



Regione Lombardia



COMUNE DI
VEZZA D'OGLIO



Provincia di Brescia

REVISIONE STUDIO GEOLOGICO COMUNALE IN ADEGUAMENTO ALLA L.R.12/05, ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITA' CONOIDE VALLE SAN CLEMENTE E VAL GRANDE, DEFINIZIONE DEL RETICOLO IDRICO MINORE

04 ZONAZIONE PERICOLOSITA' VAL GRANDE

04.1

RELAZIONE

01 RELAZIONE GENERALE
02 RETICOLO IDRICO MINORE
03 ZONAZIONE PERICOLOSITA' SAN CLEMENTE

04 ZONAZIONE PERICOLOSITA' VAL GRANDE
05 REVISIONE CARTA FATTIBILITA' GEOLOGICA
06 ADEGUAMENTO STUDIO GEOLOGICO L.R. 12/05

Scala: Data: *aprile 2008* N° progetto: *0609709* Redatto da:

AGGIORNAMENTI E REVISIONI		Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
	c					
	b					
	a					

I professionisti:

Dott. Geol. Luca Maffeo Albertelli

Progettazione, coordinamento, implementazione dati e grafica:



Uffici: Via Montegrappa, 41 - 24060 Rogno (BG) Tel. e fax 035 4340011
Sede amministrativa: Piazza Mercato, 5 - 25051 Cedegolo (BS)
Tel. e fax 035 4340011- C.F. e P.I.: 02 179 460 981

www.cogeo.info
e-mail: cogeo@cogeo.info

SOCIETA' CERTIFICATA
ISO 9001 / UNI EN ISO 9001 - ED.2000



GEOLOGIA - GEOTECNICA - GEOLOGIA AMBIENTALE INDAGINI GEOTECNICHE E GEOGNOSTICHE

INDICE

1	PREMESSA.....	2
2	DATI STORICI.....	2
3	ASPETTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI.....	3
4	ANALISI DEL BACINO: ASPETTI MORFOMETRICI	4
5	CALCOLO DELLE PORTATE	5
5.1	METODO RAZIONALE	6
5.2	METODO RAZIONALE (Modificato da Bacchi, Ranzi, Rossini e Armanelli Università di Brescia)	7
5.3	SIBCA (Sistema Informativo dei Bacini e dei Corsi d'Acqua)	8
5.4	MODELLO AFFLUSSI DEFLUSSI (Studio Regione Lombardia)	9
6	CONSIDERAZIONI FINALI SULLE PORTATE LIQUIDE	10
7	CALCOLO DEL TRASPORTO SOLIDO.....	10
8	VERIFICA IDRAULICA.....	12
9	CONDIZIONI DI PERICOLOSITA' NELLE AREE DI CONOIDE	16
10	VINCOLI E PRESCRIZIONI	17
11	CONCLUSIONI.....	18

ALLEGATI

<i>ALLEGATO 1</i> : Fogli di calcolo portate	19
<i>ALLEGATO 2</i> : Modello Idraulico	22

1 PREMESSA

La presente relazione illustra le analisi e verifiche condotte sul bacino della Val Grande, nel comune di Vezza D'Oglio, allo scopo di ricavare le portate di massima piena da utilizzare nei calcoli e nelle verifiche dei deflussi liquidi e liquido-solidi lungo il torrente e definire quindi le condizioni di pericolosità dell'apparato di conoide.

L'analisi è stata condotta per punti successivi analizzando in ordine i seguenti aspetti:

- *caratteristiche morfologiche e morfometriche del bacino;*
- *analisi delle portate di massima piena impiegando i più noti metodi presenti in letteratura;*
- *analisi del trasporto solido e magnitudo del bacino;*
- *perimetrazione della pericolosità lungo la conoide e definizione della pericolosità finale.*

Lo studio e la zonazione della pericolosità generata da possibili colate di detrito e trasporto in massa lungo l'apparato di conoide è stata condotta considerando le indicazioni contenute nell'allegato 2 – 4 della L.R. 12/2005 e nel quaderno regionale di ricerca n.34 (Regione Lombardia).

Il risultato finale dello studio è una carta di fattibilità che si propone come modifica alle precedenti previsioni adottate dal Comune di Vezza d'Oglio (cfr tavola 04.8), nonché la proposta di aggiornamento dell'elaborato n.2 del PAI (Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici).

2 DATI STORICI

In tabella si riportano i dati storici degli eventi alluvionali del comune di Vezza d'Oglio desunti dai Quaderni Camuni (n.43 del 1988).

Eventi storici				
Localizzazione	fonte	data	danni	fenomeno
Vezza d'Oglio	Putelli, Franzoni	agosto 1520	Varie rovine	Inondazione fiume Oglio
Vezza d'Oglio	Putelli, Ormanico	25 ottobre 1614	Varie rovine	Inondazione fiume Oglio
Vezza d'Oglio	Putelli	18 ottobre 1738	Distruzione ponti	Inondazione fiume Oglio
Vezza d'Oglio	Putelli	dicembre 1739	Varie rovine	Inondazioni
Vezza d'Oglio	Putelli, Favallini	agosto 1757	Varie rovine	Inondazioni
Vezza d'Oglio	Il Camuno, Nardini, Rizzi	4 ottobre 1852		Inondazione causata da frane cadute nel torrente
Vezza d'Oglio	Il Camuno, Nardini, Rizzi	20 agosto 1864		Inondazione causata da frane cadute nel torrente
Vezza d'Oglio	Sina, Rosa	1878	Varie rovine	Inondazioni

3 ASPETTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI

Geologicamente l'area del bacino del torrente della Val Grande e la zona di conoide sono caratterizzati dalla presenza delle seguenti litologie:

- *Depositi di conoide*

Si tratta di terreni generatisi dalla deposizione del materiale detritico fluitato dalle correnti di piena del corso d'acqua, che nel tempo hanno portato la sovrapposizione di più eventi di esondazione sino alla formazione dell'apparato di conoide oggi inciso dall'asta torrentizia. Si tratta di terreni dalla granulometria prevalentemente grossolana (sabbie e ghiaie), con alternanza di livelli o orizzonti a granulometria fine corrispondenti agli eventi di deposizione per correnti di morbida del corso d'acqua. La dinamica di deposizione delle acque di piena risulta complessa e variabile sia in profondità, nell'apparato di conoide, sia arealmente: in particolare si possono distinguere la parte alta della conoide, quella intermedia e quella terminale.

- *Depositi di falda*

Si tratta di depositi detritici e depositi di frana legati all'attività gravitativa dei versanti e alla naturale evoluzione degli stessi che comprende fenomeni di naturale degradazione e fenomeni di rapida evoluzione come nel caso dei fenomeni franosi in roccia e terreno: anche in questo caso i depositi sono caratterizzati dalla presenza di terreni eterogenei con granulometrie variabili.

