COMUNE di CAMPIGLIA CERVO

PROVINCIA di BIELLA

IMPIANTO IDROELETTRICO DI SAN PAOLO CERVO NEL COMUNE DI CAMPIGLIA CERVO (BI)

RINNOVO CONCESSIONE CON RIPRISTINO OPERE CAPTAZIONE A SEGUITO DI EVENTI ALLUVIONALI

OGGETTO:

RELAZIONE IDROGRAFICA E IDRAULICA

ELABORATO:

1.2

PRATICA: 1039

IL COMMITTENTE:

IDROELETTRICA SAN PAOLO S.r.l.
Località Forno Fusorio snc
24020 AZZONE (BG)
P. IVA 01 896 470 026

TIMBRO E FIRMA:

REVISIONE	DATA	OGGETTO	SIGLA	VISTO
0	MARZO 2025	EMESSO PER RINNOVO DI CONCESSIONE A DERIVARE E RICHIESTA AUTORIZZAZIONE UNICA		

STUDIO D'INGEGNERIA RIVA E ASSOCIATI

via Premia n.7 - 25050 VIONE (BS) - tel e fax 0364.94591

Email: riva.gianluigi@ingriva.it; pedrotti.paolo@ingriva.it; berneri.massimiliano@ingriva.it

Cod. Fiscale e Part. IVA 03 000 280 986

TIMBRO E FIRMA:

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI BRESCIA
A 1888
Ingegnere
GIANLUIGI RIVA
Civile ed Ambientale
Industriale
dell'Informazione

QUESTO ELABORATO NON PUO' ESSERE RIPRODOTTO, NE' UTILIZZATO ALTROVE, NE' CEDUTO A TERZI IN TUTTO O IN PARTE SENZA IL CONSENSO SCRITTO DELL'AUTORE

Sommario

1 Premessa 2
2 Ubicazione ed inquadramento 3
3 Aspetti idrografici 4
4 Aspetti idrologici ed idraulici 6
4.1 I dati idrologici Renerfor 6
4.2 La distribuzione delle piogge mensili 7
4.3 Portata media annua e curva di portata 8
4.3.1 Stima dei parametri della distribuzione di BURR 8
4.3.2 La curva di portata di BURR 8
4.3.3 Portate naturali medie mensili 12
5 Determinazione del Deflusso Ecologico 13
5.1 Formula di calcolo e fattori correttivi 13
5.2 Calcolo del deflusso ecologico 13
6 Portate medie disponibili 14
7 Compatibilità della concessione con la disponibilità idrica 15
8 Modalità di rilascio DE 16
9 Misura portata derivata 16
10 Portate di massima piena 17
10.1 I dati idraulici ed idrologici disponibili 17
10.2 Stima delle portate di massima piena attese alla traversa 20
10.2.1 Correlazione con i dati PGRA 2016 20
10.2.2 Correlazione con i dati AIPO 2003 20
10.2.3 Modello afflussi/deflussi con piogge regionalizzate 20
10.3 Sintesi dei risultati 22
11 Compatibilità idraulica delle opere 23
11.1 Aspetti geometrici e morfologici 23
11.2 Modellazione del deflusso di piena 25
11.2.1 Il modello di calcolo 25
11.2.2 Il coefficiente di Manning 26
11.3 Restituzione dati 26

1 Premessa

Nella presente indagine, condotta su incarico dello *STUDIO D'INGEGNERIA RIVA E ASSOCIATI* con sede in via Premia, n. 7 a Vione (BS) per conto della *IDROELETTRICA S. PAOLO s.r.l.* con sede in località Forno Fusorio snc Azzone (BG), sono illustrati gli aspetti idrologici ed idraulici relativi all'IMPIANTO IDROELETTRICO DI SAN PAOLO CERVO in Comune di Campiglia di Cervo (BI), di RINNOVO CONCESSIONE ed INTERVENTI DI RIPRISTINO DELLE OPERE DI CAPTAZIONE: gli interventi sono resi necessari a seguito degli eventi alluvionali del mese di Ottobre 2020.

Gli **aspetti idrologici** sono valutati attenendosi ai contenuti del BILANCIO IDRICO REGIONALE DELLE ACQUE SUPERFICIALI/Aggiornamento 2021 – Allegato 3° alla Relazione Generale del Piano regionale di Tutela delle Acque della Regione Piemonte e riportati nella *Piattaforma Servizi Renerfor Polito* (http://www.idrologia.polito.it/piattaformarenerfor/pub/ita/home.html).

Il valore del **Deflusso Ecologico (DE)** è definito in accordo ai contenuti del Regolamento regionale n. 14 del 27 dicembre 2021 Disposizioni per l'implementazione del deflusso ecologico (B.U. 28 dicembre 2021, 5° suppl. al n. 51).

Le analisi idrauliche sono state condotte in accordo con i contenuti di:

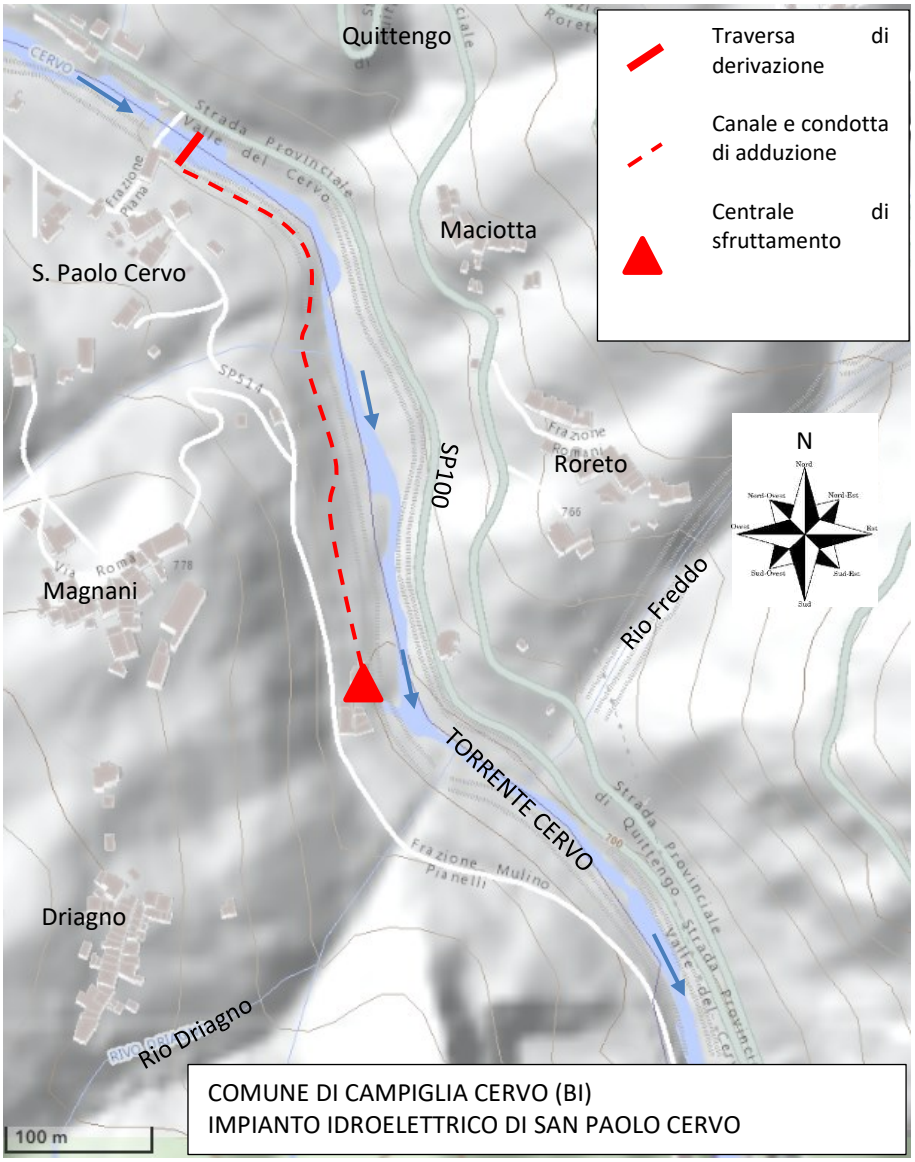
- Autorità di Bacino del Fiume Po. Piano per la valutazione e la gestione del rischio alluvioni (art. 7 della Direttiva 2007/60/CE e del D.lgs. n. 49 del 23.02.2010 – Profili di piena dei corsi d'acqua del reticolo principale (MARZO 2016)
- ISPRA Manuali e linee guida 82/2012 - Proposta metodologica per l'aggiornamento delle mappe di pericolosità e di rischio/ della Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi da alluvioni (Decreto Legislativo n. 49/2010).
- Piano di Gestione dei Rischi di Alluvioni – PGRA (2015)
- Autorità di Bacino del Fiume Po. Studio di fattibilità della sistemazione idraulica: - del Fiume Sesia, nel tratto da Varallo Sesia alla confluenza in Po; - del torrente Cervo, nel tratto da Passo Breve alla confluenza in Sesia; del Torrente Elvo, nel tratto da Occhieppo alla confluenza in Cervo. (30 aprile 2004).

2 Ubicazione ed inquadramento

L'impianto di SAN PAOLO CERVO sfrutta a scopo idroelettrico le acque del Torrente Cervo nel tratto compreso fra quota 718.9 m s.l.m. (a monte della traversa di derivazione) e quota 701.9 m s.l.m. (restituzione).

Il tratto di corso d'acqua si sviluppa nel territorio comunale di Campiglia Cervo (BI):

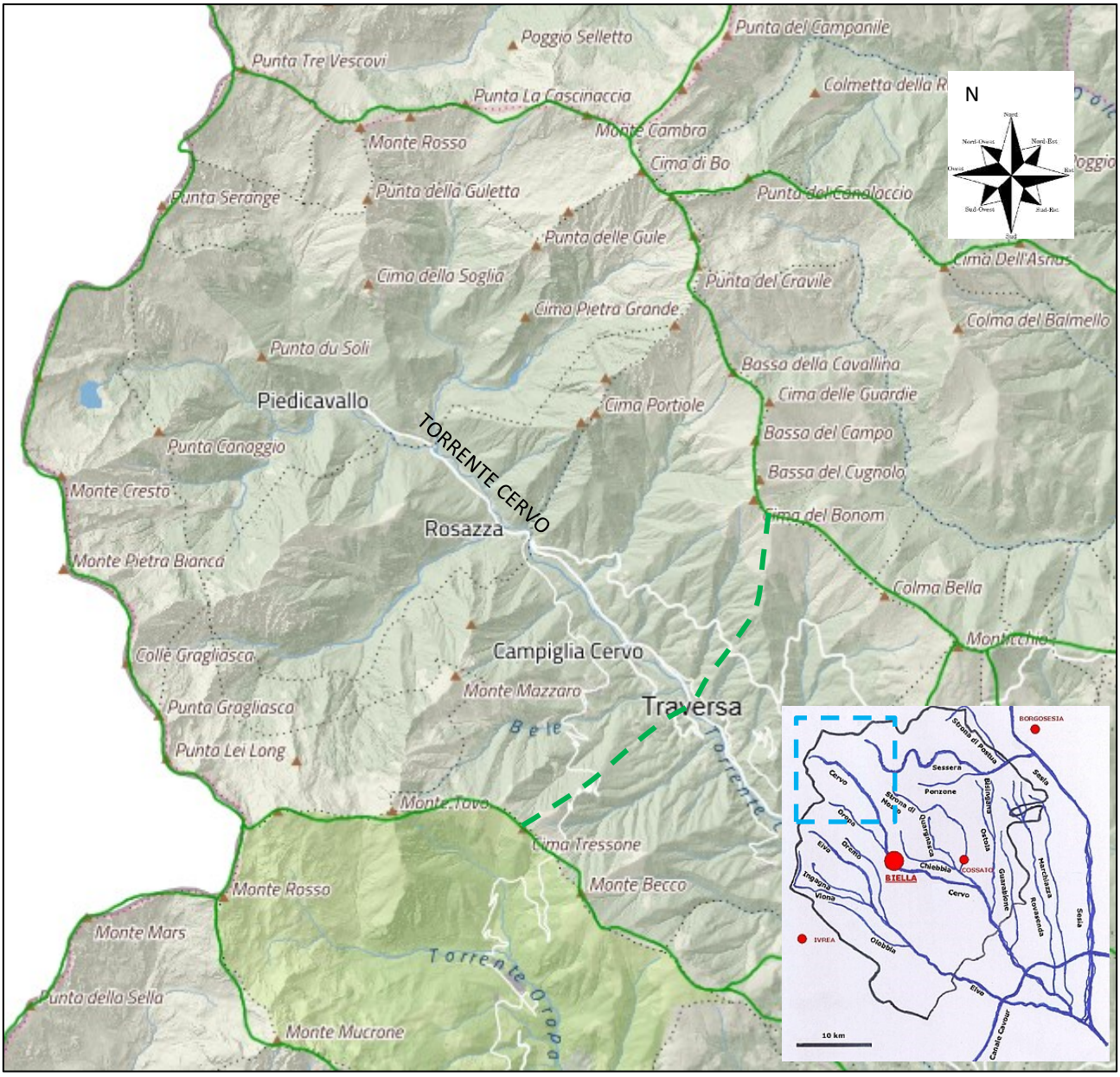
- la traversa di derivazione è posta all'altezza dell'abitato di S. Paolo Cervo;
- l'opera di adduzione (comprensiva di un canale e di condotta interrate) si sviluppa parallelamente alla sponda destra del corso d'acqua fra gli abitati di S. Paolo Cervo e la confluenza del Rivo Driagno;
- la centrale di sfruttamento è posta nell'edificio in loc. Mulino Pianelli.

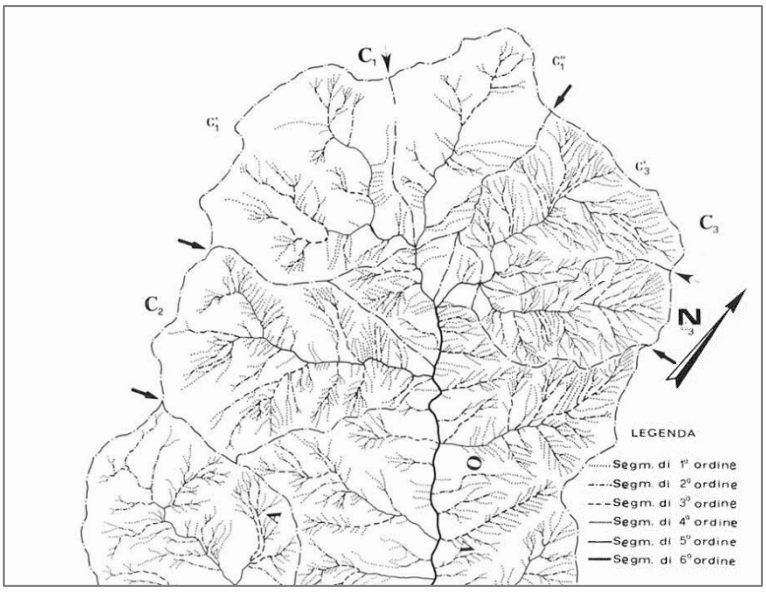


3 Aspetti idrografici

Il torrente Cervo è affluente di destra del Fiume Sesia: alla confluenza sottende un bacino di circa 9.943 km^2 ed è lungo 65 km: il tratto montano, lungo circa 12 km, si chiude a Biella dove riceve il torrente Oropa.

La derivazione dell'Impianto idroelettrico SAN PAOLO CERVO sottende le aree superiori del bacino, delimitato dai crinali montuosi che collegano le cime M. Tovo (2.231 m s.l.m.) – Punta dei Long (2.322 m s.l.m.) – M. Pietra Bianca (2.477 m s.l.m.) – Punta 3 Vescovi (2.503 m s.l.m.) – M. Combro – Cima di Bo (2.557 m s.l.m.) – PUnta del Bonom (1.880 m s.l.m.), confinando a NW con la Regione Valle d'Aosta.





Come evidente dalla *Carta del reticolo idrografico* riportata in PARAMETRI GEOMORFICI QUANTITATIVI E MOMENTO EVOLUTIVO DI UN RETICOLO IDROGRAFICO: APPLICAZIONE AL BACINO DEL TORRENTE CERVO, L. Forni & B. Franceschetti (pubblicato in Geo. Fis. Dinam, Quat.4 (1981), 22-29) la rete idrografica del settore superiore del bacino del T. Cervo presenta un reticolo dendriforme, con numerosi rami secondari unicursali (di 1° ordine) che insistono sulle aste secondarie fra le quali si segnalano:

- a Piedicavallo: T. Mologno e T. Chiobbia;
- a Rosazza: T. Pragnetto.

Nell'ambito del *BILANCIO IDRICO REGIONALE DELLE ACQUE SUPERFICIALI/Aggiornamento 2021 – Allegato 3° alla Relazione Generale del Piano regionale di Tutela delle Acque* il tratto superiore del T. Cervo è codificato come 01SS2N105P1.

Il bacino del Torrente Cervo sotteso alla opera di derivazione dell'impianto si estende su una superficie di 60.3 km^2 per una lunghezza totale dell'asta principale di circa 10.0 km.

Gli elementi idrografici significativi sono riportati nella seguente tabella:

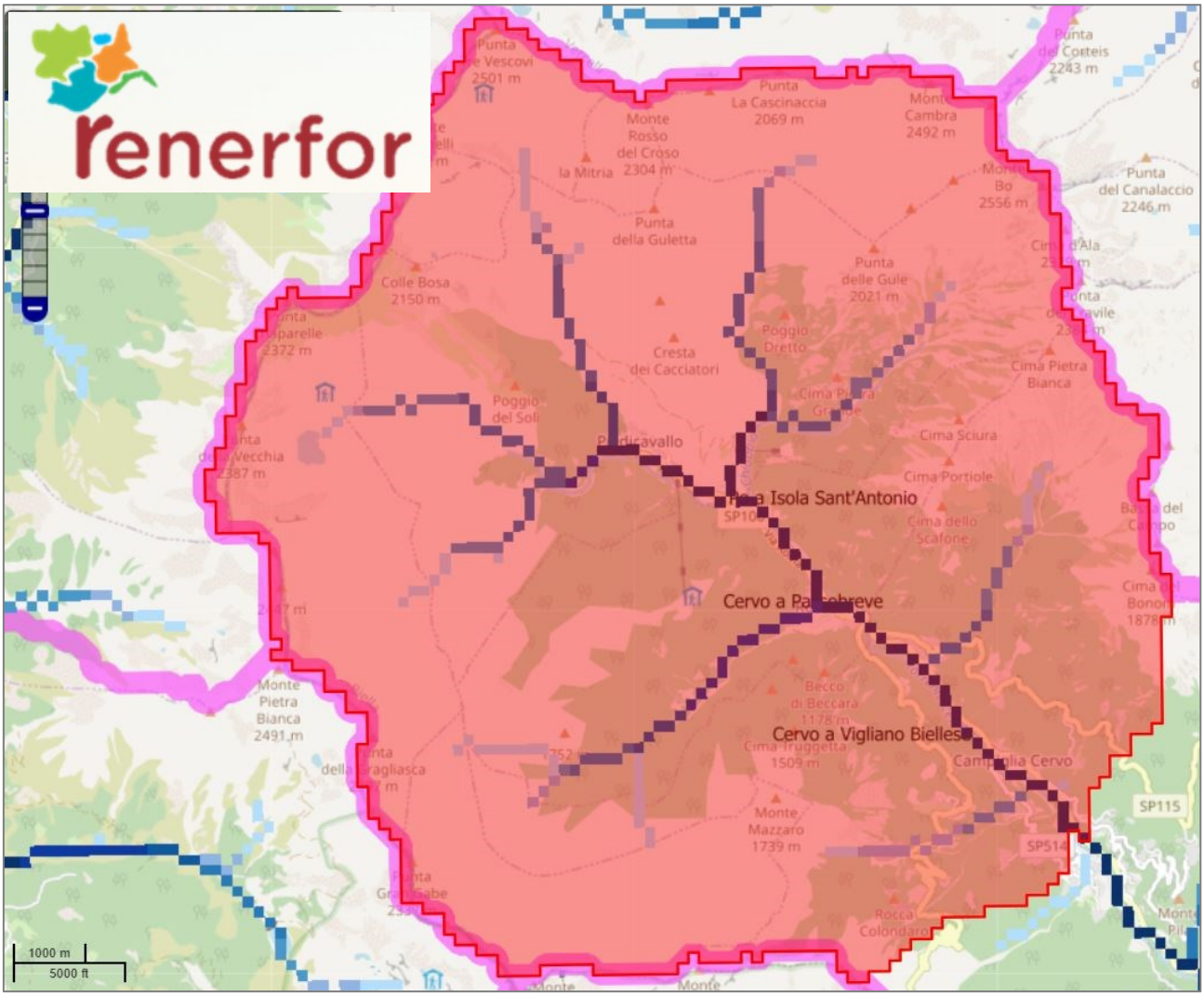
COD. CI	Regione Idrog. Omogenea	Sup. bacino	H_{max}	H_{min}	H_{med}*
01SS2N105P1	GRUPPO D	60.3	2557	718.8	1608
		km^2	m s.l.m.	m s.l.m.	m s.l.m.

4 Aspetti idrologici ed idraulici

Gli aspetti idrologici e la disponibilità idraulica del bacino sotteso all'impianto sono illustrati nella *Piattaforma Sevizi Renerfor Polito* dove sono riassunti i risultati dell'elaborazione dei dati pluviometrici ed idraulici registrati alle stazioni di misura ARPA Piemonte del periodo 1981 – 2010.

4.1 I dati idrologici Renerfor

Il bacino del Torrente Cervo sotteso all'opera di derivazione di derivazione ottenuto mediante l'applicativo RENEFORD (di cui si riporta il risultato grafico) si estende per 60.3 km^2.



