desalvo roberto & partners
StA igeS
SERVIZI TECNICI per AMBIENTE
IDRAULICA GEOTECNICA
EDILIZIA e STRUTTURE
via IV Novembre 4 int. 7 - 17100 Savona (SV) - email: roberto_desalvo@libero.it
tel. 019.80.54.20 fax 019.77.00.448 cell. 339.68.96.298 - 348.28.87.224

Comune di Vado Ligure

Provincia di Savona



VERIFICA DI COERENZA IDRAULICA DELLE OPERE DI CONTORNO ALL'AREA S16 DI P.U.C. DEL COMUNE DI VADO LIGURE PER LE ZONE DI COMPETENZA ABITCOOP (FOGLIO 29, MAPPALI 565, 566, 567, 568, 569, 572, 573, 578, 688, 689)

RELAZIONE IDRAULICA

INDICE

1. INTRODUZIONE
2. STATO ATTUALE
3. RELAZIONE IDRAULICA

   3.1) Step 1: valutazione della portata esondante dall'alveo del Torrente Segno

   3.1.1 Portate di piena di progetto per il bacino del torrente Segno

   3.1.2 Determinazione dei profili di corrente

   - Codice di calcolo utilizzato
   - Definizione geometrica del corso d'acqua
   - Parametri idraulici
   - I coefficienti di contrazione ed espansione
   - Condizioni al contorno
   - Modellazione dei ponti
   - Modellazione idraulica del Torrente Segno: stato di fatto
   - Individuazione della sezione critica da cui si ipotizza avere origine l'esondazione

   3.2) Step 2: valutazione dei tiranti e delle velocità della corrente nella zona di interesse

   - Parametri di modellazione
   - Schematizzazione della zona
   - Risultati della modellazione

4. CONCLUSIONI
5. ALLEGATI

desalvo roberto & partners
via IV Novembre 4 int. 7 - 17100 Savona (SV) - email: roberto_desalvo@libero.it
tel. 019.80.54.20 fax 019.77.00.448 cell. 339.68.96.298 - 348.28.87.224

1. INTRODUZIONE

Il sottoscritto Ing. Desalvo Roberto, amministratore unico e direttore tecnico della StAigeS Ingegneria S.r.l., con sede in Savona Via IV Novembre 4/7, su incarico della AbitCoop Liguria, redige la presente relazione idraulica relativa alla verifica di compatibilità idraulica delle opere di contorno all'area S16 di P.U.C. del Comune di Vado Ligure per le zone di competenza AbitCoop Liguria con la vigente normativa di Piano di Bacino. In particolare l'oggetto dello studio idraulico di seguito riportato è la realizzazione delle nuove infrastrutture viarie dedicate alle nuove edificazioni previste dal progetto di ristrutturazione urbanistica.

2. STATO ATTUALE

L'area in oggetto si estende in sponda destra del Torrente Segno nel tratto a valle del ponte di Via alla Costa (v. Figura 1).

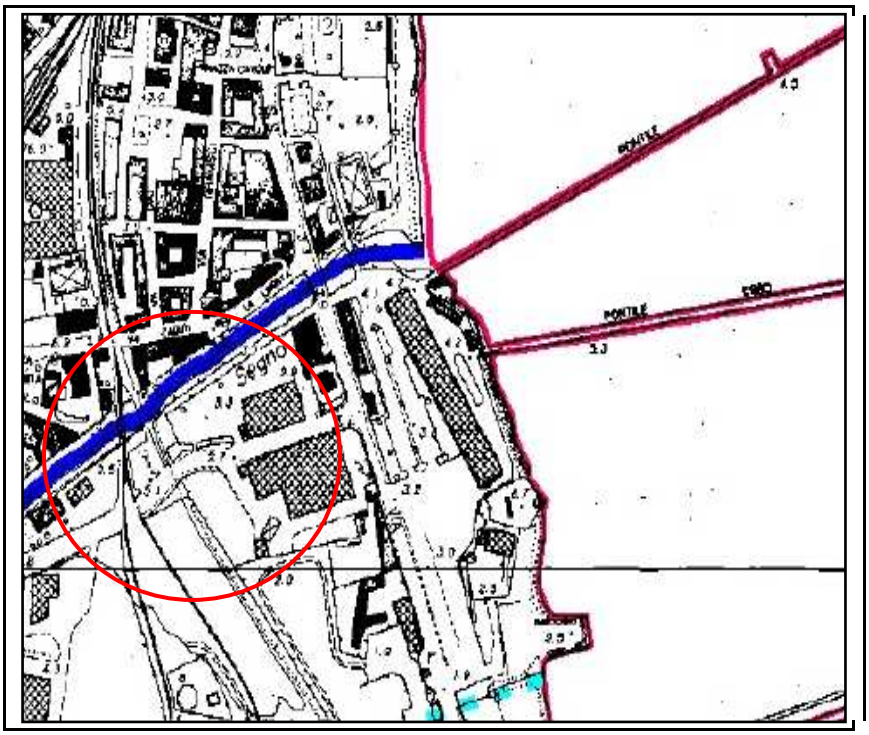


Figura 1: zona di intervento su CTR 1:10000.

Allo stato attuale la zona ricade in parte nella fascia di inondabilità B del Piano di Bacino del Torrente Segno, che contraddistingue le aree inondabili per tempi di ritorno due centennali, ed in parte nella fascia C, inondabile con tempi di ritorno cinquecentennali.

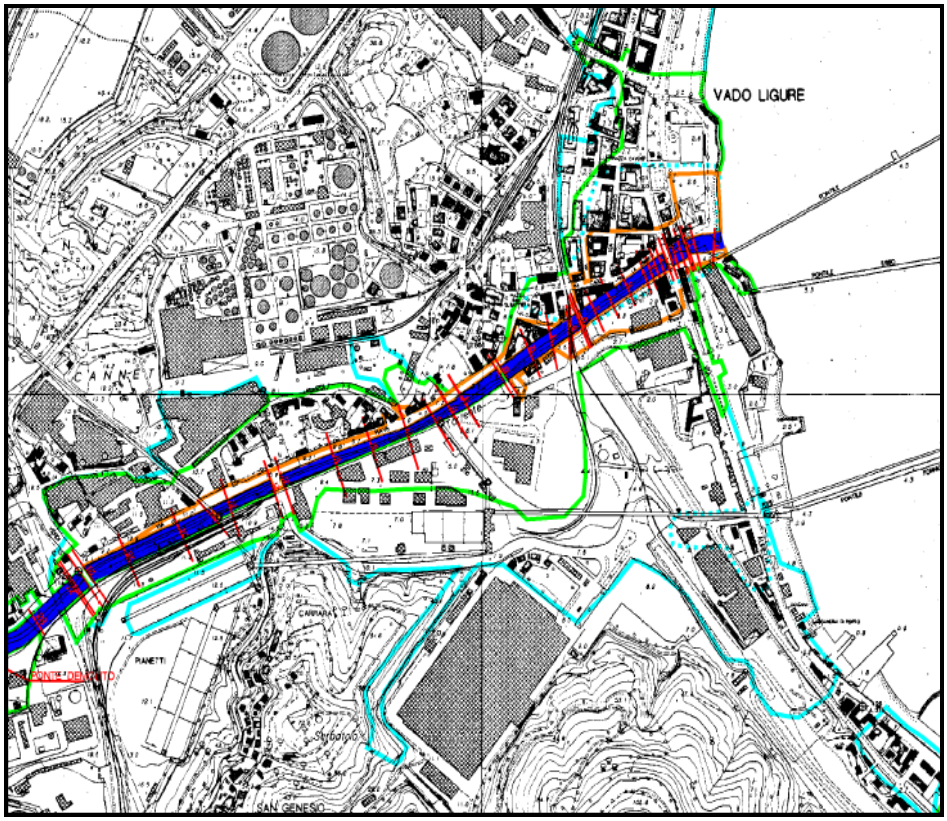


Figura 2: stralcio della carta delle aree inondabili (Piano di Bacino del torrente Segno).

