GEO 3
STUDIO DI CONSULENZA GEOLOGICA

Ing. Alberto Bordoni - Sondrio

COMUNE DI COLORINA

PROVINCIA DI SONDRIO

Studio di valutazione delle condizioni di rischio idraulico della porzione di territorio comunale in fascia C, delimitata con segno grafico indicato come "limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C", in destra idrografica del Fiume Adda

RELAZIONE GEOLOGICA ed IDRAULICA

maggio 2012

Geol. Danilo Grossi Geol. Gaetano Conforto Ing. Alberto Bordoni

INDICE

1 - PREMESSA 2

2 – INQUADRAMENTO GEOLOGICO 3

3 – AREE DI ESONDAZIONE 3

4 – VERIFICA AZZONAMENTO DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA 5

5 – MODALITÀ DI DEFLUSSO DELLA PIENA 6

5.1 - Dati geometrici-topografici 6

5.2 - Dati idrologici e idraulici di riferimento 7

5.3. - Simulazioni di moto permanente 8

6 – VALUTAZIONE DELLA ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO DA ESONDAZIONE . 9

6.1 – Condizioni di propagazione della piena 9

6.2 – Zonazione della pericolosità 10

7 – PROPOSTA CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA 11

7.1 – Proposta di zonazione di fattibilità geologica 11

7.2 – Norme di fattibilità geologica 11

Allegati:

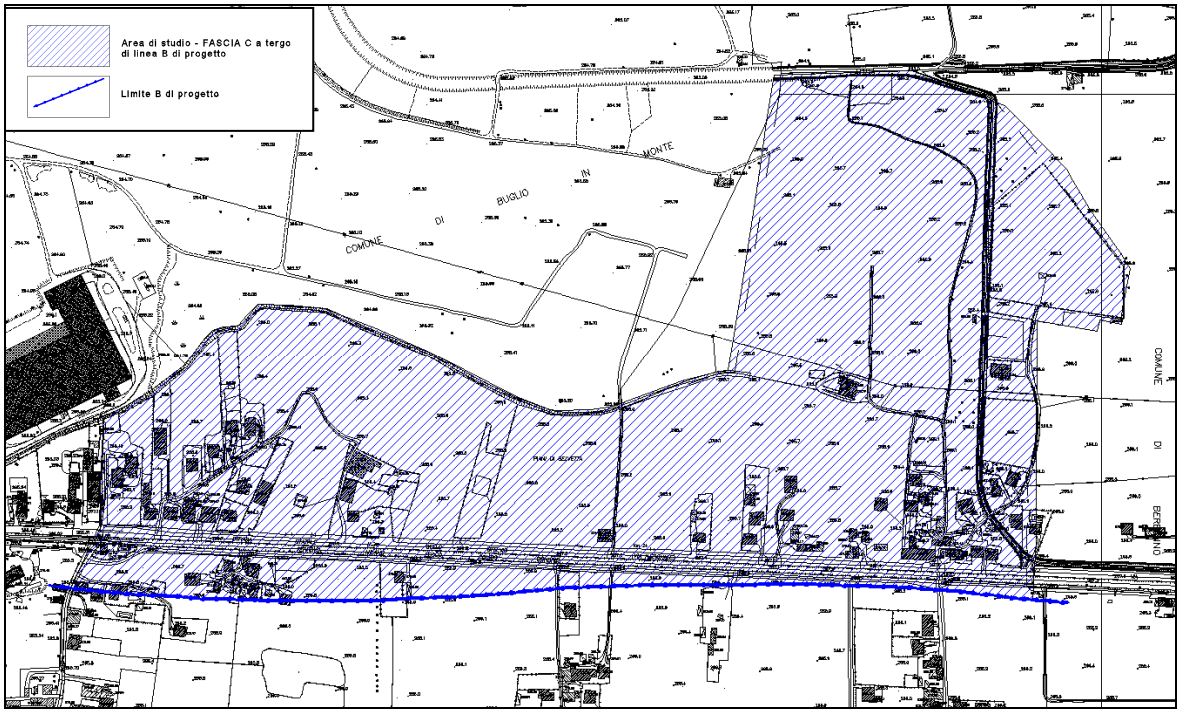
Tavola 1: Carta geologica.	scala 1: 10.000
Tavola 2: Planimetria ubicazione sezioni di verifica idraulica.	scala 1:10.000
Tavola 3: Carta del rischio idraulico.	scala 1:2.000
Tavola 4: Proposta di Carta di fattibilità geologica,	scala 1:2.000

1 - Premessa

Il presente lavoro, eseguito su commissione del ***Comune di Colorina*** con determinazione del responsabile del servizio tecnico n. 151 del 13.12.2011, costituisce la documentazione tecnica illustrativa della *valutazione delle condizioni di rischio idraulico della porzione di territorio comunale in fascia C, delimitata con segno grafico indicato come "limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C", in destra idrografica del Fiume Adda in località Selvetta*, ai sensi dell'art.31, comma 5, delle NdA del PAI.