I dati forniti dal sistema sono riassunti nella seguente tabella:

Area bacino	60.3	km^2
Quota Media	1608.5	m slm
Quota Massima	2507	m slm
a_{75}percento	1291	m slm
MAP	1774.981	mm
IDF a	31.699	mm

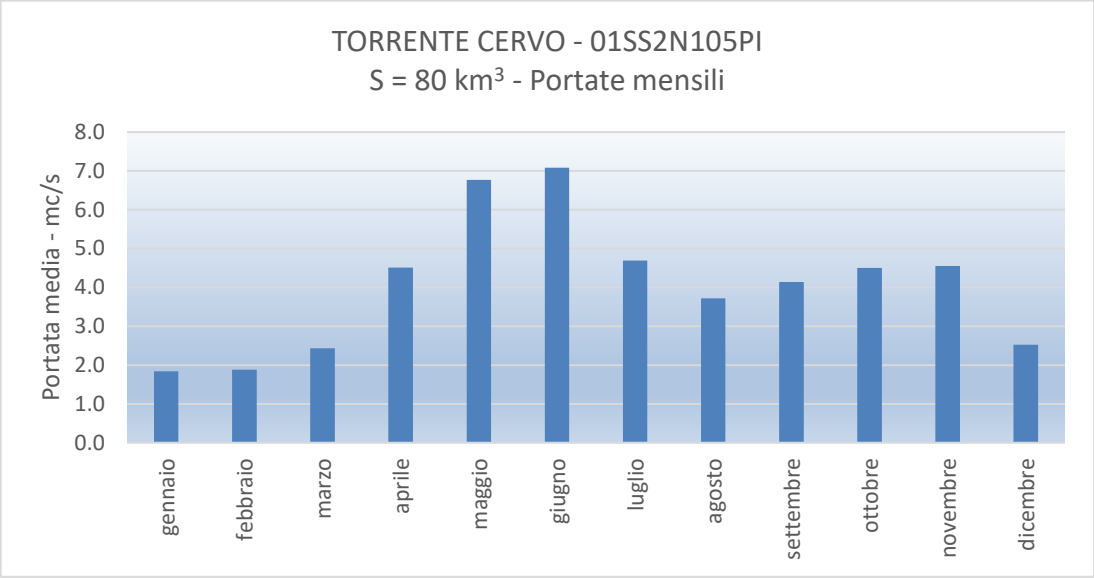
std IDF_a	2.957	mm/h
$Fourier_{B1}$	-42.742	[-]
cv_{rp}	0.401	[-]
clc_2	58.508	%
clc_3	26.673	%
c_{int}	0.018	[-]

4.2 La distribuzione delle piogge mensili

Nell'APPENDICE: PORTATE MEDIE NATURALI – SCHEDE RIEPILOGATIVE DEL BILANCIO IDRICO che costituisce l'*Allegato 3A alla Relazione Generale del Piano regionale di Tutela delle Acque* sono riportati i valori delle portate medie mensili relative alla sezione CERVO 1 – Piccolo:

COPO IDRICO		Area	H_{med}	MPA
COD	DENOM.	km^2	m s.l.m.	mm
01SS2N105PI	CERVO_1-Piccolo	80	1458	1829

annua	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	
4.10	1.84	1.88	2.43	4.51	6.77	7.08	4.69	3.72	4.14	4.5	4.55	2.52	m^3/s



Il regime del corso d'acqua è tipicamente di *torrente montano*, con portate di magra nei periodi invernali ed aumenti delle portate nei periodi estivi e primaverili in concomitanza dell'aumento degli apporti meteorici e del disgelo delle nevi in quota.

4.3 Portata media annua e curva di portata

La portata media annua (Q_{MED}) alla sezione di imposta dell'opera di derivazione dell'IMPIANTO SAN PAOLO è stata valutata utilizzando la PROCEDURA RENEFORD che si basa sulle seguenti formule di calcolo:

Q_{MED} = (S*Y)/31536 = 2.66 m^3/s

dove:

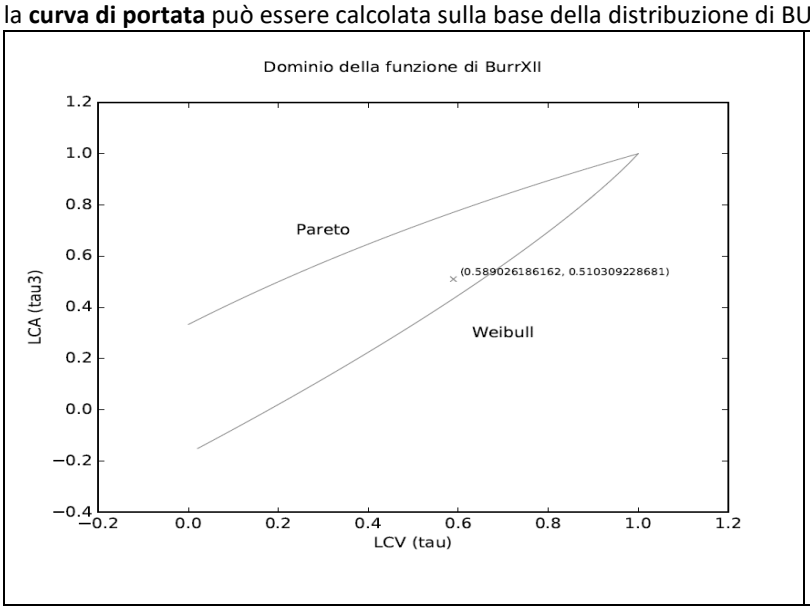
Y = -7.3605*10^2+1.2527*MAP+3.2569*H_{MED}+5.2674*$fourier_{b1}$-6.7185*clc_2 = 1393.12

4.3.1 Stima dei parametri della distribuzione di BURR

Sulla base dei *parametri di distribuzione* restituiti dal programma RENEFORD

L-CV	0.588
L-CA	0.510

la **curva di portata** può essere calcolata sulla base della distribuzione di BURR.



PARAMETRO a	
Portata media	2.65
b	0.412
c	1.151
a	1.8349

4.3.2 La curva di portata di BURR

La curva di portata sulla base della distribuzione di Burr è espressa dalla seguente formulazione:

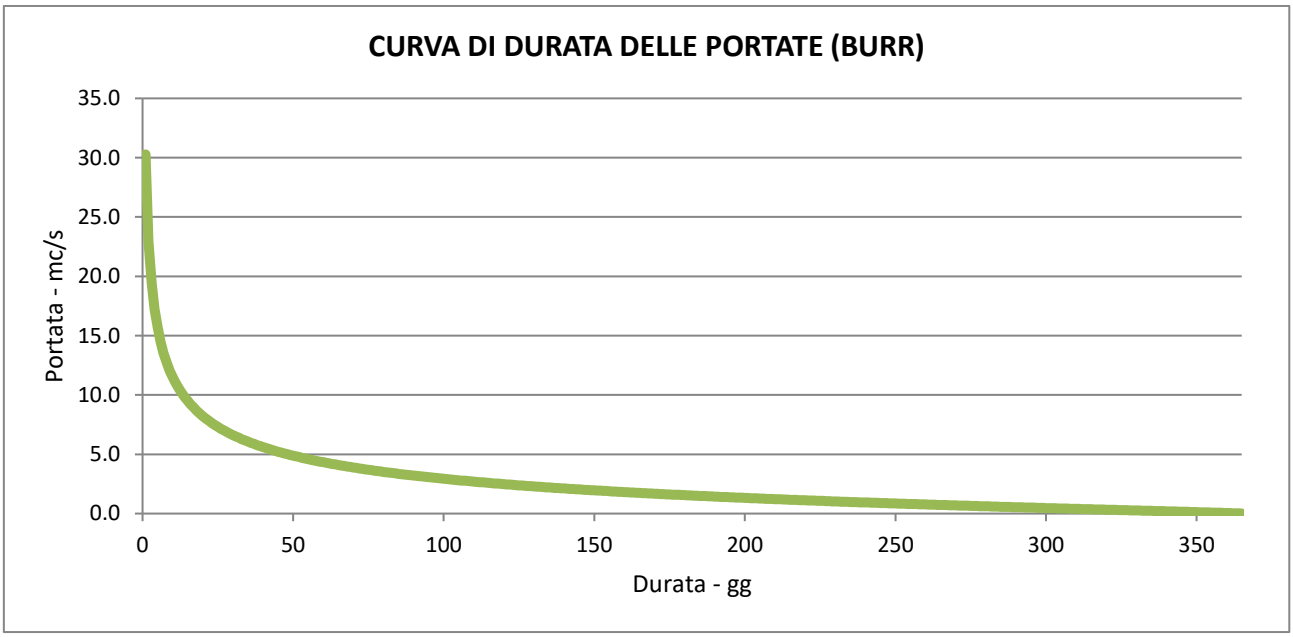
$$a = \frac{\overline{Q}}{b^{-1/c}} \frac{\Gamma\left[\frac{1}{b}\right]}{\Gamma\left[\frac{1}{b} - \frac{1}{c}\right]\Gamma\left[1 + \frac{1}{c}\right]}$$

Considerando l'intero anno solare, nella seguente tabella sono riportati i valori delle portate medie giornaliere espresse in m^3/s;

GIORNI di SUPERAMENTO	F	P	Q	GIORNI di SUPERAMENTO	F	P	Q
1	0.003	0.997	30.3	184	0.503	0.497	1.5
2	0.005	0.995	23.0	185	0.505	0.495	1.5
3	0.008	0.992	19.4	186	0.508	0.492	1.5
4	0.011	0.989	17.2	187	0.511	0.489	1.5
5	0.014	0.986	15.7	188	0.514	0.486	1.5
6	0.016	0.984	14.5	189	0.516	0.484	1.4
7	0.019	0.981	13.5	190	0.519	0.481	1.4
8	0.022	0.978	12.7	191	0.522	0.478	1.4
9	0.025	0.975	12.1	192	0.525	0.475	1.4
10	0.027	0.973	11.5	193	0.527	0.473	1.4
11	0.030	0.970	11.0	194	0.530	0.470	1.4
12	0.033	0.967	10.6	195	0.533	0.467	1.4
13	0.036	0.964	10.2	196	0.536	0.464	1.4
14	0.038	0.962	9.8	197	0.538	0.462	1.4
15	0.041	0.959	9.5	198	0.541	0.459	1.3
16	0.044	0.956	9.2	199	0.544	0.456	1.3
17	0.046	0.954	8.9	200	0.546	0.454	1.3
18	0.049	0.951	8.7	201	0.549	0.451	1.3
19	0.052	0.948	8.4	202	0.552	0.448	1.3
20	0.055	0.945	8.2	203	0.555	0.445	1.3
21	0.057	0.943	8.0	204	0.557	0.443	1.3
22	0.060	0.940	7.8	205	0.560	0.440	1.3
23	0.063	0.937	7.6	206	0.563	0.437	1.3
24	0.066	0.934	7.5	207	0.566	0.434	1.2
25	0.068	0.932	7.3	208	0.568	0.432	1.2
26	0.071	0.929	7.2	209	0.571	0.429	1.2
27	0.074	0.926	7.0	210	0.574	0.426	1.2
28	0.077	0.923	6.9	211	0.577	0.423	1.2
29	0.079	0.921	6.7	212	0.579	0.421	1.2
30	0.082	0.918	6.6	213	0.582	0.418	1.2
31	0.085	0.915	6.5	214	0.585	0.415	1.2
32	0.087	0.913	6.4	215	0.587	0.413	1.2
33	0.090	0.910	6.3	216	0.590	0.410	1.2
34	0.093	0.907	6.2	217	0.593	0.407	1.1
35	0.096	0.904	6.1	218	0.596	0.404	1.1
36	0.098	0.902	6.0	219	0.598	0.402	1.1
37	0.101	0.899	5.9	220	0.601	0.399	1.1
38	0.104	0.896	5.8	221	0.604	0.396	1.1
39	0.107	0.893	5.7	222	0.607	0.393	1.1
40	0.109	0.891	5.6	223	0.609	0.391	1.1
41	0.112	0.888	5.5	224	0.612	0.388	1.1
42	0.115	0.885	5.4	225	0.615	0.385	1.1
43	0.117	0.883	5.4	226	0.617	0.383	1.1
44	0.120	0.880	5.3	227	0.620	0.380	1.1
45	0.123	0.877	5.2	228	0.623	0.377	1.0
46	0.126	0.874	5.1	229	0.626	0.374	1.0
47	0.128	0.872	5.1	230	0.628	0.372	1.0
48	0.131	0.869	5.0	231	0.631	0.369	1.0
49	0.134	0.866	4.9	232	0.634	0.366	1.0
50	0.137	0.863	4.9	233	0.637	0.363	1.0
51	0.139	0.861	4.8	234	0.639	0.361	1.0
52	0.142	0.858	4.8	235	0.642	0.358	1.0
53	0.145	0.855	4.7	236	0.645	0.355	1.0
54	0.148	0.852	4.6	237	0.648	0.352	1.0
55	0.150	0.850	4.6	238	0.650	0.350	1.0
56	0.153	0.847	4.5	239	0.653	0.347	0.9
57	0.156	0.844	4.5	240	0.656	0.344	0.9
58	0.158	0.842	4.4	241	0.658	0.342	0.9
59	0.161	0.839	4.4	242	0.661	0.339	0.9

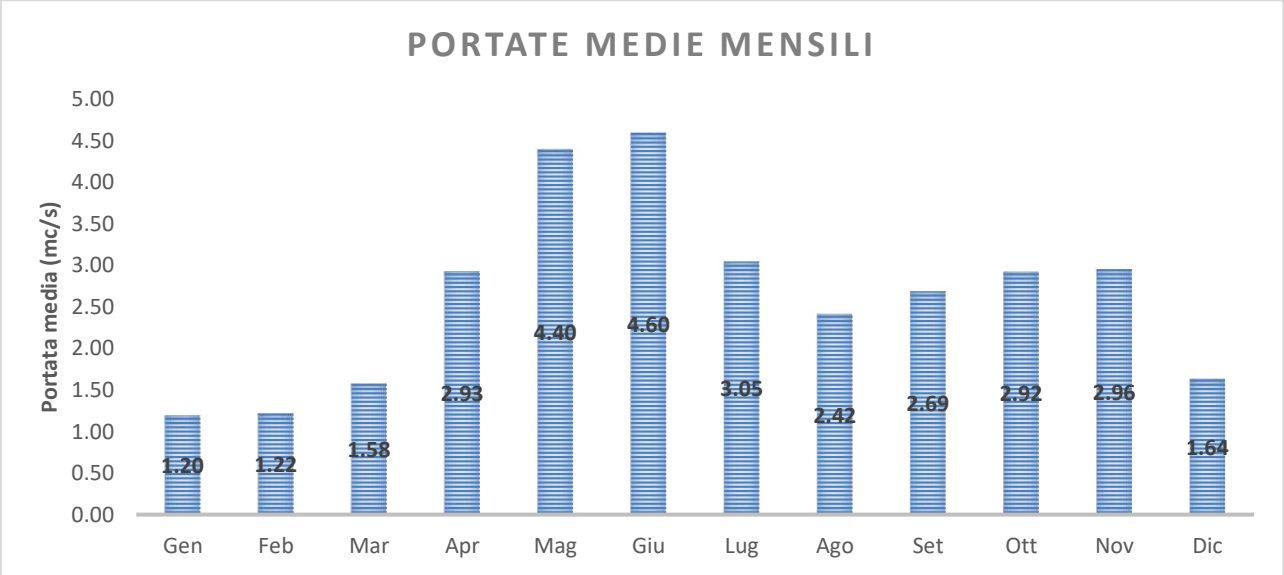
60	0.164	0.836	4.3	243	0.664	0.336	0.9
61	0.167	0.833	4.3	244	0.667	0.333	0.9
62	0.169	0.831	4.2	245	0.669	0.331	0.9
63	0.172	0.828	4.2	246	0.672	0.328	0.9
64	0.175	0.825	4.1	247	0.675	0.325	0.9
65	0.178	0.822	4.1	248	0.678	0.322	0.9
66	0.180	0.820	4.1	249	0.680	0.320	0.9
67	0.183	0.817	4.0	250	0.683	0.317	0.9
68	0.186	0.814	4.0	251	0.686	0.314	0.8
69	0.189	0.811	3.9	252	0.689	0.311	0.8
70	0.191	0.809	3.9	253	0.691	0.309	0.8
71	0.194	0.806	3.8	254	0.694	0.306	0.8
72	0.197	0.803	3.8	255	0.697	0.303	0.8
73	0.199	0.801	3.8	256	0.699	0.301	0.8
74	0.202	0.798	3.7	257	0.702	0.298	0.8
75	0.205	0.795	3.7	258	0.705	0.295	0.8
76	0.208	0.792	3.7	259	0.708	0.292	0.8
77	0.210	0.790	3.6	260	0.710	0.290	0.8
78	0.213	0.787	3.6	261	0.713	0.287	0.8
79	0.216	0.784	3.6	262	0.716	0.284	0.8
80	0.219	0.781	3.5	263	0.719	0.281	0.7
81	0.221	0.779	3.5	264	0.721	0.279	0.7
82	0.224	0.776	3.4	265	0.724	0.276	0.7
83	0.227	0.773	3.4	266	0.727	0.273	0.7
84	0.230	0.770	3.4	267	0.730	0.270	0.7
85	0.232	0.768	3.4	268	0.732	0.268	0.7
86	0.235	0.765	3.3	269	0.735	0.265	0.7
87	0.238	0.762	3.3	270	0.738	0.262	0.7
88	0.240	0.760	3.3	271	0.740	0.260	0.7
89	0.243	0.757	3.2	272	0.743	0.257	0.7
90	0.246	0.754	3.2	273	0.746	0.254	0.7
91	0.249	0.751	3.2	274	0.749	0.251	0.7
92	0.251	0.749	3.1	275	0.751	0.249	0.7
93	0.254	0.746	3.1	276	0.754	0.246	0.6
94	0.257	0.743	3.1	277	0.757	0.243	0.6
95	0.260	0.740	3.1	278	0.760	0.240	0.6
96	0.262	0.738	3.0	279	0.762	0.238	0.6
97	0.265	0.735	3.0	280	0.765	0.235	0.6
98	0.268	0.732	3.0	281	0.768	0.232	0.6
99	0.270	0.730	3.0	282	0.770	0.230	0.6
100	0.273	0.727	2.9	283	0.773	0.227	0.6
101	0.276	0.724	2.9	284	0.776	0.224	0.6
102	0.279	0.721	2.9	285	0.779	0.221	0.6
103	0.281	0.719	2.9	286	0.781	0.219	0.6
104	0.284	0.716	2.8	287	0.784	0.216	0.6
105	0.287	0.713	2.8	288	0.787	0.213	0.6
106	0.290	0.710	2.8	289	0.790	0.210	0.5
107	0.292	0.708	2.8	290	0.792	0.208	0.5
108	0.295	0.705	2.7	291	0.795	0.205	0.5
109	0.298	0.702	2.7	292	0.798	0.202	0.5
110	0.301	0.699	2.7	293	0.801	0.199	0.5
111	0.303	0.697	2.7	294	0.803	0.197	0.5
112	0.306	0.694	2.6	295	0.806	0.194	0.5
113	0.309	0.691	2.6	296	0.809	0.191	0.5
114	0.311	0.689	2.6	297	0.811	0.189	0.5
115	0.314	0.686	2.6	298	0.814	0.186	0.5
116	0.317	0.683	2.6	299	0.817	0.183	0.5
117	0.320	0.680	2.5	300	0.820	0.180	0.5
118	0.322	0.678	2.5	301	0.822	0.178	0.5
119	0.325	0.675	2.5	302	0.825	0.175	0.5
120	0.328	0.672	2.5	303	0.828	0.172	0.4
121	0.331	0.669	2.5	304	0.831	0.169	0.4

122	0.333	0.667	2.4	305	0.833	0.167	0.4
123	0.336	0.664	2.4	306	0.836	0.164	0.4
124	0.339	0.661	2.4	307	0.839	0.161	0.4
125	0.342	0.658	2.4	308	0.842	0.158	0.4
126	0.344	0.656	2.4	309	0.844	0.156	0.4
127	0.347	0.653	2.3	310	0.847	0.153	0.4
128	0.350	0.650	2.3	311	0.850	0.150	0.4
129	0.352	0.648	2.3	312	0.852	0.148	0.4
130	0.355	0.645	2.3	313	0.855	0.145	0.4
131	0.358	0.642	2.3	314	0.858	0.142	0.4
132	0.361	0.639	2.3	315	0.861	0.139	0.4
133	0.363	0.637	2.2	316	0.863	0.137	0.4
134	0.366	0.634	2.2	317	0.866	0.134	0.3
135	0.369	0.631	2.2	318	0.869	0.131	0.3
136	0.372	0.628	2.2	319	0.872	0.128	0.3
137	0.374	0.626	2.2	320	0.874	0.126	0.3
138	0.377	0.623	2.2	321	0.877	0.123	0.3
139	0.380	0.620	2.1	322	0.880	0.120	0.3
140	0.383	0.617	2.1	323	0.883	0.117	0.3
141	0.385	0.615	2.1	324	0.885	0.115	0.3
142	0.388	0.612	2.1	325	0.888	0.112	0.3
143	0.391	0.609	2.1	326	0.891	0.109	0.3
144	0.393	0.607	2.1	327	0.893	0.107	0.3
145	0.396	0.604	2.0	328	0.896	0.104	0.3
146	0.399	0.601	2.0	329	0.899	0.101	0.3
147	0.402	0.598	2.0	330	0.902	0.098	0.3
148	0.404	0.596	2.0	331	0.904	0.096	0.3
149	0.407	0.593	2.0	332	0.907	0.093	0.2
150	0.410	0.590	2.0	333	0.910	0.090	0.2
151	0.413	0.587	1.9	334	0.913	0.087	0.2
152	0.415	0.585	1.9	335	0.915	0.085	0.2
153	0.418	0.582	1.9	336	0.918	0.082	0.2
154	0.421	0.579	1.9	337	0.921	0.079	0.2
155	0.423	0.577	1.9	338	0.923	0.077	0.2
156	0.426	0.574	1.9	339	0.926	0.074	0.2
157	0.429	0.571	1.9	340	0.929	0.071	0.2
158	0.432	0.568	1.8	341	0.932	0.068	0.2
159	0.434	0.566	1.8	342	0.934	0.066	0.2
160	0.437	0.563	1.8	343	0.937	0.063	0.2
161	0.440	0.560	1.8	344	0.940	0.060	0.2
162	0.443	0.557	1.8	345	0.943	0.057	0.2
163	0.445	0.555	1.8	346	0.945	0.055	0.2
164	0.448	0.552	1.8	347	0.948	0.052	0.1
165	0.451	0.549	1.7	348	0.951	0.049	0.1
166	0.454	0.546	1.7	349	0.954	0.046	0.1
167	0.456	0.544	1.7	350	0.956	0.044	0.1
168	0.459	0.541	1.7	351	0.959	0.041	0.1
169	0.462	0.538	1.7	352	0.962	0.038	0.1
170	0.464	0.536	1.7	353	0.964	0.036	0.1
171	0.467	0.533	1.7	354	0.967	0.033	0.1
172	0.470	0.530	1.7	355	0.970	0.030	0.1
173	0.473	0.527	1.6	356	0.973	0.027	0.1
174	0.475	0.525	1.6	357	0.975	0.025	0.1
175	0.478	0.522	1.6	358	0.978	0.022	0.1
176	0.481	0.519	1.6	359	0.981	0.019	0.1
177	0.484	0.516	1.6	360	0.984	0.016	0.1
178	0.486	0.514	1.6	361	0.986	0.014	0.0
179	0.489	0.511	1.6	362	0.989	0.011	0.0
180	0.492	0.508	1.6	363	0.992	0.008	0.0
181	0.495	0.505	1.5	364	0.995	0.005	0.0
182	0.497	0.503	1.5	365	0.997	0.003	0.0
183	0.500	0.500	1.5				



4.3.3 Portate naturali medie mensili

Considerando la distribuzione media mensile delle portate del Torrente Cervo come riportato nell'APPENDICE: PORTATE MEDIE NATURALI – SCHEDE RIEPILOGATIVE DEL BILANCIO IDRICO ed i valori della portata media calcolati con l'applicativo RENEFORD, nel seguente grafico è illustrata la distribuzione delle portate medie mensili attese all'impianto idroelettrico in esame:



5 Determinazione del Deflusso Ecologico

Con il *Regolamento regionale n. 14 del 27 dicembre 2021 Disposizioni per l'implementazione del deflusso ecologico (B.U. 28 dicembre 2021, 5° suppl. al n. 51)* sono definite le modalità di calcolo del Deflusso Ecologico.