Nel seguito si riporta una breve documentazione fotografica per favorire l'inquadramento della zona di interesse.

desalvo roberto & partners
via IV Novembre 4 int. 7 - 17100 Savona (SV) - email: roberto_desalvo@libero.it
tel. 019.80.54.20 fax 019.77.00.448 cell. 339.68.96.298 - 348.28.87.224



Foto 1: vista da monte del ponte di Via alla Costa.



Foto 2: vista da monte dell'area in sponda destra del Torrente Segno.

desalvo roberto & partners
via IV Novembre 4 int. 7 - 17100 Savona (SV) - email: roberto_desalvo@libero.it
tel. 019.80.54.20 fax 019.77.00.448 cell. 339.68.96.298 - 348.28.87.224

3. RELAZIONE IDRAULICA

La verifica idraulica nel seguito descritta si è composta di due step successivi, riassunti nel seguito:

- Step 1: valutazione della portata esondante dall'alveo del Torrente Segno che causa l'inondazione dell'area S16;
- Step 2: valutazione dei tiranti e delle velocità della corrente nella zona di interesse.

3.1) Step 1: valutazione della portata esondante dall'alveo del Torrente Segno

3.1.1 Portate di piena di progetto per il bacino del torrente Segno

La portata al colmo dell'onda di piena del torrente Segno per i tempi di ritorno T corrispondenti a 50, 200 e 500 anni è stata calcolata con il metodo della regionalizzazione delle precipitazioni e delle portate di piena per i bacini liguri realizzato dal CIMA.

Il valore della portata per assegnato tempo di ritorno è ottenuto a partire dalla conoscenza delle precipitazioni intense regionalizzate, delle caratteristiche morfologiche dei bacini imbriferi, delle proprietà di assorbimento dei suoli e quindi delle condizioni di antecedente bagnamento del suolo.

Tale metodo fa riferimento alla posizione del bacino in esame nell'ambito del territorio regionale ed alla dimensione del bacino sotteso dalla sezione per la quale si vuole calcolare il valore di portata per assegnato tempo di ritorno.

Le portate di progetto calcolate per il bacino del torrente Segno ed approvate dal Comitato Tecnico Provinciale nella seduta dell'11/09/2003 sono:

Area drenata del bacino chiuso al Mar Tirreno $\left[km^2\right]$	Q_{50} [$m^3 s^{-1}$]	Q_{200} [$m^3 s^{-1}$]	Q_{500} [$m^3 s^{-1}$]
21	220	320	380

Tabella 1: Valori di portata al colmo di piena con assegnato tempo di ritorno –"Caratterizzazione delle precipitazioni intense e delle portate di piena per i bacini liguri" (C.T.P. seduta dell'11/09/2003)

Per tener conto del trasporto solido,difficilmente quantificabile durante un evento di piena, la portata 200-ennale Q_{200} utilizzata per il calcolo della portata esondante, è stata maggiorata del 5% e risulta pertanto pari a 336 m^3/s.

3.1.2 Determinazione dei profili di corrente

- Codice di calcolo utilizzato

La determinazione dei profili di rigurgito è stata condotta mediante lo specifico pacchetto software HEC-RAS (U.S. Army Corps of Engineers – Hydrologic Engineering Center, versione 4.1.0), che prevede la risoluzione dell'equazione del moto delle correnti a pelo libero nella schematizzazione monodimensionale.

La soluzione dell'equazione dei profili di rigurgito avviene nel software mediante l'applicazione dello schema di Euler-Cauchy, noto nella letteratura anglosassone con il nome di "Standard Step Method".

Il profilo è determinato in modo iterativo risolvendo l'equazione dell'energia tra due sezioni trasversali successive.

L'equazione dell'energia utilizzata dal programma è:

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + \Delta H \qquad (2.1)$$

dove:

- Y_1, Y_2 : tirante idrico nelle sezioni considerate;
- Z_1, Z_2 : quote del fondo alveo;
- V_1, V_2 : velocità medie (portata totale/area bagnata);
- α_1 , α_2 : coefficienti riduttori dell'energia cinetica;
- g : accelerazione di gravità;
- ΔH : perdita di carico.

Le condizioni al contorno sono applicate all'estremo di monte o di valle del tronco fluviale a seconda che ci si trovi nel caso di correnti rispettivamente veloci o lente. La soluzione si propaga alla sezione successiva dopo che il carico fra le due sezioni contigue risulta bilanciato con una tolleranza assegnata.

Qualora si verifichi una transizione da regime supercritico a subcritico, o viceversa, si è in presenza di moto rapidamente variato, l'equazione precedente non è più applicabile.

Tale passaggio può essere causato da diversi fattori, quali per esempio un cambio significativo della pendenza del fondo, brusche variazioni di sezione o restringimenti determinati ad esempio dalla presenza di ponti con pile in alveo, confluenze, ecc.
In alcuni di questi casi è possibile fare uso di equazioni empiriche, in altri è necessario applicare l'equazione del Momento. L'espressione per la variazione del Momento nell'unità di tempo può essere scritta come:

$$P_2 - P_1 + W_x - F_f = Q \cdot \rho \cdot \Delta V_x \qquad (2.2)$$

dove:

- P : pressione idrostatica nelle due sezioni consecutive del corso d'acqua;
- W_x : forza peso dell'acqua nella direzione x (direzione del moto);
- F_f : forza d'attrito;
- Q : portata del corso d'acqua;
- ρ : densità dell'acqua;
- ΔV_x : variazione della velocità tra le due sezioni consecutive.

Il pacchetto di calcolo richiede diversi dati di input tra i quali:

- descrizione geometrica completa del tronco fluviale, costituita dalla rappresentazione geometrica delle sezioni trasversali e dal loro posizionamento plano – altimetrico, dalle lunghezze dei singoli tratti e dalle quote del fondo alveo e delle altezze arginali;
- caratterizzazione della resistenza dell'alveo mediante la definizione del coefficiente di scabrezza di Manning *n* e dei coefficienti di contrazione *Cc* e di espansione *Ce* ;
- condizioni idrauliche al contorno di valle o di monte per correnti lente o veloci all'inizio e alla fine del tratto analizzato;
- definizione geometrica ed idraulica di eventuali singolarità presenti in alveo (ponti, confluenze, etc.);
- definizione della portata di progetto.

- Definizione geometrica del corso d'acqua

Il calcolo del profilo di rigurgito ha richiesto come prima cosa la definizione geometrica del corso d'acqua. Nella presente modellazione si è considerato un tratto lungo complessivamente circa 1000 m, discretizzato in 37 sezioni trasversali al deflusso della corrente.

Nella Figura 3 si riporta il profilo longitudinale del tratto terminale oggetto di studio, con evidenziate le sezioni di calcolo adottate nello studio idraulico.
Successivamente si sono definite, sezione per sezione, oltre alla geometria vera e propria, comprensiva della quota di fondo alveo e delle quote arginali, anche la lunghezza dei singoli tratti tra due sezioni successive.
La definizione geometrica delle sezioni trasversali è stata effettuata sulla base di un rilievo plano-altimetrico di dettaglio eseguito appositamente.