Le elaborazioni contenute nella presente relazione si propongono, pertanto, di valutare le condizioni di rischio idraulico delle aree di tali zone di fondovalle in relazione ad un loro possibile utilizzo residenziale, basandosi sulla valutazione delle condizioni di rischio idraulico in rapporto alle condizioni di deflusso della piena di riferimento del fiume Adda, assunta considerando la condizione di rottura arginale a monte dell'area in esame. Si tratta, quella adottata, di una situazione estrema ed assai cautelativa in quanto, normalmente ed in accordo ai criteri indicati dalla Regione Lombardia, le verifiche idrauliche vengono condotte inizialmente all'interno degli alvei regimati e, solo in caso di sormonto d'argine, viene studiata l'eventuale esondazione sul fondovalle adiacente.

Per la sintesi degli elementi, l'impostazione metodologica delle verifiche di compatibilità idraulica degli interventi e la valutazione del rischio idraulico si è fatto riferimento all'allegato 4 (*criteri per la valutazione di compatibilità idraulica delle previsioni urbanistiche e delle proposte di uso del suolo nelle aree a rischio idraulico*) dei "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57 della L.R. 11 marzo 2005, N. 12"., approvati con d.g.r. n.8/1566 del 22/12/2005 e modificati con d.g.r. n.8/7374 del 28/05/2008.



area di studio

2 – Inquadramento geologico

L'area in esame risulta situata sul fondovalle valtellinese, in sponda destra del Fiume Adda, e comprende una fascia di terreni compresa tra la strada statale e la ferrovia a sud e il paleoalveo denominato "Adda Vecchia" a nord.

Dal punto di vista litostratigrafico, in accordo a quanto emerso da sondaggi ed indagini penetrometriche effettuate nell'area della piana alluvionale, il sottosuolo risulta caratterizzato in superficie da sedimenti a granulometria medio-fine e fine costituiti da sabbie limose o limi poco consolidati a cui seguono strati di ghiaie in matrice sabbioso-limosa mediamente addensata. Nelle adiacenze del fosso "Adda Vecchia", il cui andamento segue un paleoalveo del Fiume Adda, sono presenti sedimenti fini di origine laco-palustre, costituiti da limi sabbiosi con argilla e presenza di torba, messi in posto in contesti di bassa energia costituiti da anfratti e meandri abbandonati che hanno favorito una situazione di ristagno d'acqua.

Dal punto di vista idrogeologico la zona risulta interessata da una falda freatica superficiale mediamente posizionata ad una profondità di circa 1.5÷2,5 m dal piano campagna e direttamente influenzata dalle variazioni di livello del Fiume Adda con possibilità di risalite che, nelle zone maggiormente depresse, possono raggiungere il piano campagna. L'idrografia superficiale risulta, invece, caratterizzata dal canale di bonifica dell'Adda Vecchia e da un sistema di canali minori che, con andamento est-ovest parallelo al fondovalle, assolvono una funzione di bonifica della piana drenando la falda e collettando le acque direttamente all'interno del fosso principale.

3 – Aree di esondazione

L'area in esame comprende un settore di fondovalle posto a tergo (a nord) del *"limite di progetto tra la fascia B e la fascia C"* così come indicato nelle Tavole di delimitazione delle fasce fluviali del Fiume Adda (PAI) redatte dall'Autorità di Bacino del Fiume Po (rif. figura 1).

Si tratta, infatti, di una zona interessata dall'esondazione del Fiume Adda del 1987 quando, a causa della rottura dell'argine destro, il fiume esondò in tutta la piana di fondovalle raggiungendo altezze medie nell'ordine di 2,0÷3,0 m dal piano campagna. Si è trattato di un'esondazione caratterizzata, nel complesso, da ridotte velocità della corrente e i cui effetti, in termini di "battente" d'acqua, sono stati notevolmente accentuati dall'ostacolo e dall'effetto "bacino" creato dal rilevato d'argine dello sbarramento ENEL di Ardenno che ha impedito alle acque esondate di defluire a valle e rientrare nell'alveo del fiume.

Nella situazione attuale, mediante la realizzazione del nuovo sifone ENEL e della Via di Fuga, ormai ultimata, le condizioni di rischio sono sicuramente migliorate venendo meno la condizione di sbarramento precedentemente esistente.