5.1 Formula di calcolo e fattori correttivi

Il valore del DEFLUSSO ECOLOGICO viene definito sulla base della seguente formula:
$DE = DMV_{Base} * T$

dove:

$DMV_{base} = k*q_{MEDIA}*S*M*Z*A$

S (km^2) = superficie del bacino imbrifero complessivo sotteso all'opera di presa;

k = parametro sperimentale determinato per singole aree idrografiche, che esprime la percentuale della portata media che deve essere considerata;

q_{meda} ($l/s* km^2$) = portata specifica media annua per unità di superficie del bacino.

I parametri M, Z, A, T, che tengono conto delle particolari condizioni locali, costituiscono i FATTORI CORRETTIVI della COMPONENTE AMBIENTALE del deflusso ecologico che tengono conto dei seguenti aspetti:

M = parametro morfologico, che esprime l'attitudine dell'alveo a mantenere le portate di deflusso;

Z = parametro che tiene conto delle esigenze naturalistiche (N), di fruizione turistico-sociale (F) e della presenza di carichi inquinanti (Q); il parametro Z è definito come il valore più elevato tra quelli assunti dai parametri N, F, Q;

A = parametro che tiene conto dell'interazione tra acque superficiali e sotterranee, in funzione delle esigenze di maggiore o minore rilascio dovuto al contributo delle acque sotterranee alla formazione dei deflussi in alveo;

T = parametro che tiene conto della modulazione nell'arco dell'anno dei rilasci dalle opere di presa, in funzione degli obiettivi di tutela dell'ittiofauna, fruizione turistico-ricreativa, o altre esigenze di carattere ambientale (tra i quali, quando la necessità sia limitata a brevi periodi dell'anno, la diluizione di carichi inquinanti).

5.2 Calcolo del deflusso ecologico

Nella Tabella riportata nell'allegato C del Regolamento regionale n. 14 del 27 dicembre 2021 Disposizioni per l'implementazione del deflusso ecologico (B.U. 28 dicembre 2021, 5° suppl. al n. 51) il T. Cervo (compreso nella Regione Idrografica Omogenea definita **GRUPPO D)** è caratterizzato dai seguenti parametri:

COD. CI	Regione Idrog. Omogenea	S	Q	N	F	Z max (Q,N,F)	DMV_{base}
01SS2N105P1	GRUPPO D	80	1	1	1	1	0.49
		km^2					m^3/s

Al fine di definire il valore del DMV_{base} DE valido per il bacino sotteso all'impianto in esame, è stato considerato rappresentativo correlare il valore riportato in tabella al rapporto fra le superfici dei bacini, da cui:

$DMV_{baseS.Paolo}$= 0.369 mc/sec

Il valore del DEFLUSSO ECOLOGICO come anticipato viene definito sulla base della formula $DE = DMV_{Base} * T$

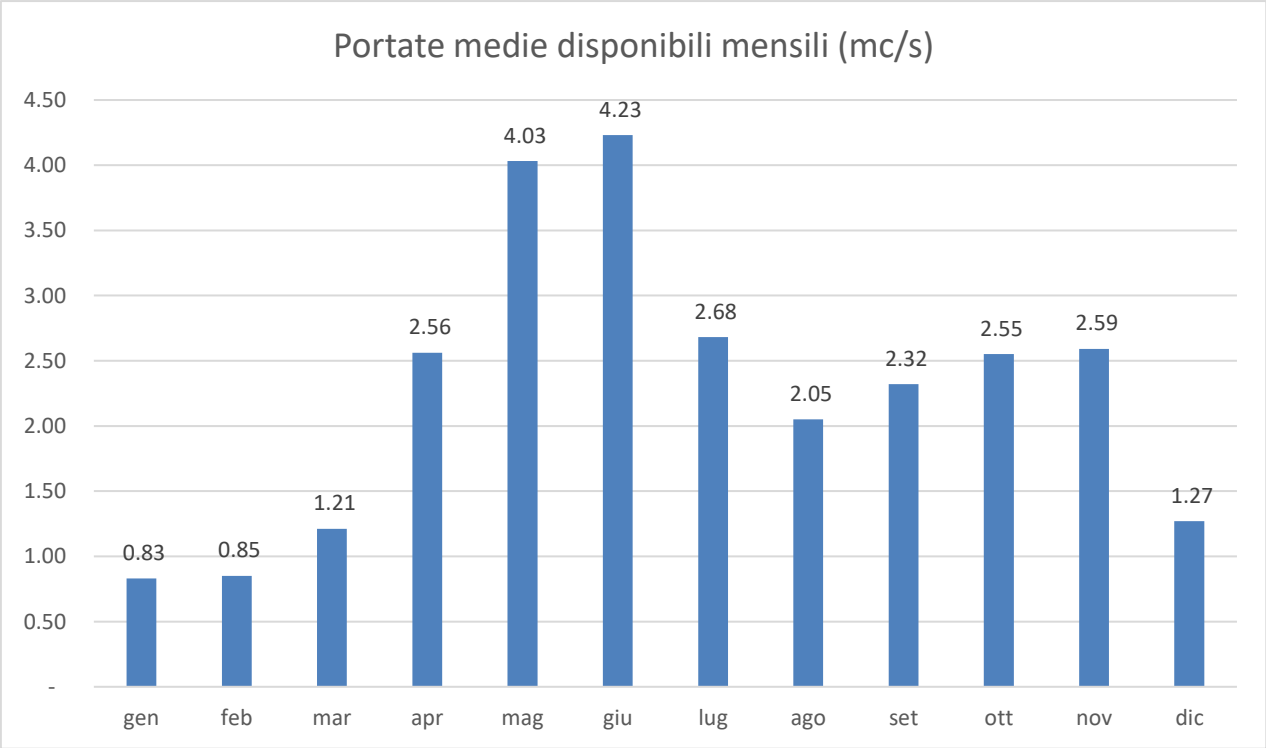
Ai sensi dell'art 3 del Decreto del Presidente della Giunta regionale 27 dicembre 2021, n. 14/R. Regolamento regionale recante: "Disposizioni per l'implementazione del deflusso ecologico", **poichè il corpo idrico in oggetto ha un bacino idrografico di area inferiore a 100 kmq non è soggetto alla modulazione della portata (T).**

Da cui:

$$DE_{S.Paolo} = 0{,}369 \ mc/s = 369 \ l/s$$

6 Portate medie disponibili

Nel seguente grafico è illustrata la distribuzione su base mensile delle portate medie disponibili (ai fini della derivazione) considerate come portate medie mensili naturali (par. 4.3.3) diminuite del valore del DE (par. 5.2).



7 Compatibilità della concessione con la disponibilità idrica

La concessione a derivare dell'IMPIANTO IDROELETTRICO SAN PAOLO CERVO sul torrente cervo è stata rilasciata alla soc. IDROELETTRICA SAN PAOLO nel 1995 con Deliberazione Giunta Regionale n. 96/45188 del 26/04/1995, per valori di portate medie derivabili pari a 1.000 l/s (10.0 moduli) e portate massime pari a 1500 l/s.

Con Determinazione n. 2612 del 13/10/2011, viene prescritto il rilascio di una portata pari a 312 l/s in qualità di Deflusso Minimo Vitale lungo il T. Cervo a valle della derivazione.

Parametri di concessione			
Portata media derivabile	Q_{media}	1.000	l/s
Portata massima derivabile	$Q_{massima}$	1.500	l/s
Deflusso Ecologico		312	l/s

A seguito dei calcoli idrologici e del conteggio del Deflusso Ecologico dell'IMPIANTO IDROELETTRICO SAN PAOLO DI CERVO sul Torrente Cervo, i valori risultato compatibili con le portate naturali del corso d'acqua:

Portate naturali T. Cervo			Dati di concessione		
Q_{MEDIA}	DE	$Q_{disponibile}$	Q_{media}	$Q_{massima}$	
2.66	0.369	2.27	1.0	1.5	m^3/s

Volume medio annuo derivabile	31.536.000 m^3

8 Modalità di rilascio DE

Per adeguare il Deflusso Ecologico agli obblighi derivanti dall'entrata in vigore del D.P.G.R. 27 dicembre 2021, n°14/R e per adeguare la scala di risalita della fauna ittica con il relativo stramazzo alle normativa le indicazioni approvate con D.G.R. 13 luglio 2015, n°25-1741 "Approvazione delle "Linee guida tecniche per la progettazione e il monitoraggio dei passaggi per la libera circolazione della fauna ittica" ai sensi della L.r. 37/2006 art. 12 commi 6-7, è stata abbandonata la preesistente scala di risalita dei pesci di cui al progetto a firma degli ing. Ubertalli e Carrera datato 15 dicembre 2003 che non trova più corrispondenza con le indicazioni approvate con DGR 13 luglio 2015 n. 25-1741.

Allo scopo è stata progettata una nuova scala di risalita della fauna ittica a bacini successivi dimensionata per garantire un costante passaggio di una parte del Deflusso Ecologico calcolato di **369 l/s.**

Ai sensi dell'art 3 del Decreto del Presidente della Giunta regionale 27 dicembre 2021, n. 14/R. Regolamento regionale recante: "Disposizioni per l'implementazione del deflusso ecologico", poichè il corpo idrico in oggetto ha un bacino idrografico di area inferiore a 100 kmq **non è soggetto alla modulazione della portata (T)** .

Le valutazioni del Deflusso Ecologico ed i calcoli necessari per un corretto dimensionamento del passaggio per la libera circolazione della fauna ittica sono riportati nell'elaborato 1.4 "deflusso ecologico e scala risalita fauna ittica", il progetto grafico è riportato nell'elaborato 5.1 "Opera di presa – pianta e sezioni da AA a FF" e nell'elaborato 5.2 "Opera di presa –sezioni da GG a LL" a cui si rimanda.

9 Misura portata derivata

Il misuratore di portata turbinata è posto sulla condotta forzata a valle della vasca piezometrica, in un pozzetto completamente interrato collegato mediante cavidotti interrati ai quadri di centrale.

Il Misuratore di portata è del tipo FLEXIM - FLUXUM ADM 5107, ad ultrasuoni con rilevamento del passaggio dell'acqua nella condotta principale che porta alla turbina. Il dispositivo è costituito da:

- Una coppia di sensori ad ultrasuoni piezoceramici, fissati su supporti preformati saldati direttamente alla condotta forzata.
- Unità elettronica di amplificazione, conversione e trasmissione del segnale a microprocessore, atta a ricevere il segnale proveniente dai trasduttori ultrasonici, a trasformarlo in un segnale a 4-20 mA proporzionale al campo di portata preimpostato.
- Campo di misura in base alla velocità del fluido in condotta da 1-10 m/s
- Alimentazione 24 V
- 2 totalizzatori selezionabili con conteggio uni-bidirezionale (volume totale, massa totale)
- Display alfanumerico 2x16 digits per indicazione di portata, totalizzazione, regolazione, codice errore.

Precisione del sistema:+/- 0.50 % del valore di portata istantanea.

Le portate ed i volumi di acqua turbinati oltre che essere misurate direttamente a mezzo del dispositivo sopra descritto, possono essere verificati mediante misurazioni indirette a seguito delle produzioni di energia elettrica della centralina idroelettrica.

10 Portate di massima piena

Le portate di massima piena attese al Torrente Cervo all'altezza della traversa oggetto d'intervento sono state valutate attenendosi ai dati riportati in:

1. *Piano per la valutazione e la gestione del rischio di alluvioni (Art. 7 della Direttiva 2007/60/CE e del D.lgs. n. 49 del 23.02.2010) - **Profili di piena dei corsi d'acqua del reticolo principale (Marzo 2016**).*

2. *Autorità di Bacino del Fiume Po. Studio di fattibilità della sistemazione idraulica: - del Fiume Sesia, nel tratto da Varallo Sesia alla confluenza in Po; - del torrente Cervo, nel tratto da Passo Breve alla confluenza in Sesia; del Torrente Elvo, nel tratto da Occhieppo alla confluenza in Cervo. (30 aprile 2004).*

In entrambe gli studi di riferimento sono riportati i valori delle piene stimate alla sezione di Passo Breve, posta circa 3.3 km a valle della traversa dell'impianto idroelettrico in esame.

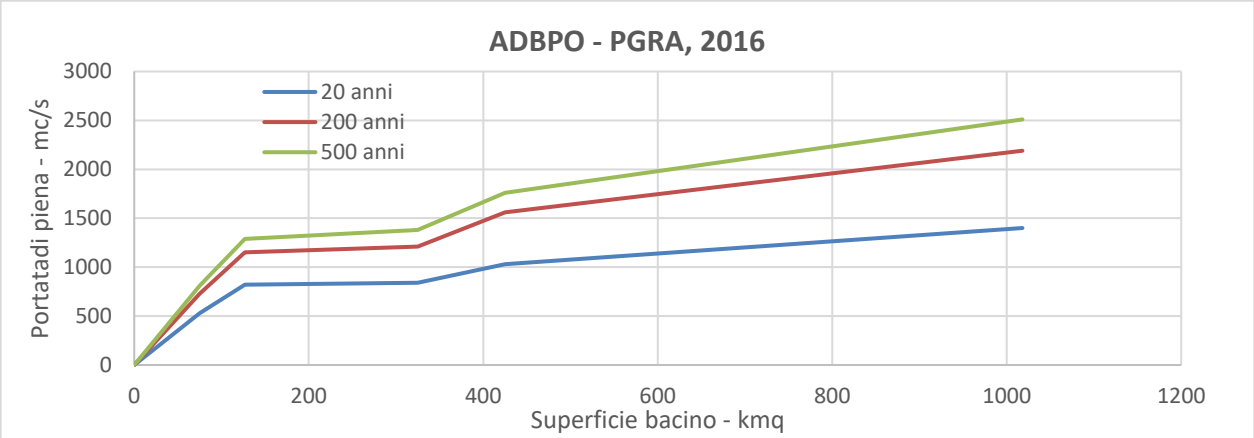
I dati sono stati confrontati con i risultati del modello afflussi-deflussi (Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica del PAI redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Po) applicato al bacino sotteso attenendosi ai valori di pioggia massima attesa riportati in Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense ed i Parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni.

10.1 I dati idraulici ed idrologici disponibili

Nella tabella 4.11: portate di piena per i corsi d'acqua principali del bacino del Sesia (Sesia, Cervo, Elvo) del Piano per la valutazione e la gestione del rischio di alluvioni, per il T. Cervo sono riportati i seguenti valori delle portate di piena:

Bacino	Corso d'acqua	Progr.	Sezione		Superficie	Q20	Q200	Q500	Idrometro
		km	Cod.	Denominazione	km²	m³/s	m³/s	m³/s	Denominazione
Sesia	Cervo	12.782	CE 83	Passobreve	75	530	730	810	Cervo a Passobreve
Sesia	Cervo	19.976	CE 63	Biella	127	820	1150	1290	
Sesia	Cervo	25.821	CE 51	Vigliano Biellesese	-	820	1150	1290	Cervo a Vigliano
Sesia	Cervo	35.452	CE 38	valle confl. Strona Cossato	325	840	1210	1380	
Sesia	Cervo	48.419	CE 20	Balocco	425	1030	1560	1760	
Sesia	Cervo	61.043	CE 2	Quinto Vercellese	1018	1400	2190	2510	Cervo a Quinto V.

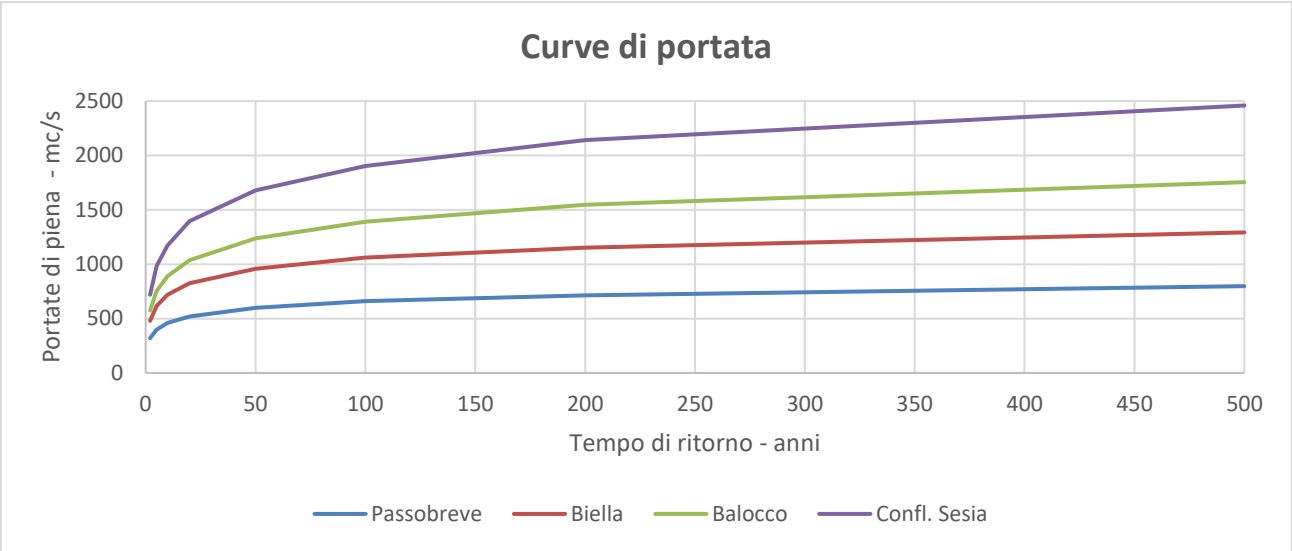
Nel seguente diagramma i valori di portata del T. Cervo valutate alle differenti sezioni sono rapportati alla superficie sottesa.