- Parametri idraulici

Nella modellazione di moto permanente monodimensionale il parametro di scabrezza per il tronco fluviale compreso fra due sezioni di calcolo, porta in conto la natura, le condizioni vegetazionali e di manutenzione dell'alveo e delle sponde e le macroresistenze dovute alla variabilità longitudinale della geometria o a possibili variazioni brusche del perimetro bagnato al crescere della portata.
Il parametro di scabrezza di Gauckler-Strickler è stato assunto pari a 35 $m^{1/3}s^{-1}$ (corrispondente ad un valore del coefficiente di Manning pari a 0,028 $m^{-1/3}s$, tipico di corsi d'acqua naturali con vegetazione e movimento di materiale sul fondo) per l'alveo del torrente Segno, mentre per le sponde si è tenuto conto di un parametro di Gauckler-Strickler leggermente superiore, pari a 40 $m^{1/3}s^{-1}$ (corrispondente ad un valore del coefficiente di Manning pari a 0,025 $m^{-1/3}s$, tipico di argini cementati in buono stato di conservazione)

- I coefficienti di contrazione ed espansione

I coefficienti di contrazione ed espansione vengono usati per il calcolo delle perdite dovute alle transizioni d'alveo, intendendo con il termine "transizione" cambiamenti nella geometria delle sezioni d'alveo, siano essi restringimenti, allargamenti o presenza di manufatti, quali ponti o coperture.
In particolare si definisce un coefficiente di contrazione quando il carico cinetico nella sezione a valle di un ponte è maggiore del carico cinetico nella sezione a monte del restringimento. Viceversa, quando il carico cinetico nella sezione del restringimento è maggiore del carico cinetico della sezione dell'allargamento, ovvero della sezione di valle, si ha un'espansione del flusso della corrente: si definisce in questo caso un coefficiente di espansione.

desalvo roberto & partners
via IV Novembre 4 int. 7 - 17100 Savona (SV) - email: roberto_desalvo@libero.it
tel. 019.80.54.20 fax 019.77.00.448 cell. 339.68.96.298 - 348.28.87.224

I tipici valori assunti in un regime subcritico dai coefficienti di contrazione ed espansione sono riportati in Tabella 2.

	Contrazione	Espansione
Assenza di transizioni	0	0
Transizioni graduali	0.1	0.3
Sezioni in prossimità di ponti	0.3	0.5
Cambiamenti repentini	0.6	0.8

Tabella 2: Coefficienti di espansione e contrazione

Per un regime supercritico, invece, i valori dei coefficienti sono molto più bassi e oscillano tra 0.05 per il coefficiente di contrazione e 0.1 per il coefficiente di espansione in presenza di transizioni graduali. Se i cambiamenti di sezione diventano bruschi si passa da 0.1 per il coefficiente di contrazione a 0.2 per quello di espansione. In generale, comunque, il massimo valore assunto dai coefficienti è 1.

- Condizioni al contorno

La definizione delle condizioni al contorno è necessaria per determinare l'altezza che il pelo libero raggiunge in alveo.

Il calcolo del profilo di rigurgito per l'asta principale del torrente Segno è stato eseguito mediante l'utilizzazione di un regime di moto di tipo misto, che richiede sia la definizione di una condizione al contorno di monte che la definizione di una condizione al contorno di valle per l'intero tratto d'asta considerato.

Per il calcolo del profilo di rigurgito è stata imposta la profondità critica sia come condizione al contorno di monte (essendo la prima sezione del profilo posta in corrispondenza della briglia posizionata a monte del ponte ex Italiana Coke) che come condizione al contorno di valle.

- Modellazione dei ponti

Il calcolo dei profili di rigurgito, attraverso i manufatti presenti in alveo, fa esplicito riferimento all'impalcato del ponte ed alla forma delle pile, quindi, alla definizione delle geometrie.

Per la determinazione delle procedure da utilizzare va fatta una distinzione tra regime di moto subcritico o supercritico; i metodi utilizzati per il calcolo della corrente a pelo libero e delle perdite di carico attraverso il ponte sono tre:

1) *il metodo di Euler-Cauchy*: l'equazione dell'energia non è applicabile se il profilo libero dell'acqua passa attraverso la profondità critica. L'equazione infatti può essere risolta solo in condizioni di moto gradualmente variato, mentre il passaggio da regime supercritico a subcritico, o viceversa, rappresentano condizioni di moto rapidamente variato.
2) *il metodo del bilancio dei momenti*: applicato nel caso di moto rapidamente variato. Esso richiede, a differenza del metodo precedente, un coefficiente di resistenza empirico C_D relativo alla forma della pila. L'equazione non può essere utilizzata qualora il pelo libero entri in contatto con l'intradosso del ponte. Nel tratto esaminato le pile dei ponti trasversali al corso d'acqua sono allungate ed hanno fronti semicircolari, pertanto si è assunto un coefficiente pari a 1.3.
3) *formula di Yarnell (1934):* è un'equazione empirica applicabile solo nel caso di corrente lenta in regime subcritico. Il metodo è piuttosto sensibile alla forma delle pile, quindi al coefficiente *K*, all'area occupata dalle stesse e alla velocità dell'acqua attraverso il ponte. Anche in questo caso il coefficiente è unico e pari a 0,9.

Definite le geometrie resta da stabilire il tipo di regime di moto con cui effettuare il calcolo del profilo di rigurgito. Poiché non è possibile ipotizzare a priori un regime prettamente subcritico o supercritico per tutta la lunghezza del tratto d'alveo considerato, la scelta è ricaduta su un regime di moto di tipo misto.

desalvo roberto & partners
StA iges
SERVIZI TECNICI per AMBIENTE
IDRAULICA GEOTECNICA
EDILIZIA e STRUTTURE
via IV Novembre 4 int. 7 - 17100 Savona (SV) - email: roberto_desalvo@libero.it
tel. 019.80.54.20 fax 019.77.00.448 cell. 339.68.96.298 - 348.28.87.224