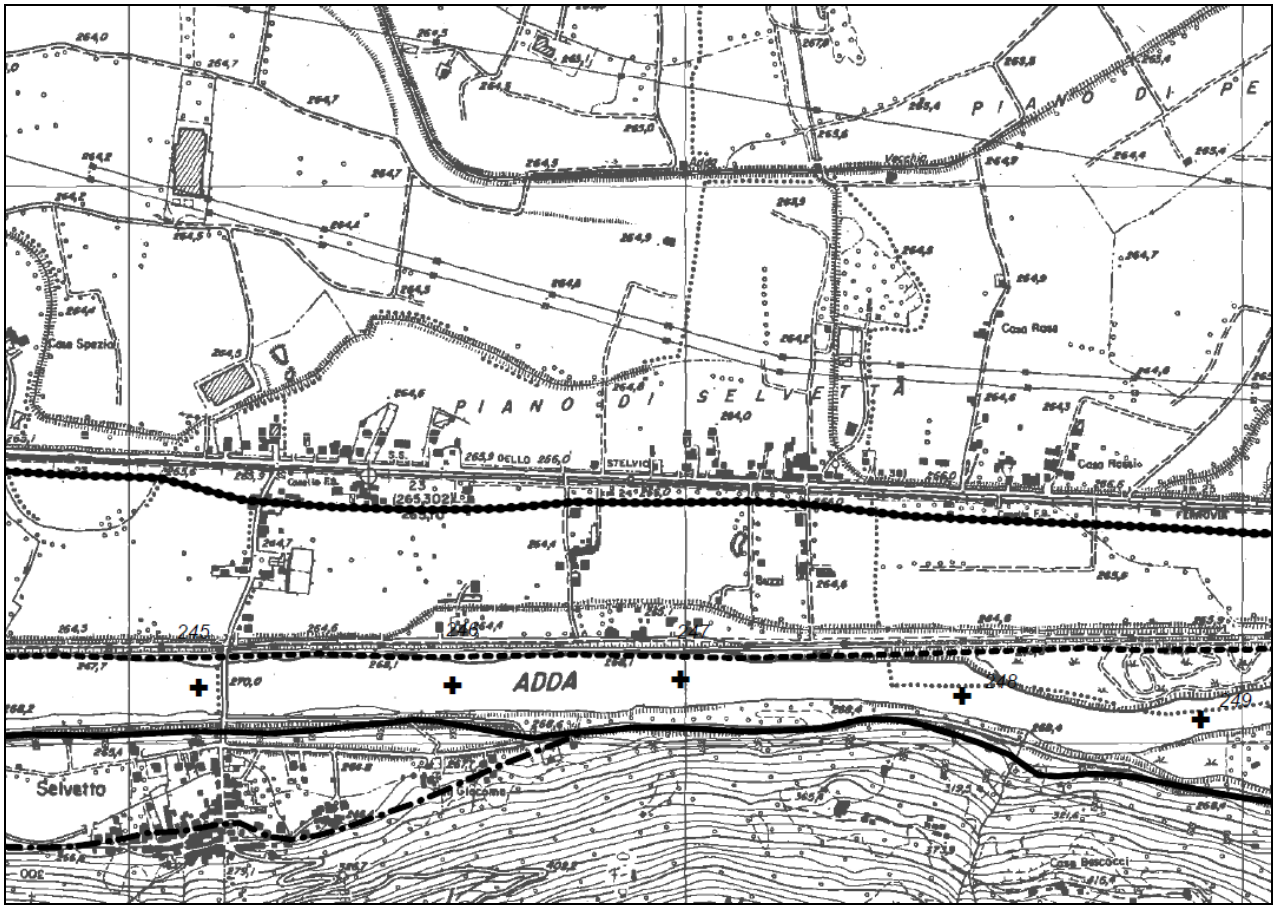
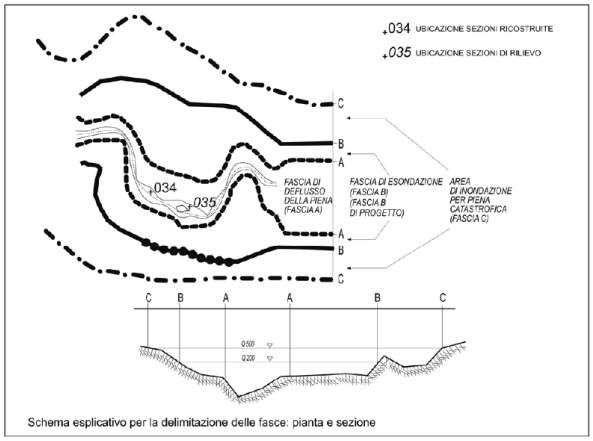


Figura 1 - *Estratto Tavola di delimitazione delle fasce fluviali – tavola 056010*

----------	limite (*) tra la Fascia A e la Fascia B
————	limite (*) tra la Fascia B e la Fascia C
-·-·-·-	limite (*) esterno della Fascia C
-•-•-•-	limite (*) di progetto tra la Fascia B e la Fascia C



