

COMUNE DI OME – Provincia di Brescia

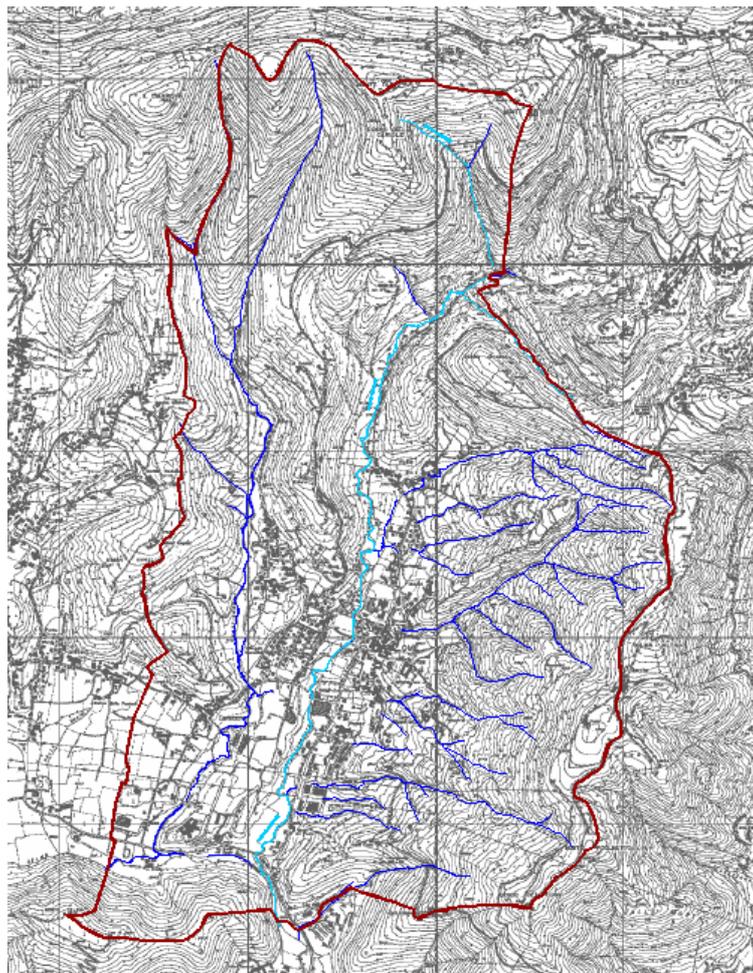
RETICOLO IDROGRAFICO

REGOLAMENTO DI POLIZIA IDRAULICA

Deliberazione di Giunta Regionale 25 gennaio 2002 n° VII/7868 successivamente modificata

con Deliberazione di Giunta Regionale.01 agosto 2003 n.VII/13950

RELAZIONE TECNICA IDROLOGICA ED IDRAULICA



0 INDICE

0	INDICE.....	1
1	ELENCO ELABORATI DI PROGETTO.....	3
2	INTRODUZIONE.....	3
2.1	Premessa.....	3
2.2	Generalità.....	5
3	SINTESI BIBLIOGRAFICA E REPERIMENTO DATI.....	7
4	INDIVIDUAZIONE DEL RETICOLO IDRICO.....	8
4.1	Corsi d'acqua appartenenti al Reticolo Idrico Principale.....	8
4.1.1	Il Torrente Gandovere.....	8
4.1.2	Il Torrente Rio Motta.....	9
4.2	Corsi d'acqua appartenenti al Reticolo Idrico Minore di competenza comunale.....	9
4.3	Corsi d'acqua gestiti dai consorzi di bonifica.....	10
5	BACINI E CARATTERISTICHE FISIOGRAFICHE.....	10
5.1	Il bacino idrografico del Torrente Gandovere.....	10
5.2	Caratteristiche morfometriche del bacino del Torrente Gandovere.....	12
5.2.1	Parametri dimensionali planimetrici del bacino.....	12
5.2.2	Parametri di forma dei bacini.....	14
5.2.3	Ordinamento di Horton-Strahler.....	16
5.2.4	Il tempo di corrivazione.....	17
6	STUDIO IDROLOGICO.....	18
6.1	Precipitazioni di progetto.....	18
6.1.1	Analisi pluviometrica.....	18
6.1.2	Il tempo di ritorno.....	18
6.1.3	L'indagine pluviometrica.....	19
6.1.4	Distribuzione temporale delle piogge di progetto.....	21
6.2	Formazione dei deflussi di piena.....	22
6.2.1	Premessa.....	22
6.3	Aflusso meteorico.....	24
6.3.1	La pioggia netta.....	24
6.3.2	Piogge di progetto e perdite idrologiche.....	24
6.4	Determinazione delle portate di piena.....	26
6.4.1	Modelli di trasformazione afflussi-deflussi.....	26
6.4.2	Metodo della corrivazione.....	27

6.4.3	Valori delle portate critiche.....	27
7	STUDIO IDRAULICO.....	28
7.1	Verifica idraulica delle sezioni critiche.....	28
7.2	Valori delle portate transitabili attraverso le sezioni.....	30
8	CONCLUSIONI.....	31
8.1	Insufficienze idrauliche.....	32
9	ALLEGATO: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA ED INQUADRAMENTO SEZIONI IDRAULICHE STUDIATE.....	36
9.1	Bacino 1 - Torrente Gandovere alla sezione di chiusura posta alla quota di circa 261 m s.l.m.m. (località Ertine).....	37
9.2	Bacino 2 - Torrente Valle della Cornola alla sezione di chiusura presso 'intersezione con via della Valle.....	40
9.3	Bacino 3 - Torrente Valle Artegane alla sezione di chiusura presso l'intubamento di Via Maiolini.....	44
9.4	Bacino 4 - Torrente Gandovere alla sezione di chiusura presso l'oratorio.....	46
9.5	Bacino 5 - Torrente Valle della Merletta alla sezione di chiusura presso l'intubamento alla quota di circa 241 m s.l.m.m.	49
9.6	Bacino 6 - Torrente Valle dei Morandi alla sezione di chiusura presso l'imbocco della sezione tombata.....	51
9.7	Bacino 7 - Torrente Martignago alla sezione di chiusura presso l'attraversamento della Strada Provinciale 47.....	53
9.8	Bacino 8 - Torrente Gandovere alla sezione di chiusura presso l'attraversamento della Strada Provinciale 47.....	56
9.9	Bacino 9 - Torrente Valzina (Gas) alla sezione di chiusura presso l'imbocco dell'attraversamento della S.P.46.....	60

1 ELENCO ELABORATI DI PROGETTO

I.D.	OGGETTO	SCALA
RIM-Rel_IDR	Relazione idrologica ed idraulica	
RIM-Reg_IDR	Regolamento reticolo idrico minore	
RIM-Tav_IDR.001	Carta d'individuazione del reticolo idrografico e perimetrazione fasce di rispetto	1:5.000
RIM-Tav_IDR.002	Carta dei bacini idrografici oggetto di studio	1:10.000
RIM-Tav_IDR.003	Carta del reticolo idrografico con individuazione sezioni oggetto di studio	1:5.000

2 INTRODUZIONE

2.1 Premessa

Il presente lavoro ha come oggetto lo studio idrologico ed idraulico di supporto al Piano Regolatore Generale del Comune di Ome, situato in provincia di Brescia, a seguito dell'incarico affidato dall'Amministrazione Comunale per l'individuazione del Reticolo Idrico Minore ai sensi della d.g.r. n. 7/7868 del 25/01/2002 successivamente modificata con d.g.r. n.7/13950 dell'01/08/2003.

La presente relazione si articola, dopo riferimenti di idrografia e fisiografia, attraverso lo studio idrologico, ovvero la modellazione afflussi-deflussi che ha permesso di giungere alla stima della portata di piena utilizzata per la verifica idraulica delle sezioni di chiusura dei principali bacini idrografici relativi ai corsi d'acqua ricadenti nel territorio comunale di Ome (Bs).

Successivamente si riporta un'analisi idraulica dello stato di fatto con la quale si sono potuti definire i tiranti idrici che potranno instaurarsi in alveo in posizioni puntuali, ritenute particolarmente significative da un punto di vista idraulico. La verifica idrica è stata eseguita solo per le sezioni dei corsi d'acqua reputate "critiche" e per le quali è stato possibile eseguire un rilievo topografico di massima. Sono quindi state identificate come opportune e necessarie le seguenti fasi di approfondimento:

- sopralluogo e rilievo continuativo di dettaglio presso i punti di indagine al fine di assumere le informazioni necessarie alla redazione dei calcoli idrologici ed idraulici particolarmente affinati, e di tutte le considerazioni qui riportate;

- studio idrologico particolarmente dettagliato per la valutazione delle portate di deflusso, mediante le elaborazioni classiche dell'idrologia, tarate per la particolare situazione morfologica e geografica;
- studio idraulico di dettaglio per la verifica delle sezioni di chiusura dei principali bacini idrografici e dei corsi d'acqua ricadenti in territorio comunale, con relativo approfondimento delle condizioni di moto con il metodo stazionario monodimensionale (portate costanti e sezioni variabili) che permette di rappresentare le singolarità localizzate (rappresentate da manufatti, bruschi restringimenti o allargamenti, variazioni longitudinali di scabrezza, salti di fondo).

I risultati dell'analisi compiuta sono stati riassunti per i punti particolarmente problematici, ovvero a rischio antropico, in schede tecniche riassuntive nelle quali sono forniti i principali dati geometrici di rilievo ed i dati di verifica idraulica sulla base di un'analisi afflussi-deflussi di dettaglio.

Successivamente si è proceduto alla delimitazione delle relative fasce di rispetto, all'interno delle quali gli organi competenti individuati si assumono i compiti di "Polizia Idraulica", quest'ultima intesa come attività di controllo degli interventi di gestione e trasformazione del demanio idrico e del suolo in fregio ai corpi idrici.

Allo scopo sono state prodotte tavole in scala 1:5.000 [vedi *RIM-Tav_IDR.001* e *RIM-Tav_IDR.003*] con l'individuazione del reticolo idrico suddiviso in base ai criteri espressi nella d.g.r. n. 7/7868 del 25/01/2002 successivamente modificata con d.g.r. n.7/13950 dell'01/08/2003 e con la perimetrazione delle fasce di rispetto all'interno delle quali si applica la normativa riportata nel regolamento allegato [vedi *RIM-Reg_IDR*].

Laddove è stato possibile, la delimitazione delle fasce di rispetto ha tenuto conto della conformazione geomorfologia del territorio, delle caratteristiche dei corsi d'acqua, degli eventi alluvionali verificatisi in passato, in caso contrario essa è stata eseguita in modo puramente geometrico.

Le fasce così individuate hanno una triplice funzione:

- evitare che nuovi edifici siano realizzati a ridosso dei corsi d'acqua, laddove, in occasione di eventi di piena di carattere eccezionale, i fenomeni erosivi e gli episodi di esondazione sono più probabili;
- consentire l'accesso ai corsi d'acqua per i necessari interventi di pulizia e di manutenzione;
- lasciare lungo il reticolo idrico uno spazio con valenza ambientale/paesaggistico, in accordo con l'obiettivo del P.A.I. (Piano per l'Assetto Idrogeologico) di assicurare il progressivo miglioramento non solo delle condizioni di sicurezza.

2.2 Generalità

Il presente studio rappresenta un'analisi di base per concretizzarsi in una fattiva sistemazione dei bacini imbriferi, ed un buon programma di manutenzione degli alvei.

La sistemazione dei bacini idrografici identifica il complesso degli interventi strutturali e non-strutturali per il controllo ed il disciplinamento delle acque di superficie, finalizzati tanto alla tutela di queste, quanto alla protezione dell'ambiente e delle attività antropiche in generale.

Nel caso in esame, il fine preminente è quello di controllo del bilancio afflussi-deflussi: i versanti di raccolta delle acque meteoriche e le aste fluviali rivestono entrambe notevole importanza ai fini della definizione dell'equilibrio del bacino e devono essere pianificate secondo criteri di interdipendenza ed in modo coordinato, così che sia rispettato il legame esistente tra le condizioni del bacino di raccolta e la morfologia evolutiva delle aste fluviali o dei canali artificiali che lo drenano.

Inoltre, le possibili indicazioni d'intervento possono solo in parte rispettare criteri di validità generale, poiché ogni bacino presenta situazioni peculiari che richiedono azioni specifiche e precise priorità e sequenze di intervento non codificabili in una norma progettuale standardizzata, così che in questa fase non sarà data alcuna indicazione progettuale.

Non possiamo poi dimenticare che ogni sistemazione effettuata a monte rifletterà le sue modificazioni sul tratto a valle, di volta in volta evitando o comportando delle conseguenze negative.

Le opere di sistemazione forestale rappresentano il complesso delle metodologie di controllo delle erosioni superficiali dei versanti, il cui progressivo degrado dovuto a cause sia naturali che antropiche, provoca un eccesso di disponibilità di materiale trasportato dai torrenti e l'instabilità dei pendii, tuttavia va mantenuta anche una certa pulizia dei canali analizzati di seguito, in quanto troppo spesso durante i sopralluoghi effettuati la luce netta di deflusso delle sezioni è stata trovata ridotta del 50% rispetto a quella che si avrebbe in normali condizioni di manutenzione degli alvei.

