



## COMUNE DI OGGIONO

Provincia di Lecco

### STUDIO PER LA DEFINIZIONE DELLA COMPONENTE GEOLOGICA IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

*Ai sensi della D.G.R. n. 8/1566 del 22 dicembre 2005 e s.m.i.*

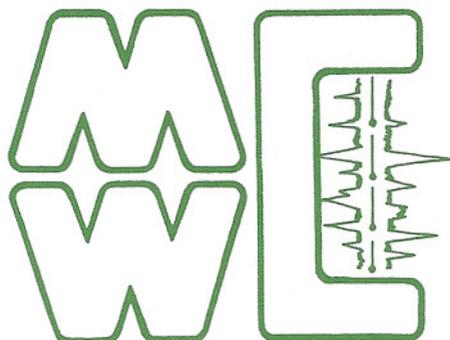
#### **“STUDIO DI APPROFONDIMENTO DELLE CONDIZIONI DI RISCHIO IN ZONA I DEL P.S. 267/98”**

(Approvato con Delibera Consiglio Comunale n° 52 de l 06.08.2004)

*Dott. Geologo Egidio De Maron*



Aggiornamento Aprile 2012



studio geologico emme.vu.ci.  
di dott. geologo tavecchio walter  
via cà piria caslino d' erba tel. 031/645052  
cod. fisc. tvr wtr 53r21 d416r part. iva 01226040135

12 settembre 2003

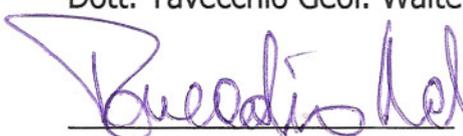
---

**STUDIO E VERIFICA DI COMPATIBILITA' IDRAULICA E  
IDROGEOLOGICA E VALUTAZIONE DELLE CONDIZIONI  
DI RISCHIO NELLE AREE DEL TERRITORIO COMUNALE  
DI OGGIONO CLASSIFICATE " ZONA I DEL P.S. L.267/98  
- AREE A RISCHIO IDROGEOLOGICO MOLTO ELEVATO"**

---

**Committente:** Comune di Oggiono (LC)

**Relatore:** Dott. Tavecchio Geol. Walter


APPROVATO CON DELIBERA DI  
CONSIGLIO COMUNALE N. 52 DEL 06/8/04

## **SOMMARIO**

1. *PREMESSA*
  
2. *INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO*
  - 2.1 - *CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE ED IDRAULICHE DEL BACINO*
  
3. *STUDIO DEI FENOMENI DI TRASPORTO SOLIDO LUNGO L'ASTA TORRENTIZIA*
  
4. *BACINO IDROGRAFICO - MASSIMA PORTATA LIQUIDA*
  
5. *PERICOLOSITA' - INDIVIDUAZIONE DEI PUNTI CRITICI*
  
6. *PRESCRIZIONI PARTICOLARI PER L'UTILIZZO DEL TERRITORIO - CONCLUSIONI*
  
7. *ALLEGATI:*
  - tav.1 - carta morfologica del bacino idrografico - sc. 1:5.000*
  - tav.2 - carta della pericolosità - sc. 1:2.000*
  - tav.3 - stralcio PRG per l'area di studio - sc. 1:2.000*

## 1. PREMESSA

La presente relazione, redatta su incarico dell'Amministrazione Comunale di Oggiono (LC), contiene l'indagine inerente la zonazione della pericolosità delle aree classificate come "zona I a rischio idrogeologico molto elevato", definite dal P.S. L.267/98 dall'Autorità di Bacino (vedi Fig.1).

Le aree suddette, che occupano una vasta zona pianeggiante situata nella porzione sud-occidentale del territorio comunale, sono soggette a fenomeni di esondazione da parte del T. Gandaloglio, che attraversa in direzione est-ovest l'area in oggetto.

Lo studio delle problematiche idrauliche - idrogeologiche è stato condotto sviluppando i seguenti punti:

- Raccolta di dati tramite interviste sul posto;
- Rilievi in sito di tipo geomorfologico, litologico, idrologico e delle opere idrauliche esistenti;
- Elaborazione e restituzione dei dati come da normative tecniche di cui alla L.267/98.

L'obiettivo finale dell'indagine è quello di giungere ad una perimetrazione delle aree di studio in relazione all'effettivo grado di pericolosità ed alle previsioni di utilizzo del territorio formulate negli strumenti urbanistici, nonché alla definizione degli interventi da mettersi in atto ed alle prescrizioni necessarie per rendere compatibili tali interventi con lo stato dei dissesti presenti o potenziali.

## 2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

L'area oggetto della presente indagine è ubicata nella parte sud-occidentale del territorio comunale di Oggiono (LC), ed occupa una vasta fascia pianeggiante per una superficie di circa 1,4Km<sup>2</sup>, posta ad una quota media di 266mt s.l.m., confinante a sud con il Comune di Sirone, ad ovest con il Comune di Molteno ed a nord-ovest con il Comune di Annone B.za.

La zona studiata è destinata per la quasi totalità ad attività agricole, finalizzate alla coltivazione di foraggio per bestiame e colture tipiche della zona (prevalentemente mais), fatta eccezione per i lotti compresi tra via Per Molteno e via Magnago, ove sono presenti numerosi insediamenti produttivi ed abitazioni private.

In particolare l'attenzione è rivolta proprio all'analisi delle problematiche idrauliche-idrogeologiche inerenti le aree per le quali lo strumento urbanistico vigente prevede un'ulteriore espansione (zone D2 - nuovi insediamenti produttivi industriali/artigianali soggetti a P.E.).

La zona è caratterizzata dalla presenza di corsi d'acqua a regime permanente o temporaneo; in particolare il T. Gandaloglio, proveniente dalle pendici montuose sopra l'abitato di Dolzago, risulta essere l'elemento idrico predominante, verso il quale confluiscono buona parte dei solchi irrigui che formano una fitta maglia nei campi coltivati.

