dati, può coincidere con quella della zona omogenea che la contiene.**

Al terzo livello di regionalizzazione si individuano infine delle **aree omogenee all'interno** delle quali si ricercano delle relazioni tra la pioggia indice μ e le caratteristiche geografiche del sito.

L'area di studio della regionalizzazione comprende i bacini idrografici dei corsi d'acqua principali della Regione Toscana, **come l'Arno, il Serchio e l'Ombrone Grossetano, bacini più piccoli di fiumi della costa tirrenica, il bacino attiguo del fiume Magra e alcuni sottobacini idrografici dei fiumi Tevere e Fiora.** Una volta validato il set dei dati è stata ottenuta la consistenza definitiva delle serie temporali di valori annui di pioggia massima.

Tra le varie ipotesi di suddivisione in regioni omogenee del territorio di studio è stata scelta, dopo opportune verifiche, quella in *4 regioni: NORD-TIRRENICA, NORD-OVEST, APPENNINO-AMIATA, CENTRO-SUD* (riportate in Figura 3.18) coincidenti con le *4 subregioni*. Per ogni regione è stata determinata una curva di crescita per le precipitazioni giornaliere e, quando questa non sia risultata indicativa dell'andamento della distribuzione di frequenza cumulata sperimentale delle piogge a livello orario, si è proceduto ad una stima diretta della curva di crescita per ciascun valore di durata. Dal confronto tra le curve di crescita teoriche del modello *TCEV* dedotte su base oraria e i dati sperimentali delle altezze di pioggia di durata 30' con più di 30 anni di dati, è emersa la possibilità di rappresentare i valori sub-orari con la distribuzione *TCEV* valida per 1h. Per la determinazione della *pioggia indice* per ogni regione omogenea e per ogni durata di pioggia è stato utilizzato un modello multivariato, funzione di caratteristiche climatiche e geo-morfologiche.

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 38 di 101

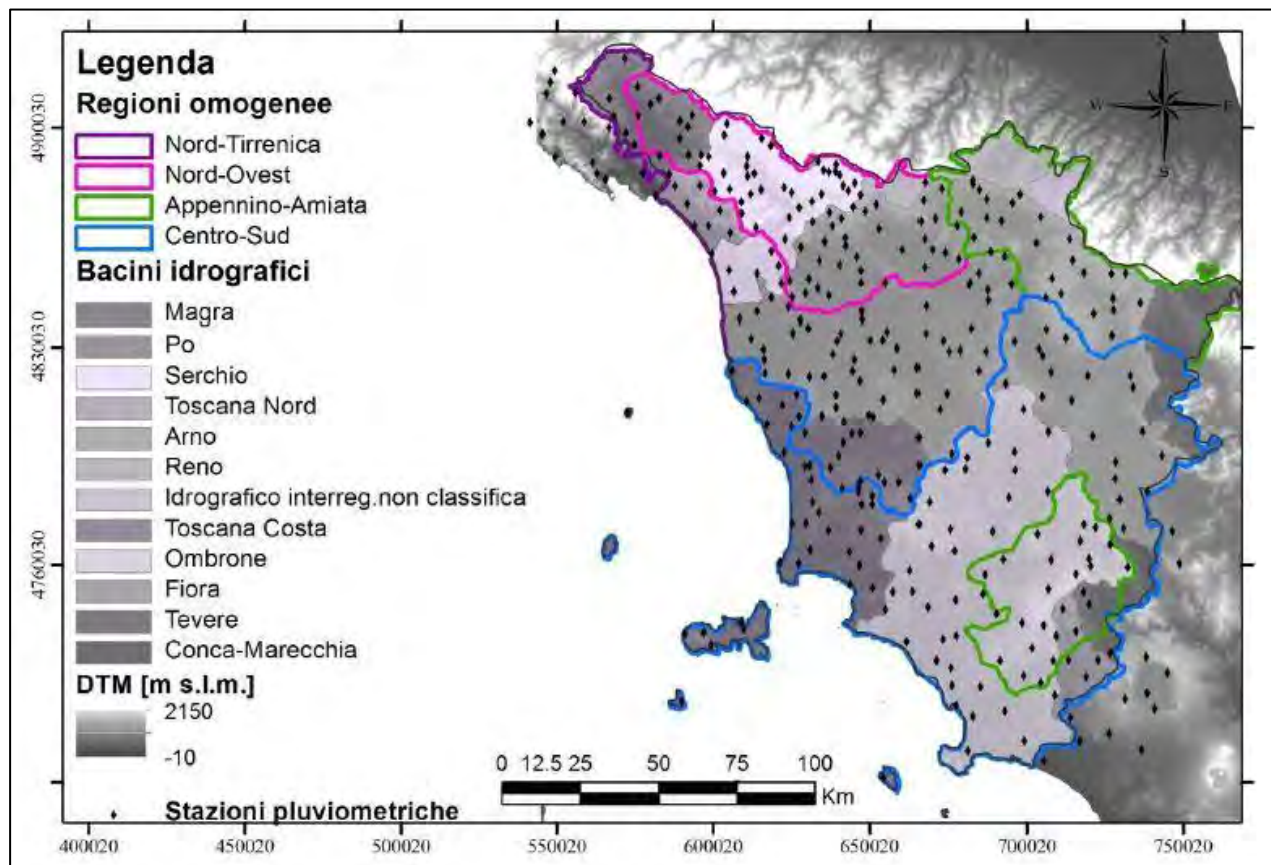



Figura 3.18: *Suddivisione dell'area di analisi della regionalizzazione in regioni omogenee. In figura sono rappresentate le regioni statisticamente omogenee e le 351 stazioni pluviometriche con più di 30 anni di dati, utilizzate. In secondo piano è presente la divisione in bacini idrografici e il modello digitale del terreno (DTM). (Fonte: 'Analisi di Frequenza Regionale delle Precipitazioni Estreme', Attività di ricerca per la mitigazione del rischio idraulico nella Regione Toscana, dall'Università degli Studi di Firenze – Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, 2014)*

Per quanto riguarda i risultati ottenuti, la stime delle altezze di pioggia per le diverse durate caratteristiche (1, 3, 6, 12 e 24 ore e giornaliera) e i diversi tempi di ritorno fissati (2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 150, 200 e 500 anni), sono state ottenute come prodotto dei valori della *pioggia indice* μ per le diverse durate e i *fattore di crescita adimensionale* K_T per i diversi tempi di ritorno validi per ognuna delle 4 regioni rappresentate nella precedente Figura 3.18.

Per le durate caratteristiche, tra i risultati sono presenti le griglie di risoluzione 1 km dei valori estremi delle altezze di pioggia, per i tempi di ritorno. In Figura 3.19, a titolo di esempio, sono riportate le altezze di pioggia per il tempo di ritorno 200 anni e durate 1 ora e 24 ore.

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 39 di 101

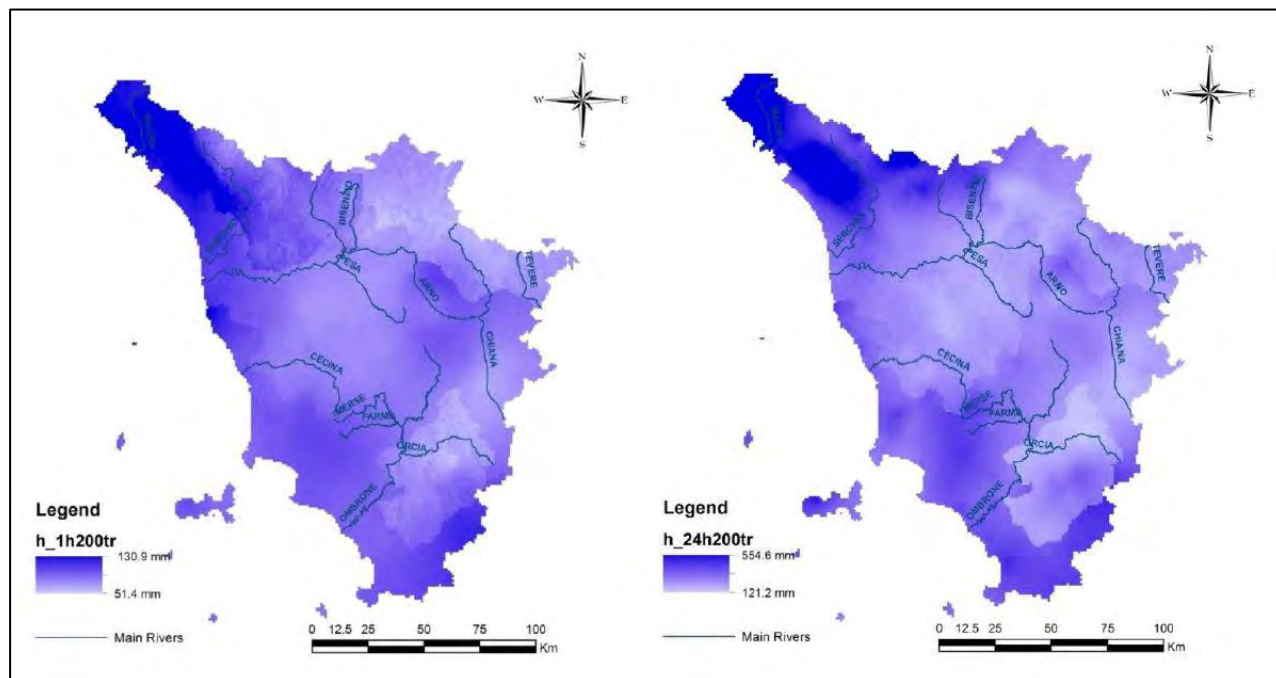


Figura 3.18: Esempio spazializzazione sull'intera regione dell'altezza di pioggia di durata 1 ora (a sinistra) e 24 ore (a destra) per il tempo di ritorno 200 anni, ottenuta tramite la regionalizzazione. (Fonte: 'Analisi di Frequenza Regionale delle Precipitazioni Estreme', Attività di ricerca per la mitigazione del rischio idraulico nella Regione Toscana, dall'Università degli Studi di Firenze – Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, 2014)


La previsione quantitativa dei valori estremi di pioggia in un determinato punto è stata effettuata anche attraverso la determinazione della curva o linea segnalatrice di probabilità pluviometrica (LSPP), cioè della relazione che lega l'altezza di precipitazione alla sua durata, per un assegnato tempo di ritorno.

La LSPP è comunemente descritta da una legge di potenza del tipo:

$$h(t) = a t^n$$

con: h = altezza di pioggia [mm]; t = durata [ore], a e n parametri caratteristici per i tempi di ritorno considerati.

Note le altezze di pioggia per durate e tempi di ritorno fissati, attraverso una regressione logaritmica è possibile determinare le griglie di 1 km su tutta la regione dei parametri a e n . Tra i risultati della regionalizzazione dell'Università degli Studi di Firenze sono quindi disponibili, le coppie di ASCII Grid di a e di n delle LSPP per i diversi tempi di ritorno fissati (2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 150, 200 e 500 anni). Si riportano, a titolo di esempio in Figura 3.19, le griglie dei parametri a e n per il tempo di ritorno di 200 anni.

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 40 di 101

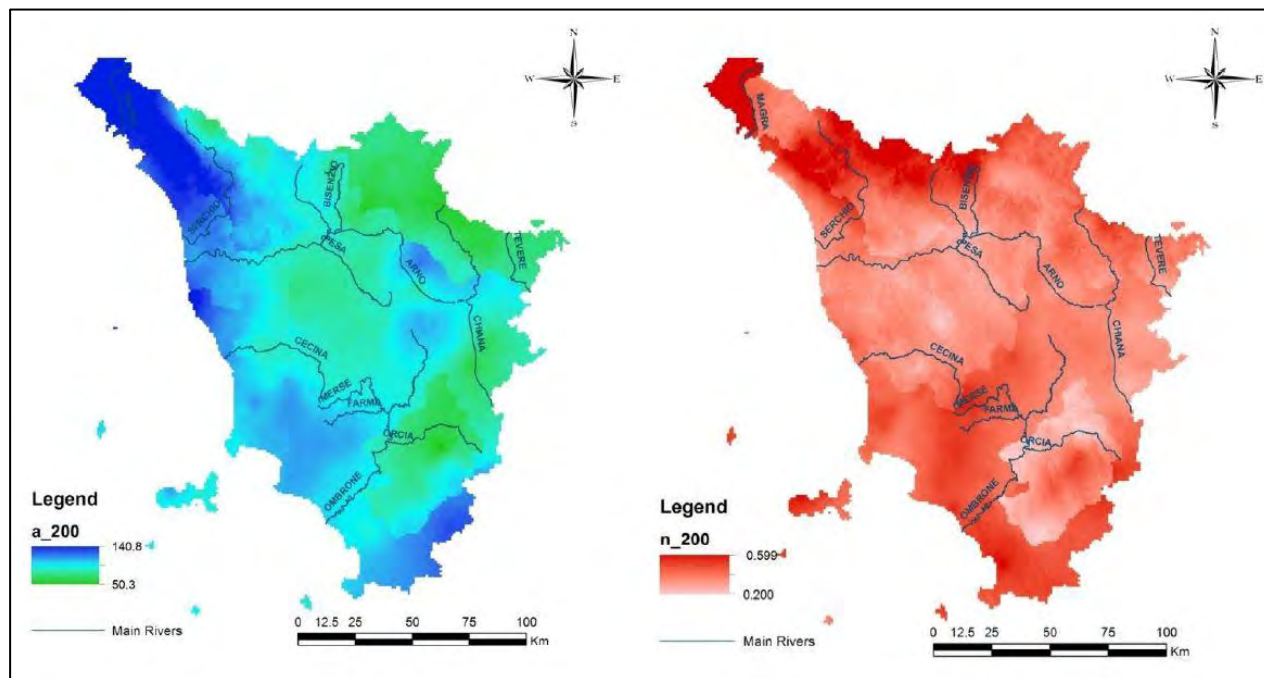


Figura 3.19: Esempio spazializzazione sull'intera regione Toscana dei parametri 'a' (a sinistra) e 'n' (a destra) della Linea Segnalatrice di Possibilità Pluviometrica LSPP per il Tempo di ritorno 200 anni.. (Fonte: 'Analisi di Frequenza Regionale delle Precipitazioni Estreme', Attività di ricerca per la mitigazione del rischio idraulico nella Regione Toscana, dall'Università degli Studi di Firenze – Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, 2014)

3.3.2 Stima degli spessori e delle intensità di pioggia relativi all'area di intervento

Importati in ambiente GIS le mappe di regressione dei parametri a ed n delle LSPP in formato raster per i tempi di ritorno di nostro interesse, sulla base della perimetrazione del bacino del Torrente di Scarna chiuso alla sezione di chiusura della cassa di espansione, si sono ricavati i valori medi areali per l'area d'interesse, calcolando le altezze di pioggia secondo la nota relazione:

$$h(t) = a t^n$$

con: h = altezza di pioggia [mm]; t = durata [ore], a e n parametri caratteristici per i tempi di ritorno considerati.

Si riportano nelle Figure 3.20 e 3.21, a titolo di esempio per la condizione $Tr = 200$ anni, le mappe di regressione risultato della regionalizzazione dell'Università degli Studi di Firenze utilizzate, in cui è indicato anche il bacino di riferimento dell'impianto di Gracciano, e nella successiva Tabella 3.22 i parametri a ed n medi areali del bacino del Torrente di Scarna chiuso in prossimità dell'intervento e i corrispondenti spessori di pioggia ricavati per differenti durate (0.5, 1, 3, 6, 12 e 24 ore) e tempi di ritorno (30, 50, 100, 200 e 500 anni) dell'evento.

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 41 di 101



Figura 3.20: Metodo regionalizzazione dell'Università degli Studi di Firenze: esempio distribuzione parametro a delle LSPP, per l'intero territorio della Regione Toscana, nella condizione T_r 200 anni e ubicazione del bacino del Torrente di Scarna chiuso in prossimità dell'area d'intervento

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 42 di 101

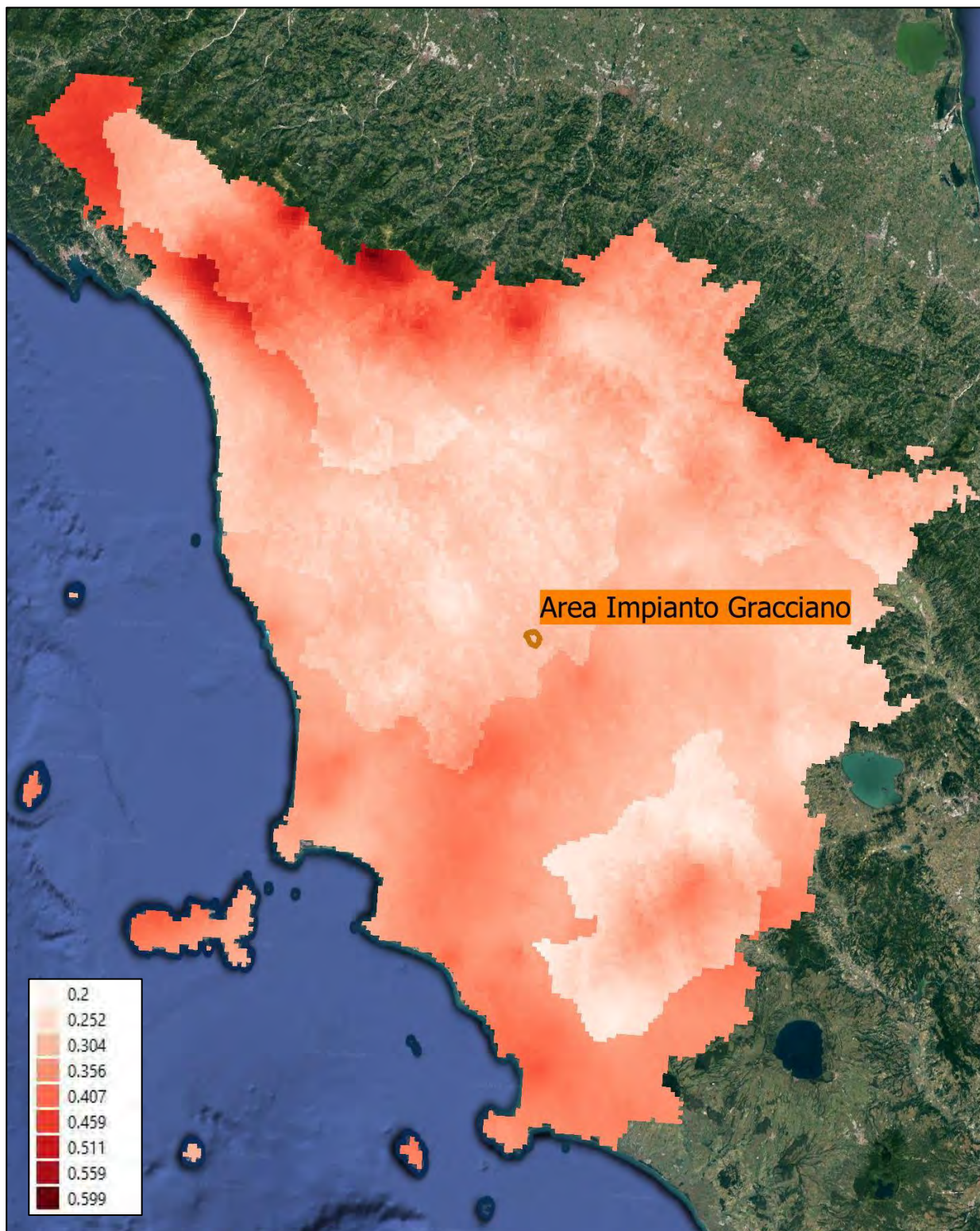


Figura 3.21: Metodo regionalizzazione dell'Università degli Studi di Firenze: esempio distribuzione parametro n delle LSPP, per l'intero territorio della Regione Toscana, nella condizione T_r 200 anni e ubicazione del bacino del Torrente di Scarna chiuso in prossimità dell'area d'intervento

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	

METODO REGIONALIZZAZIONE DELLE PIOGGE INTENSE DELL'UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI FIRENZE - REGIONE TOSCANA								
Spessori di pioggia h [mm] per differenti durate e tempi di ritorno dell'evento								
Tr	a	n	Durata t [ore]					
[anni]	[-]	[-]	0.5	1	3	6	12	24
30	49.84	0.270	41.33	49.84	67.05	80.85	97.49	117.55
50	55.06	0.279	45.38	55.06	74.81	90.77	110.14	133.63
100	62.16	0.288	50.91	62.16	85.29	104.14	127.15	155.24
200	69.36	0.296	56.49	69.36	96.01	117.88	144.73	177.69
500	79.11	0.305	64.03	79.11	110.60	136.64	168.80	208.54

Tabella 3.22: Metodo regionalizzazione dell'Università degli Studi di Firenze: spessori di pioggia per differenti durate (0.5, 1, 3, 6, 12 e 24 ore) e tempi di ritorno (30, 50, 100, 200 e 500 anni) dell'evento, ricavate sulla base dei parametri della regionalizzazione a ed n associati al bacino del Torrente di Scarna sotteso in prossimità dell'area di intervento

Infine, considerando la nota relazione tra intensità e spessore di pioggia:

$$i_t(T) = \frac{h_t(T)}{t}$$

METODO REGIONALIZZAZIONE DELLE PIOGGE INTENSE DELL'UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI FIRENZE - REGIONE TOSCANA						
Intensità di pioggia i [mm/ore] per differenti durate e tempi di ritorno dell'evento						
Tr	Durata t [ore]					
[anni]	0.5	1	3	6	12	24
30	82.67	49.84	22.35	13.47	8.12	4.90
50	90.76	55.06	24.94	15.13	9.18	5.57
100	101.82	62.16	28.43	17.36	10.60	6.47
200	112.99	69.36	32.00	19.65	12.06	7.40
500	128.07	79.11	36.87	22.77	14.07	8.69

Tabella 3.23: Metodo regionalizzazione dell'Università degli Studi di Firenze: intensità di pioggia per differenti durate (0.5, 1, 3, 6, 12 e 24 ore) e tempi di ritorno (30, 50, 100, 200 e 500 anni) dell'evento, ricavate sulla base dei parametri della regionalizzazione a ed n associati al bacino del Torrente di Scarna sotteso in prossimità dell'area di intervento

Graficando gli spessori di pioggia al variare della durata t e del tempo di ritorno Tr dell'evento, per interpolazione si ricavano le CPP (Curve di Probabilità pluviometriche) associate al bacino del Torrente di Scarna chiuso alla sezione di regolazione della cassa di espansione in linea nell'area d'intervento.

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 44 di 101

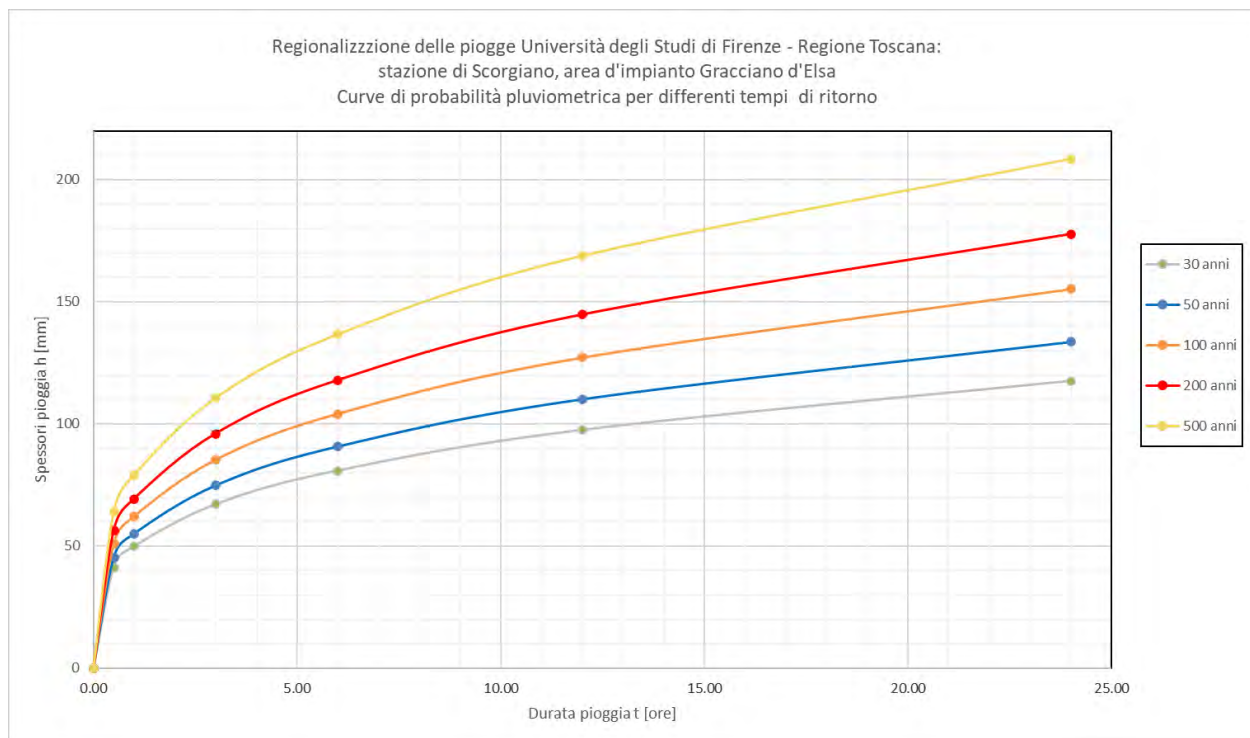


Figura 3.24: Metodo *regionalizzazione dell'Università degli Studi di Firenze*: curve di possibilità pluviometriche per differenti tempi di ritorno (30, 50, 100, 200 e 500 anni) dell'evento, ricavate sulla base dei parametri della regionalizzazione a ed n associati al bacino del Torrente di Scarna sotteso in prossimità dell'area di intervento

3.4 CONFRONTO DEI RISULTATI DELLE REGIONALIZZAZIONI UTILIZZATE

Dopo aver applicato il metodo di regionalizzazione delle piogge intense VAPI e quello dell'Università degli Studi di Firenze ed aver ricavato gli spessori di pioggia $h_t(T)$ e le corrispondenti intensità di pioggia $i(T)$ al variare della durata t e del tempo di ritorno T dell'evento, si è proceduto ad un confronto tra i risultati ottenuti per il bacino del Torrente di Scarna chiuso in corrispondenza dell'area di intervento.

Si richiamo di seguito, in Tabella 3.25 e 3.26 e in Figura 3.27, per un agile confronto dei risultati, rispettivamente i valori degli spessori di pioggia $h_t(T)$, delle intensità di pioggia $i(T)$ e delle CPP (Curve di Probabilità pluviometriche) associate.

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 45 di 101

CONFRONTO METODO VAPI E METODO REGIONALIZZAZIONE DELL'UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI FIRENZE - REGIONE TOSCANA							
Spessori di pioggia h [mm] per differenti durate e tempi di ritorno dell'evento							
Metodo di regionalizzazione	T_r [anni]	Durata t [ore]					
		0.5	1	3	6	12	24
Metodo VAPI	30	26.33	38.45	75.34	92.03	112.10	141.46
	50	30.74	45.22	83.93	104.77	128.83	166.18
	100	36.73	54.40	95.58	122.05	151.54	199.72
	200	42.72	63.59	107.24	139.33	174.24	233.26
	500	50.64	75.73	122.64	162.17	204.25	277.60
Regionalizzazione dell'Università degli Studi di Firenze - Regione Toscana	30	41.33	49.84	67.05	80.85	97.49	117.55
	50	45.38	55.06	74.81	90.77	110.14	133.63
	100	50.91	62.16	85.29	104.14	127.15	155.24
	200	56.49	69.36	96.01	117.88	144.73	177.69
	500	64.03	79.11	110.60	136.64	168.80	208.54

Tabella 3.25: Confronto Metodo VAPI e Metodo dell'Università degli Studi di Firenze: spessori di pioggia per differenti durate (0.5, 1, 3, 6, 12 e 24 ore) e tempi di ritorno (30, 50, 100, 200 e 500 anni) dell'evento nel bacino del Torrente di Scarna, ricavate sulla base delle due differenti regionalizzazioni

CONFRONTO METODO VAPI E METODO REGIONALIZZAZIONE DELL'UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI FIRENZE - REGIONE TOSCANA							
Intensità di pioggia i [mm/ore] per differenti durate e tempi di ritorno dell'evento							
Metodo di regionalizzazione	T_r [anni]	Durata t [ore]					
		0.5	1	3	6	12	24
Metodo VAPI	30	52.66	38.45	25.11	15.34	9.34	5.89
	50	61.49	45.22	27.98	17.46	10.74	6.92
	100	73.47	54.40	31.86	20.34	12.63	8.32
	200	85.45	63.59	35.75	23.22	14.52	9.72
	500	101.28	75.73	40.88	27.03	17.02	11.57
Regionalizzazione dell'Università degli Studi di Firenze - Regione Toscana	30	82.67	49.84	22.35	13.47	8.12	4.90
	50	90.76	55.06	24.94	15.13	9.18	5.57
	100	101.82	62.16	28.43	17.36	10.60	6.47
	200	112.99	69.36	32.00	19.65	12.06	7.40
	500	128.07	79.11	36.87	22.77	14.07	8.69

Tabella 3.26: Confronto Metodo VAPI e Metodo dell'Università degli Studi di Firenze: intensità di pioggia per differenti durate (0.5, 1, 3, 6, 12 e 24 ore) e tempi di ritorno (30, 50, 100, 200 e 500 anni) dell'evento nel bacino del Torrente di Scarna, ricavate sulla base delle due differenti regionalizzazioni

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 46 di 101

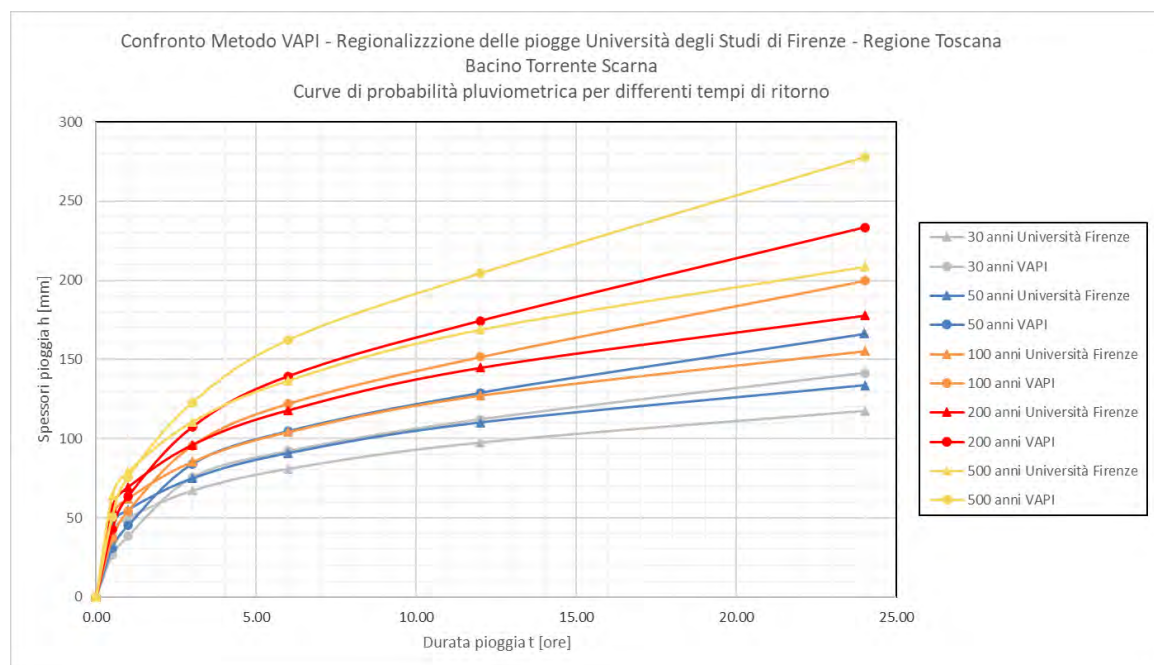



Figura 3.27: Confronto Metodo VAPI (indicatore tondo) e Metodo dell'Università degli Studi di Firenze (indicatore triangolare): curve di possibilità pluviometriche per differenti tempi di ritorno (30, 50, 100, 200 e 500 anni) dell'evento nel bacino del Torrente di Scarna, ricavate sulla base delle due differenti regionalizzazioni

Osservando le tabelle di confronto tra gli spessori di pioggia e le corrispondenti CPP ricavate tramite le due regionalizzazioni applicate si osserva quanto segue:

- Dal confronto sugli spessori e le intensità di pioggia in Tabella 3.25 e 3.26 si registrano per le durate inferiori alle 3 ore per tutti i tempi di ritorno valori superiori per la regionalizzazione con il Metodo dell'Università degli Studi di Firenze, al contrario valori superiori per le durate della pioggia tra le 3 e le 24 ore per tutti i tempi di ritorno con il Metodo VAPI;
- Dal confronto sulle CPP in Figura 3.27 si registrano spessori di pioggia superiori con la regionalizzazione dell'Università degli Studi di Firenze per basse durate di pioggia, inferiori alle 3 ore, con percentuali sempre più importanti al diminuire della durata dell'evento (superiori del 20 – 35% al diminuire del tempo di ritorno, per durate di pioggia 0,5 ore) e spessori di pioggia superiori con la regionalizzazione VAPI al crescere della durata dell'evento, superiore o uguale alle 3 ore, con percentuali sempre più importanti al crescere della durata di pioggia (superiori del 20 – 25% al crescere del tempo di ritorno per durate di pioggia 24 ore).

In virtù di questo confronto si può complessivamente **affermare che per l'area oggetto di intervento, per le basse durate di pioggia (inferiori alle 3 ore) risulti più cautelativa la regionalizzazione delle piogge intense con il Metodo dell'Università degli Studi di Firenze, per eventi di durata uguale o superiore alle 3 ore risulti più a favore di sicurezza la regionalizzazione con il Metodo VAPI**. La scelta dei valori pluviometrici utilizzati nel presente studio verrà effettuata in ottica conservativa sulla base della durata critica dell'evento per il bacino del Torrente di Scarna chiuso in prossimità dell'area d'impianto.

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 47 di 101

Effettuata l'analisi pluviometrica per l'area di studio, nei prossimi paragrafi si procederà alla trasformazione afflussi-deflussi, finalizzata alla definizione delle portate critiche del Torrente di Scarna per i differenti tempi di ritorno di analisi. **Tuttavia prima di procedere con l'applicazione del Metodo Razionale**, andremo a stimare il *coefficiente di deflusso* c_d e il *tempo di corrivazione* t_c del bacino sotteso **alla sezione di chiusura in corrispondenza dell'intervento**.

3.5 DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO

La stima del *coefficiente di deflusso* c_d è certamente l'elemento più incerto nell'applicazione del *Metodo Razionale*. Esso va valutato caso per caso con le metodologie appropriate in considerazione della dimensione e conformazione del bacino stesso, della pendenza dei versanti, del tipo di copertura/uso del suolo, della litologia, della durata della pioggia critica e delle condizioni precedenti al verificarsi dell'evento, nonché del tempo di ritorno dell'evento.

In linea generale per bacini di piccola e media estensione (come quello oggetto del presente studio) è opportuno fare riferimento all'uso del suolo e alla litologia, assegnando ad ogni zona del bacino caratterizzata da diversa tipologia/combinazione di tali parametri il valore più appropriato del coefficiente di deflusso. Il coefficiente di deflusso globale verrà valutato quindi attraverso la media ponderata sull'area. Normalmente i valori dei coefficienti di deflusso possono variare tra 0,3-0,5 per bacini poco edificati con buona copertura vegetale a 0,5-0,9 per bacini maggiormente edificati o con bassa capacità di trattenere le piogge. Anche se in realtà tale coefficiente è variabile nel tempo (in quanto dipendente da fattori, come ad esempio l'umidità del terreno, che variano durante l'evento meteorico) nel caso in studio, data la contenuta estensione del bacino, cui corrisponde un tempo di corrivazione basso e quindi durate di pioggia critica limitate, è ammissibile considerare il coefficiente di deflusso costante nel tempo.

In virtù di quanto osservato si è deciso perciò di ricavare il coefficiente di deflusso per i bacini in esame tramite due metodologie distinte, per poi scegliere il valore sintetico più appropriato per l'area di studio

3.5.1 Calcolo del coefficiente di deflusso sulla base della copertura e uso del suolo

Per determinare il *coefficiente di deflusso* c_d del bacino sulla base della copertura e dell'utilizzo del suolo si è proceduto appoggiandosi alla carta di distribuzione elaborata dalla classificazione *Corine Land Cover (CLC2018)*, riportata in Figura 3.28.

Sulla base delle classi CLC, ricadenti nel bacino di analisi, si è assegnato a ciascuna classe un valore di coefficiente di deflusso scegliendoli tra quelli suggeriti nel manuale *Maine Stormwater Best Management Practices Manual - Appendix A (Rossmiller, 1980)* in funzione delle caratteristiche di uso, copertura e pendenza dei suoli, riportate in Tabella 3.29.

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 48 di 101

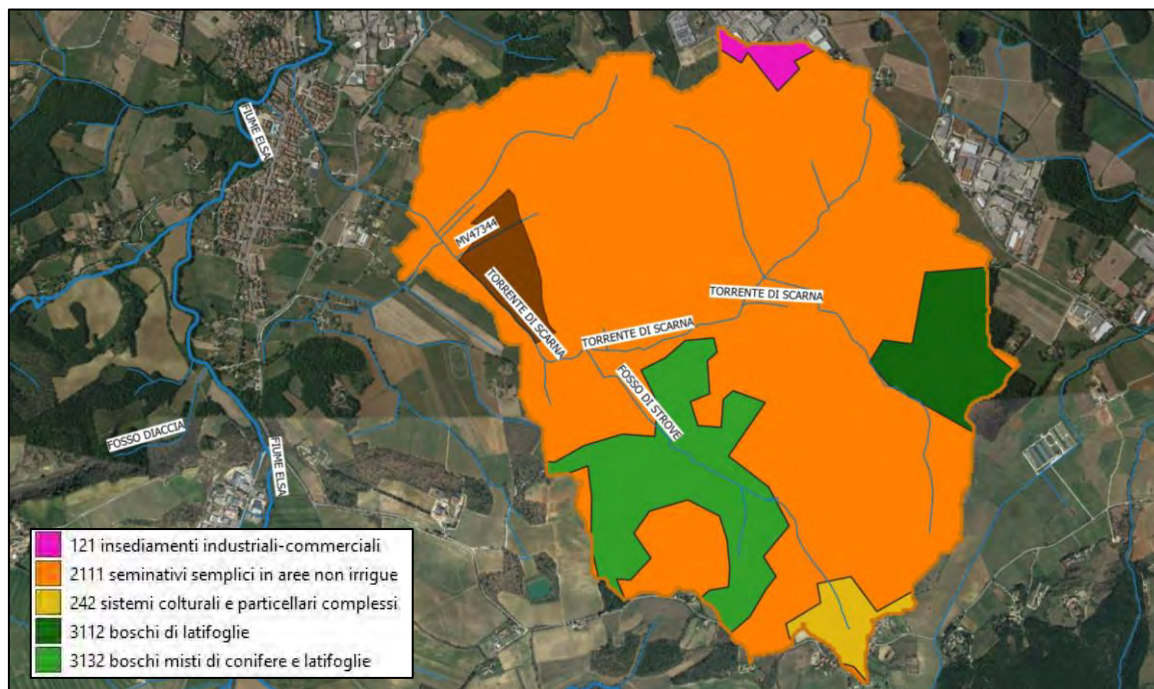


Figura 3.28: Carta dell'uso del suolo e relativa classificazione nel bacino del Torrente di Scarna chiuso in corrispondenza dell'area di intervento (Corine Land Cover 2018)

RUNOFF COEFFICIENTS FOR THE RATIONAL FORMULA			
Typical Composite Runoff Coefficients by Land Use		Normal Range of Runoff Coefficients	
Area Description	C-value	Surface Characteristic	C-value
Business		Lawns	
Downtown Areas	0.70-0.95	Sandy Soil, Flat (2%)	0.05-0.10
Neighborhood Areas	0.50-0.70	Sandy Soil, Ave. (2-7%)	0.10-0.15
		Sandy Soil, Steep (>7%)	0.15-0.20
Residential		Heavy Soil, Flat (2%)	0.13-0.17
Single Family Areas	0.30-0.50	Heavy Soil, Ave. (2-7%)	0.18-0.22
Multi-Units (detached)	0.40-0.60	Heavy Soil, Steep (>7%)	0.2500.35
Multi-Units (attached)	0.60-0.75		
Suburban	0.25-0.40	Agricultural	
Apartments	0.50-0.70	Bare Packed Soil	
		Smooth	0.30-0.60
Industrial		Rough	0.20-0.50
Light Use	0.50-0.80	Cultivated Rows	
Heavy Use	0.60-0.90	Heavy Soil, no crop	0.30-0.60
Railroad Yards	0.20-0.35	Heavy Soil, with crop	0.20-0.50
Unimproved Areas	0.10-0.30	Sandy Soil, no crop	0.20-0.40
		Sandy Soil, with crop	0.10-0.25
Park		Pasture	
Park/Cemeteries	0.10-0.25	Heavy Soil	0.15-0.45
Playgrounds	0.20-0.35	Sandy Soil	0.05-0.25
Pavement		Woodland	0.05-0.25
Asphalt and Concrete	0.70-0.95		
Brick	0.70-0.85		
Roof	0.75-0.95		

Tabella 3.29: Coefficiente di deflusso per differenti caratteristiche di uso, copertura e pendenza dei suoli (Maine Stormwater Best Management Practices Manual - Appendix A, Rossmiller, 1980)

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 49 di 101

Si è proceduto infine effettuando una media pesata dei valori assunti per ciascuna categoria di suolo individuata, assumendo come pesi il valore delle aree caratterizzata da uno specifico e assegnato coefficiente di deflusso, secondo la relazione:

$$C_d = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \cdot A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

dove:

- i : sub-area caratterizzata da diversa tipologia di uso del suolo;
- n : numero di classi di uso del suolo;
- C_i : valore del coefficiente di deflusso per ogni singola classe di suolo;
- A_i : area i -esima a specifica condizione di uso del suolo.

Si riassume in Tabella 3.30 l'analisi e il risultato del coefficiente di deflusso ottenuto secondo questa prima metodologia per il bacino analizzato.

COEFFICIENTE DI DEFLUSSO SULLA BASE DELLA COPERTURA E USO DEL SUOLO			
TORRENTE DI SCARNA			
Classificazione Corine Land Cover 2018	Classificazione Rossmiller	Superficie	Coefficiente di deflusso C_i
		A_i [ha]	
121 – Insediamenti industriali-commerciali	Industrial – Heavy Use	6.11	0.75
2111 – Seminativi semplici in aree non irrigue	Agricultural – Cultivated Rows – Sandy Soil, no crop	523.11	0.30
242 - Sistemi colturali e particellari complessi	Agricultural – Cultivated Rows – Sandy Soil, with crop	12.95	0.20
3112 – Boschi di latifoglie	Agricultural – Cultivated Rows – Sandy Soil, no crop/ Pasture - Heavy Soil	32.28	0.15
3132 – Boschi misti di conifere e latifoglie	Agricultural – Cultivated Rows – Sandy Soil, with crop	71.48	0.15
Coefficiente di deflusso (media pesata) c_d			0.28

Tabella 3.30: Calcolo coefficiente di deflusso sulla base della copertura e uso suolo della classificazione Corine Land Cover 2018 nel bacino del Torrente di Scarna chiuso in corrispondenza dell'area di intervento

3.5.2 Calcolo del coefficiente di deflusso sulla base della pedologia e la permeabilità del suolo

Per determinare il coefficiente di deflusso c_d del bacino sulla base della pedologia e la permeabilità del suolo si è proceduto appoggiandosi alla carta pedologica messa a disposizione dalla Regione Toscana e riportata in Figura 3.31.

Sulla base delle classi pedologiche ricadenti nel bacino di analisi, si è assegnato a ciascuna tipologia di terreno un valore di coefficiente di permeabilità k compreso tra 0 (terreni impermeabili) e 1 (terreni altamente permeabili) in base al grado di permeabilità tra quelli suggeriti in Tabella 3.32.

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 50 di 101

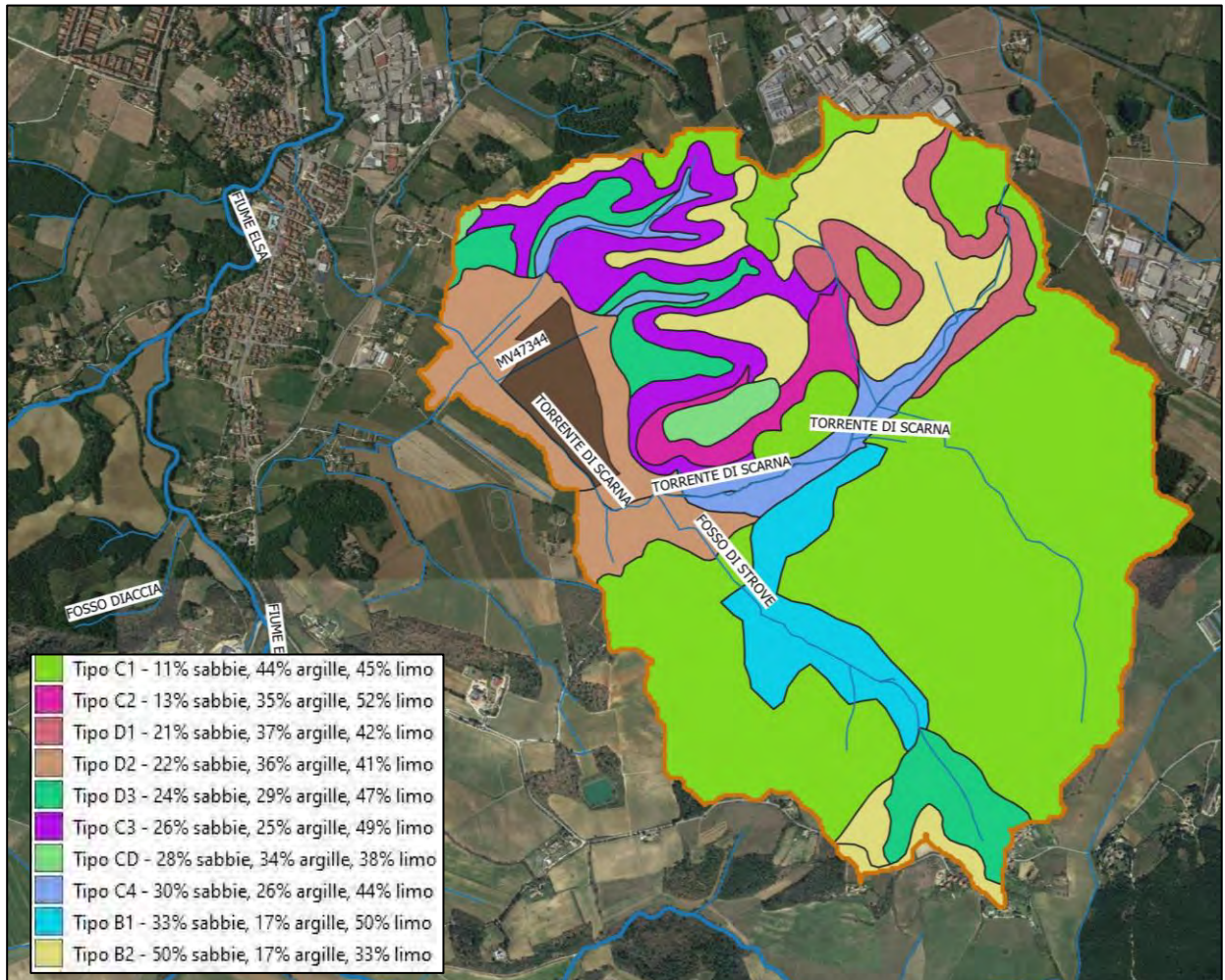



Figura 3.31: Carta pedologica e relativa classificazione dei terreni nel bacino del Torrente di Scarna chiuso in corrispondenza dell'area di intervento (Fonte: portale Regione Toscana)

GRADO DI PERMEABILITÀ	alto	medio	basso	molto basso	impermeabile
DRENAGGIO	buono		povero		praticamente impermeabile
TIPO DI TERRENO	ghiaia pulita	sabbia pulita e miscele di sabbia e ghiaia pulita	sabbia fine, limi organici e inorganici, miscele di sabbia, limo e argilla, depositi di argilla stratificati	terreni impermeabili argille omogenee sotto la zona alterata dagli agenti atmosferici	
			terreni impermeabili modificati dagli effetti della vegetazione e del tempo		

Tabella 3.32: Scala del grado di permeabilità delle differenti tipologie di terreni (Fonte: Manuale dell'Ingegnere Civile e Ambientale, Hoepli)

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 51 di 101

Si è proceduto anche in questo caso effettuando una media pesata dei valori assunti per ciascuna categoria pedologica di suolo individuata, assumendo come pesi il valore delle aree caratterizzata da uno specifico e assegnato coefficiente di permeabilità. Si è ricavato così un *coefficiente di permeabilità k* complessivo per il bacino in oggetto.

Successivamente attraverso il grafico in Figura 3.33, derivante dalla formulazione utilizzata dal *Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (Annali Idrologici - Parte II - Elaborazioni e Studi)*, si è ricavato il coefficiente di deflusso del bacino in funzione del coefficiente di permeabilità calcolato.

Si riassume nella successiva **Tabella 3.34** l'analisi e il risultato ottenuto per il coefficiente di permeabilità e il corrispondente valore ricavato per il coefficiente di deflusso su base geopedologica per il bacino **d'interesse**.

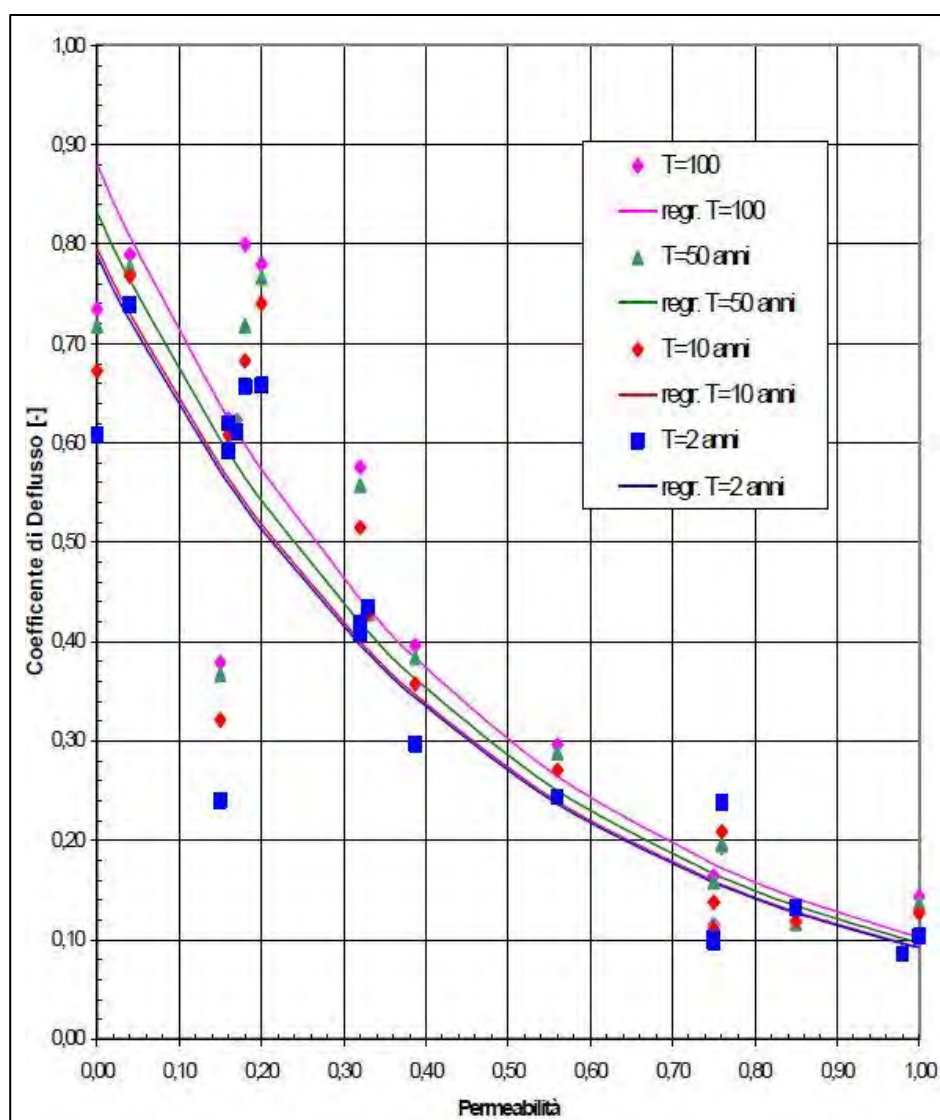


Figura 3.33: Coefficiente del deflusso di piena in funzione della permeabilità del bacino (Fonte: Annali Idrologici - Parte II - Elaborazioni e Studi. Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale)

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	

COEFFICIENTE DI DEFLUSSO SULLA BASE DELLA PEDOLOGIA E LA PERMEABILITA' DEL SUOLO				
TORRENTE DI SCARNA				
Classificazione Carta pedologica Regione Toscana	Percentuali tipologie dei terreni	Assegnazione grado di permeabilità	Superficie	Coefficiente di permeabilità
			A_i [ha]	k_i [-]
Suoli non ghiaiosi, a tessitura argilloso limosa ed argillosa, non calcarei	11% sabbie, 44% argille, 45% limo	Grado di permeabilità basso	311.99	0.32
Suoli scarsamente ghiaiosi, a tessitura argilloso limosa e franco limoso argillosa, molto calcarei	13% sabbie, 35% argille, 52% limo	Grado di permeabilità basso	15.47	0.36
Suoli non ghiaiosi e scarsamente ghiaiosi, a tessitura franco limoso argillosa ed argillosa, da non calcarei a debolmente calcarei	21% sabbie, 37% argille, 42% limo	Grado di permeabilità basso	24.78	0.39
Suoli scarsamente ghiaiosi, a tessitura argillosa, moderatamente calcarei	22% sabbie, 36% argille, 41% limo	Grado di permeabilità medio-basso	69.48	0.40
Suoli non ghiaiosi, a tessitura franco limoso argillosa e franco argillosa	24% sabbie, 29% argille, 47% limo	Grado di permeabilità medio	39.56	0.43
Suoli non ghiaiosi, a tessitura franco limoso argillosa e franco argillosa	26% sabbie, 25% argille, 49% limo	Grado di permeabilità medio	46.16	0.46
Suoli non ghiaiosi e scarsamente ghiaiosi, a tessitura franco limoso argillosa ed argillosa, da non calcarei a debolmente calcarei	28% sabbie, 34% argille, 38% limo	Grado di permeabilità medio	7.75	0.44
Suoli non ghiaiosi, a tessitura franca, da debolmente calcarei a molto calcarei	30% sabbie, 26% argille, 44% limo	Grado di permeabilità medio	24.30	0.47
Suoli con scheletro da comune ad abbondante da ghiaioso a ciottoloso, a tessitura franco argillosa e franca, da molto calcarei a fortemente calcarei	33% sabbie, 17% argille, 50% limo	Grado di permeabilità medio-alto	35.29	0.51
Suoli da scarsamente ghiaiosi a ghiaiosi, a tessitura franca, non calcarei	50% sabbie, 17% argille, 33% limo	Grado di permeabilità alto	71.16	0.60
<i>Coefficiente di permeabilità (media pesata) k</i>				0.40
<i>Coefficiente di deflusso c_d</i>				0.38

Tabella 3.34: Calcolo coefficiente di deflusso sulla base della pedologia e permeabilità dei suoli nel bacino del Torrente di Scarna chiuso in corrispondenza dell'area di intervento

3.5.3 Scelta del coefficiente di deflusso caratteristico del bacino

In base a quanto osservato sulla base della copertura e uso suolo, nonché sulle caratteristiche pedologiche e di permeabilità dei terreni del bacino in esame, il valore del *coefficiente di deflusso* c_d complessivamente si attesta intorno a valori di 0.28-0.38.

Procedendo in definitiva ad un confronto, in virtù dell'estensione limitata del bacino oggetto di analisi, si è deciso di porsi a favore di sicurezza e si è scelto un coefficiente di deflusso finale c_d approssimato per eccesso e pari a 0.4 il bacino di studio, come si può osservare nella Tabella 3.35 riassuntiva di seguito.

SCELTA FINALE DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO CARATTERISTICO		
Bacino	Metodo di stima	Coefficiente di deflusso c_d
		[-]
Torrente Scarna	Copertura e uso suolo <i>Corine Land Cover 2018</i>	0.28
Torrente Scarna	Pedologia e permeabilità dei terreni	0.38
<i>Coefficiente di deflusso caratteristico c_d</i>		0.40 (a favore di sicurezza)

Tabella 3.35: Scelta finale, dal confronto fra i differenti metodi di stima, del coefficiente di deflusso caratteristico nel bacino del Torrente di Scarna chiuso in corrispondenza dell'area di intervento a Gracciano Val d'Elsa

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 53 di 101

3.6 DETERMINAZIONE DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE

Il *tempo di corrivazione* t_c , è l'altro parametro chiave quando si fa riferimento al *Metodo Razionale*, è generalmente definito come il tempo necessario alla goccia di pioggia caduta nel punto idraulicamente più lontano del bacino per raggiungere la sezione di chiusura dello stesso, e dipende perciò dalle caratteristiche geomorfometriche del bacino rispetto alla sezione di chiusura di interesse (definite nel paragrafo 3.1).

Per la determinazione del *tempo di corrivazione* si procederà dapprima al calcolo del valore attraverso una serie di classiche formulazioni empiriche disponibili in letteratura e di consolidato utilizzo, e successivamente si farà riferimento alla formulazione suggerita per il calcolo di t_c dall'*Università degli studi ROMA TRE - Dipartimento di Scienze dell'Ingegneria Civile (2003)*, che nell'ambito di uno studio nel quale sono stati raccolti i parametri idrologici e calcolate le portate di piena dei bacini regionali laziali di differenti estensioni, ha proposto una relazione sintetica tarata in funzione dell'estensione del bacino d'interesse.

3.6.1 Calcolo del tempo di corrivazione sulla base delle formulazioni empiriche in letteratura

Una relazione frequentemente utilizzata per il calcolo di tale grandezza è quella proposta da *Giandotti (1934)*, che si esplicita nella seguente relazione:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m}}$$

dove:

- t_c : è il tempo di corrivazione, espresso in [ore];
- A : è la superficie del bacino, espressa in [Km²];
- L : è la lunghezza dell'asta principale del corso d'acqua a partire dallo spartiacque del bacino, espressa in [Km];
- H_m : è l'altitudine media del bacino sul livello del mare, espressa in [m s.l.m.].