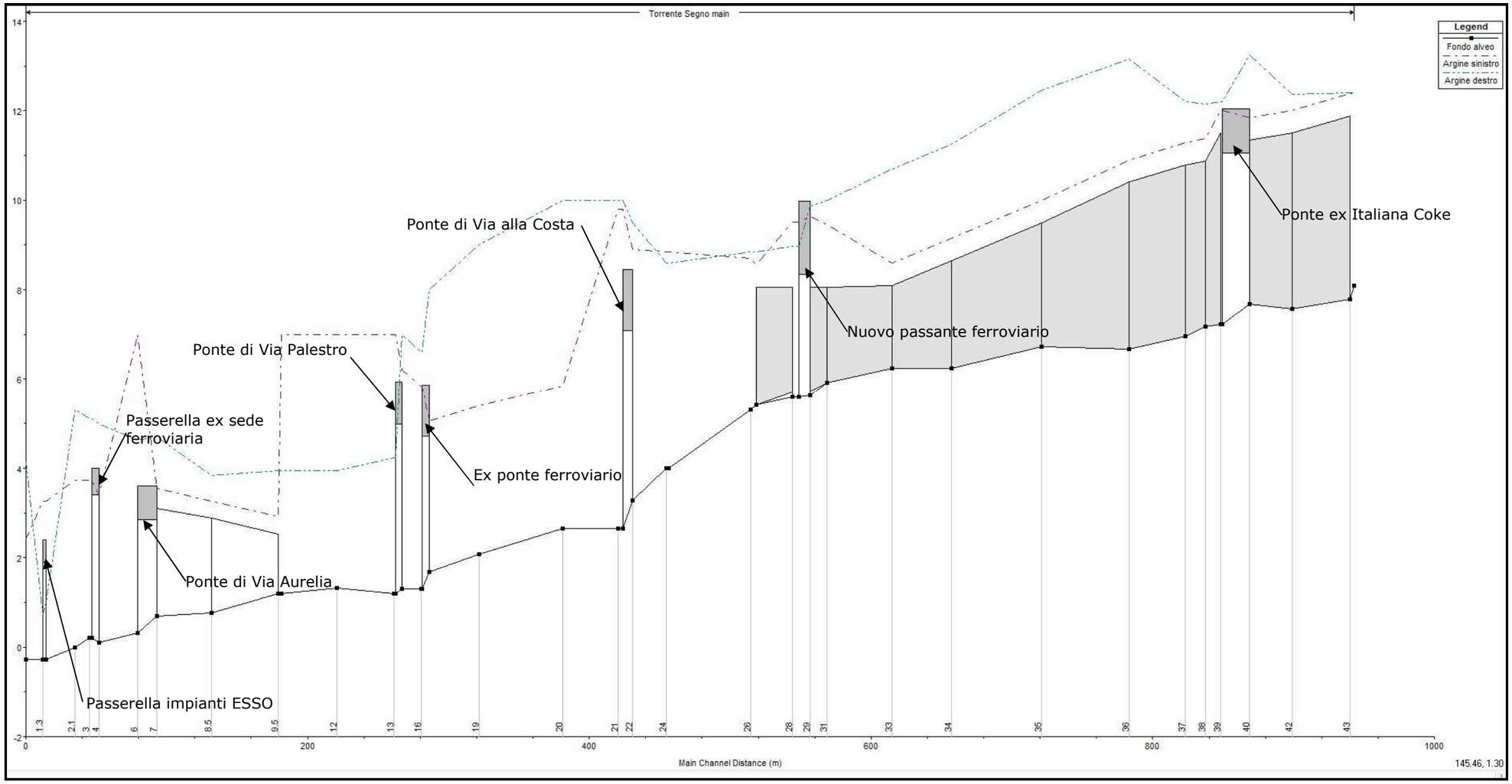


Figura 3: profilo longitudinale del tratto esaminato con evidenziate le sezioni trasversali in cui è stato suddiviso l'alveo per le valutazioni idrauliche – STATO ATTUALE.

- Modellazione idraulica del Torrente Segno: <u>stato di fatto</u>

Come già brevemente anticipato nel paragrafo introduttivo, la zona oggetto del presente studio comprende il tratto terminale del torrente Segno. L'area, fortemente urbanizzata e caratterizzata dalla presenza di zone industriali e produttive, risulta soggetta a rischio idraulico molto elevato (R4). La zona, infatti, presenta problemi di esondazione già per portate aventi tempi di ritorno pari a 50 anni, a causa dell'insufficienza degli argini e della presenza di attraversamenti che interferiscono con il regolare deflusso delle portate di piena.

La modellazione idraulica ha interessato il segmento di asta fluviale compreso tra la briglia posta immediatamente a monte del ponte ex Italiana Coke e la foce. Le principali criticità, che si evidenziano già per la portata cinquantennale, si localizzano in corrispondenza degli attraversamenti posti in corrispondenza della Via Aurelia, di Via Palestro e dell'ex linea ferroviaria, che causano rigurgito della corrente verso monte e conseguente esondazione sia in sponda destra che in sponda sinistra. Procedendo verso monte si rilevano ulteriori problematiche in corrispondenza dei due nuovi attraversamenti: il nuovo passante ferroviario, che interferisce con il deflusso della portata duecentennale, ed il ponte ex Italiana Coke (ora a servizio dell'area commerciale Molo 8.44), che crea rigurgito verso monte sia per la portata cinquantennale che per quella duecentennale.

La seguente Figura 4, che riporta l'andamento del profilo longitudinale della sola portata di piena duecentennale utilizzata nella verifica, evidenzia quanto sopra descritto.

desalvo roberto & partners
SERVIZI TECNICI per AMBIENTE
IDRAULICA GEOTECNICA
EDILIZIA e STRUTTURE
via IV Novembre 4 int. 7 - 17100 Savona (SV) - email: roberto_desalvo@libero.it
tel. 019.80.54.20 fax 019.77.00.448 cell. 339.68.96.298 - 348.28.87.224

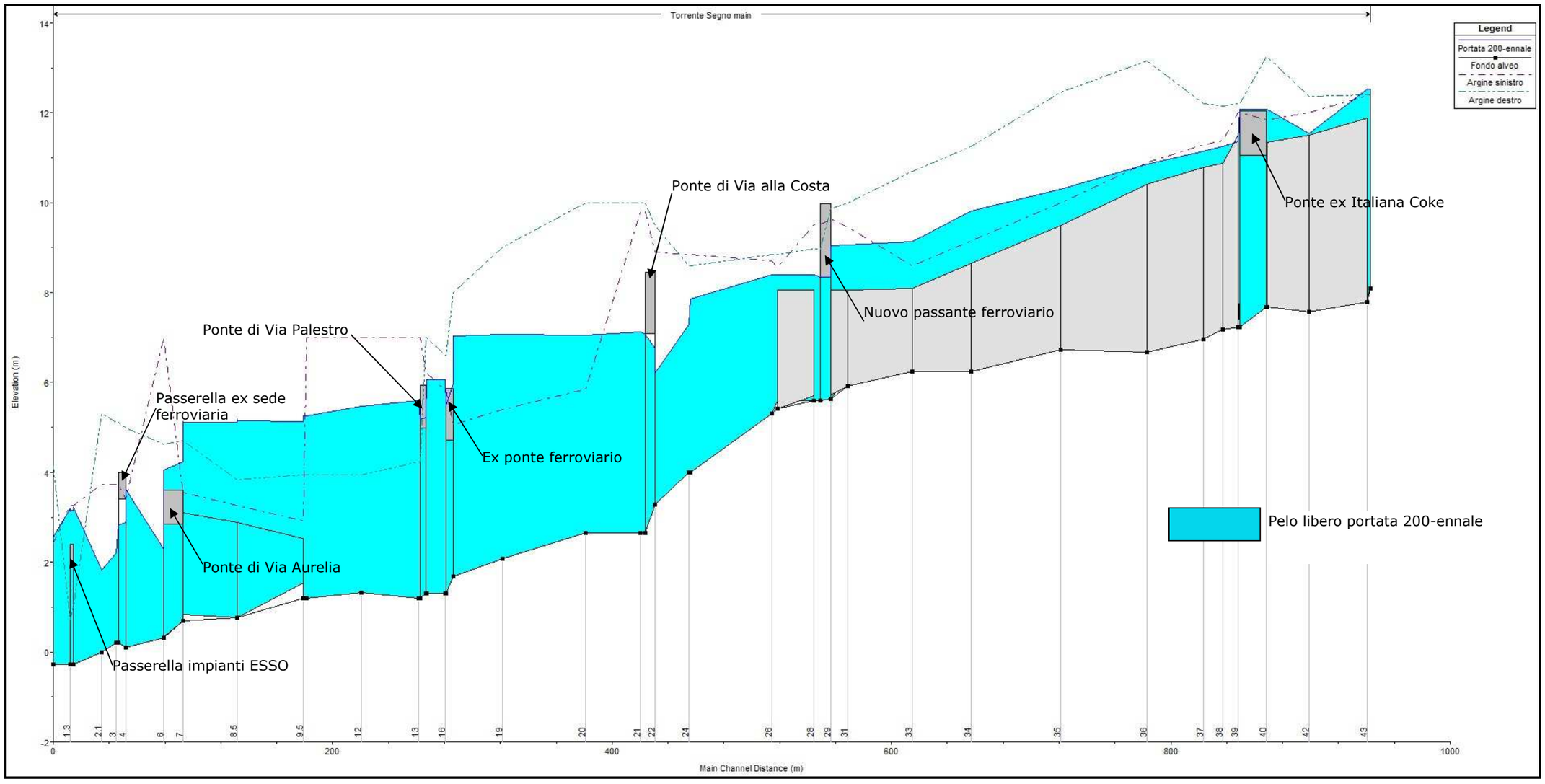


Figura 4: andamento del profilo longitudinale delle portate di piena nella configurazione attuale.