Il confine con il Comune di Annone Brianza è solcato dal Fosso dei Pascoli (cavo Gavazzi), che costituisce una linea di impluvio per le acque di irrigazione dei terreni posti ad ovest del rilevato ferroviario e che si ricongiunge al T. Gandaloglio sul territorio del Comune di Molteno.

Nel paragrafo successivo si procede all'analisi e descrizione di dettaglio dei caratteri morfologici ed idraulici del bacino del T. Gandaloglio, la cui conoscenza risulta indispensabile per la formulazione di un modello teorico di previsione dei fenomeni di esondazione.

## **2.1 Caratteristiche geomorfologiche ed idrauliche del bacino del T. Gandaloglio**

Il T. Gandaloglio, tributario del T. Bevera, ha origine da una serie di torrentelli minori che si formano lungo le pendici montuose del versante settentrionale ed occidentale del Monte Crocione (877,7mt s.l.m.), nei pressi delle località note come Polgina, Figina e Ravellino. Il corso d'acqua è alimentato da acque sorgive perenni che garantiscono presenza d'acqua anche nei periodi di forte siccità, con portata minima di 4-5lt/min.

Nella parte alta del bacino l'alveo si presenta incassato nei depositi di copertura di esiguo spessore, che lasciano affiorare nel letto e sulle sponde il substrato roccioso calcareo. A valle di località Bosina si ha l'immissione dell'impluvio proveniente da Ravellino, dopodichè il corso d'acqua non riceve ulteriori tributari degni di nota. In questo primo tratto le pendenze risultano essere abbastanza elevate (30-40%), mentre le sezioni subiscono variazioni anche notevoli in relazione alla morfologia del territorio attraversato.

Si segnala che i versanti, soprattutto nelle zone maggiormente acclivi, mostrano frequenti sintomi di instabilità locale, testimoniata dalla presenza di accumulo di detriti in scivolamento che tendono a franare all'interno dell'alveo stesso (vedi documentazione fotografica).

La parte alta del bacino interessa in genere versanti acclivi ed aree scarsamente antropizzate, fino ad una quota di 340mt s.l.m. circa, quando il Torrente raggiunge l'abitato di Cogoredo (Frazione di Dolzago); qui si rinvengono i primi manufatti degni di nota, come il ponte sulla strada per Marconaga ed Ello, che ha una sezione di deflusso di mt5(B)x3(H) ed opere di regimazione e controllo della direzione di deflusso delle acque (muri in calcestruzzo, argini in massi, ecc).

Proseguendo verso valle, l'alveo perde progressivamente pendenza e risulta scavato nella coltre morenica di consistenza plurimetrica, con letto e sponde naturali e sezione di larghezza pressochè costante (4,0-5,0mt di larghezza x 2,5-3,0mt di altezza).

Una volta raggiunto l'abitato di Dolzago, il Torrente procede incanalato con fondo naturale e sponde artificiali, costituite in sponda destra da muri perimetrali di

fabbricati e muri a secco in pietrame che delimitano le proprietà, ed in sponda sinistra dai manufatti in calcestruzzo per il sostegno della sede viaria, che in alcuni tratti risulta essere a sbalzo sopra l'alveo stesso.

In questo tratto l'alveo si presenta praticamente rettilineo ed a debole pendenza e sono presenti numerosi manufatti progettati per il rallentamento progressivo della velocità dell'acqua (salti di fondo, traverse, ecc); le sezioni di deflusso a cielo libero hanno una dimensione media di mt6,0(B)x3,0(H), sezione che non presenta particolari restringimenti in corrispondenza dei due ponti presenti, di sezione rispettivamente mt6,0(B)x3,2(H) (ponte strada per Ello) e mt5,3(B)x2,5(H) (ponte strada di fronte alla Chiesa Parrocchiale).

Si osserva che in questo tratto sono presenti numerose tubazioni di convogliamento delle acque chiare provenienti dalle coperture e dalle strade dell'abitato circostante, che in concomitanza di eventi meteorici particolarmente intensi convogliano portate significative in tempi brevi.

Appena a valle di un piccolo lavatoio il corso d'acqua subisce un repentino cambio di direzione; l'analisi della cartografia in scala 1:10.000 (CTR) consente di ipotizzare che in passato l'asta torrentizia abbia seguito un tracciato differente, mantenendo la direzione prevalente nord-est-sud-ovest che caratterizza il tratto precedente ed andando a sfociare nel T. Bevera più a monte rispetto a quanto avviene attualmente; la deposizione di materiale operata dal torrente stesso potrebbe avere generato un innalzamento progressivo della quota topografica del terreno che ha impedito il regolare deflusso, costringendo il corso d'acqua alla brusca deviazione che si può vedere oggi.

Procedendo ulteriormente verso valle, il torrente assume definitivamente la connotazione di canale a debole pendenza con pareti e soglie in terra naturale, con andamento sinuoso e presenza di vegetazione acquatica.

La sezione di deflusso risulta ridotta rispetto ai tratti precedenti, con dimensioni medie di mt 3,5-4,0(B)x2,0-2,5(H).

Superata la SP51, nei pressi di C.na Bergamina, l'alveo mantiene i caratteri descritti precedentemente, configurandosi con sezione rettangolare di dimensioni medie mt5,8(B)x1,2-1,5(H); in questo tratto risulta molto evidente l'azione di

deposizione del materiale fine (sabbia), trascinato dalla forza delle acque nei tratti a forte pendenza e rilasciato gradualmente nella parte pianeggiante.

A valle di C.na Bergamina il Torrente assume direzione est-ovest tagliando trasversalmente le aree agricole e lambendo la Cascina di via Altobello.

Una volta raggiunta la via Per Molteno, dove un accesso ai fondi agricoli riduce la sezione ad una dimensione  $2,4\text{mt}(B)\times 0,8\text{mt}(H)$ , il tracciato del Torrente procede parallelo alla strada stessa, lungo la quale sono state messe in opera delle gabbionate che svolgono funzione di sostegno della sede viaria e limitano l'azione erosiva delle acque. In tutto questo tratto la sezione di deflusso risulta essere estremamente contenuta ( $3,0\text{mt}(B)\times 1,2-1,3(H)$ ).