- *Depositi glaciali*

Occupano la parte settentrionale del bacino idrografico del torrente e si possono distinguere in base alla posizione e alla conformazione morfologica in detrito glaciale, perlopiù diffuso lungo i versanti, e cordoni morenici, allungati per lo più parallelamente allo sviluppo vallivo o con sviluppo ad arco convesso nel senso di scorrimento delle lingue glaciali. I depositi sono caratterizzati, a seconda della posizione, da ghiaie e ciottoli poligenici immersi in matrice spesso abbondante fine costituita da miscele di sabbie, limi e argille. Spesso sono presenti all'interno delle successioni stratigrafiche massi erratici di dimensioni anche metriche, talora affioranti sulla superficie dei depositi.

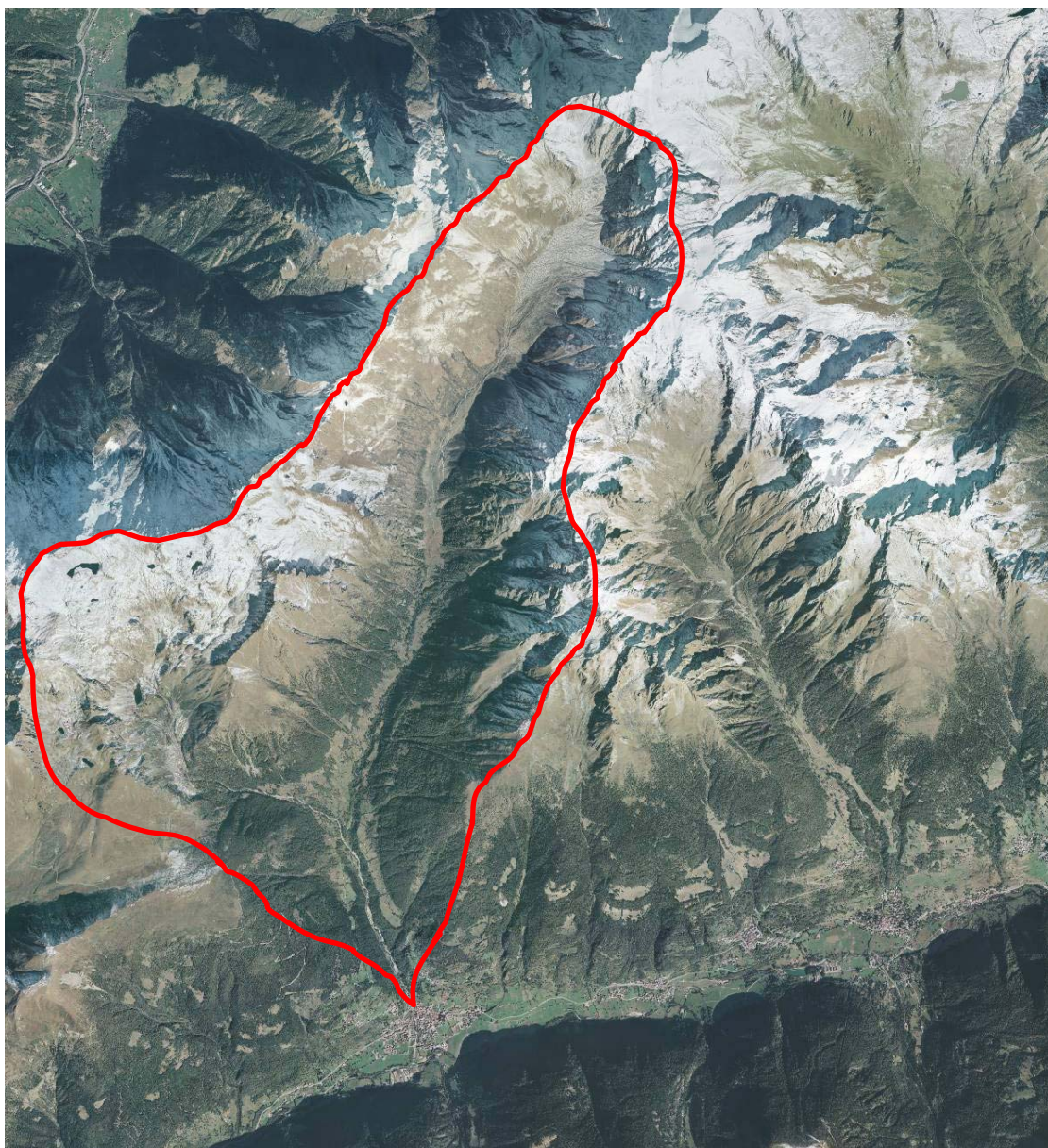
- *Substrato roccioso*

Il substrato roccioso affiorante o subaffiorante risulta localizzato prevalentemente nella porzione medio-bassa del bacino idrografico ed è caratterizzato dalla presenza delle formazioni rocciose appartenenti al basamento cristallino Austroalpino formato da due unità tettoniche distinte: gli "Scisti del Tonale" e la sottostante "Falda dell'Ortles". Gli Scisti del Tonale sono costituiti dalla "Serie del Tonale" e dalla "Serie della Val d'Ultimo": si tratta di paraderivati di alto grado metamorfico (Kinzigiti, migmatiti e granuliti) di età varisca, con intercalazioni di quarziti, marmi, ortogneiss, anfiboliti, metagabbri e peridotiti a granato e spinello, talora serpentizzate; la Falda dell'Ortles è formata da micascisti e filladi con intercalazioni di metabasiti e di corpi aplitico-pegmatitici.

4 ANALISI DEL BACINO: ASPETTI MORFOMETRICI

L'analisi morfometrica è stata effettuata utilizzando come supporto la cartografia della Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000. Si è così proceduto all'individuazione dei limiti del bacino idrografico, cioè l'entità geografica costituita dalla proiezione su un piano orizzontale della superficie scolante sottesa alla sezione di chiusura. Le principali caratteristiche del bacino sono riportate in tabella mentre i limiti del bacino stesso sono evidenziati nella foto aerea.

Caratteristiche del bacino	
Forma	Allungata in direzione N-S
Sviluppo	Da quota 1085m s.l.m. fino a 3270m s.l.m. circa
Area	37.44 Km ²
Lunghezza asta principale	12.4 Km



5 CALCOLO DELLE PORTATE

Nello studio idraulico di un corso d'acqua la variabile fondamentale è la portata di massima piena. Tale variabile deve essere associata ad un tempo di ritorno T_r che indica il numero di anni in cui la portata è raggiunta o superata in media una sola volta. Il T_r va scelto in base alle normative vigenti, al rischio e al tipo di sistemazione del bacino.

In questo studio sono stati considerati tempi di ritorno di 50, 100 e 200 anni utilizzando i seguenti metodi per la stima della portata di massima piena:

1. Metodo Razionale;
2. Metodo Razionale con le modifiche Università di Brescia (studio Ranzi, Mariani, Rossini e Armanelli);

I risultati ottenuti con il Metodo Razionale e con il Metodo Razionale Modificato sono stati successivamente confrontati con i risultati forniti dal Sistema Informativo dei Bacini e dei Corsi d'Acqua (SIBCA) della Regione Lombardia e quelli forniti dalla Relazione "Caratteristiche Idrologiche della Rete Idrografica, Modello Afflussi-Deflussi" contenuta nel "Piano e Programma di ricostruzione, riconversione e sviluppo della Valtellina e delle zone adiacenti delle Province di Como, Bergamo e Brescia colpite dalle avversità atmosferiche dei mesi di Luglio-Agosto 1987" della Regione Lombardia.