Schema esplicativo per la delimitazione delle fasce: pianta e sezione

4 – Verifica azzonamento di fattibilità geologica

Nella Carta di Fattibilità Geologica, realizzata nel maggio 2011, ed adottata con il PGT mediante Deliberazione del Consiglio Comunale n. 2 del 10.02.2012, le aree in esame risultano interessare le seguenti classi di fattibilità geologica:

classe di fattibilità 3d – Si tratta delle aree di fondovalle vulnerabili dal punto di vista idraulico. Aree allagabili in occasione di eventi meteorici eccezionali. – voce di legenda: *"Superfici interessate da bassa soggiacenza della falda e/o esterne alla fascia di esondazione B del P.A.I".*

classe di fattibilità 3a – Si tratta delle aree di fondovalle vulnerabili dal punto di vista idraulico. Aree allagabili in occasione di eventi meteorici eccezionali. - voce di legenda: *"Aree di conoide già interessate da fenomeni di esondazione e trasporto solido impostati lungo direttrici preferenziali".*

classe di fattibilità 4i – Si tratta delle aree di fondovalle che presentano problematiche legate ad esondazioni e dissesti morfologici di carattere torrentizio. Alvei attivi dei corsi d'acqua e loro fasce di rispetto idraulico. – voce di legenda: *"Aree di pertinenza dei corpi idrici superficiali e di esondazione"*

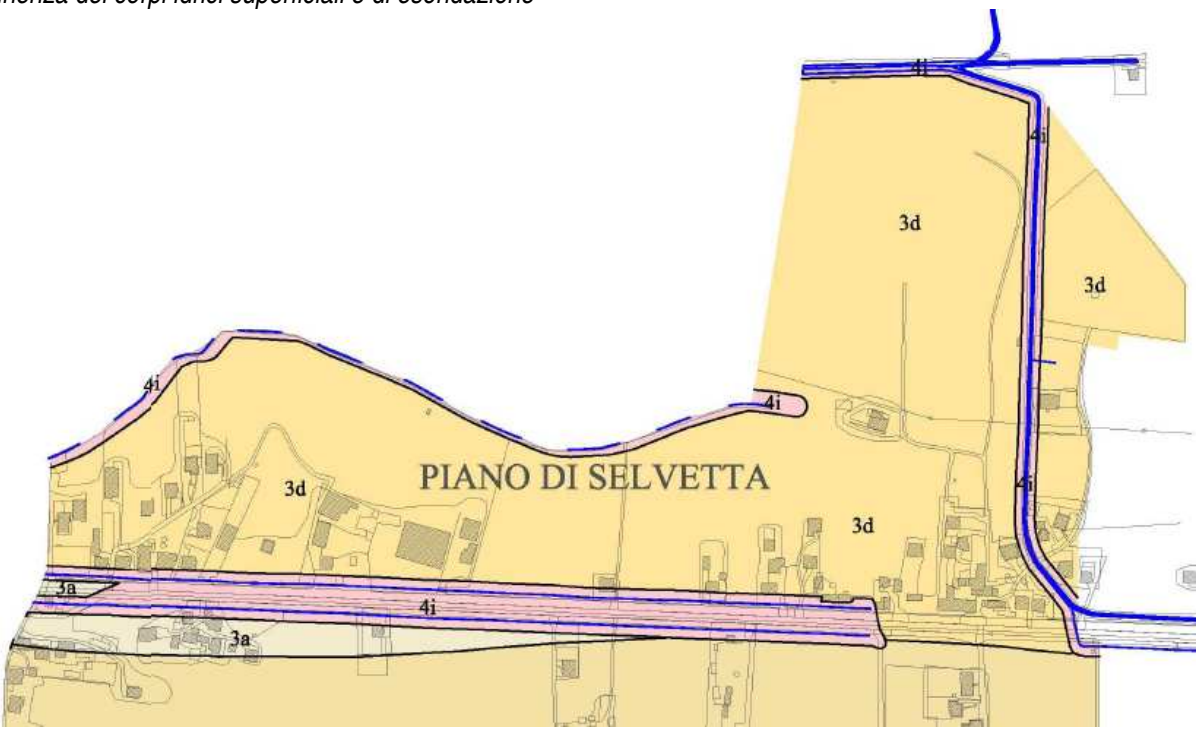


Figura 2 - *Estratto Carta di Fattibilità Geologica di Piano del PGT – allegato 6a – maggio 2011*

3a	Aree di conoide già interessate da fenomeni di esondazione e trasporto solido impostati lungo le direttrici preferenziali.
3d	Superfici interessate da bassa soggiacenza della falda e/o esterne alla fascia di esondazione B del P.A.I.
4i	Aree di pertinenza dei corpi idrici superficiali e di esondazione.