3 SINTESI BIBLIOGRAFICA E REPERIMENTO DATI

Lo studio idrologico ed idraulico è stato preceduto da una ricerca bibliografica, finalizzata al reperimento di informazioni e documenti utili a migliorare la conoscenza del territorio in esame.

Per la ricostruzione degli eventi alluvionali che in passato hanno interessato il territorio di Ome, sono stati consultati inoltre i seguenti lavori:

- “Levandosi i fiumi sopra le rive. Per una mappa storica del rischio idrogeologico nel Bresciano” (G. Berruti, Grafo, 1998)
- “Sistemazione idraulica dei Torrenti Gandovere, Vaila, Canale, Solda e della Roggia Mandolossa ai fini di moderazione delle esondazioni nelle loro aste vallive. Studi preliminari e di fattibilità.” (B. Bacchi, U. Maione, A. Manfredini, Amministrazione Provinciale di Brescia, 1996)

Per la ricostruzione della rete idrografica è stato consultato:

- “La forza dell’acqua. I mulini del Gandovere e della seriosa Molinaria.” (L. Prospero, G. Prospero, F. Struzzi, Promozione Franciacorta, Gruppo Editoriale Delfo).

Sono stati inoltre individuati i corsi d’acqua ed acquisiti ulteriori dati consultando ed elaborando la cartografia disponibile:

- Tavole Istituzione Geografica Militare;
- Carta Tecnica Regionale;
- Cartografia geoambientale (Regione Lombardia – Provincia di Brescia)
- Aerofotogrammetria del territorio Comunale;
- Carte Catastali messe a disposizione dall’Ufficio Tecnico Comunale (Nuovo Catasto Terreni);
- Mappe Napoleoniche, Mappe Austriache, Mappe del Regno d’Italia.

A conclusione sono stati effettuati sopralluoghi e riscontri in sito, per meglio descrivere la situazione reale oltre che per l’individuazione di eventuali interferenze tra reticolo idrografico e rete fognaria e verifiche di campagna su tutto il reticolo idrografico.

4 INDIVIDUAZIONE DEL RETICOLO IDRICO

4.1 Corsi d'acqua appartenenti al Reticolo Idrico Principale

Il reticolo idrico principale è costituito da tutti quei corsi d'acqua elencati nell'Allegato A della d.g.r. n.7/13950 dell'01/08/2003. Su questi corsi d'acqua l'esercizio delle attività di polizia idraulica compete alla Regione Lombardia.

Due sono i corsi d'acqua inseriti in questo elenco che solcano il territorio del Comune di Ome:

- Il **Torrente Gandovere**, individuato al numero progressivo BS063;
- Il **Torrente Rio Motta**, individuato al numero progressivo BS119.

4.1.1 IL TORRENTE GANDOVERE

Tutto il corso del **Torrente Gandovere**, così come individuato dalla Regione Lombardia - Sede Territoriale di Brescia – Struttura Sviluppo del Territorio, è individuato come reticolo principale. Esso nasce dalle pendici sud-orientali del Dosso delle Carriole (circa 680 m s.l.m.m.) sempre in Comune di Ome, attraversando il suo territorio in senso nord-sud. Nella zona caratterizzata dalle formazioni morfologiche del Dosso del Cuti e del Dosso Chimina riceve in sinistra idrografica l'afflusso di alcuni suoi tributari che drenano importanti bacini sovra-comunali; tra loro è senz'altro da annoverare il **Torrente Rio Motta**. Scendendo verso sud verso il confine Comunale con Rodendo Saiano, prima della strozzatura della valle operata dal Monte Delma, nei pressi del Mulino Santa del Ponte, l'alveo del Gandovere è contiguo a quello della Seriola Molinaria, alimentata da fossi e Torrenti provenienti anche dal limitrofo Comune di Monticelli Brusati. In momenti di piena, grazie alla presenza di un'opera idraulica, una parte delle acque della Seriola siano scaricate ed alimentano il Torrente Gandovere. Il fondovalle del Torrente Gandovere si restringe in una breve gola tra il Monte Delma ed il Monte Colmetto, per poi riaprirsi in località Corneto a questo punto in territorio di Rodendo Saiano.

4.1.2 IL TORRENTE RIO MOTTA

Tutto il corso del **Torrente Rio Motta**, così come individuato dalla Regione Lombardia - Sede Territoriale di Brescia – Struttura Sviluppo del Territorio, è individuato come reticolo principale. Esso nasce in Comune di Brione dalle pendici occidentali del Monte Bruciato, nei pressi della località Cugna (circa 770 m s.l.m.m.). Il suo sviluppo risulta nel suo primo tratto in direzione NordEst – SudOvest sino ad incontrare il confine amministrativo; una volta in territorio di Ome, in corrispondenza della confluenza in sinistra idrografica del Rio Cattivo (o Rio Valle del Faeto) il suo tracciato muta decisamente in direzione SudEst-NordOvest. In corrispondenza del restringimento operato dal Dosso del Cuti e dal Dosso Chimina si immette quindi nel **Torrente Gandovere**.

4.2 Corsi d'acqua appartenenti al Reticolo Idrico Minore di competenza comunale

Il reticolo idrico minore è costituito da tutti i corsi d'acqua superficiali, ad esclusione delle acque piovane non ancora convogliate, (indicazioni contenute nel Regolamento di Attuazione della L.36/1994) individuati sul territorio in oggetto non ricompresi nell'elenco dell'Allegato A della d.g.r. n.7/13950 dell'01/08/2003. Per l'individuazione del reticolo idrico minore si sono seguiti i criteri riportati nell'Allegato B della stessa d.g.r..

Nel reticolo idrografico minore, oltre alle innumerevoli incisioni torrentizie dei rilievi, spicca senza altro il Torrente Martignago che, alimentato dal Torrente Gobbea e dal Torrente Costa Boriolo, scorre tra il confine con il Comune di Monticelli Brusati e il Torrente Gandovere ,quasi parallelamente a questi due riferimenti. Dopo l'attraversamento della ex. S.S. 47 si getta nella Seriola Molinaria che prosegue più a valle parallelamente al Torrente Gandovere, al quale risulta interconnessa grazie ad un'opera idraulica.

Lungo i versanti dei rilievi collinari sono presenti diversi impluvi, generalmente di ridotte dimensioni, che in occasione di eventi meteorici convogliano le acque superficiali lungo il fondovalle. Questi corsi d'acqua che scendono dai versanti sono caratterizzati da un regime stagionale fortemente legato all'andamento delle precipitazioni.

4.3 Corsi d'acqua gestiti dai consorzi di bonifica

Sul territorio Comunale di Ome **non** sono presenti corsi d'acqua inseriti nell'Allegato D della d.g.r. n.7/7868 che individua i corsi d'acqua (canali di bonifica) gestiti da Consorzi.

Si rileva comunque sul territorio comunale la presenza di un vaso, Seriola Molinaria, utilizzato dal Consorzio di Miglioramento Fondiario denominato "Roggia Molinaria" a fini irrigui.

5 BACINI E CARATTERISTICHE FISIOGRAFICHE

5.1 Il bacino idrografico del Torrente Gandovere

Tutta l'idrografia del territorio comunale in oggetto afferisce al bacino idrografico dal Torrente Gandovere; comunemente si considera esso nasca lungo le pendici Sud Occidentali de La Colmetta (1035 m s.l.m.m.) in Comune di Brione; diversamente il tratto del Torrente Gandovere individuato dell'Allegato A della d.g.r. n.7/13950 dell'01/08/2003 come Reticolo Idrico Principale scorre interamente sul territorio Comunale di Ome [vedi Figura 1].

Il bacino idrografico, chiuso in corrispondenza del confine con il Comune di Rodendo Saiano, a quota 190.50 m s.l.m.m., si presenta piuttosto ampio, complesso ed articolato avendo per altro carattere sovra-comunale; il contributo idraulico di base più significativo è apportato dalla Valle del Fus, che prende il nome dall'omonima sorgente carsica in territorio di Brione.

Lungo i versanti delle colline prealpine, soprattutto in sinistra idrografica del Gandovere, sono inoltre presenti corsi d'acqua a carattere temporaneo, caratterizzati da piccoli bacini idrografici. Altri affluenti di una certa entità sono il Torrente Martignago e la Roggia Molinaria che convoglia al Gandovere le acque drenate dei comuni di Monticelli Brusati e di Provaglio d'Iseo.

Il bacino montano del Gandovere risulta relativamente ampio rispetto all'esiguità delle portate che normalmente caratterizzano il corso d'acqua. Infatti la permeabilità delle rocce che lo caratterizzano e la presenza di boschi piuttosto estesi facilitano l'infiltrazione delle acque piovane. Tuttavia, in occasione di precipitazioni piuttosto intense, la portata del corso d'acqua aumenta notevolmente, in quanto i terreni si saturano rapidamente e le acque piovane, non riuscendo ad infiltrarsi nel suolo, vi scorrono in superficie, convogliandosi negli impluvi, e

raggiungendo in tempi brevi il corso d'acqua principale. La pendenza elevata dei versanti montuosi, sui quali le acque meteoriche ruscellano rapidamente, determina l'erosione ed il trasporto dei detriti che sono trascinati negli impluvi e che confluiscono successivamente nel Gandovere apportandovi materiale solido di svariata natura.

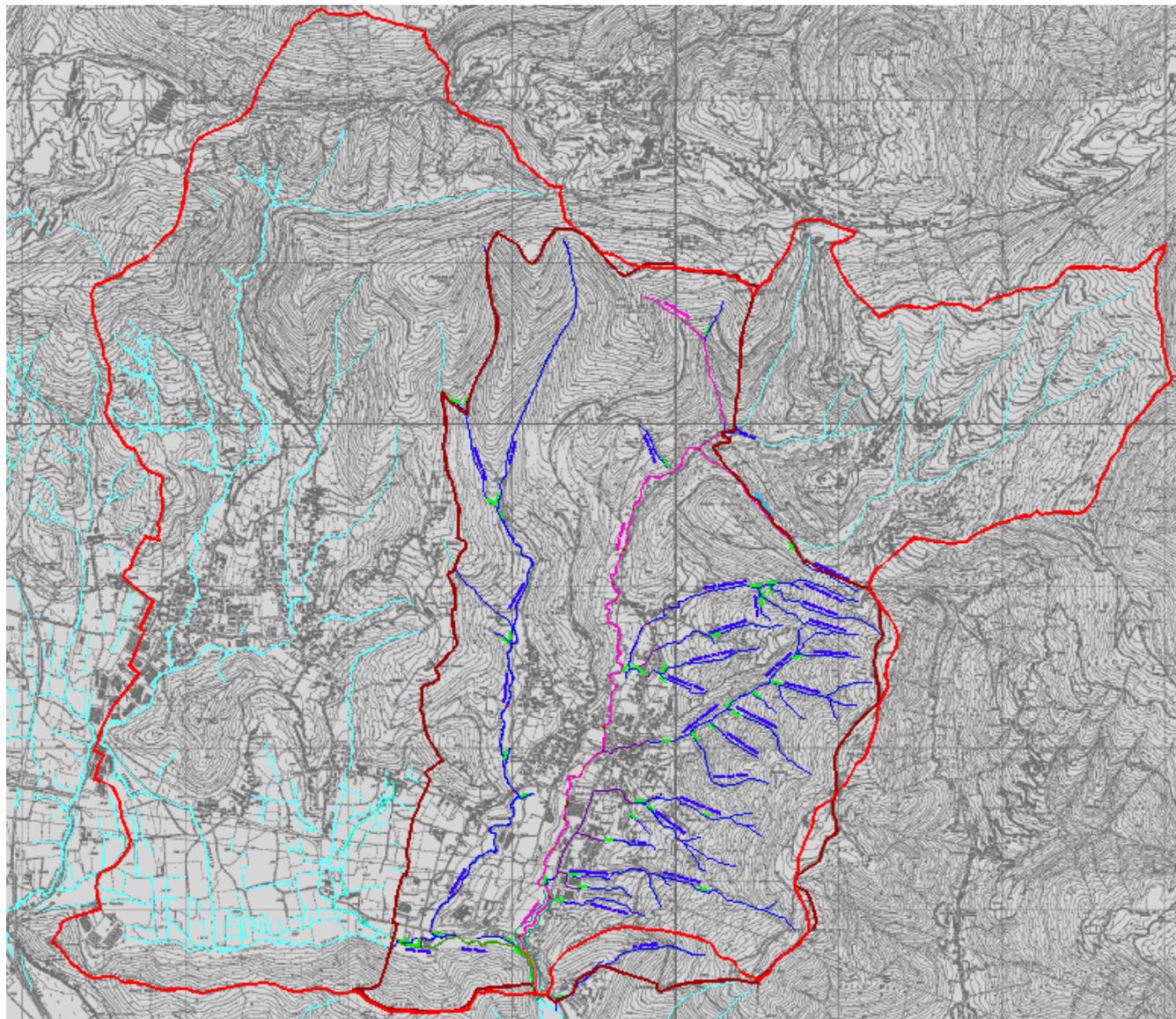


Figura 1: Inquadramento generale: in rosso il bacino idrografico del Torrente Gandovere chiuso al confine amministrativo; in bordò confine comunale di Ome [disegno fuori scala].

5.2 Caratteristiche morfometriche del bacino del Torrente Gandovere

La sezione di chiusura del bacino del Torrente Gandovere è posta a quota 190.50 m s.l.m.m., in corrispondenza del confine amministrativo tra i Comuni di Ome e Rodendo Saiano.