Complessivamente il bacino idrografico del torrente (considerando ai nostri fini la chiusura del bacino nel punto di uscita dal territorio comunale di Oggiono, lungo la via Per Molteno) copre attualmente una superficie pari a circa  $9.000.000\text{ m}^2$  ( $9\text{ Km}^2$ ).

### 3. STUDIO DEI FENOMENI DI TRASPORTO SOLIDO LUNGO L'ASTA TORRENTIZIA

Ai fini della modellazione teorica dei fenomeni di esondazione è importante analizzare gli effetti prodotti dall'azione di trasporto solido; a questo scopo risulta fondamentale valutare la magnitudo, intendendosi con questo termine il volume massimo di detrito rimobilizzabile in occasione di fenomeni di piena particolarmente intensi.

La valutazione è stata condotta considerando una serie di formule empiriche proposte da vari autori e confrontando i risultati ottenuti con le stime ed osservazioni effettuate sul campo.

Si riportano di seguito le relazioni che sono state applicate, seguite da una sintesi proposta sotto forma di tabella.

Bottino, Crivellari & Mandrone (1996):

$$M=21.241 \cdot A_b^{0,28}$$

Con

$A_b$  area bacino in Km<sup>2</sup>

Crosta, Ceriani, Frattini & Quattrini (2000):

$$M= k \cdot A_b \cdot M_b^{0,8} \cdot S_{cl-c} \cdot (I-F)^{-2}$$

Con

$k=3$  per bead load e debris flood,  $=5,4$  per debris flow

$A_b$  area bacino in Km<sup>2</sup>

$M_b$  indice di Melton  $(H_{max}-H_{min})/A_b^{0,5}$

$S_{cl-c}$  pendenza del collettore (%)

$I-F$  indice di frana (1: grandi frane lungo la rete; 2: frane sui versanti; 3:frane piccole o assenti)

Hampel (1977):

$$M= 150 \cdot A_b \cdot (S_c - 3)^{2,3}$$

Con

$A_b$  area bacino in  $Km^2$  per aree  $<10Km^2$

$S_c$  pendenza del conoide (%)

Marchi & Tecca (1996)

$$M = 10.000 \cdot A_b$$

Con

$A_b$  area bacino in  $Km^2$  per aree  $<10Km^2$

Takei (1984)

$$M = 13.600 \cdot A_b^{0,61}$$

Con

$A_b$  area bacino in  $Km^2$

Tropeano & Turconi (1999)

$$M = (0,542 \cdot A_e + 0,0151) \cdot 0,019 \cdot h \cdot \text{tg}\theta$$

Con

$A_e$  area effettiva del bacino ( $Km^2$ ) per aree  $< 15Km^2$

$h$  spessore medio del materiale mobilizzabile (mt)

$\text{tg}\theta$  pendenza media del bacino

### **CALCOLO DELLA MAGNITUDO - BACINO T. GANDALOGGIO**

AUTORE	MAGNITUDO ( $m^3$ )
<u>Bottino, Crivellari &amp; Mandrone (1996)</u>	39.300
<u>Crosta, Ceriani, Frattini &amp; Quattrini (2000)</u>	8.250
<u>Hampel (1996)</u>	11.110
<u>Marchi &amp; Tecca (1996)</u>	90.000
<u>Takei (1984)</u>	51.960
<u>Tropeano &amp; Turconi (1999)</u>	15.290

I risultati ottenuti tramite l'applicazione delle formule empiriche devono essere ragionevolmente ridimensionati, per i seguenti motivi:

- una porzione rilevante dell'alveo del torrente attraversa aree in cui lo strato di copertura è minimo, dove pertanto l'effetto di trasporto solido è abbastanza ridotto;
- il torrente, una volta raggiunte le aree urbanizzate del Comune di Dolzago, procede incanalato con sponde artificiali per buoni tratti;
- dall'osservazione diretta effettuata in sito è stato verificato, attraverso valutazioni litologiche, morfologiche e calcoli geometrici, che la quantità di materiale potenzialmente soggetto all'azione di trasporto è complessivamente abbastanza ridotta.

Si ritiene pertanto ragionevole, per una prima formulazione di un modello teorico, escludere i valori di magnitudo calcolati empiricamente superiori a 20.000 m<sup>3</sup>; i valori medi che si ottengono sono i seguenti:

**MAGNITUDO MEDIA TEORICA:**  $M=11.550 \text{ m}^3$

Si procede a questo punto con la descrizione dello stato di fatto rilevato attraverso l'ispezione dell'alveo del torrente, che ha permesso di ridimensionare ulteriormente il valore teorico precedentemente determinato.

Dall'analisi dello stato di fatto condotta tramite ispezione, è stata riscontrata la presenza di sedimenti instabili diffusi lungo l'alveo, in particolare nella porzione alta del bacino situata sopra la frazione Cogoredo (a partire da quota 400 mt s.l.m. circa); complessivamente è stato stimato che il volume massimo di detrito mobilizzabile si aggiri attorno ai 1.500-2.000mc.

Per quanto riguarda quindi un'eventuale sorgente di debris-flow nella parte alta del bacino, il materiale perderebbe sicuramente velocità nella parte a pendenza modesta situata tra Cogoredo e l'abitato di Dolzago, arrestandosi definitivamente nel tratto rettilineo successivo, trovando ostacolo nei manufatti di fondo presenti e nella riduzione della pendenza dell'alveo.

L'ipotesi formulata trova conferma nello stato di fatto riscontrato; periodicamente il tratto del Torrente nell'abitato di Dolzago è soggetto ad operazioni meccaniche di asportazione dei detriti accumulati nei periodi caratterizzate da portate elevate e fenomeni di trasporto consistenti.

Si può quindi ragionevolmente escludere qualsiasi altra evoluzione della torbida verso valle, ovvero si può ipotizzare che le problematiche connesse all'erosione del Torrente nell'area di studio siano legate esclusivamente alle massime portate liquide, il cui calcolo viene effettuato nel paragrafo successivo.