Questa espressione, benché tra le più note in letteratura, tuttavia è stata ricavata sperimentalmente da osservazioni su grandi bacini di superficie compresa tra $170 \text{ km}^2 < A < 70000 \text{ km}^2$, perciò non si adatta al meglio alle dimensioni contenute del bacino del Torrente di Scarna oggetto di analisi.

Pezzoli (1970), analizzando il comportamento di alcuni bacini montani piemontesi, ha proposto, invece, una diversa espressione del tempo di corrivazione che ha la seguente forma:

$$t_c = 0.055 \frac{L}{\sqrt{i_a}}$$

dove:

- t_c : è il tempo di corrivazione, espresso in [ore];
- L : è la lunghezza dell'asta principale del corso d'acqua, espressa in [Km];
- i_a : è la pendenza media dell'asta principale, espressa in [m/m].

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 54 di 101

Kirpich, utilizzando i dati sperimentali di sei bacini americani, nel 1940, aveva proposto una correlazione grafica tra il tempo di corrivazione e il rapporto $L / \sqrt{y_{max}/L}$. Tale grafico, successivamente integrato dal contributo di altri dati

sperimentali, ha condotto alla formulazione della seguente equazione, comunemente nota con il nome di equazione di Kirpich, che si adatta bene ai bacini di dimensioni estremamente ridotte, come quello oggetto di analisi.

$$t_c = 0.93 \left(\frac{L}{\sqrt{y_{max}/L}} \right)^{0.77}$$

dove:

- t_c : è il tempo di corrivazione, espresso in [ore];
- L : è la lunghezza dell'asta principale del corso d'acqua, espressa in [Km];
- y_{max} : è l'altitudine massima del bacino, espressa in [m].

Il complesso dei valori determinabili con le succitate equazioni ed altre di letteratura (Pezzoli, Chow, Watt & Chow, Kirpich) può essere ben rappresentato da un'unica espressione descritta nel manuale *Sistemazione dei Bacini Idrografici* (McGraw Hill, 2002), che integra tutti i contributi sperimentali derivanti dalle esperienze condotte, ed ha la seguente equazione, nel seguito denominata P-C-W-K, che perciò si adatta bene ai bacini di estensione in un intervallo variabile.

$$t_c = 0.02221 \left(\frac{L}{\sqrt{i_a}} \right)^{0.8}$$

dove:

- t_c : è il tempo di corrivazione, espresso in [minuti];
- L : è la lunghezza dell'asta principale del corso d'acqua, espressa in [m];
- i_a : è la pendenza media dell'asta principale, espressa in [m/m].

Infine un'altra formulazione empirica molto nota, che si adatta bene a bacini di dimensioni medio-alte, è quella proposta da Ventura, secondo l'espressione:

$$t_c = 0.1272 \sqrt{A/i_m}$$

dove:

- t_c : è il tempo di corrivazione, espresso in [ore];
- A : è la superficie del bacino, espressa in [km²];
- i_m : è la pendenza media del bacino, espressa in [m/m].

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 55 di 101

Si riportano in Tabella 3.36, con riferimento ai parametri geomorfologici ricavati nel paragrafo 3.1, i valori ottenuti per il *tempo di corrivazione* t_c del bacino del Torrente di Scarna chiuso in prossimità dell'intervento, dall'applicazione delle relazioni empiriche esposte.

TEMPO DI CORRIVAZIONE SULLA BASE DELLE FORMULAZIONI EMPIRICHE IN LETTERATURA		
TORRENTE SCARNA		
Autore	Campo di applicazione	Tempo di corrivazione t_c
		[ore]
Giandotti	Bacini di notevole estensione	1.24
Pezzoli	Bacini montani piemontesi di media estensione	1.50
Kirpich	Bacini di estensione ridotta	0.39
P-C-W-K	Interpolazione di varie formulazioni ed estensioni dei bacini variabili	1.31
Ventura	Bacini di media - alta estensione	2.18
	Valore medio	1.32

Tabella 3.36: Calcolo tempo di corrivazione del bacino del Torrente di Scarna chiuso in corrispondenza dell'area di intervento a Gracciano Val d'Elsa sulla base di formule empiriche in letteratura

Dai valori del *tempo di corrivazione* t_c ricavati con differenti espressioni empiriche di letteratura e dalla *media calcolata si ottiene un valore di 1.32 ore per il Torrente di Scarna chiuso nell'area d'interesse*. Questo risultato tuttavia si basa su formulazioni con campi di applicabilità differenti, in quanto ottenute da dati sperimentali su bacini con pendenze ed estensioni non verificabili ed espresse con indicazioni qualitative. Si nota infatti una certa **variabilità tra l'applicazione delle varie espressioni, e nell'unico caso consigliato per bacini di dimensioni ridotte, come quello in oggetto, i valori calano attestandosi su durate inferiori e pari a 0.39 ore (formulazione di Kirpich)**, il che sembrerebbe suggerire un tempo di corrivazione ridotto rispetto al valor medio calcolato.

Si è deciso perciò, sulla base di queste osservazioni, in virtù delle dimensioni estremamente ridotte del bacino **d'interesse, di confrontare il valor medio calcolato con quello che si ricaverà nel prossimo paragrafo sulla base della relazione, variabile in funzione dell'estensione del bacino, proposta per il tempo di corrivazione nello studio dall'Università degli studi ROMA TRE - Dipartimento di Scienze dell'Ingegneria Civile (2003)**, e tarata sui bacini regionali laziali.


3.6.2 Calcolo del tempo di corrivazione sulla base della relazione dell'Università degli Studi ROMA TRE

Per il calcolo del *tempo di corrivazione* t_c l'Università degli studi ROMA TRE - Dipartimento di Scienze dell'Ingegneria Civile (2003) – propone una relazione interpolare, che tiene conto delle dimensioni del bacino e tarata, tra gli altri, su una serie di bacini regionali laziali di dimensioni ridotte e confrontabili con quelle del bacino oggetto d'interesse.

Infatti:

- per bacini di *dimensioni importanti* si fa riferimento, alla formula di *Giandotti*;
- per bacini di *dimensioni molto ridotte* si riconduce alla relazione di *Kirpich*;
- mentre per *dimensioni intermedie* si ricorre, per un passaggio graduale ad una formulazione frutto dell'*interpolazione tra le due*.

Si riportano di seguito le relazioni nella forma riportata nello studio e l'intervallo del campo di applicazione:

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 56 di 101

- per $A_b \geq 75$:

$$\tau_b = \tau_{bG}$$

- per $75 > A_b > 1$:

$$\tau_b = \tau_{bG} \frac{(A_b - 1)}{74} + \tau_{bK} \frac{(75 - A_b)}{74}$$

- per $A_b \leq 1$:

$$\tau_b = \tau_{bK}$$

in cui:

$$\tau_{bG} = \frac{5\sqrt{A_b} + 1.875 \cdot L_b}{\sqrt{y_m}}$$

$$\tau_{bK} = 0,93 \left(\frac{L_b}{\sqrt{y_{max} / L_b}} \right)^{0,77}$$

con:

A_b : è la superficie del bacino, espressa in $[km^2]$;

L_b : è la lunghezza dell'asta principale del corso d'acqua, espressa in $[km]$;


y_m : è l'altitudine media del bacino rispetto alla sezione di chiusura $[m]$;

y_{max} : è l'altitudine del punto più elevato del bacino rispetto alla sezione di chiusura $[m]$.

Secondo la formulazione dello studio dell'*Università degli studi ROMA TRE - Dipartimento di Scienze dell'Ingegneria Civile*, il bacino del Torrente di Scarna chiuso sull'area d'intervento, con superficie $A_b = 6.47 km^2$, ricade sebbene per poco, tra le dimensioni intermedie e richiede l'utilizzo della relazione interpolare tra le due.

L'applicazione fornisce un valore del tempo di corrivazione $t_r = 0.45$ ore per il Torrente di Scarna, scelto in ottica conservativa e a favore di sicurezza come valore caratteristico nelle nostre analisi in modo da massimizzare il picco delle portate estreme di pioggia, caratteristica tipica dei bacini di dimensione contenuta.

Si riporta di seguito, in Tabella 3.37, il confronto riassuntivo utile della scelta del *tempo di corrivazione* del bacino.

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 57 di 101

SCELTA FINALE DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE CARATTERISTICO	
TORRENTE DI SCARNA	
Metodo di stima	Tempo di corrivazione t_c
	[ore]
Glandotti	1.24
Pezzoli	1.50
Kirpich	0.39
P-C-W-K	1.31
Ventura	2.18
Media tra gli autori	1.32
Relazione interpolare Università degli studi ROMA TRE - Dipartimento di Scienze dell'Ingegneria Civile	0.45
Tempo di corrivazione caratteristico t_c	0.45 (a favore di sicurezza per piccoli bacini)

Tabella 3.37: Scelta finale, dal confronto fra i differenti metodi di stima, del tempo di corrivazione caratteristico del bacino del Torrente Scarna chiuso in corrispondenza dell'area di intervento a Gracciano Val d'Elsa

3.7 VALUTAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA CON IL METODO RAZIONALE

Una volta definiti, nei precedenti paragrafi, tutti i parametri necessari si è passato al calcolo delle portate di piena per i differenti tempi di ritorno tramite l'applicazione del Metodo Razionale, il quale si basa sulle seguenti assunzioni:

- lo spessore di pioggia critica ha durata pari al tempo di corrivazione del bacino;
- la precipitazione si suppone di intensità costante per tutta la durata dell'evento;
- il tempo di ritorno della portata è pari a quello della pioggia critica.

E la cui formulazione risulta nella seguente relazione:

$$Q_t(T) = \frac{c_d h_t(T) A_b r}{3.6 t_c}$$

con:

$Q_t(T)$: è la massima portata al colmo di piena, relativa alla durata dell'evento $t = t_c$ e al tempo di ritorno T , espresso in $[m^3/sec]$;

c_d : è il coefficiente di deflusso scelto, parametro adimensionale compreso tra 0 e 1;


$h_t(T)$: è lo spessore di precipitazione, relativo alla durata dell'evento $t = t_c$ e al tempo di ritorno T , espresso in $[mm]$;

A_b : è la superficie del bacino, espressa in $[km^2]$;

t_c : è il tempo di corrivazione del bacino, espresso in $[ore]$;

r : è un coefficiente adimensionale di ragguaglio areale della pioggia vicino ad 1 e dipendente dall'estensione del bacino e dalla durata della pioggia $t = t_c$; anche in questo caso si è utilizzata la formulazione proposta dell'Università degli studi ROMA TRE - Dipartimento di Scienze dell'Ingegneria Civile, ed espressa secondo la relazione:

$$r = 1 - e^{-1,1 \cdot t^{0,25}} + e^{-1,1 \cdot t^{0,25} - 0,00386 A_b}$$

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 58 di 101

Si riportano, in Tabella 3.38 seguente, i valori delle portate critiche $Q_r(T)$ calcolate per i differenti tempi di ritorno caratteristici del bacino d'indagine rispetto alla sezione di chiusura in corrispondenza dell'area di intervento, sulla base della regionalizzazione delle piogge con il Metodo VAPI e con il Metodo di regionalizzazione delle piogge intense dell'Università degli Studi di Firenze – Regione Toscana, a parità di:

- tempo di corrivazione: $t_c = 0.45$ ore per il Torrente di Scarna chiuso sull'area d'intervento;
- coefficiente di deflusso: $c_d = 0.40$ ricavato, a favore di sicurezza, dalle caratteristiche pedologiche dei suoli;
- coefficiente di ragguglio: $r = 0.989$ per il Torrente Scarna chiuso sull'area d'intervento.

CONFRONTO METODO VAPI E METODO DI REGIONALIZZAZIONE DELL'UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI FIRENZE - REGIONE TOSCANA						
Portate critiche Q_{max} [m ³ /sec] per durata pioggia pari al tempo di corrivazione e differenti tempi di ritorno dell'evento						
Bacino	Metodo di regionalizzazione piogge	Tr [anni]				
		30	50	100	200	500
Torrente di Scarna	Metodo VAPI	39.92	46.57	55.60	64.63	76.56
Torrente di Scarna	Metodo Regionalizzazione Università degli Studi di Firenze – Regione Toscana	63.59	69.74	78.17	86.67	98.15

Tabella 3.38: Confronto Metodo VAPI e Metodo di Regionalizzazione dell'Università di Firenze - Regione Toscana: portate critiche a parità, del tempo di corrivazione, del coefficiente di deflusso e del coefficiente di ragguglio, del bacino del Torrente di Scarna chiuso in corrispondenza dell'area di intervento a Gracciano Val d'Elsa, per differenti tempi di ritorno (30, 50, 100, 200 e 500 anni) dell'evento

Come già osservato in precedenza con gli spessori e le intensità di pioggia per durate dell'evento inferiori alle 3 ore, le portate di picco ricavate con la regionalizzazione dell'Università degli Studi di Firenze – Regione Toscana risultano superiori a quelle ricavate con quella VAPI, con valori crescenti al diminuire dei tempi di ritorno, superiori fino all'ordine del 40% per i tempi di ritorno corrispondenti a $T_r = 30$ anni e intorno al 20% per tempi di ritorno più estremi.

In virtù di questa osservazione, e andando in un'ottica conservativa a favore di sicurezza sui valori di picco ottenuti, nella modellazione idraulica si sono utilizzati i valori di portata ricavati in base alla regionalizzazione delle piogge intense con il Metodo dell'Università degli Studi di Firenze – Regione Toscana.

Infine si riportano, a titolo riassuntivo in Tabella 3.39 di seguito, i valori finali ricavati per il bacino del Torrente di Scarna, chiuso in prossimità dell'area d'intervento, e utilizzati per il calcolo delle portate di picco in questa analisi idrologica.

RIASSUNTO ANALISI IDROLOGICA DEL TORRENTE SCARNA CHIUSO A GRACCIANO VAL D'ELSA									
Bacino	c_d	A_b	r	t_c	$Q_{max,30}$ anni	$Q_{max,50}$ anni	$Q_{max,100}$ anni	$Q_{max,200}$ anni	$Q_{max,500}$ anni
	[-]	[km ²]	[-]	[ore]	[m ³ /sec]	[m ³ /sec]	[m ³ /sec]	[m ³ /sec]	[m ³ /sec]
Torrente di Scarna	0.40	6.47	0.989	0.45	63.59	69.74	78.17	86.67	98.15

Tabella 3.39: Riassunto analisi idrologica del bacino del Torrente di Scarna chiuso in corrispondenza dell'area di intervento di Gracciano Val d'Elsa e dei valori finali utilizzati per il calcolo delle portate di picco

3.7.1 Ricostruzione degli idrogrammi di piena con il metodo dell'idrogramma unitario sintetico USCS

Per la ricostruzione degli idrogrammi si è considerata la forma dell'idrogramma unitario sintetico proposta dall'US Soil Conservation Service riportato in Figura 3.40.

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 59 di 101

Il valore di picco per ciascun periodo di ritorno analizzato, è stato considerato ad un tempo pari al tempo di corrivazione del bacino sotteso in corrispondenza della sezione di chiusura, ottenendo un ramo di esaurimento pari a circa 2-3 volte quello ascendente, ponendoci in questo modo in una posizione conservativa anche rispetto ai volumi di piena che si ottengono con i consueti metodi a idrogrammi triangolari, con durata della piena pari a 2 volte il tempo di corrivazione.

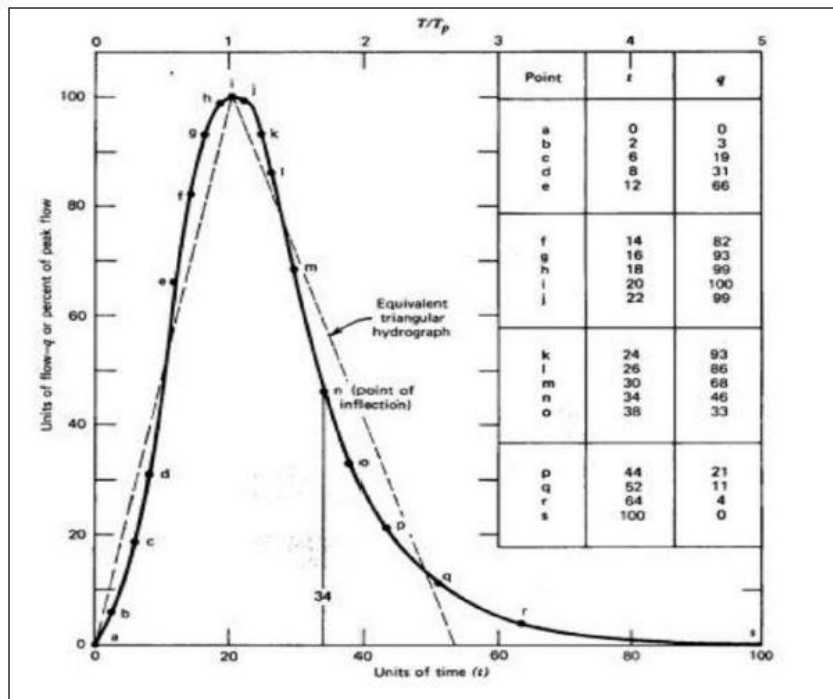


Figura 3.40: Forma dell'idrogramma di progetto unitario dell'US Soil Conservation Service

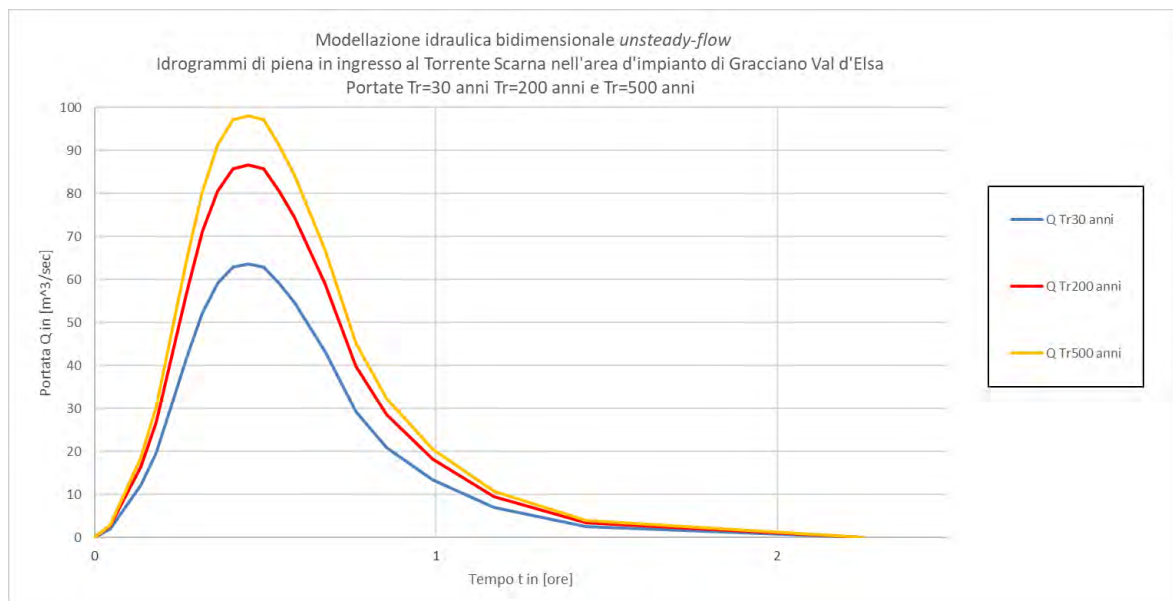


Figura 3.41: Idrogrammi di piena $Tr=30$ anni, $Tr=200$ anni e $Tr=500$ anni, condizioni al contorno delle modellazioni idrauliche monodimensionali e bidimensionali (*unsteady-flow*), in ingresso al Torrente di Scarna nell'area dell'intervento a Gracciano Val d'Elsa (Metodo US Soil Conservation Service)

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 60 di 101


4. MODELLAZIONE IDRAULICA

Una volta ricavati i valori delle portate di picco per i differenti tempi di ritorno e gli idrogrammi di piena nelle tre condizioni caratteristiche di analisi alla sezione di chiusura del Torrente di Scarna in **corrispondenza dell'opera in linea di regolazione della cassa di laminazione**, si è passati alla fase di modellazione idraulica.

La **scelta dell'estensione del tratto da modellare** si è basata sull'osservazione dei reticoli idraulici di riferimento a disposizione, sul reticolo estratto in fase di analisi idrologica e sui rilievi e i sopralluoghi effettuati. Sulla base di quanto osservato, si è deciso di estendere i tratti da modellare da **poco a monte dell'ingresso all'area di riferimento della cassa di laminazione**, in corrispondenza della confluenza tra lo Scarna e un suo affluente minore in sinistra idraulica, fino a valle **dell'attraversamento con tombino della SP541 Strada Provinciale Traversa Maremmana**, in modo da tener conto di eventuali rigurgiti ed effetti da valle sulla **ricostruzione dell'altezza del profilo di corrente in alveo** e di conseguenza di estensione delle aree allagate, per un totale di 1450 mt circa.



Figura 4.1: Scelta del tratto del Torrente di Scarna oggetto di modellazione (in rosso) in corrispondenza dell'area d'intervento. Sono indicati anche: in nero l'area dell'intervento in progetto e l'effettiva copertura dei pannelli fotovoltaici e delle opere accessorie d'impianto (campitura orizzontale in rosso)

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 61 di 101

Per la descrizione morfologica dell'area ai fini della modellazione idraulica, dopo aver verificato l'inesistenza dei rilievi LIDAR di dettaglio dell'ex Ministero dell'Ambiente nell'area, si è fatto affidamento al DTM da rilievo LIDAR della Regione Toscana, risalente al 2008 e precedente alla realizzazione della cassa di laminazione, per cui si è dovuto procedere, come si vedrà in seguito, al suo aggiornamento tramite l'aggiunta delle nuove arginature di contenimento perimetrali sui lati nord – ovest della cassa.

La modellazione idraulica, è stata effettuata grazie all'ausilio del software *HEC-RAS 6.2* sviluppato per la *U.S. Army Corps of Engineers (USACE)* e per la cui disamina di dettaglio si rimanda ai manuali tecnici disponibili on-line, e si è articolata in due fasi distinte:

- un modello idraulico preliminare monodimensionale a sezioni estese in moto vario (*unsteady-flow*), che ci ha permesso di ricavare i profili della corrente e i livelli idrici in corrispondenza delle sezioni per i differenti tempi di ritorno considerati ($Tr = 30, 200$ e 500 anni);
- un modello idraulico di dettaglio bidimensionale in moto vario (*unsteady-flow*), con cui è stata estesa l'**analisi determinando i livelli e le velocità della corrente in alveo e nelle aree di laminazione della piena**, con particolare attenzione alla cassa di espansione, **valutando in tal modo l'interferenza con l'area di progetto dell'impianto, nelle tre condizioni caratteristiche ($Tr = 30, 200$ e 500 anni)**.

La modellazione idraulica effettuata, verrà predisposta secondo i seguenti punti:

- Definizione della geometria di modellazione monodimensionale a sezione estese in condizioni di moto non stazionario;
- Definizione geometrica del modello bidimensionale non stazionario;
- Descrizione dei risultati ottenuti in fase di modellazione monodimensionale in moto vario;
- Descrizione dei risultati ottenuti in fase di modellazione bidimensionale in moto vario;
- Analisi dei risultati **delle modellazioni idrauliche in relazione all'area oggetto di intervento.**

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 62 di 101

4.1 DEFINIZIONE DELLA GEOMETRIA DI MODELLAZIONE MONODIMENSIONALE (*UNSTEADY-FLOW*)

Benché le modellazioni monodimensionali a sezioni estese non considerino in maniera precisa la dinamica di diffusione delle esondazioni nelle aree esterne all'alveo, ma operando tramite un'interpolazione dei livelli tra una sezione e la successiva possono portare a irregolarità nelle superfici di esondazione nelle aree golenali esterne all'alveo, si è deciso comunque di realizzare un modello preliminare monodimensionale in condizioni di moto non stazionario, in modo da esportare il profilo della corrente e le caratteristiche di deflusso delle piene in corrispondenza delle singole sezioni, nei diversi tempi di ritorno, per poi ricavare i livelli e le velocità di allagamento in maniera più puntuale con una modellazione bidimensionale di dettaglio dell'area analizzata.

Si riassume sinteticamente di seguito la procedura utilizzata per la *definizione della geometria di base finalizzata alla modellazione monodimensionale in moto vario (unsteady-flow)*:

- Individuazione da quadro d'unione del DTM da rilievo LIDAR Regione Toscana a maglia 1 mt, risalente al periodo 2008 e antecedente alla realizzazione della cassa d'espansione sul Torrente Scarna, mosaicatura nell'area d'interesse e riproiezione bilineare nel sistema di riferimento scelto WGS 84 – UTM 33N, EPSG 32633 (Figura 4.2);

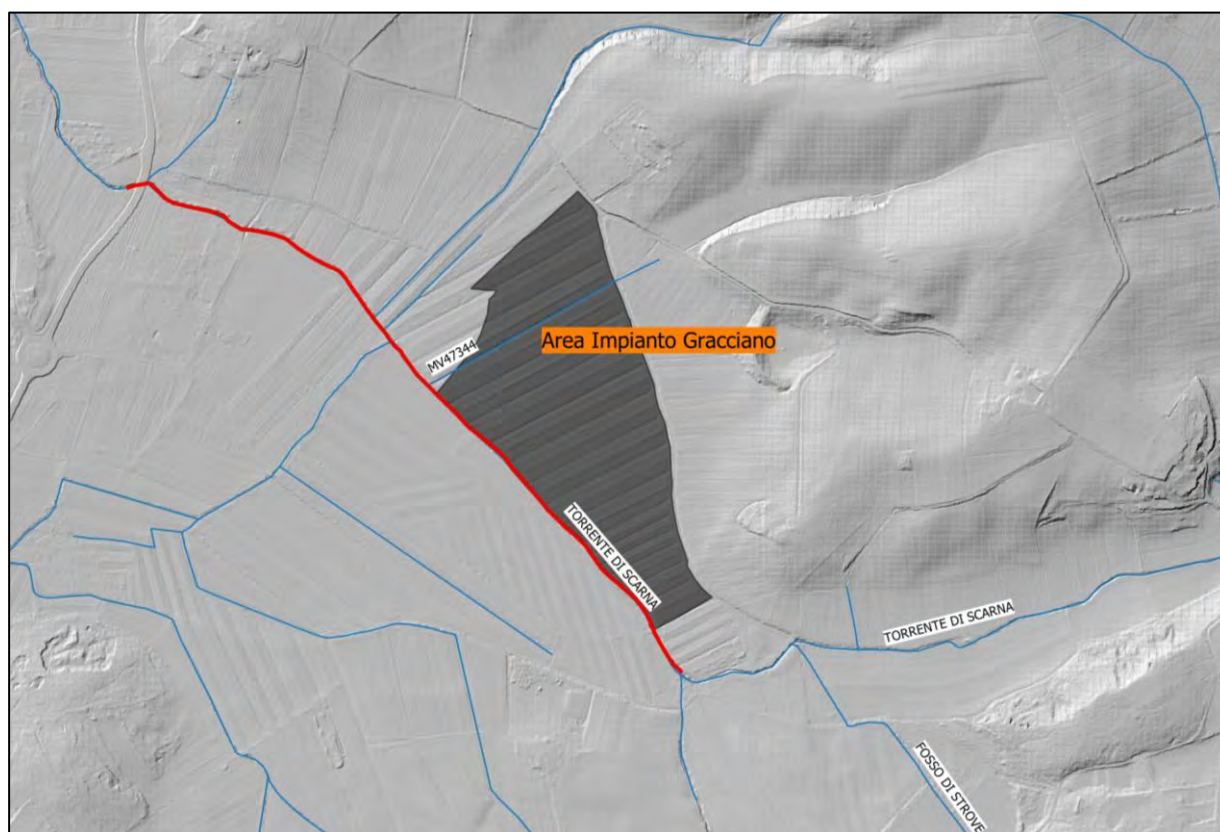



Figura 4.2: Inquadramento DTM da rilievo LIDAR a maglia 1 mt dell'area oggetto di intervento. Si nota l'assenza delle strutture arginali perimetrali nord - ovest di delimitazione della cassa di laminazione in linea sul Torrente di Scarna

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 63 di 101

- Importazione del *DTM* e creazione del Terrain nell'ambiente di modellazione del software HEC-RAS, all'interno del modulo GIS RAS Mapper. In questa fase iniziale si è proceduto anche ad un ricondizionamento e modifica locale del DTM nelle aree in cui l'interpolazione dei rilievi LIDAR può risultare sovente affetta da imprecisioni dovute ad aree con vegetazione particolarmente fitta da richiedere perciò una pulizia, oppure nel caso di necessità di aperture in corrispondenza di ostacoli al deflusso come punti alti degli impalcati **degli attraversamenti o tombini e sottopassi sui rilevati stradali. Nel caso specifico dell'area d'impianto si è operato con i seguenti interventi** (si vedano le seguenti Figure 4.3, 4.4, 4.5 e 4.6 4.6):
 - Filtraggio e pulizia del DTM lungo i tratti di modellazione, in particolare lungo le fasce spondali del Torrente di Scarna con innesto delle sezioni tipologiche rilevate in campo in occasione del sopralluogo;
 - Innesto del rilevato arginale della cassa d'espansione sul lato nord-ovest, di realizzazione successiva al rilievo LIDAR della Regione Toscana;
 - Apertura delle luci di attraversamento del rilevato arginale innestato, in corrispondenza dell'opera di regolazione in linea della cassa di espansione, e del tombino di attraversamento della SP541, poco a valle in direzione dell'abitato di Gracciano dell'Elsa;
 - Innesto dell'abitato nelle aree limitrofe alla cassa di espansione, che costituisca ostacolo al deflusso nel caso di insufficienza del contenimento della piene da parte della cassa d'espansione.

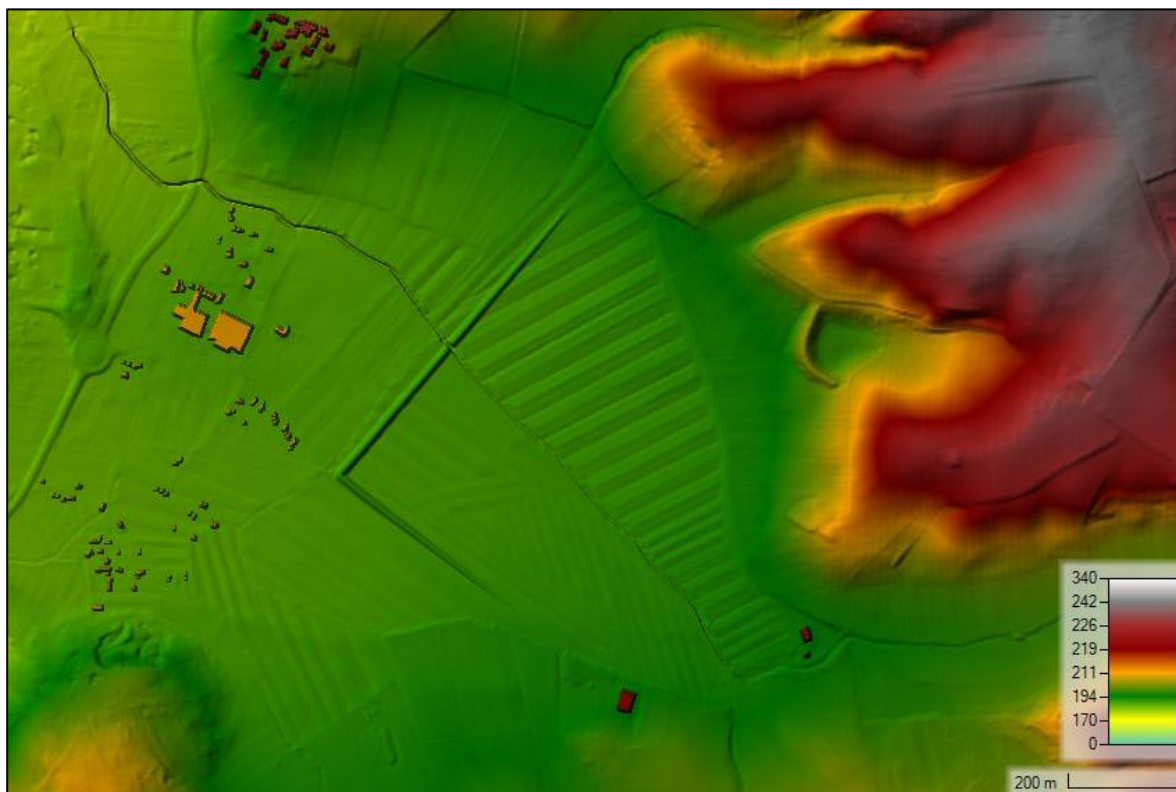


Figura 4.3: Importazione DTM da rilievo LIDAR e creazione del Terrain nell'ambiente di modellazione del software HEC-RAS, all'interno del modulo GIS RAS Mapper. Ricondizionamenti locali per l'inserimento delle sezioni tipologiche del Torrente di Scarna, del rilevato arginale della cassa e dell'abitato limitrofo nell'area


ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 64 di 101



Figura 4.4: Importazione DTM da rilievo LIDAR e creazione del Terrain nell'ambiente di modellazione del software HEC-RAS. Dettaglio ricondizionamenti locali per l'inserimento delle sezioni tipologiche del Torrente di Scarna, del rilevato arginale della cassa e dell'abitato nell'area



Figura 4.5: Importazione DTM da rilievo LIDAR e creazione del Terrain nell'ambiente di modellazione del software HEC-RAS. Dettaglio sovrapposizione con CTR e ricondizionamenti locali per l'inserimento delle sezioni tipologiche del Torrente di Scarna, del rilevato arginale della cassa e dell'abitato nell'area

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 65 di 101

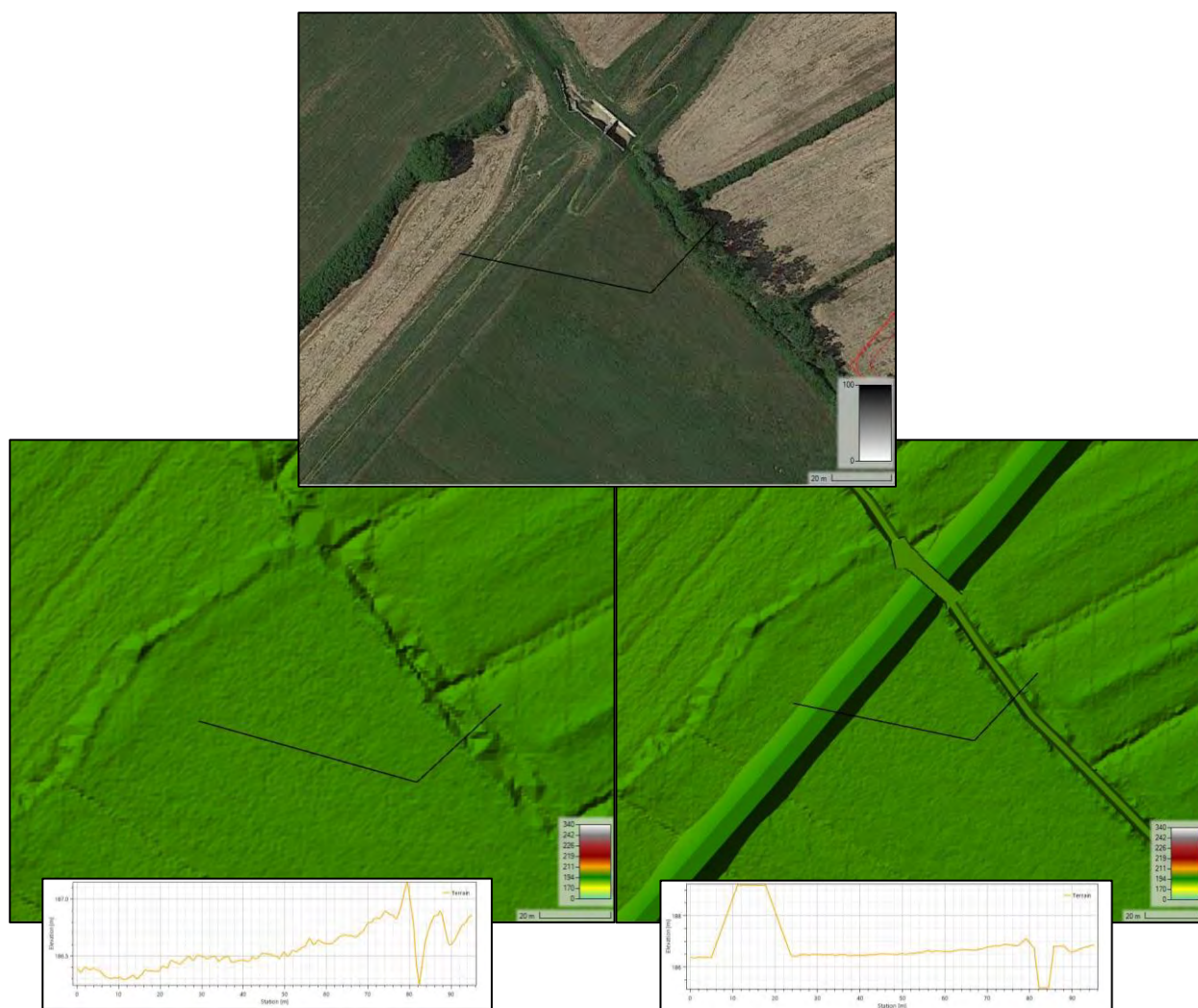


Figura 4.6: Importazione DTM da rilievo LIDAR e creazione del Terrain nell'ambiente di modellazione del software HEC-RAS. Confronto prima (a sinistra) e dopo (a destra) i rcondizionamenti locali per l'inserimento delle sezioni tipologiche del Torrente di Scarna e del rilevato arginale della cassa

- Tracciamento del reticolo di fondo alveo (River Reach) del Torrente di Scarna sulla base del DTM generato e tenendo in considerazione i reticoli di riferimento e/o estratti a disposizione (Figura 4.7);
- Estrazione delle 45 sezioni dal DTM modificato lungo il tratto del Torrente di Scarna oggetto di modellazione monodimensionale, estese in larghezza in modo da comprendere tutta l'area passibile di allagamento, anche esterna alla cassa di laminazione in linea, in caso di sua insufficienza (Figura 4.7);



ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 66 di 101



Figura 4.7: Torrente di Scarna: tracciamento del fondo alveo (River Reach) estrazione delle sezioni estese di modellazione monodimensionale su DTM da rilievo LIDAR, modificato con i rilievi in campo e definizione della posizione delle sponde (Bank Station)


- Definizione delle sponde (Bank Station) delle sezioni per suddividere l'alveo dalle zone golenali di trasporto della piena e assegnazione dei coefficienti di scabrezza alla Manning. In base alla condizione dei luoghi e in un'ottica conservativa si sono posti valori da letteratura (sempre Figura 4.7 sopra):
 - $n = 0.035$, per la zona d'alveo, corrispondente a canali naturali in terra in cattive condizioni di mantenimento e densamente vegetati;
 - $n = 0.06$, per le aree golenali esterne all'alveo, corrispondente a piani di scorrimento della piena in presenza di vegetazione bassa e alcuni alberi e/o ostacoli sporadici.

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 67 di 101

- Posizionamento dei levee in corrispondenza dei punti alti arginali, utili all'individuazione del canale principale e alla limitazione di eventuali deflussi pluricursuali. Si sono posizionati in particolare lungo il rilevato arginale della cassa d'espansione in sinistra idraulica;
- Inserimento dell'ingombro delle opere idrauliche interferenti alla corrente. Nel caso del tratto del Torrente di Scarna modellato risulta l'opera in linea di regolazione dei livelli nella cassa di espansione (Figura 4.8) e il tombino di attraversamento della SP541 Traversa Maremmana (Figura 4.9) più a valle;



Figura 4.8: Torrente di Scarna: planimetria su DTM e dettaglio sezione verticale estesa inserimento opera in linea di regolazione dei livelli nella cassa di espansione

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 68 di 101

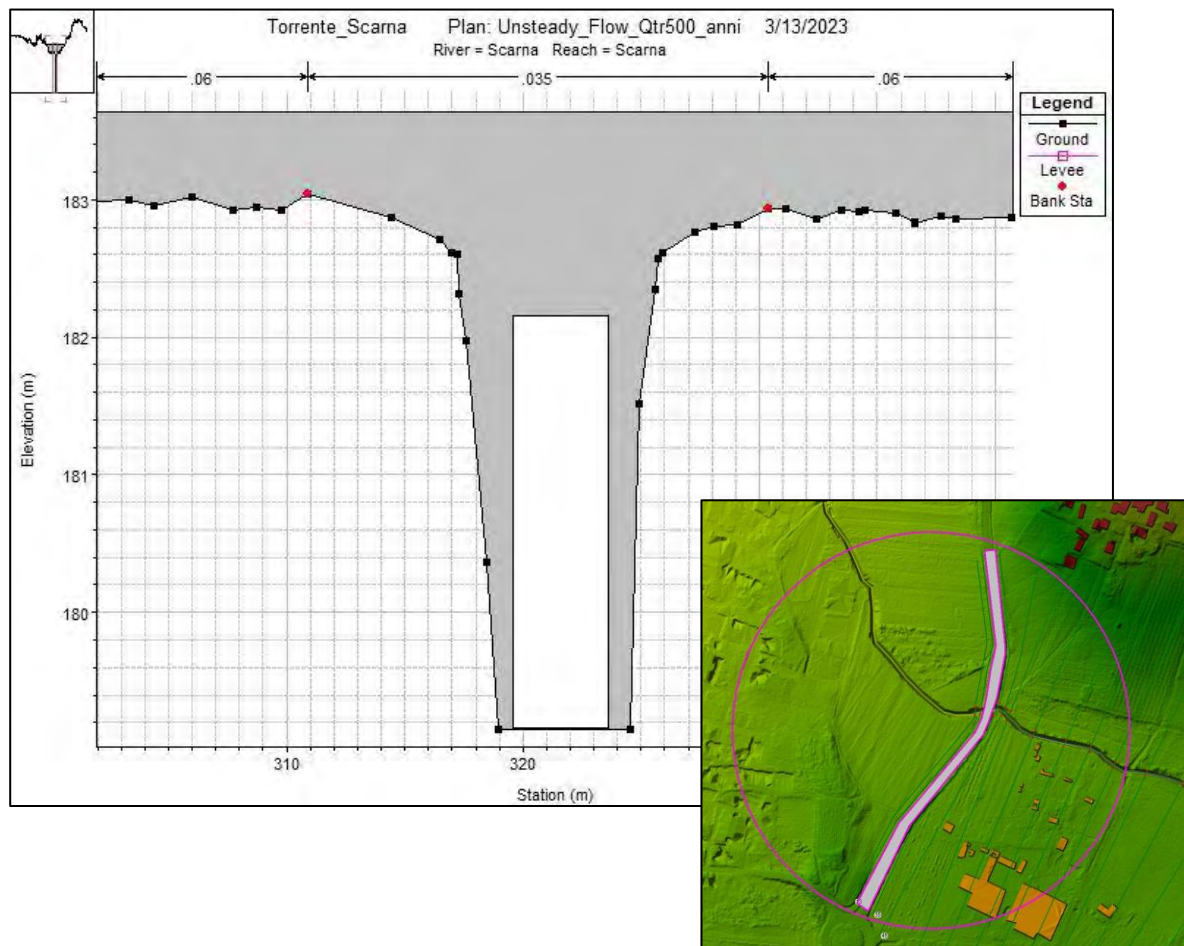



Figura 4.9: Torrente di Scarna: planimetria su DTM e dettaglio sezione verticale estesa inserimento tombino di attraversamento della SP541 Traversa Maremmana

- Infine si sono assegnate le condizioni al contorno di monte e di valle al tratto fluviale per la simulazione monodimensionale in moto vario (*unsteady-flow*). In particolare:
 - *Condizione al contorno di monte: gli idrogrammi di piena per i tre tempi di ritorno considerati ($Tr = 30, 200$ e 500 anni) in ingresso al Torrente di Scarna;*
 - *Condizione al contorno di valle: normal depth = 0.0098m/m cadente della linea dei carichi totali approssimata con la pendenza del torrente nel tratto per tutta la durata della simulazione, che simula una condizione conservativa con un livello idrometrico della piena al contorno in continuità con il profilo della corrente nelle aree immediatamente a monte.*

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 69 di 101

4.2 DEFINIZIONE DELLA GEOMETRIA DI MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE (*UNSTEADY-FLOW*)

Per definire con maggior precisione la dinamica del deflusso delle piene lungo il Torrente di Scarna in relazione al comportamento della **cassa d'espansione e l'interferenza con l'area dell'intervento in progetto in termini di tiranti e velocità**, si è proceduto ad una *modellazione bidimensionale di dettaglio in regime di moto vario non stazionario*, per i tempi di ritorno caratteristici considerati.

Una modellazione bidimensionale pura si basa sulla definizione di un *dominio bidimensionale (2D Flow Area)*, rappresentato da una superficie o *mesh* di calcolo in grado di evidenziare la propagazione della piena nelle aree indagate sulla base di una maglia di calcolo, più o meno fitta, in cui le quote vengono lette in corrispondenza di ciascun poligono che la definisce sulla base del DTM generato dai rilievi a disposizione. **La precisione e l'accuratezza delle direzioni di deflusso determinate sono direttamente influenzate dal passo di definizione delle dimensioni dei poligoni componenti la maglia, al diminuire delle dimensioni di ciascun poligono, cresce la precisione di calcolo a discapito dell'onere e della durata computazionale della simulazione.** Risulta perciò essenziale scegliere attentamente la dimensione caratteristica della *mesh*, in modo da raggiungere un buon compromesso tra accuratezza del risultato e tempi computazionali richiesti.

In un modello bidimensionale di questo tipo ciascuna superficie di calcolo considerata avrà delle *condizioni al contorno (SA/2D Area BC Line)* **che permettono l'ingresso e l'uscita dei volumi dal dominio di calcolo definito.** In questo caso si sono utilizzate come condizioni al contorno di monte gli idrogrammi di piena ricavati per i tre tempi di ritorno $T_r = 30, 200$ e 500 anni, considerati in ingresso al tratto iniziale del Torrente di Scarna analizzato.

Un ulteriore elemento importante nelle modellazioni 2D è rappresentato da *collegamenti denominati SA/2D Area Connection*, utilizzabili per schematizzare passaggi del flusso della piena tra differenti aree bidimensionali, oppure **opere idrauliche interferenti alla corrente come ponti, traverse, sottopassi e tombini all'interno dello stesso dominio di calcolo.** Nella nostra analisi è stato definito un unico grande dominio di calcolo in cui sono stati schematizzate le due opere interferenti alla corrente nel tratto.

Si riassume sinteticamente di seguito la procedura utilizzata per la *definizione della geometria di base finalizzata alla modellazione bidimensionale in moto vario (unsteady-flow)* e le condizioni al contorno scelte **nell'intorno dell'area** oggetto di intervento:

- **Ricognizione dell'area sulla base del DTM da rilievi generato e degli altri strati d'appoggio utilizzati (CTR, ortofoto Google, Curve di Livello, fasce di pericolosità PGR e PAI...)** per *l'individuazione dell'estensione del dominio di calcolo bidimensionale (2D Flow Area)*, definizione della *mesh* interna di calcolo con poligoni a **maglia quadrata.** Nella scelta dell'estensione dell'area di flusso 2D si è cercato di coprire una superficie il più estesa possibile in relazione al DTM di copertura del bacino a disposizione e in base alla morfologia del territorio, permettendo così di evidenziare la dinamica di propagazione del flusso nelle aree esterne più depresse, ***eventualmente anche in caso di insufficienza della cassa d'espansione.*** Per la scelta delle dimensioni dei poligoni della superficie di calcolo si è optato per una *maglia di base 5x5 m* per tutto il dominio di calcolo, e *infittimenti locali con poligoni 1x1 m*, utili ad una descrizione più accurata della propagazione dei flussi **lungo l'alveo** del torrente, in modo da cogliere in maniera dettagliata la geometria della sezione, e così da descrivere con maggiore sensibilità il comportamento del flusso in corrispondenza delle singolarità rappresentate dalle *opere interferenti* (Figura 4.10 e dettaglio infittimento *mesh* Figura 4.11);

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 70 di 101



Figura 4.10: Torrente di Scarna: definizione degli elementi geometrici della modellazione bidimensionale su DTM da rilievo LIDAR integrato con rilievi in campo nell'area dell'intervento. Retino quadrato: dominio di modellazione bidimensionale mesh 5x5 mt (2D Flow Area). Poligoni rossi: aree di infiltrazione dominio di calcolo con mesh di dimensione 1x1 mt. Segmenti azzurri: posizione condizioni al contorno di monte e di valle (SA/2D BC Line)

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 71 di 101

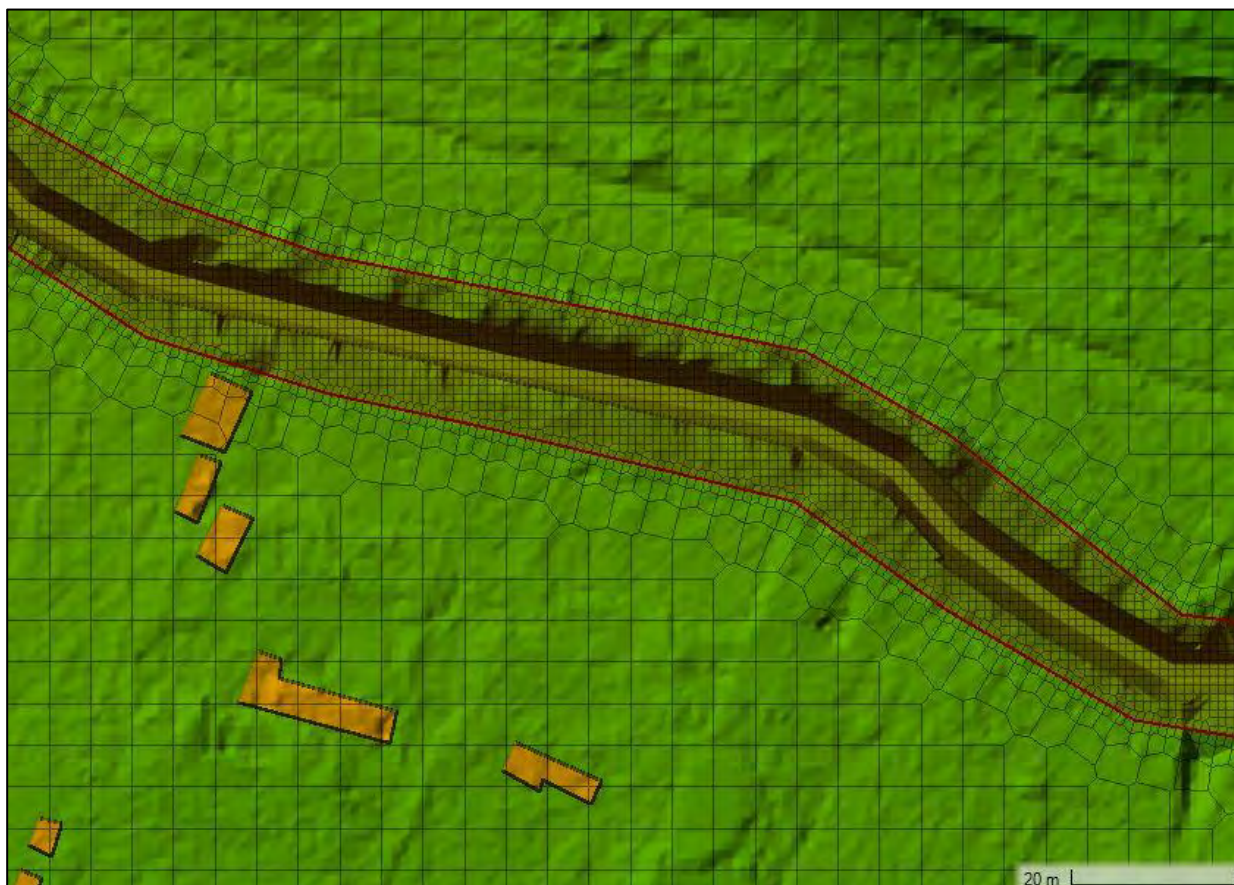


Figura 4.11: Dettaglio locale aree di infiltrazione con mesh di calcolo 1x1 mt nel dominio bidimensionale di base, con mesh di maglia 5x5 mt, in corrispondenza dell'alveo del Torrente di Scarna

- Assegnazione dei coefficienti di scabrezza alla Manning al dominio di calcolo. In accordo con la modellazione monodimensionale si è posto:
 - $n = 0.035$, per la zona d'alveo, corrispondente a canali naturali in terra in cattive condizioni di mantenimento e densamente vegetati;
 - $n = 0.06$, per le aree golenali esterne all'alveo, corrispondente a piani di scorrimento della piena in presenza di vegetazione bassa e alcuni alberi e/o ostacoli sporadici.
- Inserimento dei collegamenti (SA/2D Area Connection) all'interno del dominio di calcolo bidimensionale, a schematizzare le due opere interferenti alla corrente, l'opera in linea di regolazione dei livelli nella cassa di espansione (Figura 4.12) e il tombino di attraversamento della SP541 Traversa Maremmana (Figura 4.13) più a valle;

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 72 di 101

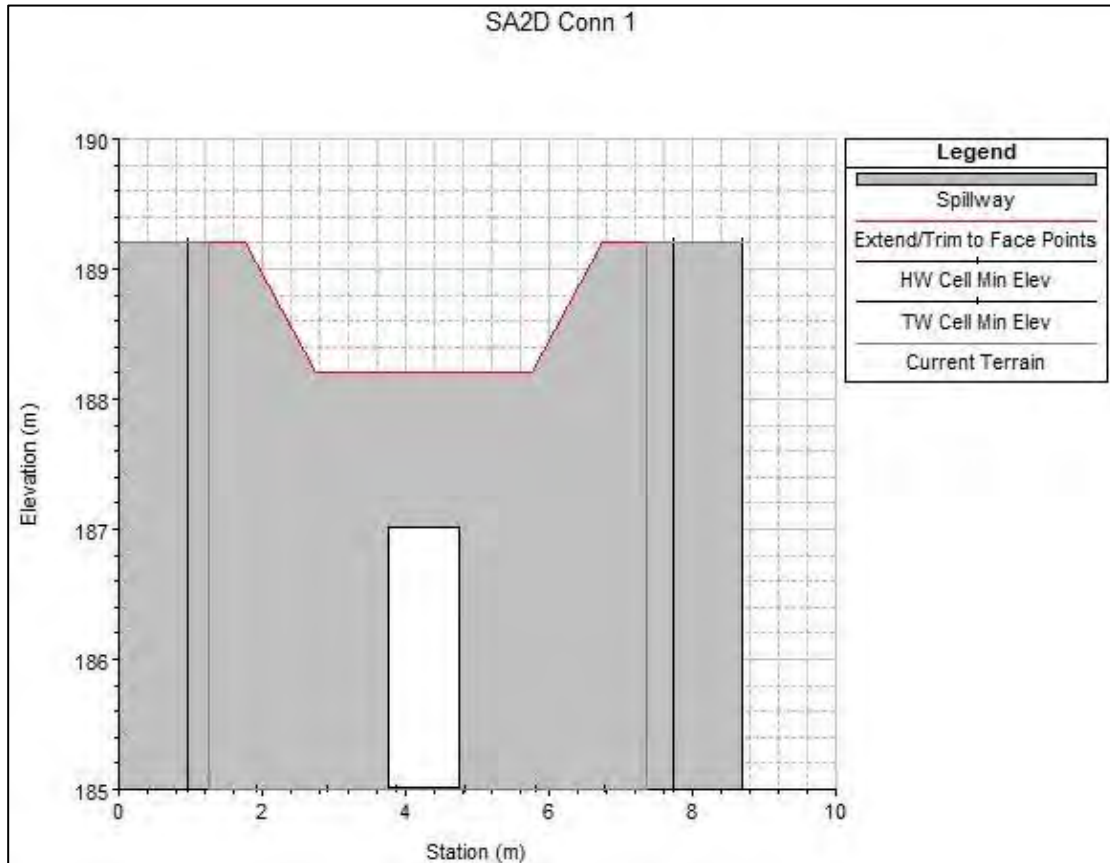


Figura 4.12: Modello bidimensionale, Torrente di Scarna: schema opera di collegamento (SA/2D Connection) interna al dominio di calcolo, a schematizzare l'opera in linea di regolazione delle portate della cassa di laminazione



Figura 4.13: Modello bidimensionale, Torrente di Scarna: schema planimetrico DTM (a sinistra) e Google (a destra) opera di collegamento (SA/2D Connection) interna al dominio di calcolo, a schematizzare l'opera in linea di regolazione delle portate della cassa di laminazione

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 73 di 101

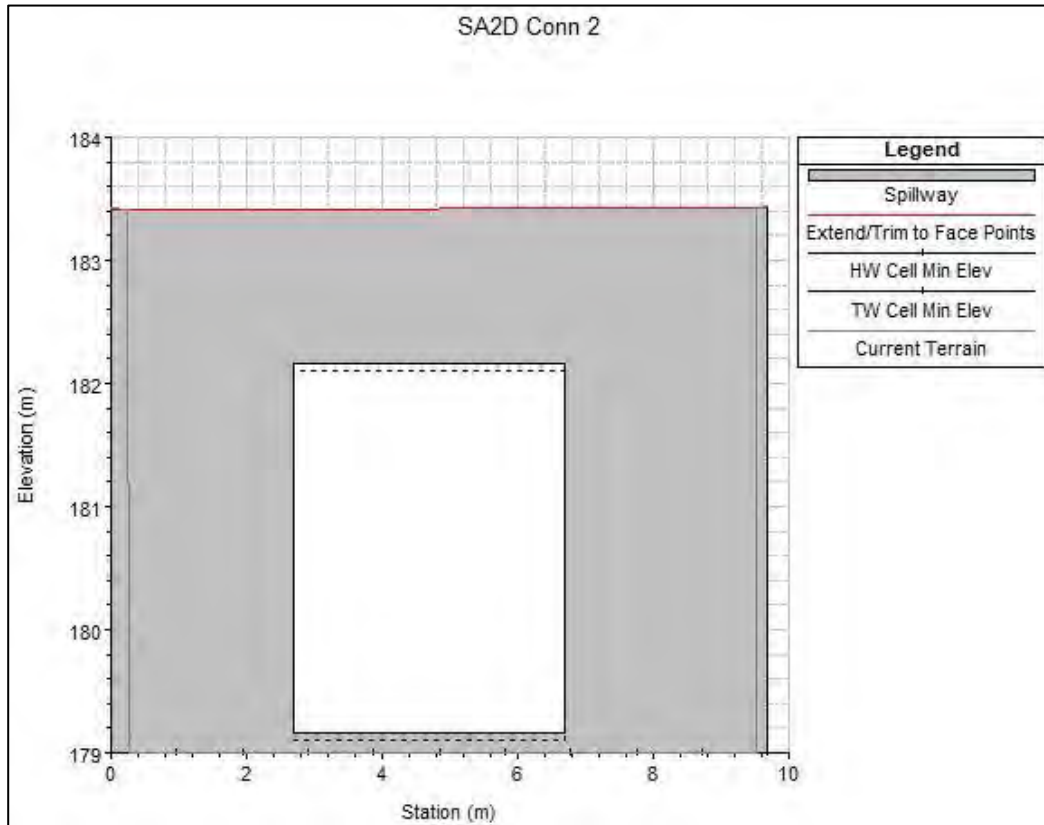



Figura 4.14: Modello bidimensionale, Torrente di Scarna: schema opera di collegamento (SA/2D Connection) interna al dominio di calcolo, a schematizzare il tombino di attraversamento della SP541 Traversa Maremmana a valle della cassa di espansione



Figura 4.14: Modello bidimensionale, Torrente di Scarna: schema planimetrico DTM (a sinistra) e Google (a destra) opera di collegamento (SA/2D Connection) interna al dominio di calcolo, a schematizzare il tombino di attraversamento della SP547 Traversa Maremmana a valle della cassa di espansione

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 74 di 101

- Definizione e inserimento delle condizioni al contorno (SA/2D Area BC Line) al dominio di calcolo. In particolare si è posto (in accordo alla modellazione monodimensionale):
 - Condizione al contorno di monte, posizionata puntualmente in corrispondenza del tratto iniziale del Torrente Scarna, in ingresso gli idrogrammi di piena per i tre tempi di ritorno considerati ($Tr = 30, 200$ e 500 anni);
 - Condizione al contorno di valle, posizionata diffusa su tutto il perimetro più depresso in uscita dalla vallata, normal depth = 0.0098m/m cadente della linea dei carichi totali approssimata con la pendenza della superficie per tutta la durata della simulazione, che simula in ottica conservativa un livello idrometrico della piena al contorno in continuità con il profilo della corrente nelle aree immediatamente a monte.
- Infine si sono settati i parametri computazionali, che spesso insieme ai parametri geometrici della simulazione sono responsabili delle condizioni di instabilità di calcolo e convergenza alla soluzione nelle simulazioni in moto vario (*unsteady-flow*). In seguito ad alcuni tentativi si è scelto un intervallo computazionale di 1 secondo e una restituzione delle mappe di allagamento una al minuto per l'intera durata della simulazione pari a 16 ore, in modo da cogliere anche l'evoluzione della piena in fase di lento svuotamento della cassa di espansione, a dispetto del rapido ingresso degli idrogrammi a monte.