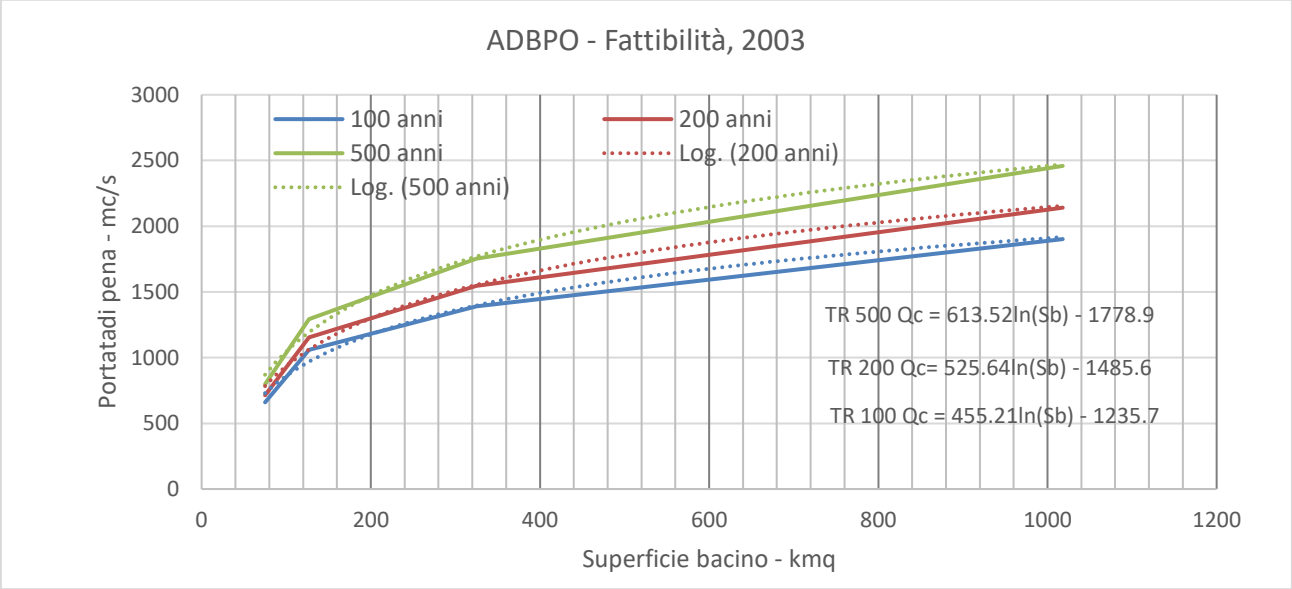
Nello *Studio di fattibilità della sistemazione idraulica (2004)* per la valutazione delle portate di piena attesa lungo il T. Cervo sono stati elaborati i valori delle portate di piena registrati alla stazione di *Passobreve* (16 valori, registrati nel periodo 1936 – 2002). I dati sono stati oggetto di analisi statistica (con elaborazione degli idrogrammi di piena) e

confrontati con i risultati dell'analisi modellistica con riferimento all'evento di piena del giugno 2002. I risultati sono riassunti nella seguente tabella:

ADBPO- Studio fattibilità, 2003: ANALISI MODELLISTICA								
				TR				
Sezione	Denominazione	Prog.	Superf.	20	50	100	200	500
		km	kmq	anni	anni	anni	anni	anni
	Passobreve	12.782	75	520	599	660	714	798
	Biella	19.976	127	824	958	1060	1153	1292
	Balocco	35.452	325	1036	1236	1391	1546	1754
	Confluenza Sesia	61.043	1018	1395	1678	1902	2141	2459

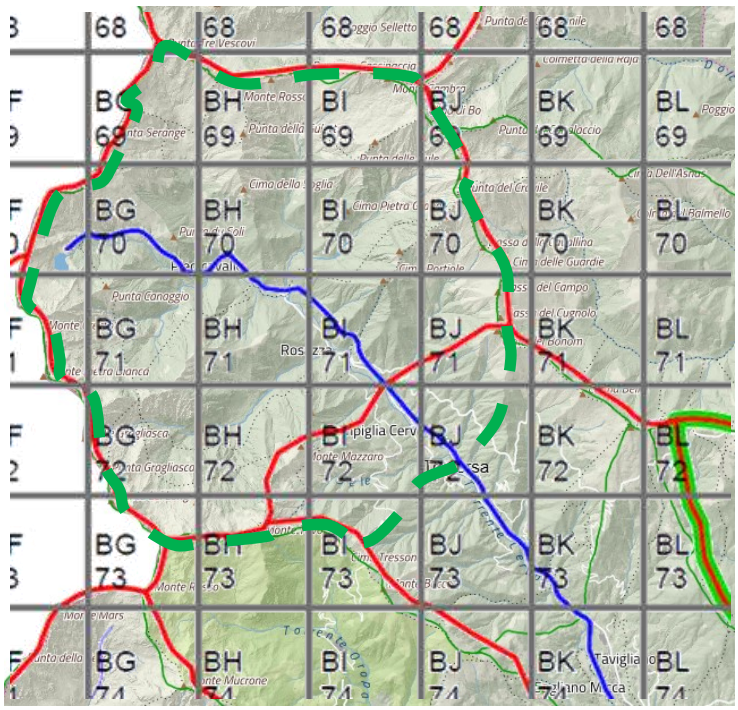


Nel seguente grafico i valori di portata per tempi di ritorno pari a 100, 200 e 500 anni sono correlati alle superfici dei bacini sottesi: per ogni TR, nel grafico sono riportate le curve logaritmiche di tendenza Qc/Sb.



Nell'ALLEGATO 3 della Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica del PAI redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Po è riportata la Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense ed i Parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni con dettaglio chilometrico.

Di seguito si riporta l'estratto incentrato sul bacino del T. Cervo (con indicato il limite del bacino interessato) ed i valori medi pesati dei parametri **a** e **n** per tempi di ritorno TR di 20, 100 e 200 anni:



MEDIA PESATA DEI PARAMETRI DELLE LINEE SEGNALATRICI DI PROBABILITA' PLUVIOMETRICA

TR (anni)	20	100	200
a	48.27	60.87	66.30
n	0.55	0.55	0.55

10.2 Stima delle portate di massima piena attese alla traversa

Attenendosi ai dati riportati nella documentazione di riferimento, sono stati valutate le portate di massima piena attese alla traversa dell'impianto idroelettrico, considerando gli elementi geometrici del bacino sotteso (S_b = 60.3 km^2; L = 10.0 km).

10.2.1 Correlazione con i dati PGRA 2016

Sulla base dei valori di piena riportati nel *Piano per la valutazione e la gestione del rischio di alluvioni*, valutata la posizione della traversa a circa 3.3 km a monte della sezione di Passobreve, il calcolo delle portate di piena all'impianto idroelettrico è stata effettuato considerando l'afflusso medio unitario di piena della sezione di Passobreve;

		TR			
		20	**200**	**500**	
		anni	anni	anni	
Portata media unitaria (SEZIONE DI PASSOBREVE)		7.07	9.73	10.80	mc/s°kmq
TRAVERSA IMPIANTO IDROELETTRICO	**60.3**	426.1	586.9	651.2	mc/s

10.2.2 Correlazione con i dati AIPO 2003

Attenendosi alle espressioni delle curve di tendenza Qc/Sb riportate nel precedente paragrafo, sono state valutate le portate attendibili:

		TR		
	Superf.	**100**	**200**	**500**
	kmq	anni	anni	anni
		8.80	9.52	10.64
Sb =	**60.3**	530.6	574.1	641.6

10.2.3 Modello afflussi/deflussi con piogge regionalizzate

Il valore degli apporti meteorici conseguenti ad una precipitazione intensa è calcolato mediante le curve di possibilità climatica, definite dalla seguente espressione:

$$h_d(T_r) = a(T_r)d^n$$

dove:

d = durata della precipitazione (ore)

h = altezza di pioggia (mm)

a e n = parametri che dipendono dal tempo di ritorno (Tr).

I parametri delle curve di possibilità climatica disponibili per il settore in esame sono stati desunti dai documenti PAI da cui:

Parametri regionalizzati			
T_r =	**20**	**100**	**200**
a =	48.27	60.87	66.30
n =	0.547	0.549	0.551
h_c =	68.93	87.07	94.93

La portata di piena di un dato bacino idrografico è definita dalla quota parte della precipitazione che effettivamente da origine al deflusso superficiale ed indicata in letteratura come "*precipitazione netta*". L'entità delle perdite idrologiche è espressa dal coefficiente di afflusso (Φ):

$P_{net} = \emptyset \times P$ dove P è l'apporto meteorico.

Attenendosi ai dati relativi ai volumi di piena riportati nello *Studio di fattibilità AIPO, 2003* sono stati stimati i valori dei coefficienti di deflusso per gli eventi attesi alla sezione di *Passobreve*, espressi dal rapporto

$$Q_{(TR)}/(V_{(TR)} x t_c)$$

dove con tc è inteso il tempo di corrivazione calcolato con la seguente formula:

$$T_c=(4\sqrt{(A_b)}+1.5L)/(0.8\sqrt{(H_m)})=$$

CERVO				
PORTATE AL COMO DI PIENA				
TR	Passobreve	Biella	Balocco	Confl. Sesia
anni	Q (mc/s)			
2	320	479	574	719
5	399	617	755	985
10	459	718	890	1174
20	520	825	1036	1395
50	599	958	1236	1678
100	660	1060	1391	1902
200	714	1153	1546	2141
500	798	1292	1754	2459
L =	12.782	19.976	35.452	61.043
tc =	1.77	2.61	5.99	12.18
Qmedia	1450	1294	683	506
Sb (kmq)	75	127	325	1018
		Volumi mc		
2	5.00E+06	8.00E+06	2.10E+07	3.70E+07
5	6.00E+06	9.00E+06	2.60E+07	4.60E+07
10	7.00E+06	1.00E+07	3.00E+07	5.30E+07
20	8.00E+06	1.20E+07	3.40E+07	6.00E+07
50	8.00E+06	1.30E+07	3.90E+07	7.00E+07
100	9.00E+06	1.40E+07	4.30E+07	7.70E+07
200	1.00E+07	1.50E+07	4.60E+07	8.40E+07
500	1.10E+07	1.70E+07	5.20E+07	9.40E+07
		Q/V		
2	0.000064	0.000060	0.000027	0.000019
5	0.000067	0.000069	0.000029	0.000021
10	0.000066	0.000072	0.000030	0.000022
20	0.000065	0.000069	0.000030	0.000023
50	0.000075	0.000074	0.000032	0.000024
100	0.000073	0.000076	0.000032	0.000025
200	0.000071	0.000077	0.000034	0.000025
500	0.000073	0.000076	0.000034	0.000026
		Q/V*tc		
2	0.407	0.562	0.590	0.852
5	0.423	0.644	0.626	0.939
10	0.417	0.674	0.640	0.971
20	0.413	0.645	0.657	1.019
50	0.476	0.692	0.684	1.051
100	0.466	0.711	0.698	1.083
200	0.454	0.722	0.725	1.118
500	0.461	0.713	0.728	1.147

Considerando i deflussi stimati per il T. Cervo, per il bacino sotteso viene calcolato il valore della Pioggia netta (P_{net}) ed stimate le portate per i diversi tempi di ritorno considerando:

$Q_l = P_{net} * A_b / T_c$

Per i valori di portata liquida calcolati per TR = 20, 100 e 200 anni risultano pari:

TR	20	100	200	anni
P_{net} =hc*Q/V*tc =	28.49	40.60	43.10	mm
$Q_c = P_{net}*A_b/T_c$=	248.7	354.4	376.2	mc/s

Le caratteristiche torrentizie del corso d'acqua, come registrato nei recenti eventi alluvionali, comportano che durante gli eventi di piena possano verificarsi fenomeni di trasporto solido legati alla movimentazione del materiale in alveo e ad apporti dei tributari. Ne consegue dunque che la portata critica attesa sia superiore alla portata liquida calcolata, con valori che considerino gli aumenti di volume legati alle concentrazioni detritiche massime possibili (sono esclusi i fenomeni di colata o debris flow). In linea di massima, l'incremento di portata causato dai fenomeni di trasporto solido risulta compreso fra 13 e 54 % da cui:

TR	20	100	200	anni
$Q_{L+S\ min}$ =	281.0	400.4	425.1	mc/s
$Q_{L+S\ max}$ =	382.9	545.7	579.3	mc/s

10.3 Sintesi dei risultati

Nella seguente tabella sono riportati i valori delle portate di piena stimate con i metodi illustrati nei precedenti paragrafi:

	TR (anni)		
	100	200	500
DATI PGRA 2016	-	586.9	651.2
DATI AIPO 2003	530.6	574.1	641.6
MODELLO AFFLUSSI DEFLUSSI	545.7	579.3	-

I risultati ottenuti mediante l'utilizzo delle informazioni disponibili risultano fra loro in accordo: ai fini della modellazione idraulica del deflusso della piena attesa lungo il T. Cervo all'altezza dell'impianto in esame si ritiene significativo considerare le portate definite utilizzando i dati AIPO 2003 per TR = 100 anni ed il dato ottenuto utilizzando le informazioni del PGRA 2016 per TR = 200 anni.

11 Compatibilità idraulica delle opere

A supporto del progetto in esame sono state condotte le verifiche di compatibilità idraulica modellando il deflusso delle portate di piena attese attenendosi agli aspetti geometrici dell'alveo e delle aree di fondovalle ottenuti dal rilievo fotogrammetrico APR

La modellazione del deflusso di piena è stata condotta utilizzando il programma di calcolo HEC RAS considerando sia lo stato di fatto dei luoghi (rappresentato nei rilievi topografici eseguiti a supporto del progetto) sia le ipotesi di progetto.

11.1 Aspetti geometrici e morfologici

Il quadro geometrico dell'alveo e delle aree di fondovalle è stato ricostruito avvalendosi delle riprese aero-fotogrammetriche acquisite con l'utilizzo di APR (*Sistema Aeromobile a Pilotaggio Remoto*), quadricottero prodotto dalla cinese DJI per operazioni di fotografia aerea. Il sistema è sinteticamente composto da:

- UAS (Unmanned Aerial Sistema) Mavic Air 2s: quadricottero del peso complessivo di 570g dotato quattro rotori montati di supporti pieghevoli.
- Fotocamera: stabilizzata con sensore da 1/2" che scatta foto sino a 48MP e registra video in 4K a 60fps.
- Radiocomando: sistema di trasmissione OcuSync 2.0 collegato a tablet Cedar CT8 10 " Rugged

Di seguito sono elencate i dati e le principali caratteristiche del sistema:
Operatore Studio d'Ingegneria Riva e Ass. (Cod. Operatore ITEieRLrJZ)
Pilota Berneri Massimiliano (certificato di competenza Pilota Remoto cat. A1/A3 A2 numero ITA-RP-000001936aba - Attestato di Competenza di Pilota Remoto IT-STS n. ITA-RP-000001936aba)
Identificazione componenti UAS: St_Riva_002 - Targa: ITA-4287087
Intervallo di collegamento radio: 3 km nominali (fino a 8 km)
Software di pianificazione e controllo di volo: LITCHI
Velocità di crociera: 4-6 m/s
Max. tempo di volo: 25 minuti x sessione
Altezza di volo del terreno: 25/35 m
CARATTERISTICHE TECNICHE
Parametri di volo: Massima velocità in salita 4m/s (modalità S) 4m/s (modalità N)
Massima velocità di discesa: 3m/s (modalità S) 3m/s (modalità N) 5m/s (modalità S in discesa rapida) 3m/s (tutte le modalità a quota oltre 4500m)
Quota massima di tangenza sopra il livello del mare: 5000 metri
Massima distanza di volo: 18,5 km
Massima velocità orizzontale: 19m/s (modalità S) 12m/s (modalità N) 5m/s (modalità T)
Resistenza al vento: 8,5-10,5m/s (livello 5)
Angolo massimo di inclinazione: 35° (modalità S) 20° (modalità N) - 35° con vento forte
Massima velocità angolare: 250°/s (modalità S) 250°/s (modalità N)
Frequenza operativa: 2.400-2.4835GHz, 5.725-5.850GHz
Eliche: sgancio rapido, silenziose, pieghevoli
Sistemi satellitari: GPS+Glonass
Bussola: bussola digitale
IMU: IMU singola
Memoria: interna 8GB, espansa con micro SD 32 GB
Fotocamera: Sensore da 1/2" CMOS, pixel effettivi 12MP e 48MP
Obiettivo: angolo di visione di 84°, lunghezza focale equivalente 24mm, apertura f/2.8, distanza di ripresa da 1mt a infinito
ISO: video da 100 a 6400, foto a 12MP da 100 a 6400, foto a 48MP da 100 a 3200
Modalità foto: Singolo: 12 MP e 48 MP, Raffica: 12 MP, 3/5/7 fotogrammi

Bracketing automatico dell'esposizione (AEB): 12 MP, 3/5 fotogrammi a 0,7 EV, A tempo: 12 MP 2/3/5/7/10/15/20/30/60 secondi - SmartPhoto: Riconoscimento scene, Hyperlight e HDR - Panorama HDR: Verticale (3×1): 3328×8000 pixel (lunghezza×altezza), Ampiezza (3×3): 8000×6144 pixel (lunghezza×altezza), Panorama 180° (3×7): 8192×3500 pixel (lunghezza×altezza), Sfera (3×8+1): 8192×4096 pixel (lunghezza×altezza)

Formato foto: JPEG/DNG (RAW)

Stabilizzatore: 3 assi (inclinazione, rollio, panorama)

Per migliorare l'accuratezza assoluta del rilievo sono state posizionate a terra delle piastre fotogrammetriche (Geotarget-GCP) le cui coordinate sono state rilevate con elevata accuratezza con ricevitore GNSS RTK e/o stazione Totale. Nello specifico sono stati posizionati n.5 GCP punti di controllo, uniformemente distribuiti sul terreno rilevato in modo da ricostruire un modello tridimensionale preciso.

Le stesse sezioni, opportunamente modificate in funzione delle opere previste, sono state utilizzate per la modellazione idraulica delle **ipotesi di progetto**

11.2 Modellazione del deflusso di piena

L'analisi del deflusso della piena, finalizzata alla quantificazione delle condizioni di moto della corrente definite nei valori dei livelli idrici e delle velocità della corrente all'interno dell'alveo inciso e nelle zone golenali o inondate, è stata condotta mediante la ricostruzione dei profili liquidi di moto permanente gradualmente vario (nei termini spaziali e non temporali) utilizzando il programma **HEC-RAS River Analysis System** (Version 6.6 september 2024) sviluppato da U.S. Army Corp of Engineers - Hydrologic Engineering Center e disponibile sul sito http://www.hec.usace.army.mil/.

11.2.1 Il modello di calcolo

Il programma permette di effettuare calcoli idraulici monodimensionali: la procedura di calcolo adottata è nota come *Stantard Step Method* e consiste nell'integrazione dell'equazione del bilancio energetico. Il metodo si basa sulla soluzione delle equazioni monodimensionali dell'energia:

$$Z_2 + Y_2 + \frac{a_2 \times V_2^2}{2 \times g} = Z_1 + Y_1 + \frac{a_1 \times V_2^2}{2 \times g} + h_e$$

dove:

Z_1, Z_2 = quota del fondo dell'alveo

Y_1, Y2 = spessore della lama d'acqua alla sezione

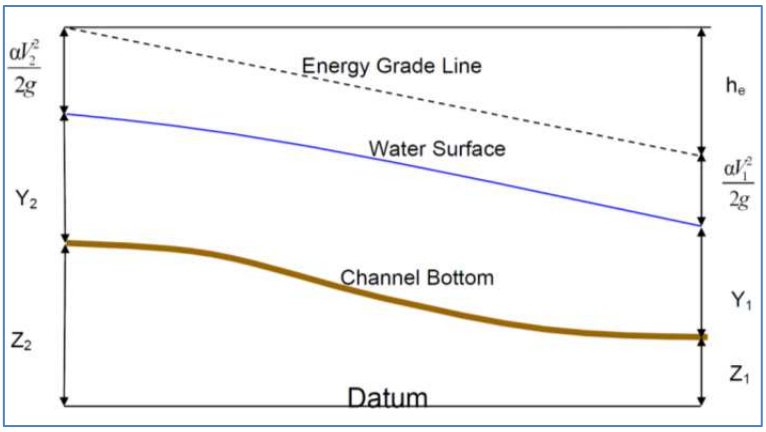
V_1, V_2 = velocità media

a_1, a_2 = coefficiente della velocità

g = accelerazione di gravità

h_e = perdite energetiche.

Le perdite di energia (h_e) considerate sono legate all'attrito (e definite dall'Equazione di Manning), alla contrazione o espansione della corrente che avviene al variare delle sezioni di deflusso (valutate tramite un coefficiente che moltiplica la variazione dell'altezza cinetica) ed all'attraversamento dei ponti.



Nel diagramma a margine è rappresentato il teorico rapporto fra i termini della perdita di energia lungo un tratto di corso d'acqua, calcolati mediante la seguente relazione:

$$WS_1 + \frac{\alpha_1 \cdot V_1^2}{2g} = WS_2 + \frac{\alpha_2 \cdot V_2^2}{2g} + h_{L1-2}$$

dove:

WS_1, WS_2	=	quota del pelo libero della corrente fra due sezioni di calcolo;
V_1, V_2	=	velocità medie
$\alpha 1$, $\alpha 2$	=	coefficienti energetici
h_{L1-2}	=	perdita di carico dovute sia all'attrito che alla contrazione e all'espansione che si verifica fra de sezioni considerate.

Il valore delle perdite di carico può essere suddiviso nella somma tra le perdite per attrito h_f e perdite per espansione o contrazione h_0.

Il primo dei due termini è dato dal prodotto tra la pendenza d'attrito (*sf – friction slope*) e la distanza media L tra le due sezioni. Il secondo termine è il prodotto del coefficiente di contrazione (C_c) o di espansione (Ce) e la differenza dell'energia ragguagliata nelle due sezioni:

$$h_0 = C_{c,e}\left|\frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g}\right|$$

In caso di corrente lenta, i valori dei coefficienti di contrazione ed espansione vengono spesso assunti pari a 0.1 e 0.3 rispettivamente. In caso di corrente veloce invece risultano sensibilmente inferiori. Sostituendo l'espressione delle perdite di carico in quella delle perdite energetiche si ottiene:

$$WS_2 = WS_1 + \left(\frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} - \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g}\right) + Ls_f + C_{c,e}\left|\frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g}\right|$$

Tale espressione costituisce la forma dell'equazione dell'energia usata da HEC-RAS.

L'equazione della quantità di moto è utilizzata nei punti dove il profilo del pelo libero subisce brusche variazioni: questo si verifica, in condizioni di regime misto, nei punti di passaggio da corrente veloce a corrente lenta (risalti idraulici), oppure in corrispondenza di ponti.

In ragione delle condizioni dell'alveo, il calcolo è stato condotto considerando le seguenti condizioni relative alle modalità di deflusso:

regime di flusso rapido.

coefficienti di contrazione ed espansione del flusso rispettivamente pari 0.1 e 0.3.

11.2.2 Il coefficiente di Manning

Le perdite legate all'attrito sono definite dal coefficiente di Manning (n) che, come indicato in DIRETTIVA CONTENENTE CRITERI PER LA VALUTAZIONE DELLA COMPATIBILITA' IDRAULICA DELLE INFRASTRUTTURE PUBBLICHE E DI INTERESSE PUBBLICO ALL'INTERNO DELLE FASCE A E B – Autorità di Bacino del Fiume Po (aggiornata con deliberazione n. 10 del Comitato Istituzionale del 5 aprile 2006), può essere espresso dalla seguente formula:
$n = (n_0+n_1+n_2+n_3+n_4) \times m_5$

dove i valori dei singoli parametri tengono conto di:

a) materiale costituente l'alveo;
b) irregolarità della superficie;
c) variazione della forma e delle dimensioni della sezione trasversale
d) effetto relativo di ostruzioni
e) effetto della vegetazione
f) grado di sinuosità dell'alveo.