5.1 METODO RAZIONALE

Il metodo indiretto di trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi, come indicato dalle direttive PAI dell'autorità di Bacino del Po - legge 18 maggio 1989 n.183, è condotto utilizzando la seguente formula per il calcolo della portata critica Q (assumendo nota la precipitazione temibile di assegnato tempo di ritorno) :

$$Q = \Phi \cdot A \cdot i(d_c, T_r, r) \cdot \varepsilon$$

ϕ indica il coefficiente di deflusso di progetto, A l'area del bacino in km^2 , i è l'intensità di precipitazione in funzione della durata critica d_c , del tempo di ritorno T_r e del coefficiente di ragguglio r , ε il coefficiente di laminazione.

Il tempo di corrivazione T_c viene calcolato con la formula di Giandotti:

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{(H_m - H_0)}}$$

S indica la superficie del bacino in km^2 , L la lunghezza dell'asta principale, H_m l'altezza media del bacino in m s.l.m., H_0 la quota della sezione di chiusura in m s.l.m..

Le altezze di pioggia vengono calcolate utilizzando la relazione tra i parametri a e n della stazione pluviometrica di riferimento (Temù):

$$h_{(t)} = at^n$$

t indica il tempo di progetto in ore posto pari al tempo di corrivazione.

La portata di massima piena viene quindi così calcolata:

$$Q_c = 0.278 \frac{ch_{(t)}S}{T_c}$$

c indica il coefficiente di deflusso.

Le elaborazioni svolte sono riportate in allegato. Di seguito sono riassunti i risultati ottenuti:

METODO RAZIONALE	
TEMPO DI RITORNO (<i>anni</i>)	PORTATA DI MASSIMA PIENA (<i>mc/sec</i>)
50	98
100	107
200	115

5.2 METODO RAZIONALE (Modificato da Bacchi, Ranzi, Rossini e Armanelli Università di Brescia)

L'analisi è stata condotta con riferimento alle indicazioni dello studio di Ranzi, Mariani, Rossini, Armanelli e Bacchi sull'Analisi e sintesi delle piogge intense nel territorio Bresciano (1999), nel quale l'altezza di pioggia viene ipotizzata appartenere ad una popolazione la cui funzione di probabilità è la distribuzione asintotica del massimo valore, nota come distribuzione di Gumbel. Di seguito si riportano le formule che hanno portato alla stima della portata.

Per il calcolo delle altezze di pioggia si utilizzi la seguente relazione:

$$h = a_T T_c^{n_1}$$

Posto:

$$a_T = m_1 \left\{ 1 - \frac{CV\sqrt{6}}{\pi} \left[\varepsilon + \text{Ln} \left(\text{Ln} \left(\frac{T}{T-1} \right) \right) \right] \right\} \quad (\text{T è il tempo di ritorno ed } \varepsilon \text{ il numero di Eulero})$$

$$T_c = \frac{3.3\sqrt{A + 3.2L}}{\sqrt{Q_{med} - Q_{min}}} \quad (\text{A è l'area del bacino e L la lunghezza dell'asta principale})$$

Per il calcolo della portata si utilizzi invece la seguente relazione:

$$Q = \frac{1}{3.6} \cdot \phi \cdot r \cdot A \cdot a_t \cdot T_c^{n_1-1}$$

Dove ϕ rappresenta il coefficiente di afflusso locale, e r un coefficiente che dipende dall'area del bacino e dal tempo di corrivazione.

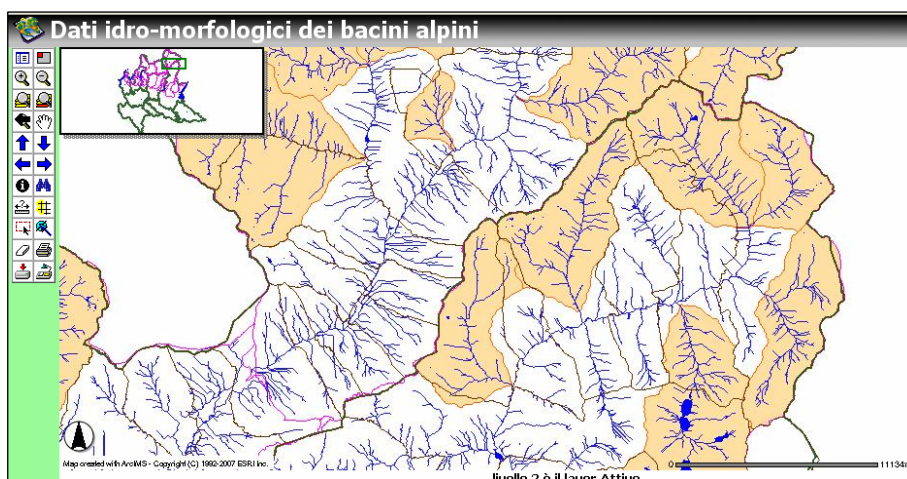
Le elaborazioni svolte sono riportate in allegato. Di seguito sono riassunti i risultati ottenuti:

METODO RAZIONALE <small>(Modificato)</small>	
TEMPO DI RITORNO <small>(anni)</small>	PORTATA DI MASSIMA PIENA <small>(mc/sec)</small>
50	73
100	79
200	86

5.3 SIBCA (Sistema Informativo dei Bacini e dei Corsi d'Acqua)

Il Sistema Informativo si prefigge di creare un approccio per la definizione di scenari di rischio idrogeologico all'interno di bacini idrografici alpini e allo sbocco dei corsi d'acqua sui conoidi. Lo scopo finale è quello di calcolare in modo semi-automatico la massima portata liquida e la magnitudo di un bacino idrografico costruito partendo da un punto qualunque del reticolo idrografico, scelto dall'utente.

In questo specifico studio si sono analizzati i dati del Sistema Informativo sia per l'intero bacino della Val Grande sia per i singoli sottobacini che lo compongono. In particolare i valori delle portate specificate di seguito (Qc) risultano essere la somma delle portate dei singoli sottobacini.



MACROBACINO	Valcamonica
NOME BACINO	Val Grande
Qc (Tr 50 anni) (mc/s)	131.40
Qc (Tr 100 anni) (mc/s)	146.20
MAGNITUDO (Metodo Bottino) (mc)	58576.13145
MAGNITUDO (Metodo Ceriani) (mc)	269468.70672
MAGNITUDO (Metodo Bianco) (mc)	223422.90003
COEFFICIENTE DI DEFLUSSO	0.48151
TEMPO DI CORRIVAZIONE (ore)	1.61604
PENDENZA MEDIA ASTA (m/m)	0.14818
PENDENZA MEDIA DEL BACINO (m/m)	0.62234
AREA PLANIMETRICA (Kmq)	37.44360
INDICE DI MELTON	0.35693
QUOTA MEDIA DEL BACINO (m s.l.m.)	2178

5.4 MODELLO AFFLUSSI DEFLUSSI (Studio Regione Lombardia)



Al fine di ottenere un quadro completo della situazione del Bacino della Val Grande sono stati presi in considerazione i dati contenuti nella Relazione “Caratteristiche Ideologiche della rete Idrografica Modello Afflussi-Deflussi” contenuta nel Piano e Programma di Ricostruzione Riconversione e Sviluppo della Valtellina e delle zone adiacenti delle Province di Como, Bergamo e Brescia colpite dalle avversità atmosferiche dei mesi di Luglio-Agosto 1987 (Convenzione del 12.5.88) della Regione Lombardia.