#### 4. BACINO IDROGRAFICO - MASSIME PORTATE LIQUIDE

La ricostruzione del bacino idrografico è stata realizzata utilizzando come base la Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000, dalla quale sono stati desunti i seguenti dati (vedi tavola 1: CARTA MORFOLOGICA DEL BACINO IDROGRAFICO):

Bacino idrografico	9,0 km <sup>2</sup>
Lunghezza asta principale	6,7 Km
Quota della sezione di interesse	267 mt s.l.m.
Dislivello massimo	370 mt
Quota media bacino rispetto alla sezione di interesse	185 mt
Pendenza media alveo	5,5%

Al fine di individuare la portata di massima piena relativa al bacino idrografico individuato, è stato effettuato uno studio dettagliato dei dati relativi alle precipitazioni.

I dati relativi alle precipitazioni sono stati ricavati elaborando dapprima i dati raccolti dalle stazioni di Como, Bellagio e Lecco; altri ancora sono stati rilevati esaminando le isoiete relative alle stazioni di Asso e di Costamasnaga.

L'analisi dei fenomeni di piena e dei processi erosivi del terreno richiede un'adeguata conoscenza delle precipitazioni notevoli.

Per questo riportiamo da "Analisi delle precipitazioni" le manifestazioni di maggiore intensità e di breve durata.

Per le stazioni considerate di Como, Lecco e Bellagio, gli eventi compresi tra 0,1 e 0,3 mm/min di intensità risultano:

COMO	72%
LECCO	75%
BELLAGIO	84%

Gli eventi di intensità maggiore a 0,6 mm/min sono invece:

COMO	7%
LECCO	9%
BELLAGIO	4%

Per il calcolo delle reti di convogliamento delle acque meteoriche, con il criterio cinematico del volume di invaso, è necessario disporre di una funzione che legghi l'altezza delle piogge (o intensità) alla durata.

Una funzione comunemente usata è:

$$h = aT^n$$

dove:

h = altezza (intensità)

T = durata dell'evento

a, n = costanti caratteristiche della curva pluviometrica scelta

Per il territorio in esame, è possibile utilizzare i valori delle costanti "a" ed "n" della curva di possibilità pluviometrica ottenuti con l'elaborazione statistica, secondo Gumbel, sintetizzati nella tabella seguente.

TEMPO DI RITORNO T [anni]	a [mm/ora]	n
2	30,90	0,290
5	42,48	0,263
10	50,16	0,251
15	54,49	0,246
20	57,53	0,243
25	59,87	0,240
30	61,77	0,239

40	64,76	0,236
50	67,07	0,234
60	68,96	0,233
70	70,55	0,232
80	71,93	0,231
90	73,14	0,230
<b>100</b>	<b>74,23</b>	<b>0,229</b>
120	76,11	0,228
150	78,40	0,227
200	81,36	0,225
300	85,52	0,223

Quindi la curva che involuppa la serie dei dati ragguagliati all'intero areale, assumendo un tempo di ritorno di 100 anni, può essere la seguente:

$$h = 74,23 T_p^{0,229}$$

con  $T_p$  tempo di pioggia espresso in ore

Per bacini di modesto areale, come quelli in oggetto, rivestono particolare importanza le piogge intense che si verificano nell'ambito giornaliero.

Un altro parametro di base per lo studio dei fenomeni di piena è il tempo di corrivazione, in quanto fornisce indicazioni sul tempo necessario per le concentrazioni delle acque di pioggia alla sezione di misura.

E' stata adottata la formula di Giandotti (1937) che è quella più comunemente usata per la valutazione di questo parametro:

$$t_c = \frac{4 \sqrt{S} + 1,5 L}{0,8 \sqrt{Z}}$$

dove:

$t_c$  = tempo di corrivazione in h

S = area del bacino in Km<sup>2</sup>

L = lunghezza massima percorsa dalle acque

Z = quota media del bacino riferita alla stazione di misura

Con i dati caratteristici del bacino in esame si ha:

$$t_c = \frac{4 \sqrt{S} + 1,5 L}{0,8 \sqrt{Z}} = \frac{4 \sqrt{9} + 1,5 \times 6,7}{0,8 \sqrt{185}} = 2,03h$$

Per la valutazione della portata di massima piena si è fatto ricorso al metodo cinematico, che sembra adattarsi bene a bacini di piccole dimensioni come quello in oggetto:

$$Q = 0,278 \gamma h S / t_c$$

dove:

Q portata di massima piena (m<sup>3</sup>/sec) di assegnato tempo di ritorno;

$\gamma$  coefficiente di afflusso

h altezza di pioggia di assegnato tempo di ritorno (mm)

S superficie del bacino (Km<sup>2</sup>)

$t_c$  tempo di corrivazione stimato con la formula di Giandotti

Utilizzando questo approccio, si trasferisce il problema della modellazione probabilistica degli eventi della grandezza "*portata di piena*" alla grandezza "*altezza di precipitazione di breve durata*", con il grande vantaggio di poter operare utilizzando come dato diretto le serie pluviometriche.

Per la valutazione del coefficiente di afflusso si è fatto riferimento alla tabella seguente, calcolando una media pesata riferita ai vari tipi di suolo attraversati dal corso d'acqua:

tipo suolo	tipo di copertura		
	Coltivi (C)	Pascoli (P)	Boschi (B)
Suoli molto permeabili sabbiosi o ghiaiosi <b>(1)</b>	<b>0,20</b>	<b>0,15</b>	<b>0,10</b>
Suoli mediamente permeabili (senza strati di argilla); terreni di medio impasto o simili <b>(2)</b>	<b>0,40</b>	<b>0,35</b>	<b>0,30</b>
Suoli poco permeabili; suoli fortemente argillosi o simili, con strati di argilla vicino alla superficie; suoli poco profondi sopra roccia impermeabile <b>(3)</b>	<b>0,50</b>	<b>0,45</b>	<b>0,40</b>

Dall'analisi del bacino idrografico sono stati desunti i seguenti parametri:

- superfici tipo B3:  $S=2,9 \text{ Km}^2$
- superfici tipo C3:  $S=1,4 \text{ Km}^2$
- superfici tipo C2:  $S=4,7 \text{ Km}^2$