- ***Individuazione della sezione critica da cui si ipotizza avere origine l'esondazione***

La simulazione ad argini infiniti effettuata con il codice di calcolo Hec-RAS per la portata duecentennale incrementata del 5% conduce ai seguenti risultati:

- in sponda destra si ha esondazione in corrispondenza delle sezioni 43 e 44 poste immediatamente a monte del ponte ex Italiana Coke, ed a partire dalla sezione 13 (posta a valle del ponte di Via Palestro) procedendo verso la foce;
- in sponda sinistra la portata duecentennale esonda tra le sezioni 36 e 31 poste a monte del nuovo passante ferroviario, tra le sezioni 21 e 17 a valle del ponte di Via alla Costa e nuovamente nelle sezioni poste a monte del ponte della Via Aurelia.

Per l'individuazione delle sezioni sopra riportate si faccia riferimento alle tavole grafiche 01 e 02 allegate alla presente.

Da quanto sopra riportato, si può dedurre che l'area S16 oggetto della presente relazione non risulta essere interessata da un'esondazione diretta del Torrente Segno, dal momento che l'argine in sponda destra in corrispondenza della zona stessa risulta essere sufficientemente elevato da consentire il confinamento in alveo della portata duecentennale.
L'unico tratto dell'argine destro a monte della zona di interesse da cui si verifica l'esondazione del torrente Segno è posto pertanto in corrispondenza del ponte ex Italiana Coke. Data la distanza che separa tale sezione dall'area S16 e vista la conformazione plano-altimetrica del territorio, è presumibile che la portata esondante in sponda destra si propaghi verso valle disperdendosi lungo diverse vie prima di raggiungere l'area S16.
Nonostante le considerazioni precedenti sulla mancanza di esondazione in sponda destra, si può comunque affermare che, anche nel caso in cui si verificasse l'esondazione della portata duecentennale in lungo tale sponda in corrispondenza del nuovo passante ferroviario, la conformazione del territorio è tale da impedire di fatto la propagazione del flusso idrico verso la zona oggetto di intervento. A riprova di tale posizione si riportano nel seguito alcune fotografie delle immediate vicinanze del ponte ferroviario dalle quali si può dedurre come il flusso idraulico tenderebbe a disperdersi lungo altre vie, in primo luogo attraverso il rilevato ferroviario.



Foto 3: il nuovo passante ferroviario e le aree limitrofe in sponda destra.



Foto 4: il rilevato ferroviario e le aree limitrofe in sponda destra.

desalvo roberto & partners
via IV Novembre 4 int. 7 - 17100 Savona (SV) - email: roberto_desalvo@libero.it
tel. 019.80.54.20 fax 019.77.00.448 cell. 339.68.96.298 - 348.28.87.224

L'unica possibilità di inondazione dell'area S16 potrebbe pertanto derivare dalla propagazione della portata esondante in sponda sinistra, attraverso il ponte di Via alla Costa.

Poiché il profilo ad argini infiniti non tiene conto della laminazione della portata di piena, per la valutazione della portata esondante si è ricorsi agli sfioratori laterali che, seguendo la variabilità arginale, utilizzano l'equazione dello stramazzo laterale sottile per il calcolo della portata esondante:

$$Q = C_Q \, L \, H^{3/2} \qquad (2.2)$$

dove:

- C_Q: coefficiente variabile tra 0.38 e 0.40 dipendente dalla forma dello sfioratore;
- L : lunghezza dello sfioratore;
- H: profondità di moto uniforme sullo sfioratore.

Tale equazione presuppone che il profilo dello sfioratore, per tutta la sua lunghezza, sia parallelo al profilo della corrente, cioè che la profondità della corrente sia costante da un estremo all'altro dello sfioratore.

Generalmente, invece, la pendenza del pelo libero al di sopra dello sfioratore non è parallelo alla pendenza dello stesso:

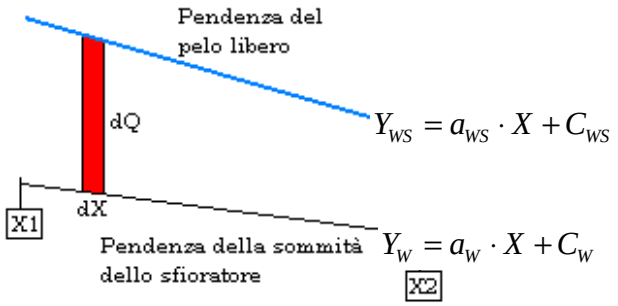


Figura 5: generico tratto di alveo interessato da esondazione:
si riporta una schematizzazione delle pendenze dello sfioratore e della portata esondante.

Il codice di calcolo ipotizza a questo punto un andamento lineare del pelo libero e del profilo dello sfioratore, secondo le relazioni seguenti:

$$Y_{WS} = a_{WS} \cdot X + C_{WS}$$
$$Y_W = a_W \cdot X + C_W \qquad (2.3)$$

desalvo roberto & partners
via IV Novembre 4 int. 7 - 17100 Savona (SV) - email: roberto_desalvo@libero.it
tel. 019.80.54.20 fax 019.77.00.448 cell. 339.68.96.298 - 348.28.87.224

dove le costanti a_{WS} e con a_W rappresentano rispettivamente la pendenza del pelo libero e dello sfioratore, mentre le costanti C_{WS} e con C_W rappresentano rispettivamente l'altezza iniziale degli stessi.

Sviluppando le (2.2) e le (2.3) si ottiene l'equazione utilizzata dal software per il calcolo della portata sfiorante nel caso in cui il pelo libero non sia parallelo al profilo dello sfioratore (2.4):

$$Q_{X_1-X_2} = \frac{2C_Q}{5a_1}((a_1 x_2 + C_1)^{5/2} - (a_1 x_1 + C_1)^{5/2}) \qquad (2.4)$$

L'equazione precedente non è però valida se a_1 è pari a zero, che implicherebbe il parallelismo tra pelo libero della corrente e sommità dello sfioratore: in questo caso il software utilizza direttamente l'equazione (2.2).
Nel caso specifico sono stati introdotti gli sfioratori laterali tra le sezioni 34 e 27, in corrispondenza delle quali si ha esondazione in sponda sinistra (si vedano le tavole grafiche 01 e 02 allegate alla presente).
La portata che non è più contenuta in alveo e che quindi si riversa su Via Piave nelle aree a monte del ponte di Via alla Costa è pari a circa 27 m^3/s.

3.2) Step 2: valutazione dei tiranti e delle velocità della corrente nella zona di interesse

- ***Parametri di modellazione***

Nella modellazione monodimensionale del canale virtuale costituito da Via Piave e Via alla Costa si è utilizzato un parametro di scabrezza pari a 0.025 $m^{-1/3}$ s^1, corrispondente ad un parametro di Gauckler-Strickler pari a 40 $m^{1/3}$ s^{-1}, parametro riportato nell'Allegato 1 del Regolamento Regionale 14 Luglio 2011 n. 3 per corsi d'acqua con fondo ed argini totalmente cementati in ottimo stato ed assenza di manufatti o discontinuità interferenti con le acque.
Tale parametro risulta essere fortemente a favore di sicurezza se confrontato con i valori presenti in letteratura, per i quali viene riportato un valore n di Manning pari a 0.013 $m^{-1/3}$ s per pareti di cemento non perfettamente lisciato.