5 – Modalità di deflusso della piena

Le simulazioni idrauliche sono state condotte in condizioni di moto permanente con risoluzione della relazione di Manning Strickler rispetto alla variabile tirante idrico per i valori di portata di piena. Le elaborazioni sono state effettuate con apposito pacchetto software HEC RAS sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army - Corps of Engineers.

Esso consente di simulare correnti monodimensionale in moto permanente o gradualmente vario in canali con pendenze inferiori al 10% anche in regime misto.

La procedura di calcolo del profilo del pelo libero si basa sulla risoluzione dell'equazione di bilancio energetico; il teorema della quantità di moto è utilizzato in situazioni in cui la superficie idrica è rapidamente variabile (risalti idraulici, ponti, ecc.).

Il programma consente di suddividere l'alveo in un canale principale e in golene laterali con differente scabrezza, di parzializzare le sezioni e calcola gli effetti localizzati prodotti dai ponti, dai cigli sfioranti e dalle luci sottobattente.

Dati fondamentali di input sono:

- Geometria del corso d'acqua in esame per un certo numero di sezioni trasversali
- Valori di scabrezza nei tratti delimitati da due sezioni successive
- Portata defluente in ciascuna sezione
- Condizioni al contorno della sezione terminale (valle) se il moto è subcritico, della estrema a monte se è supercritico, di entrambe se è misto

Il programma calcola l'altezza idrica in una determinata sezione mediante una procedura iterativa denominata standard step method a partire dalle condizioni al contorno assegnate dall'utente.

La verifica idraulica è stata condotta in condizione di moto permanente con risoluzione della relazione di Manning Strickler rispetto alla variabile tirante idrico per i valori di portata di piena.

5.1 - Dati geometrici-topografici

L'area di studio comprende un tratto significativo di fondovalle valtellinese esteso fino alla confluenza in Adda del colatore Adda Vecchia ed è limitata a sud dal rilevato arginale che costituisce la sponda destra dell'Adda. Per la ricostruzione geometrica delle sezioni di calcolo, si è utilizzato il recente rilievo aerofotogrammetrico, con restituzione in scala 1:2'000.

In particolare si è provveduto alla restituzione di n. 21 sezioni trasversali, su un tratto dello sviluppo complessivo di circa 6000 m.

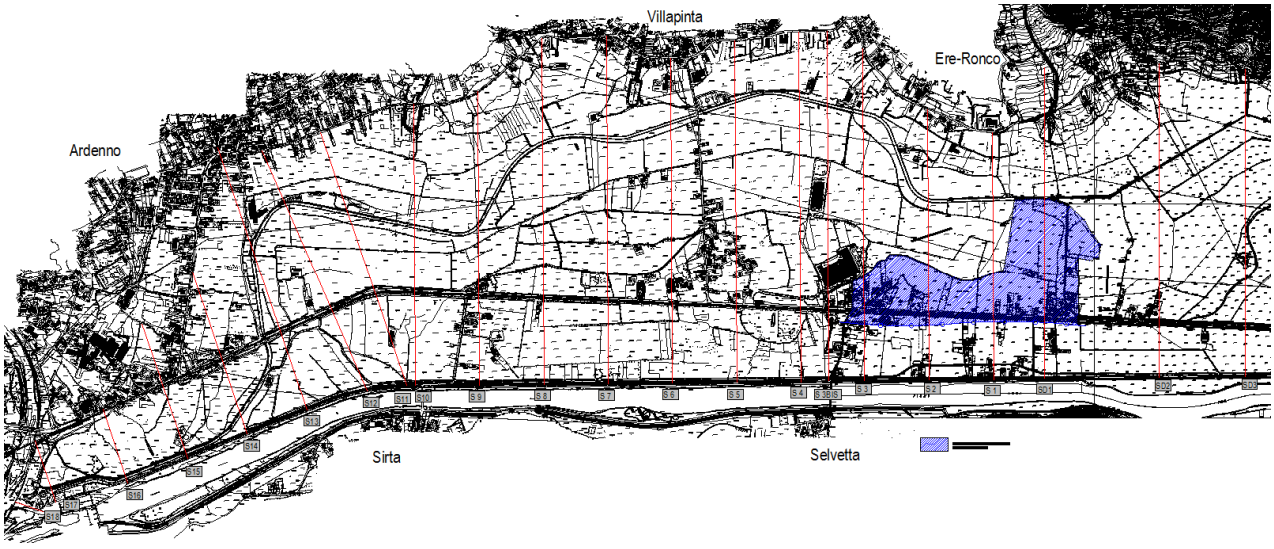


Figura 3 – *Planimetria con ubicazione sezioni di verifica idraulica*

Per la simulazione dello stato di fatto sono state assunte le quote direttamente ricavabili dalla restituzione aerofotogrammetria (il volo è datato 2000), aggiornate in sito per quanto concerne le aree di interesse e in corrispondenza del canale sifone Enel in comune di Ardenno (sez. 18 – v. paragrafo successivo). Sono inoltre stati inseriti gli ingombri reali degli insediamenti esistenti.

