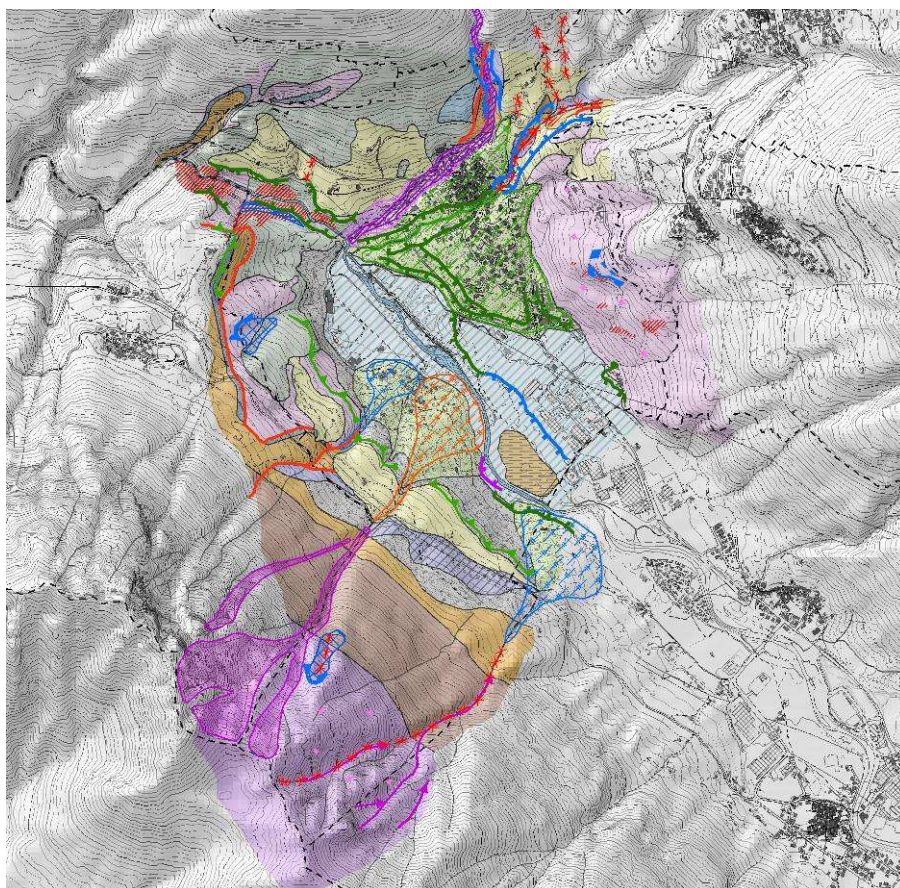


**REGIONE LOMBARDIA
PROVINCIA DI LECCO**



COMUNE DI TACENO
Via Roma n. 4 – 23837 Taceno (LC)

**Componente geologica, idrogeologica e sismica del
Piano di Governo del Territorio
Art. 57 - Legge Regionale 11 marzo 2005, n° 12**



**Valutazione della pericolosità idraulica del Torrente Pioverna
nel territorio comunale di Taceno**

Elaborato:3

A cura di : Dott. Ing. Tomaso Invernizzi	Data: Aprile 2011	Versione: Definitiva
V. Dante Alighieri 1 – 23819 Primaluna (LC)	Tel. 0341 979800 Fax 0341 983836	e-mail: tomaso.invernizzi@libero.it

INDICE

1	PREMESSA.....	2
2	QUADRO DEL DISSESTO.....	4
3	RICERCHE STORICHE.....	6
4	ANALISI IDROLOGICA.....	9
5	CALCOLI IDRAULICI.....	17
6	VALUTAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA	26
7	INTERVENTI DI REGIMAZIONE IDRAULICA PROPOSTI.....	28

ALLEGATO 1:ELABORATI HEC-RAS: TABULATI DI CALCOLO, SEZIONI, PROFILO E 3D

ALTRI ELABORATI COSTITUENTI LO STUDIO:

- 3- TAV 1: CARTA DELLE PERIMETRAZIONI DI PERICOLOSITA' PER
 ESONDAZIONE**
- 3 - TAV 2: COROGRAFIA GENERALE DEL BACINO IDROGRAFICO**
- 3 - TAV 3: CARTA DELLA PERICOLOSITA' PER ESONDAZIONE
 AGGIORNATA E INTERVENTI DI REGIMAZIONE IDRAULICA
 PROPOSTI**

1 PREMESSA

Nella presente relazione vengono esposti i risultati degli accertamenti e delle elaborazioni eseguite, su incarico del Comune di Taceno, per definire le caratteristiche idrologiche e idrauliche del T. Pioverna, per la *“Valutazione della pericolosità idraulica del Torrente Pioverna nel territorio comunale di Taceno”*, a seguito della realizzazione dei *“Lavori di difesa idraulica del Depuratore Consortile della Valsassina”* eseguiti dall'A.I.PO nel 2006÷2007, e delle *“Opere di riprofilatura e sistemazione ambientale”* eseguiti dal Comune di Taceno.

Le opere realizzate dall'AIPO hanno comportato la costruzione di un'opera di contenimento dei livelli, costituita in parte da un muro in calcestruzzo e in parte da un rilevato arginale in destra idrografica, immediatamente a monte ed in corrispondenza del Depuratore Consortile “Mediavalle”. Per ulteriori informazioni circa le tipologie strutturali dell'intervento realizzato, si rimanda agli elaborati tecnici, redatti dall'Ing. Marco La Veglia (tecnico dell' A.I.PO). L'opera realizzata aveva l'obiettivo di mettere in sicurezza il Depuratore Consortile per evitare l'allagamento e il conseguente disservizio dell'infrastruttura pubblica.

Le opere realizzate dal Comune di Taceno hanno comportato la riprofilatura e la ricarica con circa 3÷4 m di terreno dell'area sita in sponda destra del T.Pioverna, di fronte alla località Tartavallino. Per ulteriori informazioni circa le tipologie strutturali dell'intervento realizzato, si rimanda agli elaborati tecnici, redatti dall'Agr. Francesco Radrizzani nel 2007.

Il presente studio è stato realizzato seguendo le indicazioni dell'Allegato n°4 *“Criteri per la valutazione di compatibilità idraulica delle previsioni urbanistiche e delle proposte di uso del suolo nelle aree a rischio idraulico”* della D.G.R. n°7374/2008, criteri che si applicano ai corsi d'acqua per i quali il Piano d'Assetto Idrogeologico non ha definito fasce fluviali, nel caso specifico in aree caratterizzate da esondazioni e dissesti morfologici di carattere torrentizio.

Il presente studio è parte integrante della componente geologica idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio del Comune di Taceno, a cura del Dott. Geol. Pierfranco Invernizzi, in collaborazione con il Dott. Geol. Matteo Lambrugo.

Alla relazione sono allegati i tabulati di calcoli, le sezioni, il profilo e il tridimensionale realizzati con il programma HEC-RAS e sono parte integrante dello studio 3 tavole grafiche d'inquadramento e di aggiornamento.

2 QUADRO DEL DISSESTO

Con la stesura dello studio geologico di supporto al P.R.G. (41/97), a firma del Dott. Geol. Pierfranco Invernizzi nel 1999, venivano classificate come aree con gravi limitazioni (Classe 4) vaste aree del fondovalle per via della pericolosità per esondazione del T. Pioverna. Dette perimetrazioni erano state valutate sia in base alla morfologia, sia alle conoscenze storiche di eventi alluvionali passati.

Infatti poco più tardi, con lo *“Studio e perimetrazione delle aree a rischio idraulico del Torrente Pioverna nei Comuni di Bellano, Introbio e Pasturo (LC)”*, venivano individuate aree di allagamento con tempo di ritorno Tr 100 anni e tiranti idrici > 50 cm, e aree di allagamento con Tr 100 anni e tiranti idrici < 50 cm (vedi Tav. 1). Lo studio è stato redatto dallo studio associato DIZETA INGEGNERIA di Milano (1999), finanziato dalla Regione Lombardia, nell'ambito del programma d'intervento previsto dalla L. 267/1998.

Successivamente con la stesura della *“Carta del dissesto con legenda uniformata a quella del PAI”*, realizzata nell'ottobre 2002, venivano perimetrare le aree di esondazione tuttora vigenti nel Comune di Taceno. La carta del dissesto, era stata elaborata secondo quanto previsto della d.g.r. n. 7/6645 *“Attuazione del P.S. per il P.A.I. in campo urbanistico”*, nel dettaglio utilizzando la correlazione prevista nella tabella 1 tra classi di Fattibilità geologica e voci della legenda PAI, presenti nella citata normativa.