- ***Schematizzazione della zona***

La schematizzazione geometrica della zona interessata dall'esondazione del Torrente Segno ha interessato la parte di via Piave compresa tra la zona a monte del nuovo passante ferroviario ed il ponte di via alla Costa, il ponte stesso e la parte più a monte di via alla Costa. L'area è stata schematizzata come un canale mediante 15 sezioni trasversali, come evidenziato nelle tavole grafiche allegate alla presente relazione. Nella Figura 6 si riporta il profilo longitudinale del canale virtuale con evidenziate le sezioni trasversali.

La modellazione è stata effettuata a favore di sicurezza ipotizzando che tutta la portata esondante in sponda sinistra del torrente Segno si propaghi interamente verso valle. Si tratta di un'ipotesi poco realistica, in quanto l'andamento plano-altimetrico delle aree adiacenti permette di dedurre che almeno una parte (di difficile quantificazione) della portata esondata torni nell'alveo del Torrente Segno o si disperda prima di raggiungere il ponte di via alla Costa. Si tenga inoltre presente che nella modellazione idraulica il canale virtuale lungo cui si è ipotizzato che avvenga la propagazione della portata esondata è stato definito come rettilineo, mentre nella realtà il ponte di Via alla Costa forma un angolo di circa 90° con via Piave, cosa che impedirebbe di fatto una propagazione verso valle dell'intera portata lungo il canale ipotizzato.

L'assenza di parapetti lungo i bordi del ponte permette di ipotizzare che buona parte dei 27 m^3/s che si propagano verso valle rientrino in alveo. Per poter quantificare l'effettiva portata che attraversa il ponte sono stati utilizzati ulteriori sfioratori laterali posti lungo le sponde del ponte stesso, come riportato nella Figura 7. La modellazione effettuata con questa nuova configurazione geometrica ha permesso di quantificare in circa 4 m^3/s la portata d'acqua che attraversa il ponte e scorre lungo via alla Costa.

- ***Risultati della modellazione***

La direttiva ***D.G.R. 250 del 15 febbraio 2005*** introduce nuovi criteri ai fini dell'individuazione di ambiti normativi soggetti a diversi vincoli urbanistico-edificatori all'interno di aree soggette a rischio idrogeologico.

Tali ambiti vengono suddivisi a seconda della pericolosità, che considera, in maniera congiunta, i tiranti idrici e le velocità di scorrimento che si realizzano sul territorio. Vengono così definite aree a minore pericolosità relativa, all'interno delle stesse fasce A, B e C ad

uguale probabilità di esondazione secondo la normativa prescritta dal piano di bacino, dove il vincolo all'edificazione diventa meno restrittivo.

Nel decreto vengono individuate, indipendentemente dal tempo di ritorno dell'evento, e per coppie di valori ti tirante idrico e velocità di scorrimento, zone a bassa, media ed alta pericolosità relativa, come mostrato nella Figura 8 di seguito riportata.

Il grafico e la tabella riassuntivi del decreto vengono di seguito riportati:

	Condizioni di tirante idrico	
Condizioni di velocità di scorrimento	**Bassa pericolosità relativa**	**Alta pericolosità relativa**
0 m/s < v < 1 m/s	h < 0,50 m	h > 0,70 m
1 m/s < v < 1,5 m/s	h < 0,30 m	h > 0,50 m
1,5 m/s < v < 2 m/s	h < 0,30 m	h > 0,30 m

Tabella 5: soglie di pericolosità relativa in termini di tirante idrico in funzione della velocità della corrente.

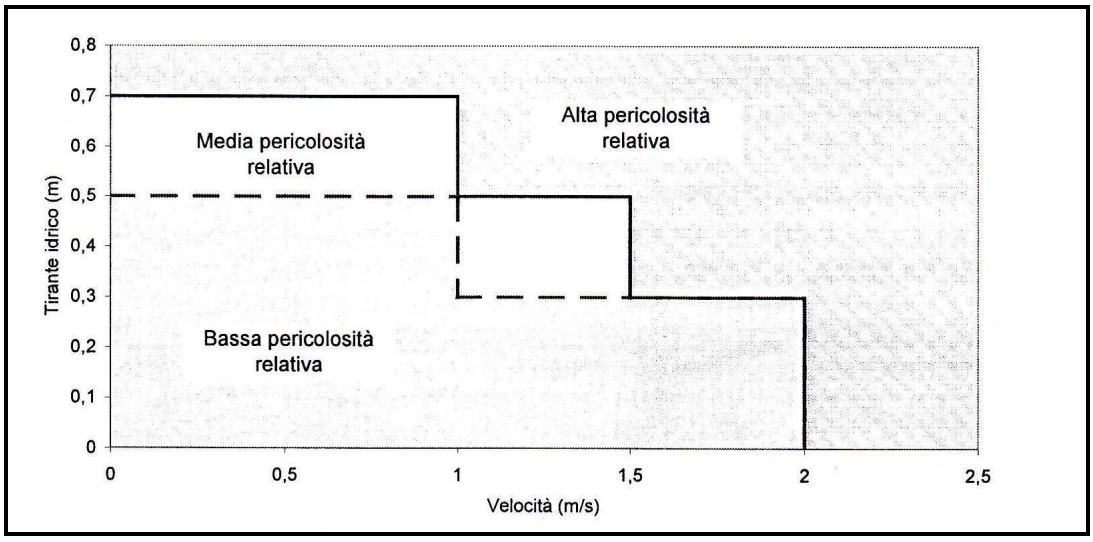


Figura 8: soglie di pericolosità relativa in termini di tirante idrico in funzione della velocità della corrente.

desalvo roberto & partners
StA iges
SERVIZI TECNICI per AMBIENTE
IDRAULICA GEOTECNICA
EDILIZIA e STRUTTURE
via IV Novembre 4 int. 7 - 17100 Savona (SV) - email: roberto_desalvo@libero.it
tel. 019.80.54.20 fax 019.77.00.448 cell. 339.68.96.298 - 348.28.87.224