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 75 di 101

4.3 RISULTATI DELLA MODELLAZIONE MONODIMENSIONALE (*UNSTEADY-FLOW*)

In questo paragrafo si andranno a descrivere i risultati del modello idraulico preliminare monodimensionale a sezioni estese in moto vario (*unsteady-flow*), ponendo l'attenzione sui profili della corrente lungo il Torrente di Scarna **a monte e a valle dell'opera di regolazione in linea, funzionale al riempimento della cassa di espansione**, e i livelli idrici in corrispondenza delle sezioni estese definite. Si vuole in questo modo dare una panoramica sul funzionamento della cassa di laminazione e la capacità di deflusso in alveo della corrente **a valle dell'opera**, per i diversi tempi di ritorno, rimandando al prossimo paragrafo l'analisi di dettaglio sull'estensione delle aree di esondazione e i valori dei tiranti e delle velocità nelle aree d'impianto.

Dall'osservazione dei *profili di corrente massimi* nel tratto modellato per i differenti tempi di ritorno considerati ($T_r = 30, 200$ e 500 anni), riportati in Figura 4.15 e nei dettagli in corrispondenza delle opere nelle Figure 4.16 e 4.17, in cui sono tracciate anche le linee che congiungono le *bank station* delle sezioni defluenti del Torrente di Scarna, come punto di riferimento del limite utile al deflusso in alveo, si intuisce come **l'opera di regolazione provochi l'innalzamento dei livelli a monte e il riempimento dell'area adibita a cassa di laminazione in linea**, e faccia transitare nel tratto a valle, in direzione della SP547 Traversa Maremmana, un quantitativo di portate **sufficienti al deflusso della corrente in alveo**, per tutti i tempi di ritorno analizzati.

Il deflusso, date le **pendenze medie non elevate del Torrente di Scarna**, pari allo **0.006 m/m** nel tratto a monte, adibito a cassa di laminazione, e a **0.010 m/m** nel tratto di valle, avviene complessivamente **in corrente lenta**, con un leggero incremento delle velocità, pur mantenendosi su valori tipici di una **corrente subcritica**, **a valle dell'opera di regolazione in linea**.

Concentrando l'attenzione sulla prima ora, di immissione delle portate nel tratto, i **numeri di Froude** risultano inferiori all'unità e i livelli della corrente inferiori alle altezze di stato critico per i diversi tempi di ritorno simulati. Infine ponendosi **nelle 15 ore successive al transito dell'idrogramma in ingresso, aggiunte alla durata della simulazione** per apprezzare il graduale svuotamento della cassa di espansione, i numeri di Froude calano ulteriormente attestandosi intorno allo 0, in accordo con la situazione di invaso quasi-statico generato dal corretto funzionamento **dell'opera di regolazione**.

Si rimanda all'**Allegato 1** per la raccolta delle tabelle dei risultati della modellazione monodimensionale a sezioni estese in regime non stazionario, in cui per completezza di analisi, oltre ai valori in corrispondenza del massimo livello raggiunto, si sono **estratti anche quelli indicativi della fase di riempimento della cassa, in corrispondenza del picco dell'idrogramma** in ingresso, intorno ai 30 min della simulazione. Si rimanda, inoltre, all'**Allegato 2** per i livelli massimi in corrispondenza delle sezioni di calcolo utilizzate per i tre tempi di ritorno simulati.

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 76 di 101

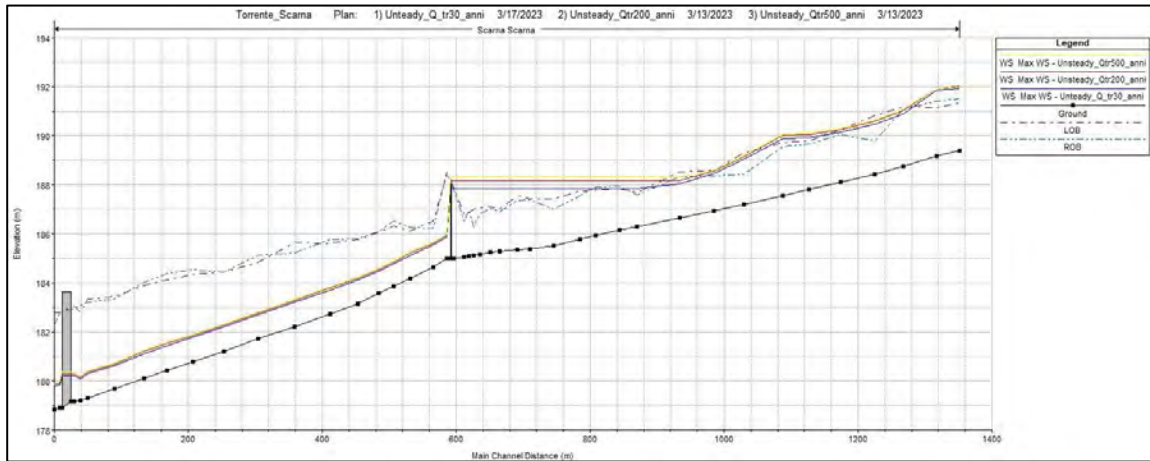


Figura 4.15: Torrente di Scarna: risultati profili di corrente modellazione monodimensionale a sezioni estese (unsteady-flow) per i tre tempi di ritorno simulati $Tr = 30$ anni (profilo in blu), $Tr = 200$ (profilo in rosso) e $Tr = 500$ anni (profilo in giallo)

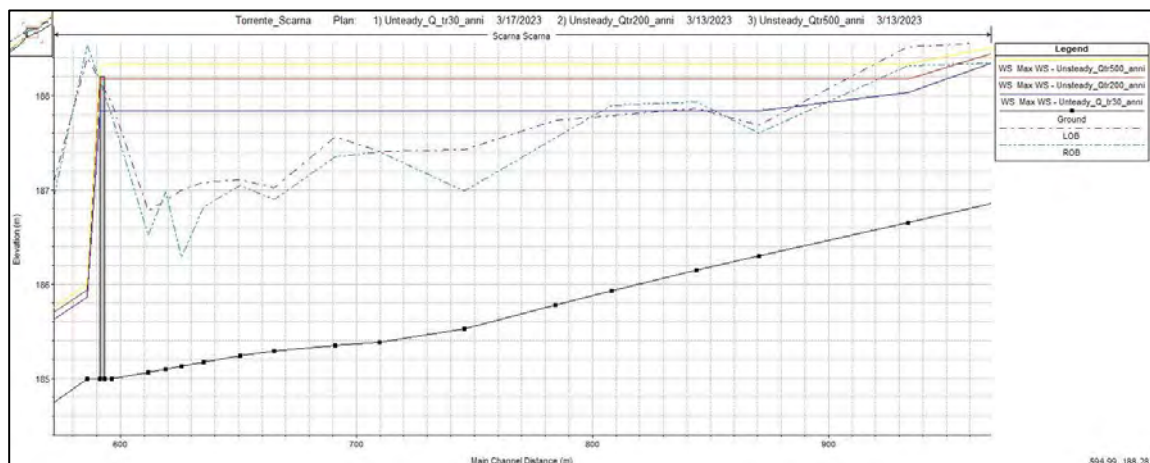


Figura 4.16: Torrente di Scarna, dettaglio in corrispondenza dell'opera di regolazione in linea della cassa di espansione: risultati profili di corrente modellazione monodimensionale a sezioni estese (unsteady-flow) per i tre tempi di ritorno simulati $Tr = 30$ anni (profilo in blu), $Tr = 200$ (profilo in rosso) e $Tr = 500$ anni (profilo in giallo)

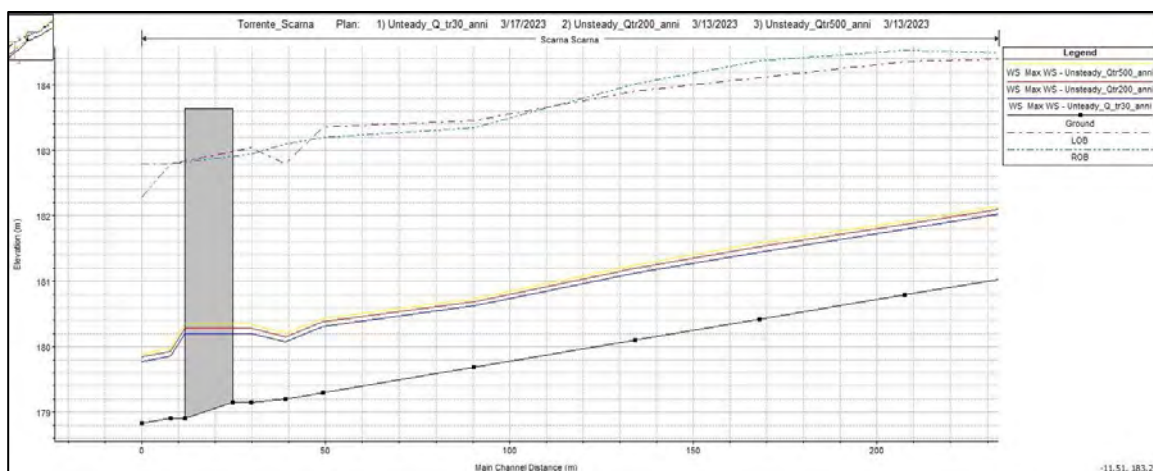


Figura 4.17: Torrente di Scarna, dettaglio in corrispondenza del tombino di attraversamento della SP547 Traversa Maremmana: risultati profili di corrente modellazione monodimensionale a sezioni estese (unsteady-flow) per i tre tempi di ritorno simulati $Tr = 30$ anni (profilo in blu), $Tr = 200$ (profilo in rosso) e $Tr = 500$ anni (profilo in giallo)

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 77 di 101

Spostando ora l'attenzione sui *livelli massimi in corrispondenza di alcune sezioni di deflusso indicative e delle due opere idrauliche interferenti* alla corrente, andando da monte a valle si possono apprezzare: i livelli contenuti dal rilevato arginale nella sezione estesa nel tratto all'interno della **cassa di espansione**, poco a monte dell'opera di regolazione (si veda Figura 4.18); i **livelli in corrispondenza del dettaglio dell'opera di regolazione**, da cui si comprende come il deflusso avvenga sostanzialmente solo attraverso la luce tarata di fondo, ad eccezione di uno stramazzo a lama ridotta, attraverso la gaveta, nella condizione più estrema $Tr = 500$ anni (successiva Figura 4.19); un dettaglio di una sezione estesa nel tratto a valle della cassa, da cui si apprezza il deflusso in alveo e in sicurezza per tutti e tre i tempi di ritorno simulati, indice di un corretto funzionamento delle luci tarate di efflusso dalla cassa (Figura 4.20); e infine i livelli massimi di deflusso in sicurezza e con ampio franco idraulico in corrispondenza del dettaglio del tombino di attraversamento della SP547 Traversa Maremmana (Figura 4.21).

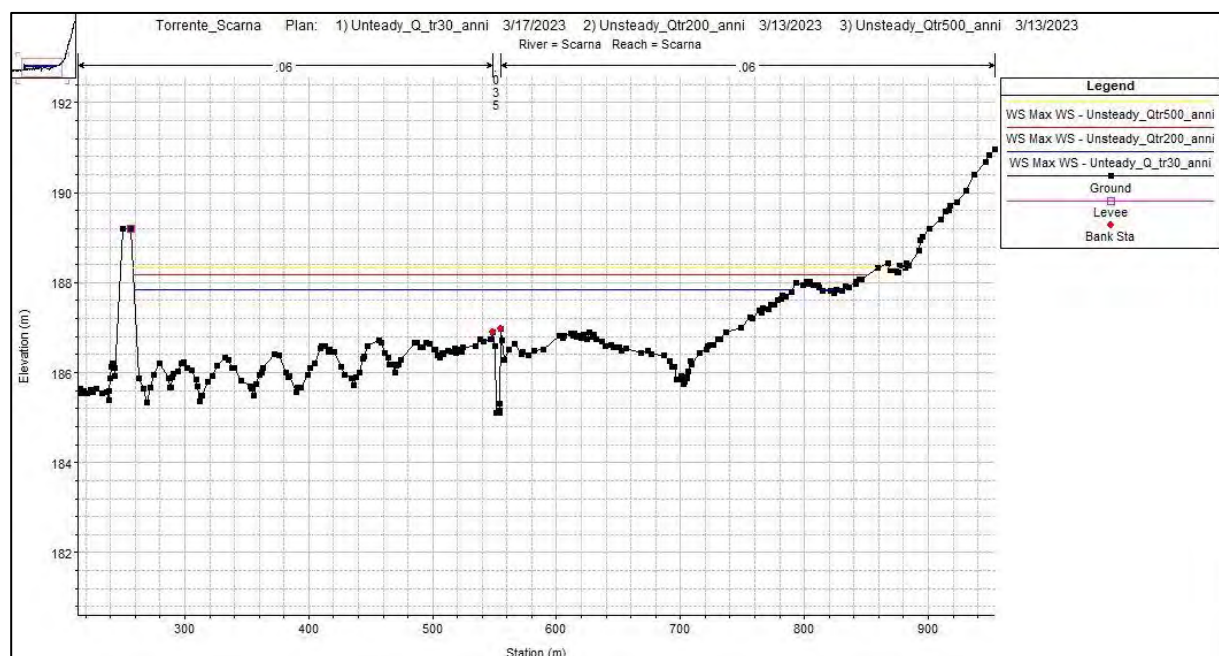


Figura 4.18: Torrente di Scarna: risultati livelli idrici massimi di corrente modellazione monodimensionale a sezioni estese (unsteady-flow) per i tempi di ritorno $Tr = 30, 200$ e 500 anni. Esempio rappresentativo dei **livelli contenuti dal rilevato arginale nel tratto all'interno della cassa di espansione**

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 78 di 101

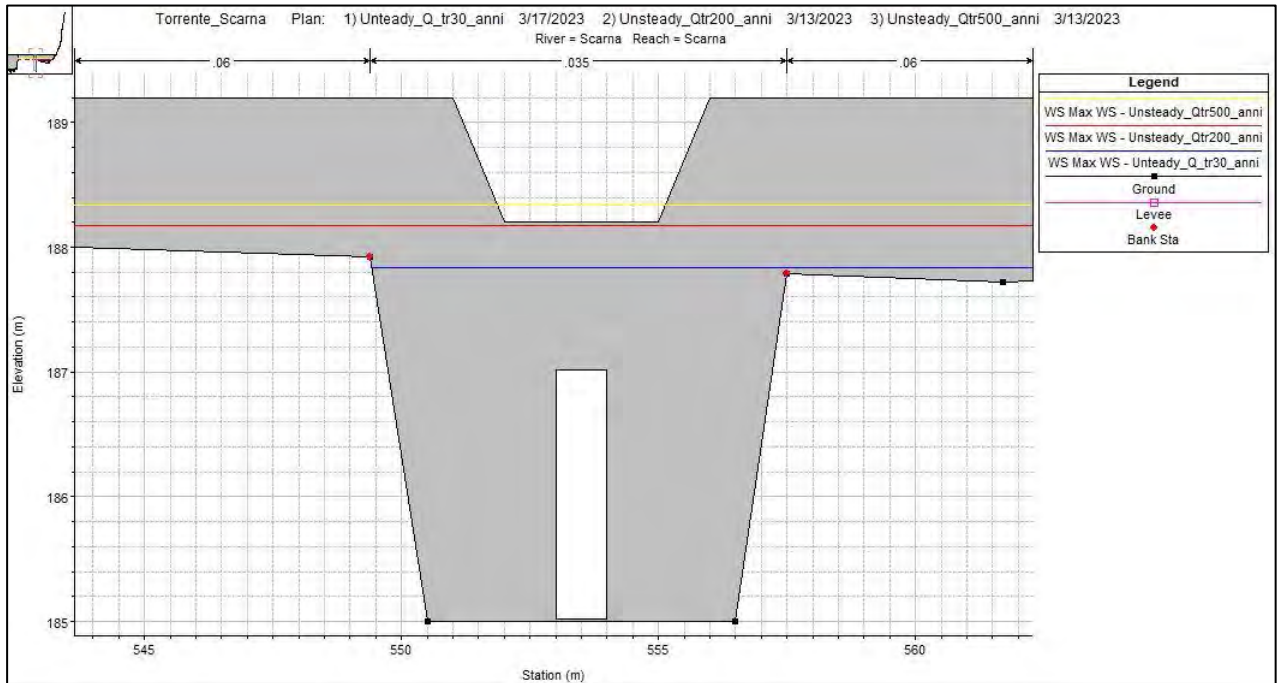


Figura 4.19: Torrente di Scarna: risultati livelli idrici massimi di corrente modellazione monodimensionale a sezioni estese (unsteady-flow) per i tempi di ritorno $Tr = 30, 200$ e 500 anni. Dettaglio rappresentativo dei livelli in corrispondenza dell'opera di regolazione in linea, da cui si comprende come il deflusso avvenga attraverso la luce tarata di fondo, ad eccezione di uno stramazzo a sfioro ridotto, attraverso la gaveta, nella condizione più estrema $Tr = 500$ anni

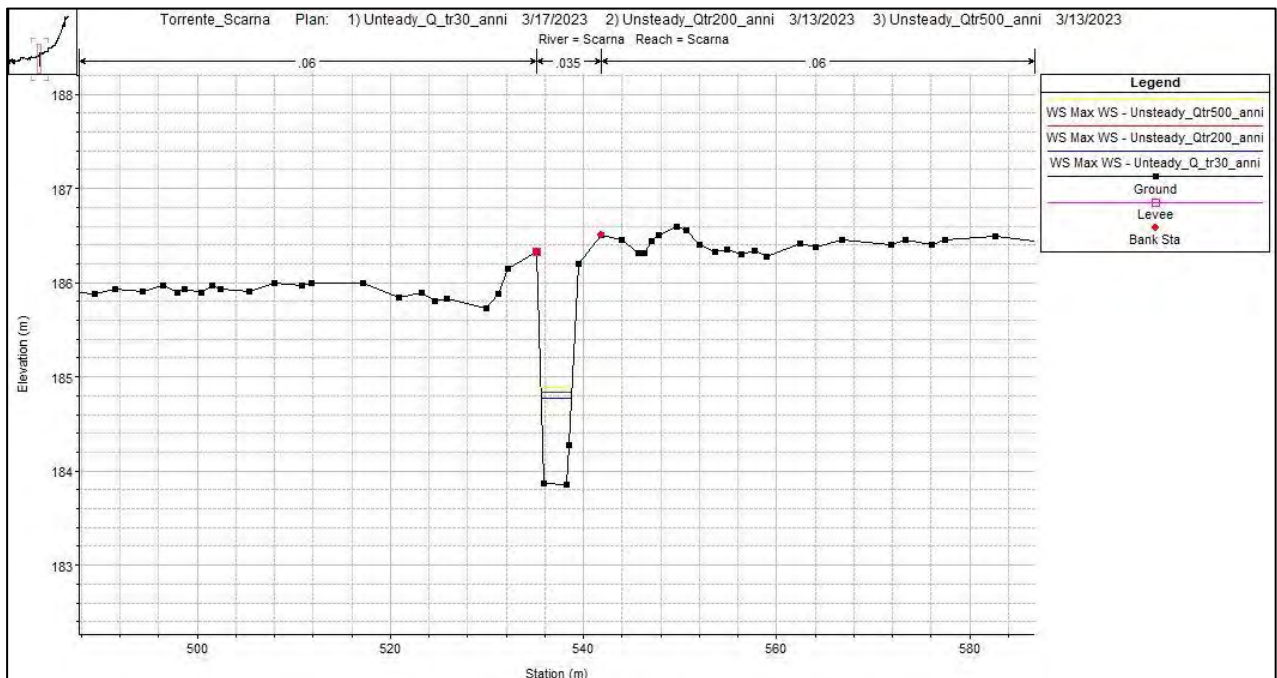


Figura 4.20: Torrente di Scarna: risultati livelli idrici massimi di corrente modellazione monodimensionale a sezioni estese (unsteady-flow) per i tempi di ritorno $Tr = 30, 200$ e 500 anni. Esempio dettaglio rappresentativo dei livelli nel tratto a valle della cassa, da cui si apprezza il deflusso in alveo e in sicurezza per tutti e tre i tempi di ritorno simulati

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 79 di 101

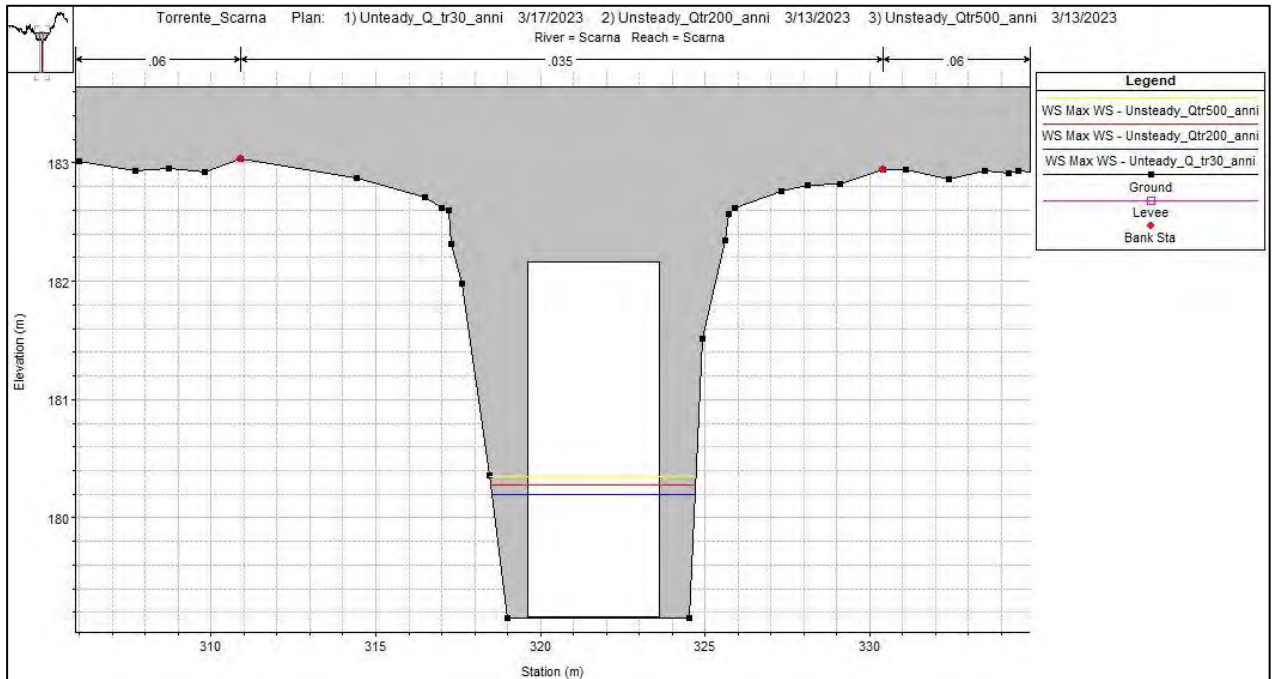


Figura 4.21: Torrente di Scarna: risultati livelli idrici massimi di corrente modellazione monodimensionale a sezioni estese (unsteady-flow) per i tempi di ritorno $Tr = 30, 200$ e 500 anni. Dettaglio rappresentativo dei livelli in corrispondenza del tombino di attraversamento della SP547 Traversa Maremmana, da cui si nota il deflusso in sicurezza per tutti e tre i tempi di ritorno simulati

Infine si riportano di seguito i grafici degli idrogrammi in ingresso alla cassa di laminazione da monte (Figura 4.22), quelli **in uscita a valle dell'opera di laminazione in linea** (Figura 4.23), suddivisi tra deflusso dalla luce di fondo e sfioro dalla gaveta superficiale e i livelli per tutta la durata della laminazione a monte e a valle della stessa opera di regolazione (Figura 4.24).

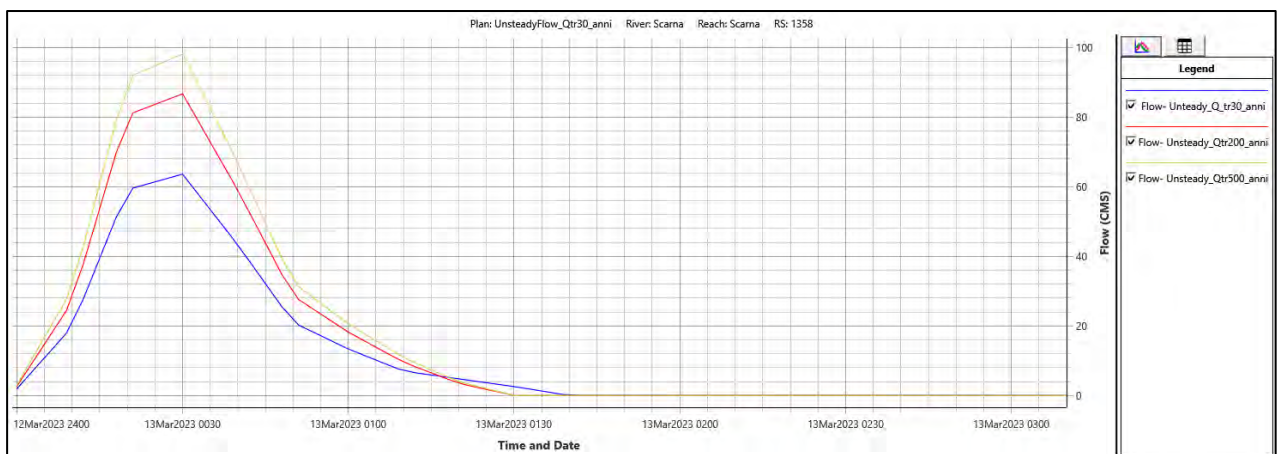



Figura 4.22: Torrente di Scarna: dettaglio idrogrammi in ingresso a monte nella prima ora di durata della simulazione monodimensionale (unsteady-flow) per i tempi di ritorno $Tr = 30$ anni (in blu), $Tr = 200$ anni (in rosso) e $Tr = 500$ anni (in giallo)

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 80 di 101

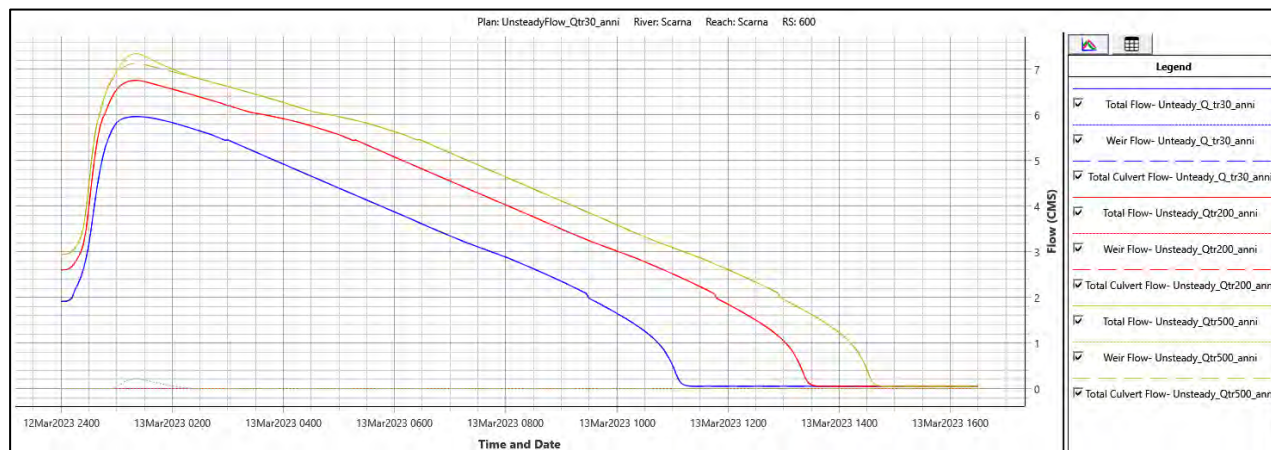


Figura 4.23: Torrente di Scarna: dettaglio idrogrammi in uscita a valle dell'opera di regolazione in linea durante le 16 ore di durata della simulazione monodimensionale (unsteady-flow) per i tempi di ritorno $Tr = 30$ anni (in blu), $Tr = 200$ anni (in rosso) e $Tr = 500$ anni (in giallo), suddivisi tra luce di fondo (tratteggio spesso), sfioro dalla gaveta (tratteggio fino) e totale (linea continua). Si apprezza come lo sfioro superficiale inizi, seppur con valori contenuti, ad entrare in funzione solo nella condizione più estrema corrispondente alla $Tr = 500$ anni

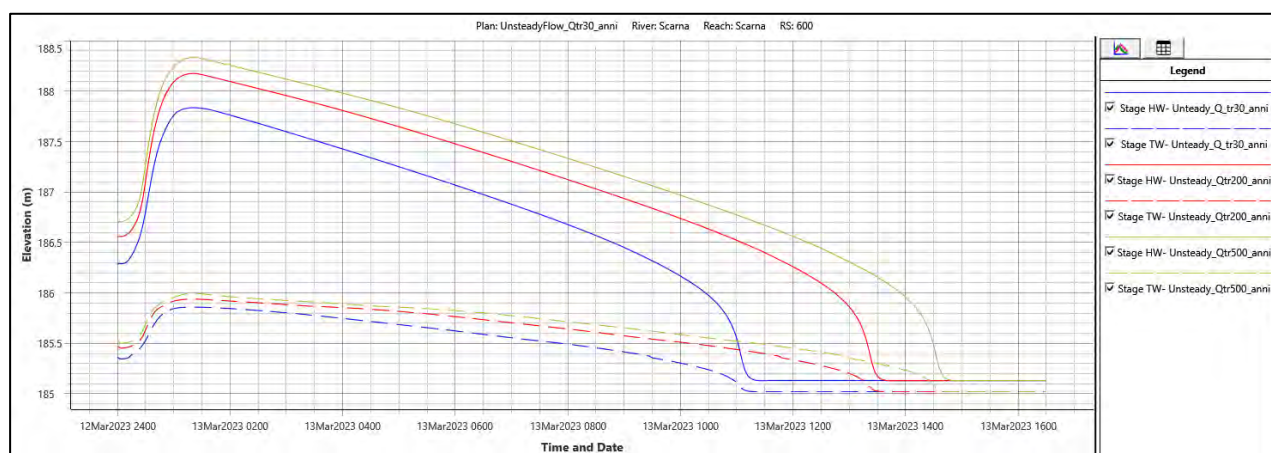



Figura 4.24: Torrente di Scarna: dettaglio livelli idrici a monte (linea continua) e a valle (linea tratteggiata) dell'opera di regolazione in linea durante le 16 ore di durata della simulazione monodimensionale (unsteady-flow) per i tempi di ritorno $Tr = 30$ anni (in blu), $Tr = 200$ anni (in rosso) e $Tr = 500$ anni (in giallo).

Dall'osservazione dei risultati della modellazione monodimensionale non stazionaria a sezioni estese si è avuto modo di notare come per le forzanti idrauliche utilizzate la cassa di espansione in linea sia in grado di laminare in sicurezza gli idrogrammi in ingresso per tutti i tre tempi di ritorno simulati. Si osserva inoltre che l'opera in linea di laminazione appare dimensionata correttamente, con luce di fondo e stramazzo superiore tarati sulla base dello smaltimento delle portate del torrente in sicurezza anche nel tratto all'uscita della cassa. Infine, il corretto dimensionamento della cassa appare confermato anche dai tempi di svasso dei volumi di laminazione; a fronte di un rapido riempimento della casa intorno ai 30 min, i tempi di svuotamento si attestano intorno alle 13 ore, con portate in uscita che restano inferiori agli 8 mcs, compatibilmente con le portate del Torrente Scarna nel tratto a valle, in direzione Gracciano d'Elsa.

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 81 di 101

4.4 RISULTATI DELLA MODELLAZIONE BIDIMENSIONALE (*UNSTEADY-FLOW*)

In questo paragrafo si andranno a descrivere i risultati del modello idraulico di dettaglio bidimensionale in moto vario (*unsteady-flow*) maggiormente rappresentativo rispetto al modello monodimensionale a sezioni estese della **dinamica di diffusione dei deflussi delle piene, in termini di livelli e velocità che si instaurano in corrispondenza dell'area indagata**, che risente del comportamento idraulico della cassa di laminazione in linea.

Si riportano di seguito i risultati delle simulazioni in termini di livelli idrici massimi e velocità massime raggiunti nel dominio di modellazione, **in relazione all'estensione effettiva dei pannelli fotovoltaici dell'impianto in progetto**, per i tre tempi di ritorno $Tr = 30$ anni (Figura 4.25 e Figura 4.26), $Tr = 200$ anni (Figura 4.27 e Figura 4.28) e $Tr = 500$ anni (Figura 4.29 e 4.30), per cui si rimanda anche agli *Allegati 4A-4B, 5A-5B e 6A-6B*.

Successivamente, si riporteranno, così come già fatto nel caso della modellazione monodimensionale a sezioni estese, idrogrammi in ingresso alla cassa di laminazione da monte (Figura 4.31), quelli **in uscita a valle dell'opera di laminazione in linea** (Figura 4.32), suddivisi tra deflusso dalla luce di fondo e sfioro dalla gaveta superficiale e i livelli per tutta la durata della laminazione a monte e a valle della stessa opera di regolazione (Figura 4.33), procedendo anche ad un confronto tra le due differenti tipologie di modellazione a parità di condizioni al contorno, in termini di forzanti idrauliche in ingresso ai due modelli.


ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 82 di 101



Figura 4.25: Torrente di Scarna, modello bidimensionale in moto vario (unsteady-flow): livelli idrici massimi (in metri) per portate di piena corrispondenti alla simulazione in condizione $Tr = 30$ anni



Figura 4.26: Torrente di Scarna, modello bidimensionale in moto vario (unsteady-flow): velocità massime (in metri al secondo) per portate di piena corrispondenti alla simulazione in condizione $Tr = 30$ anni

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 83 di 101

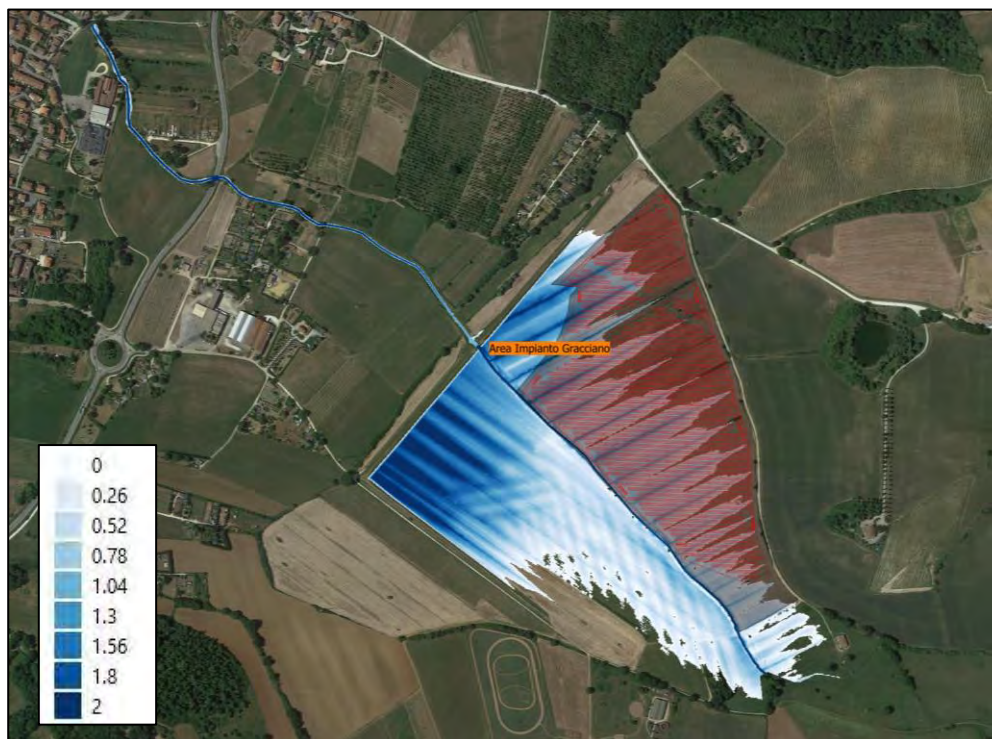


Figura 4.27: Torrente di Scarna, modello bidimensionale in moto vario (unsteady-flow): livelli idrici massimi (in metri) per portate di piena corrispondenti alla simulazione in condizione $T_r = 200$ anni



Figura 4.28: Torrente di Scarna, modello bidimensionale in moto vario (unsteady-flow): velocità massime (in metri al secondo) per portate di piena corrispondenti alla simulazione in condizione $T_r = 200$ anni

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 84 di 101

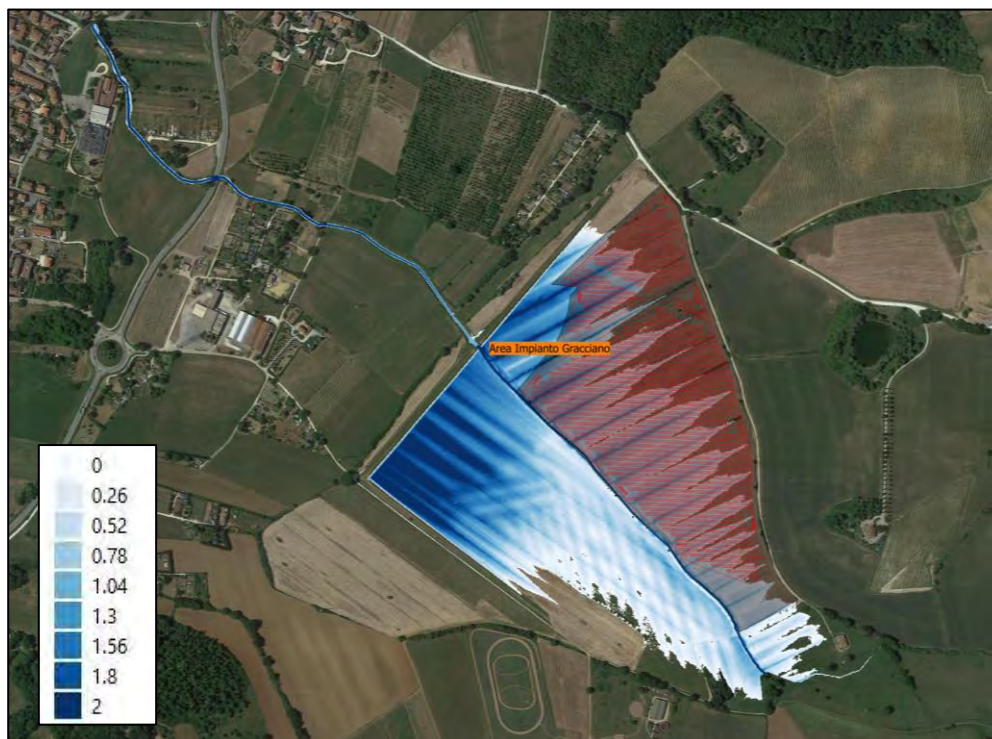


Figura 4.29: Torrente di Scarna, modello bidimensionale in moto vario (unsteady-flow): livelli idrici massimi (in metri) per portate di piena corrispondenti alla simulazione in condizione $Tr = 500$ anni



Figura 4.30: Torrente di Scarna, modello bidimensionale in moto vario (unsteady-flow): velocità massime (in metri al secondo) per portate di piena corrispondenti alla simulazione in condizione $Tr = 200$ anni

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 85 di 101

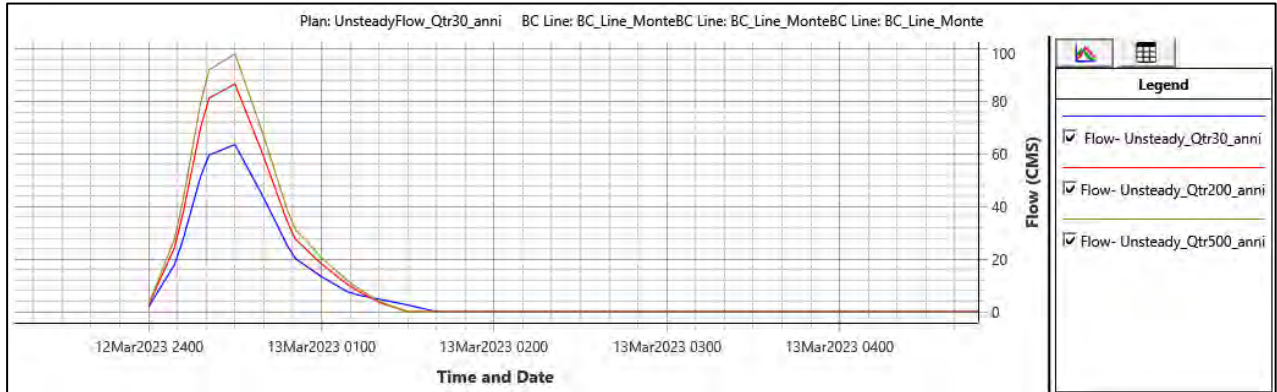


Figura 4.31: Torrente di Scarna: dettaglio idrogrammi in ingresso a monte nella prima ora di durata della simulazione bidimensionale (unsteady-flow) per i tempi di ritorno $Tr = 30$ anni (in blu), $Tr = 200$ anni (in rosso) e $Tr = 500$ anni (in giallo)

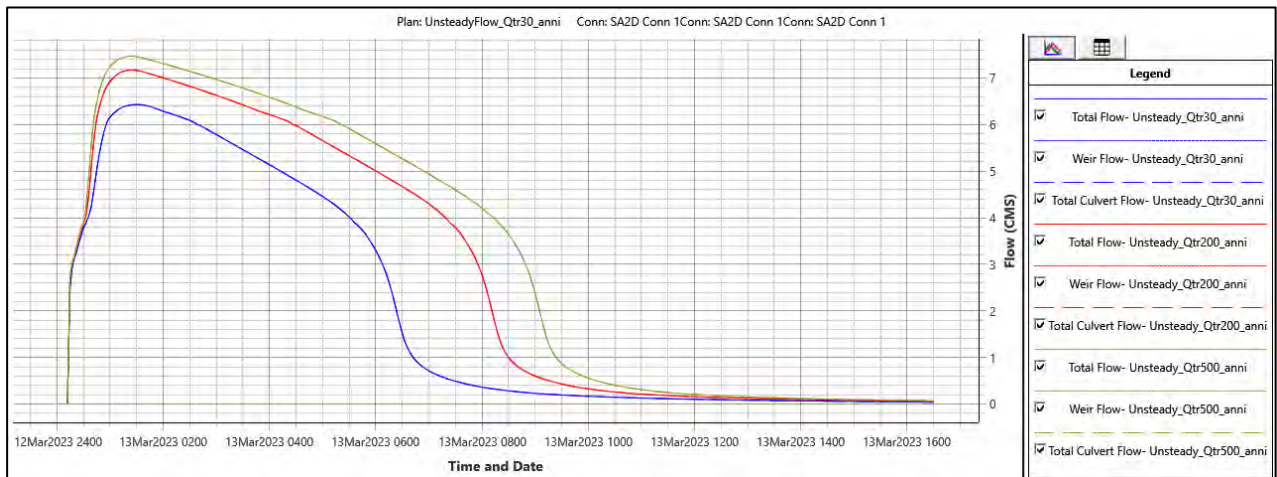


Figura 4.32: Torrente di Scarna: dettaglio idrogrammi in uscita a valle dell'opera di regolazione in linea durante le 16 ore di durata della simulazione bidimensionale (unsteady-flow) per i tempi di ritorno $Tr = 30$ anni (in blu), $Tr = 200$ anni (in rosso) e $Tr = 500$ anni (in giallo), suddivisi tra luce di fondo (tratteggio spesso), sfioro dalla gaveta (tratteggio fino) e totale (linea continua). Si apprezza come lo sfioro superficiale inizi, seppur con valori contenuti, ad entrare in funzione solo nella condizione più estrema corrispondente alla $Tr = 500$ anni

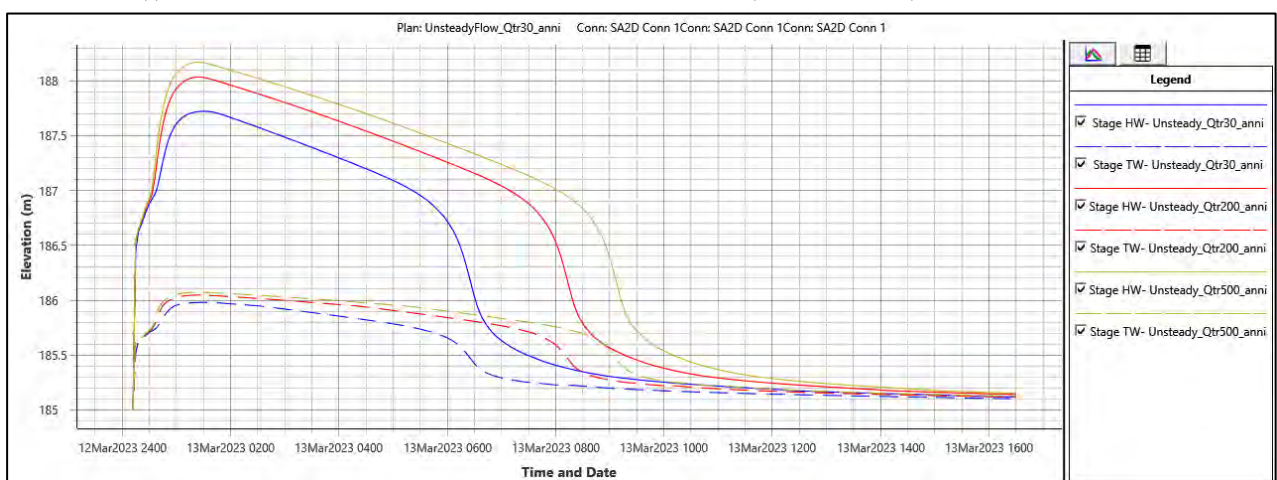



Figura 4.33: Torrente di Scarna: dettaglio livelli idrici a monte (linea continua) e a valle (linea tratteggiata) dell'opera di regolazione in linea durante le 16 ore di durata della simulazione bidimensionale (unsteady-flow) per i tempi di ritorno $Tr = 30$ anni (in blu), $Tr = 200$ anni (in rosso) e $Tr = 500$ anni (in giallo)

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 86 di 101

Rimandando al prossimo paragrafo le osservazioni relative ai valori dei tiranti e delle velocità all'interno della cassa di laminazione, in relazione alle aree d'impianto in progetto, dall'osservazione dei risultati della modellazione bidimensionale pura non stazionaria si è avuto modo, a meno di differenze comprensibili in virtù delle due differenti tipologie di modellazione, di confermare quanto osservato nei risultati della modellazione monodimensionale a sezioni estese.

Ripetendo dunque le stesse osservazioni, per le forzanti idrauliche utilizzate la cassa di espansione in linea risulta in grado di laminare in sicurezza gli idrogrammi in ingresso per tutti i tre tempi di ritorno simulati. Si osserva inoltre che l'opera in linea di laminazione appare dimensionata correttamente, con luci di fondo e stramazzo superiore tarati sulla base dello smaltimento delle **portate del torrente in sicurezza anche nel tratto all'uscita della cassa**, che si attestano sempre su valori massimi inferiori agli 8 mcs per tutti i tempi di ritorno.

Infine, si osservano due differenze imputabili alle differenti tipologie di modellazione effettuate: nella modellazione bidimensionale, a parità di forzanti in ingresso e rapido riempimento della cassa intorno ai 30 min, i tempi di svuotamento risultano più ridotti, attestandosi intorno alle 9 ore. La maggiore velocità di svaso della cassa di **laminazione nel caso del modello bidimensionale, porta a livelli a monte dell'opera di regolazione leggermente inferiori**, seppur del tutto confrontabili con la modellazione monodimensionale, intorno ai 10 cm di differenza, che nella condizione $T_r = 500$ anni tuttavia non attiva lo sfioro superficiale attraverso la gaveta. Quanto osservato con simulazione di dettaglio 2D conferma, con franco leggermente più cautelativo rispetto al modello preliminare 1D, il corretto funzionamento della cassa di espansione in sicurezza con le forzanti in ingresso per tutti i tre tempi di ritorno simulati.

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 87 di 101

4.5 ANALISI DEI RISULTATI DELLE MODELLAZIONI IN RELAZIONE ALL'AREA OGGETTO DI INTERVENTO

Infine si andranno ad analizzare nel dettaglio i risultati della modellazione effettuata in relazione all'area oggetto di intervento nella condizione rappresentativa $Tr = 200$ anni, con particolare attenzione ai campi puntuali dei tiranti e delle velocità massimi che si instaurano all'interno della cassa di laminazione, nell'area oggetto d'intervento.

Si veda il seguente estratto dal modello *HEC-RAS* bidimensionale dei livelli di allagamento massimi su DTM, nella condizione $Tr = 200$ anni in Figura 4.34. **Si ponga l'attenzione sui tre profili in corrispondenza delle linee tratteggiate in nero, due interni alla cassa, a cavallo dell'area in destra idraulica di installazione dei pannelli fotovoltaici costituenti l'impianto, e una nel tratto del Torrente di Scarna a valle dell'opera di regolazione** e rappresentati nelle successive Figure 4.35, 4.36 e 4.37.

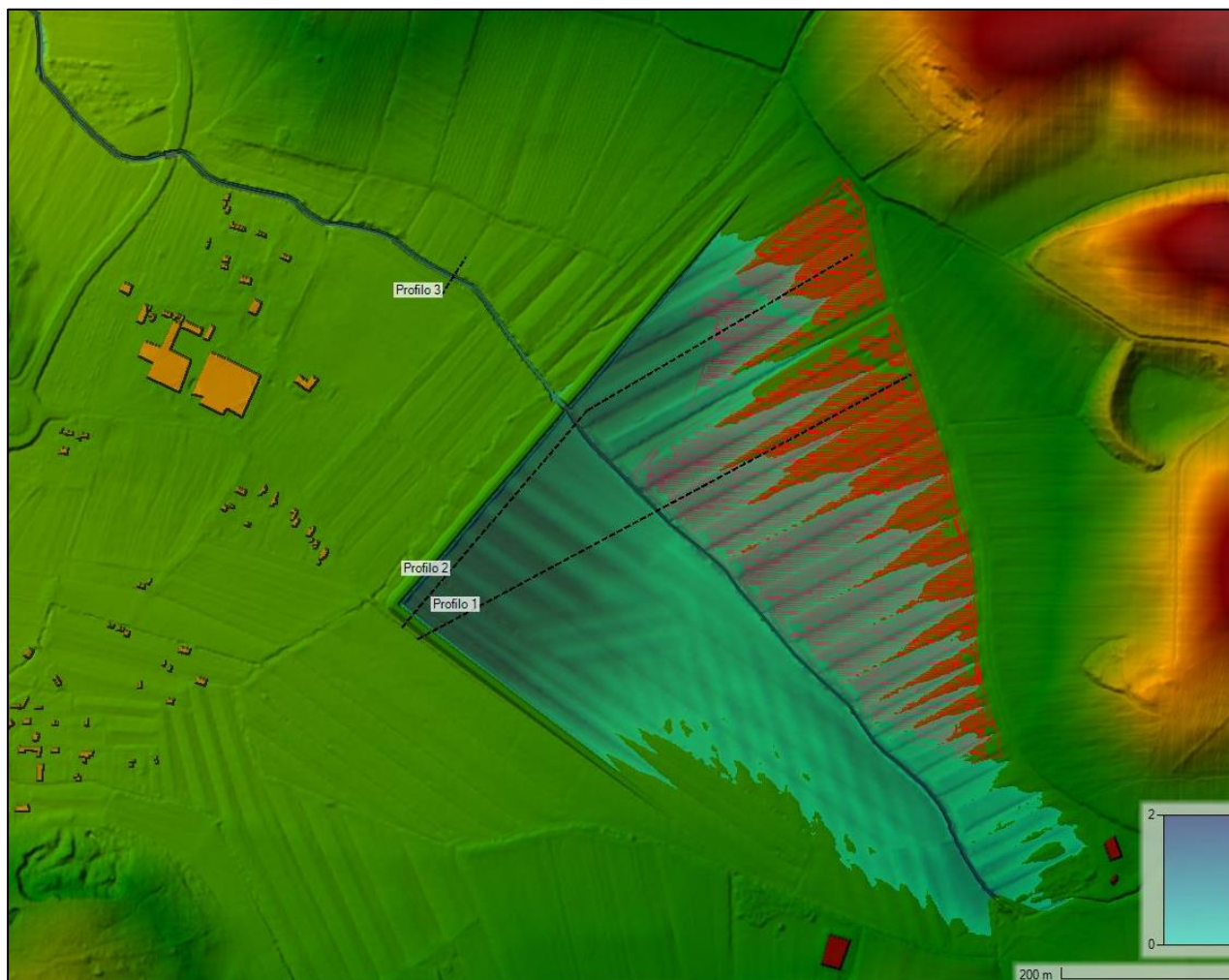



Figura 4.34: Torrente di Scarna, modello bidimensionale in moto vario (unsteady-flow): livelli idrici massimi (in metri) per portate di piena corrispondenti alla simulazione in condizione $Tr = 200$ anni in relazione all'ubicazione delle aree oggetto d'intervento

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 88 di 101

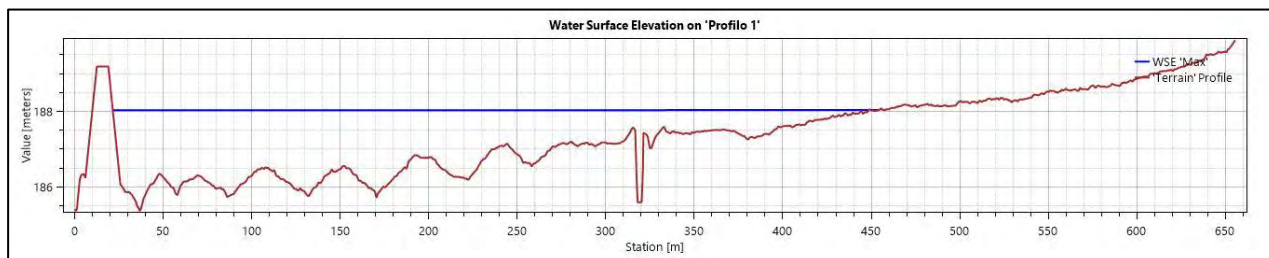


Figura 4.35: Torrente di Scarna, modello bidimensionale in moto vario (unsteady-flow): profilo del terreno e livelli idrici massimi (in metri) per portate di piena corrispondenti alla simulazioni in condizione $Tr = 200$ anni nella sezione trasversale **interna alla cassa, a monte dell'opera di regolazione in linea**, in corrispondenza del **Profilo 1**, a cavallo dell'area oggetto d'intervento

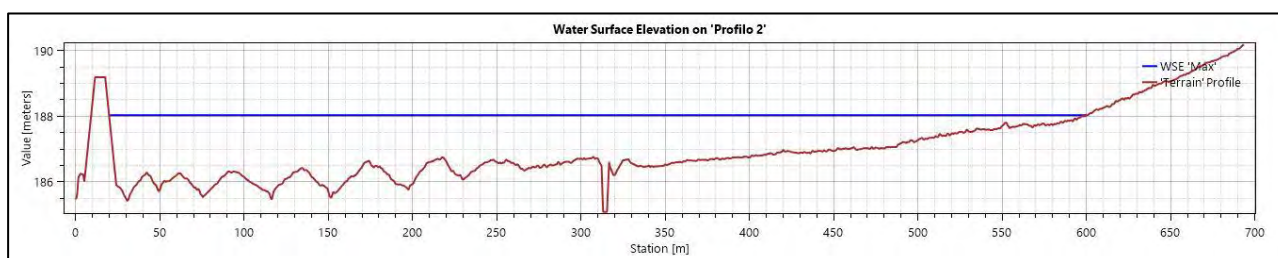


Figura 4.36: Torrente di Scarna, modello bidimensionale in moto vario (unsteady-flow): profilo del terreno e livelli idrici massimi (in metri) per portate di piena corrispondenti alla simulazioni in condizione $Tr = 200$ anni nella sezione trasversale **interna alla cassa, poco a monte dell'opera di regolazione in linea**, in corrispondenza del **Profilo 2**, a cavallo dell'area oggetto d'intervento

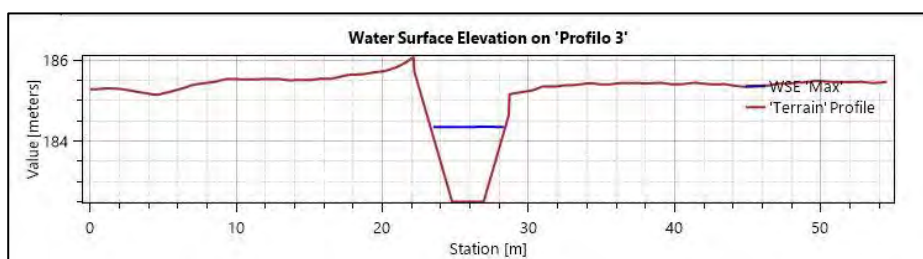



Figura 4.37: Torrente di Scarna, modello bidimensionale in moto vario (unsteady-flow): profilo del terreno e livelli idrici massimi (in metri) per portate di piena corrispondenti alla simulazioni in condizione $Tr = 200$ anni nella sezione **del torrente all'uscita della cassa di espansione, a valle dell'opera di regolazione in linea**, in corrispondenza del **Profilo 3**

Dall'osservazione delle sezioni trasversali lungo i profili a cavallo dei sottocampi nell'area di intervento (Figure 4.34, 4.35, 4.36 e 4.37) si può affermare che per la condizione rappresentativa pari a $Tr = 200$ anni:

- Le aree di ubicazione effettive dei pannelli solari fotovoltaici e delle opere accessorie dell'impianto in progetto (poligoni con campitura rossa orizzontale in Figura 4.34) **saranno installati in corrispondenza dell'area adibita a cassa di laminazione in destra idraulica al Torrente di Scarna**, in cui le quote assolute del terreno risultano superiori rispetto alla porzione opposta della cassa di laminazione, in sinistra idraulica al torrente. In virtù dei gradienti di pendenza più elevati i livelli crescono avvicinandosi al rilevato arginale **di valle e all'opera di regolazione in linea, concentrandosi nell'area in sinistra idraulica al Torrente nell'angolo nord-ovest della cassa**. Allo stesso angolo della cassa, come si è avuto modo di osservare in

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 89 di 101

occasione del sopralluogo, sono installate anche le due saracinesche manuali con gli scarichi di fondo di svuotamento, apribili in caso di necessita di manutenzione post-evento **dell'area**.