Nel 2010 il Comune di Taceno ha avviato l'iter per la redazione del Piano di Governo del territorio (PGT) che comprende anche la *“Componente Geologica, idrogeologica e sismica”*, per l'aggiornamento della quale si è resa necessaria la presente valutazione integrante e di supporto, avente lo scopo di aggiornare la perimetrazione dell'area a pericolosità di esondazione del Torrente Pioverna in Comune di Taceno, a seguito della realizzazione delle opere di difesa idraulica in sponda destra, citate in precedenza.

Per poter redigere i documenti e gli elaborati grafici sono state eseguite le seguenti operazioni:

- sopralluoghi in loco e nelle aree limitrofe, aventi lo scopo di accertare le caratteristiche geometriche, morfologiche ed idrologiche del torrente e delle infrastrutture esistenti nel sito, compreso rilievo di dettaglio delle aree oggetto di indagine e d'intervento;
- esame della documentazione scientifica e tecnica pregressa, in particolare sono stati consultati e utilizzati i dati e i risultati dello *“Studio idrologico di un torrente montano Torrente Pioverna – Valsassina”* realizzato da P. Della Torre e L. Scesi (1978), dello *“Studio e perimetrazione delle aree a rischio idraulico del Torrente Pioverna nei Comuni di Bellano, Introbio e Pasturo (LC)”* redatto dallo studio associato DIZETA INGEGNERIA di Milano (1999), dello studio denominato *“Individuazione delle zone potenzialmente inondabili dal punto di vista storico e geomorfologico a fini urbanistici: Torrente Pioverna e Fiume Serio”* redatto dall'I.R.P.I. sezione di Torino (2000); della relazione idraulica di supporto al progetto dei *“Lavori di protezione del Depuratore consortile della Valsassina in Comune di Taceno (LC)”* redatto dall'A.I.PO (2006);
- elaborazioni idrauliche con il programma di calcolo, di larga diffusione, denominato HEC-RAS (v.4.1.0 – agg. gennaio 2010), realizzato dal United States Army Corps of Engineers, basato su un modello matematico unidimensionale in condizioni di moto stazionario per determinare il profilo idraulico nel tratto d'alveo analizzato.

3 RICERCHE STORICHE

In base alle ricerche storiche effettuate, il fondovalle della Valsassina in Comune di Taceno è stato interessato dal 1800 ad oggi, da vari fenomeni di esondazione del Torrente Pioverna (F. Luino 2000).

aa/mm/gg	Corso d'acqua	Località interessata
1839 07	T. Pioverna	Taceno abitato (ponte)
1896 autunno	T. Pioverna	Taceno abitato
1943 06 28-29	T. Pioverna	Ponte sul Pioverna
1949 08 9-11	Tributari di destra Pioverna	Strade comunali
1953 09 28	T. Pioverna	Tartavalle
1954 06 22	T. Pioverna	Comune di Taceno
1976 10 3	T. Pioverna	Loc. Tartavallino, Taceno abitato
1983 Maggio	T. Pioverna	Loc. Fornace
1996 08 27-28	T. Pioverna	Tartavallino
2002 11 16-17	T. Pioverna	Depuratore Consortile - Tartavalle
2002 11 25-26	T. Pioverna	Depuratore Consortile - Tartavalle

Tabella 1 Eventi alluvioni registrati (Luino 2000 – IRR-IRPI modificata)

Si riporta uno stralcio del verbale dei sopralluoghi eseguiti nei giorni 16 e 17 Novembre 2002, interessati da intense precipitazioni, redatto dal Dott. Geol. Pierfranco Invernizzi:

“In comune di Taceno, loc. Cassinello, la notevole portata del Torrente Pioverna ha causato un’esondazione in sponda destra e sinistra nel punto dove in alveo si verifica una costante eruzione di materiali fini, oggetto lo scorso anno di opere di pronto intervento da parte del Magistrato per il Po. L’esondazione, in sponda destra, può determinare condizioni di rischio di allagamento del depuratore consortile “Mediavalle”: per prevenire il fenomeno il presidente del Consorzio, Sig. R. Moneta, d’accordo con i funzionari dell’AIPO (Magistrato per il Po) e della Protezione Civile, ha fatto realizzare una difesa provvisoria davanti all’ingresso della struttura, mediante l’accumulo di materiale inerte atto a deviare l’eventuale afflusso d’acqua”.



Figura 1 Esondazione in sponda sinistra - loc. Cassinella (26 Novembre 2002)



Figura 2 Esondazione in sponda sinistra - loc. Cassinella (26 Novembre 2002)



Figura 3 Esondazione in sponda destra - a monte del Depuratore (26 Novembre 2002)



Figura 4 Esondazione in sponda destra - a monte del Depuratore (26 Novembre 2002)

4 ANALISI IDROLOGICA

L'analisi idrologica del bacino del T. Pioverna ha tenuto conto di alcune ipotesi, parametri e risultati contenuti negli studi precedentemente elencati, ma è stata realizzata "ex novo", dato che il tratto in esame non è mai stato puntualmente analizzato.

Lo scopo del presente lavoro è quello di verificare la compatibilità idraulica degli interventi di difesa idraulica realizzati nell'ultimo decennio in sponda destra del T. Pioverna, al fine di una nuova valutazione della pericolosità per esondazione.

Il T. Pioverna è il principale corso d'acqua della Valsassina che percorre per un tratto con direzione S-N, poi SE-NW, per sfociare a Bellano nel Lago di Como. Lungo il suo tragitto raccoglie le acque di canali, valli e torrenti minori provenienti dai versanti mediamente e fortemente acclivi. Il bacino massimo, sotteso dalla sezione di chiusura, comprende i seguenti, importanti, sottobacini (elencati da S a N):

- Valle dei Grassi Lunghi, Valle dell'Acqua Fredda, Valle Cariola, Valle di Baredo, Valle dei Molini, Valle Fregonera, provenienti dal versante idrografico sinistro delimitato dalle vette del Gruppo delle Grigne (Grigna Settentrionale 2.410 m s.l.m., Grigna Meridionale 2.177 m s.l.m.);
- Valle del Faggio, Valle di Artavaggio, Valle Inscea, Valle Bobbia, Torrente Acquaduro, Torrente Troggia, Valle Molinera, Valle della Fus, Torrente Rossiga, Valle di S.Biagio, Torrente Mortesina, Torrente Maladiga, Val Resina, provenienti dal versante idrografico destro, dominato dalle cime dei Campelli (2.161 m s.l.m.), dal Monte Foppabona (2.083 m s.l.m.), dallo Zucco di Cam (2.195 m s.l.m.), dal Pizzo dei Tre Signori (2.554 m s.l.m.), dalla Cima d'Agrella (1.801 m s.l.m.), dalla Cima d'Olino (1.781 m s.l.m.), dal Cimone di Margno (1.801 m s.l.m.), dal Monte Muggio (1.799 m s.l.m.).

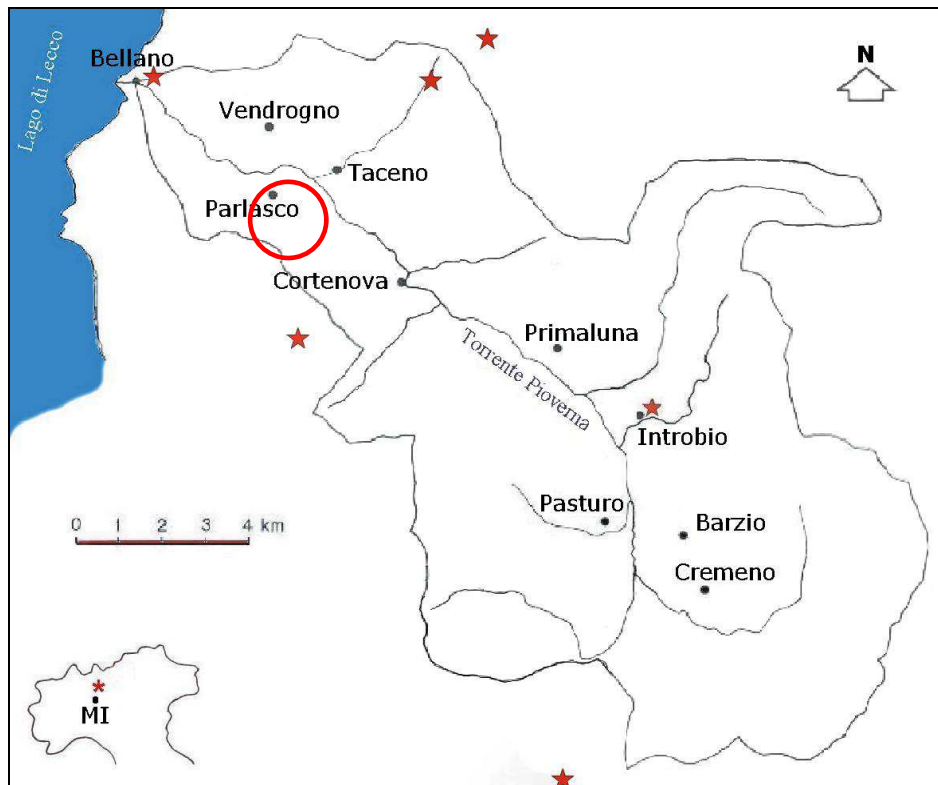


Figura 5 Inquadramento geografico del bacino del Torrente Pioverna

L'area oggetto di analisi, a monte del ponte della S.P. 62, risulta pianeggiante, non è predisposta a dissesti e, attualmente, non è interessata da fenomeni esterni limitrofi all'alveo che possono incidere significativamente sulle condizioni idrauliche del torrente, quali il conoide attivo in loc. Cassinella, la colata della Valresina, la frana in loc. Stallone, la subsidenza in loc. Cassinella, I movimenti franosi lungo le sponde a valle del ponte S.P. 62.