Nell'analisi idrologica il primo passo da compiere è la definizione del bacino idrografico e del relativo reticolo, è pertanto necessario richiamare alcuni concetti di base.

Il bacino idrografico, relativo ad una data sezione di chiusura, si può definire come il luogo che raccoglie le acque che, sotto forma di deflussi superficiali o sotterranei, transitano attraverso la sezione considerata.

La superficie del bacino è percorsa da un insieme di corsi d'acqua che costituiscono la rete idrografica. In linea generale le caratteristiche di un bacino idrografico si possono suddividere in tre gruppi: caratteristiche morfometriche (geometriche o topografiche); caratteristiche delle rocce e caratteristiche della vegetazione.

Le caratteristiche morfometriche influiscono direttamente sullo scorrimento superficiale, sulla produzione, sul trasporto e sul deposito di sedimenti. Per mezzo di opportuni parametri è possibile definire alcune caratteristiche morfometriche d'interesse di un bacino; questi parametri si dividono in vari gruppi a seconda che esprimano le dimensioni planimetriche, la forma, il rilievo, la pendenza del bacino, l'organizzazione del reticolo fluviale.

5.2.1 PARAMETRI DIMENSIONALI PLANIMETRICI DEL BACINO

In particolare i parametri esprimenti le dimensioni planimetriche del bacino complessivo del Torrente Gandovere chiuso al confine amministrativo:

- L'area del bacino, cioè l'area della proiezione orizzontale del bacino, normalmente assunta coincidente col bacino imbrifero. E' misurata usualmente in Km² ed è stata ricavata dalla Carta Tecnica Regionale (scala 1:10000). L'area del bacino alla sezione di chiusura d'interesse è risultata di 24,94 Km² [vedi Figura 1].
- Il perimetro, ovvero la lunghezza del contorno del bacino; usualmente è misurato in chilometri, per il bacino in questione il perimetro è risultato di 25,67 Km.

- La lunghezza dell'asta fluviale principale, che serve per esprimere la dimensione longitudinale del bacino. La sua individuazione non è complessa in quanto il corso d'acqua più lungo è anche quello ideologicamente più importante, almeno in generale. Per l'analisi idrologica è fondamentale determinare la lunghezza dell'asta fluviale principale in quanto la risposta idraulica del sistema è fortemente legata a tale dimensione. Per determinare la lunghezza dell'asta principale sono stati determinati diversi percorsi. Dall'analisi condotta è risultata una lunghezza di 7,77 Km.

Nelle tavole allegate si sono indicati inoltre i sotto-bacini idrografici dei corsi d'acqua significativi appartenenti al reticolo idrico presenti in territorio comunale, per i quali si sono effettuate le verifiche idrauliche delle sezioni di chiusura [vedi *RIM-Tav_IDR.002*].

5.2.2 PARAMETRI DI FORMA DEI BACINI

Per caratterizzare la forma dei bacini idrografici sono stati proposti diversi parametri, detti *fattori di forma* o *coefficienti di forma*. Tutti questi parametri misurano, in un modo o nell'altro, il grado di allungamento del bacino. L'analisi di un bacino idrografico, condotta attraverso la determinazione di tali parametri, risulta in particolare significativa nella parte alta dei bacini, dove l'azione dell'uomo si fa sentire poco, sulla naturalità dell'organizzazione della rete di drenaggio, situazione quindi che ben si adatta al bacino in esame.

I parametri presi in considerazione sono dunque i seguenti:

- Rapporto di circolarità R_c : è il rapporto tra l'area A del bacino e l'area del cerchio di uguale perimetro P :

$$R_c = \frac{4\pi A}{P^2} = 12,6 \frac{A}{P^2} \quad \text{valori indicativi: cerchio 1, quadrato 0.78, rettangolo (1*2l) 0.69}$$

Per il bacino del Gandovere il rapporto di circolarità vale 0.48, pertanto il bacino è assimilabile ad un bacino di tipo rettangolare, alquanto allungato, questo da utili indicazioni sulla possibile risposta idraulica.

- Coefficiente di uniformità (o fattore di compattezza) R_u : è il rapporto tra il perimetro P del bacino e la circonferenza del cerchio di uguale area:

$$R_u = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad \text{valori indicativi: cerchio 1, quadrato 1.13, rettangolo(1*2l) 1.20}$$

Per l'area in esame il coefficiente di uniformità vale 1,44 di nuovo assimilabile ad un bacino rettangolare.

- Fattore di forma R_f : è il rapporto tra l'area del bacino ed il quadrato della lunghezza L dell'asta fluviale principale:

$$R_f = \frac{A}{L^2} \quad \text{valori indicativi: cerchio 0.78, quadrato 1, rettangolo(1*2l) 0.5}$$

Per l'area in esame il fattore di forma vale 0,41 di nuovo assimilabile ad un bacino rettangolare.

- Rapporto di allungamento Ra; è il rapporto tra il diametro del cerchio di uguale area A e la lunghezza L dell'asta fluviale principale:

$$Ra = \frac{2\sqrt{A}}{L\sqrt{\pi}} = 1,13 \frac{\sqrt{A}}{L}$$

valori indicativi: cerchio 1, quadrato 1.13, rettangolo(1*2) 0.80

Per il bacino del Gandovere il rapporto di allungamento vale 0.73 di nuovo assimilabile ad un bacino rettangolare.

Nella seguente tabella riepilogativa [Tabella 1], sono riportate le caratteristiche morfometriche ed i valori dei parametri di forma precedentemente descritti, relativi ad ogni singolo sub-bacino individuato [vedi RIM-Tav_IDR.002].

Area	Lunghezza asta principale	Perimetro	Rapporto di circolarità	Fattore di compattezza	Fattore di forma	Rapporto di allungamento
[Km ²]	[km]	[km]	Rc	Ru	Rf	Ra
Bacino 1 - Torrente Gandovere alla chiusura a quota di circa 261 m s.l.m.m. (loc.Ertine)						
5,57	2,40	12,42	0,45	1,47	0,97	1,11
Bacino 2 - Torrente Valle della Cornola all'intersezione con via della Valle						
0,71	1,40	4,17	0,52	1,38	0,36	0,68
Bacino 3 - Torrente Valle Artegane chiuso all'intubamento di Via Maiolini						
1,05	1,40	4,27	0,72	1,17	0,53	0,83
Bacino 4 - Torrente Gandovere alla chiusura presso l'oratorio						
8,01	3,68	14,42	0,49	1,43	0,59	0,87
Bacino 5 - T. Valle della Merletta all'intubamento di quota di circa 241 m s.l.m.m.						
0,42	0,85	2,85	0,65	1,23	0,58	0,86
Bacino 6 - Torrente Valle dei Morandi all'imbocco della sezione tombata						
0,47	1,48	3,87	0,40	1,58	0,22	0,52
Bacino 7 - Torrente Martignago alla chiusura presso attraversamento ex SP 47						
3,38	4,75	10,90	0,36	1,66	0,15	0,44
Bacino 8 - Torrente Gandovere alla chiusura presso attraversamento ex SP 47						
10,00	5,00	16,97	0,44	1,50	0,40	0,71
Bacino 9 - T. Valzina (Gas) all'imbocco della sez. all'attraversamento della S.P.46						
0,39	1,01	2,77	0,64	1,24	0,38	0,70

Tabella 1: Caratteristiche morfometriche e parametri di forma dei bacini idrografici studiati.

5.2.3 ORDINAMENTO DI HORTON-STRAHLER

Per quanto riguarda il reticolo idrografico si è per di più adottata la classificazione topologica di Horton; in sintesi, una rete idrografica può essere vista, dal punto di vista topologico, come un albero.

L'analisi quantitativa della struttura geomorfologica di una rete di drenaggio introdotta da Horton e successivamente sviluppata da Strahler, si basa sulla diversa importanza idrologica che i rami del reticolo vengono ad assumere via via che questo da monte si sviluppa verso valle.

Il metodo di Horton-Strahler è il più noto e anche quello maggiormente usato per la sua buona rappresentatività e, non ultimo, per la sua semplicità. Inoltre, esso permette di condurre analisi comparative abbastanza significative, dato che è alquanto comune trovare bacini del medesimo ordine tra il grande numero di bacini analizzati con questo metodo nella letteratura geomorfologica e idrologica.

Questa analisi risulta in particolare significativa nella parte alta dei bacini, dove l'azione dell'uomo si fa sentire poco sulla naturalità dell'organizzazione della rete di drenaggio, situazione quindi che ben si adatta, per il caso in esame, al solo corso del Torrente Gandovere a monte dell'attraversamento della ex S.P. 47. Nella parte occidentale del bacino (comuni di Monticelli Brusati e Provaglio d'Iseo), viceversa, data la presenza di manufatti di interconnessione fra le reti ed i numerosi vasi artificiali a scopo irriguo presenti, l'analisi perde di significatività.

In base a questo ordinamento l'asta principale del Torrente Gandovere, alla sezione di chiusura presso l'attraversamento stradale con l'arteria provinciale, è risultato di ordine 5, evidenziando un reticolo idrografico ben sviluppato morfologicamente, soprattutto (anche a causa della conformazione geologica) sul versante in sinistra idrografica.

5.2.4 IL TEMPO DI CORRIVAZIONE

Si definisce tempo di corrivazione il tempo impiegato dalla generica goccia d'acqua, caduta nel punto idraulicamente più lontano, a raggiungere la sezione di chiusura del bacino. Il tempo di corrivazione del bacino si stima in genere utilizzando formule che esprimono il legame mediamente esistente tra il tempo di corrivazione e alcune grandezze caratteristiche del bacino di facile determinazione. Noto il tempo di corrivazione del bacino, che rappresenta il tempo di base dell'Idrogramma Unitario Istantaneo (IUH), è possibile costruire modelli afflussi-deflussi di vario genere, imponendo la congruenza tra questo tempo e i tempi di risposta caratteristici dei vari schemi di modellazione idrologica.

Nel presente studio, per pervenire alla stima del tempo di corrivazione T_c , si utilizza la formula di GIANDOTTI (1934):

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{h_{medio} - h_{idr}}}$$

I valori dei tempi di corrivazione dei sub-bacini proposti sono calcolati anche in base alle caratteristiche geometriche prima riportate e vengono di seguito riassunti [Tabella 2].

Tempo di corrivazione		
Bacino	Ore	Minuti
Bacino 1 - Torrente Gandovere alla chiusura a quota di circa 261 m s.l.m.m. (loc.Ertine)	0,87	52,4
Bacino 2 - Torrente Valle della Cornola all'intersezione con via della Valle	0,57	34,2
Bacino 3 - Torrente Valle Artagane chiuso all'intubamento di Via Maiolini	0,51	30,9
Bacino 4 - Torrente Gandovere alla chiusura presso l'oratorio	1,16	69,9
Bacino 5 - T. Valle della Merletta all'intubamento di quota di circa 241 m s.l.m.m.	0,35	21,2
Bacino 6 - Torrente Valle dei Morandi all'imbocco della sezione tombata	0,41	24,5
Bacino 7 - Torrente Martignago alla chiusura presso attraversamento ex SP 47	1,28	77,0
Bacino 8 - Torrente Gandovere alla chiusura presso attraversamento ex SP 47	1,45	87,0
Bacino 9 - T. Valzina (Gas) all'imbocco della sez. all'attraversamento della S.P.46	0,48	28,7

Tabella 2: Tempi di corrivazione dei bacini idrografici studiati.

6 STUDIO IDROLOGICO

6.1 Precipitazioni di progetto

6.1.1 ANALISI PLUVIOMETRICA

La stima della portata di piena drenata dai bacini in esame, è stata effettuata a mezzo di un particolare modello matematico in grado di simulare il processo di trasformazione afflussi - deflussi. L'utilizzazione di tale modello ha richiesto la raccolta dei dati di precipitazione della stazione pluviometrica dell'*Osservatorio Meteorologico dell'I.T.A.S. 'G. Pastori' di Brescia*, ritenuta la più significativa per la zona in oggetto. La suddetta stazione dispone di una serie storica sufficientemente ampia per la costruzione delle curve segnalatrici di possibilità climatica caratterizzanti la piovosità del territorio.

Tali valori opportunamente elaborati saranno utilizzate quali dati di ingresso del modello matematico che simula il comportamento idrologico dei sub-bacini esaminati.

6.1.2 IL TEMPO DI RITORNO

Il legame probabilistico tra la massima altezza d'acqua in un sezione idraulica ed il tempo di ritorno T, o la probabilità P(Q) di non superamento, legame caratteristico di tutte le variabili casuali "estreme", è di tipo logaritmico.

Maggiormente significativo appare il concetto di "rischio R_N d'insufficienza in N anni", definito come il rischio che durante l'arco di vita tecnica dell'opera di N anni si verifichi almeno un evento che produca l'insufficienza dell'opera. Senza entrare nei dettagli della teoria statistica si può dimostrare che l'espressione che lega R_N a T vale:

$$R_N = 1 - P(Q_T)^N = 1 - (1-1/T)^N$$

che mostra come R_N cresca rapidamente, a parità di T, all'aumentare di N.

Nel presente studio si valutano portate al colmo riconducibili ad eventi pluviometrici che abbiano ricorrenza centennale ($T_r = 100$ anni) così come indicato anche dai tecnici della Regione Lombardia - Sede Territoriale di Brescia – Struttura Sviluppo del Territorio.