5.2 - Dati idrologici e idraulici di riferimento

Per la schematizzazione delle condizioni di deflusso del tratto oggetto di studio, si è utilizzata la portata di piena indicata nella relazione tecnica specialistica *"Piana della Selvetta – Via di fuga e scarico del canale Pedemontano in Comune di Ardenno compresa la parte terminale entro lo sbarramento di proprietà E.N.E.L.",* a firma degli ing. Franzetti, Gadola, Marchini, aggiornamento giugno 2004. In particolare è stata utilizzata quale condizione di riferimento la portata di 400 m^3/s ipotizzando una rottura arginale a monte con afflusso continuo di tale portata. Questo valore di portata corrisponde al valore medio di portata che provocò l'allagamento della Piana della Selvetta nel luglio 1987.

Quale condizione al contorno, è stata assunta come sezione di valle la stessa sezione di deflusso riportata nella relazione tecnica specialistica citata, assumendo pertanto il medesimo tirante calcolato nella condizione di portata pari a 400 m^3/s e livello in Adda di 261.90 m s.l.m. corrispondente ad una condizione di piena straordinaria. La sezione utilizzata corrisponde alla sezione di progetto prevista per la realizzazione del canale sifone (in corrispondenza del canale Adda vecchia) dell'impianto ENEL di Ardenno, già ultimato (rif. Figura 4), con quota di fondo pari a 258.12 m s.l.m.

Figura 4 – *Vista aerea canale sifone Enel in corrispondenza dell'intersezione con il canale AddaVecchia (a sx) a valle dello sbarramento di Ardenno (foto del 12/09/2007).*

Per quanto concerne le scabrezze caratteristiche dell'area golenale si è assunto il valore di 0.035, ottenuto con riferimento ai dati di letteratura; in corrispondenza delle sezioni di calcolo n. 5 e 6 (zona urbanizzata ai margini della strada di collegamento alla località Selvetta) si è cautelativamente assunto un valore pari a 0.05.

5.3. - Simulazioni di moto permanente

La verifica idraulica è stata condotta in condizione di moto permanente con risoluzione della relazione di Manning Strickler rispetto alla variabile tirante idrico per i valori di portata di piena. Le elaborazioni sono state effettuate con apposito pacchetto software HEC RAS.

Come condizione al contorno per la sezione terminale di valle (il regime è ovunque subcritico – n. di Froude<1), la sezione n. 1, è stata adottata la quota del pelo libero di riferimento della relazione tecnica specialistica della via di fuga, pari a 262.45 m s.l.m. (*Piana della Selvetta – Via di fuga e scarico del canale Pedemontano in Comune di Ardenno compresa la parte terminale entro lo sbarramento di proprietà E.N.E.L- sezione S0*).

In tabella 1 sono riassunti schematicamente i risultati della simulazione effettuata, per ognuna delle sezioni di calcolo, con le condizioni di deflusso della portata di 400 m^3/s nella configurazione dello stato di fatto. Le colonne rappresentano

rispettivamente: il codice della sezione, la quota minima del fondo alveo, la quota del pelo libero calcolata, la velocità e il n. di Froude. In grassetto i valori rappresentativi delle sezioni n. SD1, S1, S2 e S3 rappresentative dell'area in esame.

Sez.	Q. fondo (m s.l.m.)	Q. p.l. (m s.l.m.)	V (m/s)	Froude (-)
SD3	263.30	266.73	0.36	0.12
SD2	263.15	266.66	0.34	0.11
SD1	263.00	266.48	0.35	0.23
1	262.93	266.24	0.69	0.29
2	262.70	266.09	0.47	0.16
3	262.45	265.79	0.74	0.30
3bis	262.39	265.62	0.64	0.25
4	262.30	265.60	0.30	0.10
5	262.25	265.55	0.27	0.09
6	262.15	265.46	0.28	0.09
7	261.78	265.44	0.20	0.05
8	261.66	265.44	0.15	0.04
9	261.45	265.43	0.21	0.05
10	261.32	265.42	0.26	007
11	261.19	265.41	0.18	0.04
12	261.07	265.40	0.20	0.05
13	260.64	265.40	0.16	0.04
14	260.31	265.39	0.22	0.05
15	260.14	265.36	0.46	0.11
16	259.90	265.20	1.26	0.33
17	259.28	263.03	4.91	1.00
18	258.12	262.45	3.71	0.78

Tabella 1: Risultati della simulazione rappresentante lo stato di fatto

6 – Valutazione della zonazione della pericolosità e del rischio da esondazione

6.1 – Condizioni di propagazione della piena

In accordo alle verifiche effettuate, gran parte dell'area di fondovalle risulta esondabile con velocità e tiranti ridotti che, soprattutto questi ultimi, via via aumentano in corrispondenza delle depressioni morfologiche rappresentate dai fossi e dal paleoalveo dell'"Adda Vecchia". Il moto è ovunque subcritico e quindi governato dalle condizioni di deflusso della sezione estrema di valle (sez. 18). Ad eccezione delle ultime sezioni poste più ad ovest (zona sifone) e di limitate sezioni centrali, le velocità della corrente si mantengono sempre inferiori a 0,5 m/s.