Per individuare le aree di installazione dei pannelli fotovoltaici e delle opere accessorie costituenti l'impianto, si sono estratti i limiti superiori dei tiranti massimi, posti pari a 0.80 mt sul piano campagna (si vedano le Figure 4.38 e 4.39) e delle velocità massime, poste intorno ai 0.5 m/sec (le successive Figure 4.40 e 4.41), compatibili con le possibili quote minime di installazione delle opere in progetto.

Dall'osservazione dei limiti puntuali dei tiranti, pari a 0,80 mt, e delle velocità, pari a 0.50 m/sec, nell'area di intervento (nelle successive Figure 4.38, 4.39, 4.40 e 4.41) si può affermare che per la condizione rappresentativa pari a $T_r = 200$ anni:

- I tiranti maggiori nella cassa di espansione, in destra idraulica al Torrente di Scarna **nell'area d'intervento** di effettiva installazione dei pannelli, risultano intorno a valori di 1.50 mt e localizzati nella parte a ridosso del rilevato arginale di valle della cassa e in **corrispondenza dell'opera di regolazione in linea**, aree in cui non è prevista l'istallazione di pannelli fotovoltaici o altre strutture accessorie. Gli stessi tiranti diminuiscono allontanandosi dall'alveo del Torrente Scarna, attestandosi su valori mediamente inferiori a **0,80 mt, nelle aree di copertura effettiva delle opere d'impianto**, a meno del fondovalle dei canali agricoli di scolo perpendicolari al Torrente di Scarna (Figura 4.38 e 4.39);
- Dal punto di vista dei campi di velocità, a parità di tempo di ritorno, la morfologia dell'area ricompresa nelle pertinenze della cassa di laminazione, mostra pendenze in direzione dell'angolo nord-ovest della cassa di espansione, con flussi di accumulo nella porzione in sinistra idraulica al Torrente Scarna, in direzione delle saracinesche degli scarichi di fondo dell'opera idraulica. Le velocità nella porzione di ubicazione **dell'impianto in progetto**, in destra idraulica al torrente, si attestano su valori inferiori a 0.5 m/sec, limite di velocità accettabile nelle comuni applicazioni di rischio idraulico, aumentando fino a 2 m/sec, solo in corrispondenza dell'alveo di scorrimento del Torrente Scarna.

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 90 di 101



Figura 4.38: Torrente di Scarna, modello bidimensionale in moto vario (unsteady-flow): livelli idrici massimi (in metri) per portate di piena corrispondenti alla simulazione in condizione $Tr = 200$ anni e limite dei tiranti a 0.80 mt sul piano campagna in relazione all'area di installazione dei pannelli fotovoltaici e delle opere accessorie d'impianto



Figura 4.39: Torrente di Scarna, modello bidimensionale in moto vario (unsteady-flow): limite dei tiranti a 0.80 mt sul piano campagna estratto dai livelli idrici massimi per portate di piena corrispondenti alla simulazione in condizione $Tr = 200$ anni in relazione all'area di installazione dei pannelli fotovoltaici e delle opere accessorie d'impianto


ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 91 di 101



Figura 4.40: Torrente di Scarna, modello bidimensionale in moto vario (unsteady-flow): velocità massime (in metri/secondo) per portate di piena corrispondenti alla simulazione in condizione $Tr = 200$ anni e limite delle velocità pari a 0.50 m/sec in relazione all'area di installazione dei pannelli fotovoltaici e delle opere accessorie d'impianto



Figura 4.41: Torrente di Scarna, modello bidimensionale in moto vario (unsteady-flow): velocità massime (in metri/secondo) per portate di piena corrispondenti alla simulazione in condizione $Tr = 200$ anni e limite delle velocità pari a 0.50 m/sec in relazione all'area di installazione dei pannelli fotovoltaici e delle opere accessorie d'impianto

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 92 di 101

Si vedano infine i seguenti estratti dal modello bidimensionale dei livelli di allagamento massimi nella condizione $T_r = 200$ anni sovrapposti alle corrispondenti perimetrazioni di pericolosità idraulica del *PGRA* vigente, aggiornato secondo lo studio idrologico-idraulico del *Piano Strutturale del Comune di Val d'Elsa*, considerando solo le fasce P2 e P3 corrispondenti rispettivamente a tempi di ritorno limite $T_r = 200$ anni e $T_r = 30$ anni, nell'area della cassa di espansione e di ubicazione dell'impianto in progetto (Figure 4.42 e 4.43).

Dal confronto tra i risultati ottenuti in questo studio e il *PGRA/PS* si può osservare quanto segue:

- Sulla base dei differenti volumi calcolati in ingresso alla cassa di espansione, ampiamente più conservativi di quelli del presente studio, a parità di tempo di ritorno pari a $T_r = 200$ anni, corrispondente a pericolosità P2, la cassa di espansione in linea sul Torrente Scarna, secondo le perimetrazioni del *PGRA/PS*, appare sottodimensionata, con insufficienza alla laminazione della piena duecentennale e **tracimazione a valle dell'opera in particolare lungo il rilevato arginale perimetrale in posizione nord-ovest.** Al contrario secondo le forzanti idrologiche-idrauliche utilizzate nelle simulazioni del presente studio la cassa di laminazione appare sufficiente al contenimento della piena duecentennale in sicurezza, sia in relazione ai rilevati arginali di contenimento perimetrali, che compatibilmente con il deflusso in sicurezza delle portate nel tratto a valle dell'opera di regolazione in linea (Figure 4.42 e 4.43);
- Ne consegue, in relazione alla precedente osservazione, che i livelli massimi di riempimento della cassa ottenuti nella condizione di piena $T_r = 200$ anni nel presente studio e in corrispondenza dell'area in desta idraulica al Torrente di Scarna di ubicazione dell'impianto in progetto, si attestano a valori assoluti inferiori rispetto allo studio *PGRA/PS*, in un range medio compreso tra 0.50 mt e 1 mt in meno all'interno delle aree di pertinenza della cassa di espansione in linea (Figure 4.42 e 4.43).

In virtù delle considerazioni espresse nel paragrafo, si ritiene accettabile, dal punto di vista della sicurezza idraulica, la realizzazione dell'impianto e l'installazione dei pannelli fotovoltaici e delle opere accessorie con rialzo 0.80 cm dal piano campagna in funzione della morfologia della cassa, nelle aree individuate solo in corrispondenza delle zone esterne ai limiti che definiscono un livello idrico inferiore a 0.80 cm e velocità della corrente inferiore a 0.50 m/sec (mostrati nelle precedenti Figure 4.38, 4.39, 4.40 e 4.41).

Tuttavia si prescrive, in un'ottica di massima sicurezza idraulica, che venga posta attenta valutazione in fase esecutiva sulle opere di ancoraggio a terra dei pannelli, con considerazioni quali-quantitative sulla resistenza delle strutture in caso di eventuali urti di materiali flottanti trasportati dalla corrente in occasione di piena, seppur a basse velocità, sulla base della combinazione dei valori di tirante-velocità calcolati punto per punto nel presente studio.

Non da ultimo, data la particolarità dell'area dal punto di vista idraulico e di laminazione delle piene, si raccomanda la massima attenzione sull'isolamento delle strutture accessorie e dei cablaggi a servizio delle opere, onde evitare eventuali danni di natura elettrica all'impianto in progetto.

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 93 di 101

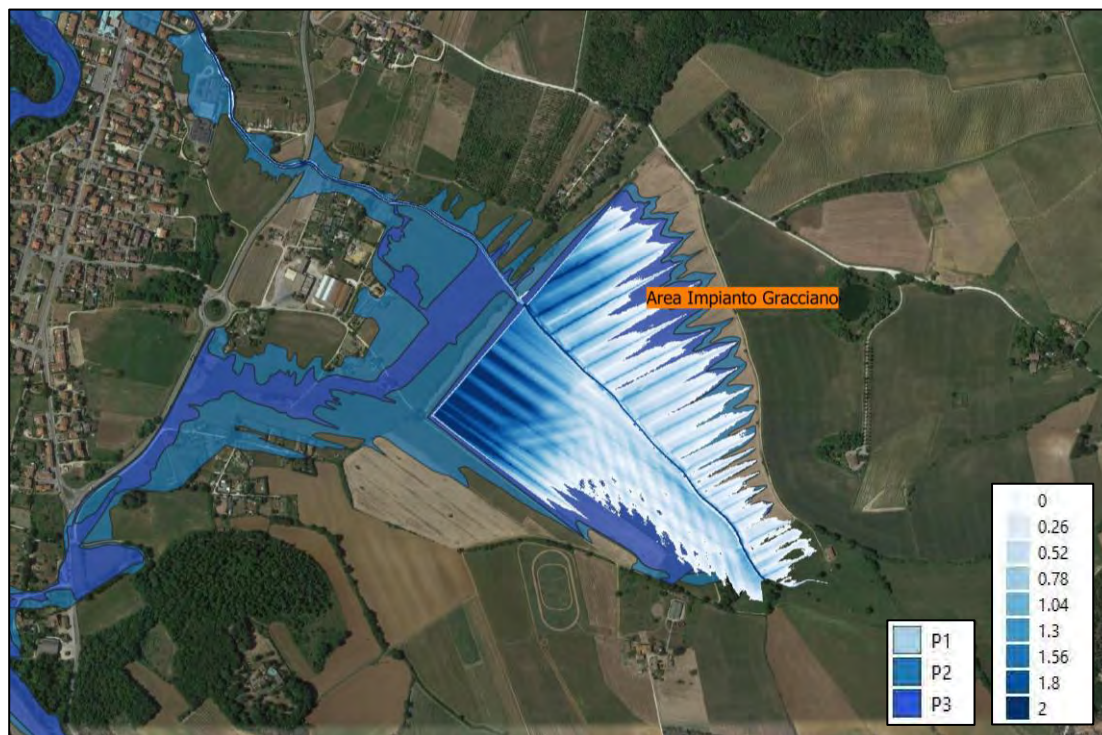


Figura 4.42: Torrente di Scarna: confronto tra livelli idrici massimi (in metri) per portate di piena corrispondenti alla simulazione in condizione $T_r = 200$ anni, ottenuti con il modello bidimensionale in moto vario (unsteady-flow), e estensione delle corrispondenti perimetrazioni di pericolosità idraulica P2 e P3 del PGRA/PS nell'area d'intervento

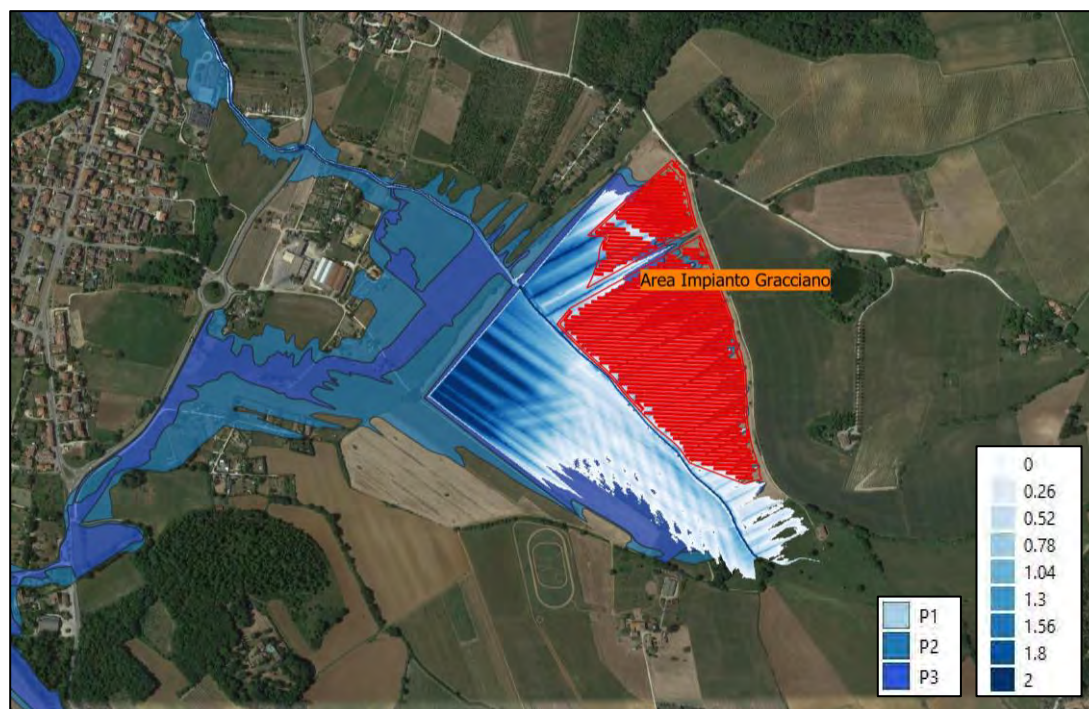



Figura 4.42: Torrente di Scarna: confronto tra livelli idrici massimi (in metri) per portate di piena corrispondenti alla simulazione in condizione $T_r = 200$ anni, ottenuti con il modello bidimensionale in moto vario (unsteady-flow), e estensione delle corrispondenti perimetrazioni di pericolosità idraulica P2 e P3 del PGRA/PS nell'area d'intervento sovrapposti all'effettiva posizione delle opere in progetto

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 94 di 101

5. CONCLUSIONI

La presente *relazione idrologico-idraulica* di studio risponde alle richieste di integrazione da parte degli enti competenti sui *pareri idraulici* relativi al progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto agrovoltaiico, in conformità alle vigenti prescrizioni di legge, nel *Comune di Colle Val d'Elsa*, in un area di pertinenza alla cassa di espansione in linea sul *Torrente di Scarna*.

In una prima fase si sono raccolte e rappresentate le fasce di pericolosità PGRA vigenti (e PAI non più in vigore), con il layout di distribuzione effettiva dei pannelli fotovoltaici e delle ulteriori componenti costituenti l'impianto (cabine elettriche accessorie) nell'area d'intervento (sovrapposizione *layout* impianto PGRA in Figura 5.1).

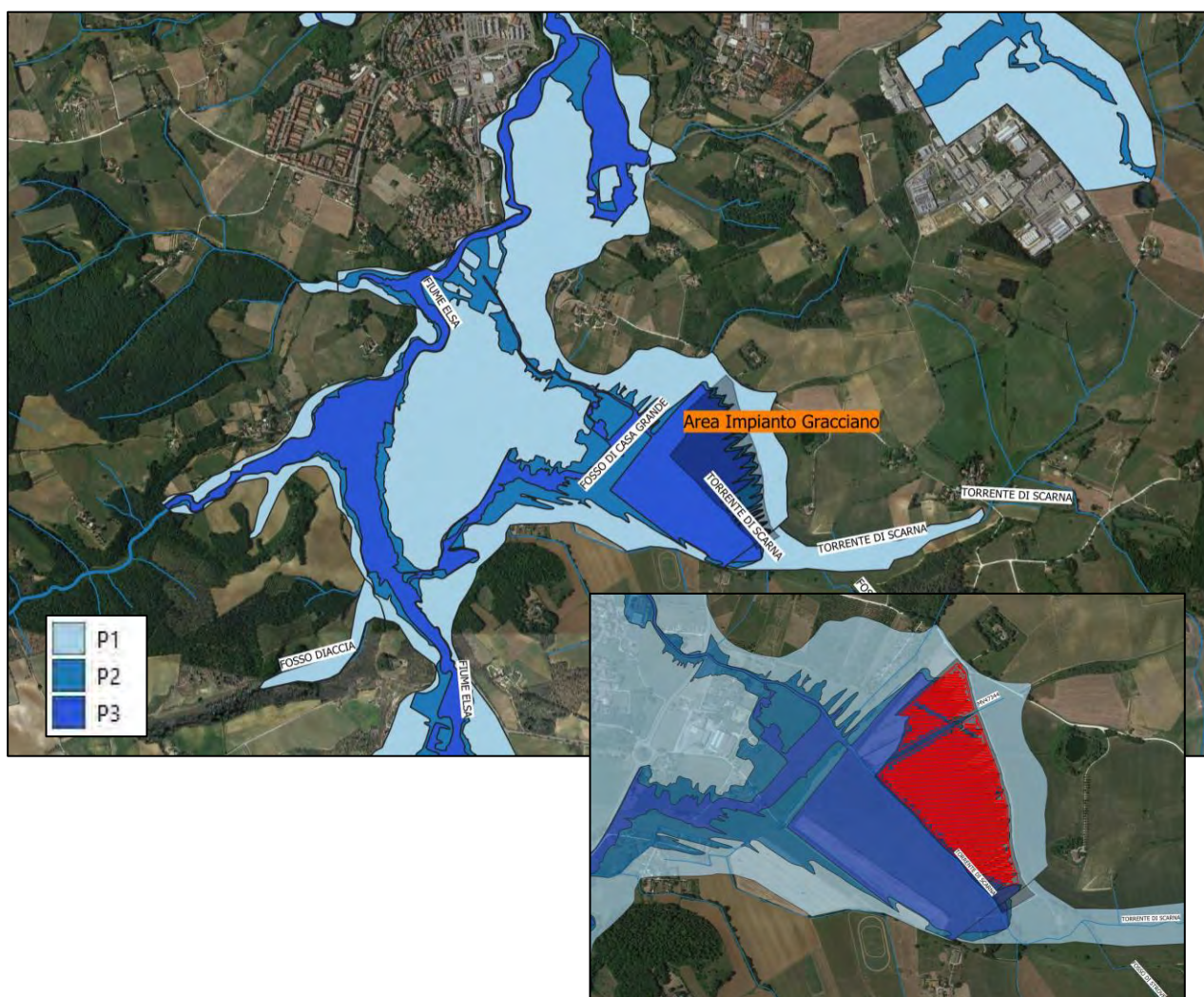


Figura 5.1: Estratto Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale vigente: estensione fasce di pericolosità idraulica in relazione all'area d'intervento. Fascia P1 in azzurro, Fascia P2 in blu, Fascia P3 in blu scuro. Si nota che l'area oggetto d'intervento si trova a cavallo delle tre fasce a pericolosità idraulica crescente, avvicinandosi al Torrente di Scarna, in corrispondenza di un'area adibita a cassa di espansione in linea tra gli interventi indicati come misure di protezione e le aree di contesto fluviale censite nel PGRA. In basso a destra: dettaglio in relazione alla distribuzione dei pannelli fotovoltaici nell'area d'intervento

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 95 di 101

La presente relazione aggiornata si basa su un'analisi *ex novo* di modellazione idrologica e idraulica del comportamento della cassa di espansione in linea, effettuata con *simulazioni monodimensionali e bidimensionali non stazionarie*, che permettono di valutare il comportamento del sistema di laminazione in relazione alle opere di regolazione in linea e al rilevato arginale perimetrale, ottenendo i tiranti idraulici ed i campi di velocità locali in caso di piene con differenti tempi di ritorno, valutando in tal modo l'impatto sulle opere in progetto, sia dal punto di vista delle altezze minime dell'impianto, che delle velocità della corrente nell'area di installazione dello stesso.

Nella condizione duecentennale in base alle forzanti idrologiche calcolate, in particolare si osservano tiranti idraulici inferiori nell'area in destra idraulica di ubicazione dell'impianto in progetto, rispetto alle elaborazioni del PGRA/PS, con valori massimi di battente intorno a 1,50 mt. I tiranti maggiori, in destra idraulica, risultano localizzati nella parte a ridosso del canale, in corrispondenza dell'opera di regolazione in linea, in cui non è prevista l'installazione di pannelli fotovoltaici o altre strutture accessorie. Gli stessi tiranti diminuiscono allontanandosi dall'alveo del Torrente di Scarna, attestandosi su valori mediamente inferiori a 0,80 mt, nelle aree di copertura effettiva delle opere d'impianto.

Dal punto di vista dei campi di velocità, a parità di tempo di ritorno, la morfologia dell'area ricompresa nelle pertinenze della cassa di laminazione, mostra pendenze in direzione dell'angolo nord-ovest della cassa di espansione, con flussi di accumulo nella porzione in sinistra idraulica al Torrente di Scarna, in direzione delle saracinesche degli scarichi di fondo dell'opera idraulica. Le velocità nella porzione opposta di ubicazione dell'impianto in progetto, in destra idraulica al torrente, si attestano su valori mediamente inferiori o al limite nell'intorno di 0,5 m/sec, limite di velocità della corrente accettabile nelle comuni applicazioni di rischio. Le velocità, infine aumentano fino a 2 m/sec, pur mantenendosi su valori tipici di un canale in corrente lenta, solo in corrispondenza dell'alveo di scorrimento del *Torrente di Scarna*.

Si osserva inoltre, che sulla base degli idrogrammi di portata ricavati e utilizzati nelle simulazioni, la cassa d'espansione appare sufficiente al contenimento delle piene per i tre tempi di ritorno analizzati e quindi dal punto di vista qualitativo un'opera conservativa e a favore di sicurezza, in parziale disaccordo con quanto osservato nello studio del *Piano Strutturale*, recepito nel PGRA.

Si osserva inoltre, sulla base delle simulazioni effettuate, che l'opera in linea di regolazione delle portate appare dimensionata correttamente, con luci di fondo e stramazzo superiore tarati sulla base dello smaltimento delle portate duecentennali del torrente in sicurezza anche nel tratto all'uscita della cassa. Il corretto dimensionamento della stessa appare confermato anche dai tempi di svaso della laminazione: a fronte di un rapido riempimento della cassa nell'intorno dei 30 min, i tempi di svuotamento si attestano intorno alle 9 ore, con portate in uscita che restano inferiori agli 8 mcs, compatibilmente con le portate del *Torrente di Scarna* nel tratto in direzione località **Gracciano dell'Elsa**.

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 96 di 101

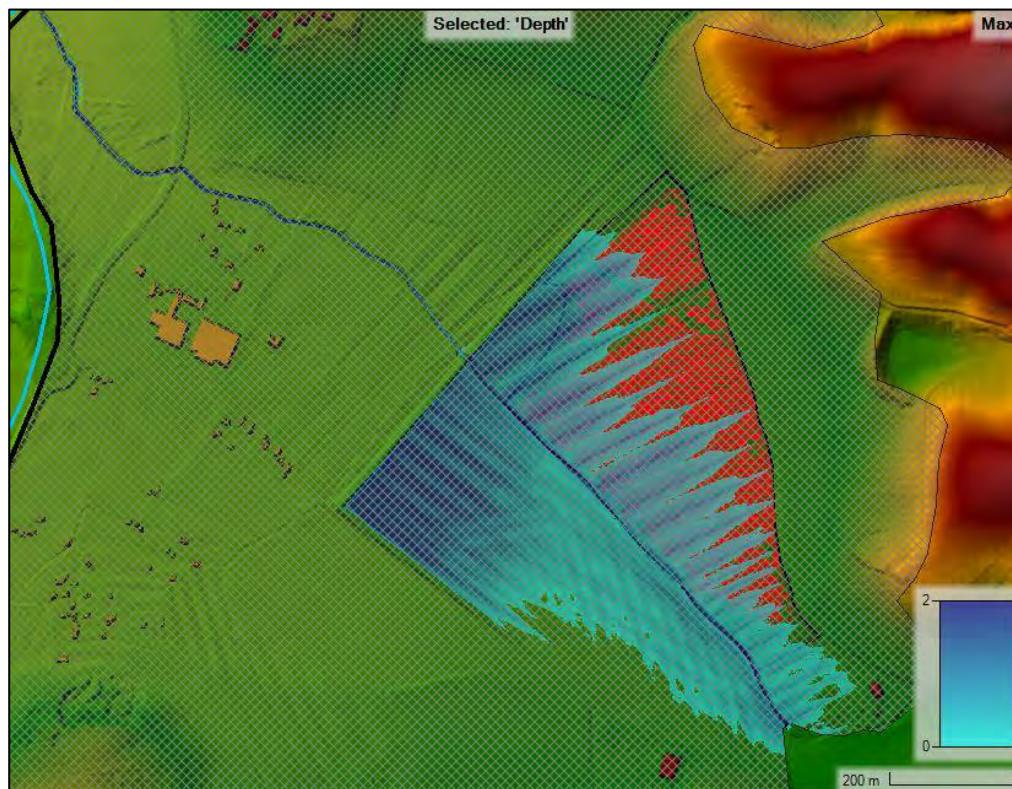


Figura 5.2: Torrente di Scarna, modello bidimensionale in moto vario (unsteady-flow): livelli idrici massimi (in metri) per portate di piena corrispondenti alla simulazione in condizione $Tr = 200$ anni in relazione all'ubicazione delle aree oggetto d'intervento (HEC-RAS)

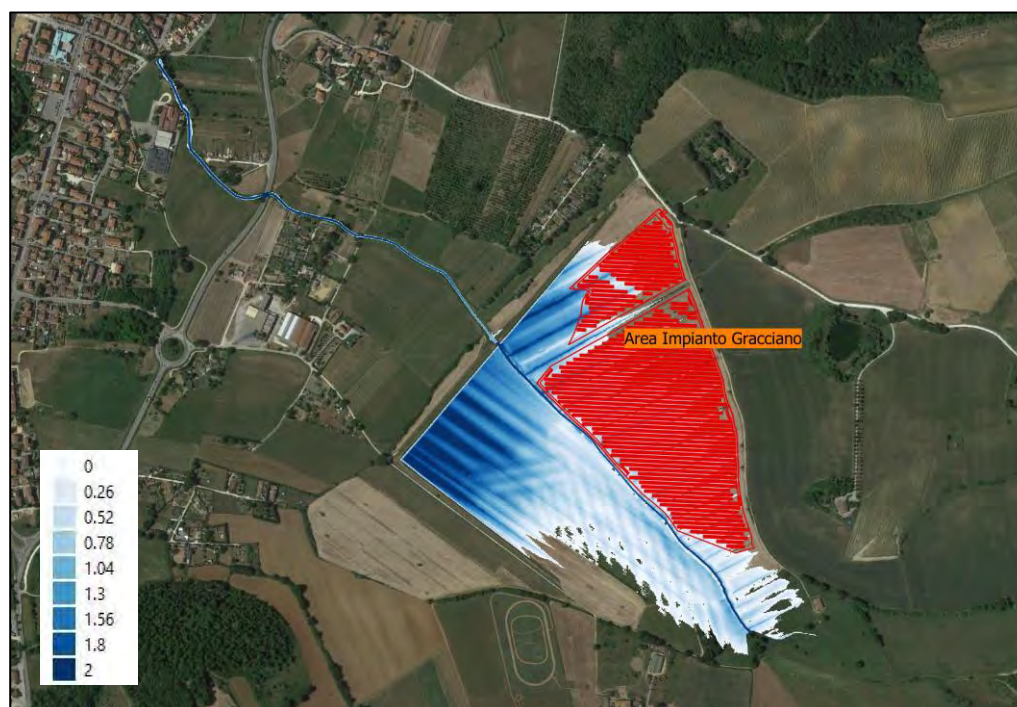



Figura 5.3: Torrente di Scarna, modello bidimensionale in moto vario (unsteady-flow): livelli idrici massimi (in metri) per portate di piena corrispondenti alla simulazione in condizione $Tr = 200$ anni in relazione all'ubicazione delle aree oggetto d'intervento (Q-GIS)

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 97 di 101

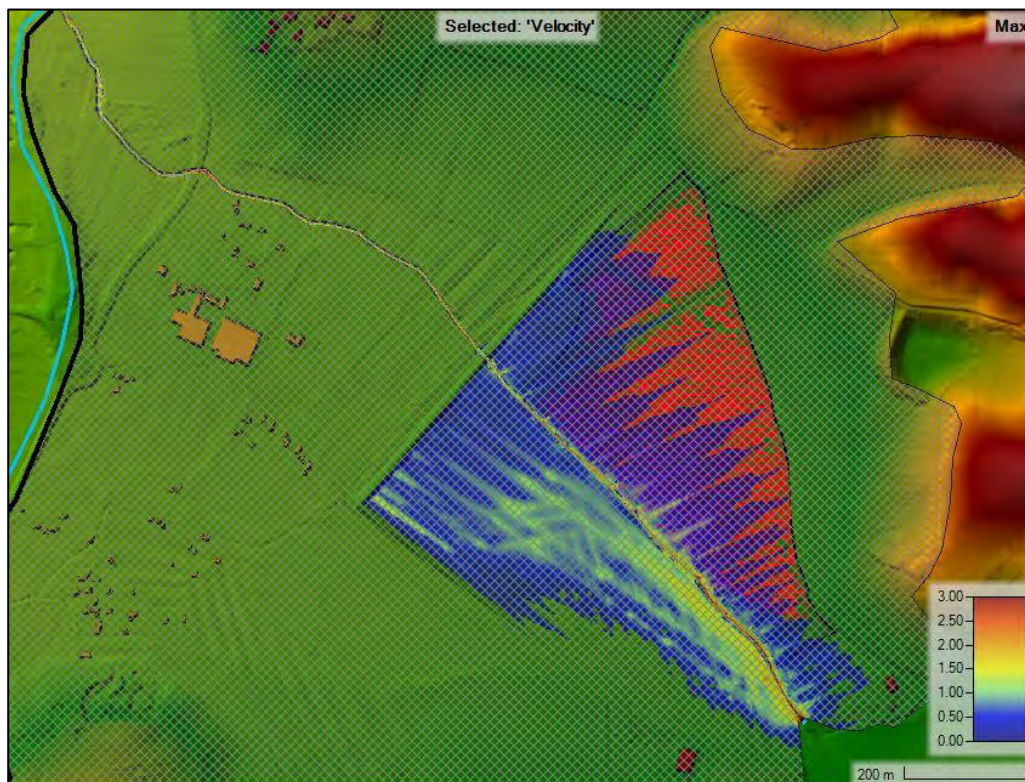



Figura 5.4: Torrente di Scarna, modello bidimensionale in moto vario (unsteady-flow): velocità massime (in metri/secondi) per portate di piena corrispondenti alla simulazione in condizione $Tr = 200$ anni in relazione all'ubicazione delle aree oggetto d'intervento (HEC-RAS)



Figura 5.5: Torrente di Scarna, modello bidimensionale in moto vario (unsteady-flow): velocità massime (in metri/secondi) per portate di piena corrispondenti alla simulazione in condizione $Tr = 200$ anni in relazione all'ubicazione delle aree oggetto d'intervento (Q-GIS)

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 98 di 101

Si fa presente, inoltre, che le **mappe di rischio attualmente in vigore secondo la pianificazione dell'Autorità di Bacino Distrettuale Appennino Settentrionale**, riportano sulla base dei beni esposti, **un valore di pericolosità nell'area della cassa di espansione già intorno a R2 (rischio medio)**, mentre il **Piano Strutturale del Comune** presenta delle mappe di rischio più generiche, denominate **magnitudo con valore M3 (molto severa)**, ottenute dall'incrocio tra tiranti e velocità, senza tener conto dei beni esposti a rischio (si vedano le seguenti Figure 5.6 e 5.7)

Sulla base di quest'osservazione, diversamente da quanto osservato in precedente interlocuzione, siamo già in **area di rischio medio secondo le perimetrazioni vigenti dell'Autorità**. Per quanto riguarda la **quantificazione del rischio ante e post operam**, sulla base dei risultati del presente studio, in termini di **raster dei tiranti e delle velocità ottenuti dalle simulazioni bidimensionali nell'area**, senza tuttavia considerare in questa fase i beni vulnerabili, **si ritiene più corretta rispetto alla magnitudo riportata nel Piano Strutturale, la valutazione del rischio espressa secondo il Piano Stralcio di Rischio Idraulico vigente (approvato dall'Autorità di Bacino Distrettuale Appennino Settentrionale con DPCM 5/11/1999), considerando eccessivamente conservativa la quantificazione del rischio secondo la magnitudo espressa nel Piano Strutturale del Comune.**

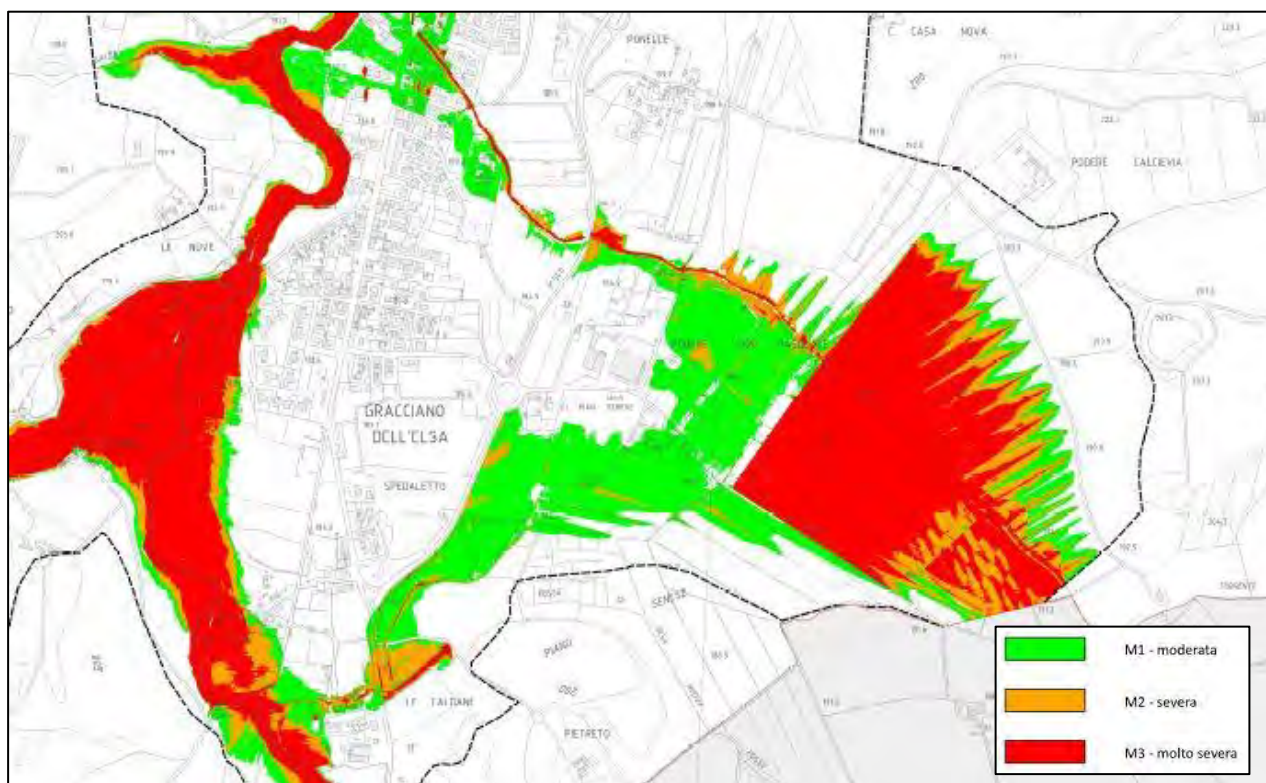


Figura 5.5: Estratto Piano Strutturale (PS) del Comune di Colle Val d'Elsa nell'area della cassa di espansione sul Torrente di Scarna: quantificazione della magnitudo dell'evento sulla base dell'incrocio tiranti-velocità, senza tener conto dei beni esposti a rischio. Si nota che l'area dei pannelli ricade in area M3 (molto severa)

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 99 di 101

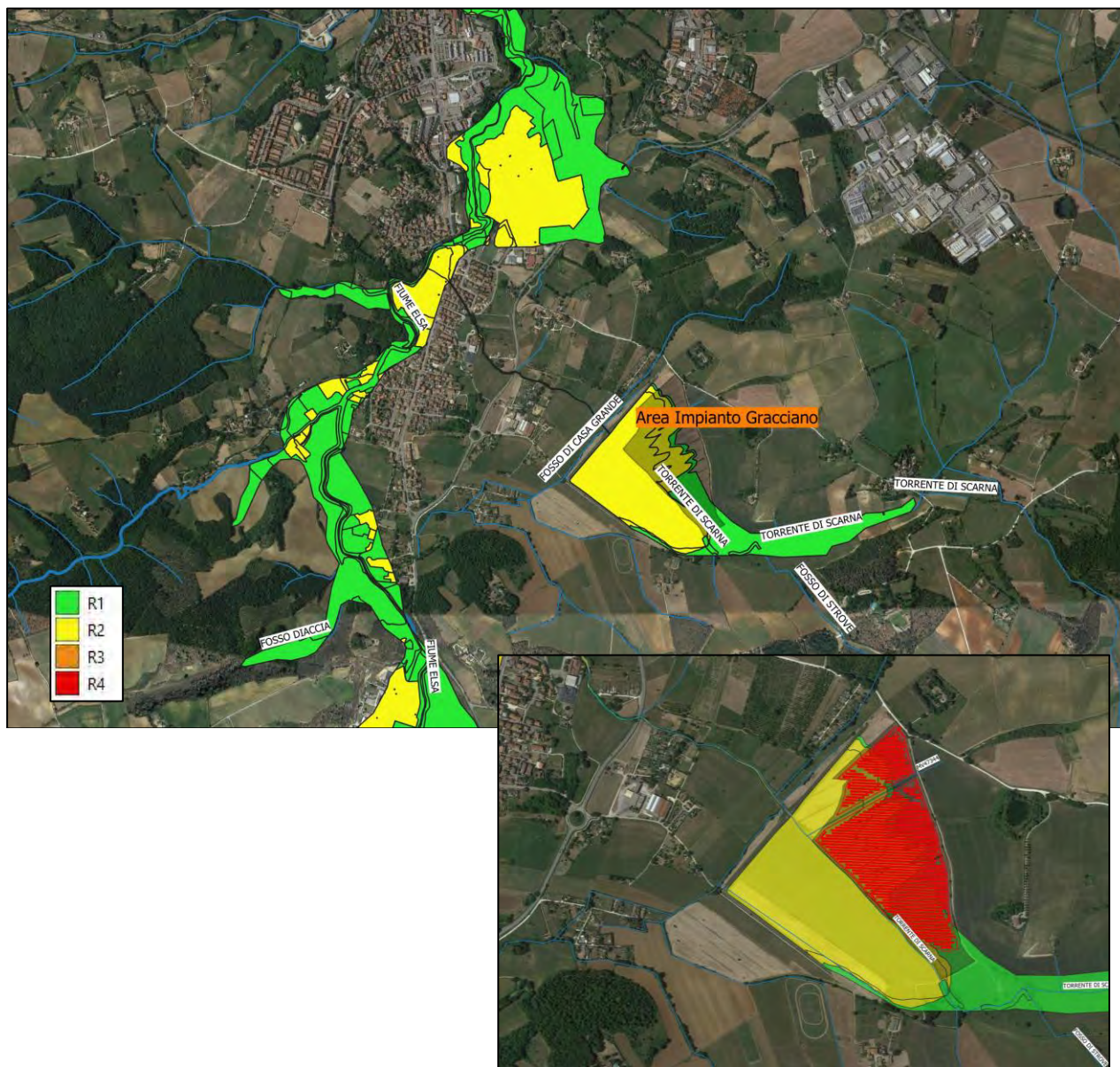


Figura 5.7: Estratto Piano Stralcio di Rischio Idraulico dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale, basato sulla pericolosità PAI, ma ancora vigente (approvato con DPCM 5.11.1999) nelle aree d'interesse: estensione dei perimetri di rischio idraulico. Fascia R1 in verde, Fascia R2 in giallo, Fascia R3 in arancione, Fascia R4 in rosso. Si nota che nell'area oggetto d'intervento la perimetrazioni del rischio sono basate sul vecchio documento pianificatorio e che l'area d'intervento si trova a cavallo tra due fasce di rischio crescente, avvicinandosi al Torrente di Scarna, tra R1 (rischio basso) e R2 (rischio medio). In basso a destra: dettaglio in relazione alla distribuzione dei pannelli fotovoltaici nell'area d'intervento

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 100 di 101

Si rappresenta infine che nello studio effettuato e in questa analisi preliminare si sono analizzate le dinamiche idrauliche di allagamento dell'area d'impianto e del sistema della cassa di laminazione, fornendo gli elementi utili per la valutazione delle interferenze delle strutture con il deflusso e la laminazione delle piene.

Tuttavia si prescrive, in un'ottica di massima sicurezza idraulica, che oltre al posizionamento delle strutture all'interno dell'area e al loro rialzo in funzione della morfologia della cassa e del massimo battente di 0,80 cm, venga posta attenta valutazione in fase esecutiva sulle opere di ancoraggio a terra dei pannelli, con considerazioni qualitative sulla resistenza delle strutture in caso di urti con eventuali materiali trasportati dalla corrente in caso di piena, seppur a basse velocità, sulla base della combinazione dei valori di tirante-velocità calcolati punto per punto nel presente studio e di cui si forniranno i risultati sotto forma di raster geotiff nel sistema di riferimento WGS84/UTM33N - EPSG 32633.

Si rimanda inoltre alle considerazioni conclusive del precedente Capitolo 4 per la trattazione dettagliata dei risultati ottenuti e le ulteriori raccomandazioni.

ELABORATO 031107	COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA PROVINCIA di SIENA	Rev.: 02/23
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 14.448,72 kW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.000,00 kW	Data: 01/03/2023
	STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO	Pagina 101 di 101

Per ulteriori dettagli delle analisi effettuate si rimanda agli allegati alla relazione:

- **ALLEGATO_1_RISULTATI_TABELLE_MODELLO_1D**
 - Tabelle di verifica delle sezioni dei risultati della modellazione monodimensionali in moto vario a sezioni estese;
- **ALLEGATO_2_RISULTATI_LIVELLI_SEZIONI_1D**
 - Rappresentazione dei livelli per i tempi di ritorno analizzati nelle sezioni estese della modellazione monodimensionale in moto vario;
- **ALLEGATO_3_INQUADRAMENTO_IDROLOGICO_DI_RIFERIMENTO**
 - Rappresentazione su base *Google Hybrid* delimitazione bacino idrologico, reticoli idraulici di riferimento e individuazione;
- **ALLEGATO_4A_RISULTATI_LIVELLI_MASSIMI_SCENARIO_TR=30_ANNI_MODELLO_2D**
 - Rappresentazione su base *Google Satellite* superficie dei livelli massimi nello scenario Tr=30 anni risultati del modello bidimensionale;
- **ALLEGATO_4B_RISULTATI_VELOCITA'_SCENARIO_TR=30_ANNI_MODELLO_2D**
 - Rappresentazione su base *Google Satellite* velocità della corrente nello scenario Tr=30 anni risultati del modello bidimensionale;
- **ALLEGATO_5A_RISULTATI_LIVELLI_MASSIMI_SCENARIO_TR=200_ANNI_MODELLO_2D**
 - Rappresentazione su base *Google Satellite* superficie dei livelli massimi nello scenario Tr=200 anni risultati del modello bidimensionale;
- **ALLEGATO_5B_RISULTATI_VELOCITA'_SCENARIO_TR=200_ANNI_MODELLO_2D**
 - Rappresentazione su base *Google Satellite* velocità della corrente nello scenario Tr=200 anni risultati del modello bidimensionale;
- **ALLEGATO_6A_RISULTATI_LIVELLI_MASSIMI_SCENARIO_TR=500_ANNI_MODELLO_2D**
 - Rappresentazione su base *Google Satellite* superficie dei livelli massimi nello scenario Tr=500 anni risultati del modello bidimensionale;
- **ALLEGATO_6B_RISULTATI_VELOCITA'_SCENARIO_TR=500_ANNI_MODELLO_2D**
 - Rappresentazione su base *Google Satellite* velocità della corrente nello scenario Tr=500 anni risultati del modello bidimensionale.

HEC-RAS River: Scarna Reach: Scarna

Reach	River Sta	Profile	Plan	Q Total	Min Ch El	W. S. Elev	Crit W. S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
				(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Scarna	1358	Max WS	Unsteady_Q_tr30_anni	60.14	189.40	191.94	191.92	192.19	0.008161	2.96	43.46	100.12	0.72
Scarna	1358	Max WS	Unsteady_Qtr200_anni	80.04	189.40	192.04	192.12	192.36	0.010705	3.52	54.62	125.76	0.83
Scarna	1358	Max WS	Unsteady_Qtr500_anni	90.85	189.40	192.06	192.18	192.43	0.012340	3.81	57.52	127.82	0.89
Scarna	1358	13MAR2023 0030	Unsteady_Q_tr30_anni	63.59	189.40	191.93	192.02	192.22	0.009521	3.18	42.36	96.10	0.78
Scarna	1358	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr200_anni	86.67	189.40	192.02	192.16	192.43	0.013576	3.93	52.50	122.82	0.93
Scarna	1358	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr500_anni	98.15	189.40	192.06	192.21	192.49	0.014486	4.12	57.36	127.71	0.97
Scarna	1323	Max WS	Unsteady_Q_tr30_anni	59.66	189.19	191.86		191.90	0.002026	1.55	99.90	211.50	0.36
Scarna	1323	Max WS	Unsteady_Qtr200_anni	76.89	189.19	191.92		191.98	0.002583	1.80	113.92	220.67	0.41
Scarna	1323	Max WS	Unsteady_Qtr500_anni	79.18	189.19	191.94		191.99	0.002565	1.80	116.82	221.70	0.41
Scarna	1323	13MAR2023 0030	Unsteady_Q_tr30_anni	63.27	189.19	191.83		191.89	0.002606	1.75	94.38	209.49	0.41
Scarna	1323	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr200_anni	86.61	189.19	191.86		191.96	0.004140	2.23	101.19	212.09	0.52
Scarna	1323	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr500_anni	98.06	189.19	191.88		191.99	0.004924	2.44	104.44	213.95	0.57
Scarna	1274	Max WS	Unsteady_Q_tr30_anni	63.01	188.76	190.88	191.11	191.55	0.025265	4.10	26.09	93.90	1.32
Scarna	1274	Max WS	Unsteady_Qtr200_anni	86.57	188.76	191.03	191.19	191.53	0.023362	3.89	47.22	177.80	1.28
Scarna	1274	Max WS	Unsteady_Qtr500_anni	98.07	188.76	191.08	191.19	191.50	0.021154	3.71	58.19	199.23	1.22
Scarna	1274	13MAR2023 0030	Unsteady_Q_tr30_anni	62.91	188.76	190.88	191.11	191.56	0.025318	4.11	25.98	93.30	1.32
Scarna	1274	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr200_anni	86.34	188.76	191.02	191.19	191.53	0.023459	3.90	46.95	177.09	1.28
Scarna	1274	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr500_anni	97.81	188.76	191.08	191.20	191.50	0.021203	3.71	57.95	198.87	1.22
Scarna	1232	Max WS	Unsteady_Q_tr30_anni	61.58	188.44	190.48	190.48	190.63	0.006792	2.53	61.98	179.28	0.70
Scarna	1232	Max WS	Unsteady_Qtr200_anni	86.39	188.44	190.59	190.74	190.74	0.006979	2.68	84.24	214.29	0.71
Scarna	1232	Max WS	Unsteady_Qtr500_anni	97.87	188.44	190.63	190.79	190.79	0.007083	2.75	93.94	227.60	0.72
Scarna	1232	13MAR2023 0030	Unsteady_Q_tr30_anni	62.77	188.44	190.47	190.49	190.64	0.007149	2.59	61.60	177.82	0.71
Scarna	1232	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr200_anni	85.97	188.44	190.59	190.74	190.74	0.006994	2.68	83.78	213.64	0.71
Scarna	1232	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr500_anni	97.38	188.44	190.63	190.78	190.78	0.007089	2.74	93.45	226.58	0.72
Scarna	1180	Max WS	Unsteady_Q_tr30_anni	62.71	188.11	190.13		190.22	0.007573	1.96	63.76	183.99	0.71
Scarna	1180	Max WS	Unsteady_Qtr200_anni	86.07	188.11	190.25		190.35	0.007905	2.13	89.39	241.81	0.74
Scarna	1180	Max WS	Unsteady_Qtr500_anni	97.20	188.11	190.30		190.39	0.007190	2.11	101.47	256.58	0.72
Scarna	1180	13MAR2023 0030	Unsteady_Q_tr30_anni	62.43	188.11	190.13		190.22	0.007718	1.97	62.98	182.80	0.72
Scarna	1180	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr200_anni	85.35	188.11	190.24		190.34	0.008035	2.13	88.28	241.25	0.75
Scarna	1180	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr500_anni	96.63	188.11	190.29		190.39	0.007378	2.12	100.07	255.21	0.72
Scarna	1133	Max WS	Unsteady_Q_tr30_anni	61.91	187.80	189.93		189.96	0.002620	1.20	104.49	237.60	0.43
Scarna	1133	Max WS	Unsteady_Qtr200_anni	85.28	187.80	190.06		190.09	0.002437	1.27	136.84	266.57	0.42
Scarna	1133	Max WS	Unsteady_Qtr500_anni	95.41	187.80	190.12		190.15	0.002255	1.28	152.71	280.43	0.41
Scarna	1133	13MAR2023 0030	Unsteady_Q_tr30_anni	61.68	187.80	189.92		189.95	0.002789	1.22	101.90	235.44	0.44
Scarna	1133	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr200_anni	84.57	187.80	190.05		190.08	0.002512	1.29	134.49	264.92	0.43
Scarna	1133	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr500_anni	95.59	187.80	190.10		190.14	0.002413	1.31	149.23	276.81	0.42
Scarna	1094	Max WS	Unsteady_Q_tr30_anni	61.56	187.55	189.89		189.89	0.000360	0.46	222.75	357.01	0.16
Scarna	1094	Max WS	Unsteady_Qtr200_anni	84.93	187.55	190.02		190.03	0.000420	0.55	274.27	397.27	0.17
Scarna	1094	Max WS	Unsteady_Qtr500_anni	95.03	187.55	190.08		190.09	0.000420	0.57	298.59	406.47	0.17
Scarna	1094	13MAR2023 0030	Unsteady_Q_tr30_anni	60.56	187.55	189.87		189.88	0.000372	0.46	217.56	354.03	0.16
Scarna	1094	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr200_anni	83.47	187.55	190.01		190.02	0.000422	0.54	270.41	396.23	0.17
Scarna	1094	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr500_anni	94.12	187.55	190.07		190.07	0.000430	0.57	292.43	402.73	0.18
Scarna	1036	Max WS	Unsteady_Q_tr30_anni	61.54	187.19	189.06	189.29	189.56	0.026170	4.62	36.78	118.69	1.14
Scarna	1036	Max WS	Unsteady_Qtr200_anni	84.86	187.19	189.16	189.29	189.60	0.025881	4.72	49.43	132.56	1.14
Scarna	1036	Max WS	Unsteady_Qtr500_anni	95.07	187.19	189.19	189.29	189.62	0.025761	4.75	54.28	140.13	1.14
Scarna	1036	13MAR2023 0030	Unsteady_Q_tr30_anni	58.81	187.19	189.04	189.20	189.57	0.026526	4.63	35.09	116.80	1.15
Scarna	1036	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr200_anni	82.24	187.19	189.15	189.29	189.60	0.026169	4.73	47.98	131.81	1.15
Scarna	1036	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr500_anni	92.79	187.19	189.19	189.29	189.61	0.025710	4.74	53.26	138.17	1.14
Scarna	991	Max WS	Unsteady_Q_tr30_anni	61.40	186.94	188.47		188.55	0.008544	2.39	81.90	315.67	0.69
Scarna	991	Max WS	Unsteady_Qtr200_anni	83.94	186.94	188.56		188.61	0.008097	2.12	110.16	360.05	0.68
Scarna	991	Max WS	Unsteady_Qtr500_anni	94.87	186.94	188.59		188.64	0.008204	2.06	120.10	364.46	0.69
Scarna	991	13MAR2023 0030	Unsteady_Q_tr30_anni	57.23	186.94	188.46		188.53	0.008796	2.41	76.33	304.92	0.70
Scarna	991	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr200_anni	81.29	186.94	188.54		188.60	0.008523	2.24	104.92	355.08	0.70
Scarna	991	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr500_anni	92.19	186.94	188.57		188.63	0.008587	2.12	115.78	362.99	0.70
Scarna	940	Max WS	Unsteady_Q_tr30_anni	61.34	186.65	188.03		188.10	0.009552	2.39	80.62	334.46	0.74
Scarna	940	Max WS	Unsteady_Qtr200_anni	9.45	186.65	188.18		188.18	0.000060	0.20	132.37	366.83	0.06
Scarna	940	Max WS	Unsteady_Qtr500_anni	9.59	186.65	188.34		188.34	0.000021	0.12	195.39	420.52	0.03
Scarna	940	13MAR2023 0030	Unsteady_Q_tr30_anni	54.60	186.65	188.00		188.08	0.009544	2.37	72.07	323.72	0.74
Scarna	940	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr200_anni	79.78	186.65	188.08		188.15	0.009724	2.46	98.81	346.79	0.75
Scarna	940	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr500_anni	91.54	186.65	188.11		188.18	0.009901	2.50	108.18	351.72	0.76
Scarna	877	Max WS	Unsteady_Q_tr30_anni	5.96	186.30	187.84		187.84	0.000007	0.07	216.97	473.24	0.02
Scarna	877	Max WS	Unsteady_Qtr200_anni	6.69	186.30	188.18		188.18	0.000001	0.04	388.35	519.25	0.01
Scarna	877	Max WS	Unsteady_Qtr500_anni	6.55	186.30	188.34		188.34	0.000001	0.03	471.31	527.26	0.01
Scarna	877	13MAR2023 0030	Unsteady_Q_tr30_anni	50.40	186.30	187.46		187.51	0.008674	2.10	65.38	270.81	0.71
Scarna	877	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr200_anni	76.29	186.30	187.57		187.62	0.007636	2.06	102.43	372.48	0.67
Scarna	877	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr500_anni	88.26	186.30	187.62		187.67	0.006296	1.92	123.71	394.33	0.61
Scarna	851	Max WS	Unsteady_Q_tr30_anni	6.01	186.15	187.84		187.84	0.000004	0.04	201.29	284.00	0.02
Scarna	851	Max WS	Unsteady_Qtr200_anni	6.20	186.15	188.18		188.18	0.000001	0.03	317.09	388.54	0.01
Scarna	851	Max WS	Unsteady_Qtr500_anni	7.58	186.15	188.34		188.34	0.000001	0.03	381.04	417.01	0.01
Scarna	851	13MAR2023 0030	Unsteady_Q_tr30_anni	48.62	186.15	187.29		187.32	0.005316	1.64	71.28	198.24	0.57
Scarna	851	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr200_anni	74.14	186.15	187.41		187.45	0.005482	1.75	95.46	210.26	0.58
Scarna	851	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr500_anni	85.80	186.15	187.48		187.52	0.004622	1.57	112.26	221.82	0.53
Scarna	815	Max WS	Unsteady_Q_tr30_anni	6.03	185.93	187.84		187.84	0.000002	0.03	256.53	411.61	0.01
Scarna	815	Max WS	Unsteady_Qtr200_anni	6.29	185.93	188.18		188.18	0.000001	0.02	412.31	476.68	0.01
Scarna	815	Max WS	Unsteady_Qtr500_anni	7.69	185.93	188.34		188.34	0.000001	0.02	488.86	489.41	0.01
Scarna	815	13MAR2023 0030	Unsteady_Q_tr30_anni	46.15	185.93	187.02		187.08	0.009261	2.11	55.53	175.10	0.71
Scarna	815	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr200_anni	69.98	185.93	187.22		187.26	0.004568	1.60	94.12	205.26	0.50
Scarna	815	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr500_anni	80.66	185.93	187.35		187.38	0.003187	1.15	122.25	222.06	0.42
Scarna	791	Max WS	Unsteady_Q_tr30_anni	6.08	185.78	187.84		187.84	0.000001	0.02	338.66	366.94	0.01
Scarna	791	Max WS	Unsteady_Qtr200_anni	6.38	185.78	188.18		188.18	0.000000	0.02	473.83	424.46	0.01
Scarna	791	Max WS	Unsteady_Qtr500_anni	7.96	185.78	188.34		188.34	0.000000	0.02	543.16	448.85	0.01
Scarna	791	13MAR2023 0030	Unsteady_Q_tr30_anni	43.77	185.78	186.90		186.92	0.002802	1.18			