I principali parametri geometrici e morfologici del Torrente Pioverna e del bacino imbrifero sotteso dalla sezione di chiusura sono grandezze e caratteristiche necessarie per calcolare il tempo di corrivazione e la portata di massima piena:

- direzione prevalente: S-N e SE-NW;
- sviluppo del corso d'acqua: L=21,8 km circa (al Ponte S.P. 62 di Taceno);
- tipologia di suolo: in prevalenza aree boschive, prative e rocciose;
- superficie del bacino sotteso: S=144 kmq (al Ponte S.P. 62 di Taceno);
- quota massima del bacino: 2.554 m s.l.m.;

- quota minima verificata: 411 m circa s.l.m. (al Ponte S.P. 62 di Taceno);
- pendenza media dell'alveo: 1÷3%;
- precipitazione media annua: P=1.660 mm.

La precipitazione media annua sul bacino è stata ottenuta sulla base della “*Carta delle Piogge medie annue della Regione Lombardia*”, dove il bacino idrografico del Torrente Pioverna è caratterizzato da una precipitazione compresa tra i 1.540 e i 1.780 mm/anno.

Individuate queste caratteristiche il tempo di corrivazione t_c è stato calcolato utilizzando la nota e sperimentata formula di Giandotti:

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

in cui:

- S = superficie del bacino (kmq);
- L = lunghezza massima dell'asta valliva (km);
- Hm = altezza media del bacino rispetto alla sezione di chiusura (m);
- tc = tempo di corrivazione = 3 ore e 5 min circa.

Quindi l'analisi idrologica è stata condotta utilizzando i dati pluviometrici della stazione di Introbio (LC), posta circa al centro del bacino in esame, che dispone di una serie di dati statisticamente significativa (estesa dal 1942 al 1985); tali dati riguardano le precipitazioni intense di durata pari a 1, 3, 6, 12 e 24 ore, dati utilizzabili senza ulteriori trasformazioni.

Stazione di rilevamento: INTROBIO (LC)

quota stazione di rilevamento : 600m s.l.m.

periodo di rilevamento : 1942÷1985

serie di n°35 elementi

tipo di dati: precipitazioni 1÷24 ore

ANNO	1ora	3ore	6ore	12ore	24ore
1942	18	31	35	58	88
1943	27,2	42,4	44,4	48,6	54,8
1944	33	51,8	57,6	77,2	80,2
1945	34	37,4	56	85	106
1946	26,4	46,8	55,8	55,8	69
1947	21,4	41,4	50	85,6	130,4
1948	41	52	59	59	86
1949	20	47	58	63,8	80

1950	54	78,6	97,4	107,4	113,6
1951	22,6	37,4	51,4	76,8	108
1952	42	57,2	62,6	78,4	118,6
1953	35,2	55,6	70,4	125,2	127
1954	30	44,2	59	99,8	120,4
1955	38	71,2	98	102	121
1956	27	46	62,6	73,2	97
1957	30,2	32,8	38	62	78
1958	25	40	59	86	152
1959	34	45	56,2	90,2	96,6
1960	30,4	49,6	63,4	82	105
1961	51	86,2	86,6	87,8	92,6
1962	40	41	45,2	45,2	61,2
1963	34,4	34,6	35,4	44	53,8
1964	34,4	35	50,4	73,2	97,6
1965	17,4	27,6	47	51,8	65
1967	18,8	32	45	66	93,6
1968	22	46	56	79,2	102
1969	23	37	56	76,6	95,2
1971	34	34,2	42,2	61,4	76,4
1972	17	31,4	41,4	50	63,4
1973	30,8	41,8	43,2	58	89
1976	18	31,8	54,2	84,8	89,8
1977	55,8	98,6	102,8	120,6	125,6
1978	20	26,4	33	36,6	53
1980	14	19	31,2	44,8	59,2
1985	9,1	15,3	21	37,5	50

Tabella 2 Dati pluviometrici registrati dalle stazione di Introbio

Per la pioggia di riferimento è stato assunto il valore giornaliero corrispondente ad un tempo di ritorno T_r di 100 anni, ricavato mediante regolarizzazione statistica della serie, normalizzato, seguendo la distribuzione di Gumbel che si adatta al calcolo di eventi estremi:

$$h_{\max} = u - \frac{1}{\alpha} \ln[-\ln(\frac{T_r - 1}{T_r})]$$

in cui:

$h_{\max}$ = massima altezza di pioggia (mm/giorno);

T_r = tempo di ritorno (anni);

α = costante che dipende dallo scarto quadratico medio della serie dei massimi annuali;

u = costante che dipende dalla media e dallo scarto quadratico medio della serie dei massimi annuali.

I risultati ottenuti hanno fornito un valore della precipitazione massima giornaliera $h_{\max} = 174,6$ mm/giorno.

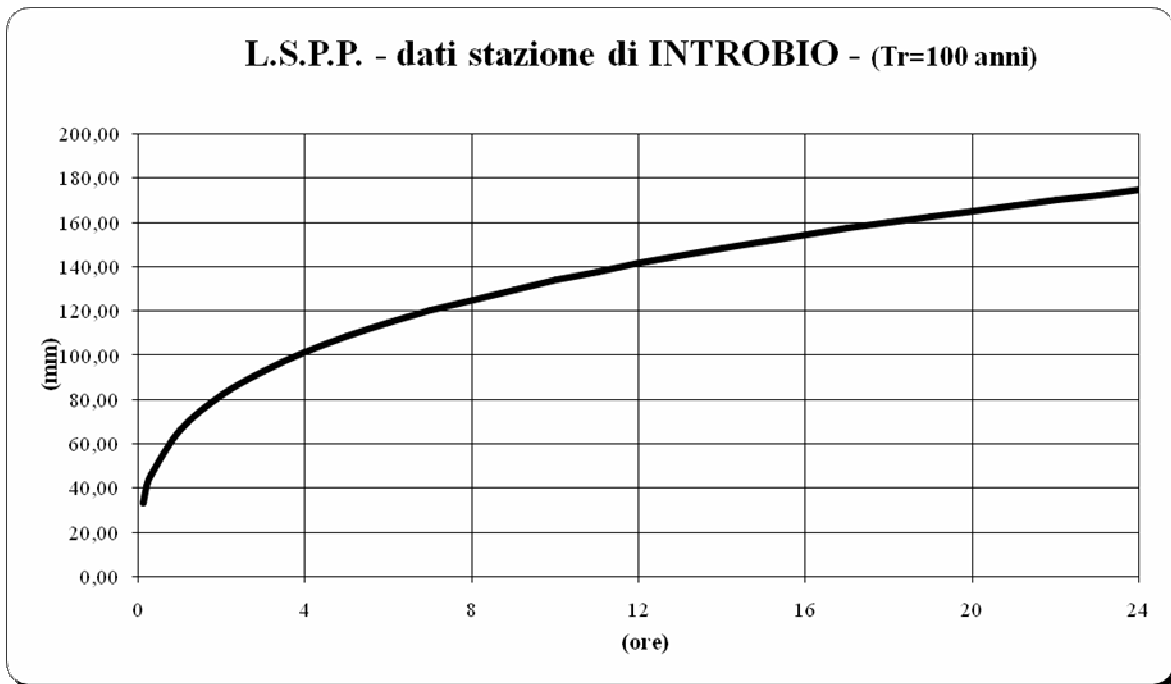


Tabella 3 L.S.P.P. della stazione di Introbio, da cui deriva una precipitazione massima giornaliera $h_{max} = 174,6$ mm/giorno

La scelta del tempo di ritorno pari a Tr 100 anni è stata fatta seguendo quanto contenuto nell'Allegato 4 della D.G.R. n°7374/2008 e nelle N. T.A. del P.A.I. Tali norme, riferite ai ponti (nel caso specifico quelli presenti a Taceno) e ai rilevati di accesso, prescrivono che le verifiche *“per i corsi d’acqua non interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali”* siano effettuate per un tempo di ritorno *“non inferiore a 100 anni”*. Anche nelle analisi effettuate nel 1999 dallo Studio DIZETA, che hanno individuato le aree a rischio di esondazione del T. Pioverna, veniva utilizzato un Tempo di Ritorno di 100 anni.