6.2 – Zonazione della pericolosità

All'interno dell'area esondabile si procede a una suddivisione in zone in funzione dei diversi livelli di rischio la cui quantificazione è stata effettuata essenzialmente sulla base dei seguenti parametri:

- livelli idrici;
- velocità di scorrimento

A tal fine, in accordo ai criteri proposti dalla Regione Lombardia, è stato utilizzato il seguente grafico (figura 5) che fornisce le condizioni di rischio in funzione del tirante idrico, h (m), e della velocità della corrente, U (m/s), al margine (lato fiume) della zona di interesse.

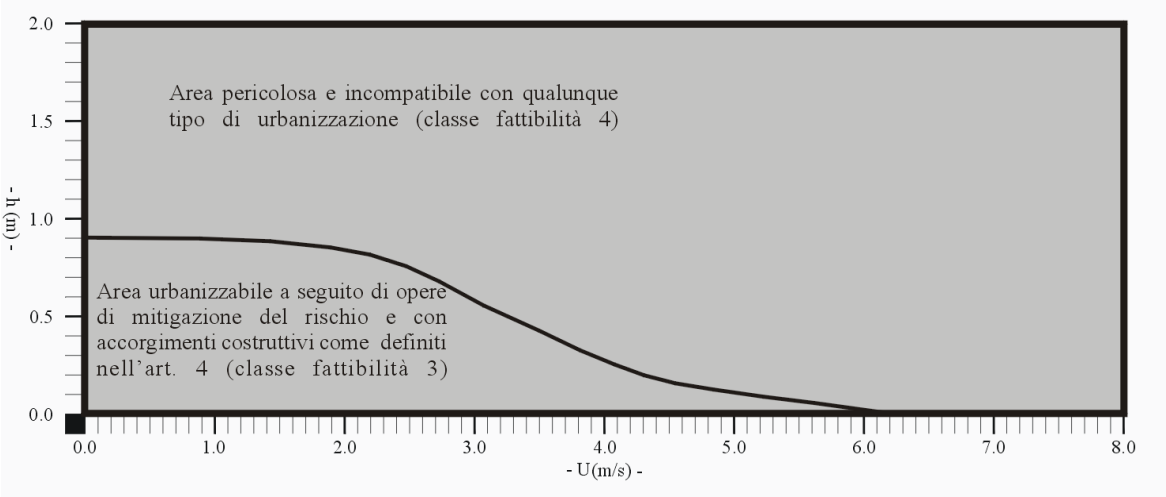


Figura 5 – *Livello di rischio in aree esondabili.*

In tale grafico sono individuate due condizioni a differente livello di pericolosità:

- *area pericolosa e incompatibile con qualunque tipo di infrastruttura* (edifici, industrie, depositi, parcheggi, ecc.), che si ritiene possa essere assimilabile alla classe di rischio **R4** definita nel PAI;
- *area urbanizzabile con accorgimenti costruttivi* che impediscano danni a beni e strutture e/o che consentano la facile ed immediata evacuazione dell'area inondabile da parte di persone e beni mobili, assimilabile alla classe di rischio **R3** definita nel PAI.

La delimitazione delle aree a diverso livello di rischio attuale e potenziale è stata riportata sulla *Carta del Rischio Idraulico* (tavola 3) allegata al presente studio ed è stata utilizzata, come riferimento, per la definizione della *"proposta di carta di fattibilità geologica del PGT"* anch'essa allegata al presente studio (tavola 4).
Le aree caratterizzate da livelli di rischio pari a R4 sono da ritenersi incompatibili con qualunque tipo di urbanizzazione, e in esse dovranno essere escluse nuove edificazioni; ad esse viene attribuita, nella carta di fattibilità delle azioni di

piano, classe 4. Le aree caratterizzate da livelli di rischio pari a R3 possono ritenersi compatibili con l'urbanizzazione a seguito della realizzazione di opere di mitigazione del rischio o mediante accorgimenti costruttivi che impediscano danni a beni e strutture e/o che consentano la facile e immediata evacuazione dell'area inondabile da parte di persone e beni mobili. A tali aree viene attribuita, nella carta di fattibilità delle azioni di piano, classe 3.