Calcolando una media pesata riferita alla superficie complessiva, si ottiene un coefficiente di deflusso  $\gamma=0,42$ . Per il calcolo del tempo di pioggia, date le superfici del bacino da analizzare, si è posto:

$$T_p = 1,5 \quad t_c = 3,04h \quad (\text{Datei et al. - 1995})$$

Utilizzando la curva che involupa la serie dei dati ragguagliati all'intero areale, con tempo di ritorno di 100 anni, precedentemente determinata, si ha quindi:

$$h = 74,23 T_p^{0,229} = 74,23 \cdot 3,04^{0,229} = 95,75 \text{ mm}$$

Nota  $h$ , è possibile infine calcolare la portata di massima piena:

$$Q_{\text{maxpiena}} = 0,278 \gamma h S / t_c = 0,278 \cdot 0,42 \cdot 95,75 \cdot 9 / 2,03 = \mathbf{49,56 \text{ m}^3/\text{sec}}$$

Nota la portata di massima piena, si procede alla verifica delle sezioni idrauliche del corso d'acqua nell'area di studio, con particolare riferimento ai punti critici posti lungo l'asta torrentizia (ponti, attraversamenti, ecc), partendo dalla località Peslago e procedendo verso valle.

Il calcolo delle portate, riassunto sinteticamente nella tabella seguente, è stato effettuato con la nota formula di Chézy:

$$Q = k A R^{2/3} i^{1/2}$$

Con

- K coefficiente di scabrezza assunto pari a  $40 \text{ mt}^{-1/3} \text{ s}^{-1}$ , valido per alvei in terra sinuosi e lenti;
- A sezione di deflusso;
- R raggio idraulico della sezione
- i pendenza media del fondo

Sono state analizzate le seguenti sezioni (vedi carta morfologica del bacino idrografico):

Sezione 0: Sezione corrente a cielo libero nell'abitato di Dolzago;

Sezione 1: Sezione di passaggio sotto la SP51 in loc. C.na Bergamina;

Sezione 2: Sezione corrente a cielo libero tra C.na Bergamina e C.na Altobello;

Sezione 3: Sezione corrente a cielo libero tra C.na Altobello e il tratto parallelo a via Per Molteno;

Sezione 4: Sezione di passaggio nei pressi dell'accesso carraio su via per Molteno.

I dati di portata sono i seguenti:

SEZIONE	PORTATA MAX (mc/sec)
SEZIONE 0	48,28
SEZIONE 1	31,57
SEZIONE 2	18,92
SEZIONE 3	8,14
SEZIONE 4	2,58

Il confronto tra i valori calcolati e la portata di massima piena relativa ad un tempo di ritorno centennale mostra che la sezione del torrente risulta adeguata allo smaltimento di portate eccezionali solo nel tratto dell'abitato di Dolzago, dove la sezione consente il deflusso regolare delle acque, dopodichè essa risulta assolutamente sottodimensionata, come confermato dalle periodiche esondazioni verificatesi in passato.

In particolare l'analisi delle portate mostra come il torrente subisca una progressiva riduzione della sezione dell'alveo procedendo da monte verso valle, contestualmente ad una diminuzione delle pendenze del fondo legate alla morfologia del territorio attraversato.

I fenomeni di esondazione sono quindi da ascrivere in linea generale all'inadeguatezza della sezione del torrente al carico idrico cui è sottoposto nei periodi di grande piovosità, elemento che provoca un innalzamento graduale del livello e quindi l'invasione progressiva dei terreni circostanti da parte delle acque a partire dal punto in cui la sezione subisce il restringimento più drastico, individuato in corrispondenza dell'accesso carraio ai terreni agricoli appartenenti al Comune di Sirone, lungo la via Per Molteno, ad una quota di 266,5 mt s.l.m..

Considerando un fenomeno piovoso eccezionale con tempo di pioggia pari ad  $1,5t_c$  (3,04h), come precedentemente calcolato, ed effettuando un bilancio tra le portate in ingresso e quelle effettivamente smaltibili dalle sezioni attuali, si ottiene un massimo innalzamento del livello dell'acqua oltre la quota di pelo libero della sezione corrente di circa 55-60cm.

Sotto il profilo morfologico, il fenomeno di esondazione risulta essere confinato a nord-ovest dalla presenza dei manufatti ferroviari, che impediscono il deflusso delle acque verso il limitrofo Fosso dei Pascoli, fatta eccezione per un breve tratto in cui le acque riescono a sottopassare la sede ferroviaria.

Verso nord-est (via Mognago, via Della Foppa), la morfologia del territorio favorisce l'allagamento delle sedi stradali e delle aree a prato altimetricamente depresse, con presenza di livelli liquidi sino allo stop di immissione di via Mognago su via Matteotti e conseguente allagamento dei piani seminterrati ed interrati.

## 5. PUNTI CRITICI LUNGO L'ASTA TORRENTIZIA

Come ampiamente descritto in precedenza, i fenomeni di esondazione sono innescati da una carenza diffusa in termini di sezione di deflusso, e sono amplificati dalla presenza di punti critici, individuati nei punti di attraversamento dell'asta torrentizia da parte di accessi carrai agricoli.

Le ipotesi formulate ed i calcoli effettuati trovano un buon riscontro nella dinamica dei fenomeni di esondazione che si sono verificati in passato e nelle altezze di livello liquido raggiunto; da interviste effettuate presso l'azienda agricola di via Altobello e presso gli insediamenti produttivi di recente realizzazione (Stelvio-Chiapponi) è stato appurato che l'acqua è arrivata a lambire i cancelli di ingresso, dopo aver gradualmente sommerso i prati circostanti, più depressi e posti ad una quota media di 266,2 mt s.l.m., raggiungendo all'interno di essi livelli superiori al metro; ugualmente per le abitazioni di via Mognago è stato riscontrato l'innalzamento del livello dell'acqua sino ad una quota assoluta attestata sui 267,3 mt s.l.m., corrispondente alla quota media dei cancelli di ingresso alle abitazioni.