Lo studio sopra citato prevede la suddivisione del Bacino della Val Grande in 4 sottobacini, come mostrato in figura. I dati forniti (Area, Tempo di corrivazione T_c , Portata critica Q_c) sono stati riassunti nella tabella che segue.

BACINO	Area (Kmq)	T_c (ore)	Q_c (mc/s)	Q_c/A (mc/sKmq)
VGc, Val Bighera	9.50	0.80	49.48	5.2
VGa, Val Grande	10.00	0.94	44.49	4.4
VBg, Val Grande	24.25	1.35	86.43	3.6
VGd, Val Grande	33.75	1.49	114.12	3.4
VG, Val Grande (Chiusura)	37.80	1.51	132.70	3.5

6 CONSIDERAZIONI FINALI SULLE PORTATE LIQUIDE

A favore della sicurezza si è deciso di adottare, come valore di portata di massima piena di progetto, la media tra quelle proposte dai vari metodi e cioè quella di 116 mc/sec per un tempo di ritorno di 100 anni.

Nel capitolo 8 è stata condotta la verifica idraulica del tratto di torrente che attraversa l'abitato di Vezza d'Oglio per la sola portata liquida di piena.

7 CALCOLO DEL TRASPORTO SOLIDO

Per verificare gli aspetti legati al trasporto in massa e ad eventuali formazioni di colate lungo il bacino si è ricostruita la morfologia ed il profilo altimetrico del bacino stesso.

Nella porzione più alta del bacino, compresa tra le quote di 2700 m s.l.m. e di 2000 m s.l.m. la pendenza del torrente risulta essere elevata e pari a circa il 25%, nella porzione compresa tra le quote di 2000 m s.l.m. e 1700 m s.l.m. la pendenza diminuisce sino ad arrivare al 10%, nella porzione compresa tra i 1700 m s.l.m. e i 1500 m s.l.m. la pendenza del torrente diminuisce ancora sino ad arrivare all'8%.

Valutando proprio il cambio della pendenza dell'alveo si possono distinguere 3 zone:

- Zona di Carico del materiale compresa tra i 2700 m s.l.m. e i 2000 m s.l.m.
- Zona di Trasporto del materiale compresa tra i 2000 m s.l.m. e i 1700 m s.l.m.
- Zona di Deposito del materiale compresa tra i 1700 m s.l.m. e i 1500 m s.l.m.

Alla quota di 1340 m s.l.m. nel Torrente Val Grande confluisce il Torrente Valle Bighera caratterizzato da forte trasporto solido ed elevate pendenze.

Dal punto di confluenza dei due torrenti sino alla quota di 1100 m s.l.m. sono state realizzate diverse opere di regimazione del torrente (briglie e soglie) con lo scopo di ridurre la velocità delle acque e il deposito del materiale in carico alla corrente (cfr tavola 04.5).

Alcune briglie presentano fenomeni di sovralluvionamento e fenomeni di erosione per sifonamento di fondo. Le opere murarie delle briglie e dei salti appaiono in genere in buono stato.

Analizzando la morfologia e le caratteristiche del bacino idrografico, si può considerare che gli eventuali problemi legati al trasporto solido lungo l'asta, che possono interessare l'abitato di Vezza d'Oglio, sono riconducibili a fenomeni di dissesto che riguardano la Val Bighera.

Esaminando infatti la pendenza dell'asta nella porzione intermedia del bacino, si nota immediatamente che il passaggio dal 25% (relativo alla parte alta) al 10% (relativo alla parte intermedia, ovvero alla zona che da Patù arriva fino a Malga Val Grande), favorisce il deposito della quasi totalità del materiale trasportato in questo tratto di asta. E' quindi possibile ipotizzare che, in occasione di eventi estremi di breve durata e forte intensità, il materiale solido non arrivi ad interessare l'ambito di conoide, ma si fermi

in quota. Si possono quindi considerare, dal punto di vista del trasporto solido, due sistemi distinti: quello della Val Grande e quello della Val Bighera. E' proprio quest'ultimo che a causa della vicinanza, delle pendenze elevate ed del contributo di portata liquida proveniente dalla Val Grande può arrivare ad interessare l'ambito di conoide.

Il materiale che potrebbe lambire l'abitato di Vezza d'Oglio, transitando lungo l'asta torrentizia che lo attraversa in direzione nord-sud, è dovuto al trasporto solido generato dal Torrente Valle Bighera, poiché quello generato nella porzione di monte del torrente Val Grande è depositato a nord del punto di confluenza dei due torrenti.

Di seguito si riportano i dati relativi al bacino del Torrente Val Bighera desunti dal Sistema Informativo dei Bacini e dei Corsi d'Acqua (SIBCA) della Regione Lombardia.

MACROBACINO	Valcamonica
NOME BACINO	Val Bighera
Qc (Tr 50 anni) (mc/s)	32
Qc (Tr 100 anni) (mc/s)	35
MAGNITUDO (Metodo Bottino) (mc)	39765
MAGNITUDO (Metodo Bianco) (mc)	97665
COEFFICIENTE DI DEFLUSSO	0.51
TEMPO DI CORRIVAZIONE (ore)	0.87
PENDENZA MEDIA ASTA (m/m)	0.22
PENDENZA MEDIA DEL BACINO (m/m)	0.54
AREA PLANIMETRICA (Kmq)	9.4
INDICE DI MELTON	0.53
QUOTA MEDIA DEL BACINO (m s.l.m.)	2263

Nel capitolo 8 è stata condotta la verifica idraulica del tratto di torrente che attraversa l'abitato di Vezza d'Oglio per la portata liquida con trasporto solido, considerando un'altezza di deposito di 2 metri.

8 VERIFICA IDRAULICA

L'analisi idraulica relativa al deflusso delle portate di piena precedentemente descritte, è stata condotta per il tratto di torrente di attraversamento dell'abitato di Vezza d'Oglio (cfr tavola 04.6).

A tal scopo si sono considerate n° 21 sezioni topografiche ricavate da misure in sito relative all'altezza e tipologia di argini presenti. Il corso d'acqua nel tratto in esame presenta arginature in destra e sinistra orografica ed il fondo è in parte naturale con presenza di ciottoli o ridotti blocchi e tratti pavimentati. Lungo il tratto torrentizio in oggetto sono presenti cinque ponti, e dopo aver attraversato l'abitato il torrente stesso si immette nel fiume Oglio. La verifica idraulica del deflusso di piena è stata condotta con apposito software in condizioni di moto permanente con l'ipotesi di regime in corrente veloce.

L'analisi in condizioni di moto permanente è stata condotta utilizzando un apposito software di calcolo denominato "Hec-Ras", messo a punto dall'Idrologic Engineering Center.