Relativamente all'area in esame le zone a rischio R4 sono localizzate nel settore nord, che presenta una morfologia maggiormente depressa in quanto degrada progressivamente verso il canale Adda Vecchia. Per la restante parte di area di studio è stata individuata una classe di rischio R3.

7 – Proposta carta di fattibilità geologica

7.1 – Proposta di zonazione di fattibilità geologica

Nella Tavola 4 è stata riprodotta la seguente proposta di carta di fattibilità geologica effettuata utilizzando, per quanto possibile, le classi di fattibilità geologica presenti nella Componente geologica allegata al PGT.

Zone in R4 e fasce di rispetto idraulico dei fossi.
Tali aree sono state inserite nella classe di fattibilità **4i**.

Zone in R3 situate a nord del rilevato della ferrovia e della strada statale.
Per tali aree viene proposta una nuova classe di fattibilità geologica, denominata **3h**, in cui l'edificazione è consentita con accorgimenti costruttivi che impediscano danni a beni e strutture e/o che consentano la facile e immediata evacuazione dell'area inondabile da parte di persone e beni mobili.

Zone in R3 situate a sud del rilevato della ferrovia e della strada statale.
Tali aree sono state inserite nella classe di fattibilità **3e** in cui valgono le norme della Fascia B del PAI.

7.2 – Norme di fattibilità geologica

Classe 4i – Per tali aree si utilizzano le norme già contenute nell'Allegato 3 della Componente geologica del PGT (maggio 2011) – *Norme tecniche di fattibilità geologica*.

Classe 3h – Per tali aree, oltre alla norme generiche di classe previste nella parte iniziale del paragrafo 8.3 dell'Allegato 3 della Componente geologica del PGT (maggio 2011) – *Norme tecniche di fattibilità geologica*, vengono indicate le seguenti norme specifiche:

In aggiunta alle prescrizioni indicate in apertura circa la predisposizione di un piano di emergenza e evacuazione i progetti di nuovi edifici dovranno tenere conto della possibilità di essere interessati da fenomeni alluvionali. Ai fini della mitigazione del rischio e alla garanzia di compatibilità idraulica, gli interventi di trasformazione territoriale dovranno essere realizzati in accordo alle seguenti prescrizioni.

- *le superfici abitabili, le aree sede dei processi industriali e degli impianti tecnologici dovranno essere realizzate sopraelevate rispetto alla quota delle piena di riferimento che viene posta a **267 m s.l.m.** (rif. cartografia aerofotogrammetrica).*
- *i piani terra non dovranno essere destinati ad uso residenziale.*
- *non dovranno essere realizzati piani interrati o seminterrati, rispetto al piano campagna originario (attuale).*
- *progettare la viabilità minore interna e la disposizione dei fabbricati così da limitare allineamenti di grande lunghezza nel senso dello scorrimento delle acque che potrebbero indurre la creazione di canali di scorrimento a forte velocità;*
- *progettare le disposizione dei fabbricati in modo da limitare la presenza di lunghe strutture traversali alla corrente principale;*
- *prevedere uscite e facilitazioni per l'accesso di beni e persone ai piani superiori;*
- *evitare di realizzare accessi orientati verso la direzione di arrivo della corrente;*
- *prevedere l'utilizzo di materiali e tecnologie costruttive che permettano alle strutture di resistere alle pressioni idrodinamiche create da un'esondazione (piano terra con muri perimetrali in c.a.).*
- *in accordo all'art.18 delle NdA del PAI, il proprietario dovrà rilasciare al comune, in sede di presentazione del progetto del nuovo intervento edilizio, un atto liberatorio in cui dichiara di aver preso coscienza dello stato di rischio che interessa l'area (area potenzialmente esondabile dal Fiume Adda e dai fossi di fondovalle) ed esclude da ogni responsabilità l'amministrazione pubblica in ordine ad eventuali futuri danni a cose e a persone comunque derivanti dal fenomeno alluvionale.*

Gli effetti della possibile presenza di deflussi idrici superficiali andranno valutati anche per la progettazione delle fondazioni, prevedendo eventualmente le misure atte a garantirne la stabilità. La relazione geologica, prevista in generale per la classe 3 anche sull'edificato esistente, dovrà definire le indicazioni di competenza al fine della corretta progettazione di ogni intervento. All'interno delle aree poste in tale classe non è consentita la realizzazione di discariche di rifiuti urbani e pericolosi. L'amministrazione dovrà procedere nel più breve tempo possibile a un'indagine conoscitiva, da tenere periodicamente aggiornata, sulle condizioni dell'edificato e dell'insediamento utile ai fini della valutazione del rischio e della redazione del piano di emergenza ed evacuazione.

Classe 3e – Per tali aree si utilizzano le norme della Fascia B di esondazione delle NdA del PAI, già contenute nell'Allegato 3 della Componente geologica del PGT (maggio 2011) – *Norme tecniche di fattibilità geologica-*