Sulla base delle osservazioni effettuate, del riscontro in sito e dei calcoli teorici inerenti il fenomeno di esondazione, sono state individuate sul territorio indagato cinque classi di pericolosità, di seguito descritte:

- **H1 (Pericolosità Molto Bassa):** area che per caratteristiche morfologiche ha basse o nulle probabilità di essere interessata da fenomeni di dissesto;
- **H2 (Pericolosità Bassa):** area mai interessata in passato da fenomeni alluvionali documentati su base storica;
- **H3 (Pericolosità Media):** area con moderata probabilità di essere esposta a fenomeni alluvionali, di media intensità con livelli liquidi massimi di 20-30cm;
- **H4 (Pericolosità Alta):** area con alta probabilità di essere esposta a fenomeni alluvionali, di grande intensità con livelli liquidi superiori a 30cm;
- **H5 (Pericolosità Molto Alta):** comprende l'alveo attuale con le sue pertinenze.

## 6. PRESCRIZIONI PARTICOLARI PER L'UTILIZZO DEL TERRITORIO - CONCLUSIONI

Dalla carta della pericolosità redatta sulla base delle considerazioni esposte nei paragrafi precedenti, si possono evidenziare i seguenti aspetti:

- Lo studio dettagliato della morfologia del bacino e dell'alveo del torrente, messo in relazione con gli eventi piovosi, mostra che la sezione attuale del Torrente Gandaloglio nell'area di studio non è idonea allo smaltimento delle portate di piena;
- L'insufficienza in termini di sezione di deflusso è aggravata dalla presenza di sedimenti sabbiosi depositati lungo i tratti a debole pendenza, che producono un'ulteriore riduzione e rallentamento del moto;
- La morfologia del territorio, in caso di esondazione, comporta una rapida propagazione delle acque verso le aree circostanti, con riempimento graduale delle zone più depresse (aree a prato) e successiva risalita del livello lungo le sedi stradali sino alle abitazioni ed agli insediamenti produttivi, coinvolgendo un'area molto vasta, delimitata verso nord-ovest dal tracciato ferroviario in rilevato e relativi manufatti, verso sud dai rilievi delle località Scoruscio e Villa Arbusto, verso est dalla SP51 (via Per Dolzago) e dai rilievi morfologici.

Per questi motivi la situazione attuale richiede la messa in atto di una serie di interventi, che si sintetizzano nel seguito:

- Pulizia dell'alveo con asportazione dei sedimenti sabbiosi e dei depositi in generale;
- Eliminazione e/o modifica delle sezioni critiche di deflusso, che costituiscono ulteriore rallentamento al flusso idrico;
- Mantenimento in efficienza della rete secondaria di canali presenti lungo i margini delle strade, mediante pulizia periodica e asportazione vegetazione e depositi;
- Progettazione di canalizzazione aggiuntiva per consentire l'allontanamento di portate elevate (progetto in fase di studio per la creazione di un canale immissario del Lago di Oggiono-Annone), che il corso d'acqua non risulta in

grado di smaltire anche mettendo in atto gli interventi descritti ai due punti precedenti.

## **PRESCRIZIONI PER L'UTILIZZO DEL TERRITORIO**

### **CLASSE H1: PERICOLOSITA' MOLTO BASSA**

In questa classe ricadono le aree per le quali lo studio ha evidenziato l'assenza di rischi connessi ai fenomeni di esondazione; trattasi infatti di zone con quota altimetrica superiore a 270 mt s.l.m. o comunque sufficientemente lontane dall'alveo del torrente (rilievi del Poggio Stolegarda, rilievi compresi tra via Per Dolzago e via Magnago), per le quali si esclude qualsiasi coinvolgimento anche in caso di eventi estremi.

Per queste zone vale quanto previsto dallo strumento urbanistico e quanto indicato nello Studio Geologico del territorio comunale.

### **CLASSE H2: PERICOLOSITA' BASSA**

In questa classe ricadono le aree con quota altimetrica compresa tra 268 e 270 mt s.l.m.; per queste zone in passato non è mai stato segnalato coinvolgimento nei fenomeni di esondazione, e dallo studio teorico dei fenomeni di piena risultano avere un franco di 50cm rispetto al massimo livello raggiungibile dalle acque.

Per queste porzioni di territorio, oltre a quanto previsto dallo strumento urbanistico e quanto indicato nello Studio Geologico del territorio comunale, si formulano le seguenti prescrizioni aggiuntive.

#### Prescrizioni:

- laddove lo strumento urbanistico prevede la formazione di piani interrati, per le nuove costruzioni cautelativamente si prescrive la realizzazione di strutture impermeabilizzate e di manufatti ed impianti (pozzetti di raccolta, pompe di sollevamento) per la raccolta e l'allontanamento di eventuali acque di infiltrazione.

**CLASSE H3: PERICOLOSITA' MEDIA**

In questa classe ricadono le aree per le quali lo studio ha evidenziato una moderata probabilità di essere esposte a fenomeni di esondazione, con livelli liquidi massimi di 20-30cm.

Trattasi delle porzioni di territorio ubicate ad ovest del rilevato ferroviario, destinate a verde agricolo di salvaguardia ambientale, ed i lotti industriali compresi tra via Per Molteno, via Della Foppa e via Magnago.

Gli insediamenti esistenti presentano in generale quota media di calpestio del piano terra superiore a 267,5 mt s.l.m., e gli eventi alluvionali verificatisi in passato hanno coinvolto le sedi stradali ed i piazzali circostanti gli edifici, morfologicamente più depressi.

Per queste porzioni di territorio, oltre a quanto previsto dallo strumento urbanistico, si formulano le seguenti prescrizioni aggiuntive.

**Prescrizioni:**

Edifici esistenti dotati di piano seminterrato o interrato:

- Per gli interventi di modifica sull'esistente, si vieta la posa in opera in ambienti seminterrati o interrati di impianti e/o attrezzature per la produzione, ed in generale di installazioni fisse che possano essere danneggiate dalle acque di esondazione.