La procedura di calcolo si basa sostanzialmente sulla soluzione dell'equazione monodimensionale dell'energia che ha la seguente espressione:

$$Y_2 - Z_2 - \frac{\alpha_2 \times V_2}{2g} = Y_1 - Z_1 - \frac{\alpha_1 \times V_1}{2g} + h_e$$

Le perdite valutate sono quelle di attrito (equazione di Manning) e quelle causate dalla contrazione o espansione del flusso in ogni sezione. L'equazione della quantità di moto è utilizzata poi nei punti in cui il profilo del pelo libero subisce delle brusche variazioni a seguito di condizioni di regime misto, per i punti dove si verifica passaggio da corrente veloce e corrente lenta (risalti idraulici), oppure in corrispondenza di ponti. In sostanza, sono stati immessi i dati relativi alla geometria di ogni sezione idraulica, iniziando da valle verso monte e per ognuna di queste sezioni si è considerato il coefficiente di scabrezza e alcuni dati geometrici relativi alla distanza tra le sezioni successive, in sponda sinistra, destra e in centro, nonché la quota dell'argine sinistro, destro e il coefficiente di compressione ed espansione del flusso.

Tali dati iniziali sono serviti per distinguere, tramite l'immissione delle distanze in sinistra e destra idrografica, la presenza di curve e cambi di direzione nel corso d'acqua, modellizzati nella fase di elaborazione attraverso i coefficienti di espansione o contrazione.

La verifica delle condizioni di deflusso nelle sezioni idrauliche nel caso di trasporto solido è stata condotta considerando i seguenti punti:

- Il trasporto solido è dovuto alla Valle Bighera per un volume variabile tra i 39765 mc (Metodo Bottino) e i 97665 mc (Metodo Bianco).
- Parte di questo volume si considera che venga arrestato dalle briglie presenti tra la confluenza con la Val Grande e l'apice di conoide.
- La restante parte del volume solido si considera che possa depositare in alveo con altezza massima pari a 2 metri.
- Il deposito in alveo si considera continuo dall'apice di conoide sino alla confluenza con il Fiume Oglio, pertanto le sezioni idrauliche presentano variazioni di altezza del fondo conseguenti al deposito di materiale.

Negli schemi delle pagine seguenti sono riassunti i parametri idraulici caratteristici suddivisi per l'ipotesi di piena di sola portata liquida o di portata liquida con trasporto solido.

TABELLA ANALISI DEFLUSSO PORTATA LIQUIDA

RAS Plan: Plan 01

River: VAL_GRANDE

Reach: 1 Profile: PF

1Reach

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl	
	(m3/s)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)		
1	21	116.00	1118.50	1122.02	5.47	21.21	7.05	1.01
1	20	116.00	1117.00	1118.50	9.46	12.26	12.62	3.06
1	19.5	Bridge						
1	19	116.00	1117.00	1118.77	7.35	15.78	13.04	2.13
1	18	116.00	1117.30	1118.92	6.57	17.64	13.58	1.84
1	17.9*	116.00	1113.74	1114.97	9.40	12.34	12.77	3.05
1	17.8*	116.00	1110.18	1111.35	10.21	11.36	12.42	3.41
1	17.7*	116.00	1106.62	1107.76	10.66	10.88	12.14	3.60
1	17.6*	116.00	1103.06	1104.19	11.00	10.54	11.93	3.74
1	17.5*	116.00	1099.50	1100.61	11.31	10.26	11.78	3.87
1	17.4*	116.00	1095.94	1097.04	11.59	10.01	11.76	4.01
1	17.3*	116.00	1092.38	1093.45	11.86	9.78	11.94	4.18
1	17.2*	116.00	1088.82	1089.85	12.07	9.61	12.58	4.41
1	17.1*	116.00	1085.26	1086.24	12.26	9.46	12.19	4.44
1	17	116.00	1081.70	1082.62	12.49	9.28	11.63	4.46
1	16	116.00	1080.00	1080.84	13.15	8.82	12.00	4.89
1	15.5	Bridge						
1	15	116.00	1080.00	1080.91	11.99	9.68	12.00	4.26
1	14	116.00	1079.50	1080.49	11.70	9.91	11.85	4.08
1	13.8333*	116.00	1077.92	1079.21	10.66	10.88	12.18	3.60
1	13.6666*	116.00	1076.33	1077.73	10.46	11.09	11.28	3.37
1	13.5*	116.00	1074.75	1076.03	10.66	10.89	10.17	3.29
1	13.3333*	116.00	1073.17	1074.25	10.84	10.70	10.65	3.45
1	13.1666*	116.00	1071.58	1072.50	10.77	10.77	12.02	3.63
1	13	116.00	1070.00	1070.81	10.36	11.20	13.83	3.68
1	12.6666*	116.00	1067.20	1068.06	11.02	10.53	12.27	3.80
1	12.3333*	116.00	1064.40	1065.34	11.54	10.05	10.72	3.80
1	12	116.00	1061.60	1062.66	12.02	9.65	9.17	3.74
1	11	116.00	1060.60	1061.63	12.35	9.39	9.17	3.90
1	10.5	Bridge						
1	10	116.00	1060.00	1061.14	10.61	10.93	9.73	3.19
1	9	116.00	1059.00	1060.08	11.13	10.42	9.72	3.43
1	8.66666*	116.00	1056.93	1058.28	11.67	9.94	8.46	3.44
1	8.33333*	116.00	1054.87	1056.28	12.26	9.46	9.75	3.97
1	8	116.00	1052.80	1053.89	12.84	9.03	9.69	4.24
1	7	116.00	1052.30	1053.41	12.64	9.18	9.56	4.12
1	6.5	Bridge						
1	6	116.00	1051.00	1051.88	12.46	9.31	10.64	4.25
1	5	116.00	1050.00	1050.87	12.67	9.16	10.63	4.36
1	4.92307*	116.00	1047.31	1048.18	11.97	9.69	11.23	4.11
1	4.84615*	116.00	1044.62	1045.47	11.59	10.01	11.82	4.02
1	4.76923*	116.00	1041.92	1042.75	11.33	10.24	12.41	3.98
1	4.69230*	116.00	1039.23	1040.04	11.13	10.42	13.00	3.97
1	4.61538*	116.00	1036.54	1037.32	10.95	10.59	13.59	3.96
1	4.53846*	116.00	1033.85	1034.61	10.79	10.75	14.18	3.95
1	4.46153*	116.00	1031.15	1031.90	10.63	10.91	14.78	3.95
1	4.38461*	116.00	1028.46	1029.19	10.48	11.07	15.37	3.94
1	4.30769*	116.00	1025.77	1026.48	10.34	11.22	15.96	3.94
1	4.23076*	116.00	1023.08	1023.77	10.20	11.37	16.56	3.93
1	4.15384*	116.00	1020.39	1021.06	10.07	11.52	17.15	3.92
1	4.07692*	116.00	1017.69	1018.36	9.95	11.66	17.75	3.92
1	4	116.00	1015.00	1015.65	9.83	11.81	18.34	3.91
1	3	116.00	1015.00	1015.72	8.72	13.31	18.98	3.32
1	2.5	Bridge						
1	2	116.00	1015.00	1015.84	7.42	15.64	19.15	2.62
1	1	116.00	1014.00	1014.83	7.57	15.32	19.12	2.70