Attenendosi alle condizioni morfologiche e vegetazionali dell'alveo e del suo intorno, attenendosi ai valori di riferimento riportati della *Tabella 1* della normativa sopra citata, per la modellazione idraulica del tratto di alveo sono stati considerati i seguenti valori dell'indice di Manning:

	Indice di Manning	
Alveo	0.04	s/m^3
Aree esterne	0.03	s/m^3

11.3 Restituzione dati

I risultati della modellazione condotta sono riportati nella seguente tabella:

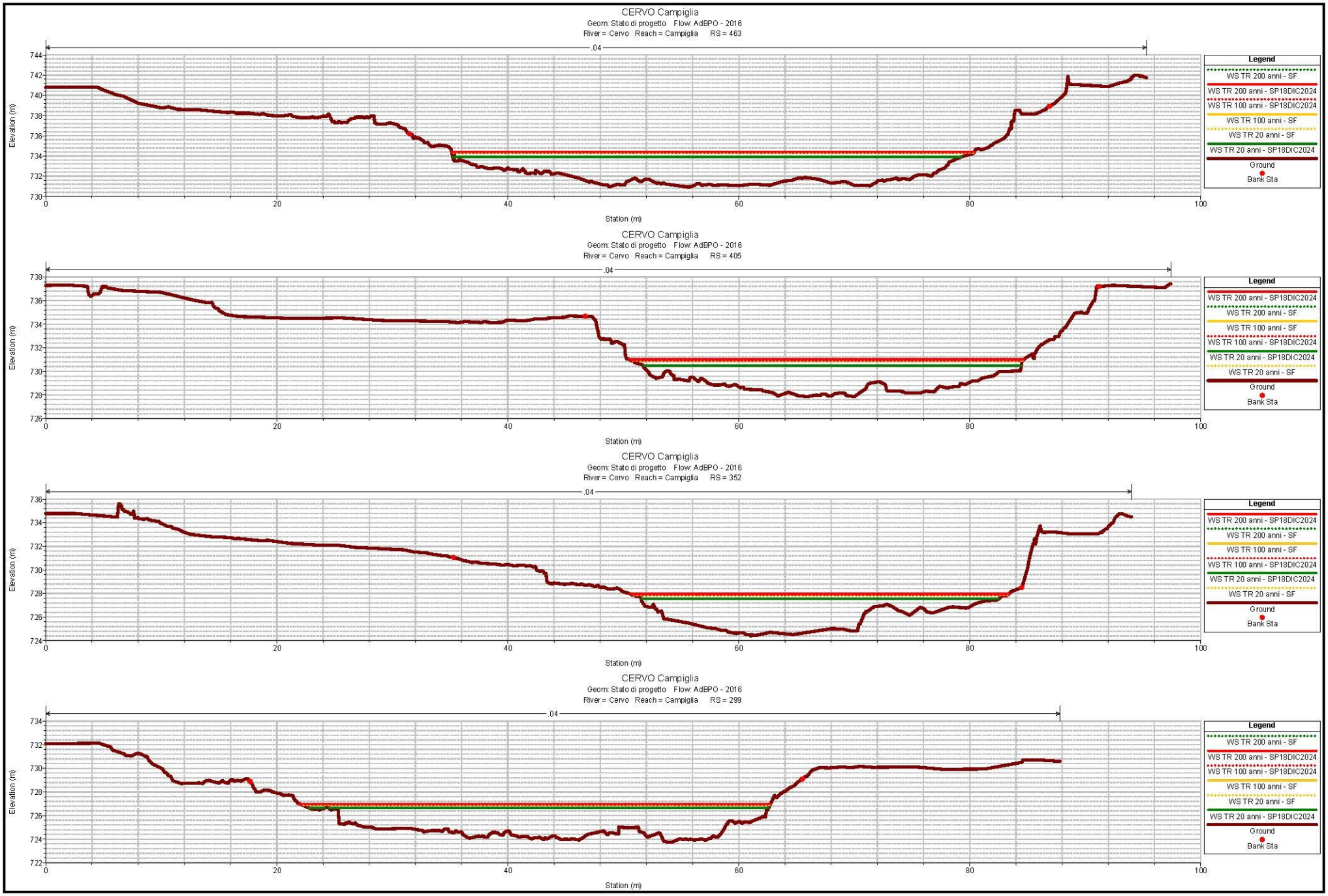
River Sta	Profile	Plan	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
463	TR 20 anni	SP	426	730.91	733.91	733.91	734.99	0.015091	4.59	92.87	44.01	1.01
		SF	426	730.91	733.91	733.91	734.99	0.015091	4.59	92.87	44.01	1.01
	TR 100 anni	SP	546	730.91	734.32	734.32	735.55	0.014427	4.93	110.86	45.18	1
		SF	546	730.91	734.32	734.32	735.55	0.014427	4.93	110.86	45.18	1
	TR 200 anni	SP	587	730.91	734.44	734.44	735.74	0.014296	5.05	116.33	45.26	1.01
		SF	587	730.91	734.44	734.44	735.74	0.014296	5.05	116.33	45.26	1.01
405	TR 20 anni	SP	426	727.85	730.51	731.37	733.33	0.051701	7.44	57.24	32.75	1.8
		SF	426	727.85	730.51	731.37	733.33	0.051701	7.44	57.24	32.75	1.8
	TR 100 anni	SP	546	727.85	730.89	731.82	733.99	0.045657	7.79	70.05	33.87	1.73
		SF	546	727.85	730.89	731.82	733.99	0.045633	7.79	70.06	33.87	1.73
	TR 200 anni	SP	587	727.85	731.02	731.96	734.2	0.043925	7.9	74.34	34.2	1.71
		SF	587	727.85	731.02	731.96	734.2	0.043986	7.9	74.3	34.2	1.71
352	TR 20 anni	SP	426	724.41	727.54	728.51	730.57	0.052304	7.72	55.2	30.95	1.85
		SF	426	724.41	727.54	728.51	730.57	0.052304	7.72	55.2	30.95	1.85
	TR 100 anni	SP	546	724.41	727.87	729.02	731.39	0.051558	8.31	65.68	32.5	1.87
		SF	546	724.41	727.87	729.02	731.39	0.051558	8.31	65.68	32.5	1.87
	TR 200 anni	SP	587	724.41	727.97	729.16	731.65	0.05109	8.5	69.07	32.81	1.87
		SF	587	724.41	727.97	729.16	731.65	0.051095	8.5	69.07	32.81	1.87
299	TR 20 anni	SP	426	723.74	726.65	727	728.21	0.026065	5.54	76.87	39.5	1.27
		SF	426	723.74	726.65	727	728.21	0.026065	5.54	76.87	39.5	1.27
	TR 100 anni	SP	546	723.74	726.91	727.4	728.9	0.02913	6.26	87.2	40.55	1.36
		SF	546	723.74	726.91	727.4	728.9	0.02913	6.26	87.2	40.55	1.36
	TR 200 anni	SP	587	723.74	726.98	727.54	729.14	0.030144	6.5	90.35	40.77	1.39
		SF	587	723.74	726.98	727.54	729.14	0.030144	6.5	90.35	40.77	1.39
258	TR 20 anni	SP	426	721.94	724.65	725.27	726.89	0.036642	6.63	64.67	33.78	1.51
		SF	426	721.94	724.65	725.27	726.89	0.036642	6.63	64.67	33.78	1.51
	TR 100 anni	SP	546	721.94	725.05	725.74	727.57	0.033408	7.06	78.08	34.11	1.47
		SF	546	721.94	725.05	725.74	727.57	0.033408	7.06	78.08	34.11	1.47
	TR 200 anni	SP	587	721.94	725.17	725.89	727.8	0.032765	7.2	82.34	34.26	1.47
		SF	587	721.94	725.17	725.89	727.8	0.032765	7.2	82.34	34.26	1.47
219	TR 20 anni	SP	426	719.99	723.55	724.1	725.68	0.025689	6.47	65.88	27.33	1.33
		SF	426	719.99	723.55	724.1	725.68	0.025689	6.47	65.88	27.33	1.33
	TR 100 anni	SP	546	719.99	724.03	724.65	726.45	0.024182	6.89	79.28	28.3	1.31
		SF	546	719.99	724.03	724.65	726.45	0.024182	6.89	79.28	28.3	1.31
	TR 200 anni	SP	587	719.99	724.23	724.81	726.65	0.024166	6.89	85.16	29.93	1.3
		SF	587	719.99	724.23	724.81	726.65	0.024166	6.89	85.16	29.93	1.3
183	TR 20 anni	SP	426	719.04	722.47	723.05	724.68	0.029061	6.59	64.71	28.54	1.38
		SF	426	719.04	722.47	723.05	724.68	0.029061	6.59	64.71	28.54	1.38
	TR 100 anni	SP	546	719.04	722.88	723.63	725.49	0.028026	7.16	76.79	29.68	1.38
		SF	546	719.04	722.88	723.63	725.49	0.028026	7.16	76.79	29.68	1.38

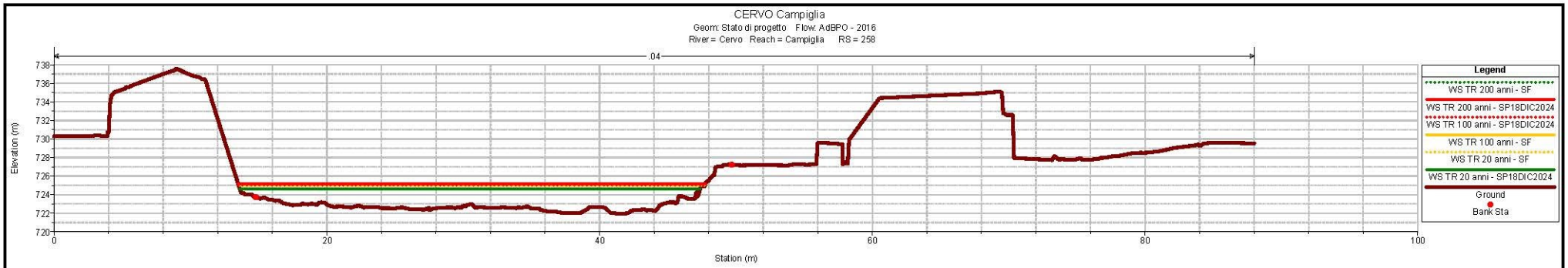
Passerella	167	TR 200 anni	SP	587	719.04	723.05	723.8	725.71	0.026643	7.24	81.85	30.11	1.36
			SF	587	719.04	723.05	723.8	725.71	0.026643	7.24	81.85	30.11	1.36
		TR 20 anni	SP	426	718.75	722.13	722.56	724.21	0.024978	6.39	66.62	25.35	1.26
			SF	426	718.75	722.13	722.56	724.21	0.024978	6.39	66.62	25.35	1.26
		TR 100 anni	SP	546	718.75	722.76	723.11	724.98	0.021052	6.61	82.66	25.49	1.17
			SF	546	718.75	722.76	723.11	724.98	0.021052	6.61	82.66	25.49	1.17
		TR 200 anni	SP	587	718.75	723.09	723.33	725.2	0.017989	6.43	91.26	26.06	1.09
			SF	587	718.75	723.09	723.33	725.2	0.017989	6.43	91.26	26.06	1.09
	152	TR 20 anni	SP	426	718.68	721.64	722.19	723.78	0.029703	6.49	65.66	29.14	1.38
			SF	426	718.68	721.64	722.19	723.78	0.029703	6.49	65.66	29.14	1.38
		TR 100 anni	SP	546	718.68	722.04	722.69	724.57	0.029068	7.04	77.53	29.49	1.39
			SF	546	718.68	722.04	722.69	724.57	0.029068	7.04	77.53	29.49	1.39
		TR 200 anni	SP	587	718.68	722.19	722.86	724.81	0.028217	7.16	81.99	29.61	1.37
			SF	587	718.68	722.19	722.86	724.81	0.028217	7.16	81.99	29.61	1.37
	138	TR 20 anni	SP	426	718.59	721.88	722	723.21	0.020781	5.1	83.59	36.36	1.07
			SF	426	718.59	721.88	722	723.21	0.020781	5.1	83.59	36.36	1.07
		TR 100 anni	SP	546	718.59	721.93	722.49	724.03	0.032255	6.41	85.28	36.64	1.33
			SF	546	718.59	721.93	722.49	724.03	0.032255	6.41	85.28	36.64	1.33
		TR 200 anni	SP	587	718.59	722	722.64	724.29	0.034443	6.71	87.69	37.02	1.38
			SF	587	718.59	722	722.64	724.29	0.034443	6.71	87.69	37.02	1.38
traversa	127	TR 20 anni	SP	426	719.8	722.59	722.59	723.91	0.013368	5.08	83.8	32.1	1
			SF	426	718.66	721.26	721.64	722.91	0.027005	5.69	74.83	37.93	1.29
		TR 100 anni	SP	546	719.8	723.28	723.28	724.57	0.013174	5.02	108.7	42.27	1
			SF	546	718.66	721.49	722.1	723.66	0.031619	6.51	83.82	38.58	1.41
		TR 200 anni	SP	587	719.8	723.42	723.42	724.76	0.013061	5.12	114.64	42.99	1
			SF	587	718.66	721.57	722.24	723.9	0.032983	6.76	86.81	38.84	1.44
	124	TR 20 anni	SP	426	715.27	718.44	719.92	723.45	0.099003	9.91	42.97	25.22	2.43
			SF	426	715.27	718.67	719.93	722.56	0.066371	8.74	48.76	25.38	2.01
		TR 100 anni	SP	546	715.27	718.87	720.51	724.09	0.079186	10.12	53.96	25.52	2.22
			SF	546	715.27	719.11	720.5	723.32	0.05817	9.09	60.09	26.27	1.92
		R 200 anni	SP	587	715.27	719.02	720.65	724.28	0.073817	10.16	57.79	25.58	2.16
			SF	587	715.27	719.25	720.65	723.57	0.056802	9.2	63.8	26.64	1.9
	119	TR 20 anni	SP	426	715.39	717.98	719.48	722.9	0.110026	9.82	43.38	25.28	2.39
			SF	426	715.39	718.17	719.48	722.18	0.080871	8.88	48	25.39	2.06
		TR 100 anni	SP	546	715.39	718.39	720.12	723.66	0.094477	10.16	53.73	25.54	2.24
			SF	546	715.39	718.59	720.12	722.98	0.071908	9.28	58.86	25.7	1.96
		R 200 anni	SP	587	715.39	718.53	720.27	723.87	0.089687	10.23	57.38	25.65	2.18
			SF	587	715.39	718.73	720.27	723.24	0.069711	9.4	62.44	25.94	1.93
	108	TR 20 anni	SP	426	715.15	718.49	719.7	721.72	0.039658	7.96	53.51	22.1	1.63
			SF	426	715.15	718.92	719.7	721.22	0.024748	6.71	63.46	23.79	1.31
		TR 100 anni	SP	546	715.15	719.03	720.26	722.52	0.036671	8.28	65.97	24.24	1.6
			SF	546	715.15	719.55	720.26	721.94	0.02622	6.84	79.79	30.25	1.35

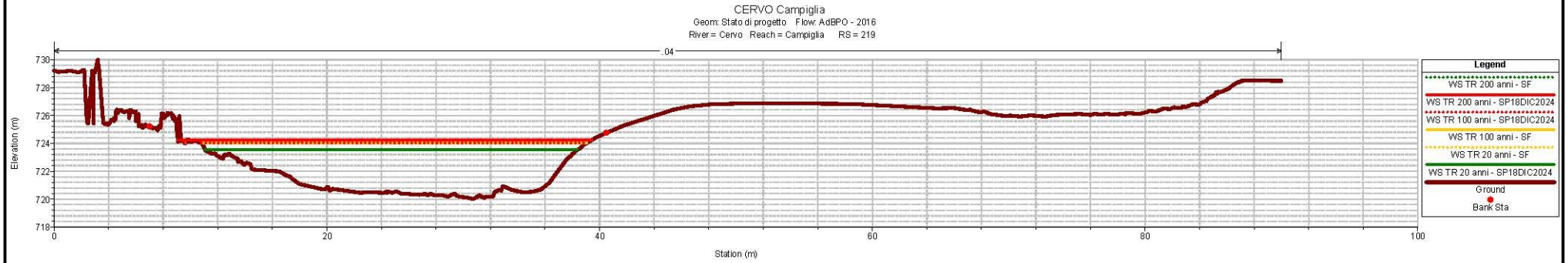
84	R 200 anni	SP	587	715.15	719.21	720.43	722.74	0.03593	8.32	70.53	25.31	1.59
		SF	587	715.15	719.68	720.43	722.18	0.028111	7	83.84	32.52	1.39
	TR 20 anni	SP	426	714.3	717.58	718.51	720.55	0.054149	7.63	55.8	31.12	1.82
		SF	426	714.3	717.66	718.51	720.38	0.048009	7.31	58.26	31.44	1.72
	TR 100 anni	SP	546	714.3	717.88	719.02	721.45	0.056371	8.37	65.25	31.92	1.87
		SF	546	714.3	718.05	719.02	721.08	0.043957	7.71	70.86	32.16	1.66
	TR 200 anni	SP	587	714.3	717.99	719.18	721.69	0.055117	8.51	68.97	32.08	1.85
		SF	587	714.3	718.18	719.18	721.3	0.043015	7.82	75.08	32.71	1.65
64	TR 20 anni	SP	426	713.74	716.75	717.55	719.55	0.040879	7.42	57.43	27.46	1.64
		SF	426	713.74	716.78	717.55	719.51	0.039124	7.32	58.23	27.48	1.6
	TR 100 anni	SP	546	713.74	717.14	718.3	720.41	0.039684	8.01	68.17	27.92	1.64
		SF	546	713.74	717.22	718.3	720.28	0.035801	7.75	70.49	27.99	1.56
	TR 200 anni	SP	587	713.74	717.27	718.46	720.67	0.038878	8.16	71.91	28.01	1.63
		SF	587	713.74	717.37	718.46	720.52	0.034547	7.86	74.68	28.07	1.54
35	TR 20 anni	SP	426	712.05	715.31	716.29	718.27	0.048275	7.62	55.89	26.79	1.69
		SF	426	712.05	715.32	716.29	718.25	0.047618	7.59	56.13	26.8	1.67
	TR 100 anni	SP	546	712.05	715.69	716.79	719.15	0.047196	8.25	66.21	27.49	1.7
		SF	546	712.05	715.72	716.79	719.1	0.04566	8.14	67.07	27.69	1.67
	TR 200 anni	SP	587	712.05	715.81	716.97	719.42	0.047416	8.42	69.75	28.12	1.71
		SF	587	712.05	715.85	716.97	719.35	0.045491	8.29	70.8	28.27	1.67

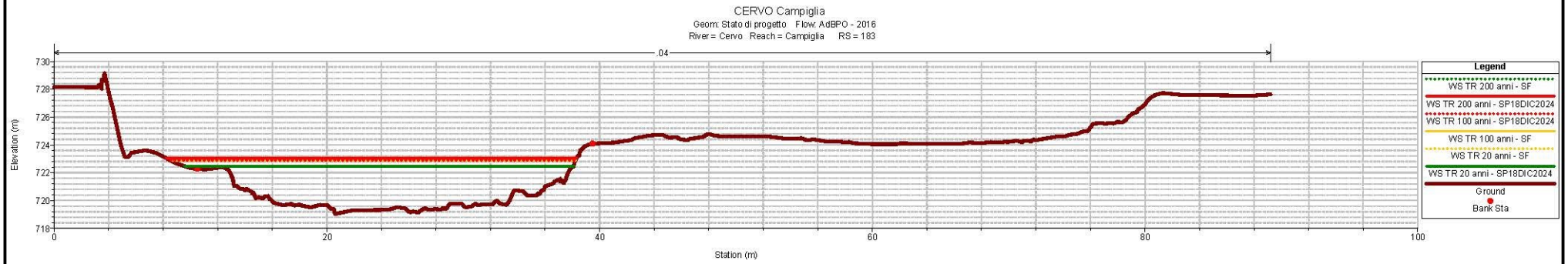
I risultati sono inoltre graficamente rappresentati nelle successive immagini costituite da:

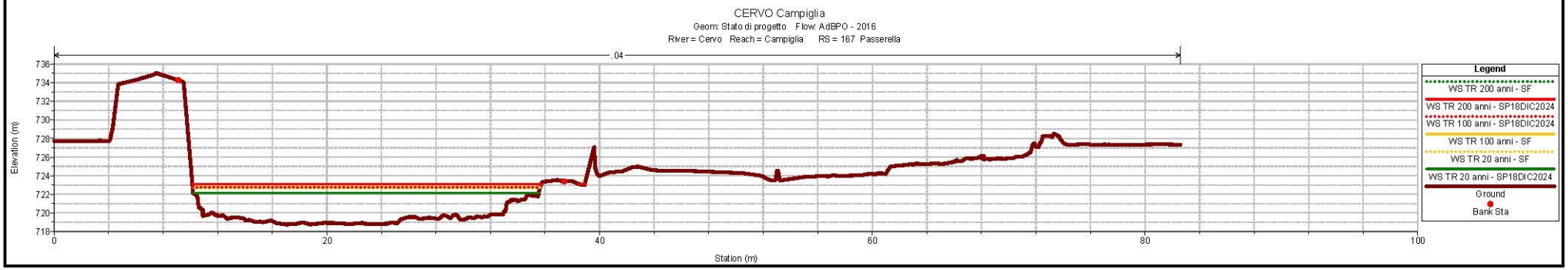
a)	stato di fatto	Sezioni idrauliche	Profilo di piena	Distribuzione velocità Distribuzione spessori della corrente
b)	stato di progetto	Sezioni idrauliche	Profilo di piena	Distribuzione velocità Distribuzione spessori della corrente