Edifici di nuova costruzione:

- Divieto alla realizzazione di piani seminterrati o interrati;
- Quota minima di estradosso dei solai al piano terra 268 mt s.l.m. (franco 50cm rispetto alla massima quota di esondazione teorica raggiungibile - 267,5 mt s.l.m.).

**CLASSE H4: PERICOLOSITA' ELEVATA**

In questa classe ricadono le aree per le quali lo studio ha evidenziato una elevata probabilità di essere esposte a fenomeni di esondazione di notevole intensità, con livelli liquidi superiori a 30cm, con punte massime di 90-100cm nelle zone più depresse.

Trattasi delle porzioni di territorio ubicate in prossimità dell'alveo del Torrente Gandaloglio, comprese tra via per Molteno e via Per Dolzago, destinate per la maggior parte a verde agricolo di salvaguardia ambientale, per una limitata estensione a zona D2 per nuovi insediamenti artigianali/industriali e B3 in Via Mognago parte bassa.

Fatte salve le previsioni dello strumento urbanistico, a causa dell'elevata pericolosità connessa ai fenomeni di esondazione, per i nuovi interventi edificatori si prescrive quanto segue.

#### Prescrizioni:

- Divieto alla realizzazione di piani seminterrati o interrati;
- Quota minima di realizzazione dei piazzali destinati a depositi all'aperto non inferiore a 268,0 mt s.l.m. (franco 50cm rispetto alla massima quota di esondazione teorica raggiungibile - 267,5 mt s.l.m.);
- Quota minima di estradosso dei solai al piano terra 268,5 mt s.l.m. (franco 100cm rispetto alla massima quota di esondazione teorica raggiungibile - 267,5 mt s.l.m.);
- Valutazione in fase di progettazione delle strutture portanti dei fabbricati degli effetti prodotti sul terreno (in termini di cedimenti differiti nel tempo) dai riporti necessari per il raggiungimento delle quote prescritte;
- Valutazione in fase di progettazione degli effetti indotti sulle strutture dalle pressioni (positive e negative) idriche;
- Esecuzione di indagini geognostiche accurate, con prelievo di campioni ed analisi di laboratorio volte a stabilire i parametri geomeccanici dei terreni ed il comportamento in presenza d'acqua, ai fini della corretta progettazione delle opere di fondazione;
- Esecuzione di riporti stabilizzati per il raggiungimento delle quote prescritte, da effettuarsi tramite compattazione per strati successivi di spessore contenuto (30-40cm) con materiale drenante di cava di idonea distribuzione granulometrica, con stesura iniziale di geotessuto al fine di ridurre al minimo il movimento di frazione fine prodotto dai flussi idrici sotterranei e superficiali;

- Mantenimento, ove possibile compatibilmente con gli interventi in progetto, della rete secondaria di canali scolmatori presenti; realizzazione di canalizzazione con fondo e pareti in terra battuta con sviluppo perimetrale per ciascun lotto di intervento, con pendenze idonee all'allontanamento delle acque.

#### **CLASSE H5: PERICOLOSITA MOLTO ELEVATA**

In questa classe ricadono le aree comprendenti l'alveo dei corsi d'acqua e le relative pertinenze.

L'alto rischio comporta gravi limitazioni per la modifica d'uso del territorio. Dovrà essere esclusa qualsiasi nuova edificazione se non opere finalizzate al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica.

Il tecnico incaricato


## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



**Foto n.1** - Opere di protezione versante in località Bosina



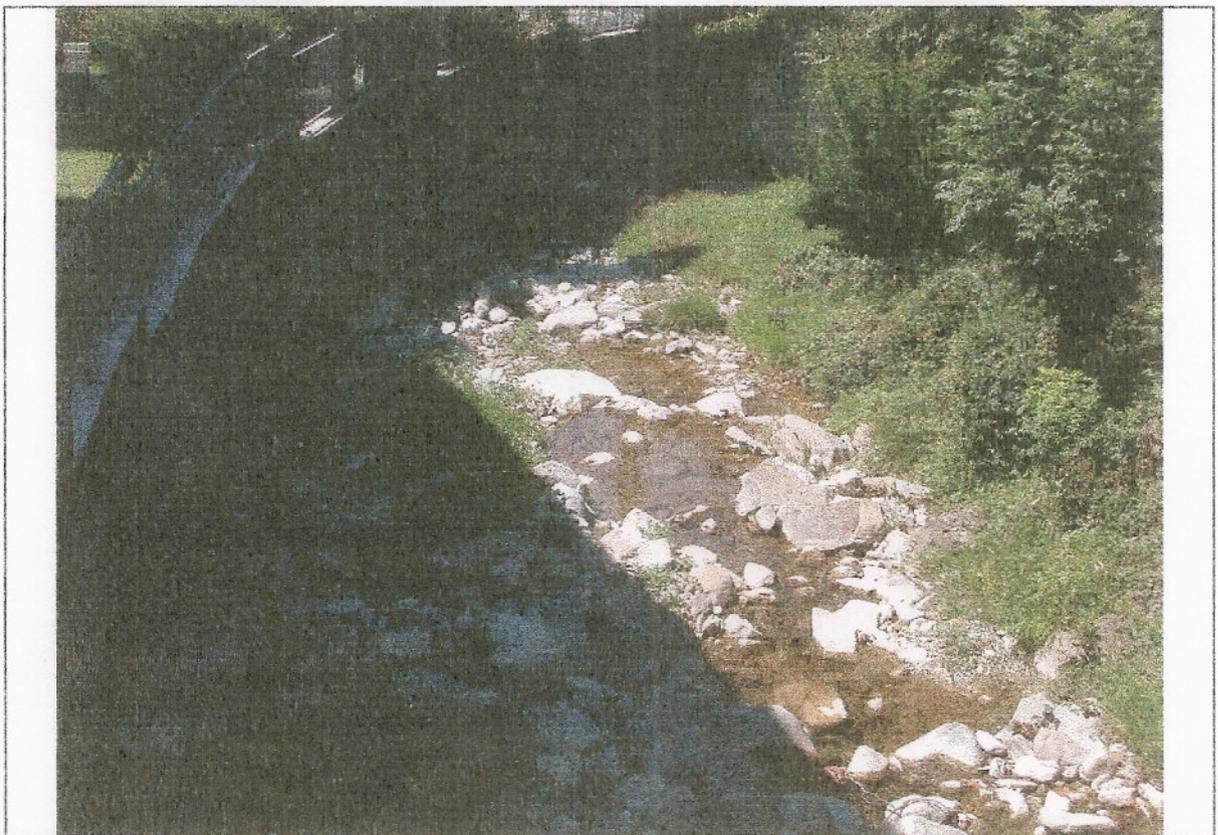
**Foto n.2** – Manufatti di convogliamento acque piovane in località Bosina