HEC-RAS River: Scarna Reach: Scarna (Continued)

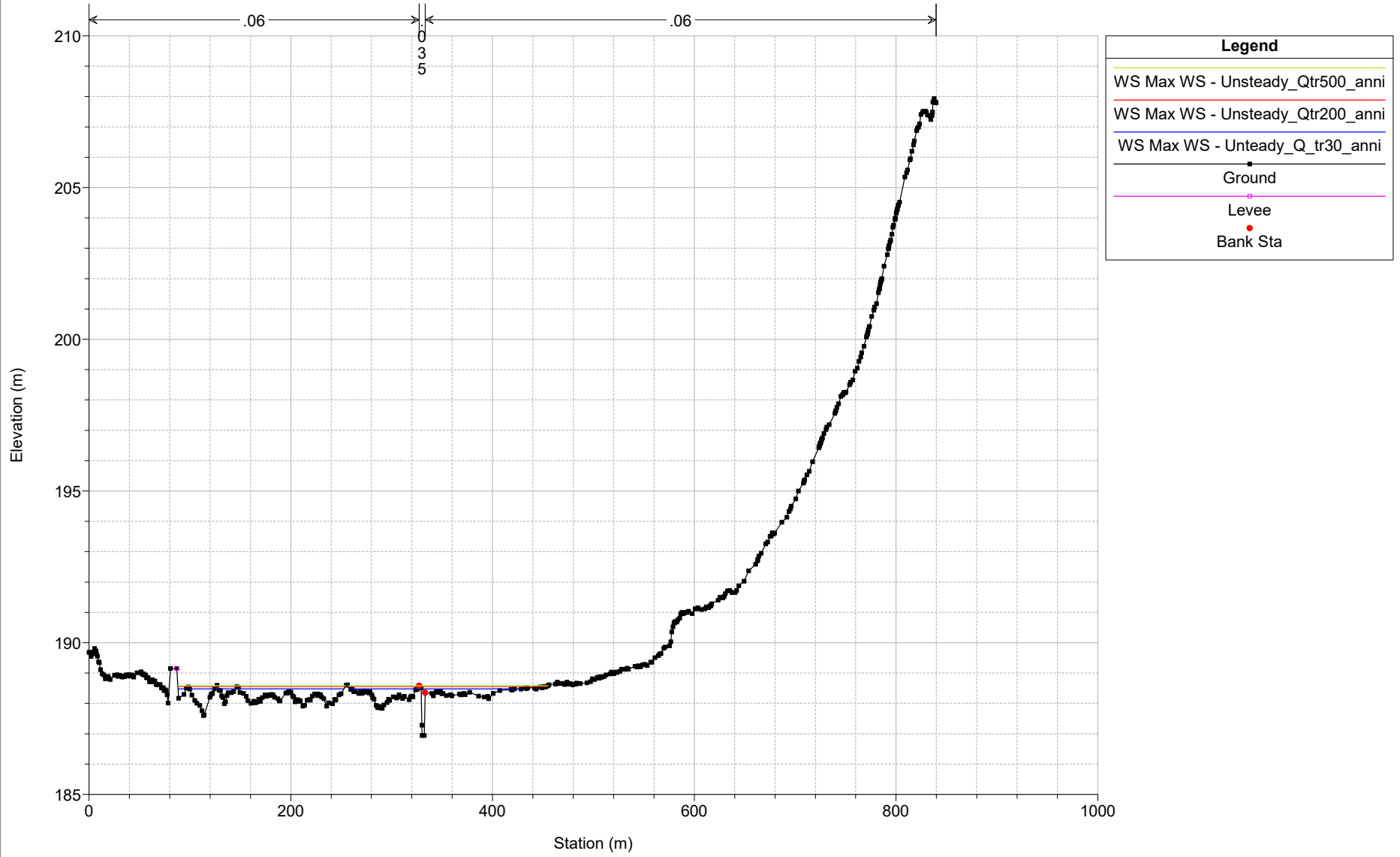
Reach	River Sta	Profile	Plan	Q Total	Min Ch El	W. S. Elev	Crit W. S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
				(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
Scarna	716	Max WS	Unsteady_Q_tr30_anni	6.02	185.38	187.84		187.84	0.000000	0.02	476.44	439.94	0.01
Scarna	716	Max WS	Unsteady_Qtr200_anni	7.09	185.38	188.18		188.18	0.000000	0.02	650.44	540.46	0.00
Scarna	716	Max WS	Unsteady_Qtr500_anni	7.85	185.38	188.34		188.34	0.000000	0.02	738.10	557.29	0.00
Scarna	716	13MAR2023 0030	Unsteady_Q_tr30_anni	31.76	185.38	186.82		186.82	0.000422	0.44	126.73	218.46	0.16
Scarna	716	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr200_anni	47.46	185.38	187.12		187.12	0.000283	0.37	205.21	283.71	0.14
Scarna	716	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr500_anni	54.19	185.38	187.29		187.29	0.000188	0.30	257.04	348.29	0.11
Scarna	697	Max WS	Unsteady_Q_tr30_anni	6.02	185.35	187.84		187.84	0.000000	0.02	485.47	412.24	0.01
Scarna	697	Max WS	Unsteady_Qtr200_anni	6.75	185.35	188.18		188.18	0.000000	0.02	635.69	467.01	0.00
Scarna	697	Max WS	Unsteady_Qtr500_anni	7.74	185.35	188.34		188.34	0.000000	0.02	710.73	476.19	0.00
Scarna	697	13MAR2023 0030	Unsteady_Q_tr30_anni	28.23	185.35	186.82		186.82	0.000291	0.38	133.86	241.32	0.13
Scarna	697	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr200_anni	41.96	185.35	187.12		187.12	0.000187	0.27	217.93	299.13	0.11
Scarna	697	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr500_anni	47.30	185.35	187.28		187.29	0.000122	0.23	271.63	349.84	0.09
Scarna	671	Max WS	Unsteady_Q_tr30_anni	5.99	185.29	187.84		187.84	0.000000	0.02	562.09	483.78	0.00
Scarna	671	Max WS	Unsteady_Qtr200_anni	6.80	185.29	188.18		188.18	0.000000	0.02	742.40	568.77	0.00
Scarna	671	Max WS	Unsteady_Qtr500_anni	7.45	185.29	188.34		188.34	0.000000	0.02	835.10	600.04	0.00
Scarna	671	13MAR2023 0030	Unsteady_Q_tr30_anni	22.84	185.29	186.81		186.81	0.000149	0.21	149.39	268.52	0.09
Scarna	671	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr200_anni	32.98	185.29	187.11		187.12	0.000087	0.21	245.12	375.02	0.08
Scarna	671	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr500_anni	36.89	185.29	187.28		187.28	0.000055	0.19	310.13	395.07	0.06
Scarna	656	Max WS	Unsteady_Q_tr30_anni	6.00	185.24	187.84		187.84	0.000000	0.02	595.72	494.17	0.00
Scarna	656	Max WS	Unsteady_Qtr200_anni	6.84	185.24	188.18		188.18	0.000000	0.02	771.57	546.49	0.00
Scarna	656	Max WS	Unsteady_Qtr500_anni	7.48	185.24	188.34		188.34	0.000000	0.02	860.50	571.93	0.00
Scarna	656	13MAR2023 0030	Unsteady_Q_tr30_anni	19.51	185.24	186.81		186.81	0.000089	0.19	161.72	285.40	0.07
Scarna	656	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr200_anni	27.13	185.24	187.11		187.11	0.000049	0.16	262.79	406.26	0.06
Scarna	656	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr500_anni	30.21	185.24	187.28		187.28	0.000031	0.14	335.31	441.52	0.05
Scarna	641	Max WS	Unsteady_Q_tr30_anni	5.98	185.17	187.84		187.84	0.000000	0.01	774.67	589.96	0.00
Scarna	641	Max WS	Unsteady_Qtr200_anni	6.82	185.17	188.18		188.18	0.000000	0.01	977.68	606.48	0.00
Scarna	641	Max WS	Unsteady_Qtr500_anni	7.40	185.17	188.34		188.34	0.000000	0.01	1075.10	612.54	0.00
Scarna	641	13MAR2023 0030	Unsteady_Q_tr30_anni	14.80	185.17	186.81		186.81	0.000034	0.13	230.32	455.85	0.05
Scarna	641	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr200_anni	19.97	185.17	187.11		187.11	0.000014	0.09	375.99	499.71	0.03
Scarna	641	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr500_anni	22.21	185.17	187.28		187.28	0.000009	0.08	462.18	518.90	0.03
Scarna	631	Max WS	Unsteady_Q_tr30_anni	5.97	185.13	187.84		187.84	0.000000	0.02	724.34	594.30	0.00
Scarna	631	Max WS	Unsteady_Qtr200_anni	6.78	185.13	188.18		188.18	0.000000	0.01	928.60	610.68	0.00
Scarna	631	Max WS	Unsteady_Qtr500_anni	7.41	185.13	188.34		188.34	0.000000	0.01	1026.66	617.30	0.00
Scarna	631	13MAR2023 0030	Unsteady_Q_tr30_anni	11.42	185.13	186.81		186.81	0.000023	0.12	200.82	384.38	0.04
Scarna	631	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr200_anni	15.20	185.13	187.11		187.11	0.000010	0.09	328.17	458.06	0.03
Scarna	631	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr500_anni	16.99	185.13	187.28		187.28	0.000006	0.08	407.50	500.43	0.02
Scarna	624	Max WS	Unsteady_Q_tr30_anni	5.97	185.10	187.84		187.84	0.000000	0.01	752.58	546.58	0.00
Scarna	624	Max WS	Unsteady_Qtr200_anni	6.80	185.10	188.18		188.18	0.000000	0.01	947.78	593.15	0.00
Scarna	624	Max WS	Unsteady_Qtr500_anni	7.42	185.10	188.34		188.34	0.000000	0.01	1043.65	610.51	0.00
Scarna	624	13MAR2023 0030	Unsteady_Q_tr30_anni	9.06	185.10	186.81		186.81	0.000011	0.08	235.32	453.83	0.03
Scarna	624	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr200_anni	11.85	185.10	187.11		187.11	0.000004	0.06	381.61	491.81	0.02
Scarna	624	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr500_anni	13.36	185.10	187.28		187.28	0.000003	0.05	465.68	501.21	0.01
Scarna	617	Max WS	Unsteady_Q_tr30_anni	5.97	185.06	187.84		187.84	0.000000	0.02	765.48	574.03	0.00
Scarna	617	Max WS	Unsteady_Qtr200_anni	6.79	185.06	188.18		188.18	0.000000	0.01	963.08	589.36	0.00
Scarna	617	Max WS	Unsteady_Qtr500_anni	7.38	185.06	188.34		188.34	0.000000	0.01	1058.13	597.93	0.00
Scarna	617	13MAR2023 0030	Unsteady_Q_tr30_anni	6.24	185.06	186.81		186.81	0.000005	0.06	238.61	451.75	0.02
Scarna	617	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr200_anni	8.07	185.06	187.11		187.11	0.000002	0.04	379.21	468.99	0.01
Scarna	617	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr500_anni	9.35	185.06	187.28		187.28	0.000001	0.04	459.95	484.92	0.01
Scarna	602	Max WS	Unsteady_Q_tr30_anni	5.96	185.00	187.84	185.46	187.84	0.000013	0.15	110.76	235.42	0.03
Scarna	602	Max WS	Unsteady_Qtr200_anni	6.76	185.00	188.18	185.50	188.18	0.000004	0.09	223.97	499.27	0.02
Scarna	602	Max WS	Unsteady_Qtr500_anni	7.35	185.00	188.34	185.53	188.34	0.000003	0.07	314.10	600.96	0.01
Scarna	602	13MAR2023 0030	Unsteady_Q_tr30_anni	3.17	185.00	186.81	185.30	186.81	0.000065	0.26	12.05	7.33	0.07
Scarna	602	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr200_anni	4.00	185.00	187.11	185.35	187.12	0.000062	0.28	15.61	35.43	0.06
Scarna	602	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr500_anni	4.49	185.00	187.28	185.38	187.29	0.000054	0.27	24.37	66.20	0.06
Scarna	600			Inl Struct									
Scarna	592	Max WS	Unsteady_Q_tr30_anni	5.96	185.00	185.86		185.92	0.002366	1.08	5.50	6.60	0.38
Scarna	592	Max WS	Unsteady_Qtr200_anni	6.76	185.00	185.94		186.00	0.002302	1.12	6.02	6.63	0.38
Scarna	592	Max WS	Unsteady_Qtr500_anni	7.35	185.00	186.00		186.06	0.002261	1.15	6.40	6.66	0.37
Scarna	592	13MAR2023 0030	Unsteady_Q_tr30_anni	3.17	185.00	185.53		185.58	0.003101	0.95	3.35	6.44	0.42
Scarna	592	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr200_anni	4.00	185.00	185.63		185.68	0.002766	0.99	4.03	6.49	0.40
Scarna	592	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr500_anni	4.49	185.00	185.69		185.75	0.002638	1.02	4.41	6.52	0.40
Scarna	572	Max WS	Unsteady_Q_tr30_anni	5.96	184.63	185.53		185.79	0.012713	2.26	2.64	3.64	0.85
Scarna	572	Max WS	Unsteady_Qtr200_anni	6.76	184.63	185.60		185.88	0.012705	2.34	2.89	3.75	0.85
Scarna	572	Max WS	Unsteady_Qtr500_anni	7.35	184.63	185.65		185.94	0.012629	2.39	3.08	3.82	0.85
Scarna	572	13MAR2023 0030	Unsteady_Q_tr30_anni	3.15	184.63	185.25		185.43	0.012491	1.86	1.69	3.22	0.82
Scarna	572	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr200_anni	3.96	184.63	185.34		185.55	0.012633	2.00	1.98	3.36	0.83
Scarna	572	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr500_anni	4.45	184.63	185.39		185.61	0.012752	2.08	2.14	3.43	0.84
Scarna	537	Max WS	Unsteady_Q_tr30_anni	5.96	184.18	185.13		185.37	0.011423	2.18	2.74	3.55	0.79
Scarna	537	Max WS	Unsteady_Qtr200_anni	6.76	184.18	185.21		185.47	0.011039	2.23	3.03	3.67	0.78
Scarna	537	Max WS	Unsteady_Qtr500_anni	7.35	184.18	185.27		185.53	0.010737	2.26	3.25	3.75	0.77
Scarna	537	13MAR2023 0030	Unsteady_Q_tr30_anni	3.12	184.18	184.80		184.99	0.013091	1.90	1.65	3.09	0.83
Scarna	537	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr200_anni	3.92	184.18	184.90		185.11	0.012643	2.00	1.96	3.23	0.82
Scarna	537	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr500_anni	4.41	184.18	184.96		185.17	0.012410	2.06	2.14	3.31	0.82
Scarna	513	Max WS	Unsteady_Q_tr30_anni	5.96	183.86	184.77		185.06	0.014445	2.38	2.50	3.16	0.85
Scarna	513	Max WS	Unsteady_Qtr200_anni	6.76	183.86	184.84		185.16	0.014928	2.50	2.70	3.21	0.87
Scarna	513	Max WS	Unsteady_Qtr500_anni	7.35	183.86	184.88		185.22	0.015214	2.58	2.85	3.25	0.88
Scarna	513	13MAR2023 0030	Unsteady_Q_tr30_anni	3.11	183.86	184.49		184.67	0.012962	1.89	1.64	2.92	0.80
Scarna	513	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr200_anni	3.90	183.86	184.58		184.79	0.013373	2.05	1.90	2.99	0.82
Scarna	513	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr500_anni	4.38	183.86	184.63		184.86	0.013667	2.14	2.05	3.03	0.83
Scarna	490	Max WS	Unsteady_Q_tr30_anni	5.96	183.56	184.48		184.75	0.013472	2.31	2.58	3.46	0.86
Scarna	490	Max WS	Unsteady_Qtr200_anni	6.76	183.56	184.55		184.84	0.013223	2.38	2.84	3.57	0.85
Scarna	490	Max WS	Unsteady_Qtr500_anni	7.35	183.56	184.60		184.90	0.013004	2.42	3.04	3.64	0.85
Scarna	490	13MAR2023 0030	Unsteady_Q_tr30_anni	3.09	183.56	184.17		184.36	0.014517	1.96	1.58	3.04	0.87
Scarna	490	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr200_anni	3.88	183.56	184.26		184.48	0.014344	2.09	1.86	3.16	0.87
Scarna	490	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr500_anni										

HEC-RAS River: Scarna Reach: Scarna (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Plan	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W. S. Elev (m)	Crit W. S. (m)	E. G. Elev (m)	E. G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
Scarna	459	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr500_anni	4.33	183.15	183.96		184.15	0.010819	1.96	2.21	3.20	0.75
Scarna	418	Max WS	Unsteady_Q_tr30_anni	5.96	182.73	183.72		183.93	0.009941	2.07	2.88	3.70	0.75
Scarna	418	Max WS	Unsteady_Qtr200_anni	6.76	182.73	183.79		184.02	0.009941	2.15	3.15	3.81	0.75
Scarna	418	Max WS	Unsteady_Qtr500_anni	7.35	182.73	183.84		184.09	0.009880	2.19	3.36	3.89	0.75
Scarna	418	13MAR2023 0030	Unsteady_Q_tr30_anni	3.04	182.73	183.40		183.55	0.010070	1.71	1.77	3.22	0.74
Scarna	418	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr200_anni	3.80	182.73	183.49		183.66	0.010118	1.83	2.07	3.37	0.75
Scarna	418	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr500_anni	4.28	182.73	183.54		183.73	0.010065	1.89	2.26	3.45	0.75
Scarna	364	Max WS	Unsteady_Q_tr30_anni	5.96	182.22	183.21		183.42	0.009321	2.02	2.96	3.76	0.73
Scarna	364	Max WS	Unsteady_Qtr200_anni	6.76	182.22	183.29		183.51	0.009320	2.09	3.23	3.86	0.73
Scarna	364	Max WS	Unsteady_Qtr500_anni	7.35	182.22	183.34		183.57	0.009274	2.14	3.44	3.93	0.73
Scarna	364	13MAR2023 0030	Unsteady_Q_tr30_anni	3.00	182.22	182.88		183.02	0.009496	1.67	1.80	3.24	0.71
Scarna	364	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr200_anni	3.74	182.22	182.97		183.14	0.009468	1.78	2.11	3.38	0.72
Scarna	364	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr500_anni	4.21	182.22	183.03		183.20	0.009434	1.84	2.29	3.47	0.72
Scarna	310	Max WS	Unsteady_Q_tr30_anni	5.96	181.71	182.69		182.90	0.009832	2.06	2.90	3.75	0.75
Scarna	310	Max WS	Unsteady_Qtr200_anni	6.76	181.71	182.76		182.99	0.009863	2.13	3.17	3.86	0.75
Scarna	310	Max WS	Unsteady_Qtr500_anni	7.35	181.71	182.81		183.05	0.009851	2.18	3.37	3.94	0.75
Scarna	310	13MAR2023 0030	Unsteady_Q_tr30_anni	2.96	181.71	182.36		182.50	0.009676	1.67	1.77	3.23	0.72
Scarna	310	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr200_anni	3.68	181.71	182.45		182.61	0.009783	1.79	2.06	3.37	0.73
Scarna	310	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr500_anni	4.15	181.71	182.50		182.68	0.009849	1.86	2.24	3.45	0.74
Scarna	259	Max WS	Unsteady_Q_tr30_anni	5.96	181.22	182.20		182.41	0.009505	2.03	2.94	3.84	0.74
Scarna	259	Max WS	Unsteady_Qtr200_anni	6.76	181.22	182.27		182.50	0.009484	2.10	3.23	3.96	0.74
Scarna	259	Max WS	Unsteady_Qtr500_anni	7.35	181.22	182.33		182.56	0.009424	2.14	3.44	4.05	0.74
Scarna	259	13MAR2023 0030	Unsteady_Q_tr30_anni	2.93	181.22	181.86		182.01	0.009883	1.67	1.75	3.27	0.73
Scarna	259	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr200_anni	3.62	181.22	181.95		182.11	0.009784	1.78	2.04	3.42	0.73
Scarna	259	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr500_anni	4.09	181.22	182.01		182.18	0.009738	1.84	2.23	3.51	0.74
Scarna	214	Max WS	Unsteady_Q_tr30_anni	5.96	180.79	181.79		181.99	0.008897	1.98	3.01	3.84	0.71
Scarna	214	Max WS	Unsteady_Qtr200_anni	6.76	180.79	181.87		182.08	0.008901	2.05	3.30	3.96	0.72
Scarna	214	Max WS	Unsteady_Qtr500_anni	7.35	180.79	181.92		182.14	0.008877	2.10	3.51	4.05	0.72
Scarna	214	13MAR2023 0030	Unsteady_Q_tr30_anni	2.90	180.79	181.45		181.59	0.008767	1.60	1.81	3.29	0.69
Scarna	214	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr200_anni	3.57	180.79	181.54		181.69	0.008891	1.71	2.09	3.42	0.70
Scarna	214	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr500_anni	4.04	180.79	181.59		181.75	0.008950	1.78	2.27	3.51	0.71
Scarna	174	Max WS	Unsteady_Q_tr30_anni	5.96	180.42	181.45		181.64	0.008752	1.97	3.03	3.83	0.71
Scarna	174	Max WS	Unsteady_Qtr200_anni	6.76	180.42	181.53		181.73	0.008553	2.02	3.34	3.97	0.70
Scarna	174	Max WS	Unsteady_Qtr500_anni	7.35	180.42	181.59		181.80	0.008381	2.05	3.58	4.07	0.70
Scarna	174	13MAR2023 0030	Unsteady_Q_tr30_anni	2.87	180.42	181.07		181.21	0.010062	1.68	1.71	3.19	0.74
Scarna	174	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr200_anni	3.53	180.42	181.16		181.32	0.009764	1.77	2.00	3.34	0.73
Scarna	174	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr500_anni	3.99	180.42	181.22		181.38	0.009571	1.82	2.19	3.44	0.73
Scarna	140	Max WS	Unsteady_Q_tr30_anni	5.96	180.10	181.12		181.33	0.009566	2.05	2.91	3.40	0.71
Scarna	140	Max WS	Unsteady_Qtr200_anni	6.76	180.10	181.19		181.43	0.009778	2.14	3.16	3.48	0.72
Scarna	140	Max WS	Unsteady_Qtr500_anni	7.35	180.10	181.25		181.49	0.009888	2.20	3.35	3.53	0.72
Scarna	140	13MAR2023 0030	Unsteady_Q_tr30_anni	2.84	180.10	180.77		180.90	0.008711	1.60	1.78	3.04	0.67
Scarna	140	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr200_anni	3.49	180.10	180.85		181.00	0.008973	1.72	2.03	3.12	0.68
Scarna	140	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr500_anni	3.95	180.10	180.91		181.07	0.009064	1.79	2.21	3.18	0.69
Scarna	96	Max WS	Unsteady_Q_tr30_anni	5.96	179.69	180.62		180.87	0.011811	2.20	2.71	3.64	0.81
Scarna	96	Max WS	Unsteady_Qtr200_anni	6.76	179.69	180.69		180.95	0.011848	2.28	2.96	3.70	0.82
Scarna	96	Max WS	Unsteady_Qtr500_anni	7.35	179.69	180.74		181.01	0.011840	2.34	3.14	3.75	0.82
Scarna	96	13MAR2023 0030	Unsteady_Q_tr30_anni	2.82	179.69	180.29		180.45	0.011917	1.77	1.59	3.12	0.79
Scarna	96	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr200_anni	3.45	179.69	180.36		180.54	0.011889	1.88	1.83	3.24	0.80
Scarna	96	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr500_anni	3.91	179.69	180.42		180.61	0.011878	1.95	2.00	3.32	0.80
Scarna	55	Max WS	Unsteady_Q_tr30_anni	5.96	179.30	180.30		180.47	0.007271	1.83	3.27	4.12	0.65
Scarna	55	Max WS	Unsteady_Qtr200_anni	6.76	179.30	180.38		180.56	0.007266	1.89	3.58	4.24	0.66
Scarna	55	Max WS	Unsteady_Qtr500_anni	7.35	179.30	180.43		180.62	0.007225	1.93	3.81	4.33	0.66
Scarna	55	13MAR2023 0030	Unsteady_Q_tr30_anni	2.79	179.30	179.96		180.06	0.006870	1.43	1.95	3.52	0.62
Scarna	55	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr200_anni	3.41	179.30	180.03		180.15	0.007157	1.55	2.21	3.65	0.63
Scarna	55	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr500_anni	3.86	179.30	180.08		180.21	0.007307	1.61	2.39	3.73	0.64
Scarna	45	Max WS	Unsteady_Q_tr30_anni	5.96	179.20	180.07		180.36	0.014975	2.40	2.49	3.53	0.91
Scarna	45	Max WS	Unsteady_Qtr200_anni	6.76	179.20	180.15		180.45	0.014330	2.45	2.76	3.64	0.90
Scarna	45	Max WS	Unsteady_Qtr500_anni	7.35	179.20	180.21		180.52	0.013661	2.46	2.99	3.73	0.88
Scarna	45	13MAR2023 0030	Unsteady_Q_tr30_anni	2.79	179.20	179.73	179.72	179.94	0.017957	2.04	1.37	3.02	0.97
Scarna	45	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr200_anni	3.40	179.20	179.81		180.04	0.016299	2.09	1.63	3.15	0.93
Scarna	45	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr500_anni	3.85	179.20	179.87		180.10	0.015434	2.13	1.81	3.24	0.91
Scarna	35	Max WS	Unsteady_Q_tr30_anni	5.96	179.15	180.19	179.64	180.24	0.001597	0.98	6.11	6.17	0.31
Scarna	35	Max WS	Unsteady_Qtr200_anni	6.76	179.15	180.28	179.68	180.33	0.001590	1.01	6.66	6.23	0.31
Scarna	35	Max WS	Unsteady_Qtr500_anni	7.35	179.15	180.35	179.71	180.40	0.001572	1.04	7.08	6.27	0.31
Scarna	35	13MAR2023 0030	Unsteady_Q_tr30_anni	2.77	179.15	179.78	179.44	179.81	0.001678	0.76	3.63	5.92	0.31
Scarna	35	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr200_anni	3.39	179.15	179.88	179.48	179.91	0.001582	0.80	4.21	5.98	0.31
Scarna	35	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr500_anni	3.84	179.15	179.95	179.51	179.98	0.001536	0.83	4.62	6.02	0.30
Scarna	20		Inl Struct										
Scarna	13	Max WS	Unsteady_Q_tr30_anni	5.96	178.90	179.85		180.06	0.009477	2.01	2.96	3.94	0.74
Scarna	13	Max WS	Unsteady_Qtr200_anni	6.76	178.90	179.93		180.15	0.009430	2.08	3.25	4.06	0.74
Scarna	13	Max WS	Unsteady_Qtr500_anni	7.37	178.90	179.98		180.21	0.009441	2.13	3.45	4.15	0.75
Scarna	13	13MAR2023 0030	Unsteady_Q_tr30_anni	2.77	178.90	179.51		179.65	0.009663	1.62	1.71	3.35	0.72
Scarna	13	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr200_anni	3.39	178.90	179.59		179.74	0.009657	1.72	1.97	3.48	0.73
Scarna	13	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr500_anni	3.84	178.90	179.64		179.80	0.009596	1.78	2.15	3.57	0.73
Scarna	5	Max WS	Unsteady_Q_tr30_anni	5.96	178.83	179.77	179.63	179.99	0.009855	2.05	2.92	3.88	0.75
Scarna	5	Max WS	Unsteady_Qtr200_anni	6.76	178.83	179.84	179.69	180.07	0.009835	2.12	3.19	4.00	0.76
Scarna	5	Max WS	Unsteady_Qtr500_anni	7.36	178.83	179.89	179.73	180.13	0.009867	2.17	3.39	4.08	0.76
Scarna	5	13MAR2023 0030	Unsteady_Q_tr30_anni	2.78	178.83	179.43	179.33	179.57	0.009865	1.64	1.70	3.31	0.73
Scarna	5	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr200_anni	3.38	178.83	179.51	179.39	179.66	0.009900	1.74	1.95	3.44	0.74
Scarna	5	13MAR2023 0030	Unsteady_Qtr500_anni	3.83	178.83	179.56	179.44	179.73	0.009862	1.80	2.13	3.52	0.74

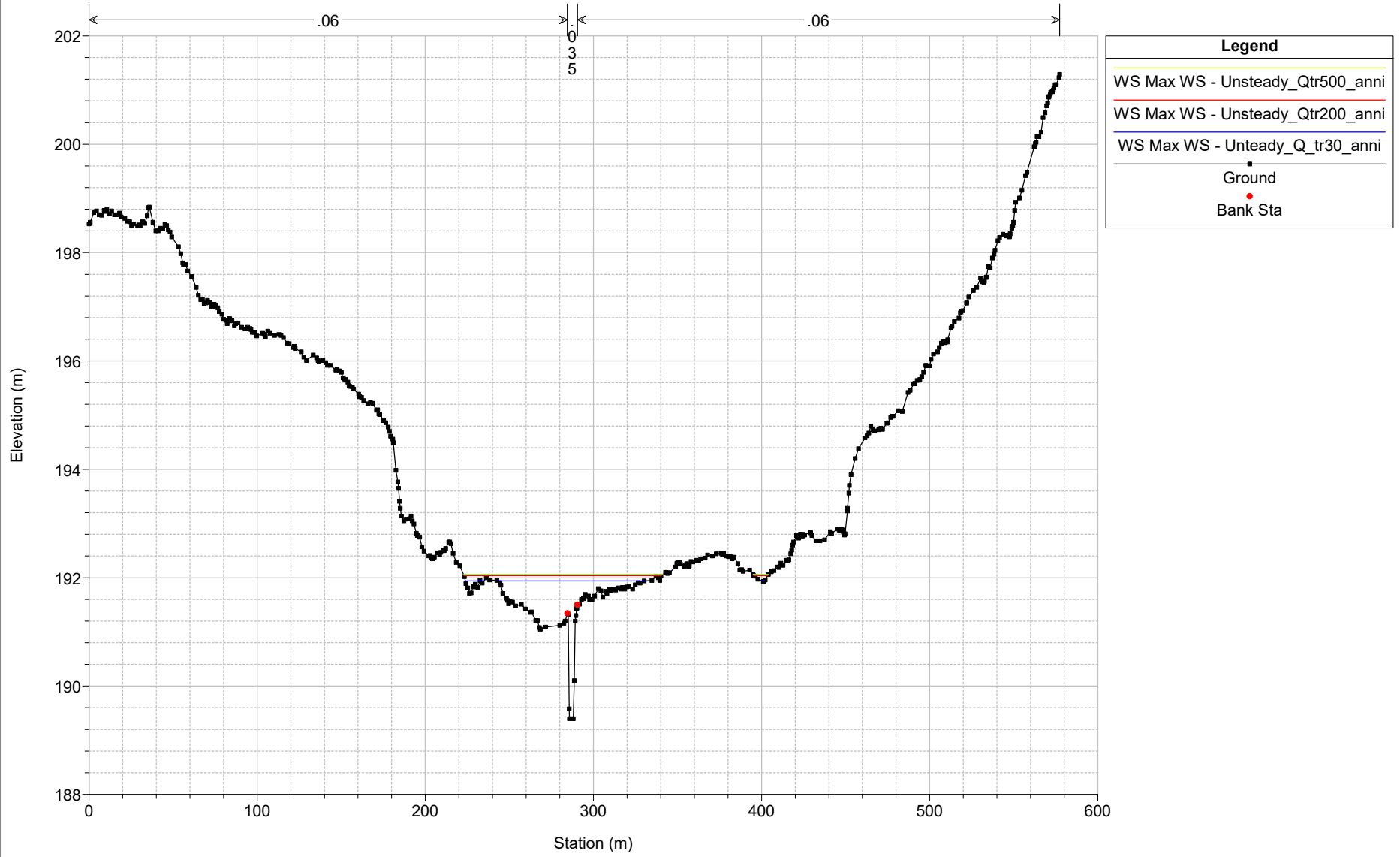
Torrente_Scarna Plan: 1) Unsteady_Q_tr30_anni 3/17/2023 2) Unsteady_Qtr200_anni 3/13/2023 3) Unsteady_Qtr500_anni 3/13/2023

River = Scarna Reach = Scarna



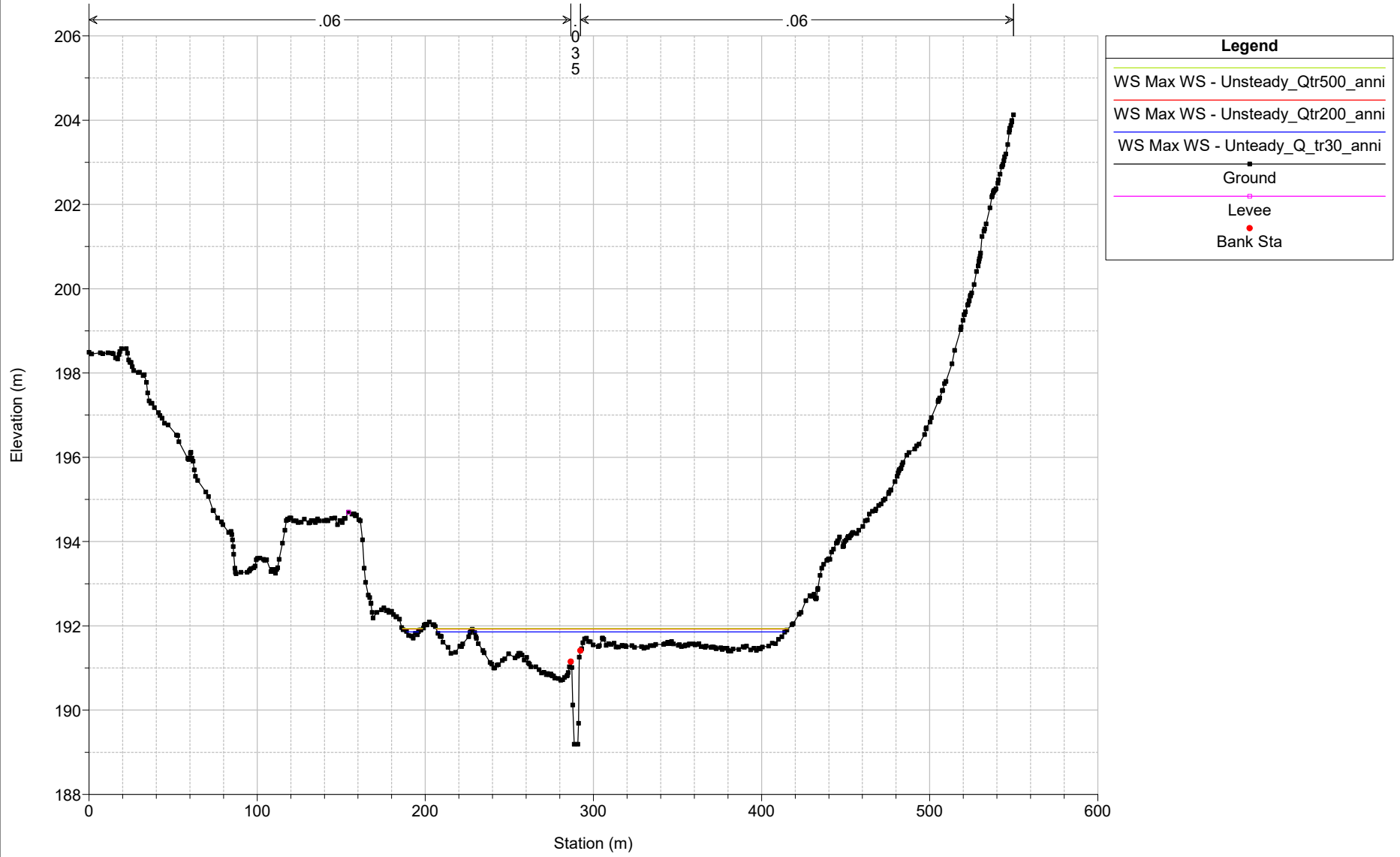
Torrente_Scarna Plan: 1) Unteady_Q_tr30_anni 3/17/2023 2) Unsteady_Qtr200_anni 3/13/2023 3) Unsteady_Qtr500_anni 3/13/2023

River = Scarra Reach = Scarra



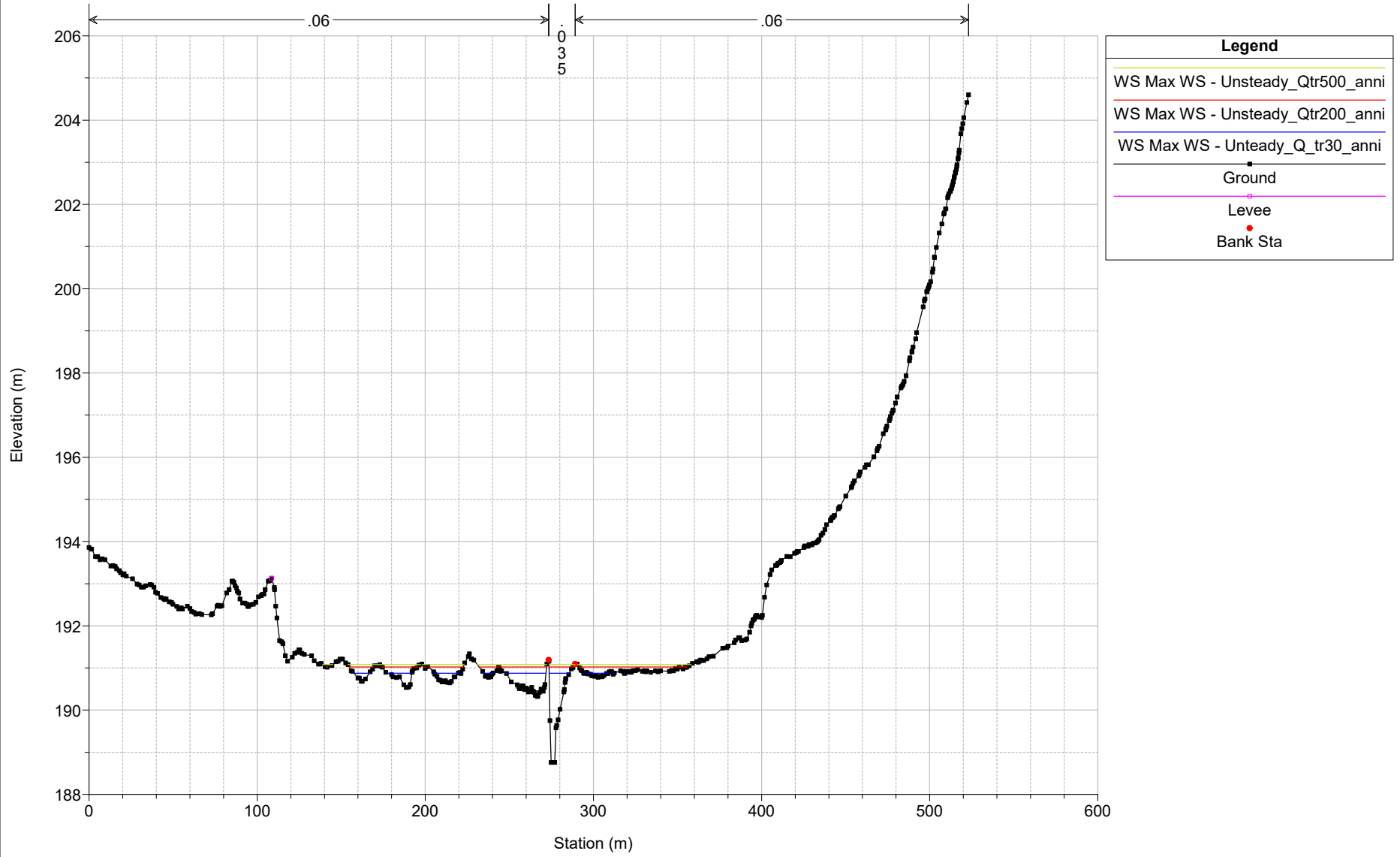
Torrente_Scarna Plan: 1) Unteady_Q_tr30_anni 3/17/2023 2) Unsteady_Qtr200_anni 3/13/2023 3) Unsteady_Qtr500_anni 3/13/2023

River = Scarna Reach = Scarna



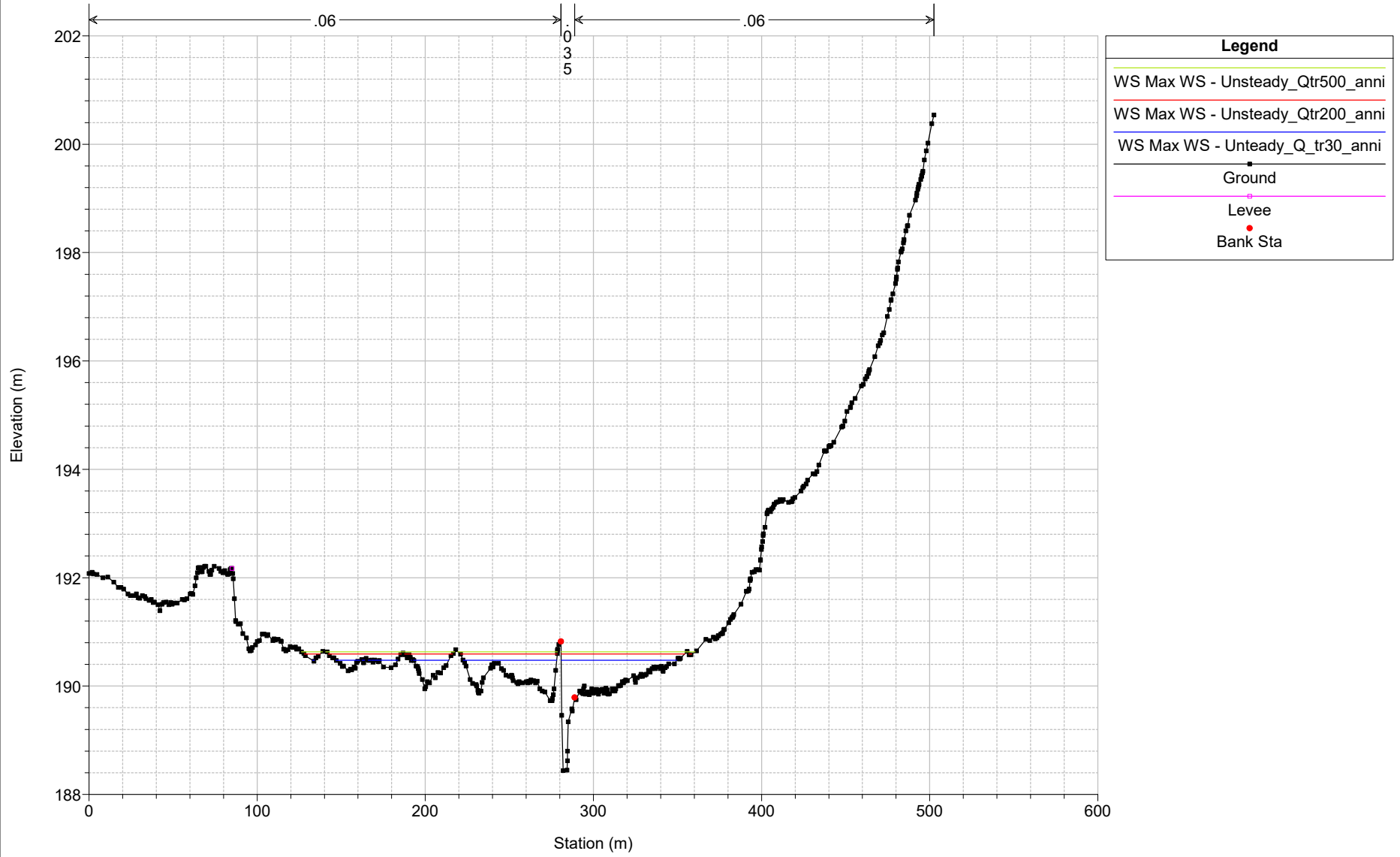
Torrente_Scarna Plan: 1) Unteady_Q_tr30_anni 3/17/2023 2) Unsteady_Qtr200_anni 3/13/2023 3) Unsteady_Qtr500_anni 3/13/2023

River = Scarna Reach = Scarna



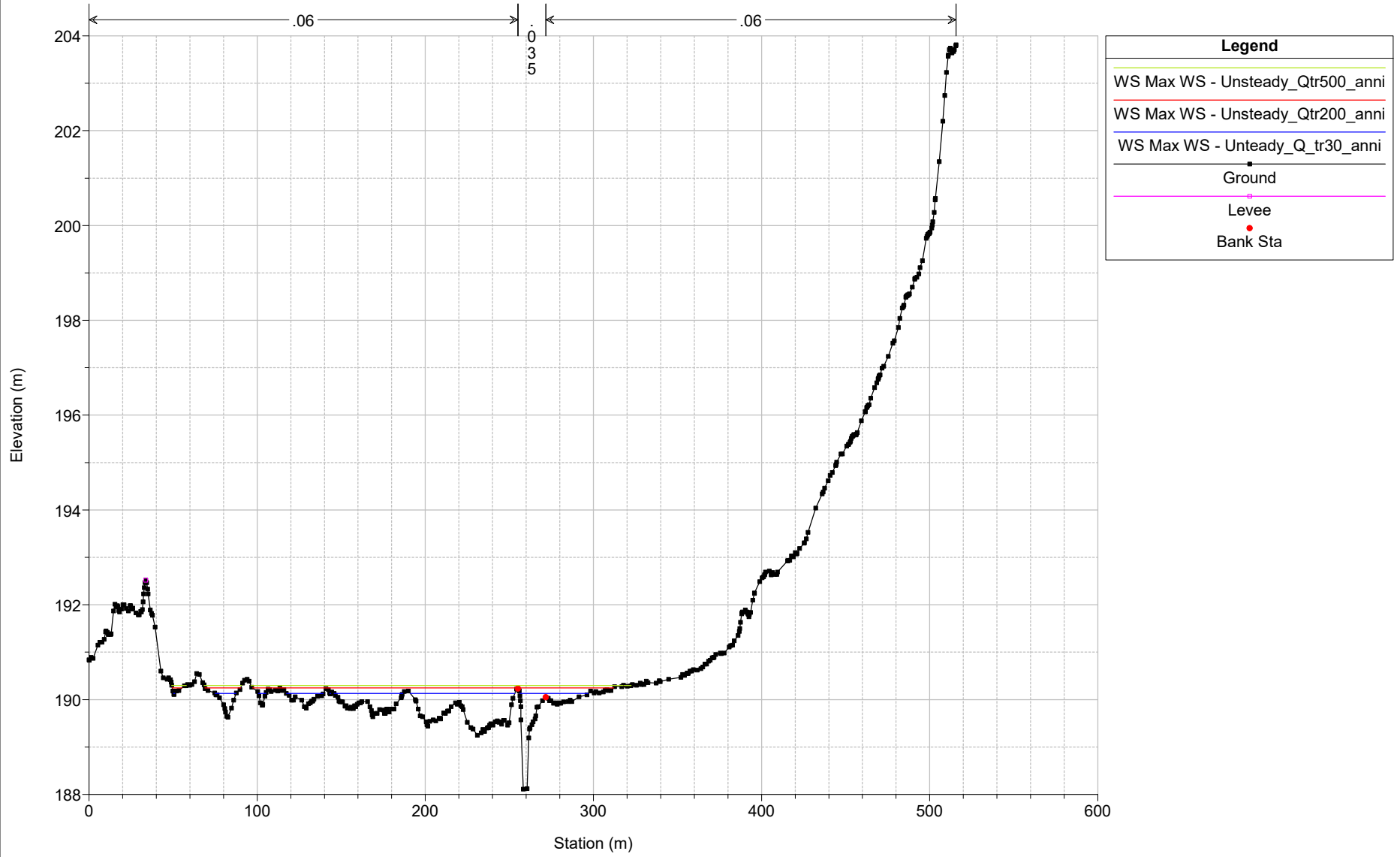
Torrente_Scarna Plan: 1) Unteady_Q_tr30_anni 3/17/2023 2) Unsteady_Qtr200_anni 3/13/2023 3) Unsteady_Qtr500_anni 3/13/2023

River = Scarpa Reach = Scarpa



Torrente_Scarna Plan: 1) Unteady_Q_tr30_anni 3/17/2023 2) Unsteady_Qtr200_anni 3/13/2023 3) Unsteady_Qtr500_anni 3/13/2023

River = Scarna Reach = Scarna

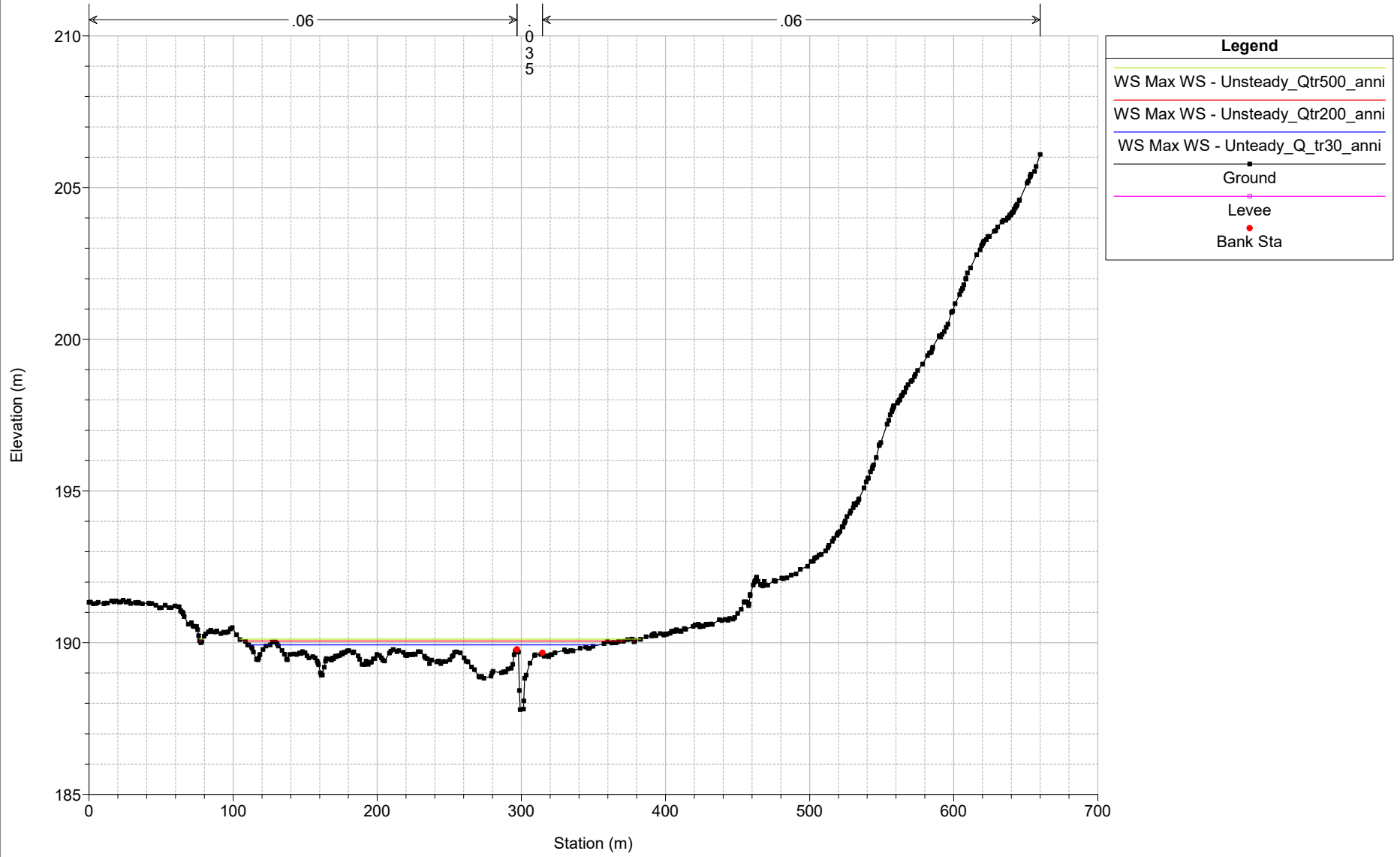


Legend

- WS Max WS - Unsteady_Qtr500_anni
- WS Max WS - Unsteady_Qtr200_anni
- WS Max WS - Unteady_Q_tr30_anni
- Ground
- Levee
- Bank Sta

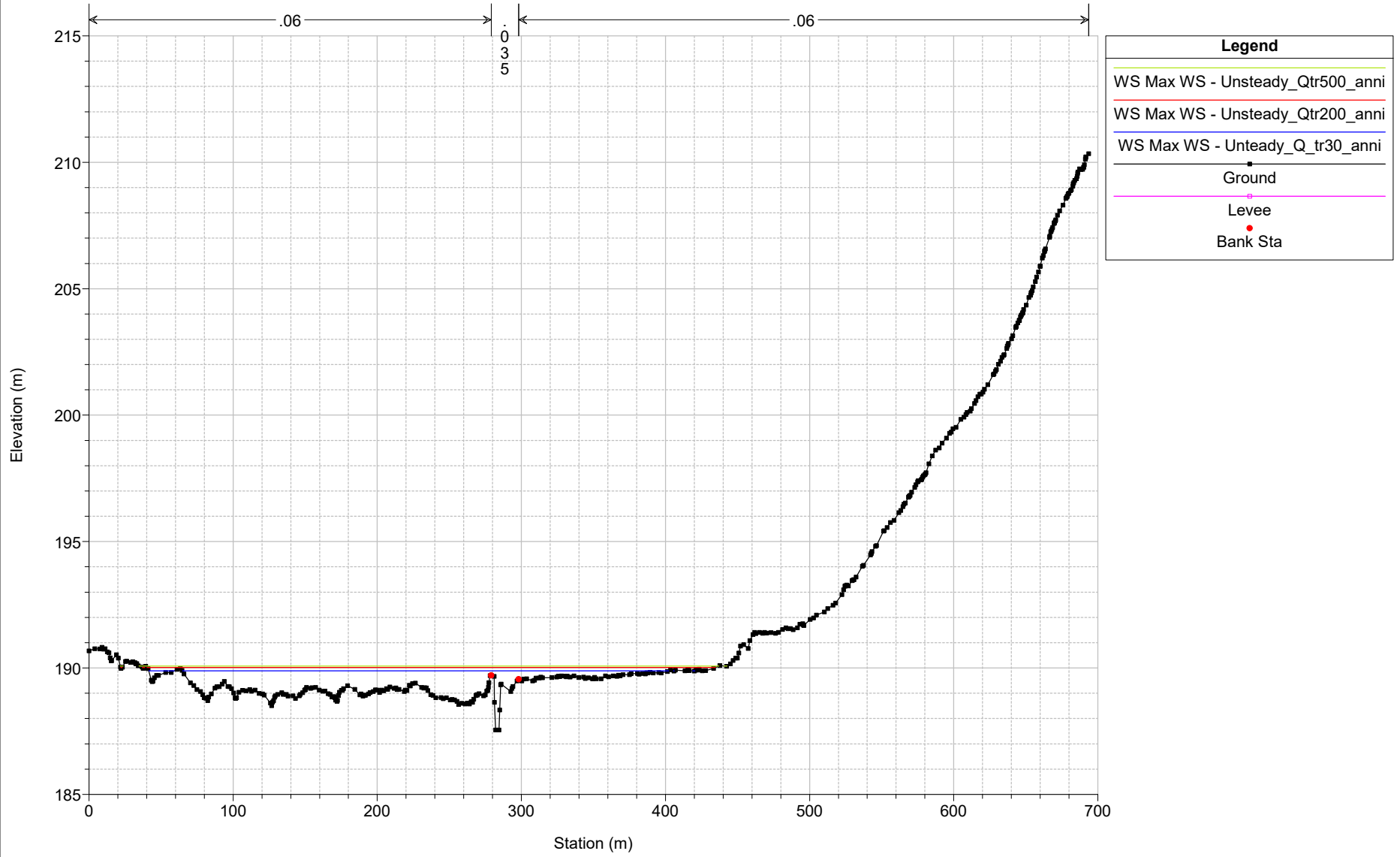
Torrente_Scarna Plan: 1) Unteady_Q_tr30_anni 3/17/2023 2) Unsteady_Qtr200_anni 3/13/2023 3) Unsteady_Qtr500_anni 3/13/2023