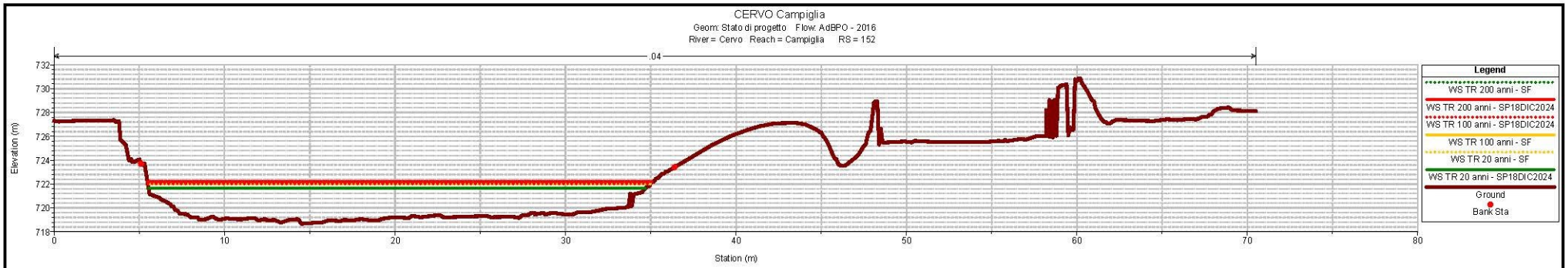

CERVO Campiglia
Geom: Stato di progetto Flow: AdBPO - 2016
River = Cervo Reach = Campiglia RS = 463
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS TR 200 anni - SF
WS TR 200 anni - SP18DIC2024
WS TR 100 anni - SP18DIC2024
WS TR 100 anni - SF
WS TR 20 anni - SF
WS TR 20 anni - SP18DIC2024
Ground
Bank Sta
CERVO Campiglia
Geom: Stato di progetto Flow: AdBPO - 2016
River = Cervo Reach = Campiglia RS = 405
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS TR 200 anni - SP18DIC2024
WS TR 200 anni - SF
WS TR 100 anni - SF
WS TR 100 anni - SP18DIC2024
WS TR 20 anni - SP18DIC2024
WS TR 20 anni - SF
Ground
Bank Sta
CERVO Campiglia
Geom: Stato di progetto Flow: AdBPO - 2016
River = Cervo Reach = Campiglia RS = 352
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS TR 200 anni - SP18DIC2024
WS TR 200 anni - SF
WS TR 100 anni - SF
WS TR 100 anni - SP18DIC2024
WS TR 20 anni - SP18DIC2024
WS TR 20 anni - SF
Ground
Bank Sta
CERVO Campiglia
Geom: Stato di progetto Flow: AdBPO - 2016
River = Cervo Reach = Campiglia RS = 299
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS TR 200 anni - SF
WS TR 200 anni - SP18DIC2024
WS TR 100 anni - SP18DIC2024
WS TR 100 anni - SF
WS TR 20 anni - SF
WS TR 20 anni - SP18DIC2024
Ground
Bank Sta

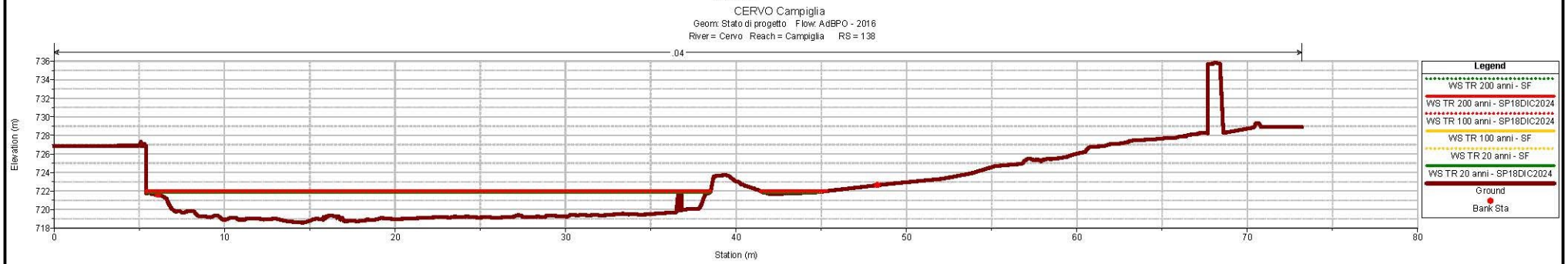

CERVO Campiglia
Geom: Stato di progetto Flow: AdBPO - 2016
River = Cervo Reach = Campiglia RS = 258
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS TR 200 anni - SF
WS TR 200 anni - SP18DIC2024
WS TR 100 anni - SP18DIC2024
WS TR 100 anni - SF
WS TR 20 anni - SF
WS TR 20 anni - SP18DIC2024
Ground
Bank Sta

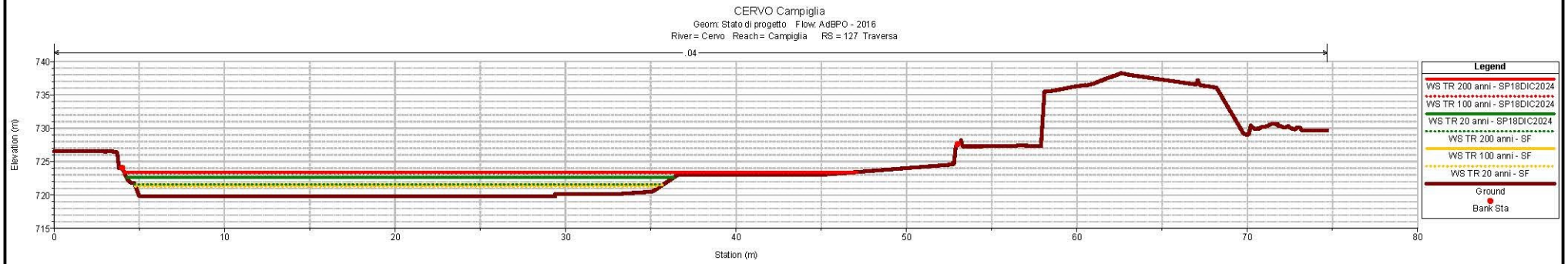

CERVO Campiglia
Geom: Stato di progetto Flow: AdBPO - 2016
River = Cervo Reach = Campiglia RS = 219
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS TR 200 anni - SF
WS TR 200 anni - SP18DIC2024
WS TR 100 anni - SP18DIC2024
WS TR 100 anni - SF
WS TR 20 anni - SF
WS TR 20 anni - SP18DIC2024
Ground
Bank Sta

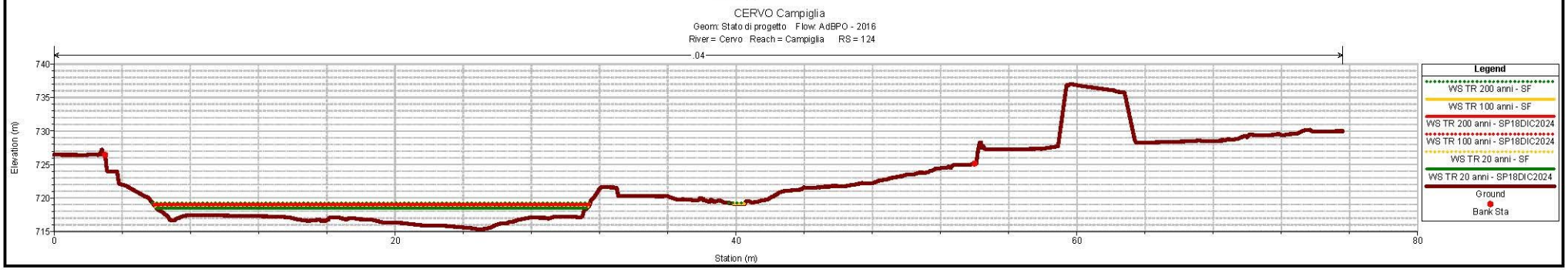

CERVO Campiglia
Geom: Stato di progetto Flow: AdBPO - 2016
River = Cervo Reach = Campiglia RS = 183
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS TR 200 anni - SF
WS TR 200 anni - SP18DIC2024
WS TR 100 anni - SP18DIC2024
WS TR 100 anni - SF
WS TR 20 anni - SF
WS TR 20 anni - SP18DIC2024
Ground
Bank Sta

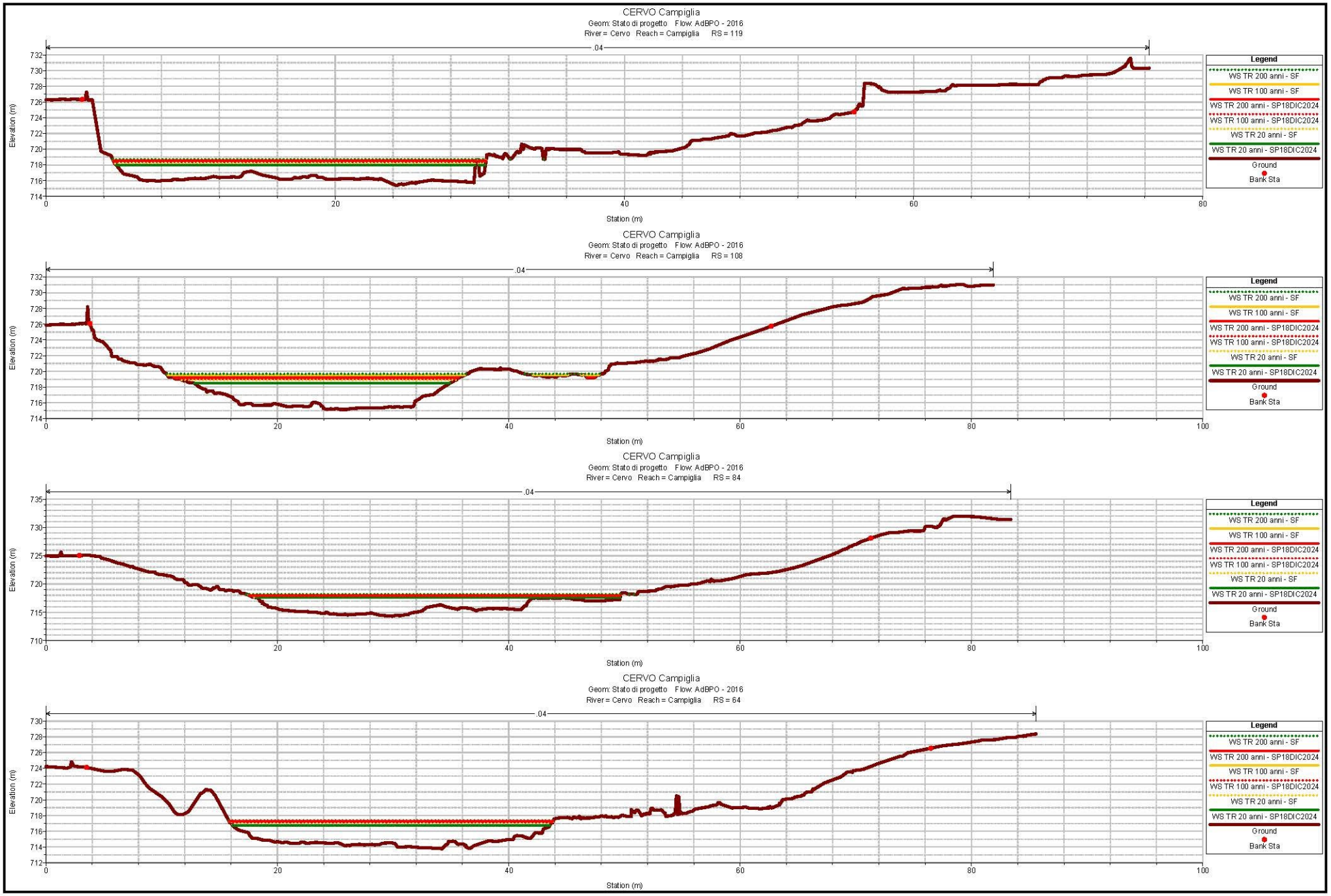

CERVO Campiglia
Geom: Stato di progetto Flow: AdBPO - 2016
River = Cervo Reach = Campiglia RS = 167 Passerella
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS TR 200 anni - SF
WS TR 200 anni - SP18DIC2024
WS TR 100 anni - SP18DIC2024
WS TR 100 anni - SF
WS TR 20 anni - SF
WS TR 20 anni - SP18DIC2024
Ground
Bank Sta

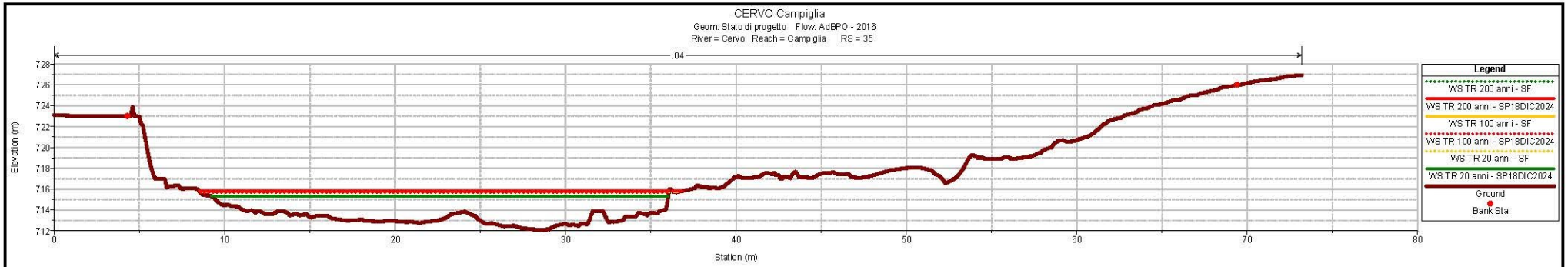

CERVO Campiglia
Geom: Stato di progetto Flow: AdBPO - 2016
River = Cervo Reach = Campiglia RS = 152
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS TR 200 anni - SF
WS TR 200 anni - SP18DIC2024
WS TR 100 anni - SP18DIC2024
WS TR 100 anni - SF
WS TR 20 anni - SF
WS TR 20 anni - SP18DIC2024
Ground
Bank Sta

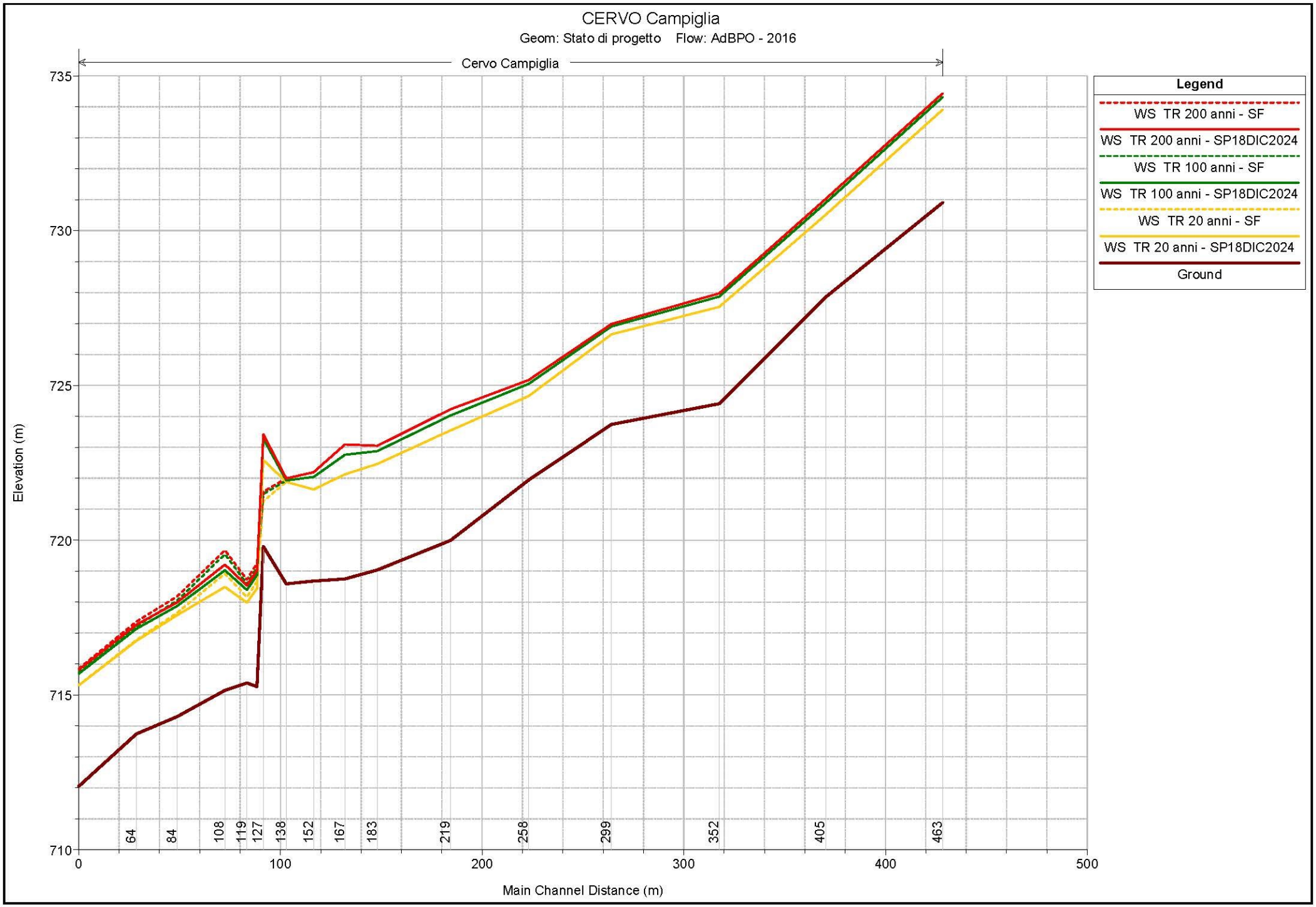

CERVO Campiglia
Geom: Stato di progetto Flow: AdBPO - 2016
River = Cervo Reach = Campiglia RS = 138
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS TR 200 anni - SF
WS TR 200 anni - SP18DIC2024
WS TR 100 anni - SP18DIC2024
WS TR 100 anni - SF
WS TR 20 anni - SF
WS TR 20 anni - SP18DIC2024
Ground
Bank Sta


CERVO Campiglia
Geom: Stato di progetto Flow: AdBPO - 2016
River = Cervo Reach = Campiglia RS = 127 Traversa
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS TR 200 anni - SP18DIC2024
WS TR 100 anni - SP18DIC2024
WS TR 20 anni - SP18DIC2024
WS TR 200 anni - SF
WS TR 100 anni - SF
WS TR 20 anni - SF
Ground
Bank Sta

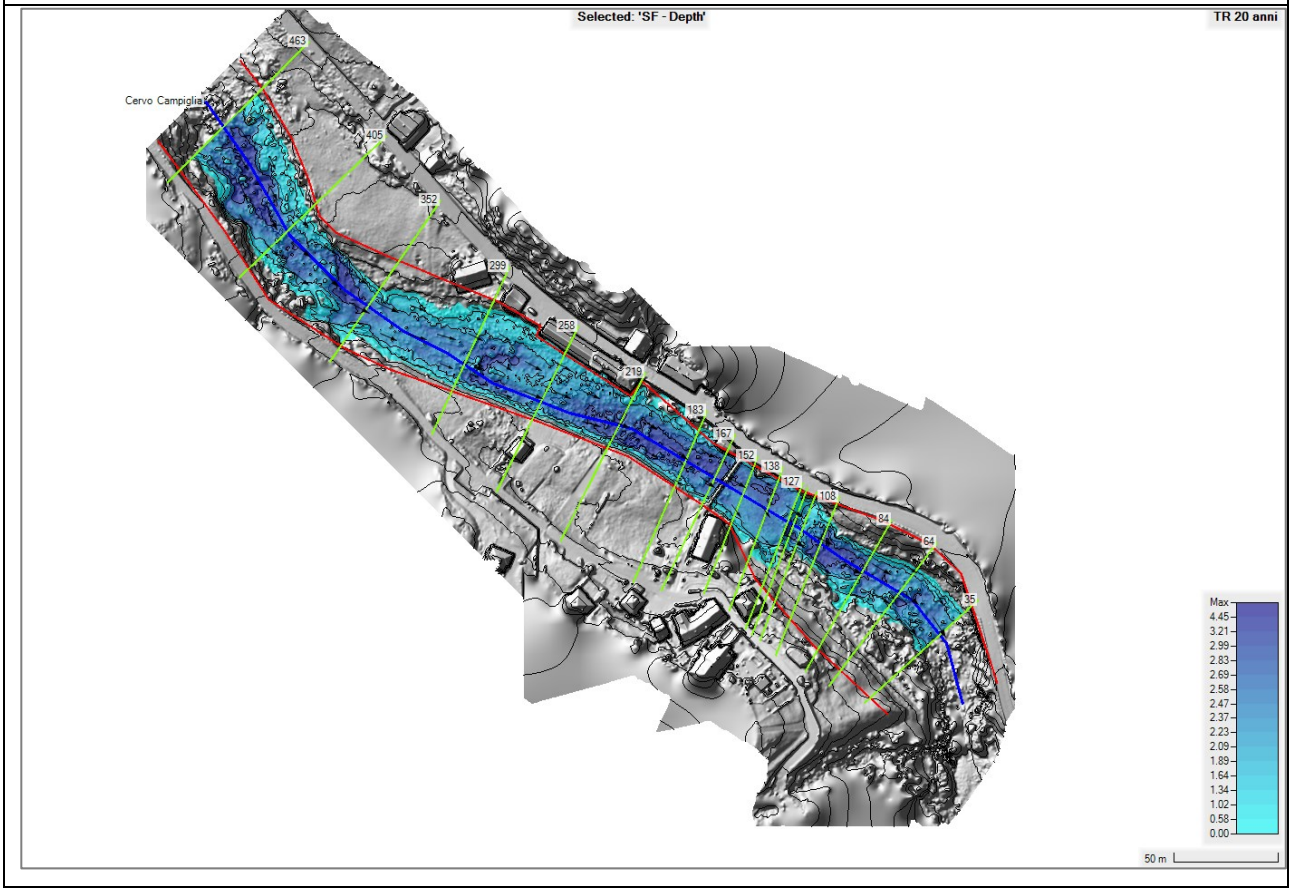

CERVO Campiglia
Geom: Stato di progetto Flow: AdBPO - 2016
River = Cervo Reach = Campiglia RS = 124
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS TR 200 anni - SF
WS TR 100 anni - SF
WS TR 200 anni - SP18DIC2024
WS TR 100 anni - SP18DIC2024
WS TR 20 anni - SF
WS TR 20 anni - SP18DIC2024
Ground
Bank Sta