In base al valore di h_{max} , operando una regressione dei logaritmi dei valori trovati, si giunge alla stima dei parametri della Linea Segnalatrice di Probabilità Pluviometrica (L.S.P.P.) e quindi alla determinazione della sua espressione monomia di tipo esponenziale:

$$h = at^n$$

dove :

- h = altezza di pioggia (mm);
- t = tempo (ore);
- a = parametro della curva = 66,491 mm/ora;
- n = parametro della curva = 0,304.

Sostituendo a t il valore pari al tempo di corrivazione si ottiene il valore dell'altezza di pioggia critica: $h_c = 93,59 \text{ mm}$. Data l'area del bacino in esame si è ritenuto opportuno ragguagliare le L.S.P.P. in funzione dell'area stessa e della durata della precipitazione, utilizzando il fattore di riduzione di Moisello-Papiri (pari a 0,8), che ha portato al valore di $h_{c,ragg} = 74,88 \text{ mm}$.

Date le caratteristiche geomorfologiche e geometriche del bacino in esame, è stata assunta l'ipotesi di un idrogramma di piena triangolare ed il calcolo della portata di massima piena nelle sezioni considerate è stato eseguito con il "Metodo Razionale", uno dei modelli analitici "afflussi – deflussi", la cui formulazione è la seguente:

$$Q_{\max} = C \frac{h_{c,ragg}}{3.6t_c} S$$

Tale formulazione analitica calcola la portata di massima piena tenendo in considerazione il tipo di suolo e le caratteristiche pluviografiche del bacino esaminato, in cui :

- $h_{c,ragg}$ =altezza di pioggia critica (mm), altezza lorda ragguagliata;
- t_c = tempo di corrivazione (ore);
- S = superficie del bacino (kmq);
- C = coefficiente di deflusso calcolato con il metodo **Curve Number (CN)** del Soil Conservation Service degli Stati Uniti.

Il metodo proposto dal Soil Conservation Service (SCS), in accordo con le direttive del P.A.I., prevede che le piogge, una volta cadute al suolo seguano due percorsi differenti: in parte si infiltrino nel suolo dando luogo al deflusso profondo ed in parte ruscellino in superficie costituendo il deflusso superficiale che contribuisce significativamente alla generazione del picco dell'onda di piena.

La suddivisione delle piogge è in funzione della destinazione d'uso del suolo e delle caratteristiche litologiche dei sottobacini, per i quali è stata riconosciuta una capacità del suolo **Gruppo B** (sabbie argillose, terriccio marnoso sottile).

Inoltre dall'analisi eseguita attraverso le ortofoto e da numerosi sopralluoghi sul posto risulta che la destinazione d'uso del suolo sul bacino è la seguente:

Percentuale di bacino idrografico	Uso del suolo	CN II
62 %	bosco in buone condizioni	55
14 %	sterpaglie in discrete condizioni	56
5 %	pascolo in buone condizioni	61
19 %	prato	58

Tabella 4 Caratteristiche dell'uso del suolo

E' stato quindi assegnato un valori di CN_{II} medio ponderato pari a **56** da cui deriva il valore di **74,8** per CN_{III} ($CN_{III} = CN_{II} / (0,43 + 0,0057CN_{II})$).

Il calcolo del volume specifico del deflusso superficiale (altezza netta) è stato effettuato con la seguente relazione:

$Q = (I - I_a)^2 / (I - I_a + A)$		28,91
Q: volume specifico del deflusso superficiale [mm] (altezza netta)		
I: afflusso meteorico [mm] (altezza lorda)		74,87
I _a : assorbimento iniziale [mm]	= c A	8,57
A : massima ritenzione potenziale del terreno [mm]	= A ₀ (100/CN _{III} - 1)	85,70
A ₀ : costante [mm]		254
c : coefficiente		0,10
CN _{III} = numero di curva		74,8

Tabella 5 Relazione per il calcolo del volume specifico del deflusso superficiale

Si giunge, quindi, tramite la formula Razionale descritta in precedenza, al valore della portata di massima piena liquida, in corrispondenza della sezione di chiusura: **Q_{liq-max} = 375,40 mc/s.**

Nonostante l'assenza di dissesti in atto e/o potenziali, sia interni che provenienti dall'esterno dell'area in esame, e la mancanza di una quantificazione della portata solida negli studi precedenti di A.I.PO e DIZETA INGEGNERIA, si è ritenuto opportuno apportare un incremento pari a circa il 5% della portata liquida precedentemente

calcolata, come “contributo solido”, per tener conto dell’indeterminatezza del metodo utilizzato e della mancanza di una serie storica consistente di dati pluviometrici. Per tale motivo il valore di massima piena, utilizzato nei calcoli idraulici, risulta pari a: $Q_{\max} = 396,50 \text{ mc/s}$.

Il valore calcolato con lo studio idrologico presentato si trova circa a metà strada tra quello calcolato da A.I.PO, tramite l’analisi geomorfologica (280 mc/sec), e quello ricavato dallo studio DIZETA INGEGNERIA, con il metodo analitico (513 mc/sec).



Figura 6 *Panoramica del fondovalle in corrispondenza della località Tartavalle (anno 2009).*

5 CALCOLI IDRAULICI

Nella relazione idraulica redatta dall'A.I.PO per la realizzazione dei lavori di difesa idraulica del depuratore, si evidenzia un esteso rigurgito provocato dalla presenza in alveo del manufatto realizzato dalla SNAM (vedi Tav. 3). Tale manufatto aveva la funzione di sbarramento antinquinamento, con lo scopo di intercettare eventuali perdite di petrolio dall'oleodotto (non più in funzione) dell'Europa Centrale che attraversa la Valsassina.



Figura 7 Sbarramento SNAM (sez. 1.3) e ponti delle Strade Comunale e Provinciale

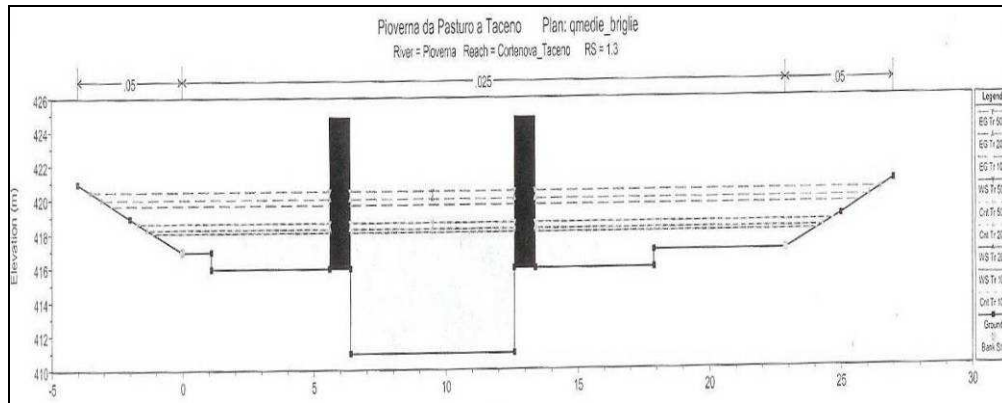


Figura 8 Geometria dello Sbarramento SNAM (sez. 1.3) utilizzata nello studio dell'AIPO

Secondo lo studio A.I.PO, il rigurgito provocato dallo sbarramento SNAM provocherebbe, con una piena duecentennale, un innalzamento del livello idrico di monte fino alla quota 420,23 m s.l.m. Le opere realizzate per la difesa idraulica del depuratore (muro e argine) sono state perciò realizzate ad una quota di 420,83 m s.l.m. con un franco di sicurezza di 60 cm. I lavori eseguiti dall'A.I.PO hanno comportato anche la realizzazione di una difesa sponale (scogliera in massi) in sponda destra nell'area a monte della soglia esistente, dove si erano verificati i fenomeni di esondazione nell'evento alluvionale del 2002, descritto in precedenza.



Figura 9 Alveo del T. Pioverna visto da monte – In sponda destra si notano le arginature eseguite dall’AIPO nel 2006-2007 a protezione del Depuratore Consortile

Le opere eseguite in sponda destra, in corrispondenza della loc. Cassinella, hanno comportato un allargamento della sezione di deflusso nella zona a monte della briglia, con asportazione del materiale detritico depositatosi in prossimità dell'argine destro (sul quale era presente un'area boscata).



Figura 10 Alveo a monte della briglia in loc. Cassinella (foto del 2000) Nel cerchio rosso si nota un accumulo di materiali fini presente in alveo. Sulla destra era invece presente un'area boscata.



Figura 11 Alveo a monte della briglia in loc. Cassinella (situazione attuale, foto del 2009). L'alveo è stato allargato rimuovendo il materiale detritico in alveo in prossimità della sponda destra (ricoperto dal bosco). L'accumulo di materiali fini è stato dilavato dalle acque del torrente.