TABELLA ANALISI DEFLUSSO PORTATA LIQUIDA CON TRASPORTO

RAS Plan: Plan 01

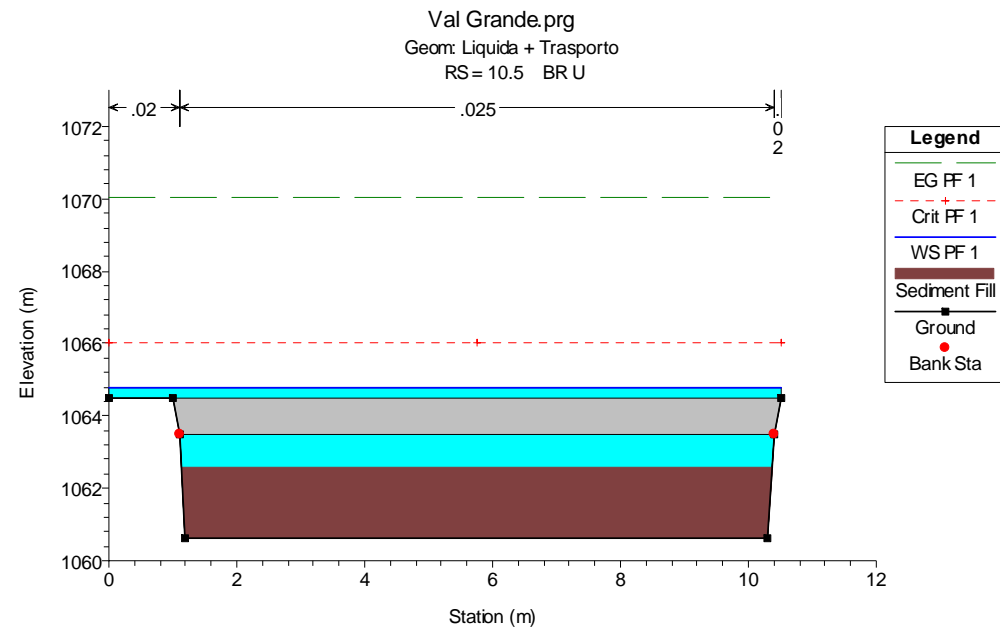
River: VAL_GRANDE

Reach: 1 Profile: PF

1Reach

	River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
		(m3/s)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
1	21	116.00	1120.50	1123.58	5.33	21.76	7.60	1.01
1	20	116.00	1119.00	1119.87	9.56	12.14	14.66	3.35
1	19.5	Bridge						
1	19	116.00	1119.00	1120.16	7.06	16.44	15.08	2.16
1	18	116.00	1119.30	1120.76	5.26	22.04	16.10	1.44
1	17.9*	116.00	1115.74	1116.62	9.10	12.74	15.18	3.17
1	17.8*	116.00	1112.18	1113.01	9.68	11.98	15.06	3.46
1	17.7*	116.00	1108.62	1109.43	9.99	11.62	15.06	3.63
1	17.6*	116.00	1105.06	1105.85	10.21	11.36	15.06	3.75
1	17.5*	116.00	1101.50	1102.28	10.42	11.13	14.53	3.80
1	17.4*	116.00	1097.94	1098.72	10.65	10.89	13.99	3.85
1	17.3*	116.00	1094.38	1095.17	10.92	10.62	13.43	3.92
1	17.2*	116.00	1090.82	1091.62	11.25	10.31	12.87	4.01
1	17.1*	116.00	1087.26	1088.07	11.62	9.98	12.31	4.12
1	17	116.00	1083.70	1084.52	12.02	9.65	11.74	4.23
1	16	116.00	1082.00	1082.76	12.74	9.11	12.00	4.67
1	15.5	Bridge						
1	15	116.00	1082.00	1082.83	11.64	9.97	12.00	4.08
1	14	116.00	1081.50	1082.35	11.46	10.12	11.97	3.98
1	13.8333*	116.00	1079.92	1080.81	10.64	10.90	12.29	3.61
1	13.6666*	116.00	1078.33	1079.24	10.23	11.34	12.61	3.44
1	13.5*	116.00	1076.75	1077.66	10.02	11.58	12.93	3.38
1	13.3333*	116.00	1075.17	1076.10	9.94	11.67	13.02	3.35
1	13.1666*	116.00	1073.58	1074.49	9.93	11.68	13.16	3.37
1	13	116.00	1072.00	1072.85	9.84	11.78	13.91	3.41
1	12.6666*	116.00	1069.20	1070.08	10.74	10.80	12.37	3.67
1	12.3333*	116.00	1066.40	1067.34	11.37	10.20	10.83	3.74
1	12	116.00	1062.60	1063.60	12.62	9.19	9.24	4.04
1	11	116.00	1062.60	1063.65	11.90	9.75	9.33	3.71
1	10.5	Bridge						
1	10	116.00	1062.00	1063.31	8.83	13.14	10.16	2.48
1	9	116.00	1061.00	1062.20	9.65	12.02	10.14	2.83
1	8.66666*	116.00	1058.93	1060.02	10.76	10.78	10.13	3.33
1	8.33333*	116.00	1056.87	1057.87	11.52	10.07	10.13	3.69
1	8	116.00	1054.80	1055.76	12.02	9.65	10.14	3.94
1	7	116.00	1054.30	1055.31	11.88	9.77	9.69	3.78
1	6.5	Bridge						
1	6	116.00	1053.00	1053.91	11.77	9.85	10.95	3.96
1	5	116.00	1052.00	1052.88	12.07	9.61	10.95	4.11
1	4.92307*	116.00	1049.31	1050.17	11.68	9.93	11.58	4.02
1	4.84615*	116.00	1046.62	1047.45	11.41	10.17	12.21	3.99
1	4.76923*	116.00	1043.92	1044.74	11.19	10.37	12.84	3.98
1	4.69230*	116.00	1041.23	1042.02	11.00	10.55	13.48	3.97
1	4.61538*	116.00	1038.54	1039.30	10.82	10.73	14.12	3.96
1	4.53846*	116.00	1035.85	1036.59	10.64	10.90	14.76	3.95
1	4.46153*	116.00	1033.15	1033.88	10.48	11.07	15.41	3.95
1	4.38461*	116.00	1030.46	1031.17	10.32	11.24	16.06	3.94
1	4.30769*	116.00	1027.77	1028.46	10.18	11.40	16.71	3.93
1	4.23076*	116.00	1025.08	1025.75	10.03	11.56	17.37	3.92
1	4.15384*	116.00	1022.39	1023.04	9.89	11.73	18.04	3.92
1	4.07692*	116.00	1019.69	1020.33	9.76	11.88	18.71	3.91
1	4	116.00	1017.00	1017.63	9.63	12.04	19.39	3.90
1	3	116.00	1017.00	1017.64	8.57	13.70	23.40	3.45
1	2.5	Bridge						
1	2	116.00	1017.00	1017.87	6.13	19.20	23.40	2.11
1	1	116.00	1016.00	1016.79	6.77	17.37	23.40	2.44

Nell'Allegato 2 sono riportate le sezioni dalle quali si possono ricavare le singole altezze della lama d'acqua. Qui di seguito si riporta l'esempio di una sezione tra le più critiche relativa al ponte nelle vicinanze della Piazza IV Luglio.