**Foto n.3** – Alveo in roccia T. Gandaloglio parte alta bacino (Marconaga)



**Foto n.4** -- Depositi instabili sui versanti incisi dal T. Gandaloglio nella parte alta del bacino (località Bosina)



**Foto n.5** -- Aiveo del T. Gandaloglio - fraz. Cogoredo - ponte strada per Marconaga a quota 343 mt s.l.m.



Foto n.6 – Alveo del T. Gandalgio scavato nei depositi morenici, nel tratto prima dell'ingresso nell'abitato di Dolzago



Foto n.7 – Opere di regimazione nei pressi del ponte nell'abitato di Dolzago - bivio strada per Ello



Foto n.8 – Alveo incanalato artificialmente con salti di fondo nell'abitato di Dolzago



Foto n.9 – Alveo incanalato artificialmente nell'abitato di Dolzago



Foto n.10 – Muri in pietrame a secco di delimitazione alveo nell'abitato di Dolzago



Foto n.11 – Alveo nei pressi del lavatoio nell'abitato di Dolzago



Foto n.12 – Tratto di cambio direzione dell'alveo nell'abitato di Dolzago



Foto n.13 – Aiveo del Torrente Gandaloglio in località Pesiago



Foto n.14 – Guado dell'alveo del Torrente in località Peslago



Foto n.15 – Sezione di passaggio sotto la SP51 nei pressi di C.na Bergamina



**Foto n.16** – Alveo basso ed insabbiato nei pressi di C.na Bergamina



**Foto n.17** – Aree interessate dall'esondazione del T. Gandaloglio



**Foto n.18** – Aree interessate dall'erosione del T. Gandoglio



**Foto n.19** – Aree interessate dall'erosione del T. Gandoglio



Foto n.20 -- manufatto raccolta acque lungo la via Per Molteno

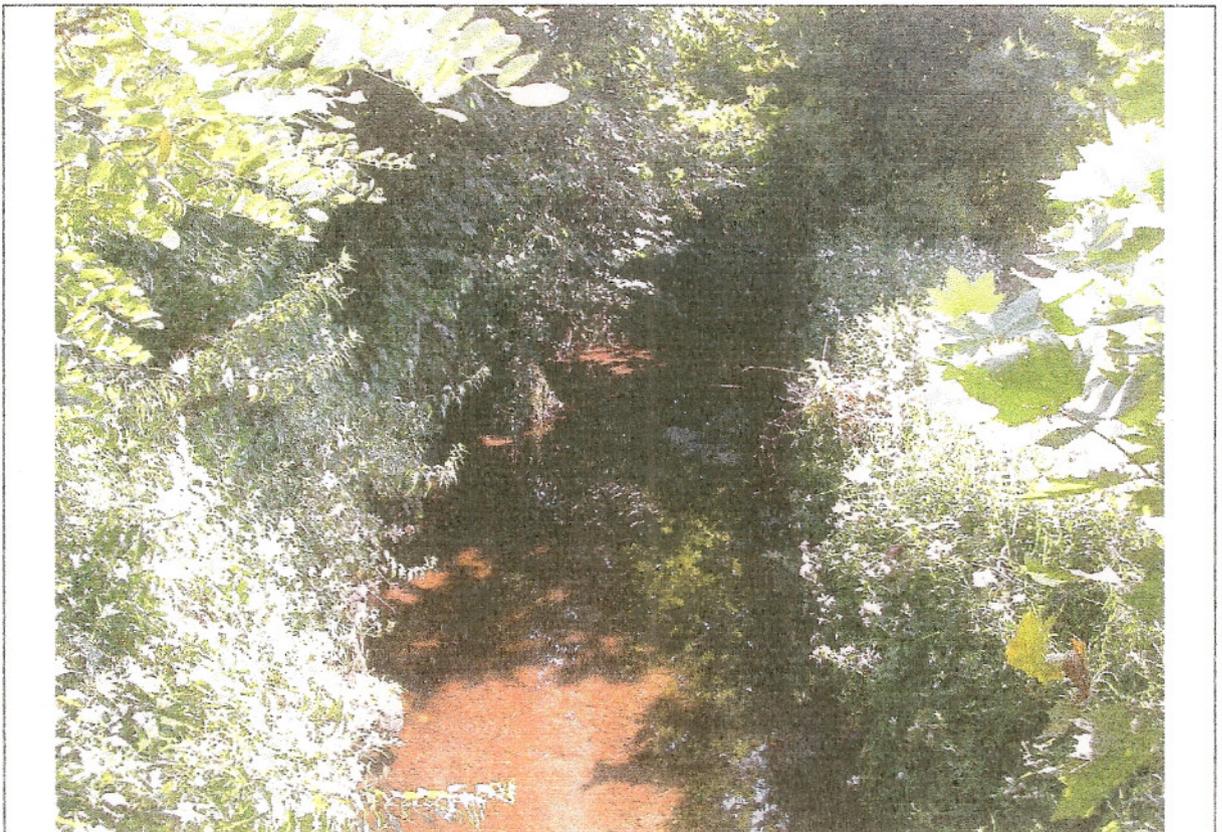


Foto n.21 -- Alveo basso ed insabbiato lungo la via Per Molteno



**Foto n.22** – Dettaglio gabbioni sostegno sede viaria in sponda destra lungo la via Per Molteno