6.1.3 L'INDAGINE PLUVIOMETRICA

Come è generalmente accettato la determinazione della precipitazione di progetto avviene attraverso la preliminare ricostruzione di uno ietogramma sintetico derivante dall'elaborazione delle piogge intense registrate all'interno e nelle aree contermini al bacino da modellare. Questa fase conduce alla determinazione delle curve di possibilità pluviometrica media da associare a tale territorio ossia delle curve che legano, per assegnati tempi di ritorno, le altezze di precipitazione h alle corrispondenti durate t .

Il legame funzionale tra altezza di pioggia $h(t)$ e durata t viene di solito espresso da una relazione monomia del tipo:

$$h(t) = a t^n$$

Nel presente studio il tempo di ritorno prescelto per ricoprire il campo d'interesse tecnico-pratico è di 100 anni. Di seguito si riportano la curva di possibilità pluviometrica ed i valori dei parametri a ed n , caratteristici della stazione di misurazione degli eventi estremi, elaborati per durate superiori ad 1 ora secondo analisi statistiche complesse (distribuzione di Gumbel). Avendo utilizzato un tempo di ritorno di cent'anni, è presumibile che l'intensità dell'evento sia tale da colpire nella sua interezza il bacino in esame; si è dunque deciso in termini cautelativi, di non eseguire il ragguaglio delle piogge all'area.

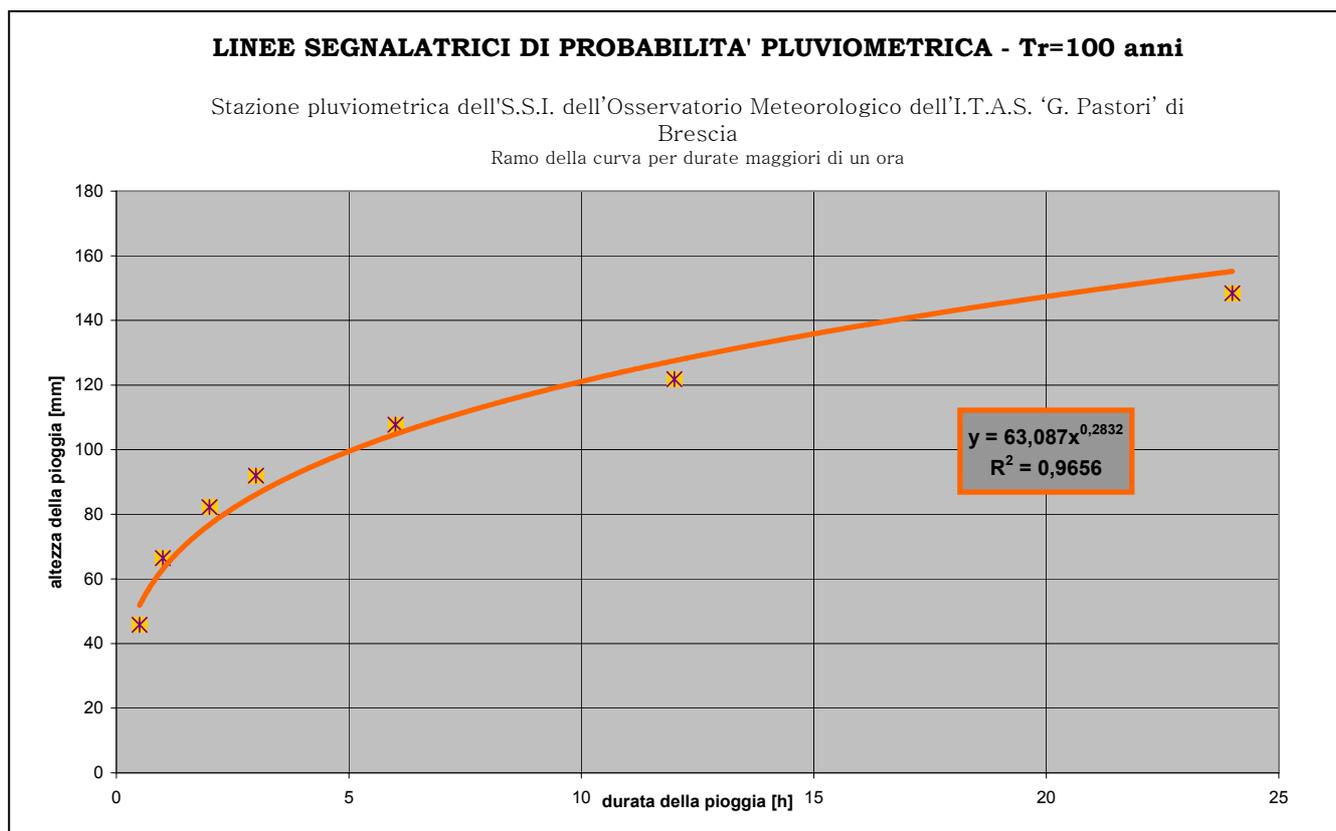


Grafico 1: L.S.P.P. per tempi di ritorno centennali della stazione pluviometrica G.Pastori di Brescia.

Tempo di Ritorno [Anni]	a [mm/h ⁿ]	n [-]
100	63,087	0,2832

Tabella 3: Parametri L.S.P.P. per Tr= 100 della stazione pluviometrica G.Pastori di Brescia.

6.1.4 DISTRIBUZIONE TEMPORALE DELLE PIOGGE DI PROGETTO

Quando le aree d'interesse sono d'estensione modesta (qualche Km^2), la loro dimensione risulta confrontabile con quelle delle celle temporalesche o con gli aggregati di celle; per tali bacini si può considerare una distribuzione temporale delle piogge di progetto con intensità dell'evento praticamente costante e uniformemente distribuito. Pertanto, per piccoli bacini e piogge di breve durata, è possibile considerare ietogrammi di pioggia lorda ad intensità costante.

E' abbastanza evidente che difficilmente potremo osservare una pioggia che per tutta la sua durata si mantiene ad intensità costante ma ciò fornisce una sensata semplificazione che ragionevolmente approssima la realtà del fenomeno. Nelle elaborazioni condotte per la stima degli idrogrammi di piena si è quindi assunta una pioggia ad intensità costante per tutte le durate. Partendo dallo ietogramma di progetto così determinato, è possibile individuare le perdite idrologiche adottando le procedure illustrate ed ottenendo in questo modo lo ietogramma delle piogge nette.

6.2 Formazione dei deflussi di piena

6.2.1 PREMESSA

Mediante uno specifico processo di calcolo, è stata eseguita la trasformazione degli ietogrammi sintetici in onde di piena relativamente ai diversi casi considerati (sotto - bacini).

Il programma, partendo dalle curve di possibilità climatica, dallo ietogramma di progetto e dall'idrogramma istantaneo unitario, integra le equazioni del sistema e, con il metodo della convoluzione, restituisce l'onda di piena.

Il seguente diagramma a blocchi [Grafico 2] richiama le fasi concettuali e numeriche associate ai calcoli eseguiti.

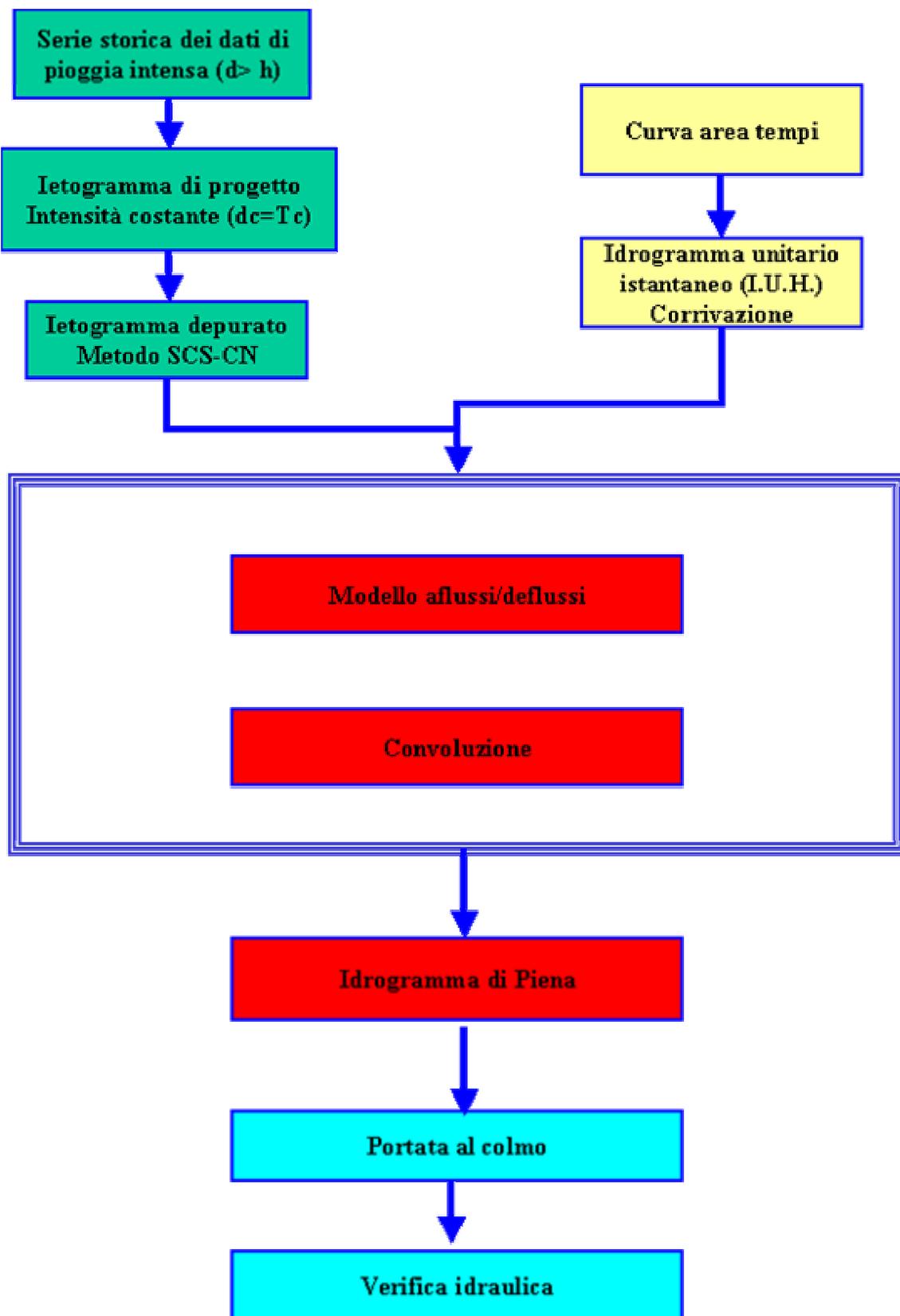


Grafico 2: Schema concettuale delle elaborazioni eseguite

6.3 Aflusso meteorico

6.3.1 LA PIOGGIA NETTA

I metodi finora sviluppati permettono di giungere ad una valutazione globale del bilancio idrologico, mentre una più dettagliata analisi del fenomeno non appare oggi ancora possibile a causa delle scarse conoscenze che si hanno nei riguardi delle relazioni che intercorrono tra le grandezze che compaiono nell'equazione del bilancio.

6.3.2 PIOGGE DI PROGETTO E PERDITE IDROLOGICHE

Per idrogramma di progetto s'intende un evento pluviometrico generato sinteticamente con l'obiettivo di modellare ad una corretta valutazione delle portate al colmo.

Per l'analisi dei bacini extra-urbani oggetto specifico del presente studio si è optato per il metodo dello *Ietogramma Costante*, che è dedotto dalle curve di possibilità pluviometrica con l'ipotesi che l'andamento temporale dell'intensità di pioggia sia costante per tutta la durata dell'evento meteorico.

Per la sua definizione è necessario quindi specificare la durata dell'evento. In fase progettuale si sono condotti varie modellazioni con durate differenti fino ad individuare quella che da luogo al massimo valore della portata al colmo. Tale durata è comunemente denominata '*durata critica*' e per i bacini analoghi a quelli in esame è stato sperimentalmente provato che essa corrisponde, con buon'approssimazione, al tempo di corrivazione.

Per la descrizione del fenomeno di depurazione delle piogge un certo successo ha riscosso il metodo *CN (Curve Number)* del *SOIL CONSERVATION SERVICE* americano che si appoggia sulla determinazione quali-quantitativa delle proprietà idrologiche dei suoli e sul loro utilizzo.

L'utilizzo dei modelli di calcolo opportunamente tarati consente di effettuare la depurazione di uno ietogramma non uniforme in ingresso, noto che sia il CN del bacino. Per la determinazione del CN dei bacini d'interesse dobbiamo conoscere la tipologia idrologica di suolo: il SCS ha raggruppato i suoli in quattro classi, in relazione essenzialmente alle caratteristiche di permeabilità.

I terreni oggetto del presente studio, se si eccettuano le zone impermeabilizzate dalle urbanizzazioni, sono costituiti da coltri di depositi glaciali e fluvioglaciali sovrapposti alla matrice calcarea e calcareo marnosa e presentano perciò una permeabilità medio alta. Questa informazione analizzata in dettaglio ha consentito di stimare la potenzialità d'infiltrazione delle precipitazioni. Nella tabella seguente [Tabella 4] sono riportati i valori medi del parametro CN d'ogni singolo sub - bacino analizzato, dedotte dalle diverse classificazioni presenti in letteratura.