River = Scarna Reach = Scarna



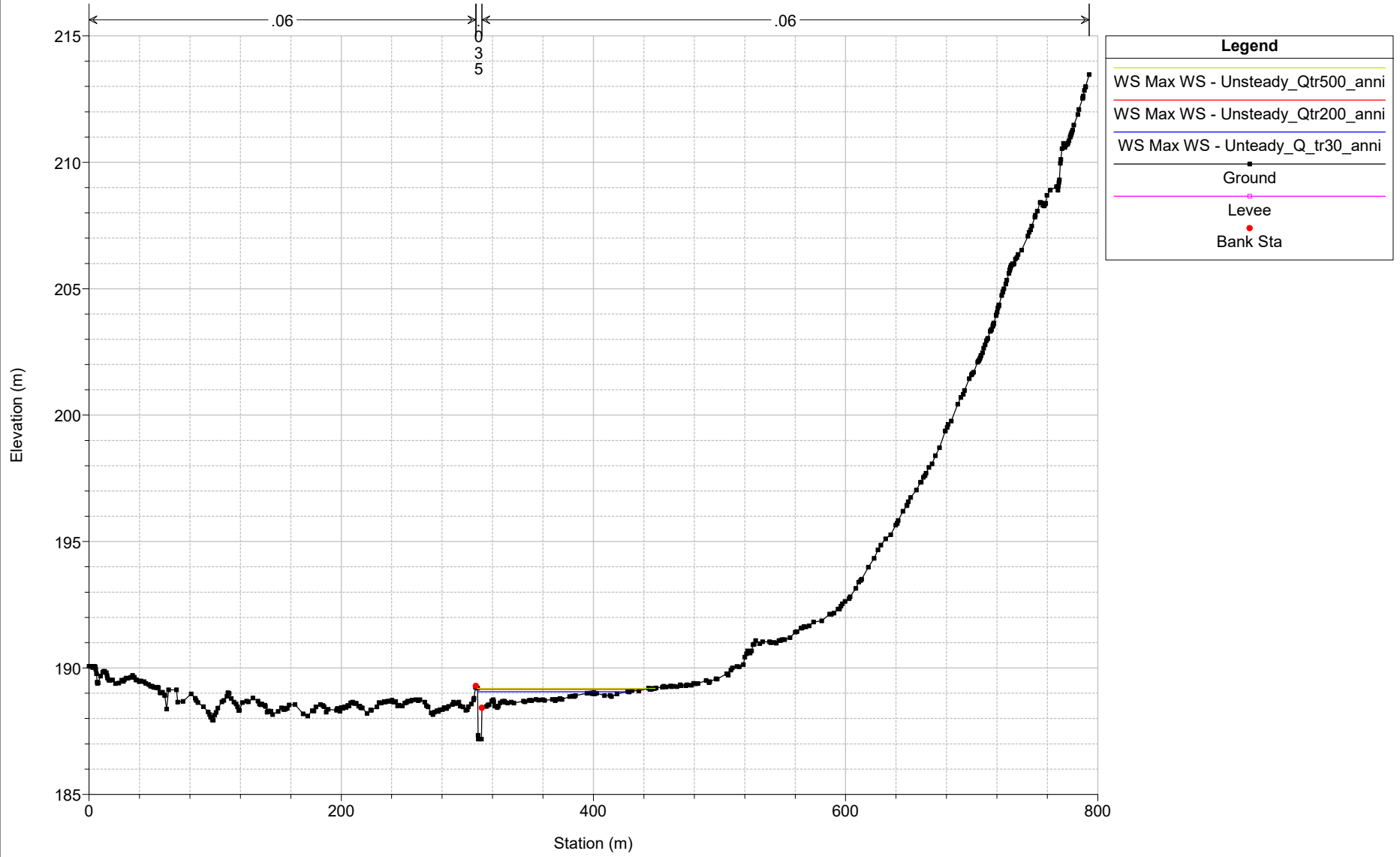
Torrente_Scarna Plan: 1) Unteady_Q_tr30_anni 3/17/2023 2) Unsteady_Qtr200_anni 3/13/2023 3) Unsteady_Qtr500_anni 3/13/2023

River = Scarna Reach = Scarna



Torrente_Scarna Plan: 1) Unteady_Q_tr30_anni 3/17/2023 2) Unsteady_Qtr200_anni 3/13/2023 3) Unsteady_Qtr500_anni 3/13/2023

River = Scarna Reach = Scarna

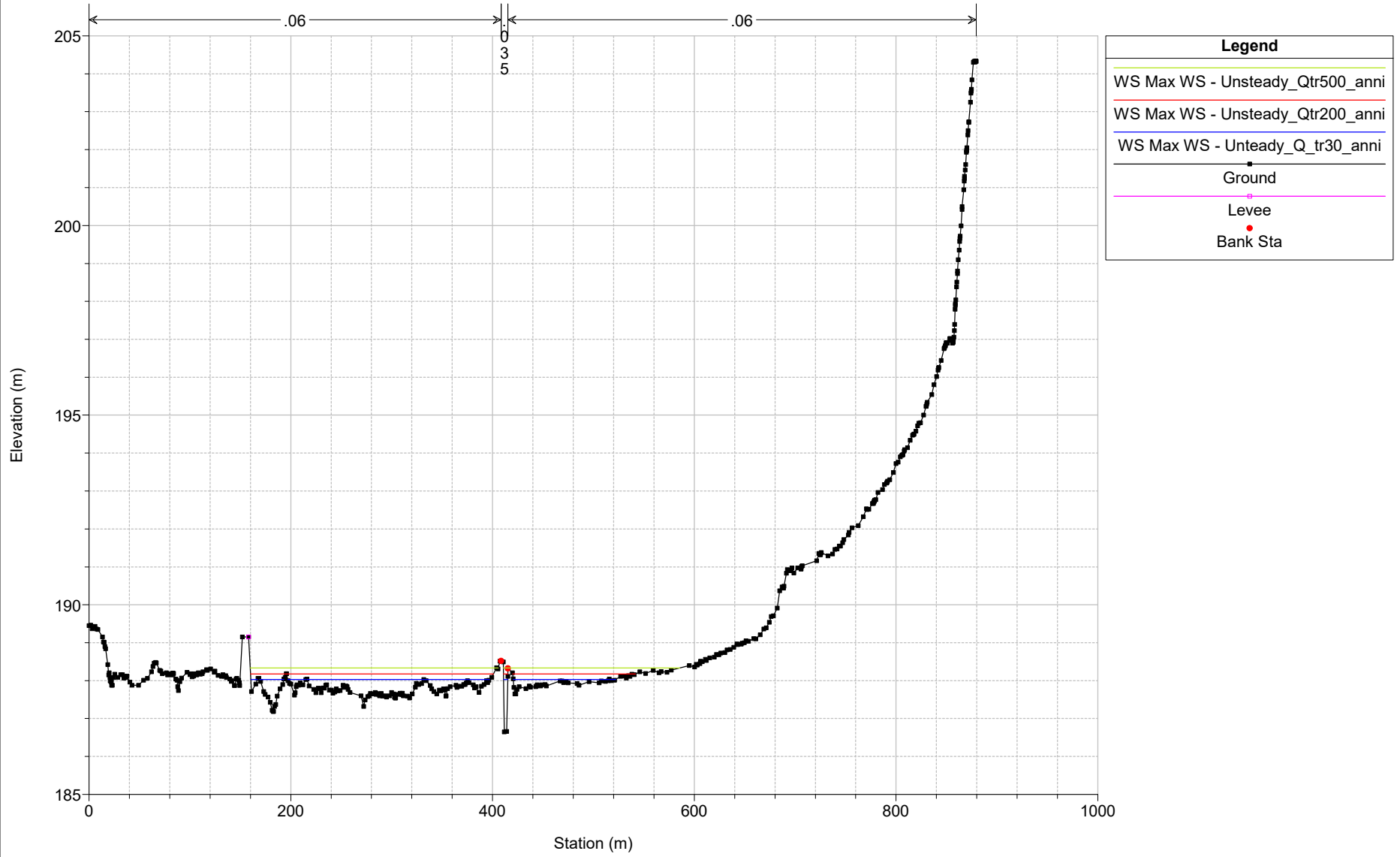


Legend

- WS Max WS - Unsteady_Qtr500_anni
- WS Max WS - Unsteady_Qtr200_anni
- WS Max WS - Unteady_Q_tr30_anni
- Ground
- Levee
- Bank Sta

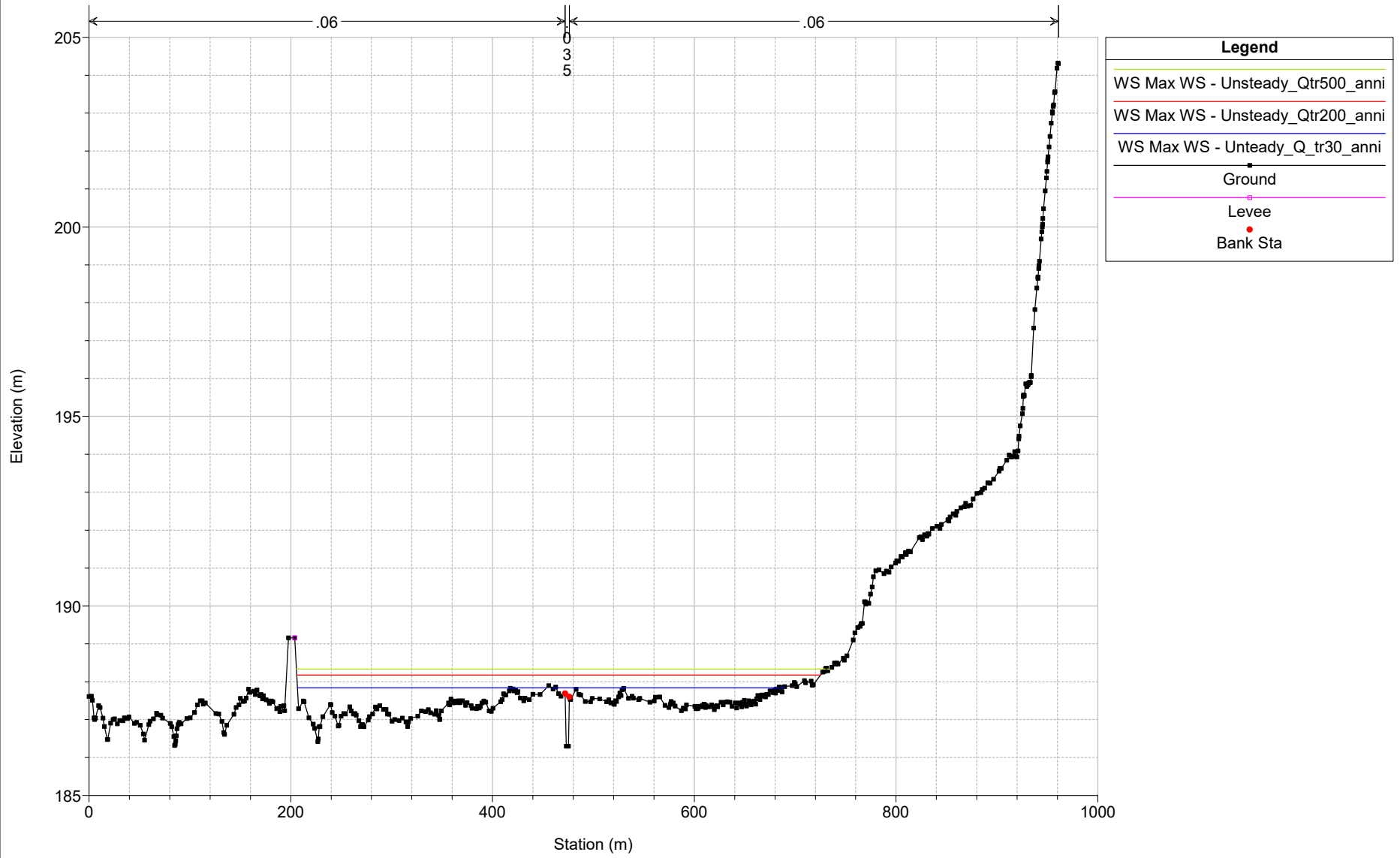
Torrente_Scarna Plan: 1) Unsteady_Q_tr30_anni 3/17/2023 2) Unsteady_Qtr200_anni 3/13/2023 3) Unsteady_Qtr500_anni 3/13/2023

River = Scarna Reach = Scarna



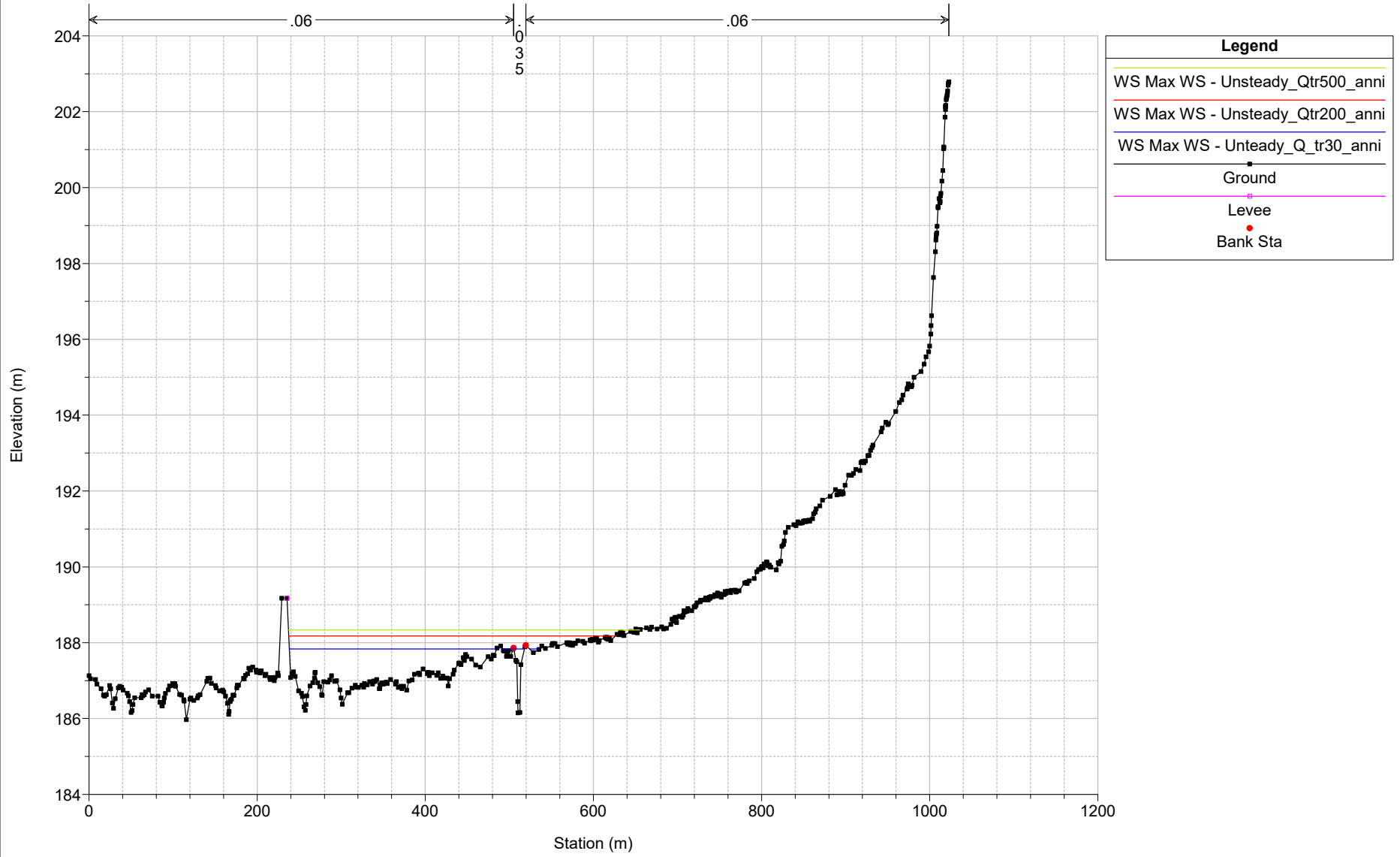
Torrente_Scarna Plan: 1) Unteady_Q_tr30_anni 3/17/2023 2) Unsteady_Qtr200_anni 3/13/2023 3) Unsteady_Qtr500_anni 3/13/2023

River = Scarra Reach = Scarra



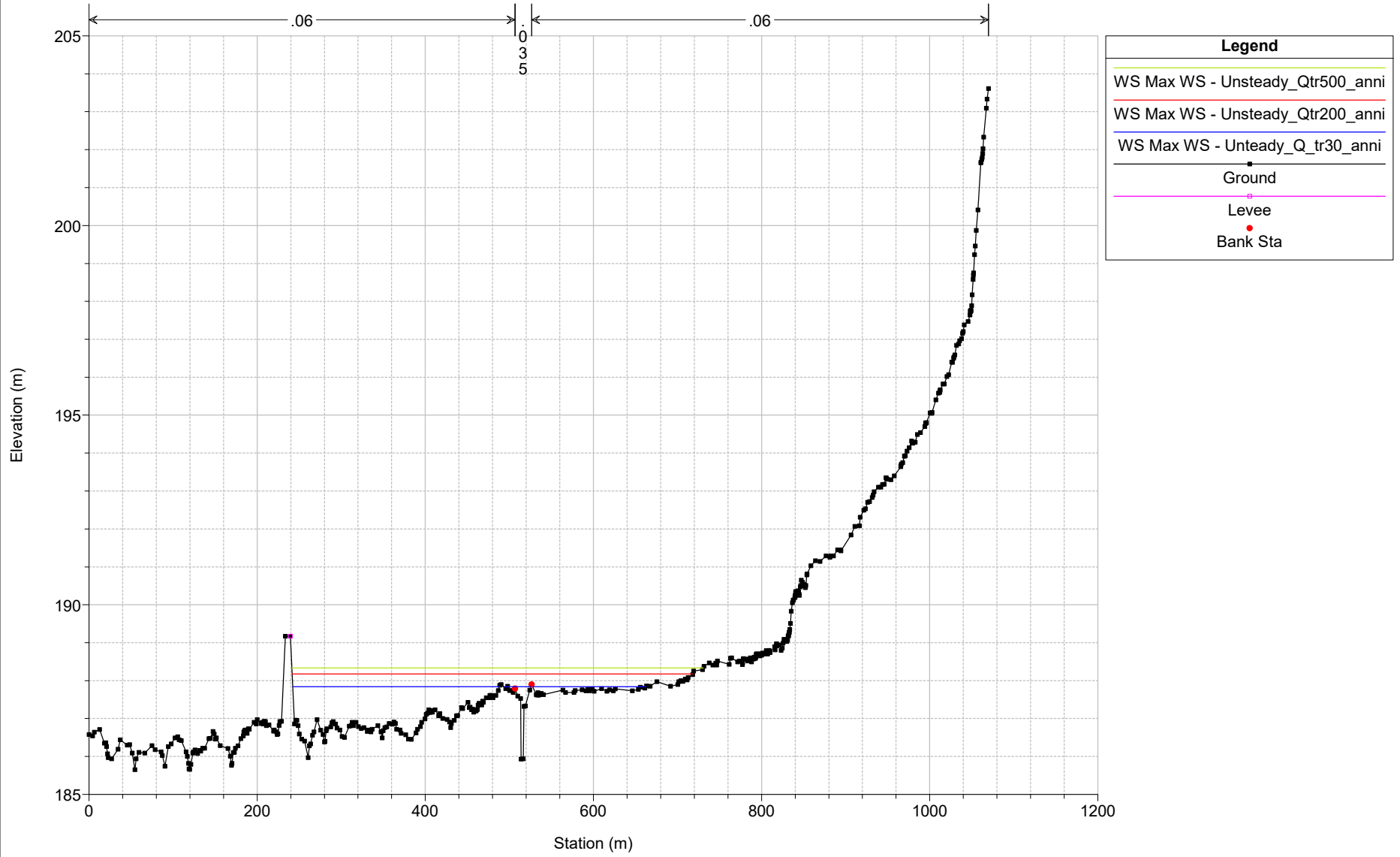
Torrente_Scarna Plan: 1) Unsteady_Q_tr30_anni 3/17/2023 2) Unsteady_Qtr200_anni 3/13/2023 3) Unsteady_Qtr500_anni 3/13/2023

River = Scarna Reach = Scarna



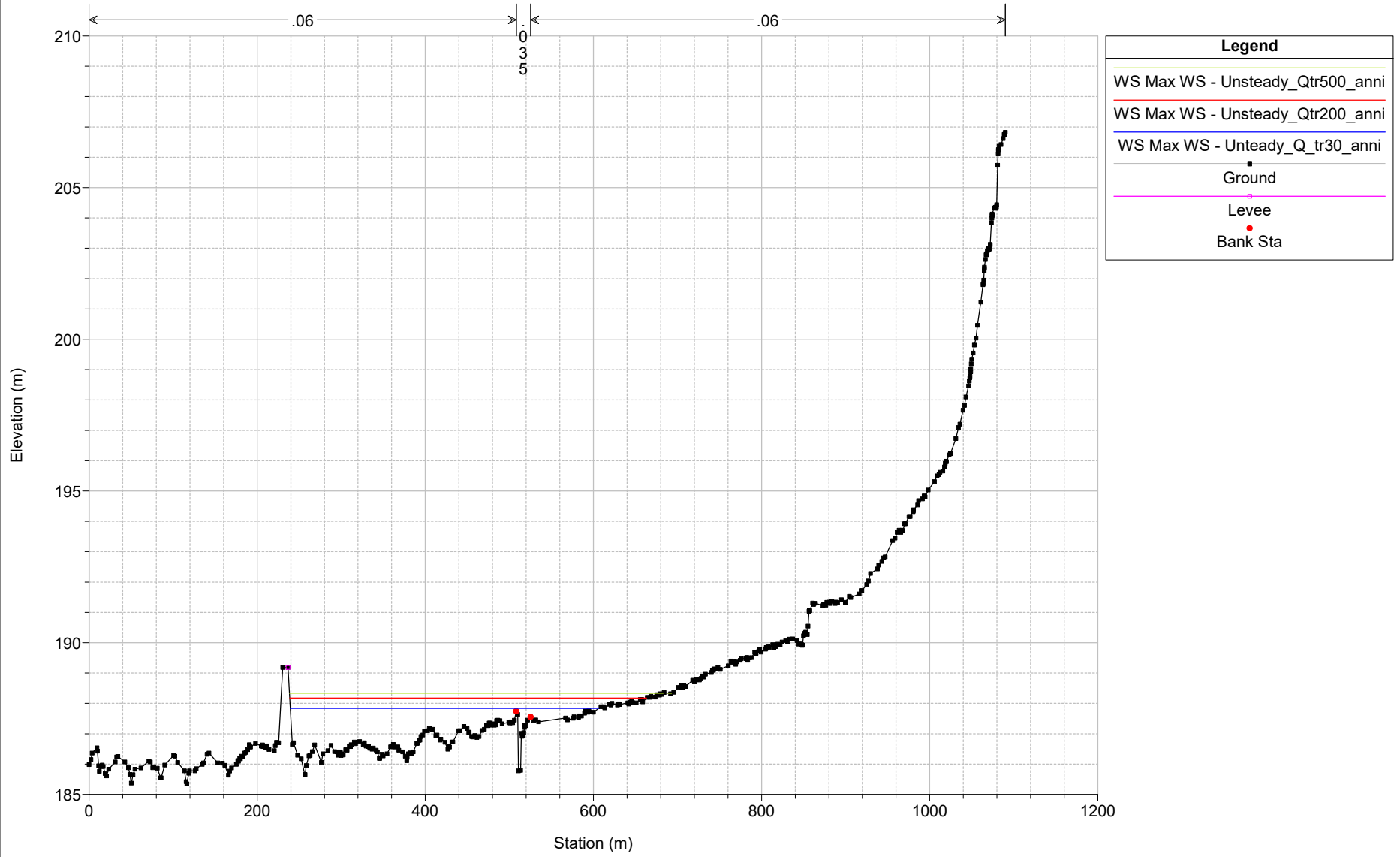
Torrente_Scarna Plan: 1) Unsteady_Q_tr30_anni 3/17/2023 2) Unsteady_Qtr200_anni 3/13/2023 3) Unsteady_Qtr500_anni 3/13/2023

River = Scarna Reach = Scarna



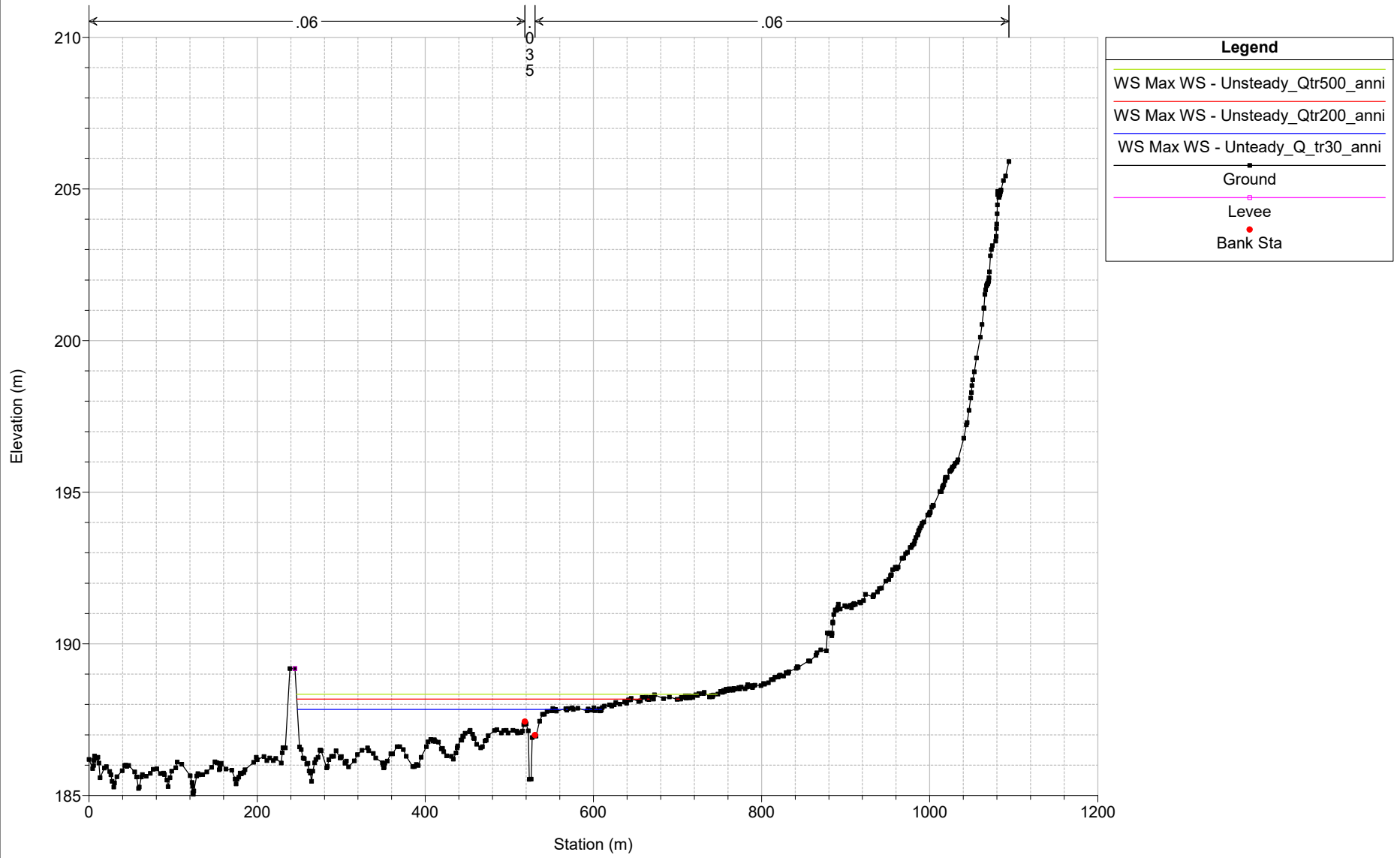
Torrente_Scarna Plan: 1) Unsteady_Q_tr30_anni 3/17/2023 2) Unsteady_Qtr200_anni 3/13/2023 3) Unsteady_Qtr500_anni 3/13/2023

River = Scarna Reach = Scarna



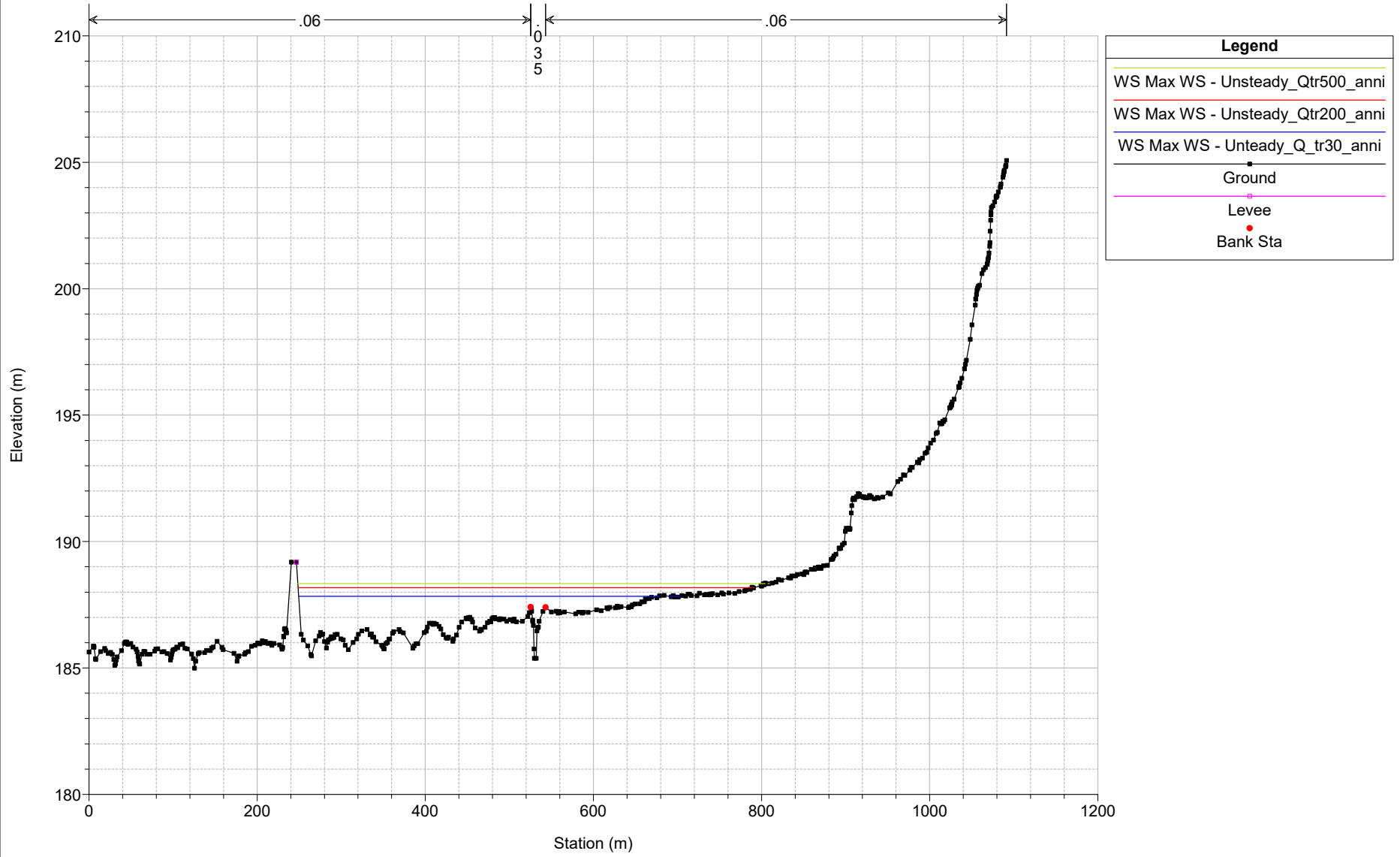
Torrente_Scarna Plan: 1) Unteady_Q_tr30_anni 3/17/2023 2) Unsteady_Qtr200_anni 3/13/2023 3) Unsteady_Qtr500_anni 3/13/2023

River = Scarna Reach = Scarna



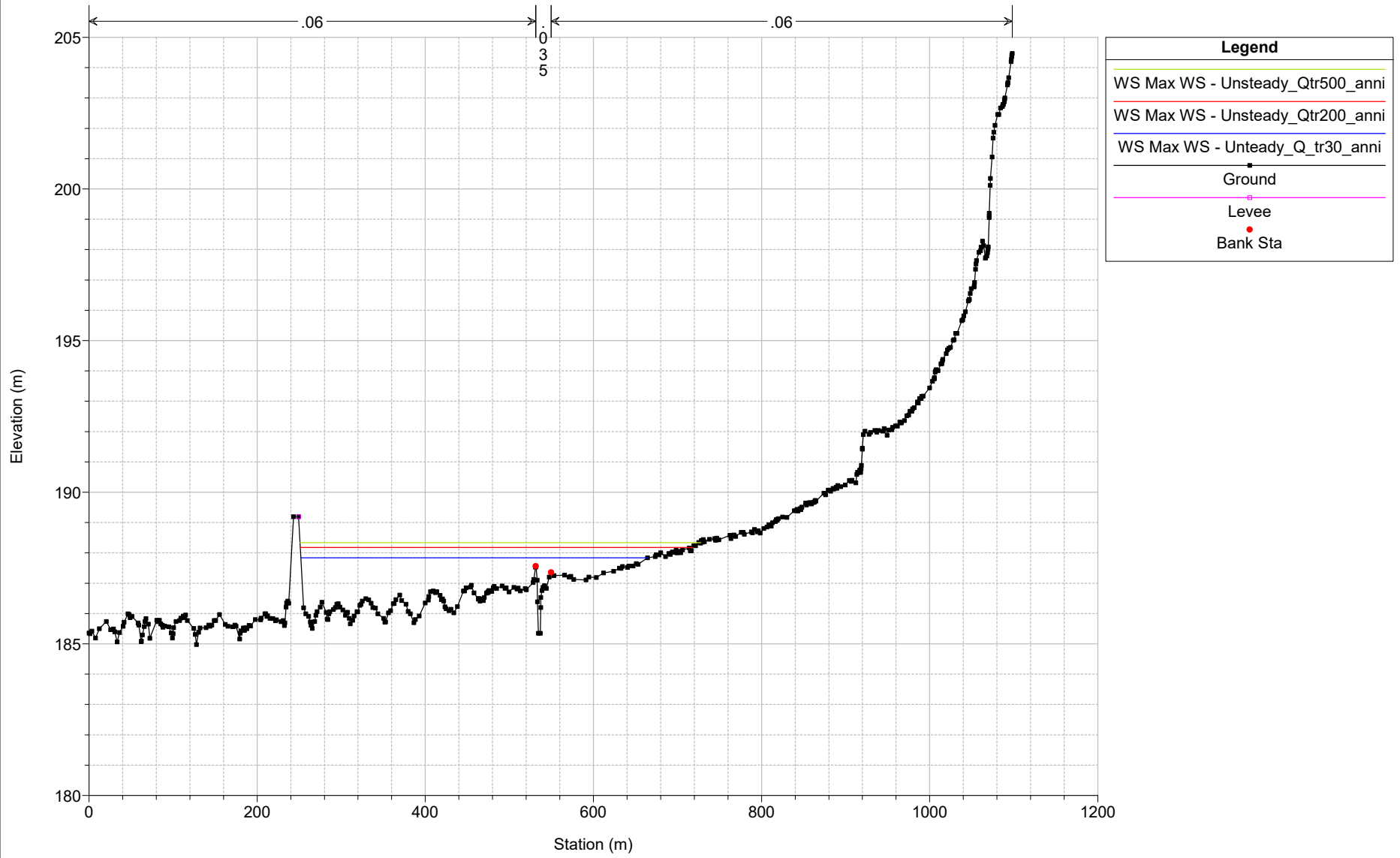
Torrente_Scarna Plan: 1) Unteady_Q_tr30_anni 3/17/2023 2) Unsteady_Qtr200_anni 3/13/2023 3) Unsteady_Qtr500_anni 3/13/2023

River = Scarna Reach = Scarna



Torrente_Scarna Plan: 1) Unteady_Q_tr30_anni 3/17/2023 2) Unsteady_Qtr200_anni 3/13/2023 3) Unsteady_Qtr500_anni 3/13/2023

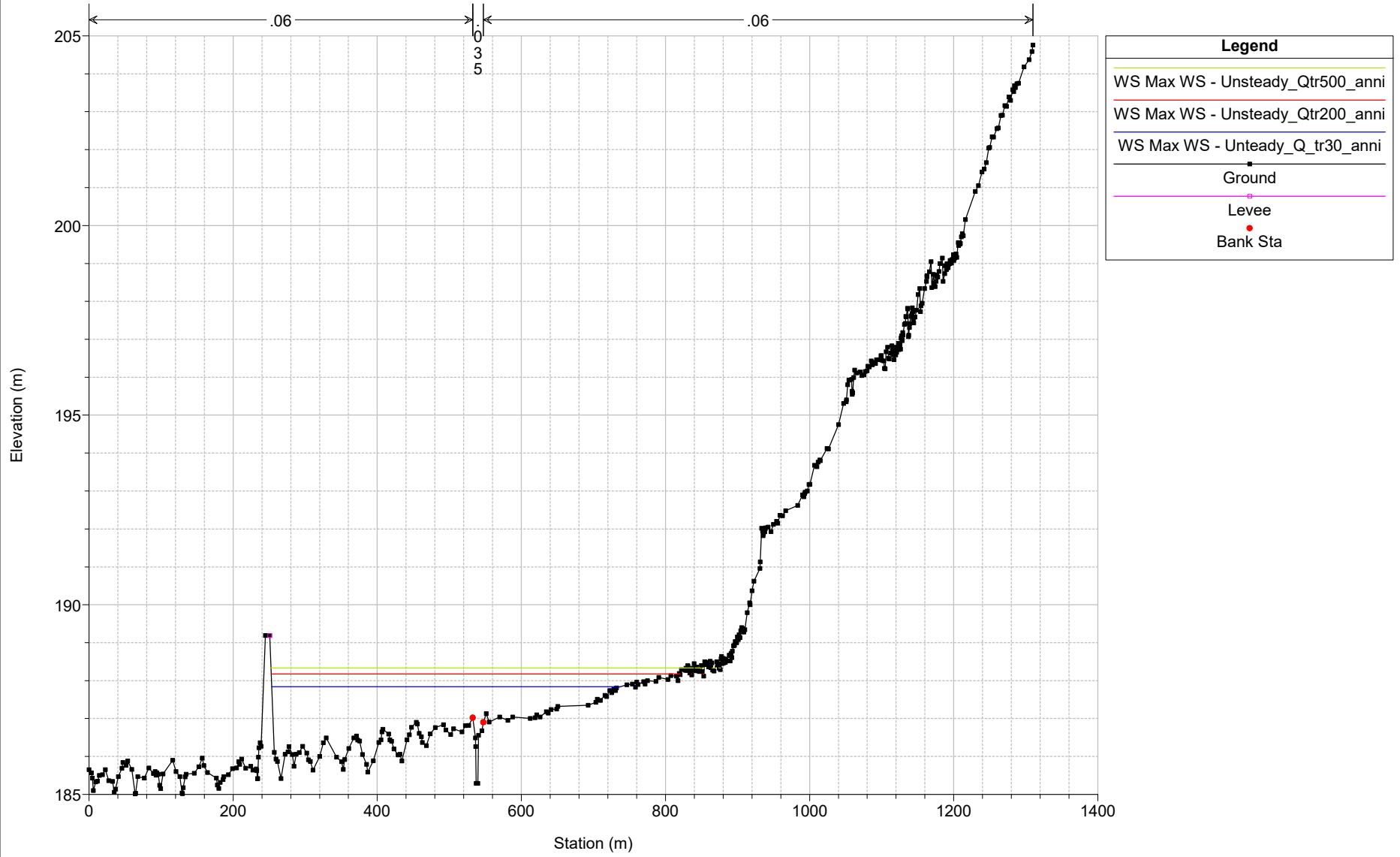
River = Scarra Reach = Scarra



Legend	
—	WS Max WS - Unsteady_Qtr500_anni
—	WS Max WS - Unsteady_Qtr200_anni
—	WS Max WS - Unteady_Q_tr30_anni
—	Ground
—	Levee
•	Bank Sta

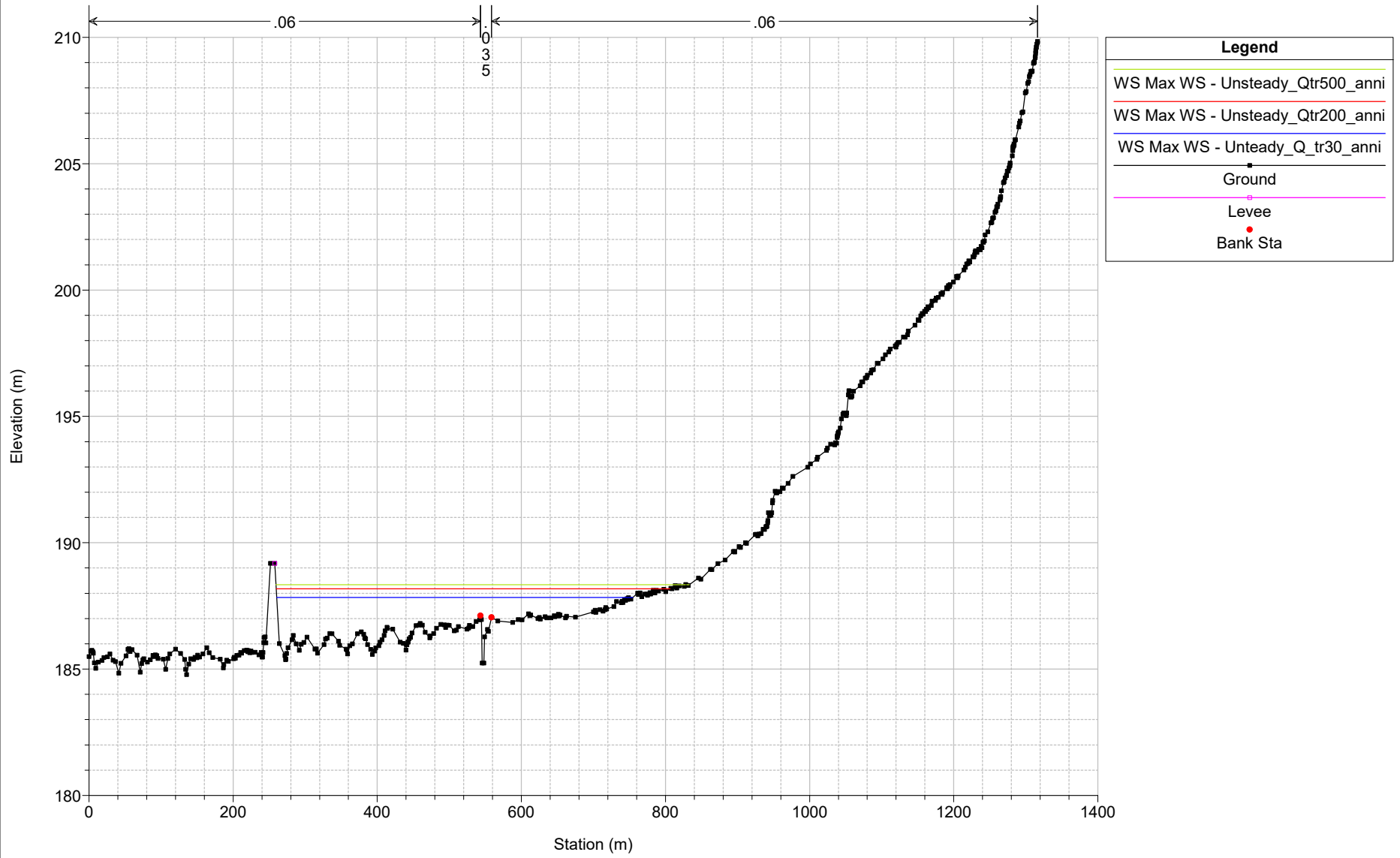
Torrente_Scarna Plan: 1) Unteady_Q_tr30_anni 3/17/2023 2) Unsteady_Qtr200_anni 3/13/2023 3) Unsteady_Qtr500_anni 3/13/2023

River = Scarra Reach = Scarra



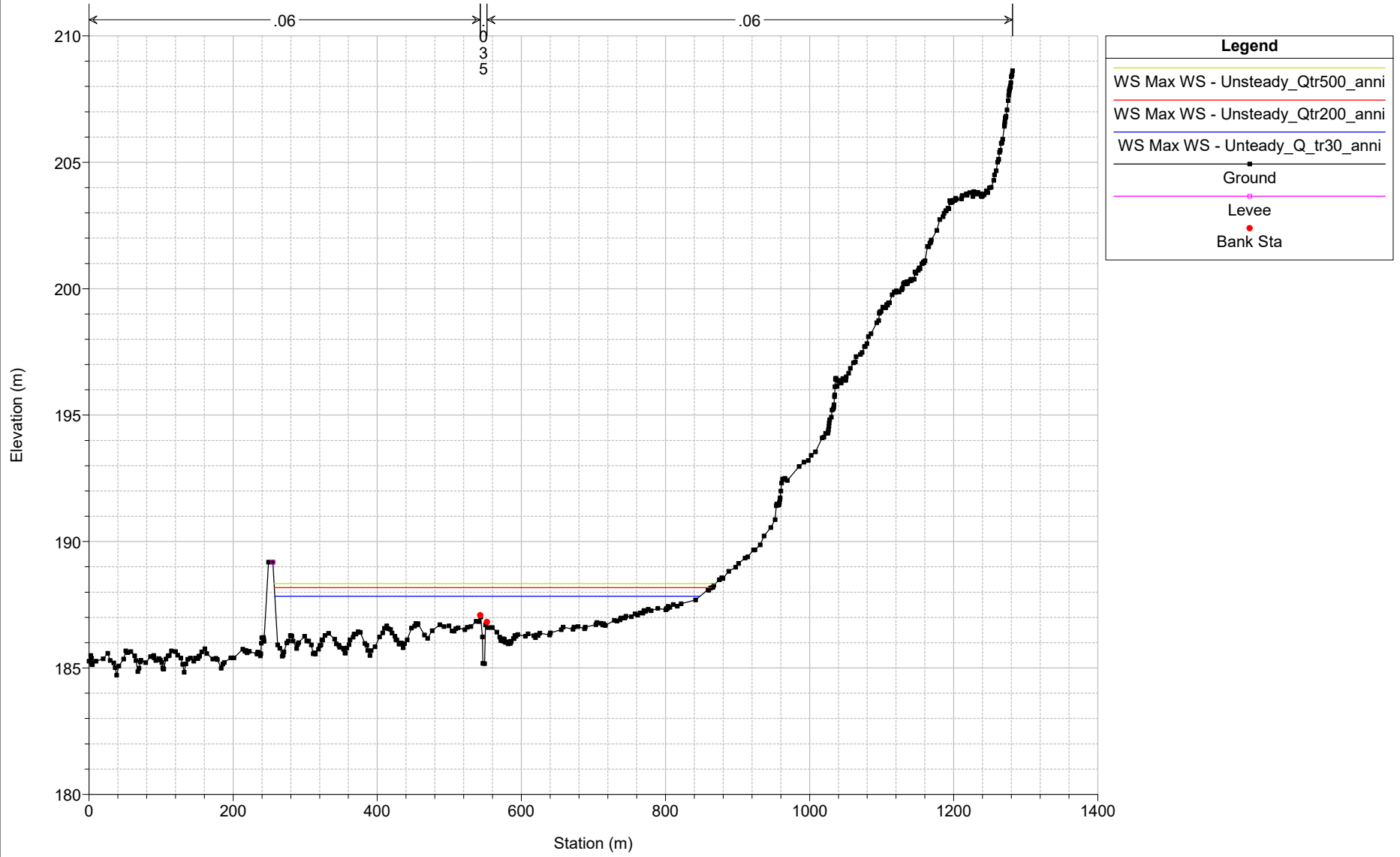
Torrente_Scarna Plan: 1) Unteady_Q_tr30_anni 3/17/2023 2) Unsteady_Qtr200_anni 3/13/2023 3) Unsteady_Qtr500_anni 3/13/2023

River = Scarna Reach = Scarna



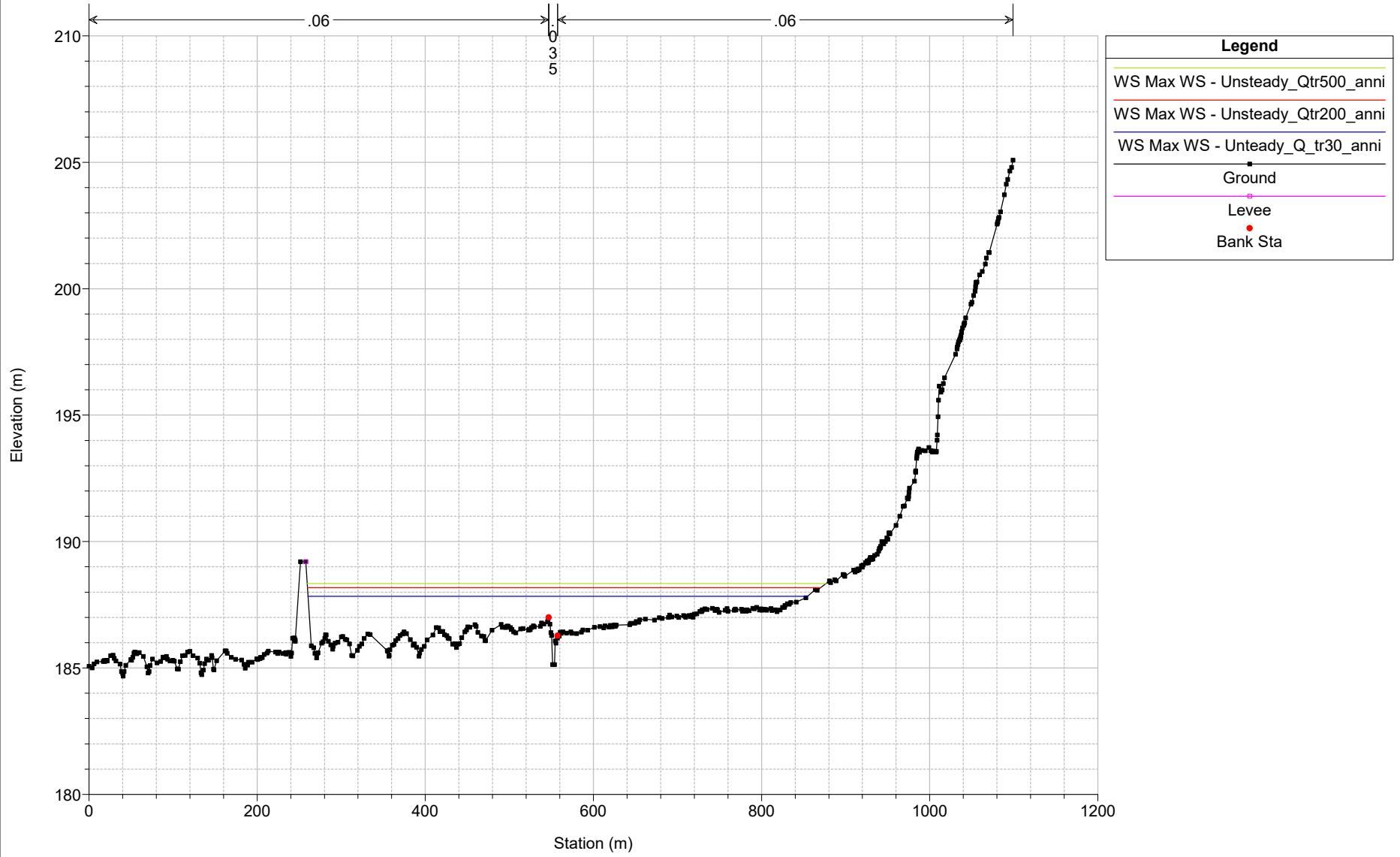
Torrente_Scarna Plan: 1) Unteady_Q_tr30_anni 3/17/2023 2) Unsteady_Qtr200_anni 3/13/2023 3) Unsteady_Qtr500_anni 3/13/2023

River = Scarna Reach = Scarna



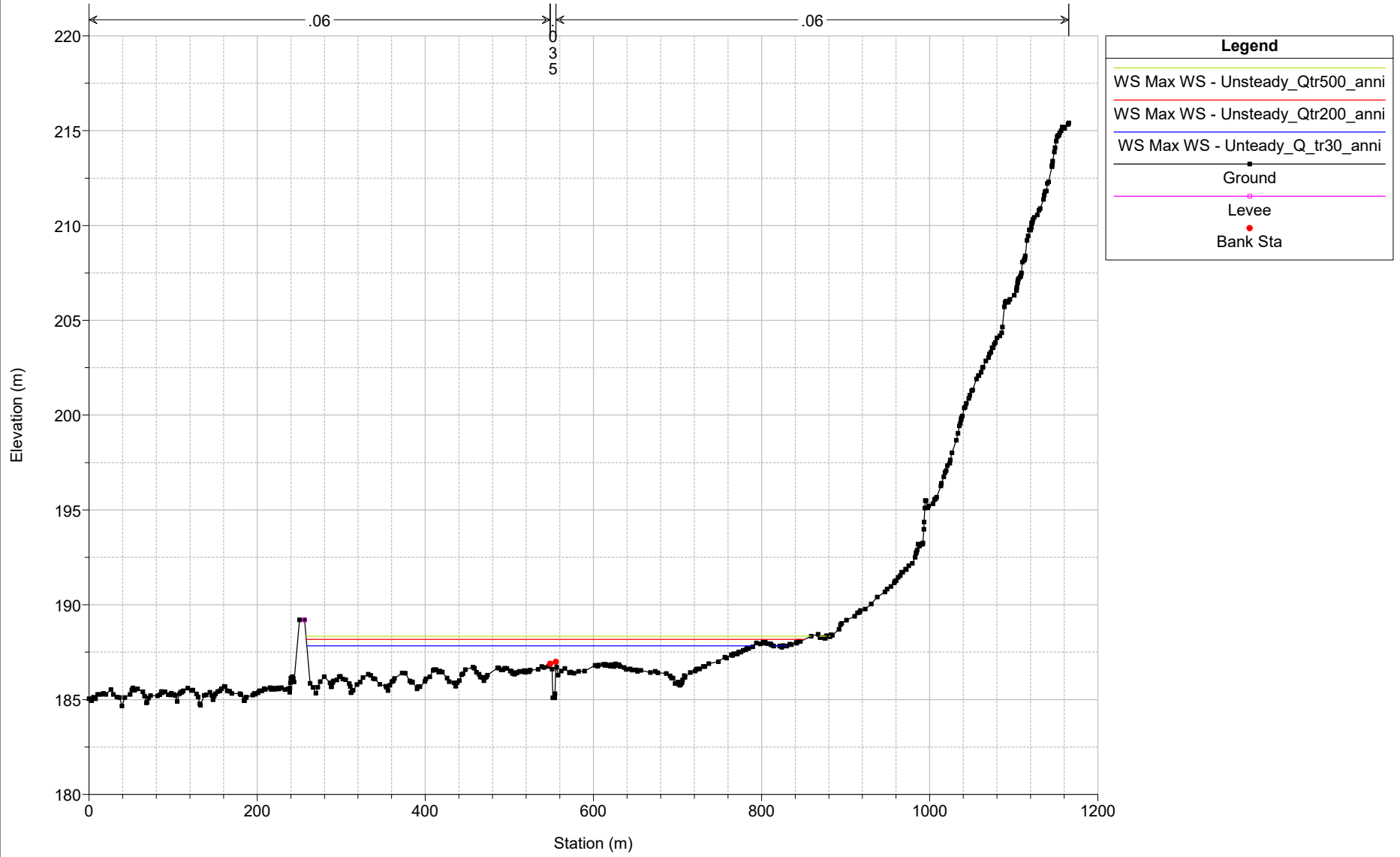
Torrente_Scarna Plan: 1) Unteady_Q_tr30_anni 3/17/2023 2) Unsteady_Qtr200_anni 3/13/2023 3) Unsteady_Qtr500_anni 3/13/2023

River = Scarna Reach = Scarna



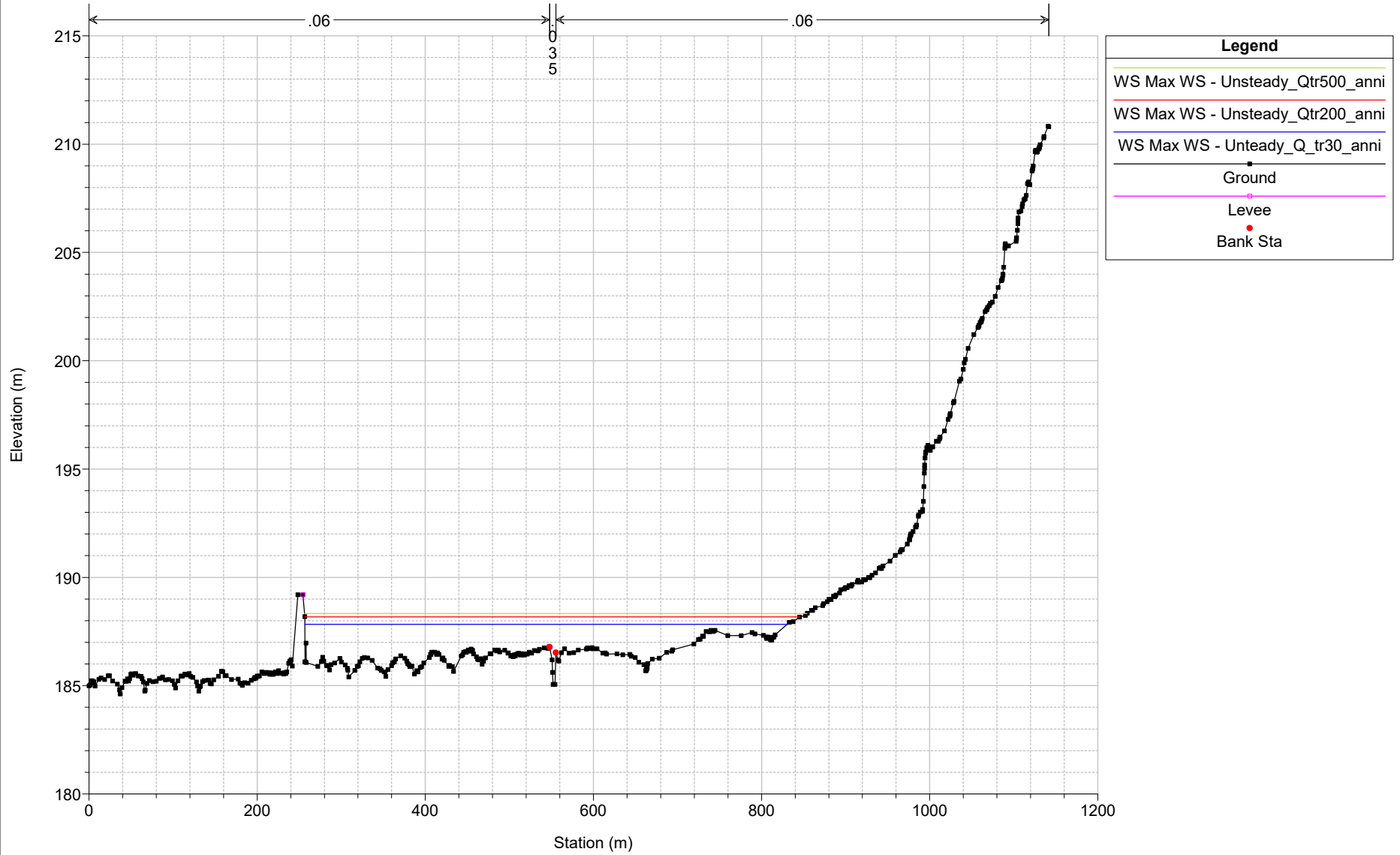
Torrente_Scarna Plan: 1) Unteady_Q_tr30_anni 3/17/2023 2) Unsteady_Qtr200_anni 3/13/2023 3) Unsteady_Qtr500_anni 3/13/2023