Il Comune di Taceno ha inoltre eseguito un intervento di sistemazione ambientale, con ricarica e rimodellamento del terreno nell'area a confine con il Comune di Cortenova, in sponda destra del T. Pioverna, circa di fronte ala loc. Tartavallino. Tale zona era già stata segnalata come vulnerabile dallo studio DIZETA INGEGNERIA e attualmente classificata come Eb (pericolosità di esondazione elevata, vedi Tav. 1).



Figura 12 Alveo del T.Pioverna visto da monte – In sponda destra, circa di fronte alla loc. Tartavallino, si notano le aree ricaricate con circa 3-4 m di terreno al confine con il comune di Cortenova



Figura 13 Aree ricaricate con circa 3-4 m di terreno al confine con il comune di Cortenova

Il presente lavoro, svolto a seguito della realizzazione degli interventi dell'A.I.PO e del Comune di Taceno, verifica realmente l'efficacia delle opere di difesa idraulica realizzate e propone una nuova perimetrazione.

Il programma di calcolo utilizzato per i calcoli idraulici, HEC-RAS (v.4.1.0 – agg. gennaio 2010), realizzato dal United States Army Corps of Engineers, è uno strumento di validità riconosciuto a livello internazionale, basato su un modello matematico monodimensionale in condizioni di moto stazionario per determinare i profili di moto permanente gradualmente vario per corsi d'acqua monodimensionali in regime di corrente lenta, veloce o mista.

L'algoritmo di calcolo idraulico è basato su formulazioni matematiche quali l'equazione monodimensionale dell'energia, sviluppata da Manning, mentre le perdite valutate sono quelle d'attrito, differenti a seconda della parte di sezione trasversale, e quelle causate dalla contrazione o espansione delle sezioni. L'equazione della quantità di moto è utilizzata in regime di corrente mista, nel passaggio da corrente veloce a lenta, in corrispondenza di ponti o altri manufatti. Il modello richiede come input i dati geometrici del torrente (profili e sezioni trasversali), dati fisico-morfologici (coefficienti di scabrezza e di riduzione della sezione di deflusso) e i dati idrologici (portata in ingresso da monte).

Nel caso specifico sono state utilizzate 12 sezioni (vedi Tav. 3), alcune rilevate dallo studio DIZETA INGEGNERIA e verificate, le restanti rilevate direttamente mediante il collegamento di alcuni rilievi topografici realizzati sull'area in esame dallo scrivente per lavori pregressi e un nuovo rilievo topografico di dettaglio dell'area in corrispondenza del ponte della S.P. 62.

Il tratto analizzato ha una lunghezza complessiva di circa 2.000 m. Le sezioni rilevate sono state successivamente interpolate con un passo variabile da 10 a 20 m, per ottenere una migliore convergenza di calcolo.

I coefficienti di scabrezza sono stati determinati con l'espressione di Manning, differenziati per le varie parti dell'alveo, nel caso specifico compresi tra 0,02 e 0,045 $m^{1/3}/s$.

La simulazione condotta ipotizza condizioni di regime di corrente mista, assumendo inizialmente le caratteristiche di una corrente veloce, in quanto l'altezza d'acqua in condizioni di moto uniforme nella sezione di monte è inferiore al valore dell'altezza critica.

Dai calcoli effettuati si evince che in corrispondenza del ponte della S.P. 62 la corrente diventa lenta, con il fenomeno di rigurgito della corrente a monte, a causa della presenza in alveo dello sbarramento SNAM, ma anche (e soprattutto) per la presenza, pochi metri a valle delle opere di presa della centrale idroelettrica dell'ENEL.

Il manufatto di presa dell'ENEL è costituito da una galleria di presa in sponda sinistra, nella quale le acque sono convogliate mediante una soglia artificiale che innalza il livello dell'alveo di circa 1,5 m. Detta soglia ha una larghezza di 8 m dalla quale laminano le portate eccedenti a quelle captate.



Figura 14 Presa dell'impianto idroelettrico ENEL presente pochi metri a valle del ponte della S.P.62

Dai calcoli effettuati nel presente studio, il rigurgito presente a monte del ponte della S.P. 62, in condizioni di piena centennale, è provocato principalmente da detta soglia ENEL e in minor misura, anche se significativa, dallo sbarramento SNAM.



Figura 15 *Presa dell'impianto idroelettrico ENEL durante la piena del 26 novembre 2002*

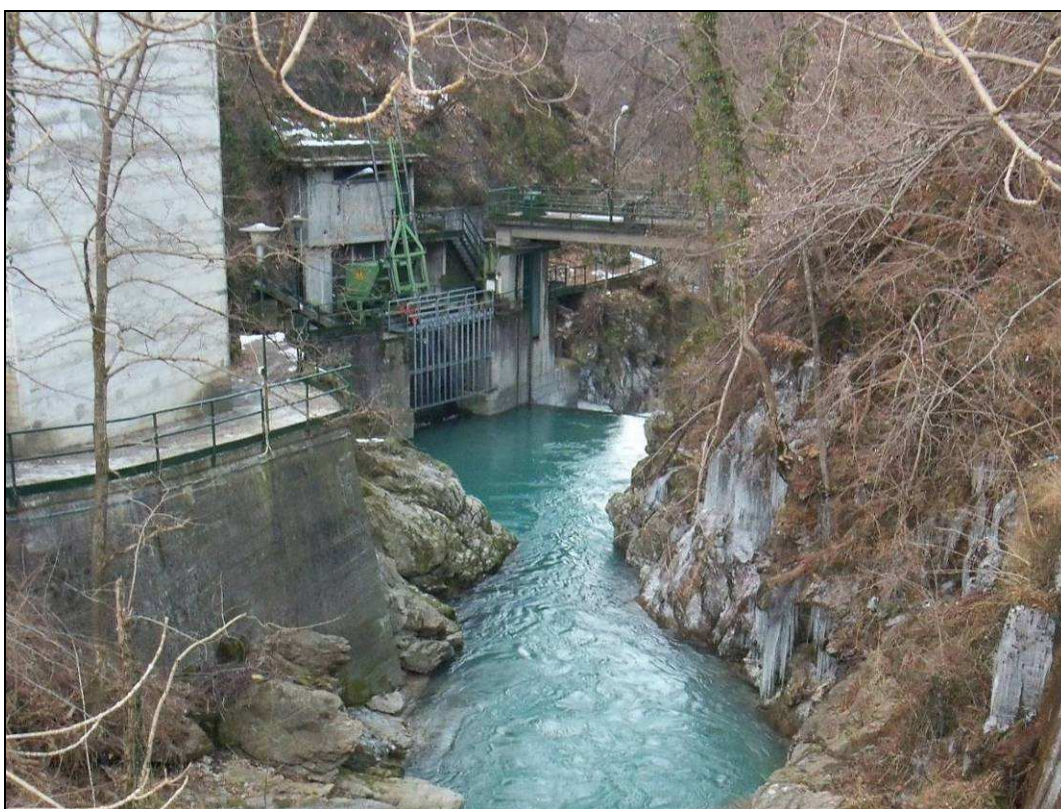


Figura 16 *Presa dell'impianto idroelettrico ENEL nelle condizioni ordinarie del 29 dicembre 2010*



Figura 17 Sbarramento SNAM durante la piena del 26 novembre 2002



Figura 18 Sbarramento SNAM in condizioni ordinarie del 29 dicembre 2010

Per l'inserimento dei manufatti e dei ponti si è fatto riferimento a un modello che, schematizzando l'effetto sulla corrente mediante due sezioni di calcolo, riferite alla geometria rilevata, consente di sovrapporre all'andamento dell'alveo l'ingombro delle opere.

Le elaborazioni con il programma di calcolo hanno dimostrato che, con una piena centennale di 396,50 mc/sec, le opere eseguite in sponda destra per la difesa del depuratore consortile risultano efficaci ed è garantito un franco di sicurezza di circa 40÷50 cm in tutto il tratto attualmente vulnerabile dalla esondazione del T. Pioverna, come visualizzato nelle sezioni e nelle tabelle allegate.

Tuttavia, allo stato attuale, la protezione del depuratore consortile risulta compromessa da ciò che succederebbe sul Torrente Mortesina in caso di eventi meteorici molto intensi e prolungati, tali da produrre fenomeni calamitosi, come descritto e spiegato nei capitoli successivi.

In sponda sinistra, in loc. Cassinella e Tartavalle, invece, permane la situazione di pericolosità di esondazione molto elevata in quanto non sono state eseguite opere di difesa idraulica.