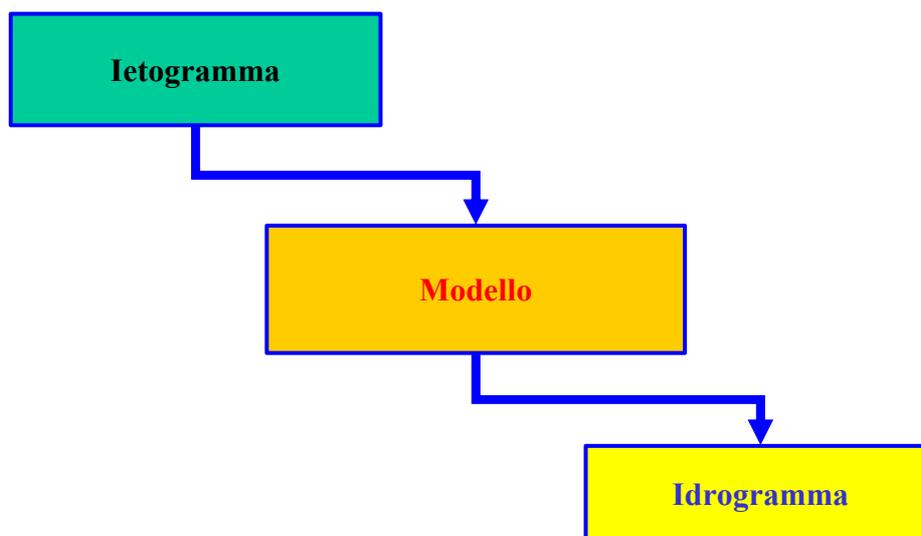
Parametro CN - metodo CN-SCS	
Bacino	Valore medio
Bacino 1 - Torrente Gandovere alla chiusura a quota di circa 261 m s.l.m.m. (loc.Ertine)	74
Bacino 2 - Torrente Valle della Cornola all'intersezione con via della Valle	77
Bacino 3 - Torrente Valle Artegane chiuso all'intubamento di Via Maiolini	77
Bacino 4 - Torrente Gandovere alla chiusura presso l'oratorio	75
Bacino 5 - T. Valle della Merletta all'intubamento di quota di circa 241 m s.l.m.m.	77
Bacino 6 - Torrente Valle dei Morandi all'imbocco della sezione tombata	77
Bacino 7 - Torrente Martignago alla chiusura presso attraversamento ex SP 47	76
Bacino 8 - Torrente Gandovere alla chiusura presso attraversamento ex SP 47	76
Bacino 9 - T. Valzina (Gas) all'imbocco della sez. all'attraversamento della S.P.46	75

Tabella 4: Valori medi del parametro CN per i bacini idrografici studiati.

6.4 Determinazione delle portate di piena

6.4.1 MODELLI DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI-DEFLUSSI

I modelli di formazione dei deflussi di piena si propongono di rappresentare matematicamente i complessi processi ideologici del bacino collegando la distribuzione spazio-temporale delle piogge (ingresso $i(x,y,t)$ del sistema), al corrispondente idrogramma dei deflussi (risposta $q(t)$ del sistema).



Note quindi le piogge nette $P(t)$, la costruzione degli idrogrammi di piena viene effettuata tramite un modello matematico più o meno complesso che sia in grado di trasformare le piogge nette in portata $q(t)$ alla sezione di chiusura del bacino.

In queste condizioni la funzione di trasferimento F equivale alla risoluzione di un'equazione differenziale che rappresenta l'integrale di convoluzione, dove $h(t)$ prende il nome d'idrogramma unitario istantaneo (IUH).

Quindi nella normale pratica idrologica la chiave per risolvere il problema del calcolo delle portate conseguenti ad una data pioggia netta è la conoscenza dell'idrogramma unitario istantaneo (IUH). Il modello adottato si basa sulla teoria dell'idrogramma unitario istantaneo, in cui la trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi viene eseguita numericamente attraverso la convoluzione di un idrogramma unitario istantaneo (IUH) scelto opportunamente tra i diversi

tipi esistenti. L'IUH racchiude in sé le caratteristiche fisiche del bacino che interessano la formazione delle piene, come per esempio la capacità d'invaso ed il tempo di risposta del bacino.

6.4.2 METODO DELLA CORRIVAZIONE

Nel presente studio si è deciso di fare riferimento al modello di trasformazione afflussi-deflussi meglio conosciuto come *Modello della Corrivazione*.

E' un modello di piena che si basa sul trasferimento della massa liquida, con l'asserzione immutabile che ogni goccia si muove con velocità costante all'interno del bacino, seguendo un percorso che dipende unicamente dalla posizione in cui la goccia stessa è caduta.

L'altra ipotesi iniziale è quella secondo la quale ogni goccia d'acqua che scorre sulla superficie del bacino si unisca a tutte le altre gocce di pioggia e che si presentino tutte alla sezione di chiusura dopo un "tempo" da stabilire.

In questa analisi idraulica questo "tempo" (ovvero t_c = tempo di corrivazione) è stato determinato utilizzando la formula di Giandotti sopra-ricchiamata.

6.4.3 VALORI DELLE PORTATE CRITICHE

Sulla scorta di quanto sopra dettagliatamente riportato si è pervenuti alla determinazione delle portate critiche che durante eventi estremi caratterizzati da tempi di ritorno centennali si presentano alle varie sezioni di chiusura considerate [Tabella 5].

Portate critiche per eventi con $T_r=100$ anni	
Bacino	$Q_{c,Tr100}$ [m ³ /s]
Bacino 1 - Torrente Gandovere alla chiusura a quota di circa 261 m s.l.m.m. (loc.Ertine)	25,02
Bacino 2 - Torrente Valle della Cornola all'intersezione con via della Valle	4,47
Bacino 3 - Torrente Valle Artegane chiuso all'intubamento di Via Maiolini	6,95
Bacino 4 - Torrente Gandovere alla chiusura presso l'oratorio	34,22
Bacino 5 - T. Valle della Merletta all'intubamento di quota di circa 241 m s.l.m.m.	3,16
Bacino 6 - Torrente Valle dei Morandi all'imbocco della sezione tombata	3,31
Bacino 7 - Torrente Martignago alla chiusura presso attraversamento ex SP 47	14,96
Bacino 8 - Torrente Gandovere alla chiusura presso attraversamento ex SP 47	42,20
Bacino 9 - T. Valzina (Gas) all'imbocco della sez. all'attraversamento della S.P.46	2,21

Tabella 5: Portate critiche generate per eventi centennali dai bacini idrografici studiati.

7 STUDIO IDRAULICO

7.1 Verifica idraulica delle sezioni critiche

I livelli idrici massimi che si possono verificare nei corsi d'acqua oggetto dello studio sono stati valutati analiticamente, ipotizzando la corrente unidimensionale in moto uniforme, pur considerando che la simulazione del moto uniforme in relazione agli scarsi dati di rilievo risulta inevitabilmente affetta da approssimazioni più o meno spinte, qualunque siano le formule ed i procedimenti adottati, a causa sia della reale complessità delle geometrie dell'alveo, sia dei diversi meccanismi dissipativi dell'energia della corrente provocati dalla resistenza delle pareti e della forma del letto. Lo schema di moto uniforme, pur comportando approssimazioni a volte anche eccessive rispetto alla situazione reale, viene ritenuto per lo scopo del presente studio comunque sufficiente a descrivere il profilo idrico in piena della corrente nel tratto di corso d'acqua analizzato

Con opportune e corrette semplificazioni si giunge comunque ad attendibili riproduzioni del moto; in particolare è usuale nella pratica ingegneristica, per la determinazione dei livelli idrici massimi, ipotizzare un valore costante della portata, pari alla massima di progetto: si considera cioè accettabile simulare il comportamento idraulico del corso d'acqua durante il passaggio di un'onda di piena (moto vario) come una portata istantanea nella sezione d'interesse (moto uniforme).

Pertanto si è proceduto alla determinazione delle grandezze idrauliche della corrente e del profilo di pelo libero che si instaura in condizioni di moto permanente nelle varie sezioni di chiusura. La verifica idraulica viene effettuata per le sezioni trasversali dei corsi d'acqua individuate come critiche per possibili insufficienze idrauliche e che hanno in precedenza permesso di chiudere i relativi bacini idrologici.

Per la ricostruzione della scala di deflusso di moto uniforme che rappresenta il legame tra portata e livello idrico, viene utilizzata la formula di Chezy con coefficiente di resistenza al moto espresso secondo la formula di Gauckler-Strickler.

La scabrezza viene scelta secondo le condizioni dell'alveo del torrente, che per tutti i corsi d'acqua con alveo naturale con pareti in terra in cattive condizioni ed il fondo alveo con ciottoli e ghiaia può essere definita con valori di c variabili da 25 a 30; per alvei in calcestruzzo il valore di scabrezza che si assume per la verifica idraulica è pari a 65, considerando che sia in buono stato, e valori minori se pesantemente ammalorati.

Di seguito [Tabella 6] si riporta una tabella riepilogativa delle caratteristiche saliente delle singole sezioni studiate.

Caratteristiche sezioni di chiusura dei bacini		
Bacino	Tipologia sezione	Pendenza di monte
Bacino 1 - Torrente Gandovere alla chiusura a quota di circa 261 m s.l.m.m. (loc.Ertine)	rettangolare	2%
Bacino 2 - Torrente Valle della Cornola all'intersezione con via della Valle		
- sezione di monte	trapezia	2%
- sezione di valle	arco	6%
Bacino 3 - Torrente Valle Artegane chiuso all'intubamento di Via Maiolini	rettangolare	6%
Bacino 4 - Torrente Gandovere alla chiusura presso l'oratorio	trapezia	1%
Bacino 5 - T. Valle della Merletta all'intubamento di quota di circa 241 m s.l.m.m.	rettangolare	7%
Bacino 6 - Torrente Valle dei Morandi all'imbocco della sezione tombata	circolare	3%
Bacino 7 - Torrente Martignago alla chiusura presso attraversamento ex SP 47		
- sezione di ingresso manufatto d'attraversamento	rettangolare	2%
- sezione di uscita manufatto d'attraversamento	arco	2%
Bacino 8 - Torrente Gandovere alla chiusura presso attraversamento ex SP 47		
- sezione di monte	trapezia	2%
- sezione di valle (manufatto d'attraversamento)	rettangolare	2%
Bacino 9 - T. Valzina (Gas) all'imbocco della sez. all'attraversamento della S.P.46	2 circolari	4%

Tabella 6: Caratteristiche sezioni dei bacini idrografici studiati.

7.2 Valori delle portate transitabili attraverso le sezioni

Di seguito vengono riportati in forma tabulare i valori delle portate massime transitabili nelle sezioni di chiusura rilevate per i particolari sub - bacini individuati ed analizzati. Dalle attività di sopralluogo, si è potuto evincere un generale degrado dello stato manutentivo dei corsi d'acqua con un conseguente peggioramento delle capacità di deflusso idrico. Si sono riscontrati infatti rari casi di tagli, selettivi o completi, della vegetazione presente nell'alveo e nelle sponde arginali interne, e praticamente risultano inesistenti gli spurghi o gli sghiaamenti dei corsi d'acqua, principali o secondari, che garantiscano il mantenimento di sezioni più consone allo smaltimento delle acque. È impressione di chi scrive che l'abbandono delle montagne e del bosco e, soprattutto, la carente manutenzione dell'alveo possano sostanziare, in un futuro non troppo lontano potenziali fenomeni alluvionali. I calcoli idraulici sono stati tuttavia effettuati considerando le sezioni completamente efficienti, nella piena consapevolezza che l'Amministrazione Comunale sia in grado di poter assolvere ad ordinarie operazioni di pulizia degli alvei. Per i tratti verificati, nelle tabelle seguenti [Tabella 7 ed allegato 1], sono riportati i valori della portate massime transitabili, calcolate in funzione della tipologia e delle caratteristiche geometriche delle sezioni, della pendenza media del tratto di monte (ricavate dall'aerofotogrammetria in tridimensionale) e dei coefficienti di scabrezza di Strickler opportunamente valutati (vedi paragrafo 9).

Portate massime convogliabili dalle sezioni di chiusura dei bacini	
Bacino	Q_{max} [m ³ /s]
Bacino 1 - Torrente Gandovere alla chiusura a quota di circa 261 m s.l.m.m. (loc.Ertine)	16,752
Bacino 2 - Torrente Valle della Cornola all'intersezione con via della Valle	
- sezione di monte	7,952
- sezione di valle	12,150
Bacino 3 - Torrente Valle Artegane chiuso all'intubamento di Via Maiolini	28,987
Bacino 4 - Torrente Gandovere alla chiusura presso l'oratorio	21,435
Bacino 5 - T. Valle della Merletta all'intubamento di quota di circa 241 m s.l.m.m.	16,563
Bacino 6 - Torrente Valle dei Morandi all'imbocco della sezione tombata	9,259
Bacino 7 - Torrente Martignago alla chiusura presso attraversamento ex SP 47	
- sezione di ingresso manufatto d'attraversamento	49,502
- sezione di uscita manufatto d'attraversamento	44,530
Bacino 8 - Torrente Gandovere alla chiusura presso attraversamento ex SP 47	
- sezione di monte	33,025
- sezione di valle (manufatto d'attraversamento)	82,955
Bacino 9 - T. Valzina (Gas) all'imbocco della sez. all'attraversamento della S.P.46	4,359

Tabella 7: Portate massime transitabili attraverso le sezioni dei bacini idrografici studiati.