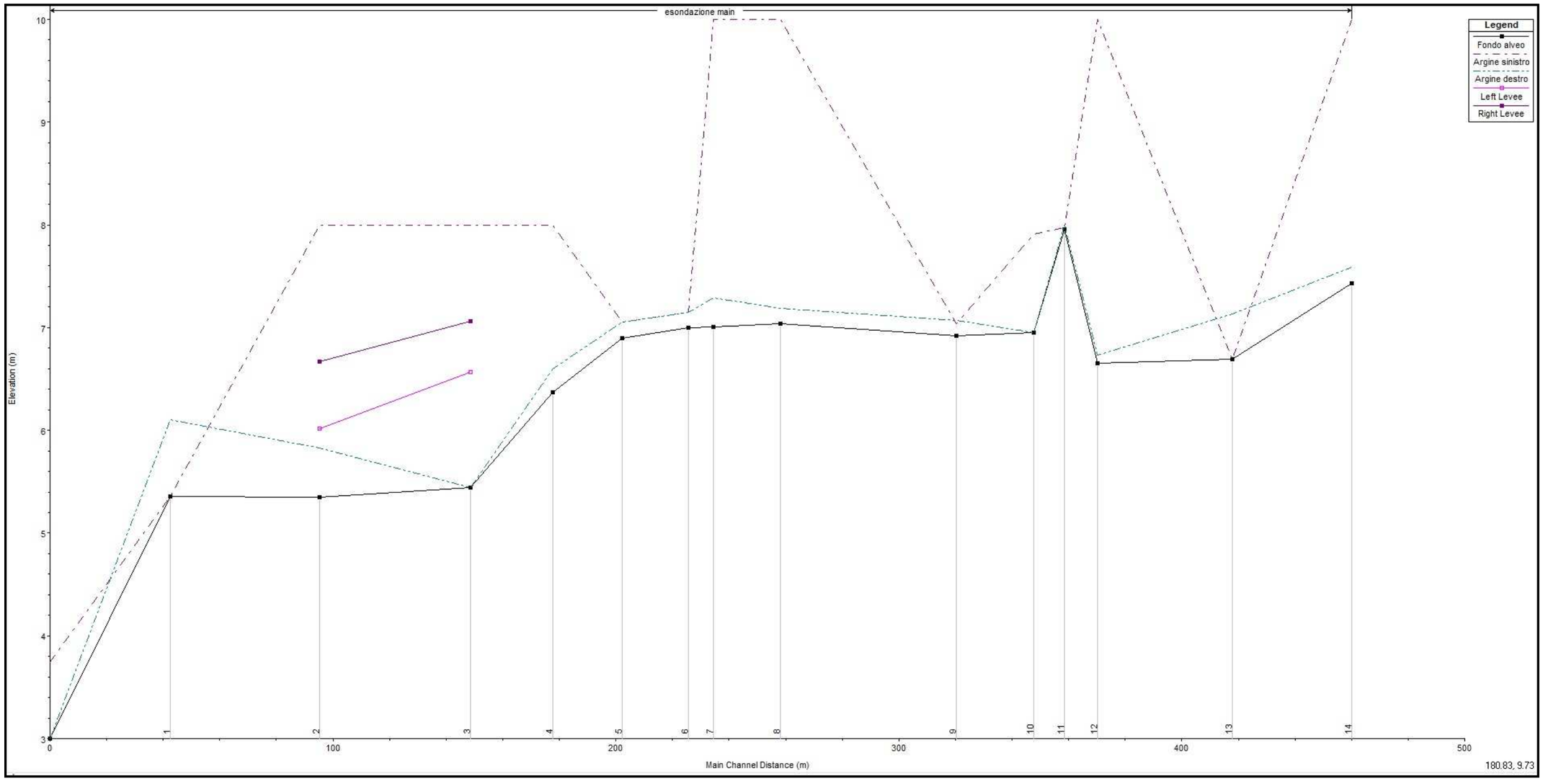


Figura 6: profilo longitudinale del tratto esaminato con evidenziate le sezioni trasversali in cui è stato suddiviso l'alveo virtuale per le valutazioni idrauliche in merito a tiranti e velocità della corrente nell'area di interesse.

desalvo roberto & partners
SERVIZI TECNICI per AMBIENTE
IDRAULICA GEOTECNICA
EDILIZIA e STRUTTURE
via IV Novembre 4 int. 7 - 17100 Savona (SV) - email: roberto_desalvo@libero.it
tel. 019.80.54.20 fax 019.77.00.448 cell. 339.68.96.298 - 348.28.87.224

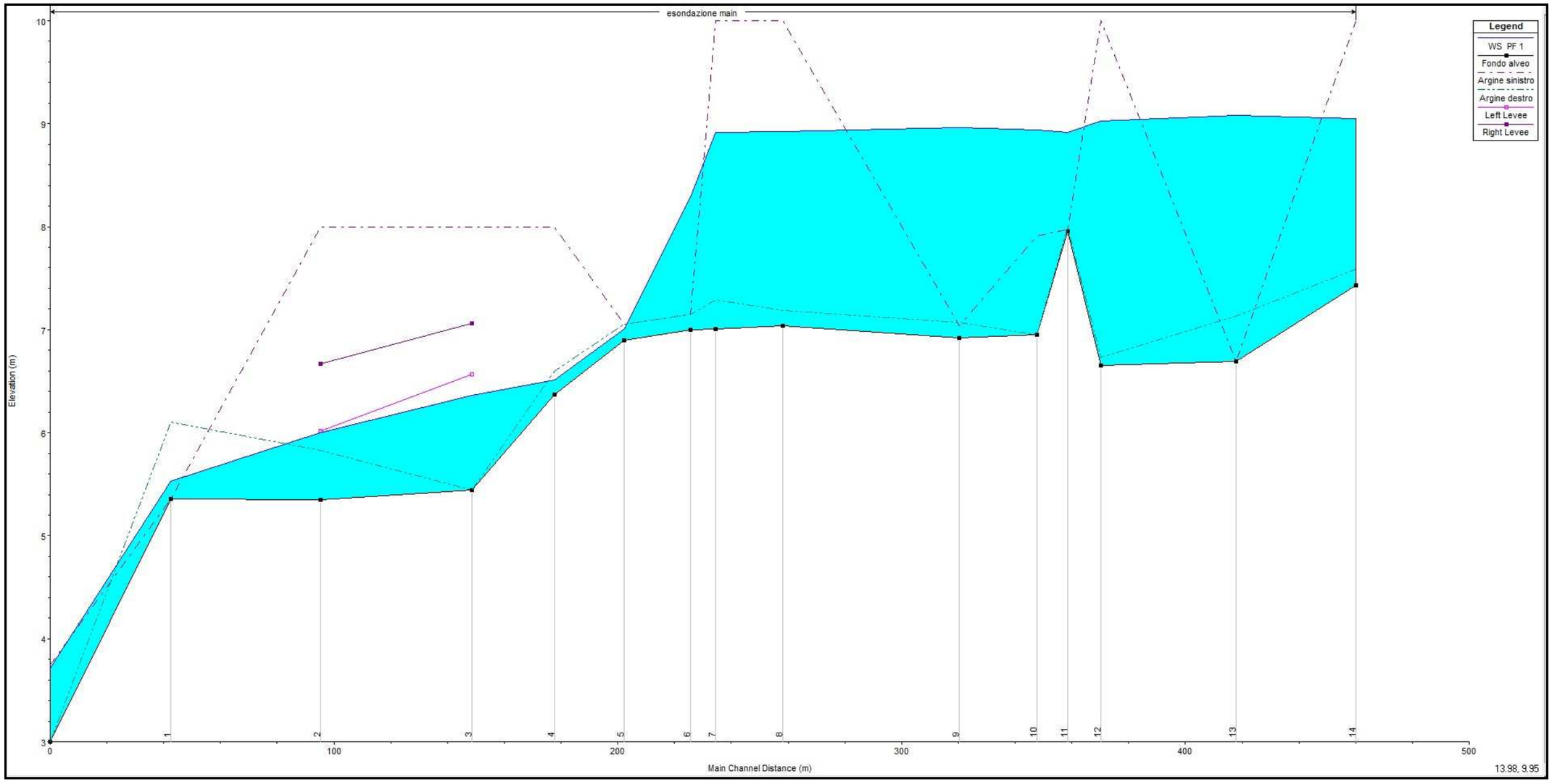


Figura 7: andamento del profilo longitudinale della portata di progetto nel tratto esaminato.

via IV Novembre 4 int. 7 - 17100 Savona (SV) - email: roberto_desalvo@libero.it
tel. 019.80.54.20 fax 019.77.00.448 cell. 339.68.96.298 - 348.28.87.224

Nella pianificazione urbanistica e di bacino è necessario, però, tenere conto anche del tempo di ritorno dell'evento.