Si ricorda che i calcoli sono stati eseguiti nelle condizioni geometriche e morfologiche attuali, rilevate, del corso d'acqua. Nel tempo tali condizioni potranno subire alterazioni o modificazioni, in funzione di interventi di svaso e ricalibratura e/o a seguito di fenomeni di sovralluvionamento. Inoltre la valutazione della pericolosità, si basa anche sull'efficienza delle opere di difesa idraulica, che a loro volta dipendono da una continua manutenzione.

6 VALUTAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

La normativa recita che *“la compatibilità idraulica delle proposte d'uso delle aree a rischio idraulico viene valutata individuando i rischi ai quali è soggetta l'area d'interesse e che debbono essere mitigati, discutendo l'efficacia degli eventuali interventi proponibili per la mitigazione del rischio”*. Inoltre si deve verificare che l'occupazione del suolo non sia di ostacolo al libero deflusso delle acque e che gli insediamenti o le strutture nelle aree inondabili siano compatibili con lo stato di rischio.

Dalle elaborazioni idrauliche effettuate con il programma HEC-RAS si è potuto verificare che, a seguito dei lavori di difesa idraulica eseguiti in sponda destra dall'A.I.PO e dal Comune di Taceno sono state rimosse le condizioni di pericolosità di esondazione in sponda destra del Torrente Pioverna, fatta eccezione per la zona del depuratore che risulta ancora allagabile dal Torrente Mortesina (che scorre in fregio al depuratore). Infatti le opere eseguite per la protezione del depuratore consortile rimangono compromesse dalla presenza della chiavica che separa il Torrente Pioverna dal suo affluente T. Mortesina e che entrerebbe in funzione in caso di evento di piena centennale del T.Pioverna; in questa eventualità, le acque del T.Mortesina, bloccate dalla chiusura della chiavica, risalirebbero fino a superare i muri di protezione del depuratore, motivo per cui l'area è stata classificata in Eb (pericolosità elevata per esondazione – PAI).

Le opere eseguite in sponda destra, in corrispondenza della loc. Cassinella, hanno comportato un allargamento della sezione di deflusso nella zona a monte della briglia, con asportazione del materiale detritico depositatosi in prossimità dell'argine destro (sul quale era presente un'area boscata). Ciò ha consentito una diminuzione del tirante idrico e una riduzione della portata non smaltibile dalla sezione. Per tali motivi una parte dell'area precedentemente classificata come zona Ee è stata stralciata e una parte declassata in Eb. Tuttavia il T. Pioverna può ancora esondare in sponda sinistra in loc. Cassinella, ove era presente un tratto di scogliera che, a causa del fenomeno della

subsidenza, è sprofondato e non svolge più alcuna funzione di contenimento delle acque.

I calcoli hanno dimostrato che l'esecuzione delle citate opere di arginatura eseguite in sponda destra, per contenere il rigurgito del T. Pioverna dovuto al restringimento della sezione di deflusso dovuta alla presa dell'impianto idroelettrico ENEL e allo sbarramento SNAM, non provocano di fatto un aggravamento delle condizioni di pericolosità in sponda sinistra (loc. Tartavalle), dove permane comunque la situazione di pericolosità di esondazione molto elevata (area Ee), così come indicato nella Tav. 3.

Inoltre nell'area di fronte alla località Tartavallino, in prossimità del confine comunale con Cortenova, a seguito della realizzazione della difesa spondale e della ricarica citata in precedenza, non sussiste più il pericolo per esondazione.

L'area precedentemente classificata in zona Em in loc. Tartavalle invece è stata stralciata, in quanto non più significativa. Nella tavola 3 inoltre sono state segnalate le aree sede di ristagni idrici significative e/o sede di allagamenti. Dette aree sono state perimetrate e normate dallo studio geologico.

7 INTERVENTI DI REGIMAZIONE IDRAULICA PROPOSTI

Le elaborazioni idrologiche e idrauliche esposte hanno messo in evidenza la permanenza di alcune situazioni di pericolosità per esondazione. Pertanto, al fine di fornire uno studio completo anche a livello previsionale, sono stati pensati e di seguito descritti i possibili interventi di regimazione o di modifica delle condizioni morfologiche dei luoghi necessari per risolvere il problema e svincolare le aree.

Gli interventi di regimazione idraulica proposti, indicati nella tavola 3, prevedono in sponda sinistra:

- A) La ricarica con terre e rocce di scavo, fino ad una quota superiore a quella di esondazione della piena centennale, in loc. Tartavalle, nell'area compresa tra la strada sterrata consortile esistente e la strada asfaltata che costeggia il T. Pioverna. Tale intervento può essere integrato dal rafforzamento e/o innalzamento e/o realizzazione dell'argine in scogliera.
- B) La costruzione di un argine in terra con paramento interno in massi ciclopici, in loc. Cassinella, a valle dell'area soggetta a subsidenza, disposto a 45° rispetto alla direzione del flusso del T. Pioverna.

In sponda destra, per consentire lo svincolo dell'area del depuratore, vengono proposti i seguenti interventi di regimazione idraulica:

- C) La costruzione di un muro di protezione in fregio al T. Mortesina che raggiunga una quota superiore a quella di esondazione della piena centennale e contestuale rimozione della chiusa (chiavica) esistente con ripristino di una sezione di deflusso del T. Mortesina in grado di smaltire la portata di massima piena della valle stessa.
- D) Alternativa alla rimozione della chiavica sul T. Mortesina, potrà essere realizzata una deviazione del corso d'acqua più a monte, in corrispondenza della strada comunale, con deviazione della portata non smaltibile dalla chiusa tramite un canale scolmatore da posare sotto la strada stessa, in modo da scaricare la portata in esubero nel T. Pioverna.

Sempre per migliorare le condizioni al contorno del T. Pioverna, si potrebbero valutare i costi/benefici di un eventuale rimozione dell'opera di sbarramento della SNAM, non più in esercizio e solo di ostacolo al deflusso delle acque, oltre ad un possibile abbassamento della quota minima della soglia/briglia mobile dell'ENEL, in corrispondenza dell'opera di presa, al fine di aumentare la pendenza locale del tratto di alveo del T. Pioverna e, quindi, aumentarne la portata defluibile.

Un'altra valle del territorio comunale oggetto di calcoli idraulici è stata la Valle Resina. Come indicato nelle tavole dello studio geologico, essa presenta numerose criticità, causate da un possibile debris flow (colata detritica), proveniente dalla frana monitorata presente in loc. Stallone, Comune di Casargo. Oltre al mantenimento del sistema di monitoraggio, in essere alla Comunità Montana, al fine di prevedere una futura riduzione delle fasce vincolate, gli interventi possibili di regimazione potrebbero consistere nella realizzazione di una briglia di trattenuta in zona cimitero, l'innalzamento di alcuni tratti di muratura d'argine, sia in sponda destra che sinistra, e l'aumento della luce di alcuni dei numerosi attraversamenti presenti nel tratto abitato del corso d'acqua.

Gli interventi sopradescritti in modo qualitativo, prima di essere realizzati dovranno essere oggetto di specifica progettazione, per definirne le caratteristiche geometriche e i costi. Tali lavori dovranno tener conto dei risultati contenuti nella presente relazione e nelle tavole allegate.

Oltre alle situazioni descritte nei paragrafi precedenti si dovrà prestare particolare cura alla manutenzione ordinaria di tutti i corsi d'acqua, mantenendo libero l'alveo da materiali litoidi trasportati e depositati e le sponde da piante e arbusti, per garantire l'efficienza idraulica, soprattutto durante i possibili fenomeni di piena.

Primaluna, aprile 2011

Dott. Ing. Tomaso Invernizzi
(O.I.L. n°540)

ALLEGATO 1:

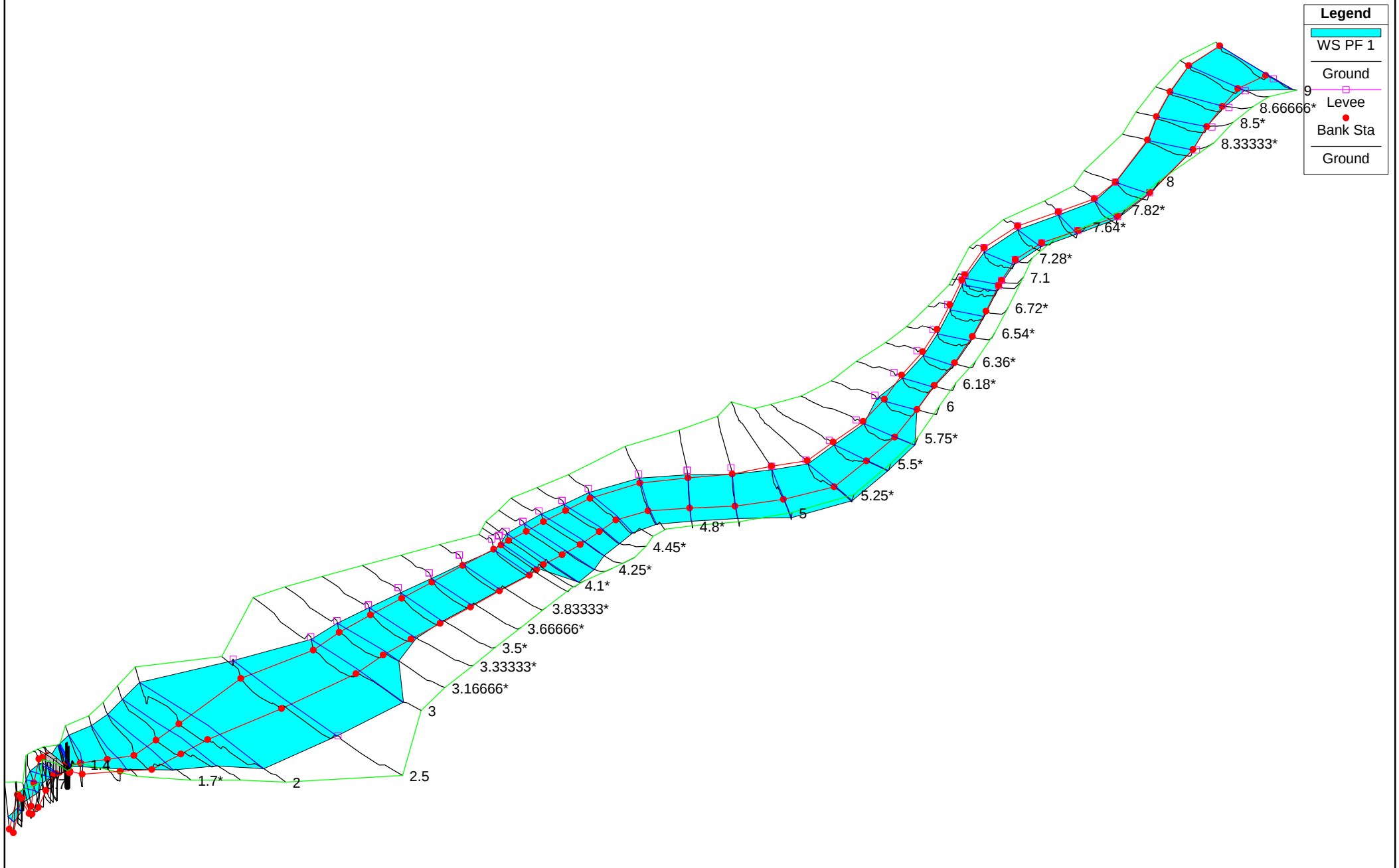
ELABORATI HEC-RAS:

- **TABULATI DI CALCOLO**
- **3D**
- **PROFILO**
- **SEZIONI**

HEC-RAS Plan: Plan 02 River: Pioverna Reach: Taceno Profile: PF 1

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Taceno	9	PF 1	396.50	432.88	435.25	435.39	436.07	0.010012	4.06	110.57	111.36	1.11
Taceno	8.83333*	PF 1	396.50	432.37	434.76	434.90	435.65	0.009825	4.18	96.44	74.72	1.11
Taceno	8.66666*	PF 1	396.50	431.87	434.24	434.39	435.21	0.010323	4.38	90.84	63.62	1.14
Taceno	8.5*	PF 1	396.50	431.36	433.76	433.91	434.78	0.009910	4.46	88.83	55.99	1.13
Taceno	8.33333*	PF 1	396.50	430.85	433.30	433.45	434.36	0.009494	4.57	86.78	51.07	1.12
Taceno	8	PF 1	396.50	429.84	432.46	432.64	433.61	0.008263	4.74	83.60	41.60	1.07
Taceno	7.82*	PF 1	396.50	429.24	431.70	432.01	433.13	0.011390	5.30	74.87	40.29	1.24
Taceno	7.64*	PF 1	396.50	428.65	431.16	431.46	432.60	0.011387	5.31	74.67	39.95	1.24
Taceno	7.46*	PF 1	396.50	428.05	430.63	430.92	432.07	0.011362	5.32	74.52	39.50	1.24
Taceno	7.28*	PF 1	396.50	427.46	430.11	430.40	431.54	0.011126	5.30	74.85	39.02	1.22
Taceno	7.1	PF 1	396.50	426.86	430.28	429.88	431.06	0.004285	3.91	101.32	39.50	0.78
Taceno	6.9	PF 1	396.50	426.86	429.88	429.88	430.98	0.007299	4.64	85.44	38.90	1.00
Taceno	6.72*	PF 1	396.50	426.37	428.99	429.33	430.53	0.012136	5.50	72.14	37.99	1.27
Taceno	6.54*	PF 1	396.50	425.88	428.46	428.81	430.00	0.011901	5.50	72.13	37.67	1.27
Taceno	6.36*	PF 1	396.50	425.39	427.93	428.29	429.48	0.011835	5.52	71.87	37.35	1.27
Taceno	6.18*	PF 1	396.50	424.90	427.41	427.77	428.97	0.011812	5.53	71.66	37.10	1.27
Taceno	6	PF 1	396.50	424.41	426.92	427.32	428.46	0.011459	5.49	72.37	38.33	1.25
Taceno	5.75*	PF 1	396.50	423.83	426.52	426.84	427.87	0.010526	5.15	79.28	66.79	1.20
Taceno	5.5*	PF 1	396.50	423.25	425.99	426.33	427.33	0.011755	5.14	82.18	74.56	1.25
Taceno	5.25*	PF 1	396.50	422.67	425.49	425.81	426.73	0.011820	4.96	89.71	82.40	1.24
Taceno	5	PF 1	396.50	422.09	424.99	425.27	426.13	0.011967	4.79	97.64	90.03	1.23
Taceno	4.9*	PF 1	396.50	421.93	424.80	424.88	425.69	0.007965	4.25	109.67	81.27	1.03
Taceno	4.8*	PF 1	396.50	421.77	424.27	424.45	425.27	0.009704	4.54	106.46	85.43	1.13
Taceno	4.7*	PF 1	396.50	421.60	423.78	423.96	424.80	0.010162	4.63	109.48	86.55	1.16
Taceno	4.6	PF 1	396.50	421.44	423.26	423.47	424.31	0.010670	4.71	111.84	87.64	1.19
Taceno	4.45*	PF 1	396.50	421.27	423.09	423.20	423.99	0.007962	4.26	110.39	93.40	1.04
Taceno	4.3	PF 1	396.50	421.10	423.16	422.83	423.73	0.003948	3.36	130.50	101.58	0.75
Taceno	4.25*	PF 1	396.50	421.00	423.08	422.74	423.63	0.003834	3.32	139.12	112.44	0.74
Taceno	4.2	PF 1	396.50	420.90	422.74	422.74	423.48	0.006430	3.87	121.26	114.52	0.94
Taceno	4.1*	PF 1	396.50	419.95	421.09	421.72	423.22	0.035473	6.47	61.83	60.20	2.01
Taceno	4	PF 1	396.50	419.00	420.21	420.93	422.77	0.048402	7.09	55.98	58.79	2.31
Taceno	3.83333*	PF 1	396.50	418.48	420.19	420.46	421.36	0.013795	4.80	83.01	62.12	1.31
Taceno	3.66666*	PF 1	396.50	417.96	420.29	420.00	420.87	0.004329	3.36	119.50	65.43	0.78
Taceno	3.5*	PF 1	396.50	417.44	420.33	419.54	420.68	0.001953	2.62	154.37	68.56	0.54
Taceno	3.33333*	PF 1	396.50	416.93	420.35	419.07	420.58	0.001033	2.14	190.59	75.42	0.41
Taceno	3.16666*	PF 1	396.50	416.41	420.37	418.60	420.53	0.000596	1.80	235.51	95.33	0.32
Taceno	3	PF 1	396.50	415.89	420.38	418.12	420.50	0.000365	1.53	297.53	151.72	0.25
Taceno	2.5	PF 1	396.50	415.15	420.43	417.28	420.48	0.000124	1.03	571.39	177.23	0.15
Taceno	2	PF 1	396.50	414.38	420.42		420.46	0.000111	1.12	690.54	206.64	0.15
Taceno	1.85*	PF 1	396.50	413.91	420.38		420.46	0.000111	1.35	522.33	158.27	0.17
Taceno	1.7*	PF 1	396.50	413.44	420.34		420.46	0.000107	1.64	405.63	123.84	0.20
Taceno	1.55*	PF 1	396.50	412.97	420.28		420.45	0.000129	1.91	309.20	89.02	0.23
Taceno	1.4	PF 1	396.50	412.50	420.18		420.44	0.000133	2.35	234.15	60.24	0.27
Taceno	1.31	PF 1	396.50	410.50	420.08	415.82	420.44	0.000706	2.81	180.01	42.14	0.31
Taceno	1.305			Bridge								
Taceno	1.3	PF 1	396.50	410.50	420.09		420.43	0.000578	2.62	178.02	42.15	0.32
Taceno	1.1	PF 1	396.50	409.33	419.99	415.52	420.42	0.000508	2.89	139.90	27.54	0.36
Taceno	1			Bridge								
Taceno	0.9	PF 1	396.50	409.33	419.96		420.39	0.000515	2.90	139.17	27.35	0.37
Taceno	.85*	PF 1	396.50	409.66	419.85		420.39	0.000462	3.29	139.30	24.60	0.37
Taceno	0.8	PF 1	396.50	410.00	419.47		420.38	0.000504	4.55	110.92	18.32	0.48
Taceno	0.7	PF 1	396.50	410.00	419.06	418.03	420.36	0.001433	6.29	87.39	17.92	0.69
Taceno	0.6	PF 1	396.50	411.00	417.76	417.43	420.32	0.003501	7.21	59.42	11.20	0.89
Taceno	0.51			Bridge								
Taceno	0.5	PF 1	396.50	409.50	414.31	416.12	420.00	0.016044	10.56	37.53	7.80	1.54
Taceno	0.4	PF 1	396.50	408.50	412.05	414.31	419.66	0.011922	12.70	35.40	11.94	2.15