8 CONCLUSIONI

Dalle analisi puntuali sopra riportate emergono le insufficienze idrauliche sul territorio comunale di Ome [vedi *RIM-Tav_IDR.003*]. Per ognuna delle sezioni si accostano i valori delle portate critiche dedotte dalla simulazione idrologica effettuata per eventi con tempi di ritorno centennali [$Q_{C,Tr100}$] e le portate massime defluenti o di massimo riempimento [Q_{max}].

Il calcolo del rapporto $[(Q_{max} - Q_{C,Tr100}) / Q_{max}]$ rappresenta inoltre il grado di riempimento idraulico per ogni singola sezione verificata; per garantire un funzionamento ottimale tale parametro deve essere inferiore all'80%, infatti con questo accorgimento ci si cautela anche nei confronti del trasporto solido non trascurabile (sia esso ligneo piuttosto che vegetale e litoide) che caratterizza gli affluenti nell'immediato presentarsi dell'onda di piena, dando origine come conseguenza, alle riduzioni delle sezioni liquide disponibili per il deflusso della corrente, a volumi morti, turbolenze e a perdite di carico consistenti.

Verifica dalle sezioni di chiusura dei bacini			
Bacino	$Q_{C,Tr100}$ [m³/s]	Q_{max} [m³/s]	% di riempimento
Bacino 1 - Torrente Gandovere alla chiusura a quota di circa 261 m s.l.m.m. (loc.Ertine)	25,020	16,752	-49,4%
Bacino 2 - Torrente Valle della Cornola all'intersezione con via della Valle			
- sezione di monte	4,470	7,952	43,8%
- sezione di valle		12,150	63,2%
Bacino 3 - Torrente Valle Artegane chiuso all'intubamento di Via Maiolini	6,950	28,987	76,0%
Bacino 4 - Torrente Gandovere alla chiusura presso l'oratorio	34,220	21,435	-59,6%
Bacino 5 - T. Valle della Merletta all'intubamento di quota di circa 241 m s.l.m.m.	3,160	16,563	80,9%
Bacino 6 - Torrente Valle dei Morandi all'imbocco della sezione tombata	3,310	9,259	64,3%
Bacino 7 - Torrente Martignago alla chiusura presso attraversamento ex SP 47			
- sezione di ingresso manufatto d'attraversamento	14,960	49,502	69,8%
- sezione di uscita manufatto d'attraversamento		44,530	66,4%
Bacino 8 - Torrente Gandovere alla chiusura presso attraversamento ex SP 47			
- sezione di monte	42,200	33,025	-27,8%
- sezione di valle (manufatto d'attraversamento)		82,955	49,1%
Bacino 9 - T. Valzina (Gas) all'imbocco della sez. all'attraversamento della S.P.46	2,210	4,359	49,3%

Tabella 8: Confronto tra le portate critiche e le portate transitabili attraverso le sezioni di chiusura dei bacini idrografici studiati.

Preme nuovamente ricordare che i calcoli idraulici sono stati effettuati considerando le sezioni completamente efficienti, senza nessun ostruzione che vada a limitare la capacità portante. I valori calcolati vengono riportati nella tabella comparativa [Tabella 8] sopra riportata dalla quale si può evincere una sostanziale adeguatezza idraulica per tutte le sezioni verificate appartenenti al

Reticolo Idrografico Minore. Per quanto riguarda il bacino 3 (vedi Figura 18), per poter sfruttare ulteriormente la sezione del manufatto di tombamento, necessita di una pulizia e risezionamento del tratto d'alveo naturale di raccordo a causa del massiccio accumulo di circa un metro di detriti all'imbocco dello stesso manufatto artificiale.

Per contro sul **Reticolo Idrografico Principale (Torrente Gandovere)** solamente una sezione su quattro di quelle considerate risulta sufficientemente dimensionata; si tratta del manufatto d'attraversamento della S.P. 47. Le altre sezioni presentano anche gravi carenze idrauliche che di seguito vengono commentate in dettaglio. Accertate le cause e l'entità delle insufficienze idrauliche e dei dissesti riscontrati si ritiene opportuno passare ad una ridefinizione delle sezioni e dei tracciati ritenuti inadeguati, così da attivare un funzionale sistema di protezione idraulico-ambientale per l'area d'interesse.

8.1 Insufficienze idrauliche

Per quanto concerne la sezione di chiusura del bacino idrografico del Torrente Gandovere posta alla quota di circa 261 m s.l.m.m. in località Ertine (**Bacino 1**) si evince come la portata ad oggi convogliabile risulti circa la metà di quella che si presenterebbe per eventi pluviometrici intensi con tempo di ritorno centennale. Sia il manufatto d'attraversamento carrabile che l'argine artificiale in destra idrografica risultano insufficientemente dimensionati; queste insufficienze potrebbero causare esondazioni ed allagamenti soprattutto nella prospiciente abitazione ad uso civile all'interno della proprietà privata, completamente ricompresa nella fascia di rispetto fluviale, posta immediatamente a monte in sponda destra dell'attraversamento carrabile (vedi paragrafo 9.1). Si rende dunque necessario l'innalzamento di nuove arginature almeno a protezione dell'abitato civile.

Anche per la sezione di chiusura del bacino idrografico del Torrente Gandovere posta nei pressi dell'Oratorio (**Bacino 4**) si constata un'insufficienza idraulica per onde di piena generate da eventi pluviometrici intensi con tempo di ritorno centennale. Ciò causerebbe l'allagamento del percorso pedonale posto in fregio al corso d'acqua in destra idrografica e del piazzale antistante le strutture che ospitano la sede dell'Oratorio (vedi paragrafo 9.4). Anche in questo caso occorre segnalare una precaria condizione manutentiva del corso d'acqua, in quanto vi è la presenza di

una ricca vegetazione sulle sponde. La tracimazione delle acque è favorita inoltre dall'innalzamento del fondo (limitata pendenza longitudinale) e quindi dalla riduzione della sezione utile a causa dall'abbondante materiale solido depositato dalle acque di piena che ne ostacola il decorso naturale. Risultano necessarie periodiche pulizie dell'alveo ed innalzamenti degli stessi (andandoli a raccordare con le gabbionate presenti più a valle) per evitare il verificarsi di danni gravi.

L'insufficienza idraulica della sezione di chiusura del bacino idrografico del Torrente Gandovere di monte posta nei pressi dell'attraversamento sulla S.P. 47 (**Bacino 8**) determina una causa d'esondazione (riscontate anche da testimonianze dirette) la cui ragione risiede nella limitata sezione idraulica disponibile, e nella limitata altezza della quota terreno rispetto al fondo alveo; a causa della locale insufficienza degli argini che contengono il corso d'acqua (vedi paragrafo 9.8). L'accentuarsi di questo fenomeno, una volta molto più raro, è da ricercare nelle aumentate portate del torrente prodotte dalle diffuse urbanizzazioni d'aree del bacino e nel conseguente aumento degli scoli meteorici delle aree urbanizzate.

Le soluzioni vanno comunque ricercate, oltre nell'innalzamento degli stessi argini ed in altri interventi diretti, nella predisposizione di sistemi di laminazione delle acque di pioggia per insediamenti industriali, artigianali e residenziali, cioè di quelle aree impermeabili il cui drenaggio generano un consistente e repentino aumento dei picchi di piena.



Figura 2: Scalzamento al piede sulla platea della briglia posta a valle di un guado sul Torrente Gandovere.



Figura 3: Particolare dello scalzamento al piede sulla platea della briglia posta a valle di un guado sul Torrente Gandovere.

È inoltre da rilevare lo scalzamento al piede indotto sulla platea della briglia posta a valle di un guado sul Torrente Gandovere. Anche tale problematica, causata dai fenomeni erosivi prodotte dalle acque di piena a valle della soglia, richiede un intervento risolutivo onde evitare il peggioramento delle condizioni di stabilità del manufatto stesso ed il peggioramento delle condizioni di deflusso verso valle [vedi Figura 2 e Figura 3].

I professionisti

Dott. Carlo Fassler

Dott. Ing. Marzio Consoli

9 ALLEGATO: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA ED INQUADRAMENTO SEZIONI IDRAULICHE STUDIATE

9.1 Bacino 1 - Torrente Gandovere alla sezione di chiusura posta alla quota di circa 261 m s.l.m.m. (località Ertine).

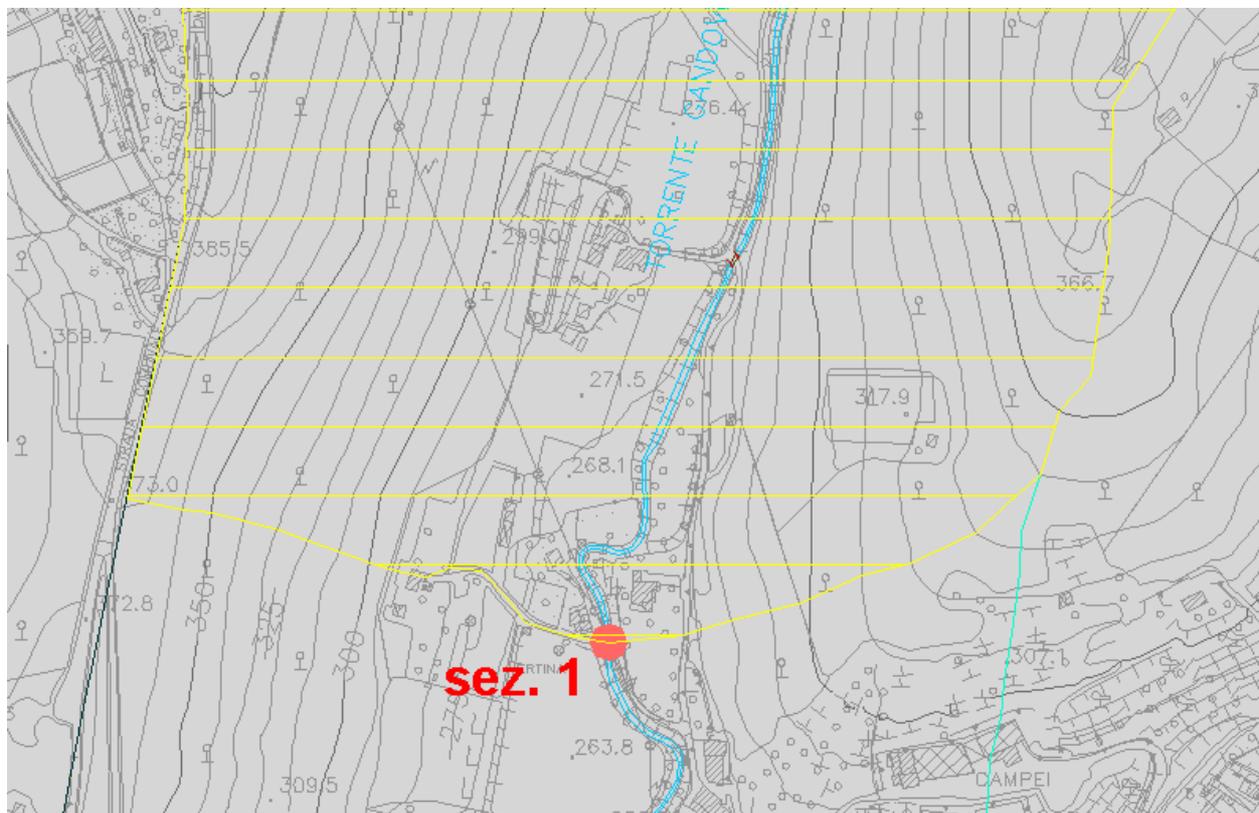


Figura 4: Inquadramento generale sezione di chiusura bacino idrografici n.°1 [disegno fuori scala].



Figura 5: Schema dimensionale sezione di chiusura bacino idrografici n.°1 [disegno fuori scala].



Figura 6: Sezione n.º1 vista verso monte.



Figura 7: Sezione n.º1 vista da valle.



Figura 8: Sezione n.°1 vista verso valle.