Nel caso in esame, si è considerata la sola portata con tempo di ritorno T=200 anni. Il relativo grafico riassuntivo è di seguito riportato (Figura 9):

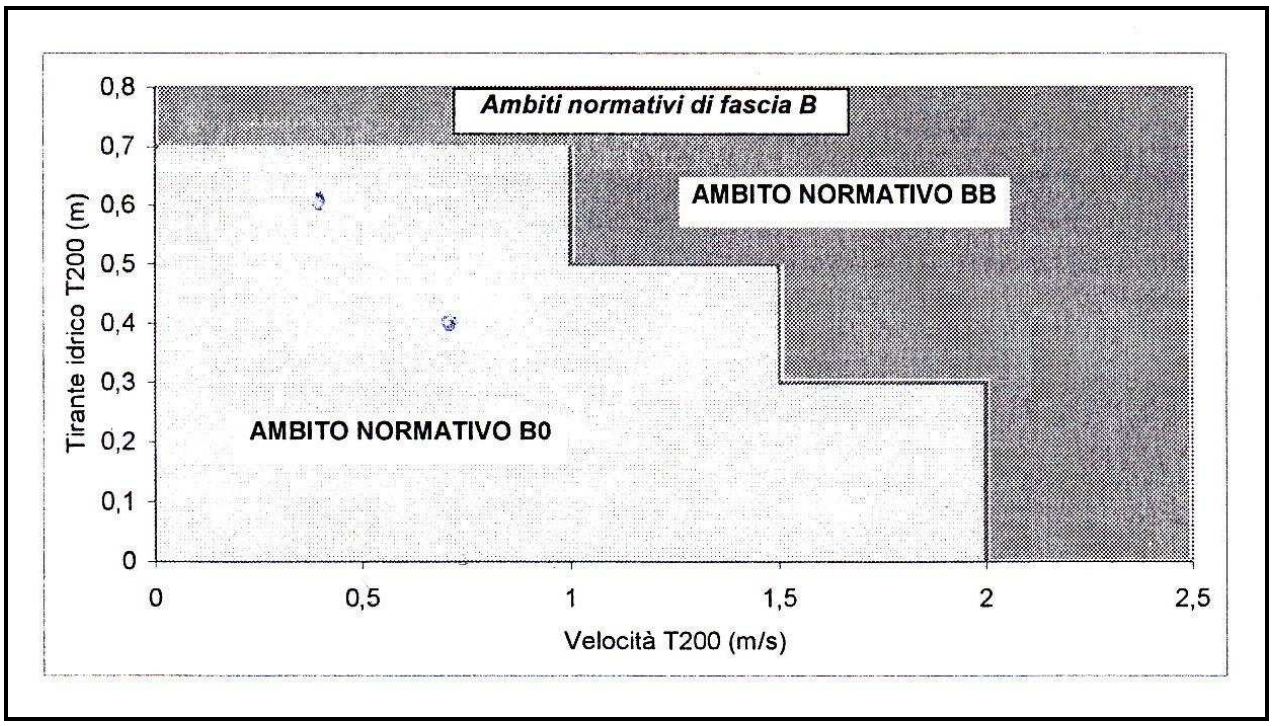


Figura 9: soglie di pericolosità in termini di tirante idrico e di velocità di scorrimento sul territorio che si danno con portate aventi tempo di ritorno T=200 anni ai fini della definizione degli ambiti normativi di Fascia B.

La verifica idraulica effettuata dopo la definizione della portata che effettivamente attraversa il ponte di via alla Costa ha portato ai seguenti risultati.

La piena tende a propagarsi verso valle lungo la direttrice principale di Via alla Costa e comporta la formazione di un tirante massimo pari a circa 26 cm, con velocità massime della corrente pari a 1,5 m/s. Dal grafico e dalla tabella precedentemente riportate si evince che i valori di tiranti e velocità sono tali da ricadere in ambito B0 a bassa pericolosità relativa.

La normativa prevede pertanto l'ammissibilità di nuove infrastrutture viarie e di nuove edificazioni all'interno di tessuto urbano consolidato, in base a quanto stabilito dall'art. 15 comma 3 lettera c) della Normativa di Piano di Bacino vigente. Si sottolinea inoltre che la

normativa consente la costruzione di nuova infrastrutture pubbliche anche in fascia A (inondabile per tempi di ritorno cinquantennali).

4. CONCLUSIONI

Lo scopo della presente relazione idraulica è quello di dimostrare la compatibilità del progetto di ristrutturazione urbanistica con la vigente Normativa di Piano di Bacino. Il progetto prevede la realizzazione di infrastrutture viarie e di edifici nell'area S16 del P.U.C. del Comune di Vado Ligure, situata lungo la sponda destra del torrente Segno. In particolare, l'attenzione è stata posta sulle infrastrutture.

L'area oggetto di intervento risulta compresa nella fascia di inondabilità B, e quindi inondabile con tempi di ritorno pari a 200 anni. E' stato pertanto necessario effettuare uno studio idraulico di dettaglio volto alla valutazione dei tiranti e delle velocità della corrente nelle aree interessate dal progetto.

Lo studio si è composto di due passi successivi. Il primo passo è consistito nella modellazione del deflusso della portata duecentennale del Torrente Segno, che ha portato all'individuazione delle sezioni da cui si ha l'esondazione del torrente stesso ed alla valutazione dell'entità della portata esondata. In seguito ad attente valutazioni relative all'andamento plano-altimetrico delle zone adiacenti all'asta del torrente Segno, ed in base ai risultati della modellazione idraulica, è stato possibile escludere sia una inondazione diretta dell'area S16, sia una inondazione indiretta causata dall'esondazione del Segno in sponda destra in corrispondenza delle sezioni poste a monte della zona di interesse. L'unica possibilità di inondazione deriva dalla propagazione della portata esondata in sponda sinistra dalle sezioni a monte del nuovo passante ferroviario lungo un canale virtuale costituito da via Piave, il ponte di via alla Costa e via alla Costa stessa.

Il valore della portata esondata dall'alveo del torrente Segno è stato utilizzato come input per una seconda modellazione che ha portato alla definizione del canale virtuale precedentemente definito, da cui è stato possibile ricavare i valori dei tiranti e delle velocità della corrente.

Sulla base dei risultati ottenuti, è stato possibile concludere che l'area oggetto di intervento ricade in ambito B0, secondo quanto definito dalla D.G.R. 250 del 15-02-

desalvo roberto & partners
via IV Novembre 4 int. 7 - 17100 Savona (SV) - email: roberto_desalvo@libero.it
tel. 019.80.54.20 fax 019.77.00.448 cell. 339.68.96.298 - 348.28.87.224

2005. La normativa prevede per tale ambito la possibilità di realizzare opere infrastrutturali ed edilizie che non aumentino le condizioni di rischio.
I risultati ottenuti dalla verifica idraulica sopra descritta possono essere considerati decisamente a favore di sicurezza, in quanto si è fatto riferimento ad una ipotesi di propagazione della portata lungo la sola direttrice principale di Via alla Costa; se, invece, si ipotizzasse una dispersione della portata su un territorio più ampio di quello limitato a Via alla Costa (cosa peraltro plausibile, data la conformazione del territorio), si otterrebbero ovviamente valori inferiori rispetto a quelli riportati.

Si sottolinea inoltre che la nuova viabilità prevista dal progetto urbanistico risulta posta ad una quota superiore rispetto all'attuale altimetria (si veda a tal proposito la tavola grafica 03 allegata alla presente relazione); le nuove opere stradali risultano quindi sostanzialmente isolate rispetto alla propagazione della piena.

Pertanto è possibile concludere che il progetto risulta compatibile con l'attuale Normativa di Piano di Bacino.

5. ALLEGATI

Si allegano alla presente relazione i seguenti documenti:

1) ALLEGATO 1: sezioni idrauliche e tabella dei parametri idraulici relative al deflusso della portata duecentannale all'asta del Torrente Segno;
2) ALLEGATO 2: sezioni idrauliche e tabella dei parametri idraulici relative alla modellazione per la valutazione di tiranti e velocità.

Il Tecnico

Ing. Desalvo Roberto



ALLEGATO 1

ALLEGATO 2