River = Scarna Reach = Scarna



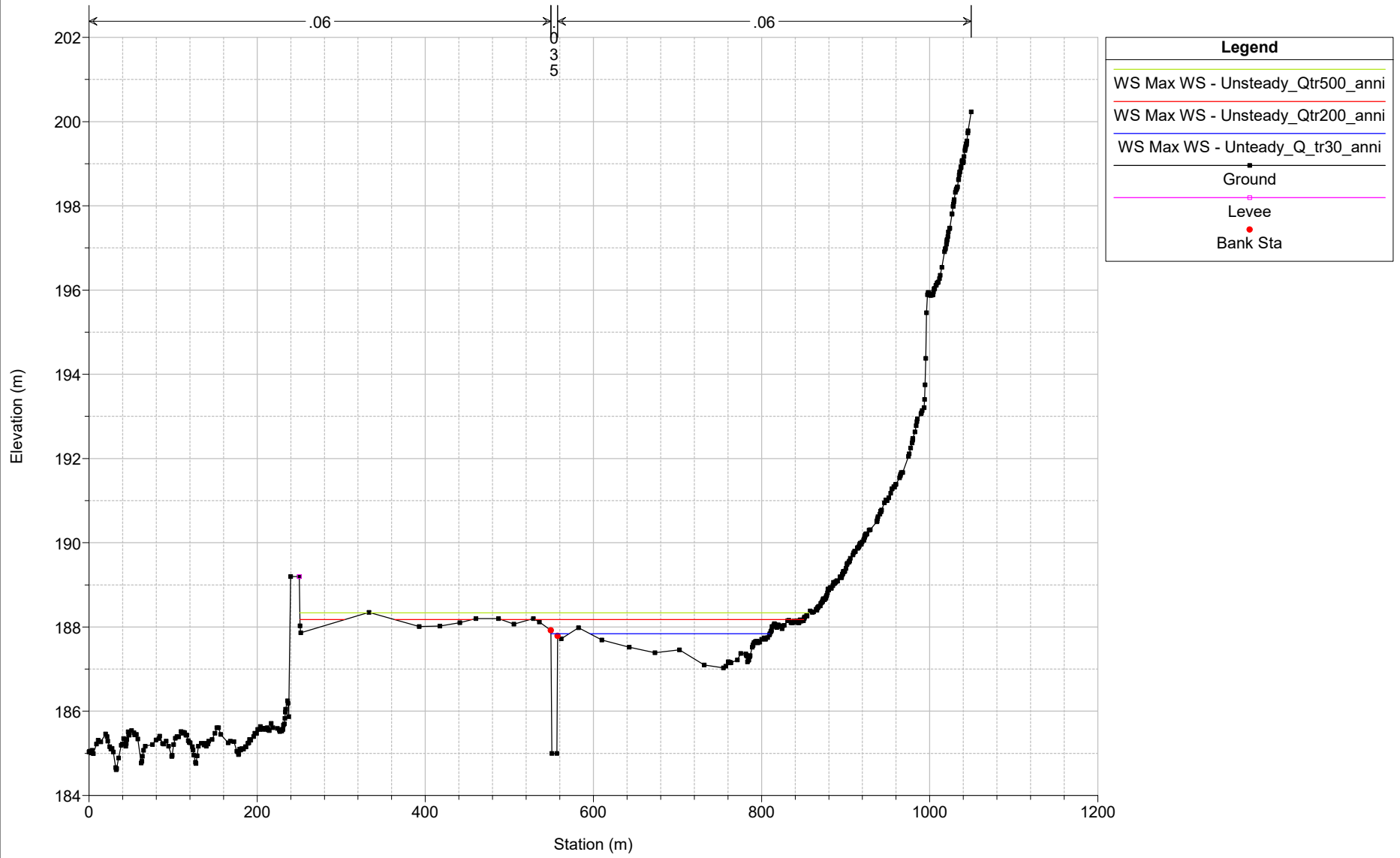
Torrente_Scarna Plan: 1) Unteady_Q_tr30_anni 3/17/2023 2) Unsteady_Qtr200_anni 3/13/2023 3) Unsteady_Qtr500_anni 3/13/2023

River = Scarna Reach = Scarna



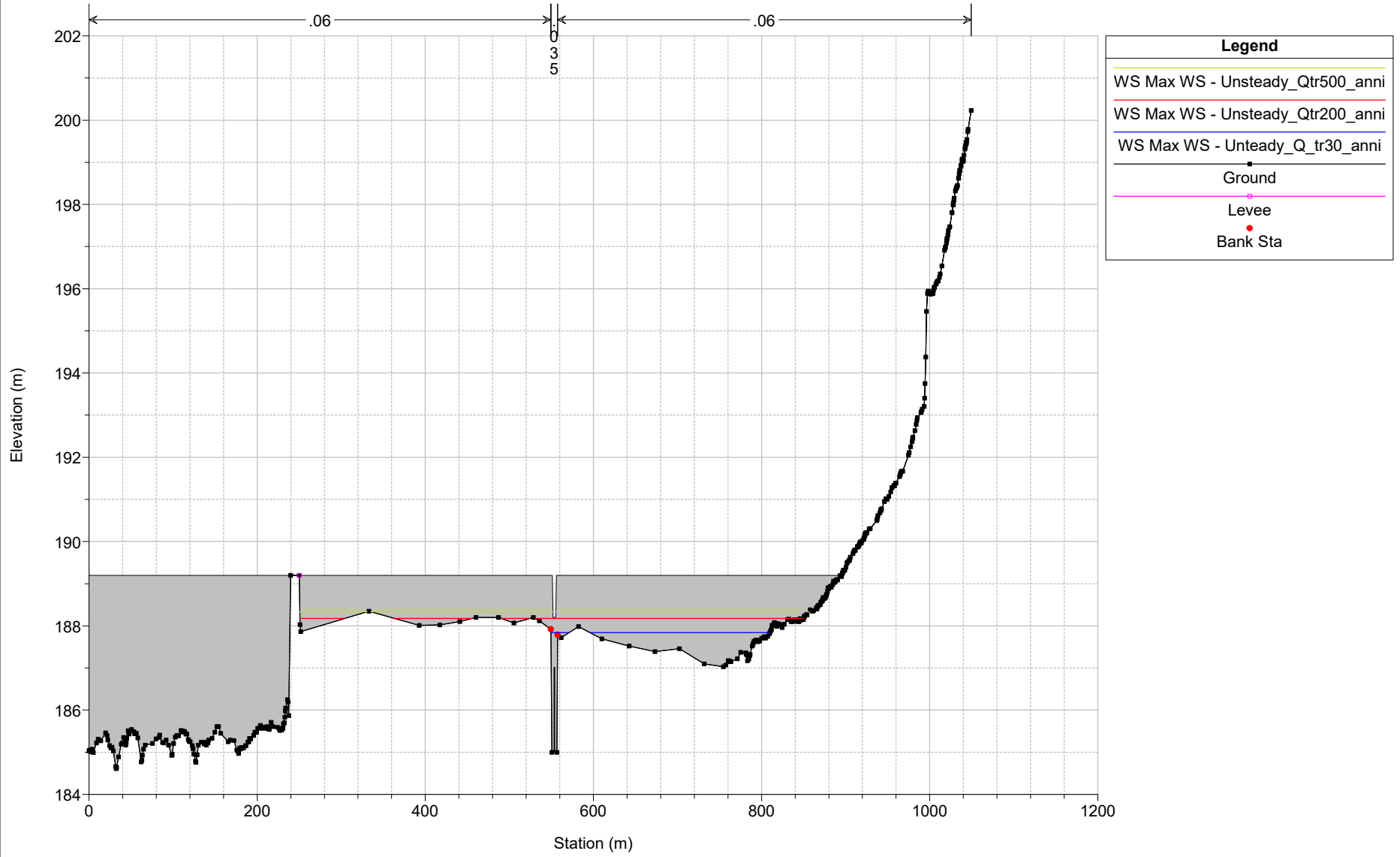
Torrente_Scarna Plan: 1) Unteady_Q_tr30_anni 3/17/2023 2) Unsteady_Qtr200_anni 3/13/2023 3) Unsteady_Qtr500_anni 3/13/2023

River = Scarra Reach = Scarra



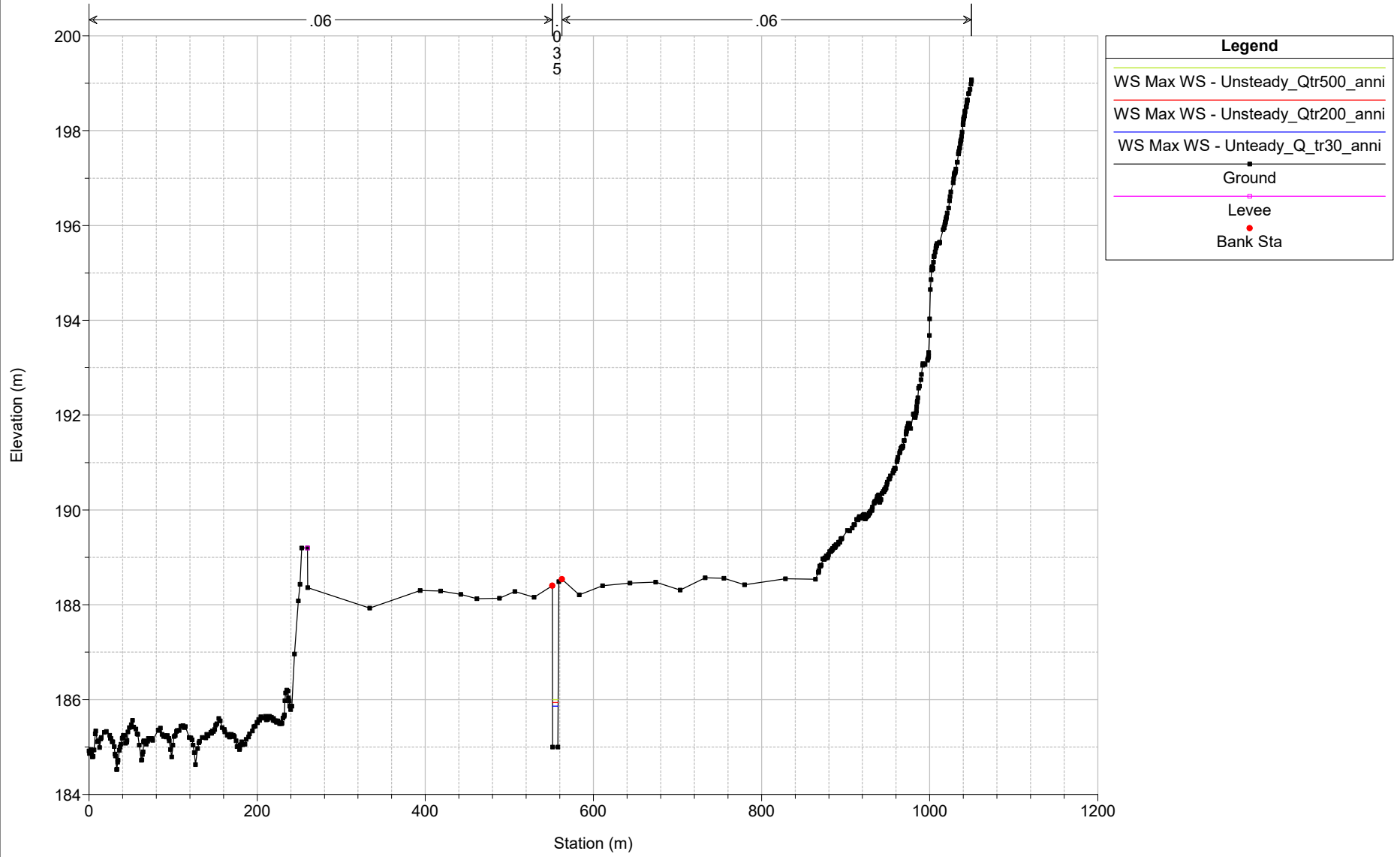
Torrente_Scarna Plan: 1) Unteady_Q_tr30_anni 3/17/2023 2) Unsteady_Qtr200_anni 3/13/2023 3) Unsteady_Qtr500_anni 3/13/2023

River = Scarra Reach = Scarra



Torrente_Scarna Plan: 1) Unsteady_Q_tr30_anni 3/17/2023 2) Unsteady_Qtr200_anni 3/13/2023 3) Unsteady_Qtr500_anni 3/13/2023

River = Scarna Reach = Scarna

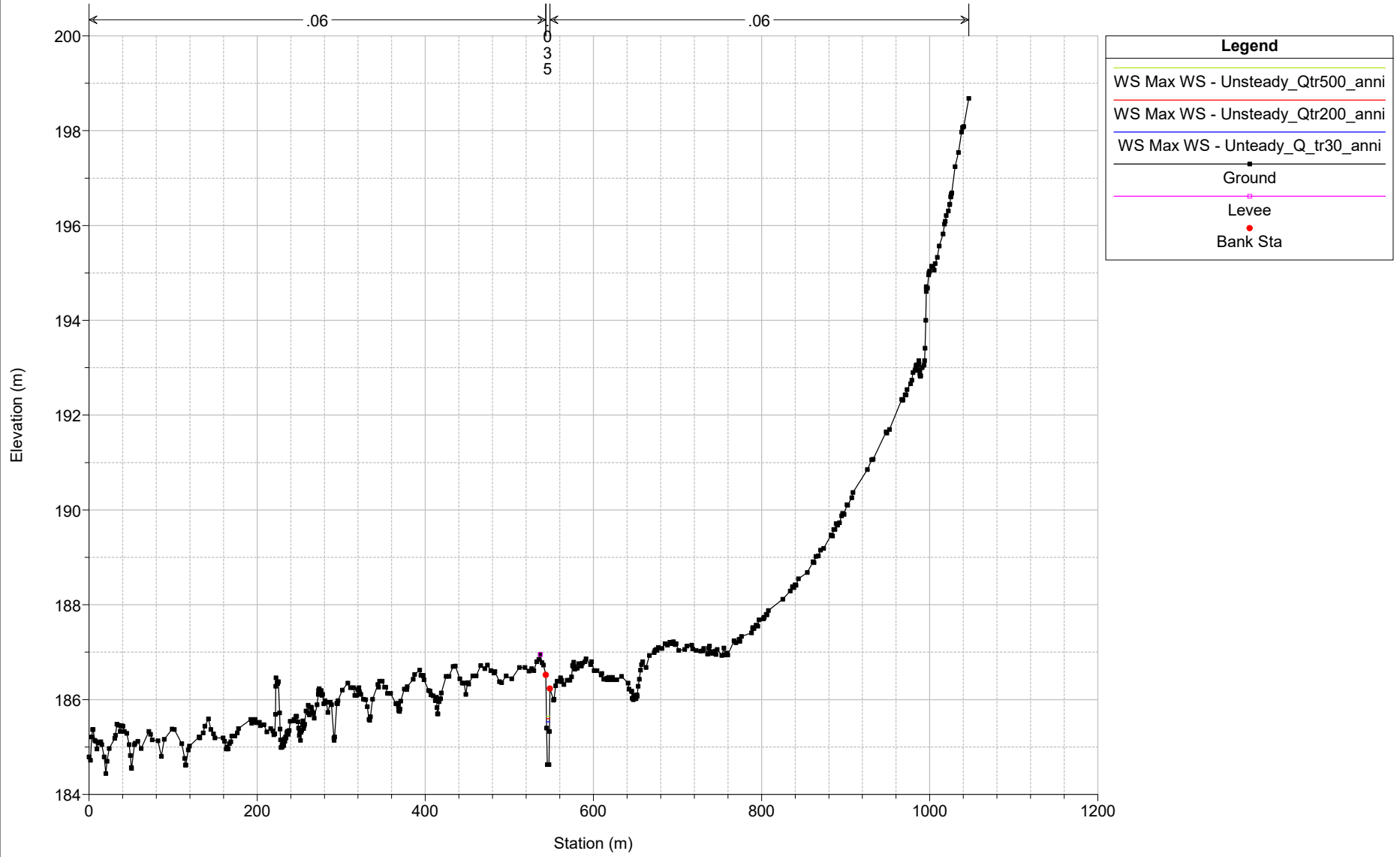


Legend

- WS Max WS - Unsteady_Qtr500_anni
- WS Max WS - Unsteady_Qtr200_anni
- WS Max WS - Unsteady_Q_tr30_anni
- Ground
- Levee
- Bank Sta

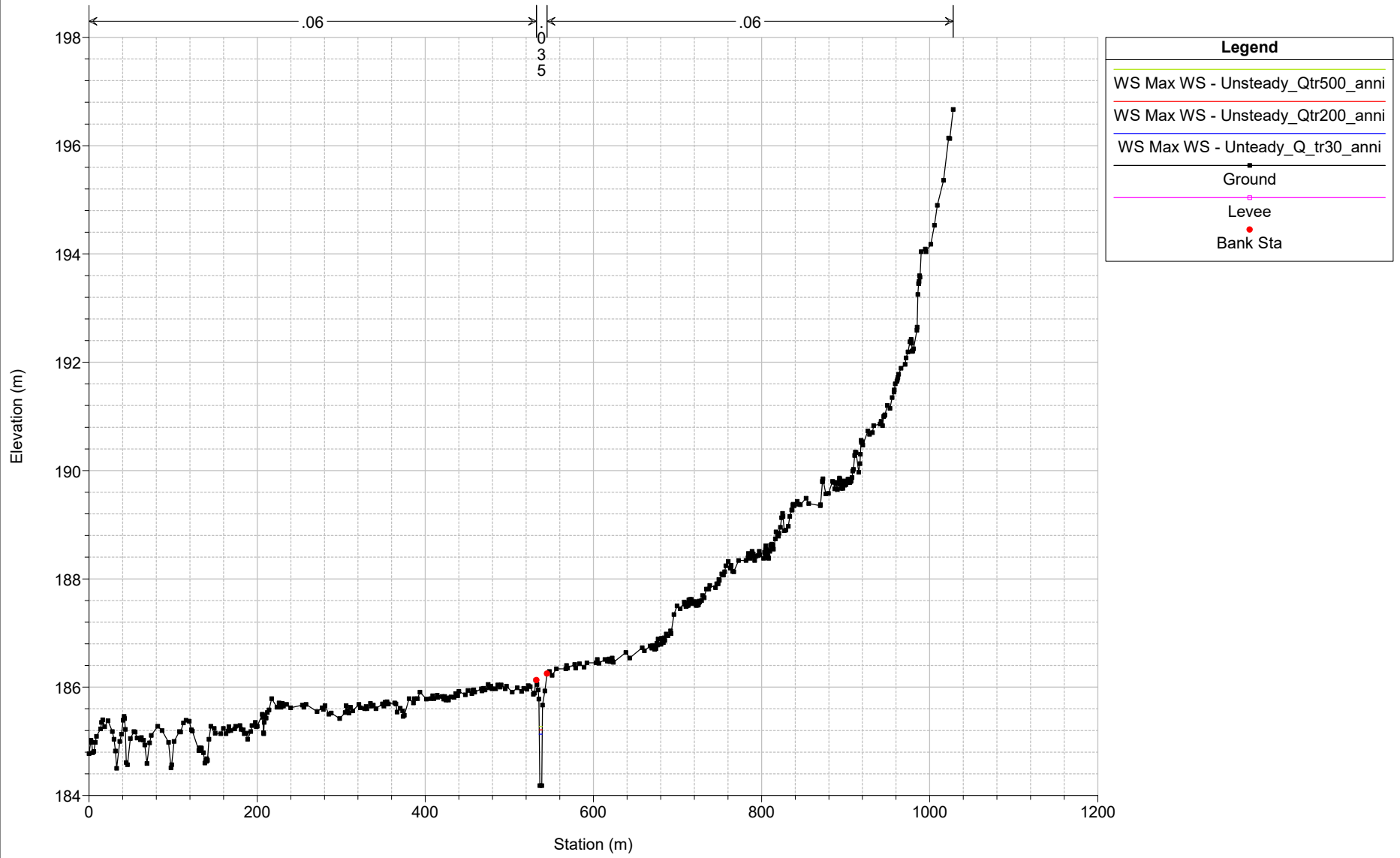
Torrente_Scarna Plan: 1) Unteady_Q_tr30_anni 3/17/2023 2) Unsteady_Qtr200_anni 3/13/2023 3) Unsteady_Qtr500_anni 3/13/2023

River = Scarna Reach = Scarna



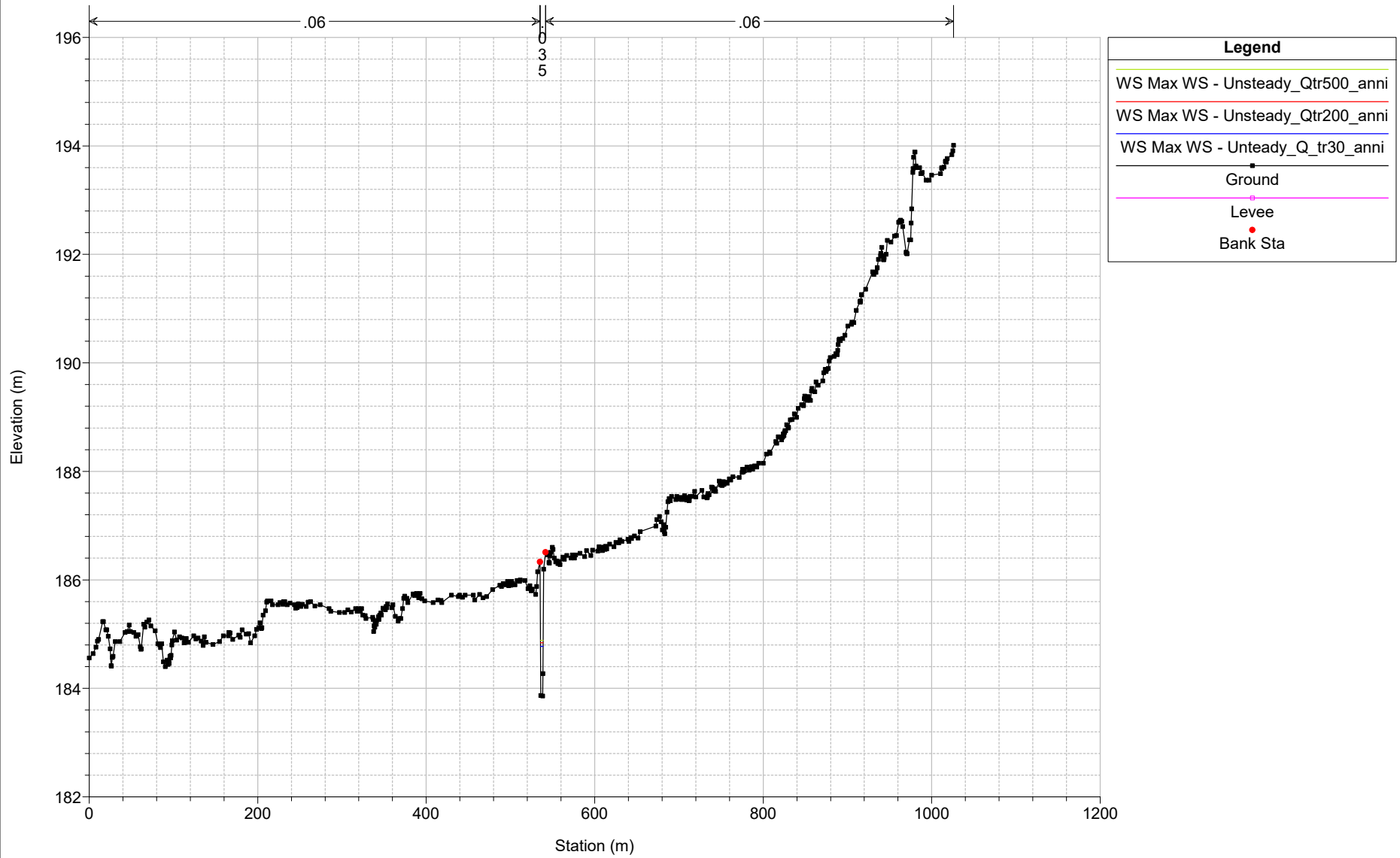
Torrente_Scarna Plan: 1) Unteady_Q_tr30_anni 3/17/2023 2) Unsteady_Qtr200_anni 3/13/2023 3) Unsteady_Qtr500_anni 3/13/2023

River = Scarra Reach = Scarra



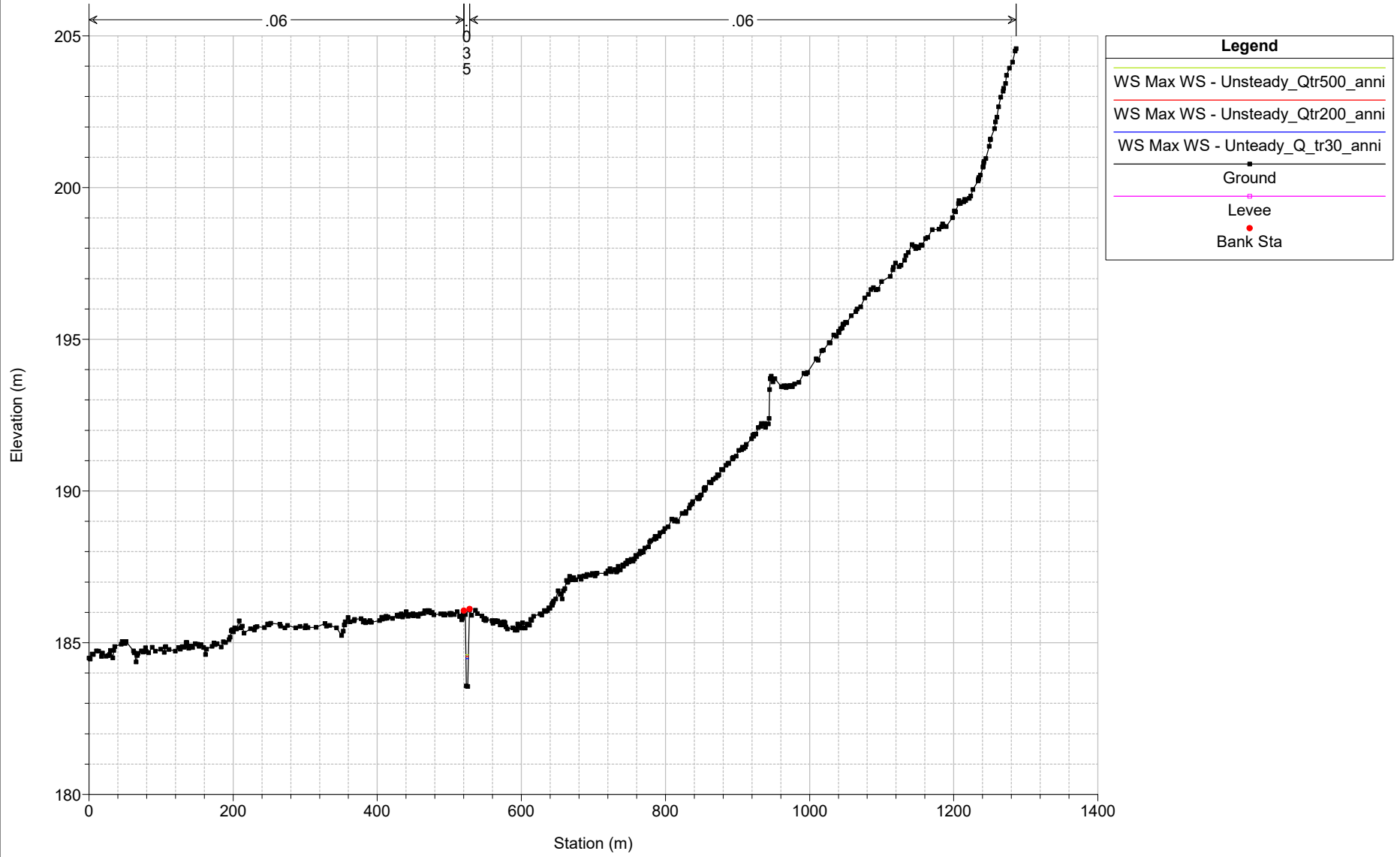
Torrente_Scarna Plan: 1) Unteady_Q_tr30_anni 3/17/2023 2) Unsteady_Qtr200_anni 3/13/2023 3) Unsteady_Qtr500_anni 3/13/2023

River = Scarra Reach = Scarra



Torrente_Scarna Plan: 1) Unteady_Q_tr30_anni 3/17/2023 2) Unsteady_Qtr200_anni 3/13/2023 3) Unsteady_Qtr500_anni 3/13/2023

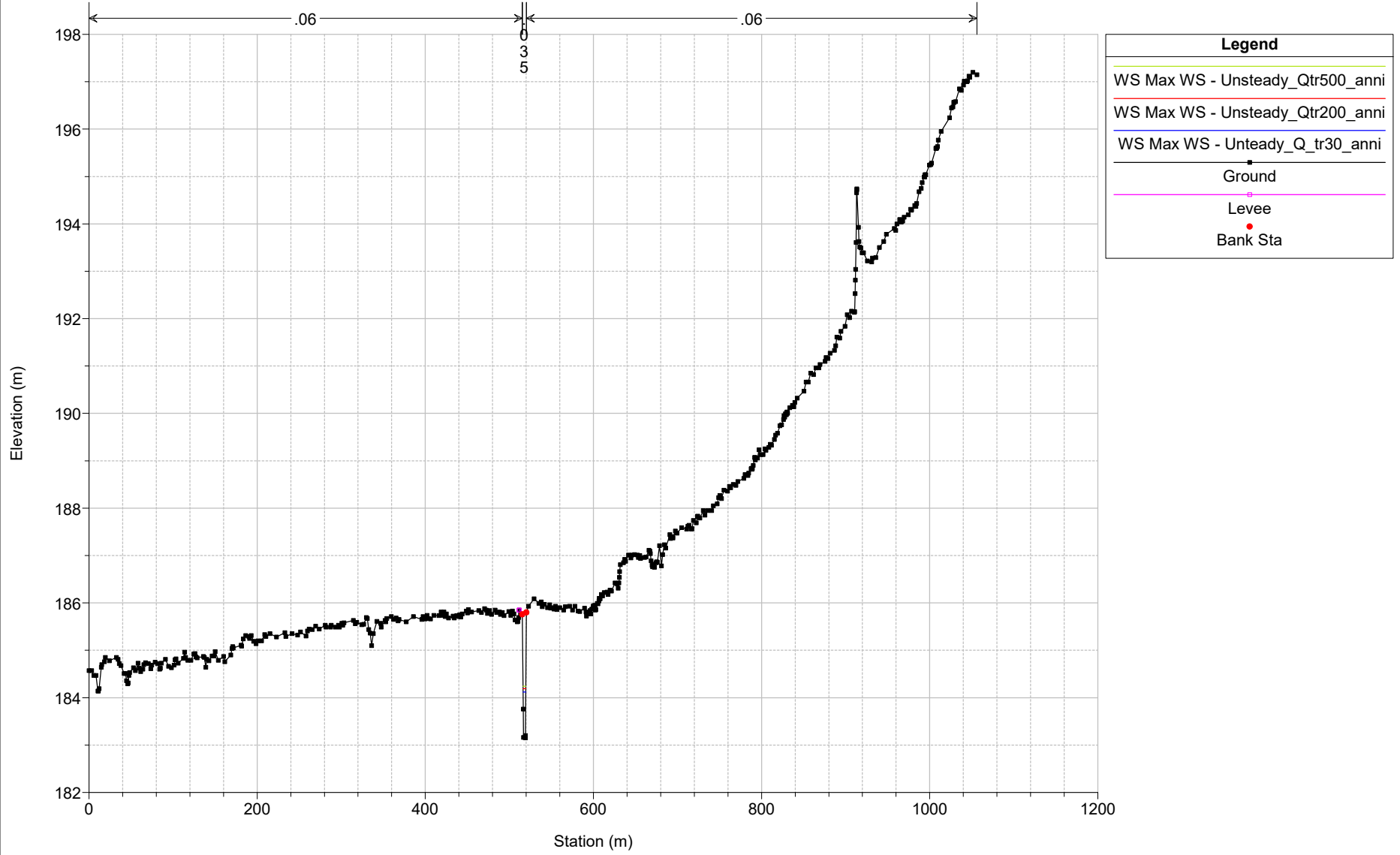
River = Scarna Reach = Scarna



Legend	
WS Max WS - Unsteady_Qtr500_anni	
WS Max WS - Unsteady_Qtr200_anni	
WS Max WS - Unteady_Q_tr30_anni	
Ground	
Levee	
Bank Sta	

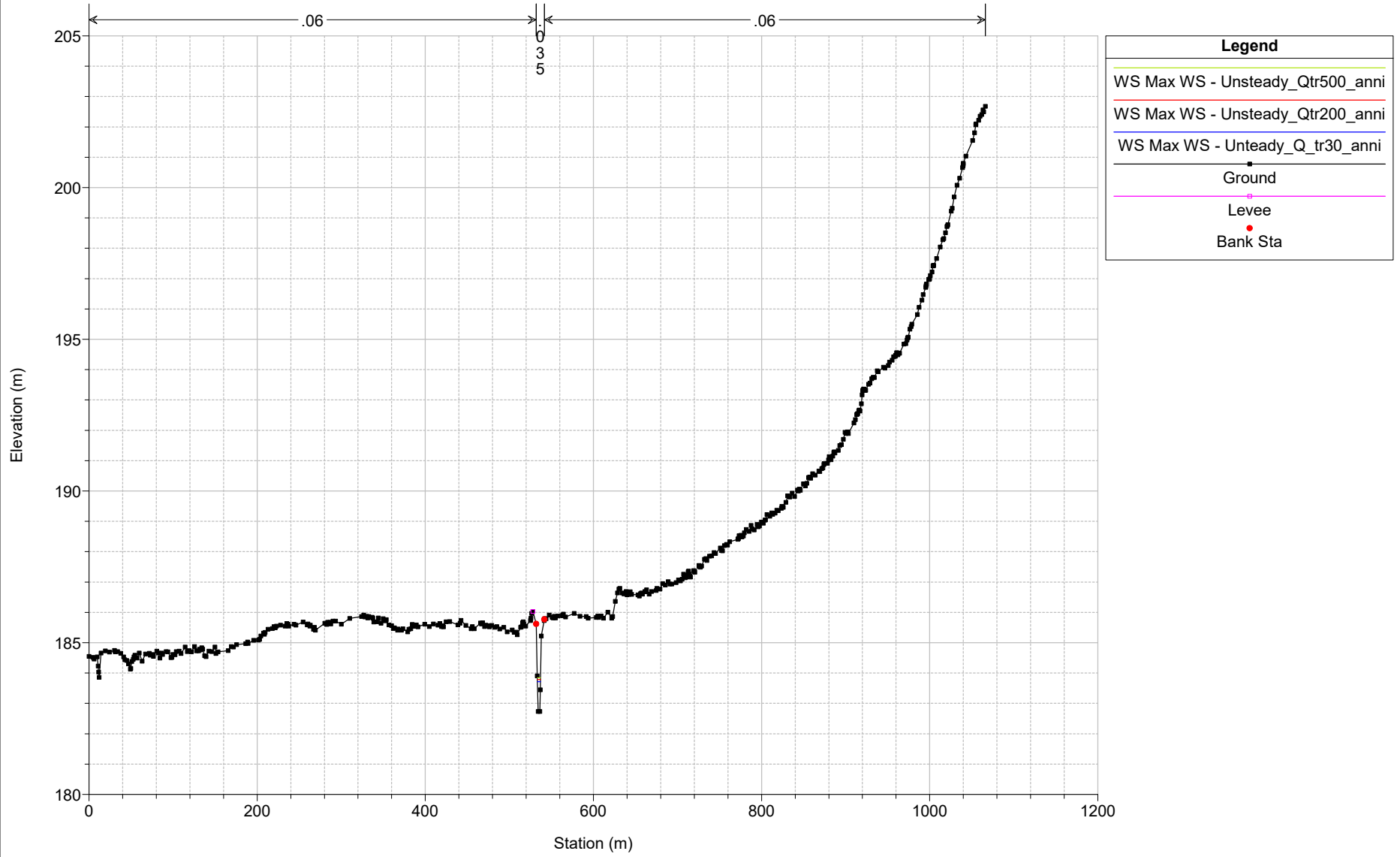
Torrente_Scarna Plan: 1) Unsteady_Q_tr30_anni 3/17/2023 2) Unsteady_Qtr200_anni 3/13/2023 3) Unsteady_Qtr500_anni 3/13/2023

River = Scarna Reach = Scarna



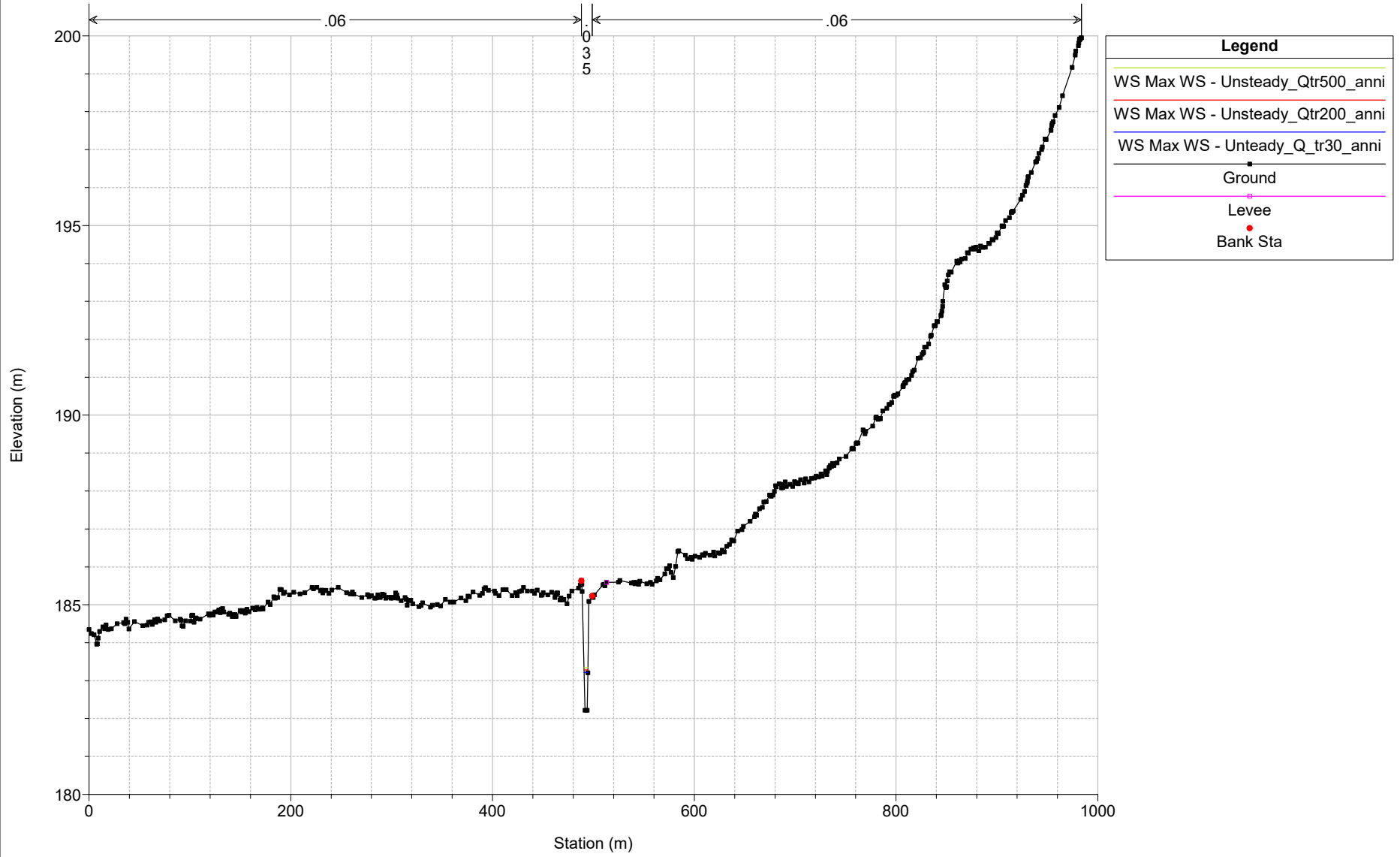
Torrente_Scarna Plan: 1) Unteady_Q_tr30_anni 3/17/2023 2) Unsteady_Qtr200_anni 3/13/2023 3) Unsteady_Qtr500_anni 3/13/2023

River = Scarna Reach = Scarna



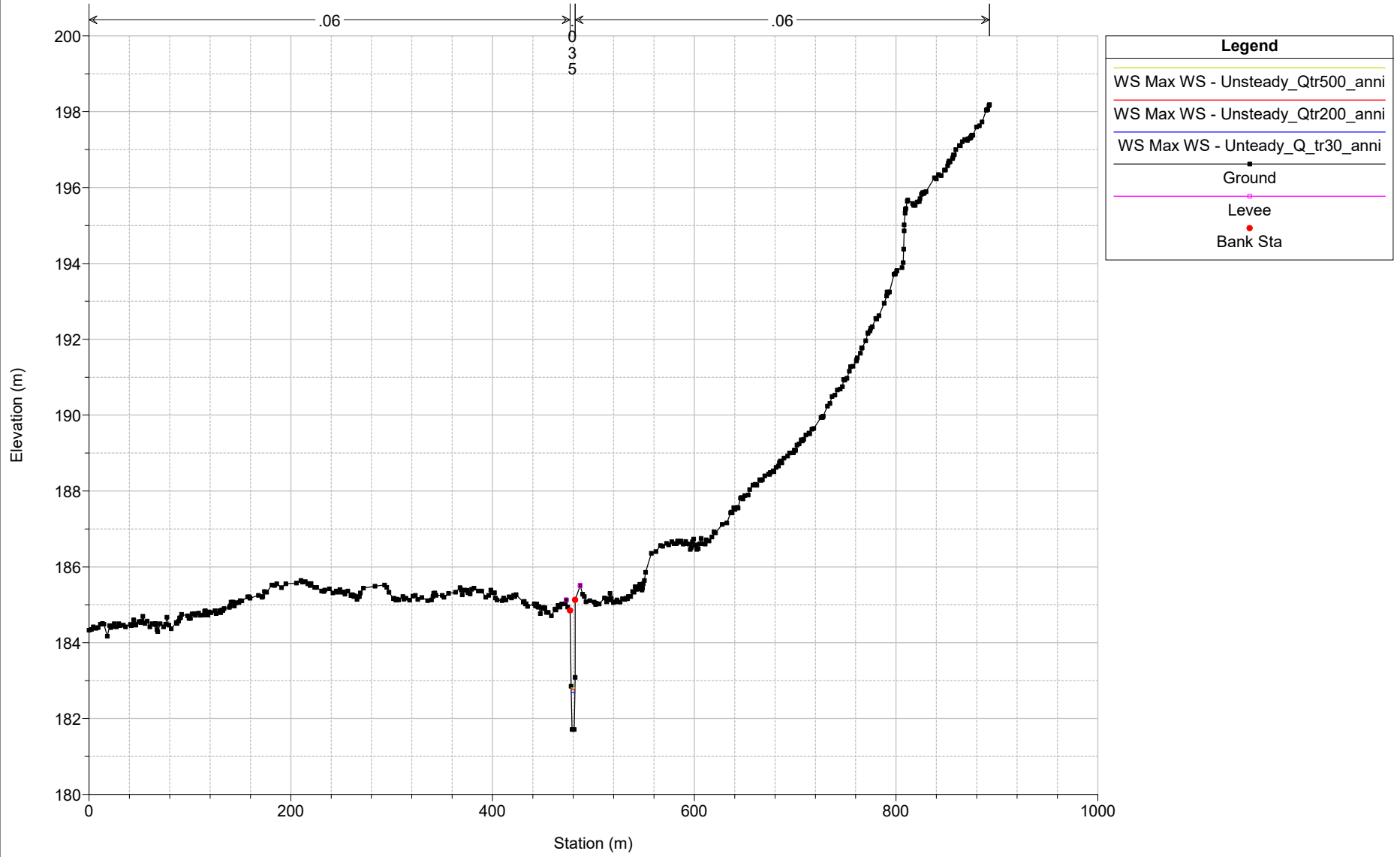
Torrente_Scarna Plan: 1) Unteady_Q_tr30_anni 3/17/2023 2) Unsteady_Qtr200_anni 3/13/2023 3) Unsteady_Qtr500_anni 3/13/2023

River = Scarna Reach = Scarna



Torrente_Scarna Plan: 1) Unteady_Q_tr30_anni 3/17/2023 2) Unsteady_Qtr200_anni 3/13/2023 3) Unsteady_Qtr500_anni 3/13/2023

River = Scarna Reach = Scarna

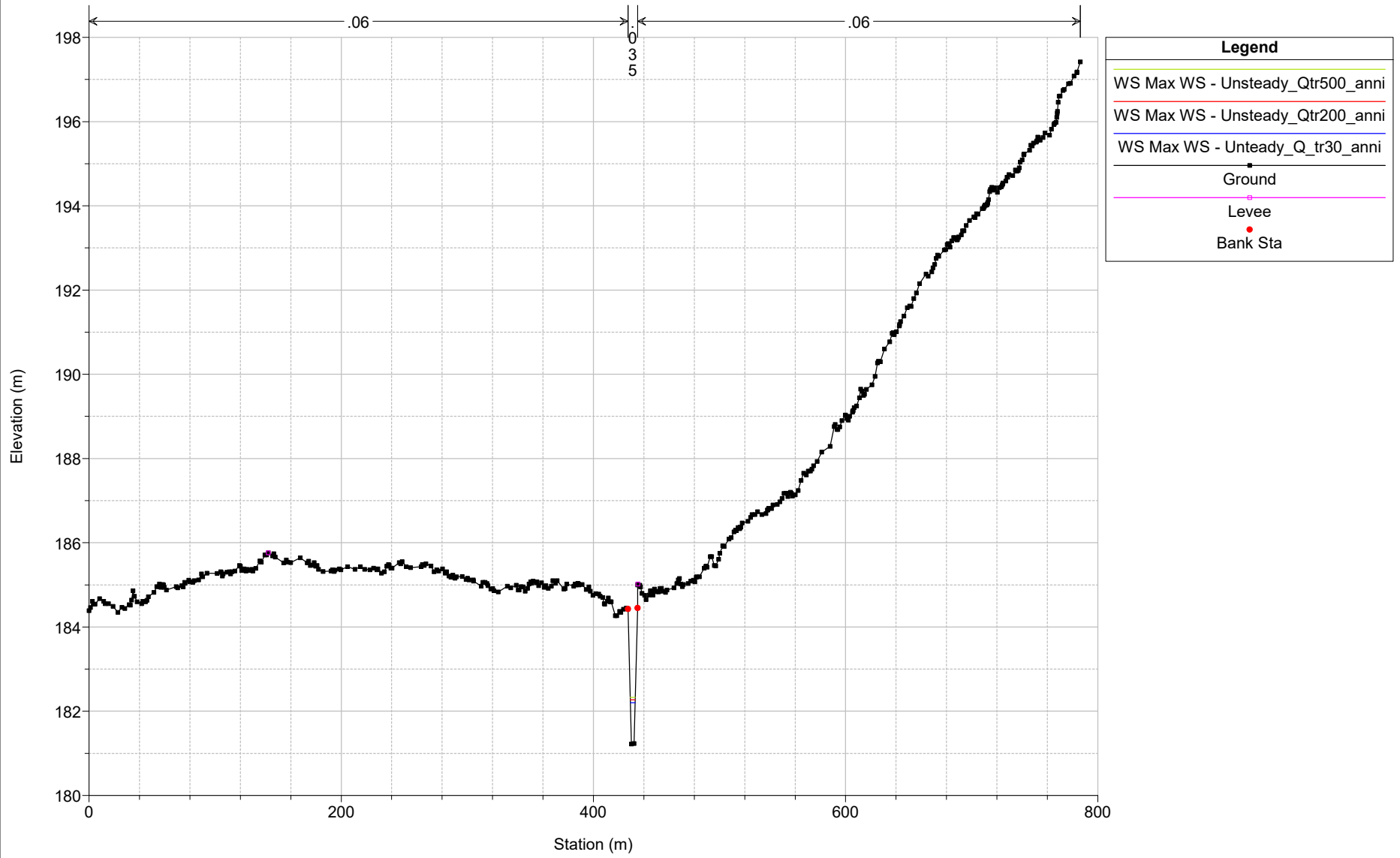


Legend

- WS Max WS - Unsteady_Qtr500_anni
- WS Max WS - Unsteady_Qtr200_anni
- WS Max WS - Unteady_Q_tr30_anni
- Ground
- Levee
- Bank Sta

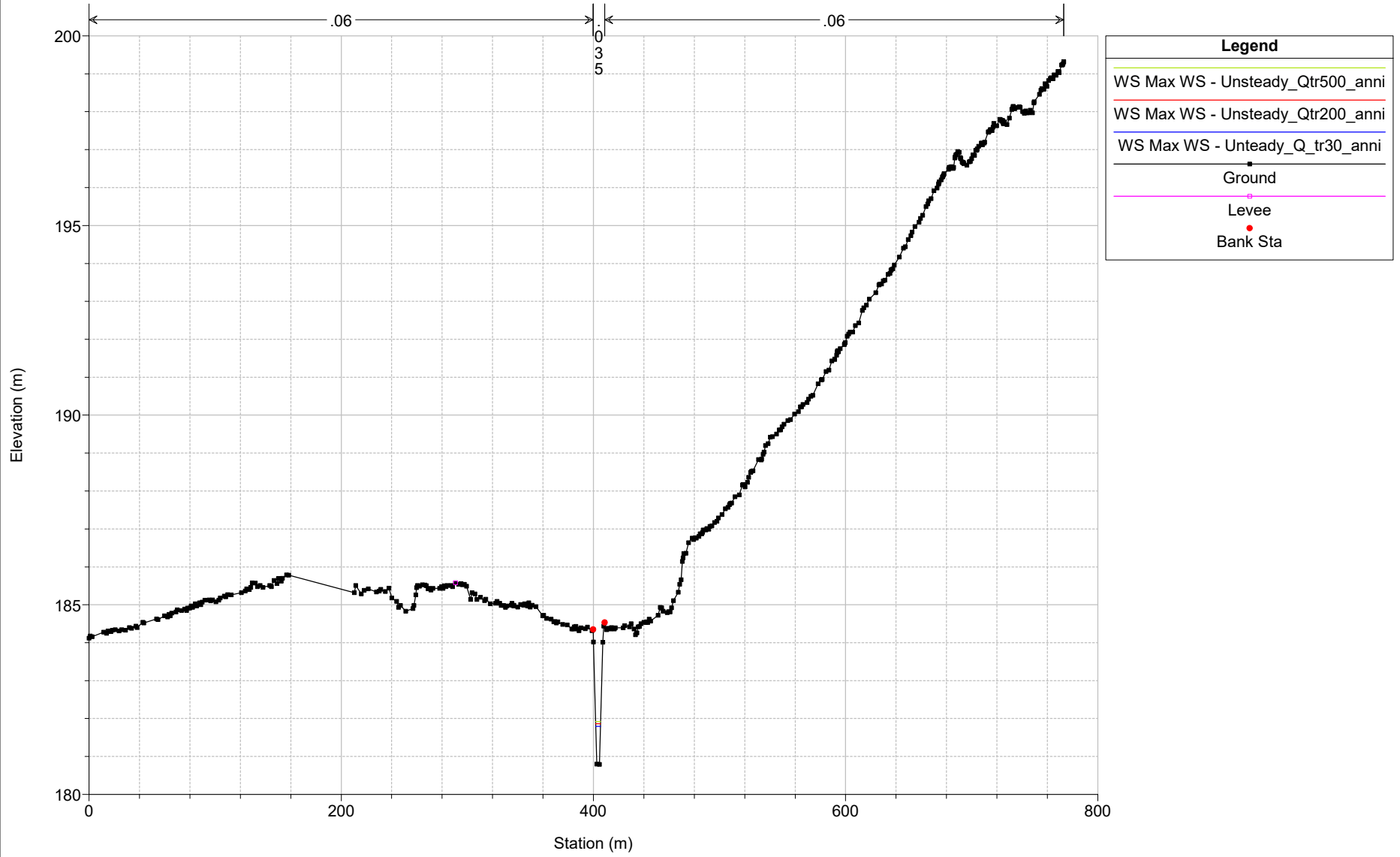
Torrente_Scarna Plan: 1) Unteady_Q_tr30_anni 3/17/2023 2) Unsteady_Qtr200_anni 3/13/2023 3) Unsteady_Qtr500_anni 3/13/2023

River = Scarna Reach = Scarna



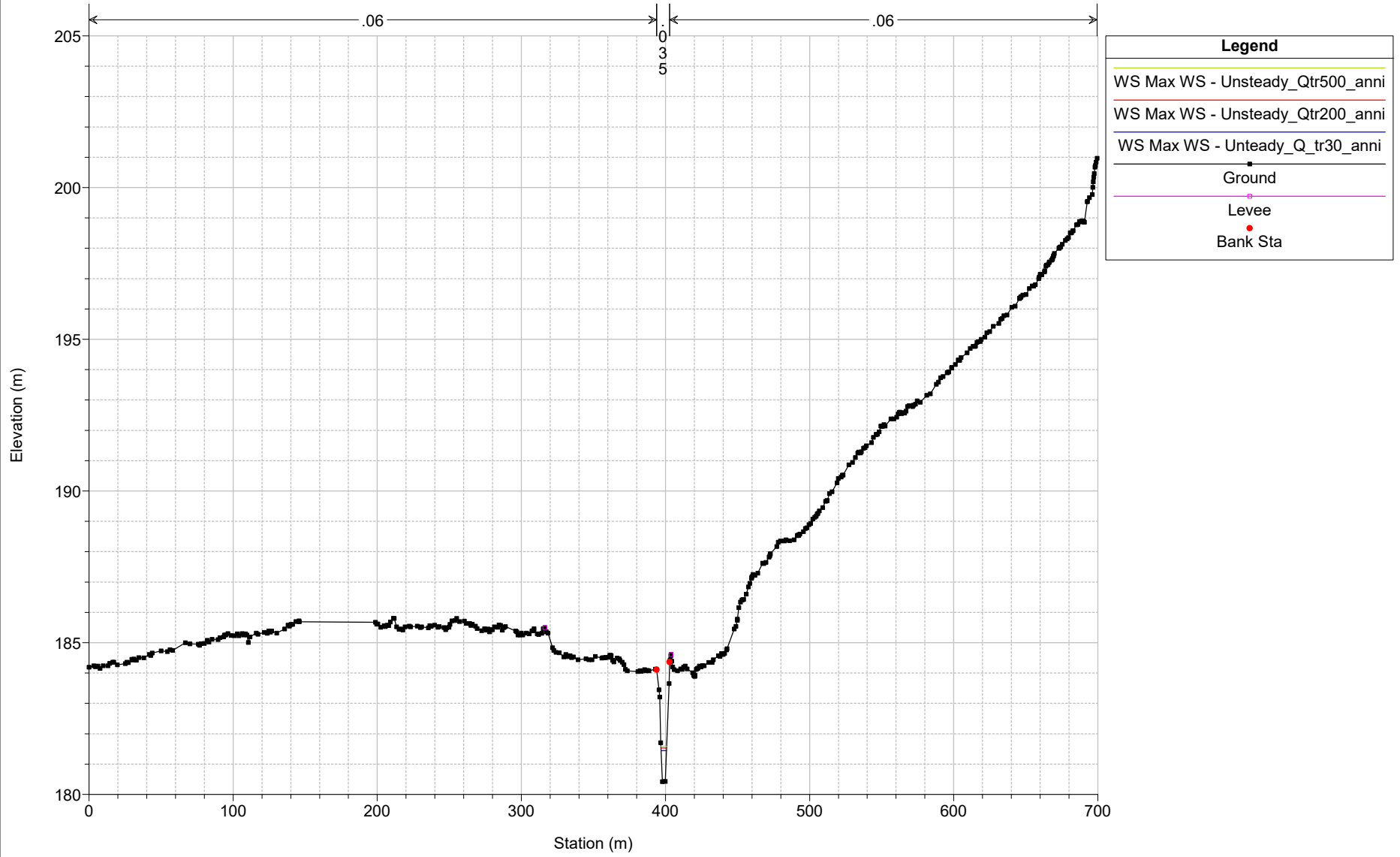
Torrente_Scarna Plan: 1) Unteady_Q_tr30_anni 3/17/2023 2) Unsteady_Qtr200_anni 3/13/2023 3) Unsteady_Qtr500_anni 3/13/2023

River = Scarna Reach = Scarna



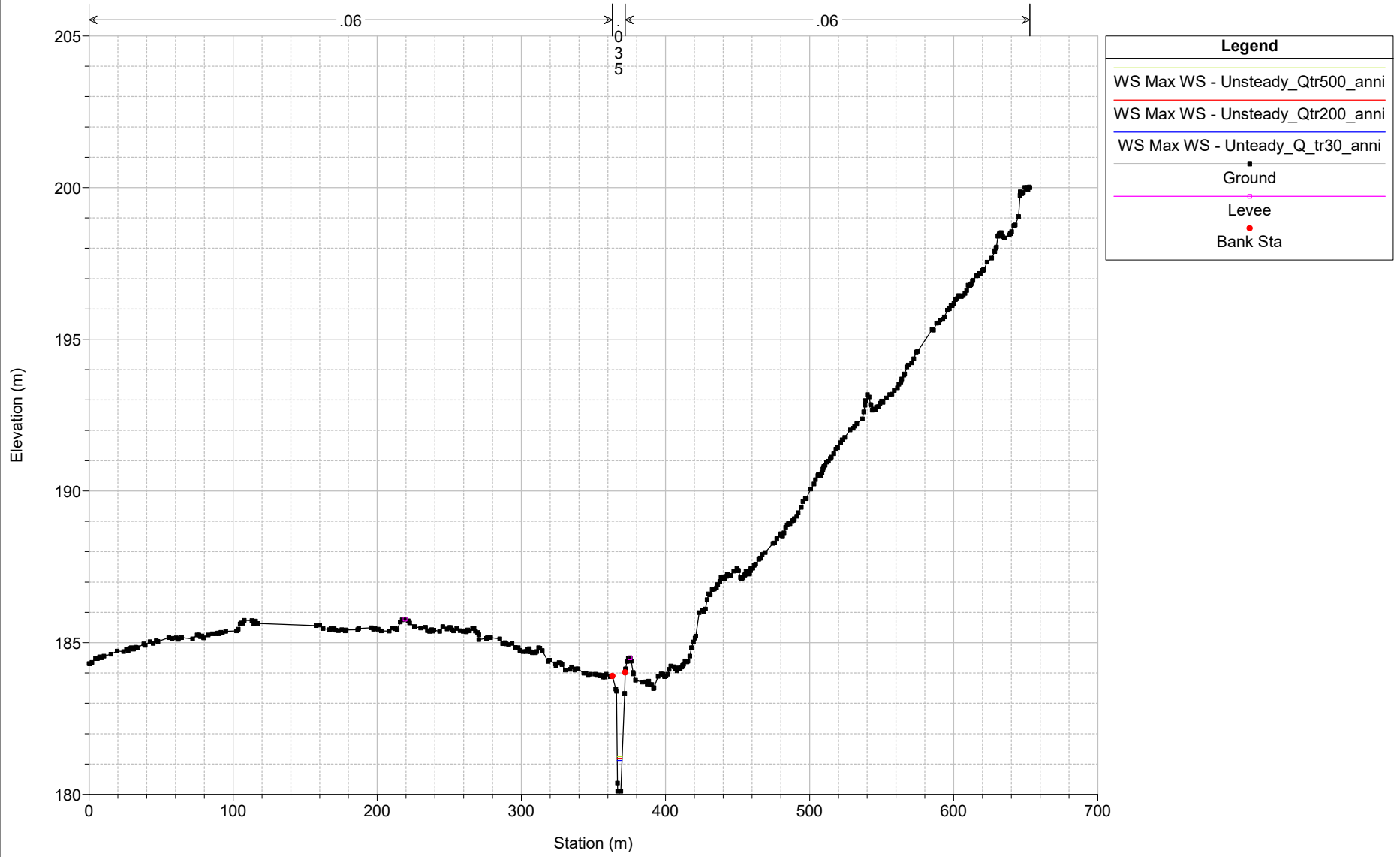
Torrente_Scarna Plan: 1) Unteady_Q_tr30_anni 3/17/2023 2) Unsteady_Qtr200_anni 3/13/2023 3) Unsteady_Qtr500_anni 3/13/2023