9.2 Bacino 2 - Torrente Valle della Cornola alla sezione di chiusura presso 'intersezione con via della Valle.

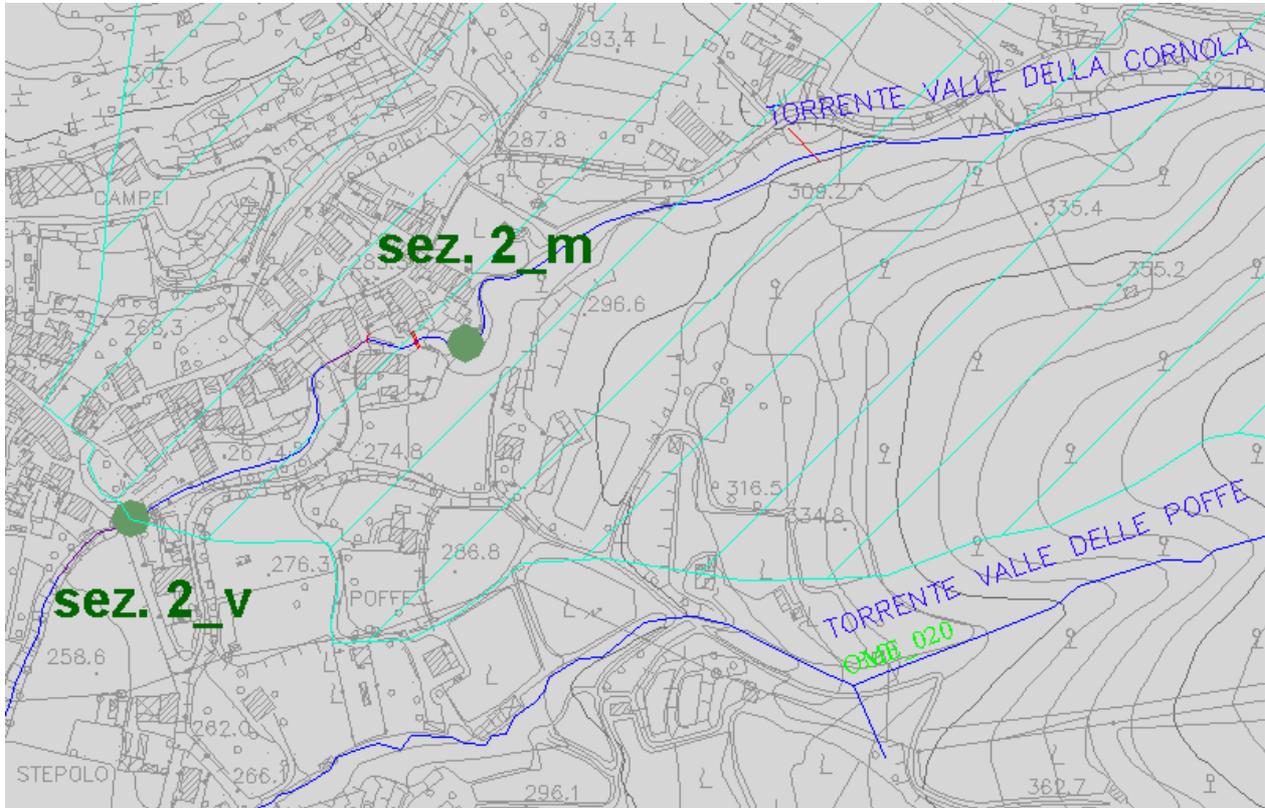


Figura 9: Inquadramento generale sezione di chiusura bacino idrografici n.°2 [disegno fuori scala].

SEZIONE n.° 2 di monte

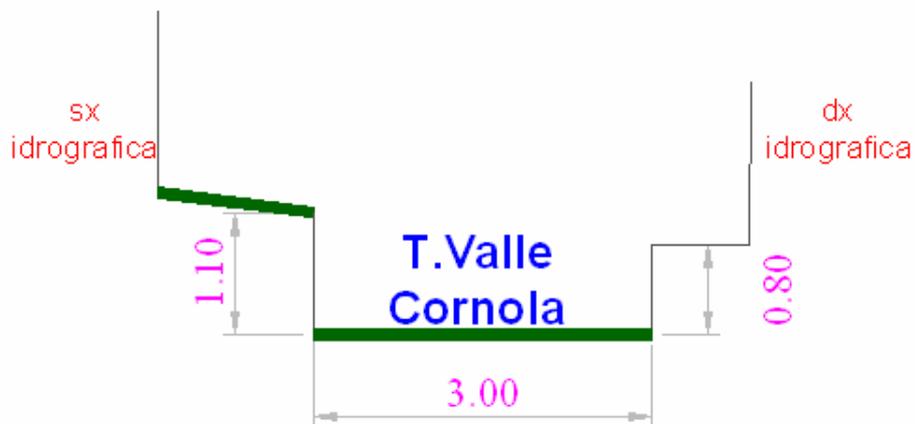


Figura 10: Schema dimensionale sezione di chiusura bacino idrografici n.°2 di monte [disegno fuori scala].

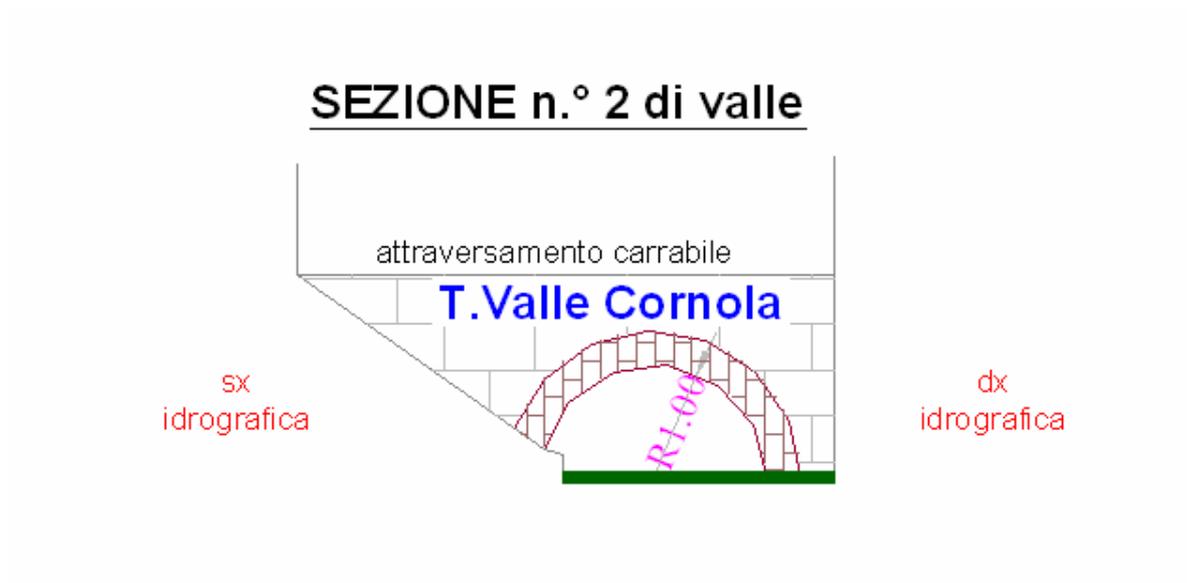


Figura 11: Schema dimensionale sezione di chiusura bacino idrografici n.°2 di valle [disegno fuori scala].



Figura 12: Sezione n.º2 di monte vista da monte.



Figura 13: Sezione n.º2 di monte verso monte.



Figura 14: Sezione n.º di valle vista da monte.



Figura 15: Sezione n.º di monte verso monte.

9.3 Bacino 3 - Torrente Valle Artegane alla sezione di chiusura presso l'intubamento di Via Maiolini.

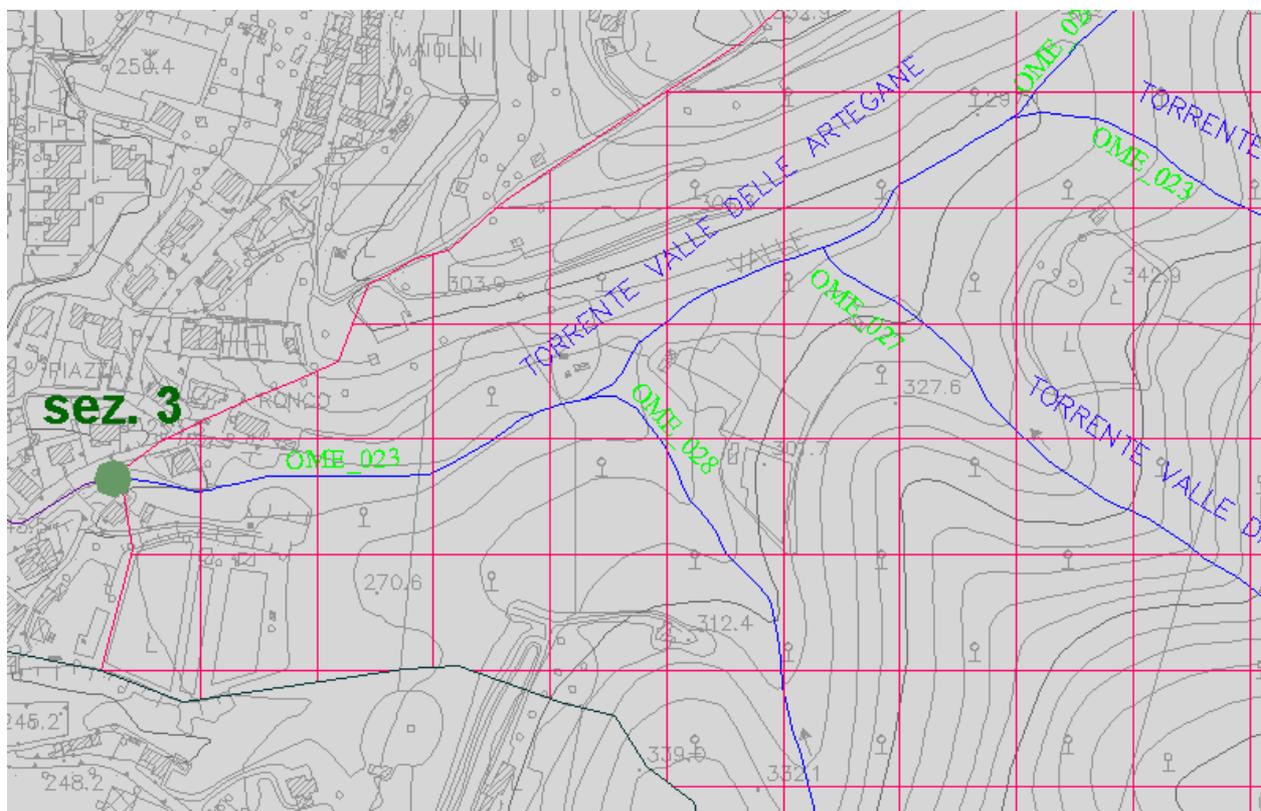


Figura 16: Inquadramento generale sezione di chiusura bacino idrografici n.°3 [disegno fuori scala].

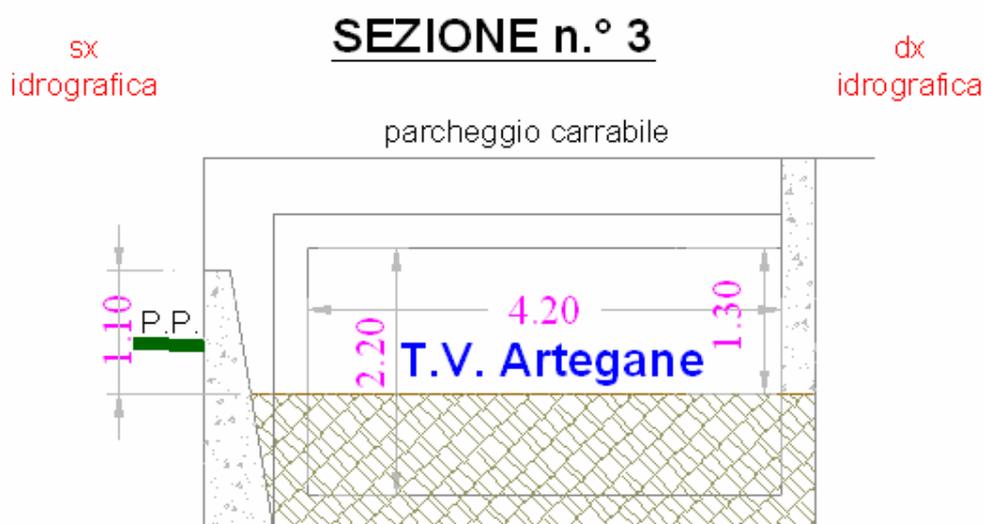


Figura 17: Schema dimensionale sezione di chiusura bacino idrografici n.°3 [disegno fuori scala].



Figura 18: Sezione n.°3 vista da monte.



Figura 19: Sezione n.°3 vista verso monte.