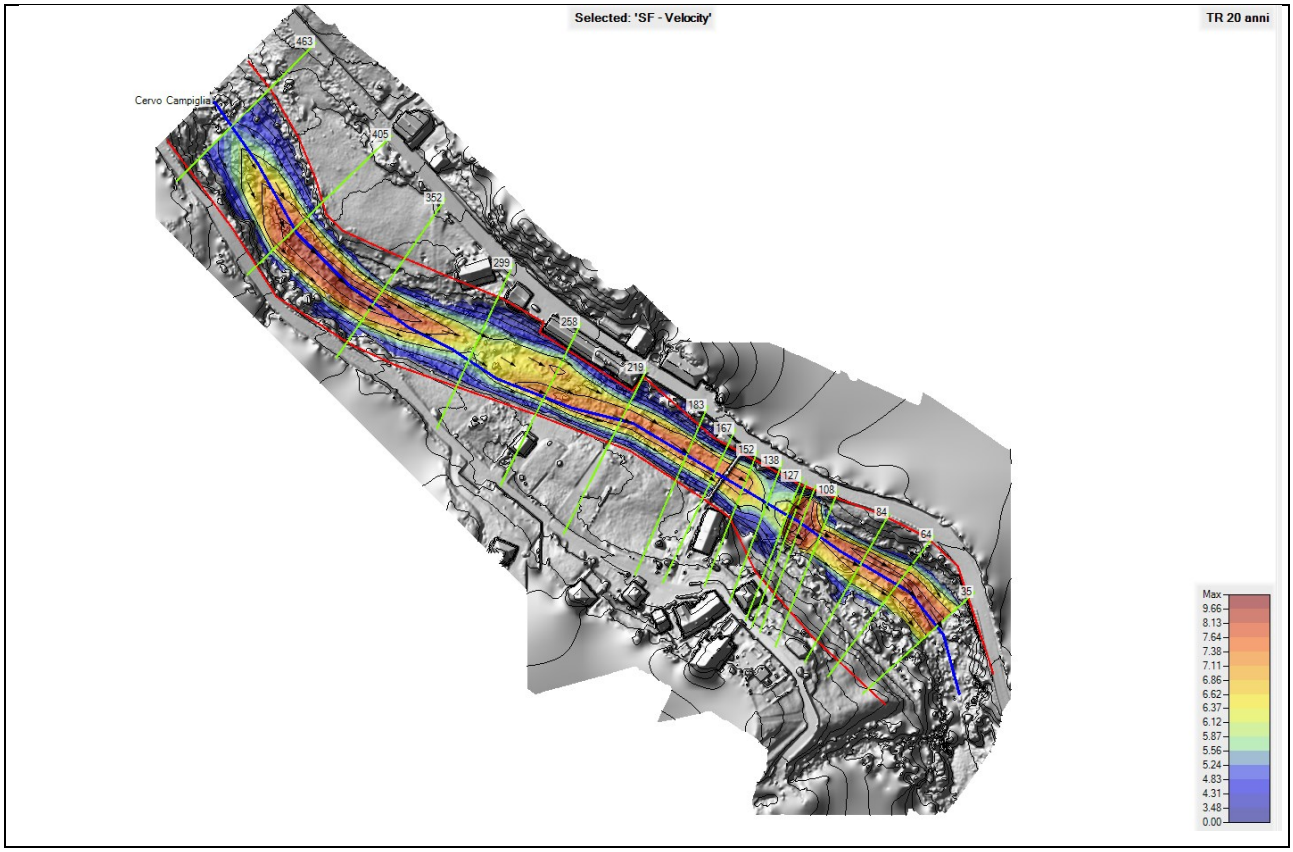

CERVO Campiglia
Geom: Stato di progetto Flow: AdBPO - 2016
River = Cervo Reach = Campiglia RS = 119
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS TR 200 anni - SF
WS TR 100 anni - SF
WS TR 200 anni - SP18DIC2024
WS TR 100 anni - SP18DIC2024
WS TR 20 anni - SF
WS TR 20 anni - SP18DIC2024
Ground
Bank Sta
CERVO Campiglia
Geom: Stato di progetto Flow: AdBPO - 2016
River = Cervo Reach = Campiglia RS = 108
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS TR 200 anni - SF
WS TR 100 anni - SF
WS TR 200 anni - SP18DIC2024
WS TR 100 anni - SP18DIC2024
WS TR 20 anni - SF
WS TR 20 anni - SP18DIC2024
Ground
Bank Sta
CERVO Campiglia
Geom: Stato di progetto Flow: AdBPO - 2016
River = Cervo Reach = Campiglia RS = 84
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS TR 200 anni - SF
WS TR 100 anni - SF
WS TR 200 anni - SP18DIC2024
WS TR 100 anni - SP18DIC2024
WS TR 20 anni - SF
WS TR 20 anni - SP18DIC2024
Ground
Bank Sta
CERVO Campiglia
Geom: Stato di progetto Flow: AdBPO - 2016
River = Cervo Reach = Campiglia RS = 64
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS TR 200 anni - SF
WS TR 200 anni - SP18DIC2024
WS TR 100 anni - SF
WS TR 100 anni - SP18DIC2024
WS TR 20 anni - SF
WS TR 20 anni - SP18DIC2024
Ground
Bank Sta


CERVO Campiglia
Geom: Stato di progetto Flow: AdBPO - 2016
River = Cervo Reach = Campiglia RS = 35
.04
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS TR 200 anni - SF
WS TR 200 anni - SP18DIC2024
WS TR 100 anni - SF
WS TR 100 anni - SP18DIC2024
WS TR 20 anni - SF
WS TR 20 anni - SP18DIC2024
Ground
Bank Sta

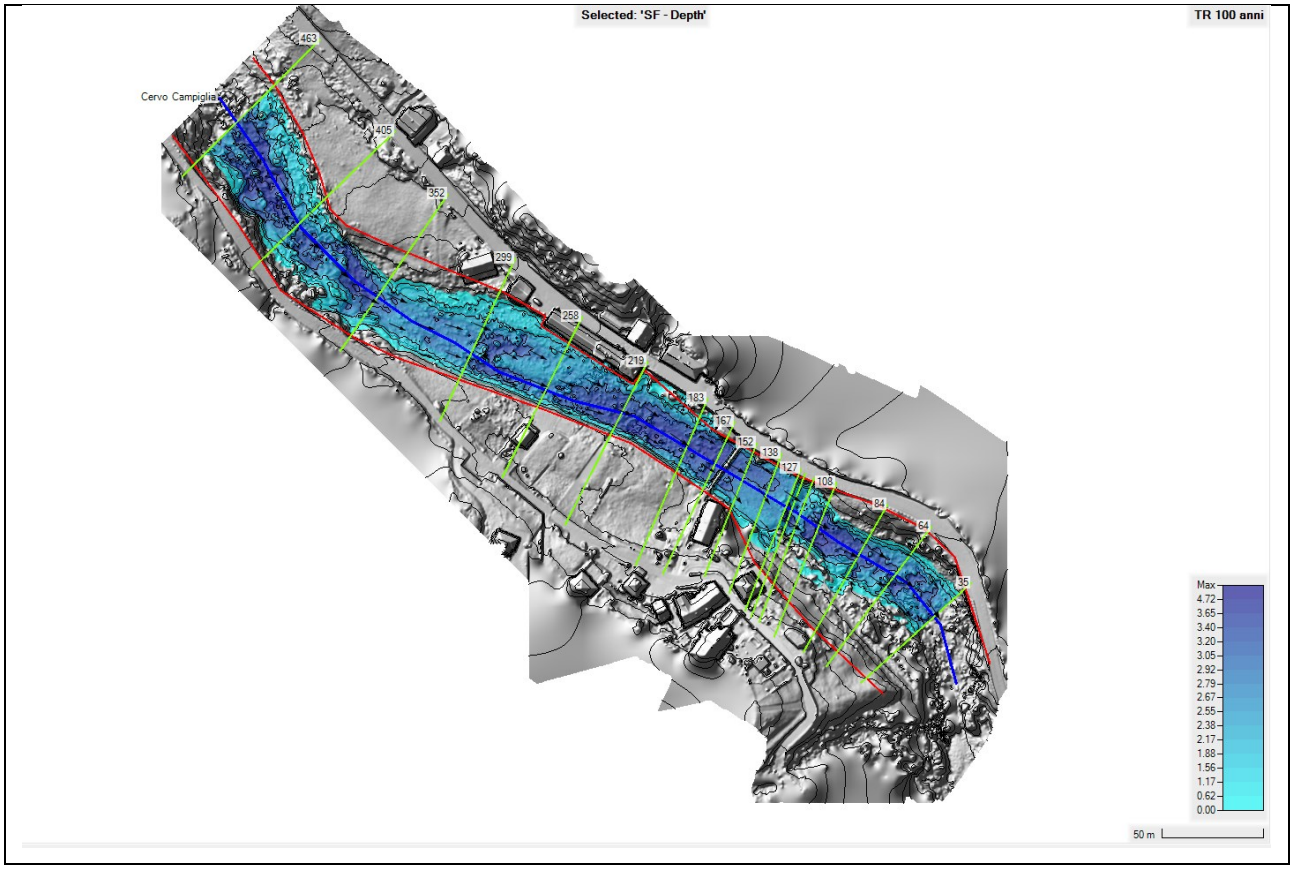

CERVO Campiglia
Geom: Stato di progetto Flow: AdBPO - 2016
Cervo Campiglia
Legend
WS TR 200 anni - SF
WS TR 200 anni - SP18DIC2024
WS TR 100 anni - SF
WS TR 100 anni - SP18DIC2024
WS TR 20 anni - SF
WS TR 20 anni - SP18DIC2024
Ground
Elevation (m)
735
730
725
720
715
710
0
100
200
300
400
500
Main Channel Distance (m)
64
84
108
119
127
138
152
167
183
219
258
299
352
405
463

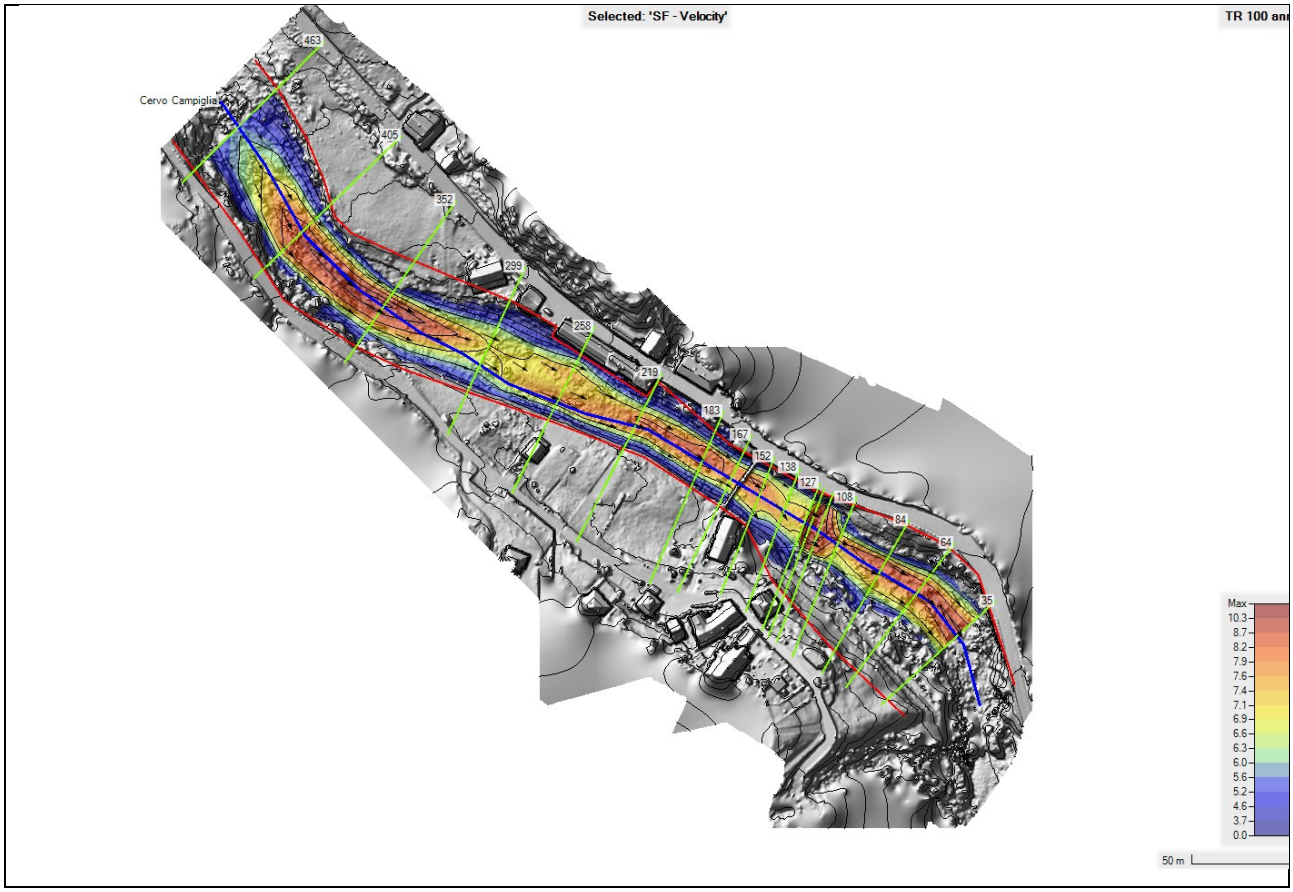
STATO DI FATTO – TR 20 ANNI



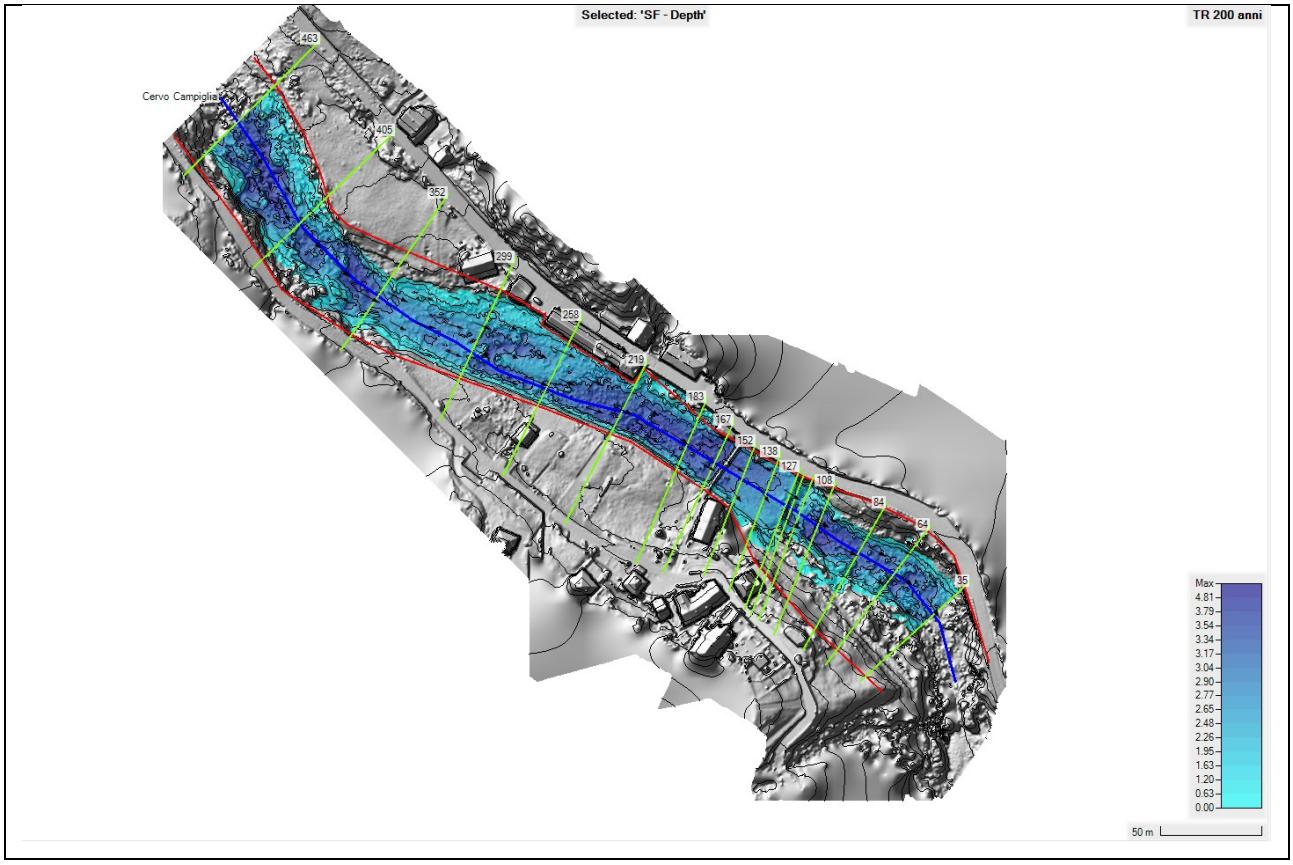


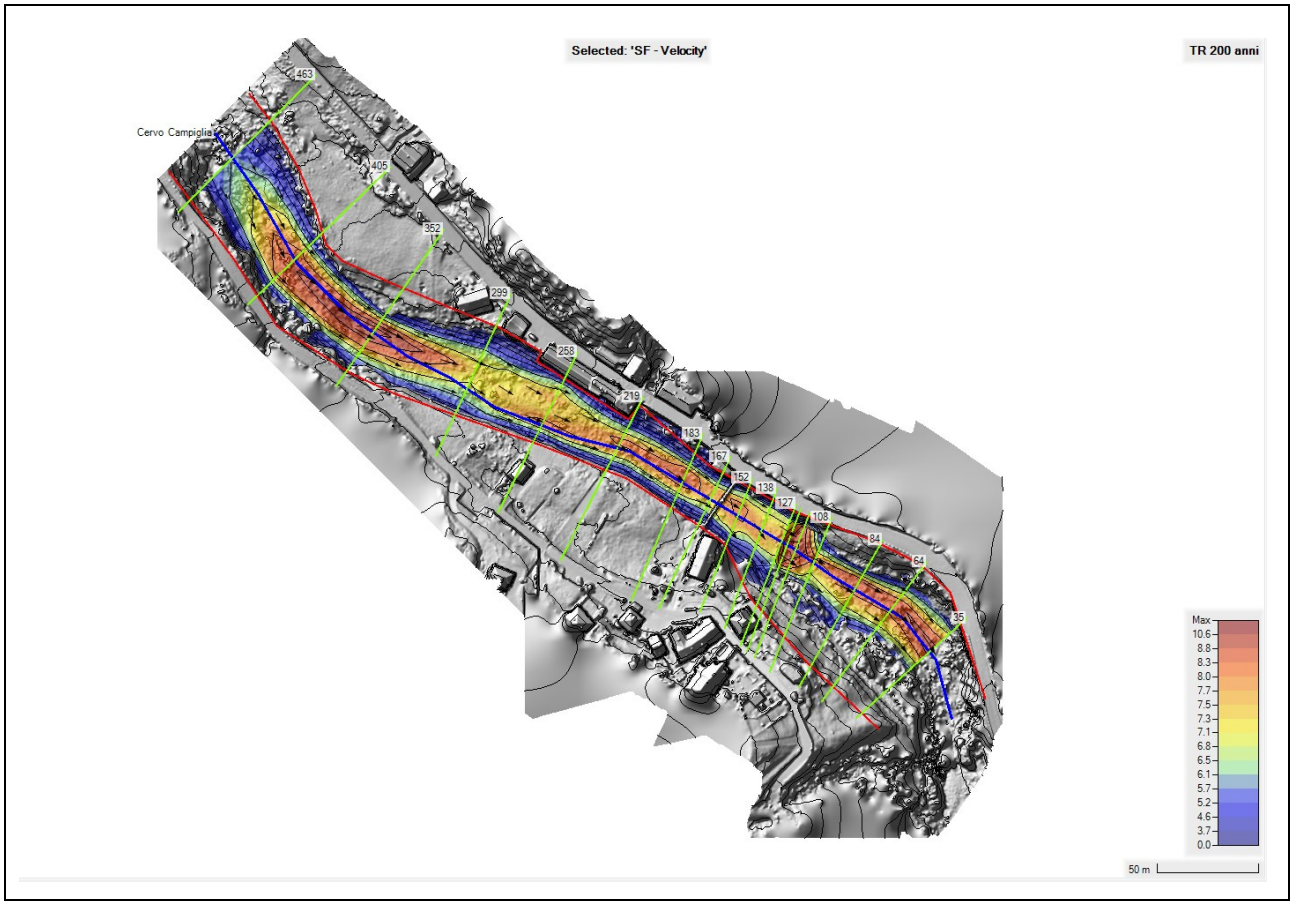
STATO DI FATTO – TR 100 ANNI


Selected: 'SF - Depth'
TR 100 anni
Cervo Campiglia
463
405
352
299
258
219
183
167
152
138
127
108
84
64
35
Max
4.72
3.65
3.40
3.20
3.05
2.92
2.79
2.67
2.55
2.38
2.17
1.88
1.56
1.17
0.62
0.00
50 m