River = Scarna Reach = Scarna



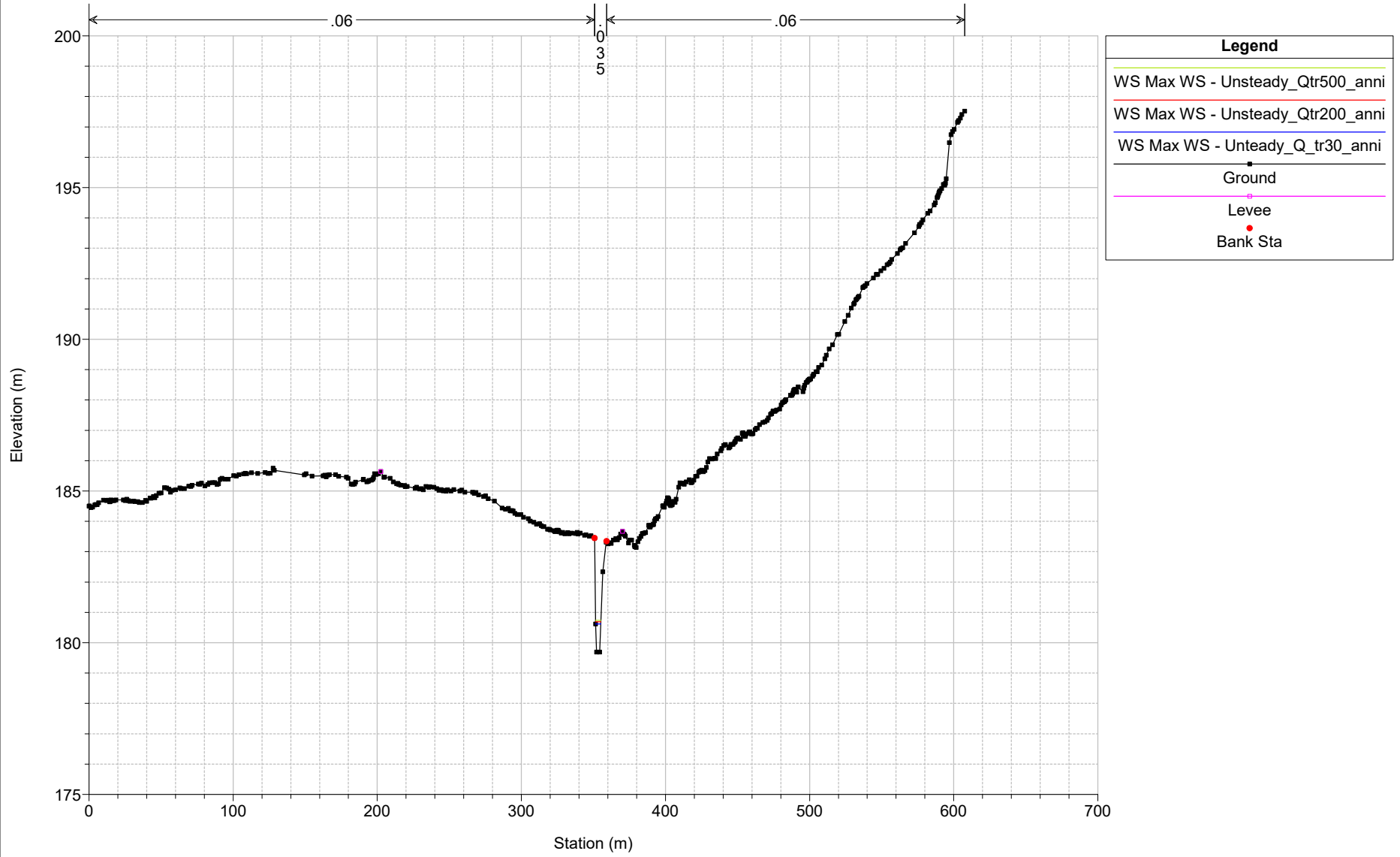
Torrente_Scarna Plan: 1) Unteady_Q_tr30_anni 3/17/2023 2) Unsteady_Qtr200_anni 3/13/2023 3) Unsteady_Qtr500_anni 3/13/2023

River = Scarna Reach = Scarna



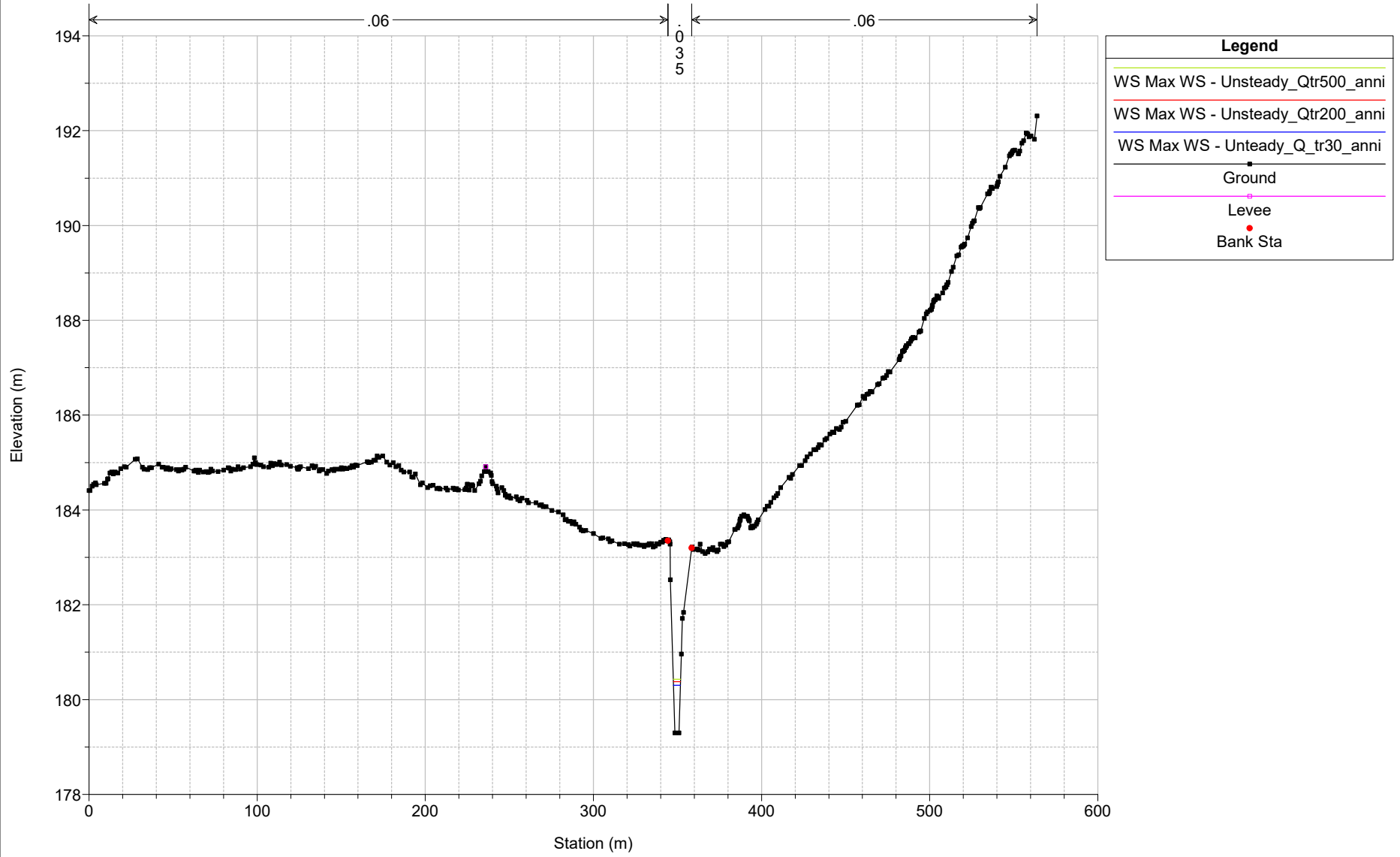
Torrente_Scarna Plan: 1) Unteady_Q_tr30_anni 3/17/2023 2) Unsteady_Qtr200_anni 3/13/2023 3) Unsteady_Qtr500_anni 3/13/2023

River = Scarna Reach = Scarna



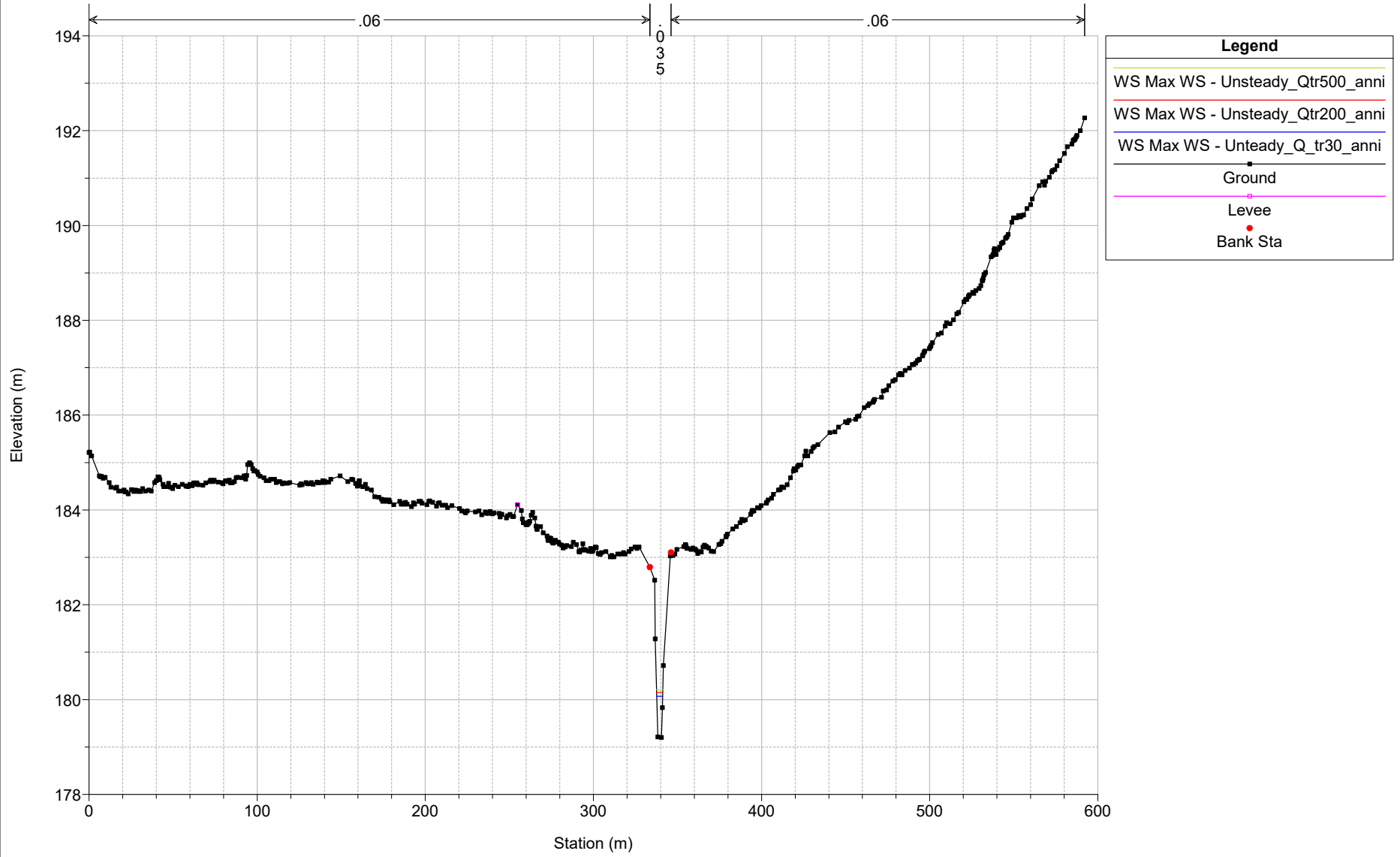
Torrente_Scarna Plan: 1) Unteady_Q_tr30_anni 3/17/2023 2) Unsteady_Qtr200_anni 3/13/2023 3) Unsteady_Qtr500_anni 3/13/2023

River = Scarna Reach = Scarna



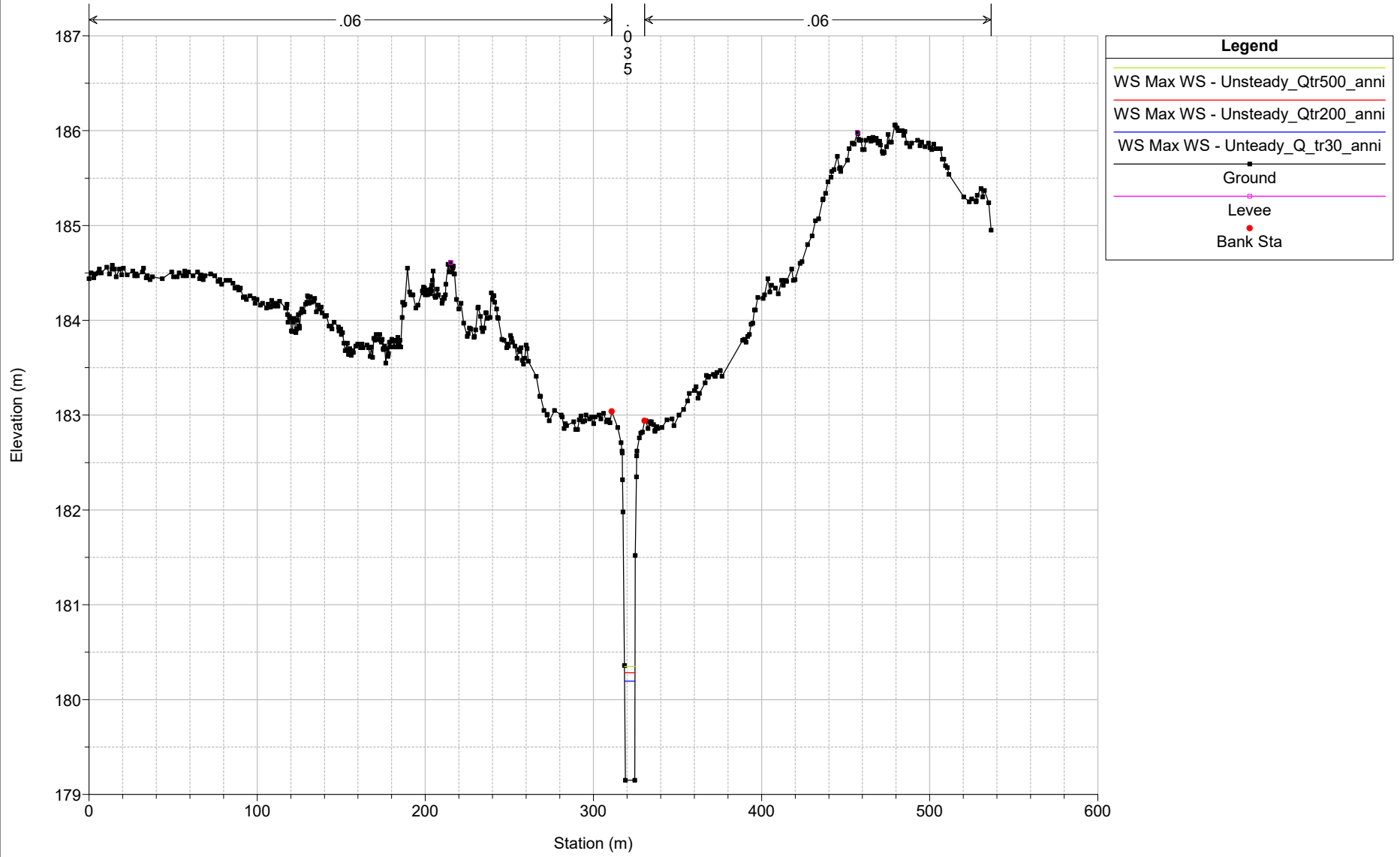
Torrente_Scarna Plan: 1) Unteady_Q_tr30_anni 3/17/2023 2) Unsteady_Qtr200_anni 3/13/2023 3) Unsteady_Qtr500_anni 3/13/2023

River = Scarna Reach = Scarna



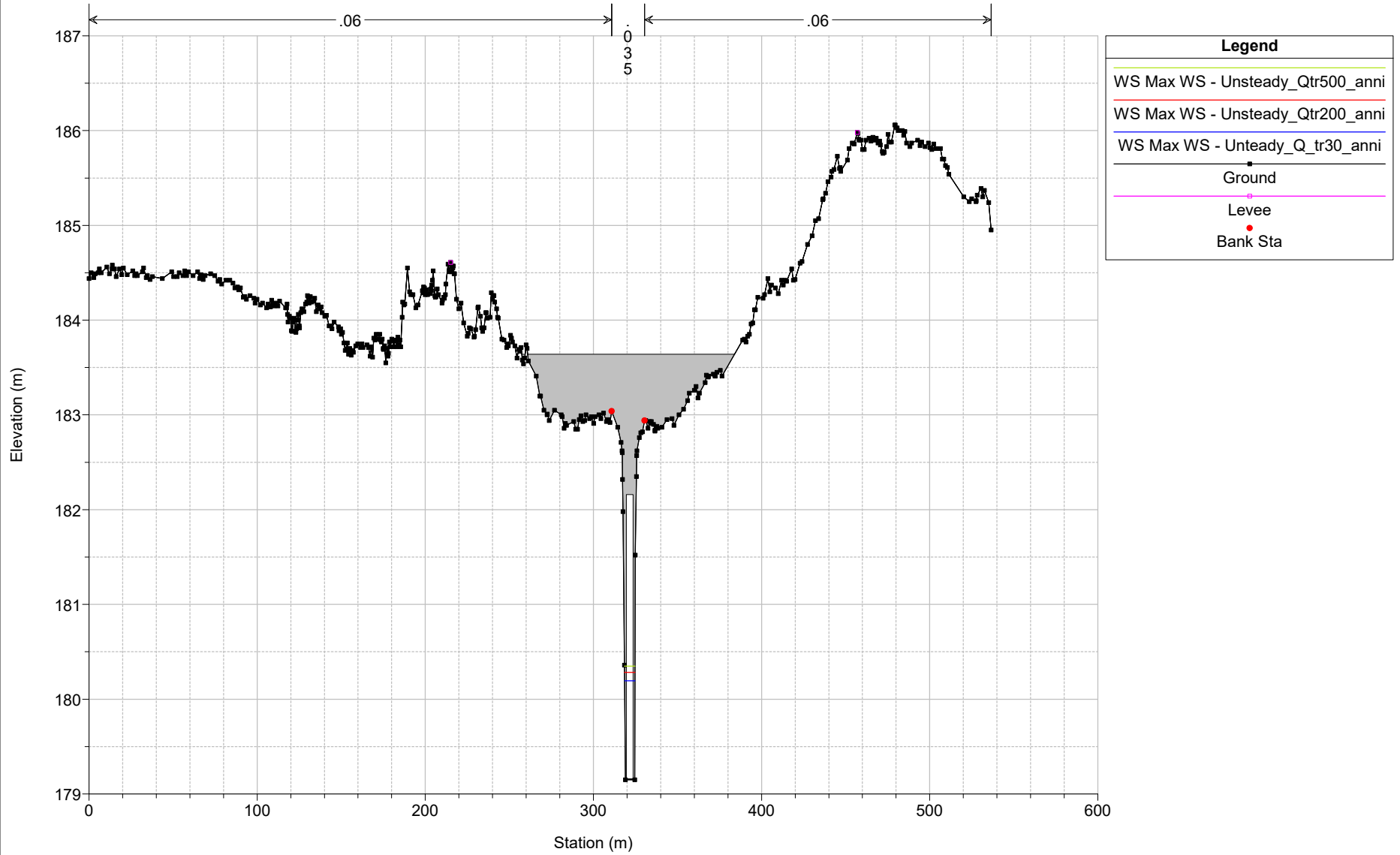
Torrente_Scarna Plan: 1) Unteady_Q_tr30_anni 3/17/2023 2) Unsteady_Qtr200_anni 3/13/2023 3) Unsteady_Qtr500_anni 3/13/2023

River = Scarna Reach = Scarna



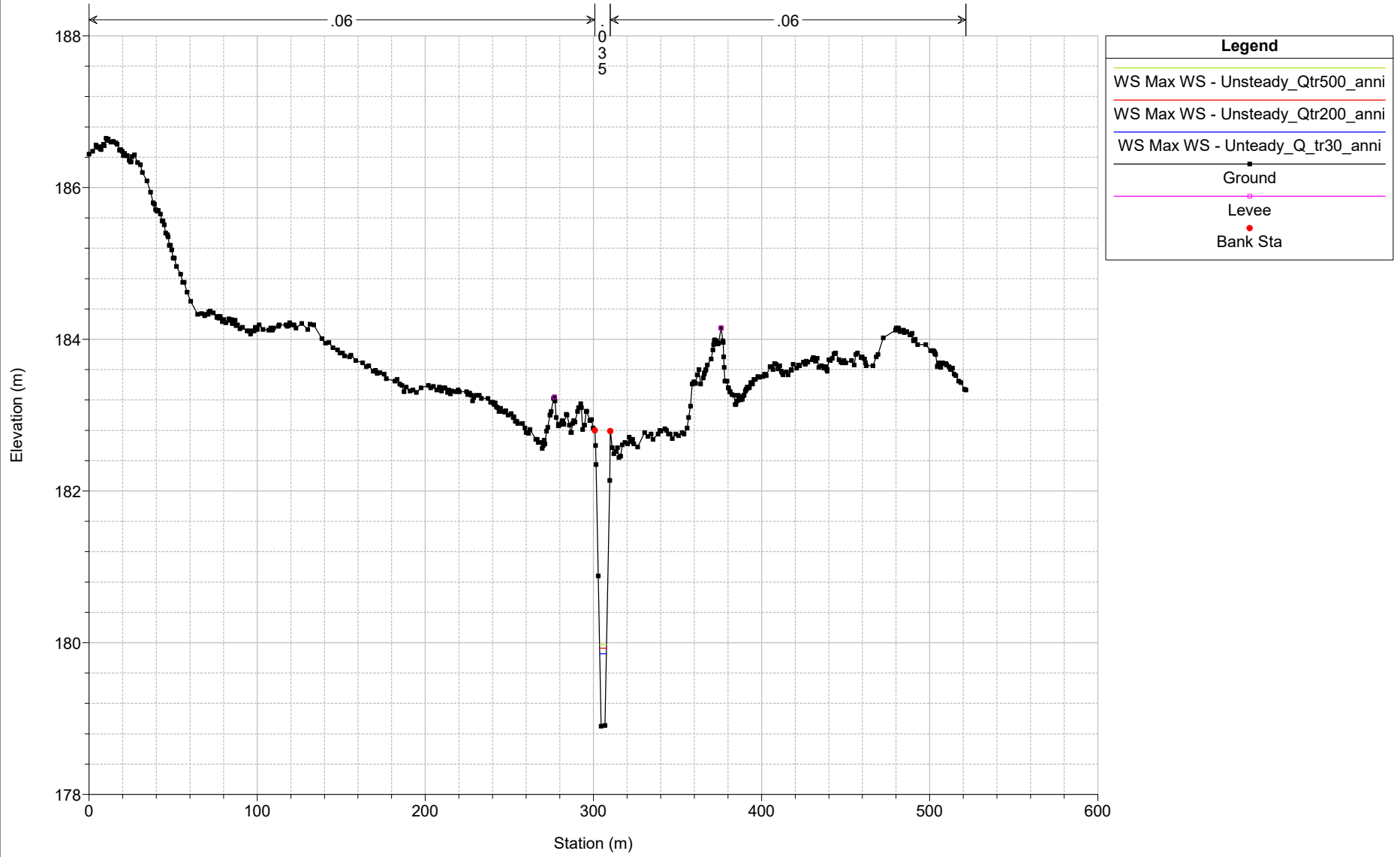
Torrente_Scarna Plan: 1) Unteady_Q_tr30_anni 3/17/2023 2) Unsteady_Qtr200_anni 3/13/2023 3) Unsteady_Qtr500_anni 3/13/2023

River = Scarna Reach = Scarna



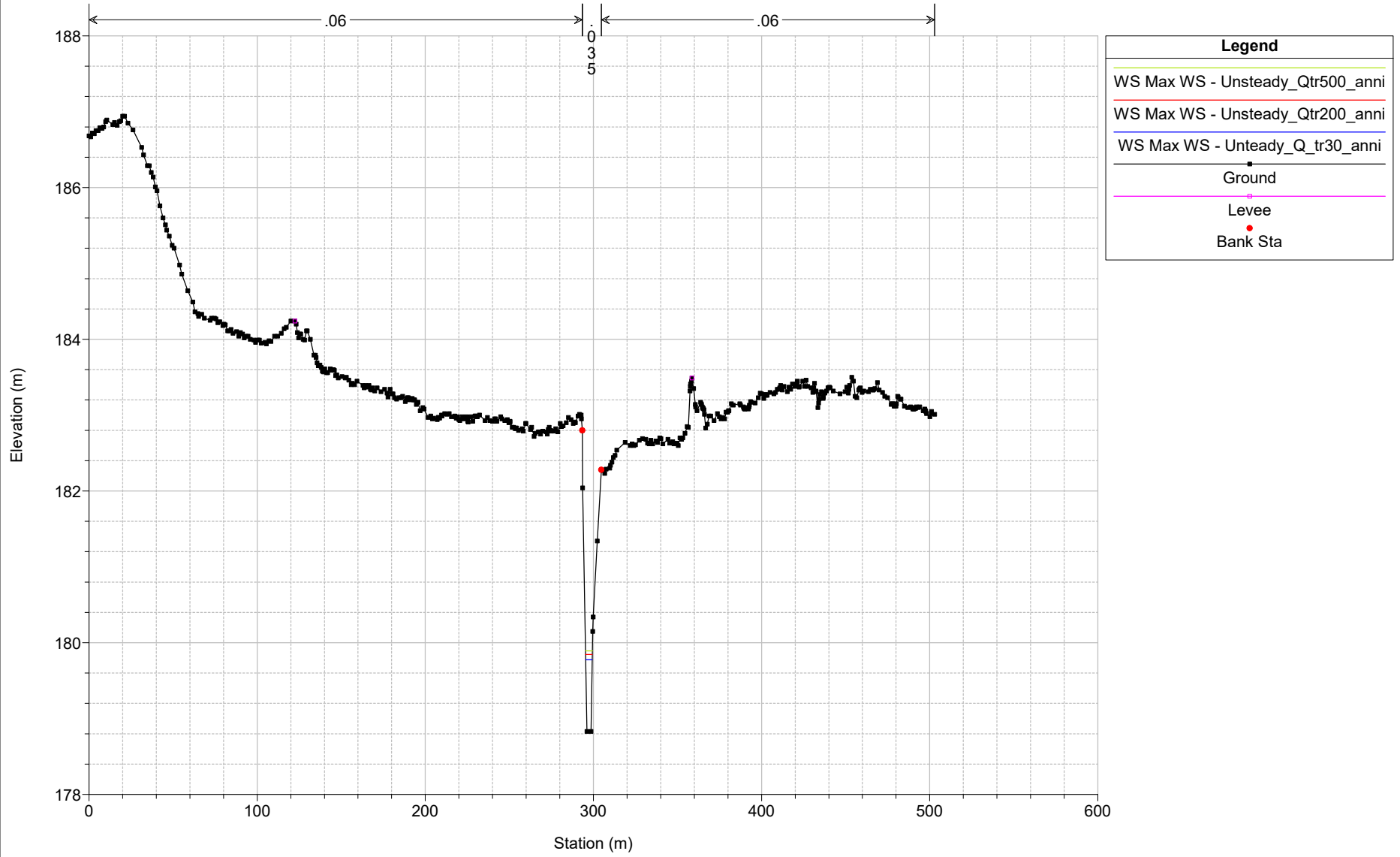
Torrente_Scarna Plan: 1) Unteady_Q_tr30_anni 3/17/2023 2) Unsteady_Qtr200_anni 3/13/2023 3) Unsteady_Qtr500_anni 3/13/2023

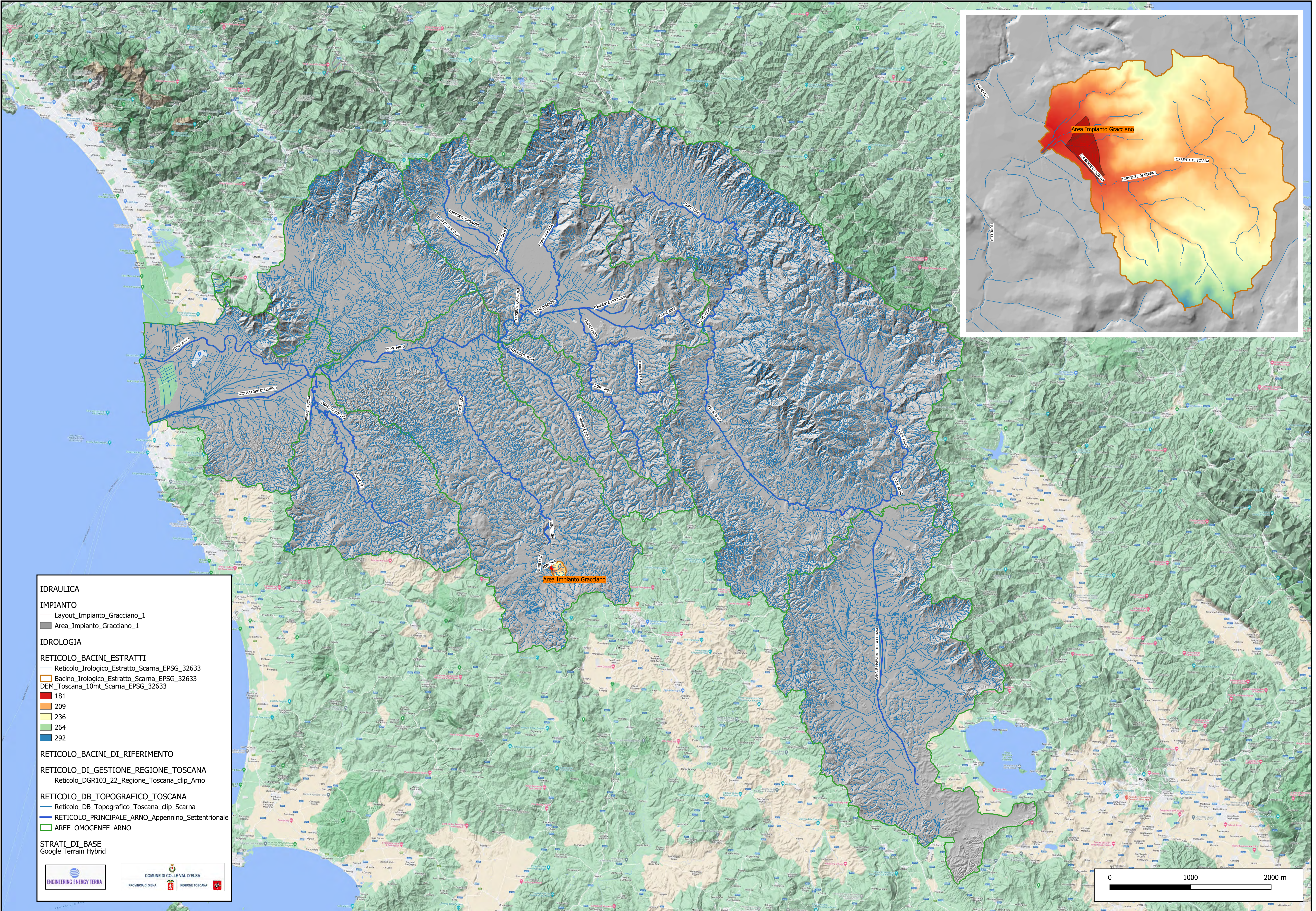
River = Scarra Reach = Scarra



Torrente_Scarna Plan: 1) Unteady_Q_tr30_anni 3/17/2023 2) Unsteady_Qtr200_anni 3/13/2023 3) Unsteady_Qtr500_anni 3/13/2023

River = Scarra Reach = Scarra





IDRAULICA

IMPIANTO

- Layout Impianto Gracciano_1
- Area Impianto Gracciano_1

IDROLOGIA

RETICOLO_BACINI_ESTRATTI

- Reticolo_Irologico_Estratto_Scarna_EPSG_32633
- Bacino_Irologico_Estratto_Scarna_EPSG_32633
- DEM_Toscana_10mt_Scarna_EPSG_32633
- 181
- 209
- 236
- 264
- 292

RETICOLO_BACINI_DI_RIFERIMENTO

RETICOLO_DI_GESTIONE_REGIONE_TOSCANA

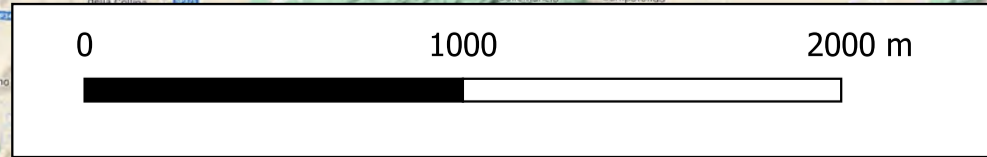
- Reticolo_DGR103_22_Regione_Toscana_clip_Arno

RETICOLO_DB_TOPOGRAFICO_TOSCANA

- Reticolo_DB_Topografico_Toscana_clip_Scarna
- RETICOLO_PRINCIPALE_ARNO_Appennino_Settentrionale
- AREE_OMOGENEE_ARNO

STRATI_DI_BASE

Google Terrain Hybrid



IDRAULICA

IMPIANTO

Layout Impianto Gracciano_1

RISULTATI MODELLAZIONE

UNSEADY_2D

TIRANTI

Qmax_Tr30_Unsteady_2D_EPSG_32633

- 0
- 0.26
- 0.52
- 0.78
- 1.04
- 1.3
- 1.56
- 1.8
- 2

IDROLOGIA

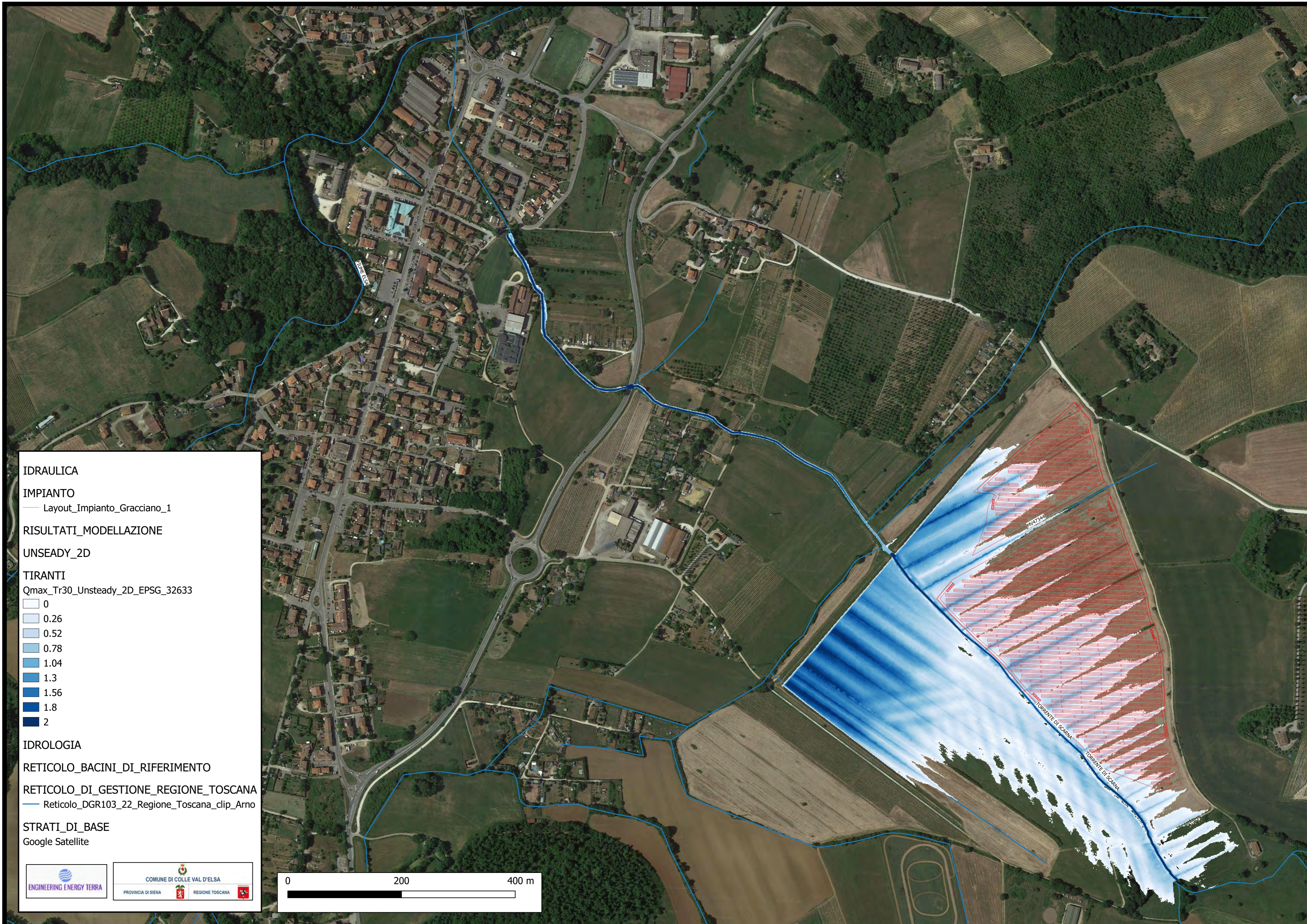
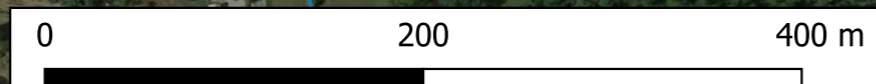
RETICOLO_BACINI_DI_RIFERIMENTO

RETICOLO_DI_GESTIONE_REGIONE_TOSCANA

Reticolo_DGR103_22_Regione_Toscana_clip_Arno

STRATI_DI_BASE

Google Satellite



IDRAULICA

IMPIANTO

Layout_Impianto_Gracciano_1

RISULTATI_MODELLAZIONE

UNSEADY_2D

VELOCITA'

Vmax_Tr30_Unsteady_2D_EPSG_32633



IDROLOGIA

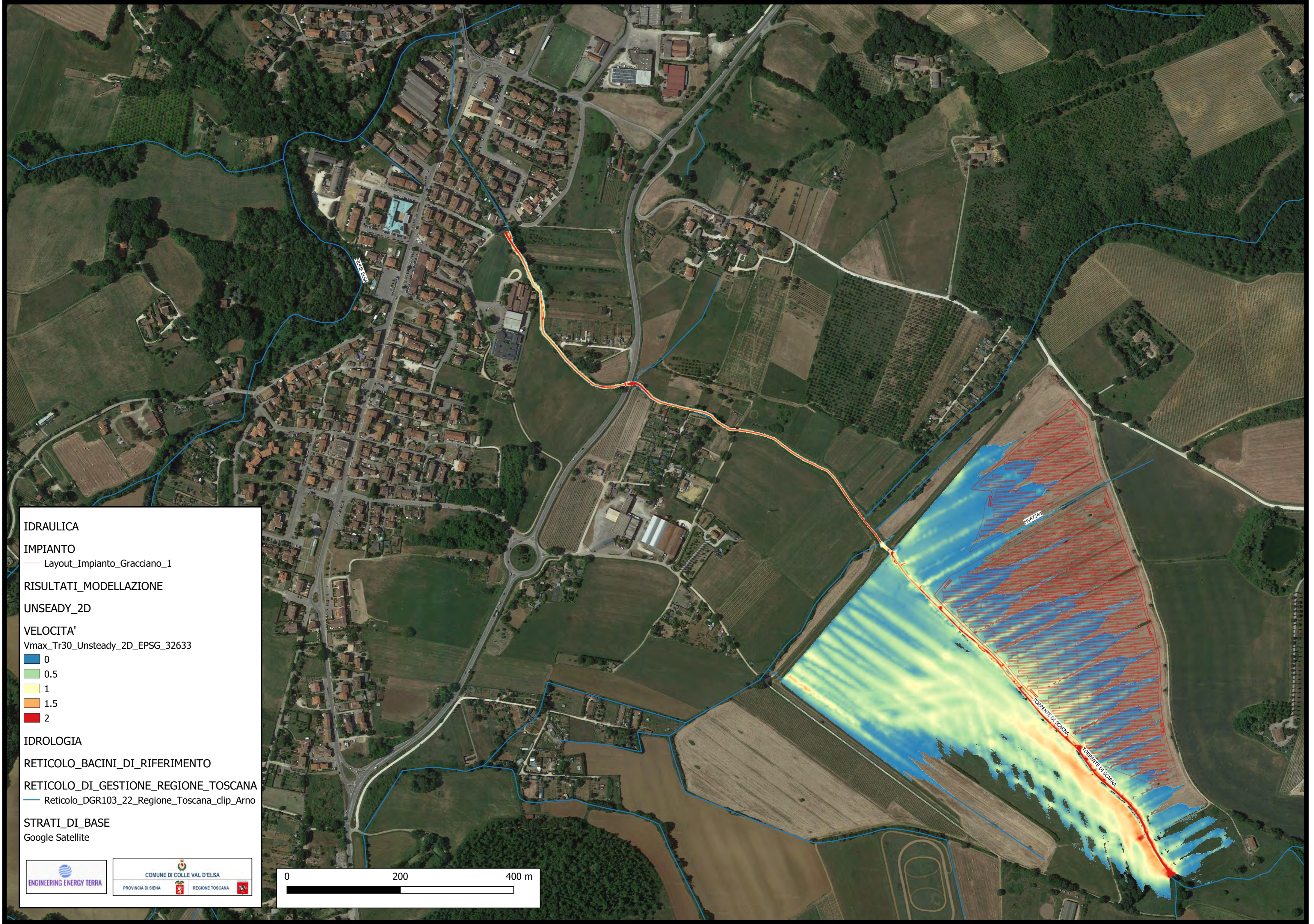
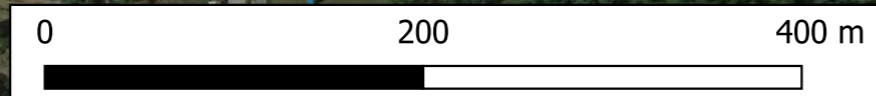
RETICOLO_BACINI_DI_RIFERIMENTO

RETICOLO_DI_GESTIONE_REGIONE_TOSCANA

Reticolo_DGR103_22_Regione_Toscana_clip_Arno

STRATI_DI_BASE

Google Satellite



IDRAULICA

IMPIANTO

Layout_Impianto_Gracciano_1

LIMITI_TIRANTI_MODELLAZIONE_CASSA

Limite_Tirante_80cm

RISULTATI_MODELLAZIONE

UNSEADY_2D

TIRANTI

Qmax_Tr200_Unsteady_2D_EPSG_32633

- 0
- 0.26
- 0.52
- 0.78
- 1.04
- 1.3
- 1.56
- 1.8
- 2

IDROLOGIA

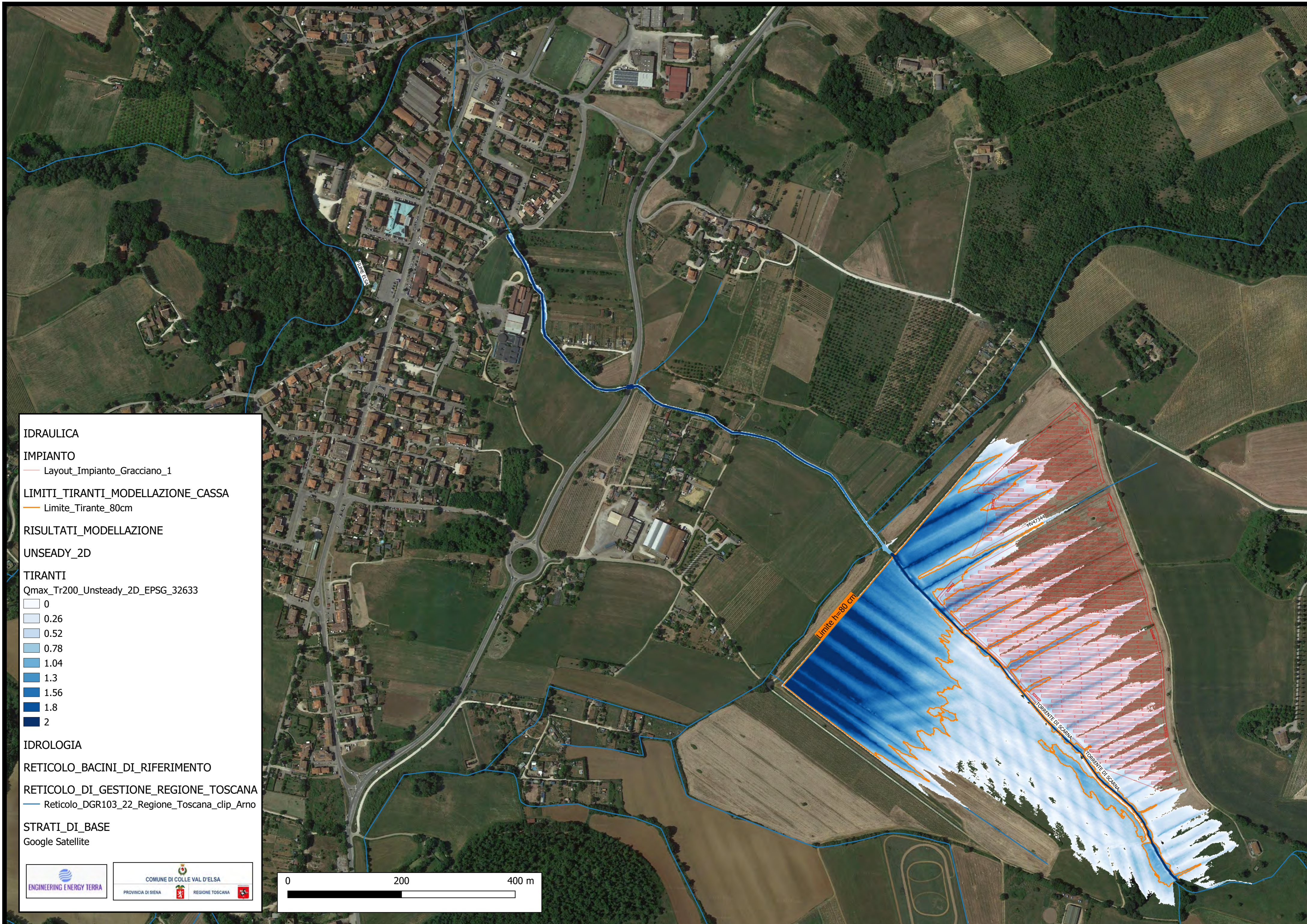
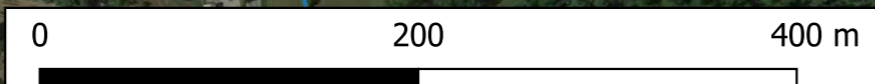
RETICOLO_BACINI_DI_RIFERIMENTO

RETICOLO_DI_GESTIONE_REGIONE_TOSCANA

Reticolo_DGR103_22_Regione_Toscana_clip_Arno

STRATI_DI_BASE

Google Satellite



IDRAULICA

IMPIANTO

Layout_Impianto_Gracciano_1

LIMITI_TIRANTI_MODELLAZIONE_CASSA

Limite_Velocita_50m_sec

RISULTATI_MODELLAZIONE

UNSEADY_2D

VELOCITA'

Vmax_Tr200_Unsteady_2D_EPSG_32633



IDROLOGIA

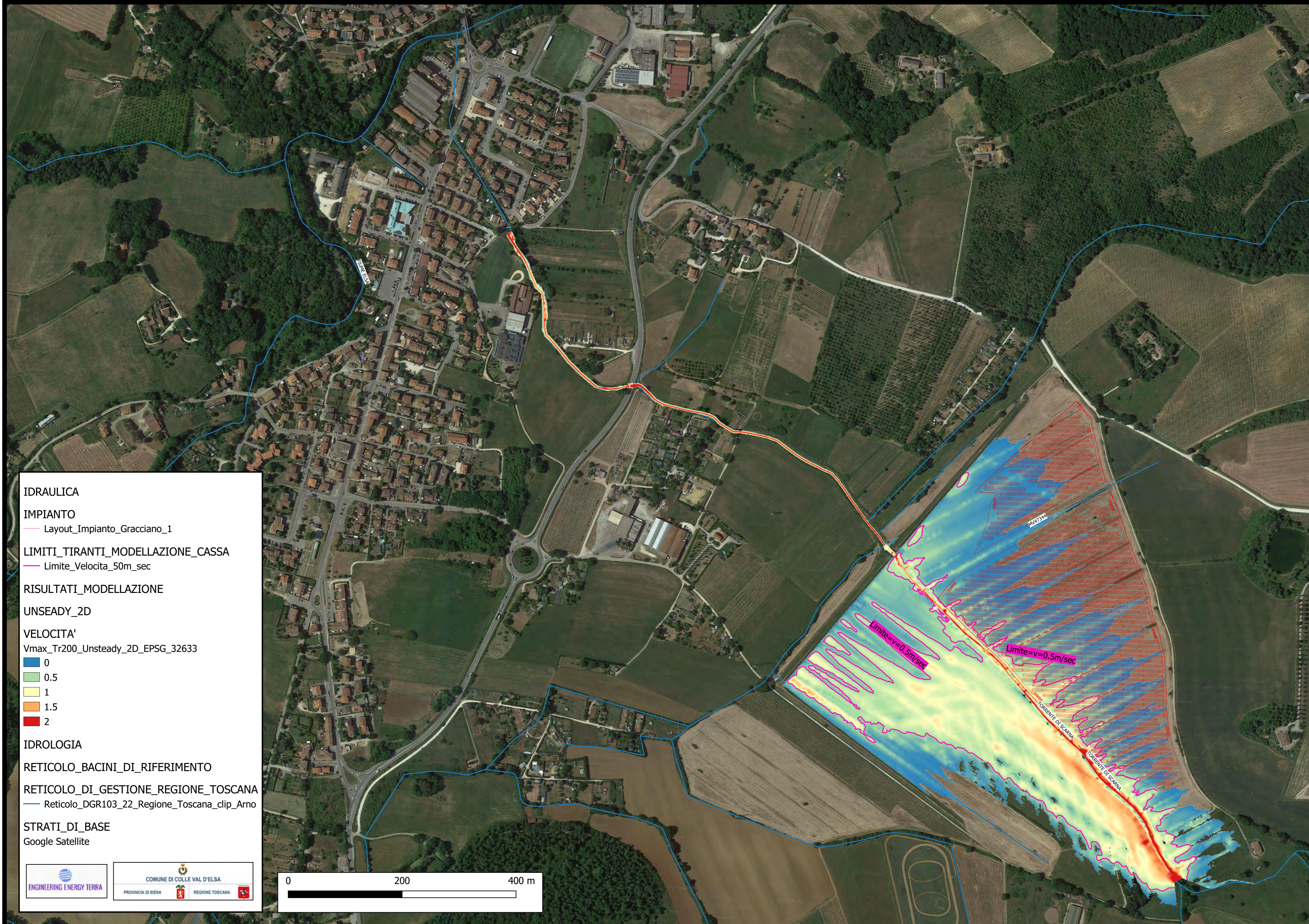
RETICOLO_BACINI_DI_RIFERIMENTO

RETICOLO_DI_GESTIONE_REGIONE_TOSCANA

Reticolo_DGR103_22_Regione_Toscana_clip_Arno

STRATI_DI_BASE

Google Satellite



IDRAULICA

IMPIANTO

Layout Impianto Gracciano_1

RISULTATI MODELLAZIONE

UNSEADY_2D

TIRANTI

Qmax_Tr500_Unsteady_2D_EPSG_32633

- 0
- 0.26
- 0.52
- 0.78
- 1.04
- 1.3
- 1.56
- 1.8
- 2

IDROLOGIA

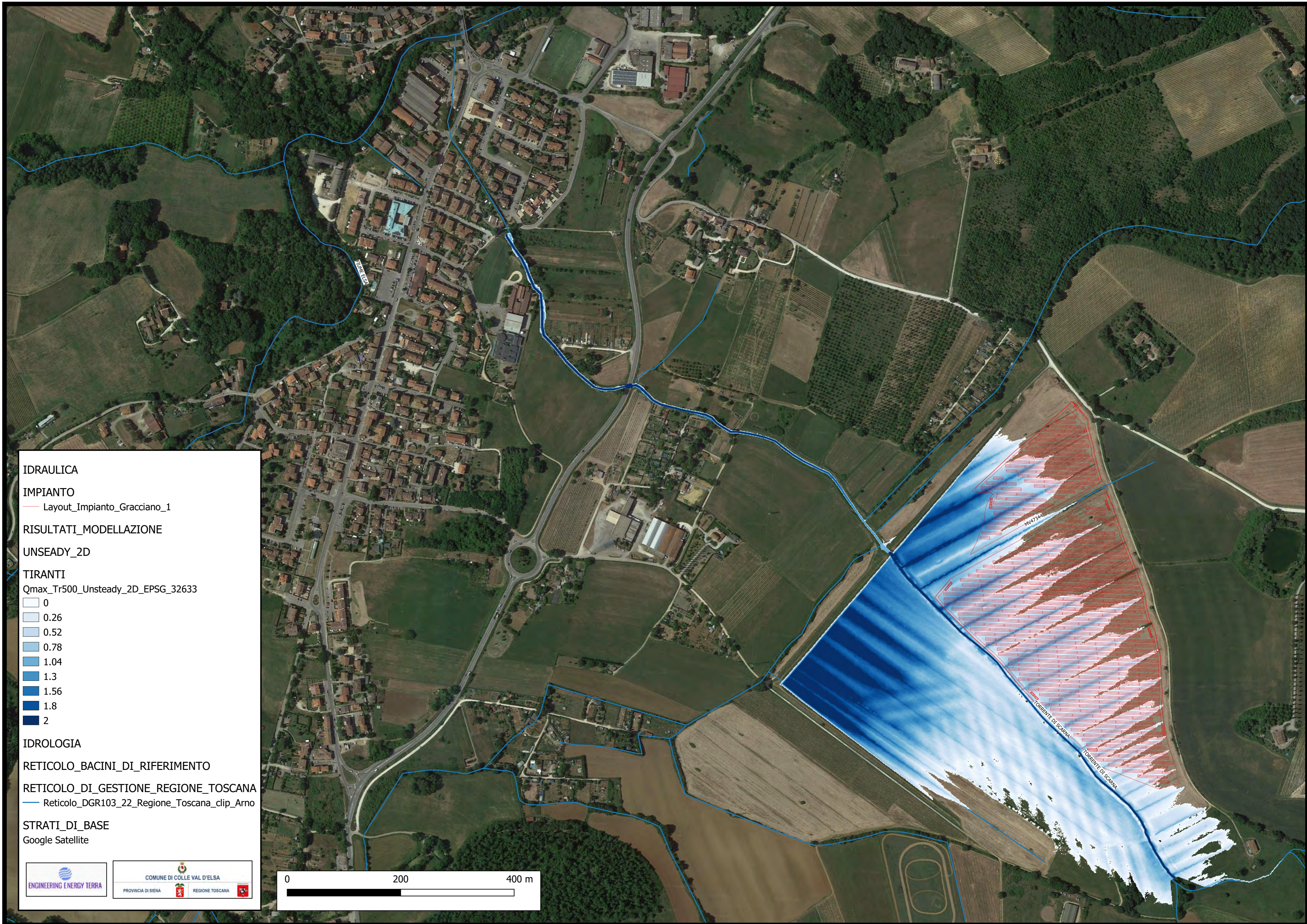
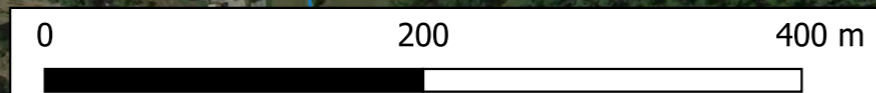
RETICOLO_BACINI_DI_RIFERIMENTO

RETICOLO_DI_GESTIONE_REGIONE_TOSCANA

Reticolo_DGR103_22_Regione_Toscana_clip_Arno

STRATI_DI_BASE

Google Satellite



IDRAULICA

IMPIANTO

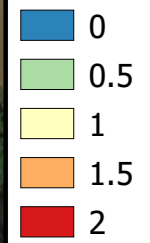
Layout_Impianto_Gracciano_1

RISULTATI_MODELLAZIONE

UNSEADY_2D

VELOCITA'

Vmax_Tr500_Unsteady_2D_EPSG_32633



IDROLOGIA

RETICOLO_BACINI_DI_RIFERIMENTO

RETICOLO_DI_GESTIONE_REGIONE_TOSCANA

Reticolo_DGR103_22_Regione_Toscana_clip_Arno

STRATI_DI_BASE

Google Satellite