pioverna 2011 interpolata Plan: Plan 02



Legend

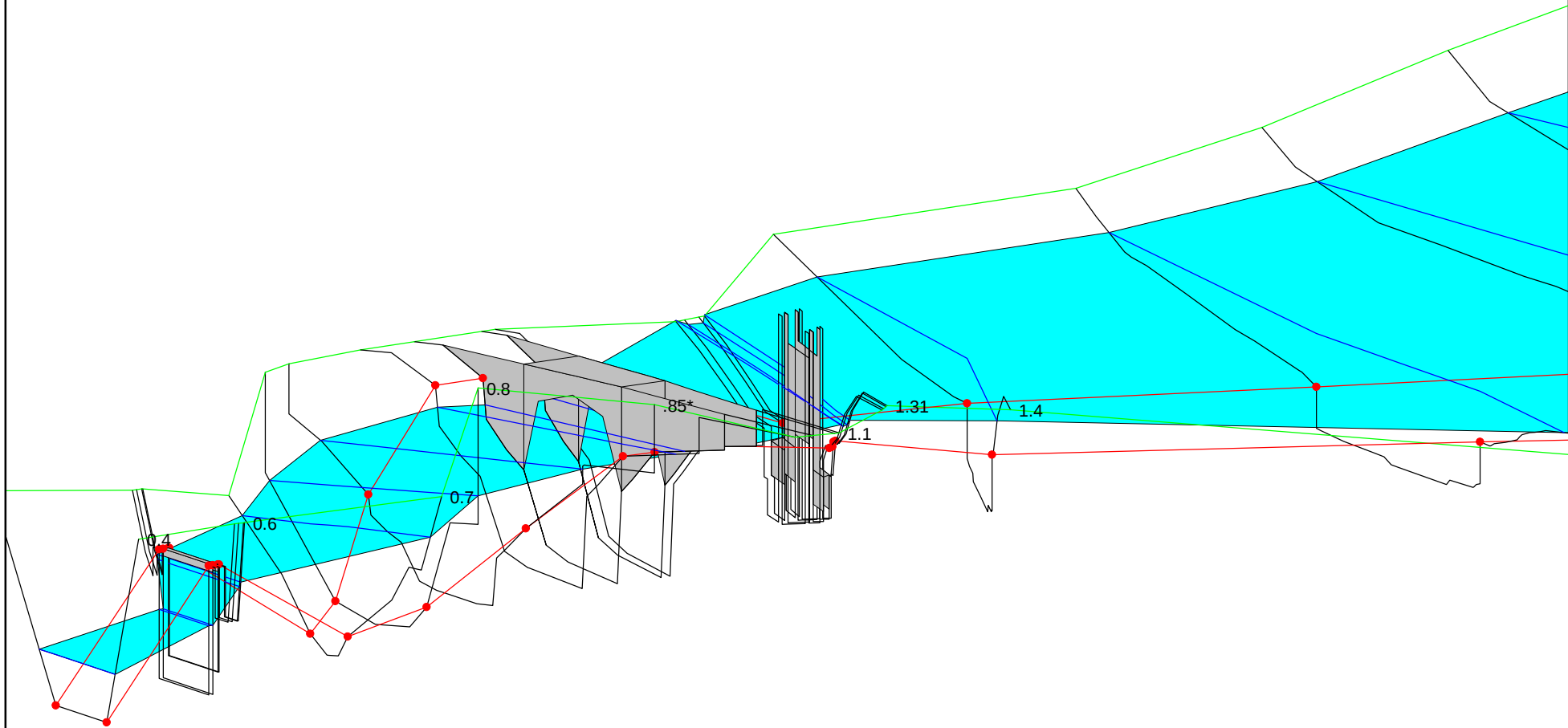
WS PF 1

Ground

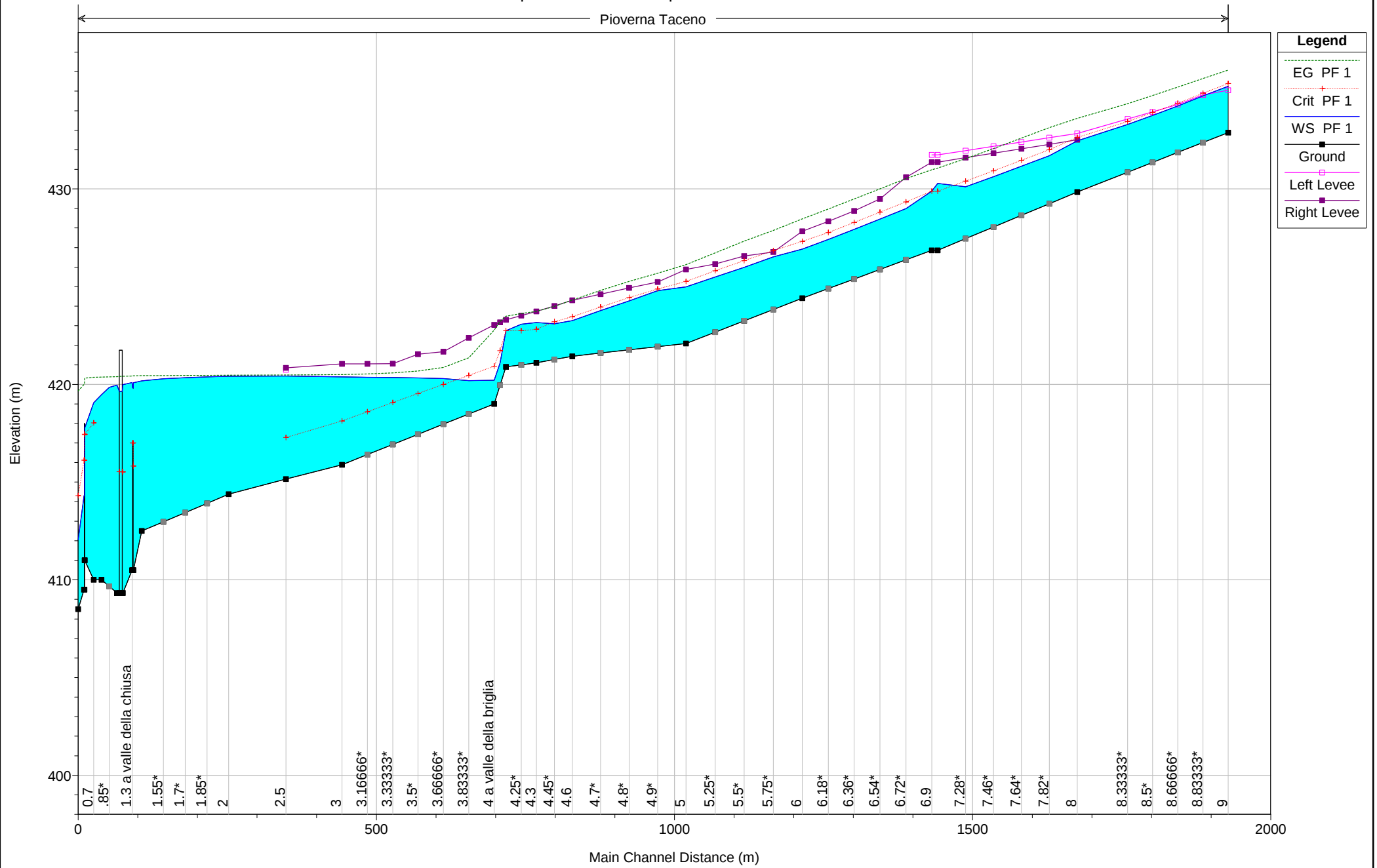
Levee

Bank Sta

Ground



pioverna 2011 interpolata Plan: Plan 02



pioverna 2011 interpolata Plan: Plan 02