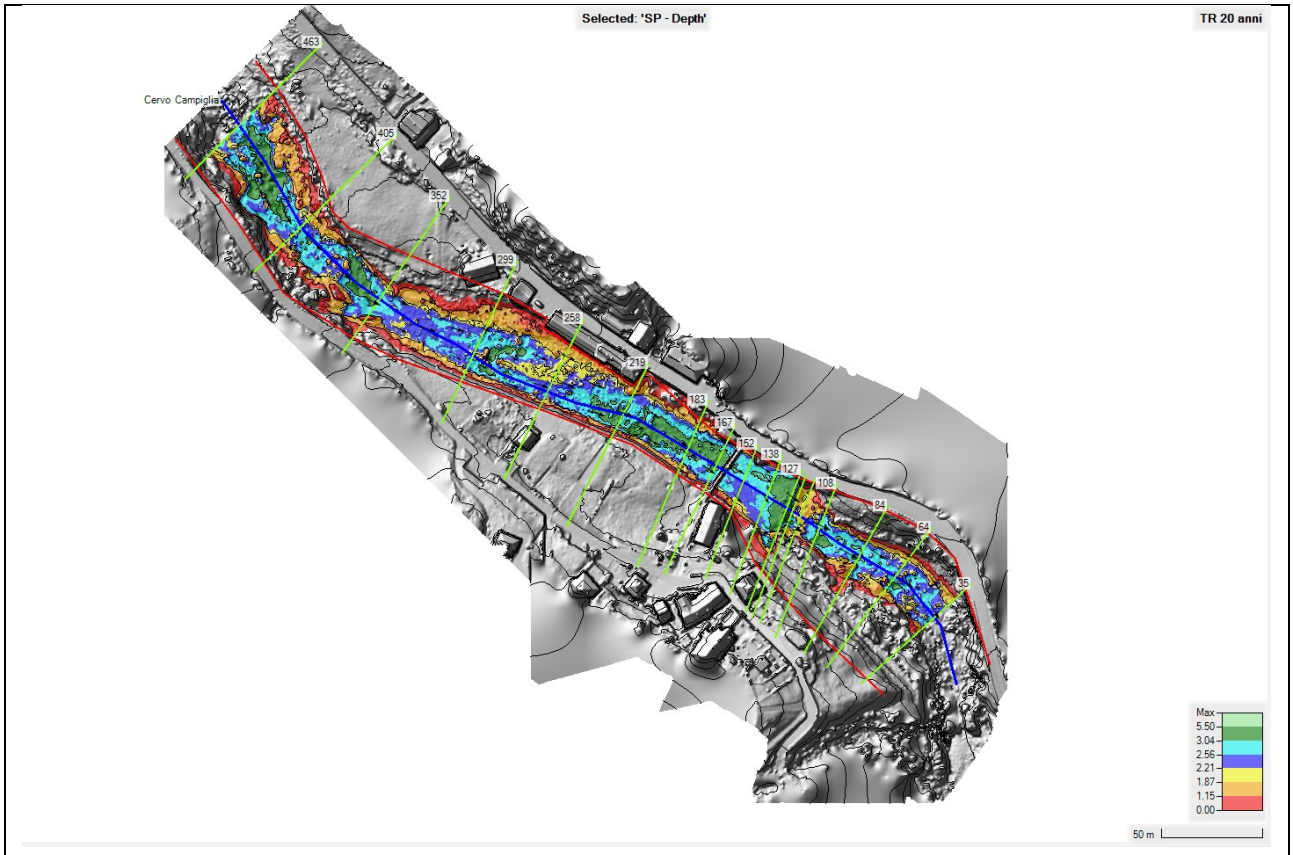


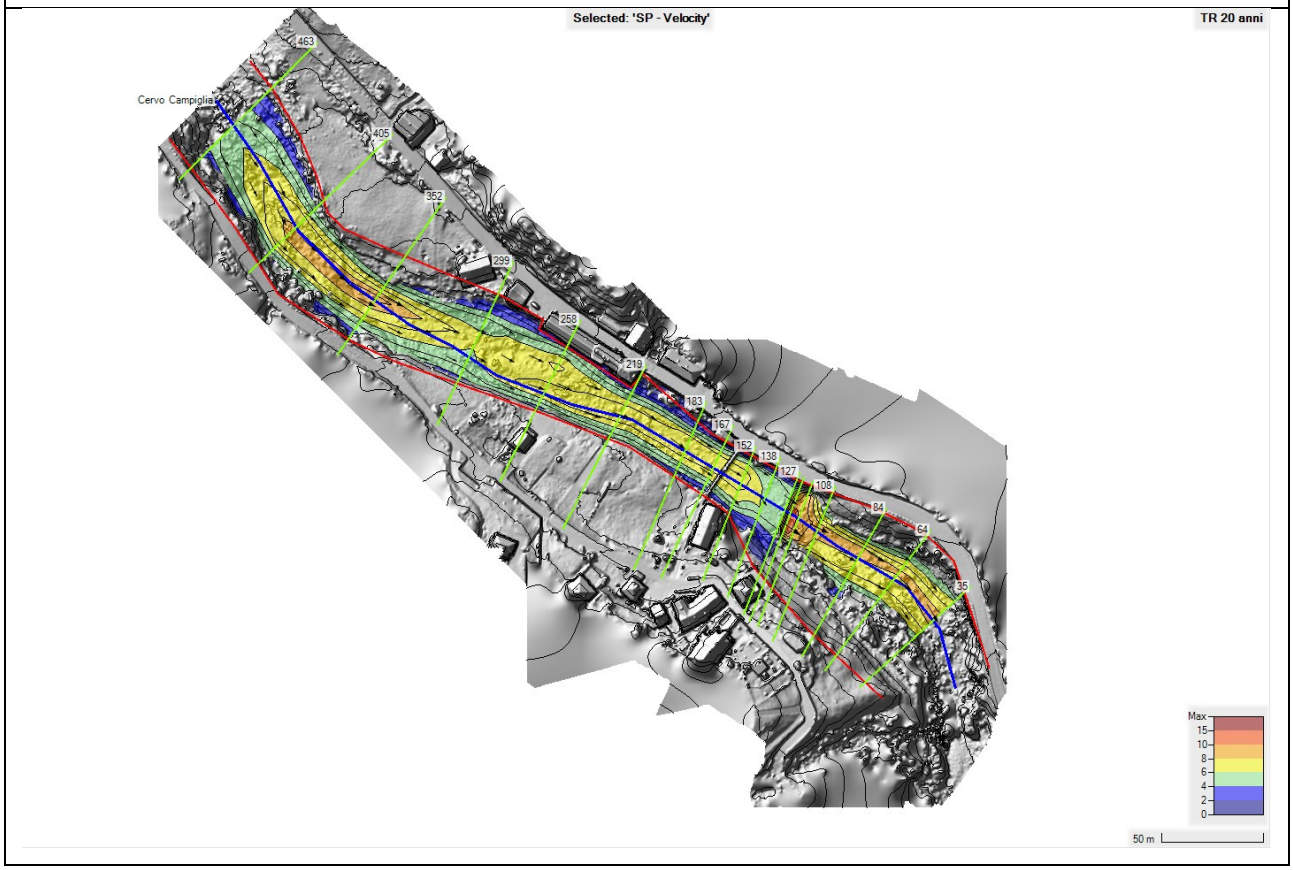
STATO DI FATTO – TR 200 ANNI


Selected: 'SF - Depth'
TR 200 anni
Cervo Campiglia
463
405
352
299
258
219
183
167
152
138
127
108
84
64
35
Max
4.81
3.79
3.54
3.34
3.17
3.04
2.90
2.77
2.65
2.48
2.26
1.95
1.63
1.20
0.63
0.00
50 m

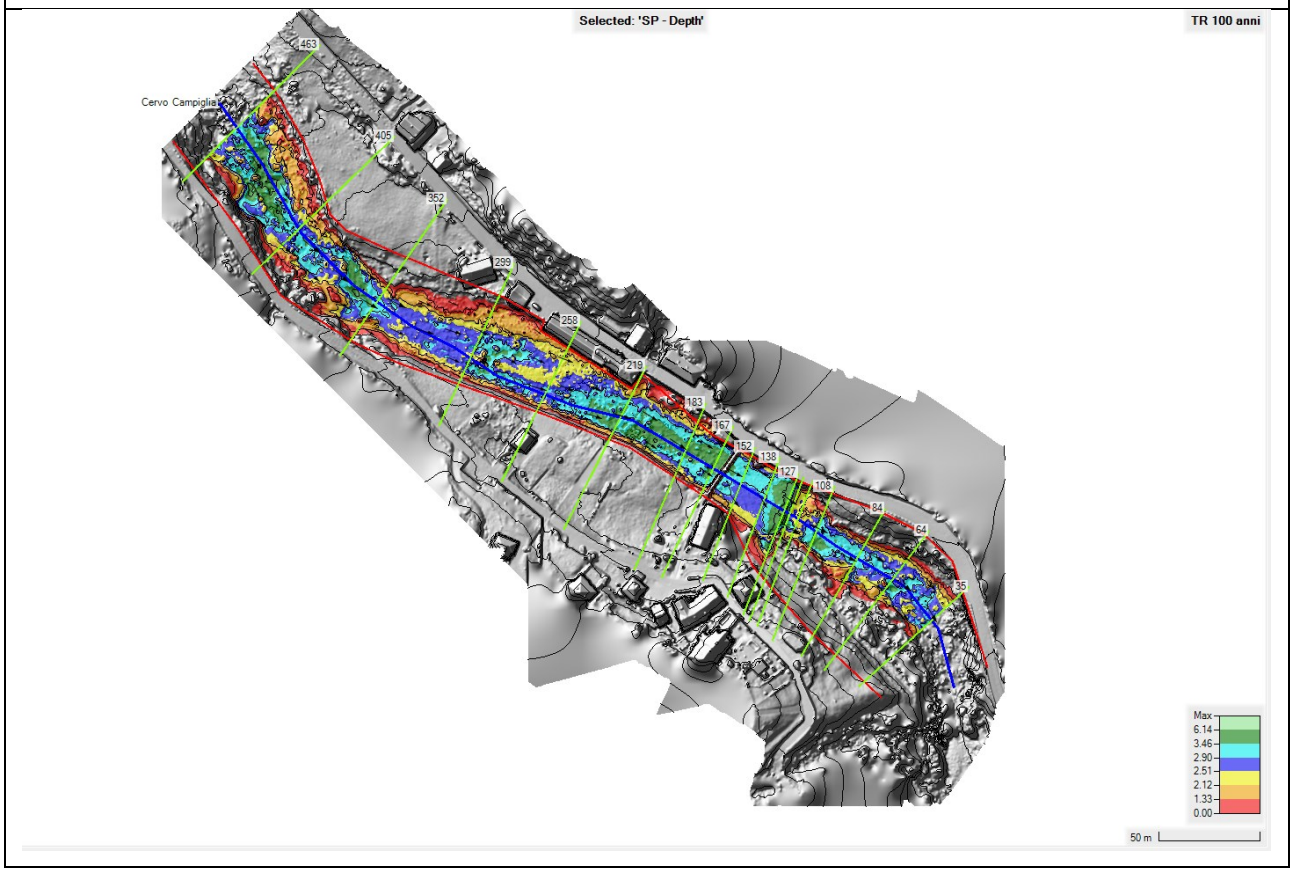


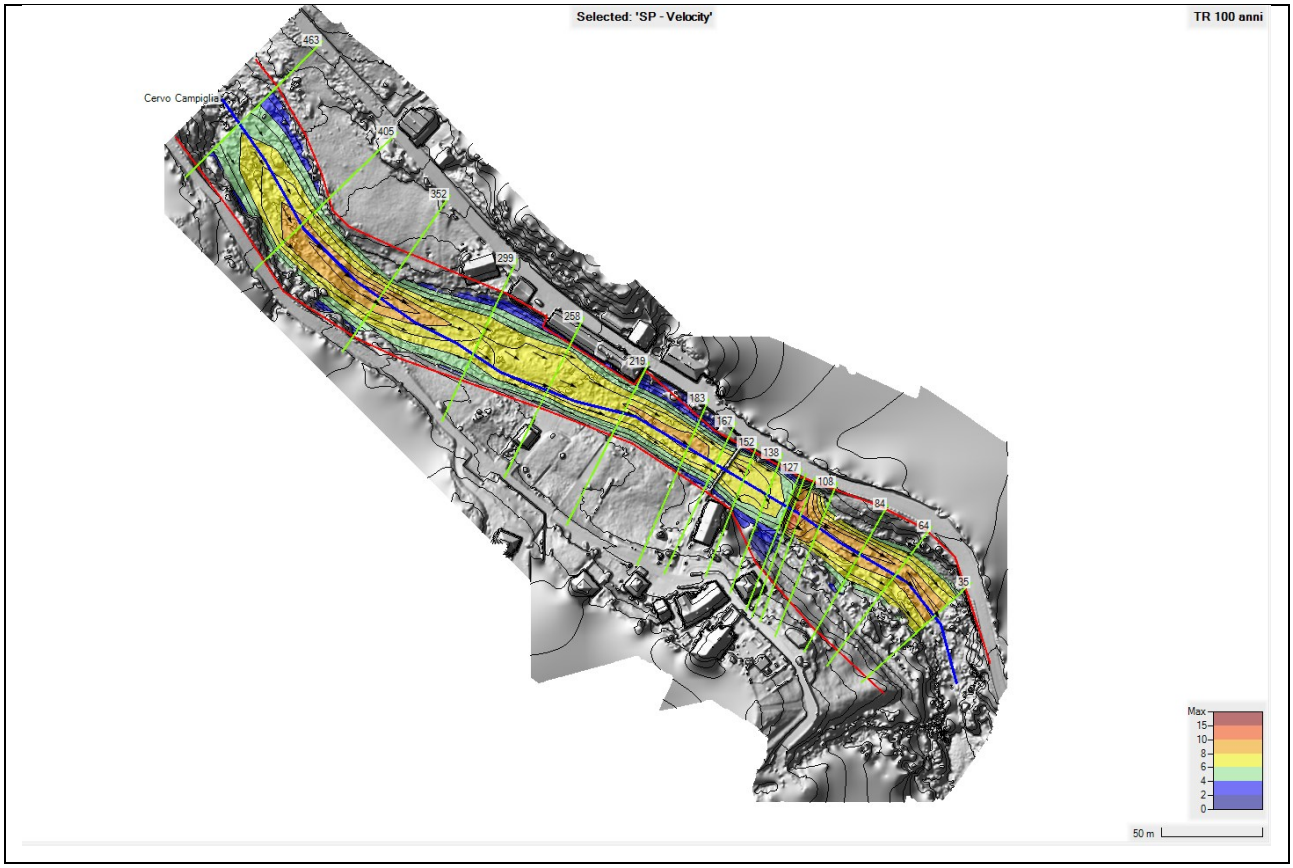
STATO DI PROGETTO – TR 20 ANNI


Selected: 'SP - Depth'
TR 20 anni
Cervo Campiglia
463
405
352
299
258
219
183
167
152
138
127
108
84
64
35
Max
5.50
3.04
2.56
2.21
1.87
1.15
0.00
50 m

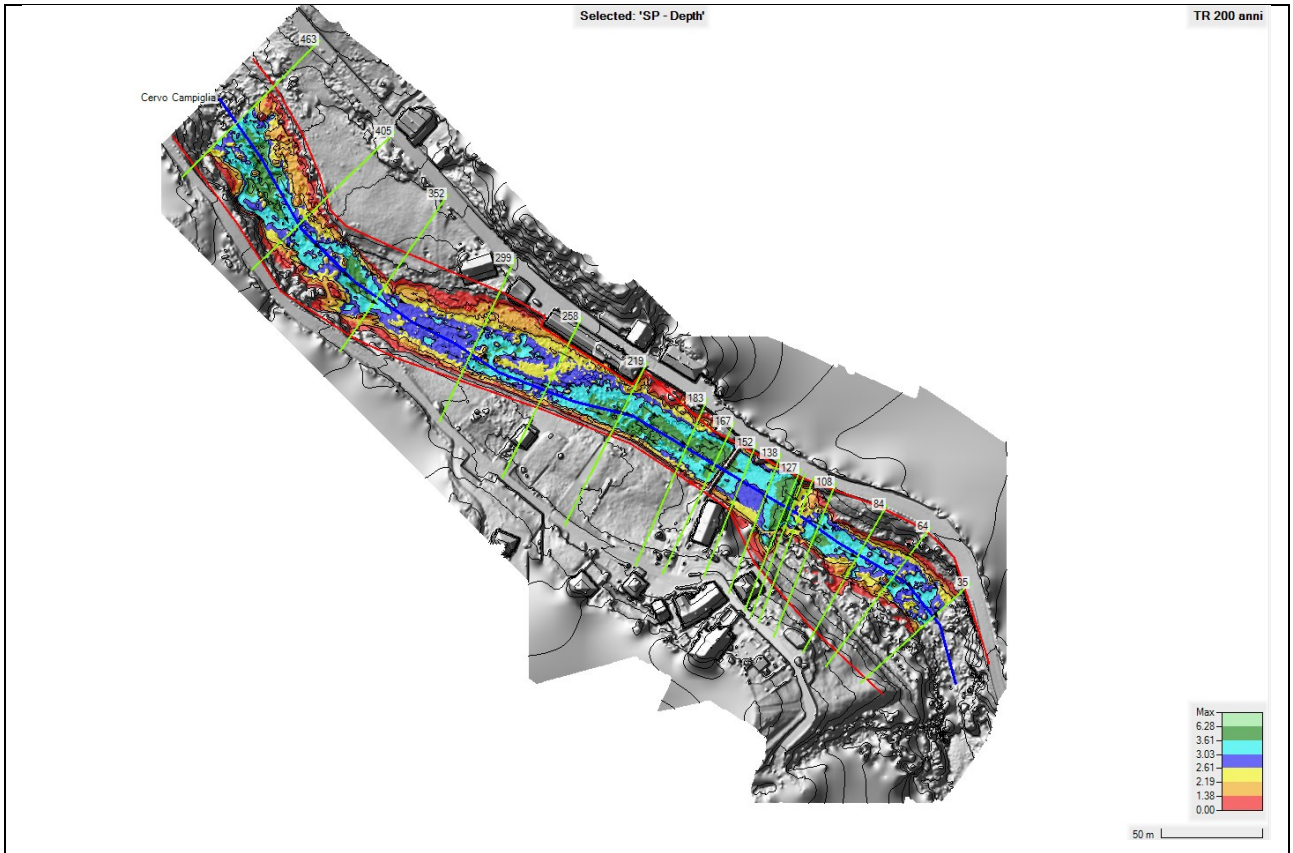

Selected: 'SP - Velocity'
TR 20 anni
Cervo Campiglia
463
405
352
299
258
219
183
167
152
138
127
108
84
64
35
Max
15
10
8
6
4
2
0
50 m

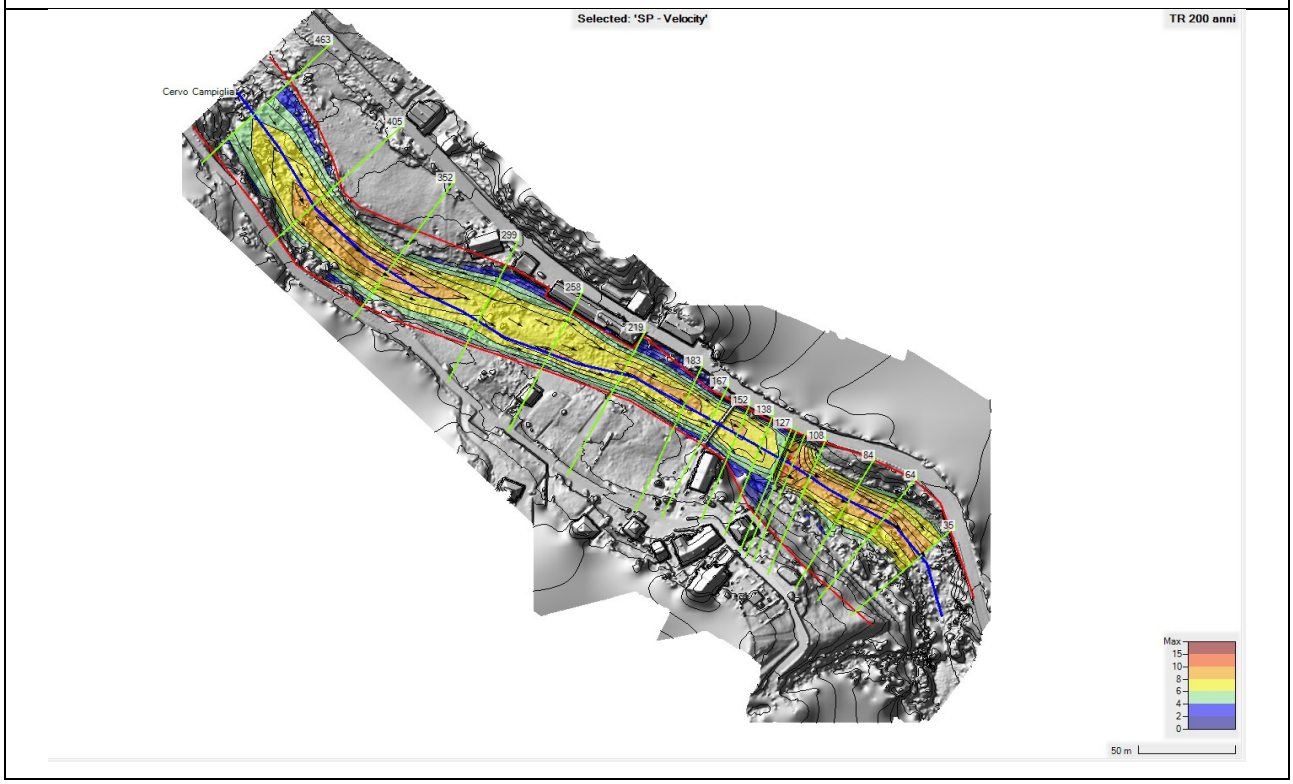
STATO DI PROGETTO – TR 100 ANNI





STATO DI PROGETTO – TR 200 ANNI


Selected: 'SP - Depth'
TR 200 anni
Cervo Campiglia
463
405
352
299
258
219
183
167
152
138
127
108
84
64
35
Max
6.28
3.61
3.03
2.61
2.19
1.38
0.00
50 m


Selected: 'SP - Velocity'
TR 200 anni
Cervo Campiglia
463
405
352
299
258
219
183
167
152
138
127
108
84
64
35
Max
15
10
8
6
4
2
0
50 m