Dalla verifica della varie sezioni idrauliche si osserva che:

- Per quanto riguarda l'ipotesi di piena della sola portata liquida non si rilevano particolari problemi di carattere idraulico poiché la corrente è totalmente contenuta nella sezione di deflusso.
- Per quanto riguarda l'ipotesi di piena della portata liquida con trasporto solido si potrebbero verificare tracimazioni a partire dal ponte nei pressi di Piazza IV Luglio. In questo caso anche l'abitato a valle del ponte potrebbe essere interessato da potenziali fenomeni di esondazione della sola fase liquida.

Anche il ponte in legno, posto poco a monte della confluenza del fiume Oglio, potrebbe essere coinvolto da fenomeni di tracimazione della fase liquida.

9 CONDIZIONI DI PERICOLOSITA' NELLE AREE DI CONOIDE

La perimetrazione della pericolosità è stata rappresentata in scala 1:2000 nella tavola 04.7, dove viene riportata l'area interessata da fenomeni di colata detritica. Si è proceduto utilizzando le metodologie di analisi proposte dalla Regione Lombardia e contenute nell'allegato 2 della legge regionale 12 del 2005, "Zonazione della pericolosità generata da colate di detrito e trasporto in massa lungo le conoidi alpine".

Sono stati considerati 4 gradi di pericolosità, secondo la classificazione individuata nelle direttive regionali, e più precisamente:

H4	Pericolosità alta	Area con alta probabilità di essere interessata da fenomeni di erosione di sponda e di trasporto in massa e/o di trasporto solido con deposizione di ingenti quantità di materiale solido, con danneggiamento di opere e manufatti.
H3	Pericolosità media	Area interessata nel passato da eventi alluvionali e da erosioni di sponda documentati su base storiche; area con moderata probabilità di essere esposta a fenomeni alluvionali (esondazione) ed a erosioni di sponda. In particolare si possono avere deflussi con altezze idriche ridotte (massimo 20-30 cm) e trasporto di materiali sabbioso-ghiaiosi.
H2	Pericolosità bassa	Area mai interessata nel passato da fenomeni alluvionali documentati su base storica o area protetta da opera di difesa idraulica ritenute idonee anche in caso di interventi estremi con basse probabilità di essere interessata da fenomeni di dissesto.
H1	Pericolosità molto bassa	Area che per caratteristiche morfologiche ha basse o nulle probabilità di essere interessata dai fenomeni di dissesto.

In riferimento alle indicazioni contenute nella normativa di riferimento, ed in particolare nei "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione all'art. 57 della l.r. 11 marzo 2005, N.12" della Regione Lombardia, si propone la corrispondenza tra le classi di pericolosità e le classi di fattibilità geologica per le azioni di piano secondo il seguente schema:

Classi di pericolosità	Classi di fattibilità geologica per le azioni di Piano
H4	4
H3	3*
H2	3
H1	2

La fattibilità riportata in tabella si riferisce ai soli aspetti riguardanti i fenomeni di alluvione relativi ai conoidi. Nel caso di interventi da realizzare nella zona in esame si dovrà procedere a verificare gli altri aspetti di carattere geologico e sismico.

10 VINCOLI E PRESCRIZIONI

Oltre alle norme di carattere geologico di cui allo studio geologico vigente, e all'elaborato 05.3 del presente studio, si faccia riferimento alle indicazioni seguenti.

Per le aree individuate in questo studio con pericolosità H2 e H1 risulta infatti necessaria la specifica di accorgimenti finalizzati a mitigare le condizioni di rischio rendendo così possibile la realizzazione di interventi di nuova edificazione.

Di seguito si riportano alcuni dei possibili accorgimenti che dovranno essere presi in considerazione e alcune delle prescrizioni necessarie a garantire la compatibilità degli interventi di trasformazione territoriale così come indicato nell'allegato n.4 della l.r. 12/2005:

a) *Misure per evitare il danneggiamento dei beni e delle strutture*

- ✓ realizzare le superfici abitabili, le aree sede dei processi industriali, degli impianti tecnologici e degli eventuali depositi di materiali sopraelevate rispetto al livello della piena di riferimento;
- ✓ realizzare le aperture degli edifici situate al di sotto del livello di piena a tenuta stagna; disporre gli ingressi in modo che non siano perpendicolari al flusso principale della corrente;
- ✓ 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 la disposizione dei fabbricati in modo da limitare la presenza di lunghe strutture trasversali alla corrente principale;
- ✓ favorire il deflusso/assorbimento delle acque di esondazione, evitando interventi che ne comportino l'accumulo.

b) *Misure atte a garantire la stabilità delle fondazioni*

- ✓ opere drenanti per evitare le sottopressioni idrostatiche nei terreni di fondazione; qualora il calcolo idraulico non consenta di differenziare il valore della velocità nelle diverse porzioni della sezione, il grafico viene letto in funzione della velocità media nella sezione. Si intende che le condizioni idrauliche così definite si mantengano invariate su tutto il tronco a cavallo della sezione;
- ✓ opere di difesa per evitare i fenomeni di erosione delle fondazioni superficiali;
- ✓ fondazioni profonde per limitare i fenomeni di cedimento o di rigonfiamento di suoli coesivi.

c) *Misure per facilitare l'evacuazione di persone e beni in caso di inondazione*

- ✓ uscite di sicurezza situate sopra il livello della piena di riferimento aventi dimensioni sufficienti per l'evacuazione di persone e beni verso l'esterno o verso i piani superiori;
- ✓ vie di evacuazione situate sopra il livello della piena di riferimento.

- d) *Utilizzo di materiali e tecnologie costruttive che permettano alle strutture di resistere alle pressioni idrodinamiche*
- e) *Utilizzo di materiali per costruzione poco danneggiabili al contatto con l'acqua.*

11 CONCLUSIONI

L'analisi idrologica ed idraulica ha consentito di ricavare le portate di massima piena con tempo di ritorno di 100 anni e di verificare l'asta fluviale della Val Grande nel tratto di attraversamento dell'abitato di Vezza d'Oglio.

Dall'analisi morfometrica del bacino è emerso che il contributo del trasporto solido è dovuto principalmente al Torrente Val Bighera, affluente destro del Torrente Val Grande.

E' stata quindi effettuata un'analisi idraulica considerando l'ipotesi di piena della sola portata liquida e un'ulteriore ipotesi con portata liquida e trasporto solido.

Dai risultati è emerso che la piena della sola portata liquida non genera problemi di carattere idraulico perché il pelo libero della corrente risulta sempre inferiore alla quota d'argine.

La piena dovuta alla portata liquida con trasporto solido genera invece possibili fenomeni di esondazione dovuti alla presenza di ponti che restringono la sezione di deflusso e, sostanzialmente, al fatto che il deposito di materiale detritico determina un forte innalzamento del livello di piena.

I punti a maggior criticità sono il ponte posto nelle vicinanze della Piazza IV Luglio e il ponte in legno posto a monte della confluenza con il fiume Oglio. La perimetrazione della pericolosità conseguente alla presenza di tali ostacoli e alle condizioni idrauliche di deflusso, è riportata nella tavola 04.7 alla quale si rimanda.

ALLEGATO 1

Fogli di calcolo portate

STIMA DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA

Direttiva n. 2 Autorità di Bacino del Fiume PO - P.A.I. "Piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica"

Descrizione : Val Grande - Vezza D'Oglio

Punto di sezione :

TEMPO DI CORRIVAZIONE (Giandotti)	
DATI MORFOMETRICI BACINO IDROGRAFICO	DATI RISULTANTI
S ⇒ 37 [Km ²] Superficie Bacino	Tempo di Corrivazione $T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1,5L}{0,8\sqrt{(Hm - Ho)}} \Rightarrow \mathbf{1,63}$ [ore]
L ⇒ 12,5 [Km] Lunghezza asta principale	
Hm ⇒ 2178,5 [m] Altezza media del Bacino s.l.m.m.	
Ho ⇒ 1085 [m] Quota della sez. di chiusura s.l.m.m.	

PREVISIONE QUANTITATIVA DELLE PIOGGE INTENSE								
FORMULA	$h_{(t)} = at^n$							
Curva di probabilità pluviometrica	h _(t) = massima precipitazione in mm al tempo t t = tempo di progetto (ore) = tempo di corrivazione a = fattore della curva relativo ad un determinato Tr n = esponente della curva relativo ad un determinato Tr Tr = tempo di ritorno (20-100-200 anni)							
DATI CELLA DELLA GRIGLIA DI DISCRETIZZAZIONE DELLE PIOGGE INTENSE (Cfr. Allegato n.3 della Direttiva n.2 PAI dell'Autorità di Bacino del Fiume PO)								
Cella	Coord. Est UTM	Coord. Nord UTM	a Tr 50	n Tr 50	a Tr 100	n Tr 100	a Tr 200	n Tr 200
			23,82	0,538	25,9	0,544	27,97	0,547
MASSIMA PRECIPITAZIONE PROBABILE								
Tr	h(t)	h _(t) = massima precipitazione in mm al tempo t t = tempo di progetto (ore) = tempo di corrivazione [ore]						1,63
50	30,97	Tr = tempo di ritorno						
100	33,77							
200	36,52							

PORTATE DI MASSIMA PIENA			
FORMULA del METODO RAZIONALE			
$Q_c = 0.278 \frac{ch_{(t)}S}{T_c}$	dove	Q_c c ⇒ 0,5 $h_{(t)}$ S ⇒ 37 T_c ⇒ 1,63	portata al colmo coefficiente di deflusso massima precipitazione in mm al tempo t (vedi punto prec.) [Km ²] Superficie Bacino [ore] Tempo di corrivazione
RISULTATI			
Tr	⇒	Q_c [mc/sec]	Tr = tempo di ritorno [anni]
50	⇒	97,794	
100	⇒	106,645	
200	⇒	115,337	

Analisi delle portate con la formula razionale

Torrente Val Grande

STAZIONE	
Nome:	TEMU'
m1:	14,67
n1:	0,46
Cv:	0,319

PARAMETRI BACINO			
Area A Km ² :	37	Quota media Q_{med.} :	2178,8
Lungh. Asta L Km:	12,5	Q. media relativa:	1092,5
Q. massima Q_{max}:	3270		
Q. minima Q_{min}:	1085		

Retta segnalatrice di possibilità pluviometrica

$$aT = m1 \left\{ 1 - \frac{CV\sqrt{6}}{\pi} \left[\varepsilon + LnLn \left(\frac{T}{T-1} \right) \right] \right\} =$$

TR				
10	20	50	100	200
mm/h	mm/h	26,81 mm/h	29,36 mm/h	31,90 mm/h

Tempo di corrivazione

$$T_c = \frac{3.3\sqrt{A} + 3.2L}{\sqrt{Q_{med} - Q_{min}}} = \mathbf{1,82} \text{ ore}$$

Altezza di pioggia critica (h=at^n)				
TR				
10	20	50	100	200
mm	mm	35,277 mm	38,631 mm	41,97 mm

Calcolo portata

$$Q = \frac{1}{3.6} \cdot \phi \cdot r(A, d) \cdot A \cdot aT \cdot T_c^{n1-1} =$$

dove si assume:

- φ= 0,50 coefficiente di afflusso locale
- T_c= 1,82 ore
- A= 37 Km²
- aT= variabile con TR
- n1= 0,46
- r(A,d)= 0,72638

	TR				
	10	20	50	100	200
Q (mc/sec,)			72,50	79,39	86,26

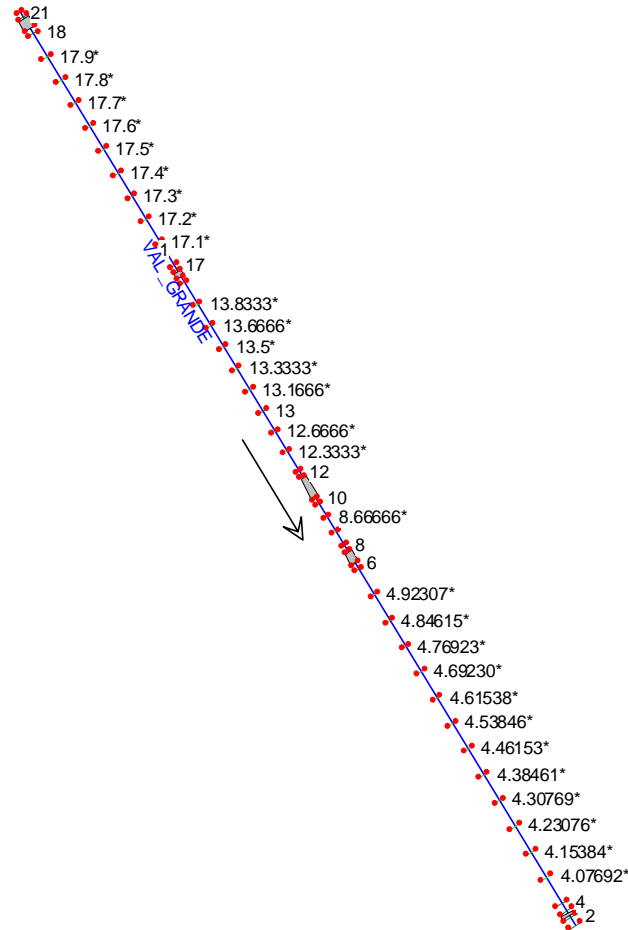
ALLEGATO 2

Modello Idraulico

MODELLO IDRAULICO IN MOTO PERMANENTE

PLANIMETRIA SCHEMATICA

SEZIONI DI CALCOLO



La numerazione indicata nella planimetria a fianco è progressiva da valle verso monte. Le sezioni denotate con l'asterisco sono state interpolate.

Di seguito vengono riportate le sezioni per l'ipotesi di corrente veloce.

In ogni pagina è riportata in alto la sezione per la piena della sola portata liquida. In basso la sezione della piena con trasporto solido.