9.4 Bacino 4 - Torrente Gandovere alla sezione di chiusura presso l'oratorio.

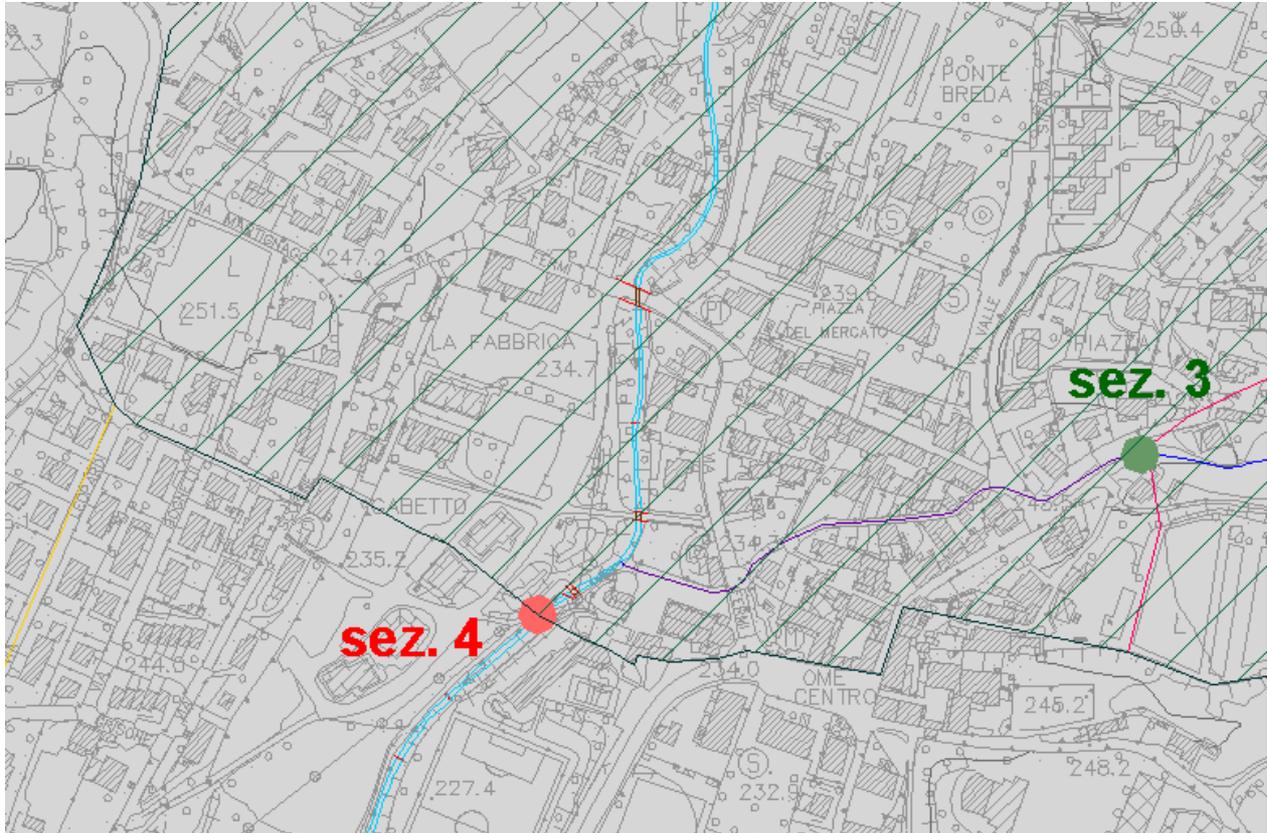


Figura 20: Inquadramento generale sezione di chiusura bacino idrografici n. 4 [disegno fuori scala].

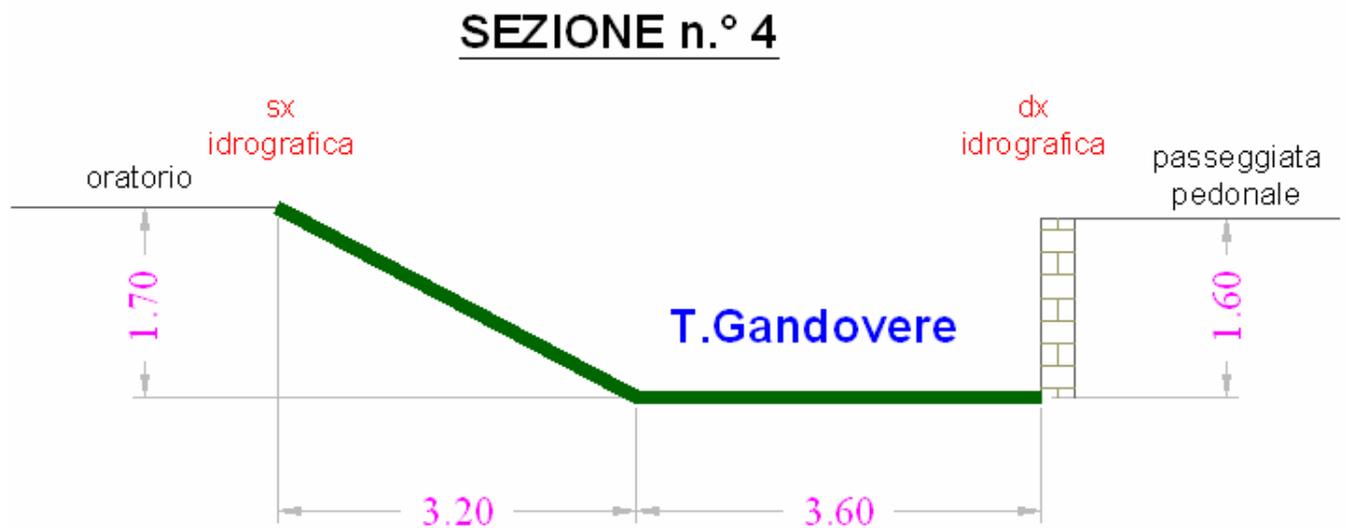


Figura 21: Schema dimensionale sezione di chiusura bacino idrografici n. 4 [disegno fuori scala].



Figura 22: Sezione n.°4 vista da valle.



Figura 23: Sezione n.°4 vista da monte.

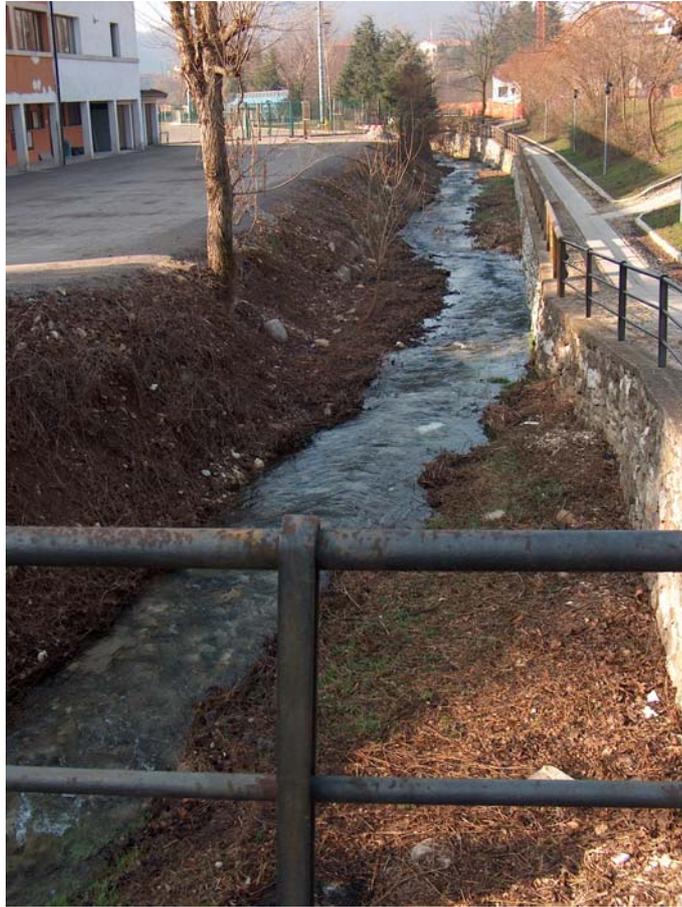


Figura 24: Sezione n.°4 vista da monte.

9.5 Bacino 5 - Torrente Valle della Merletta alla sezione di chiusura presso l'intubamento alla quota di circa 241 m s.l.m.

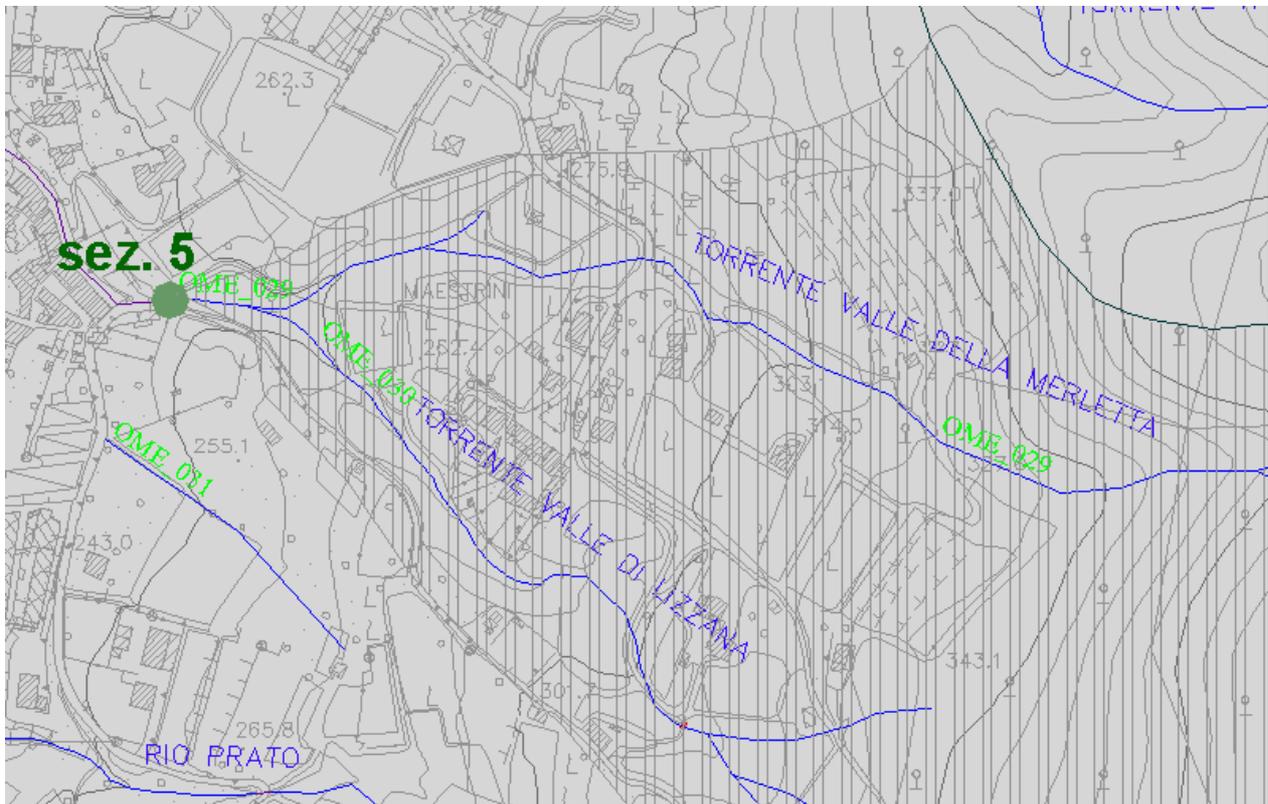


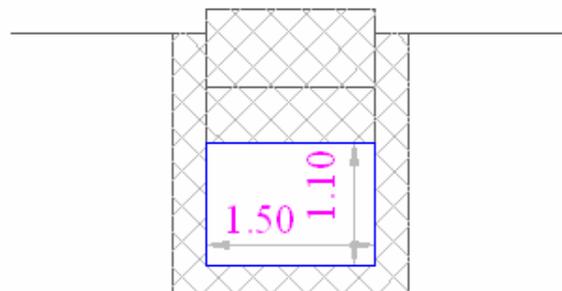
Figura 25: Inquadramento generale sezione di chiusura bacino idrografici n.°5 [disegno fuori scala].

SEZIONE n.° 5

sx
idrografica

dx
idrografica

attraversamento carrabile



T. Valle della Merletta

Figura 26: Schema dimensionale sezione di chiusura bacino idrografici n.°5 [disegno fuori scala].



Figura 27: Sezione n.°5 visto da monte.



Figura 28: Sezione n.°5 vista verso monte.

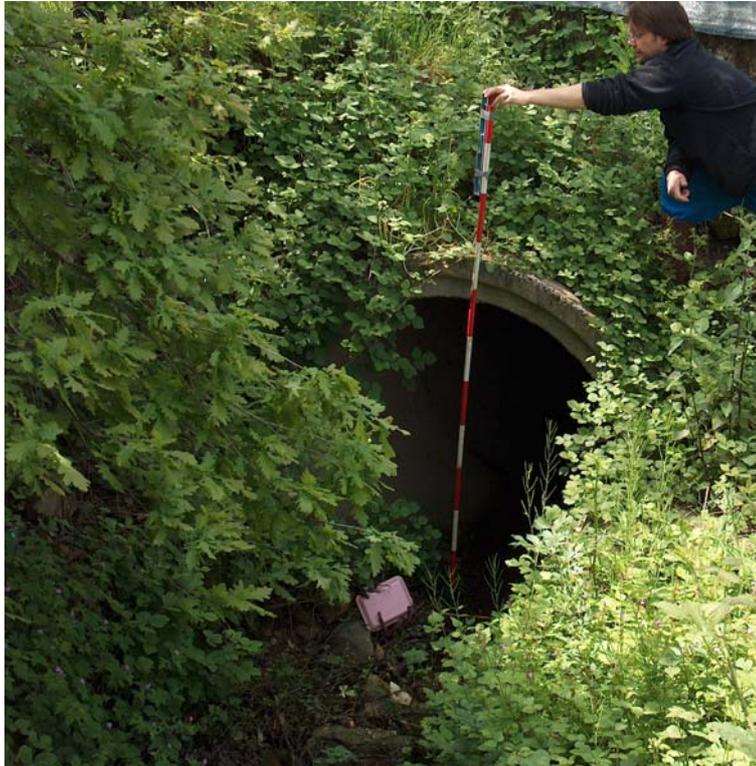


Figura 31: Sezione n.°6 vista da monte.

9.7 Bacino 7 - Torrente Martignago alla sezione di chiusura presso l'attraversamento della Strada Provinciale 47.

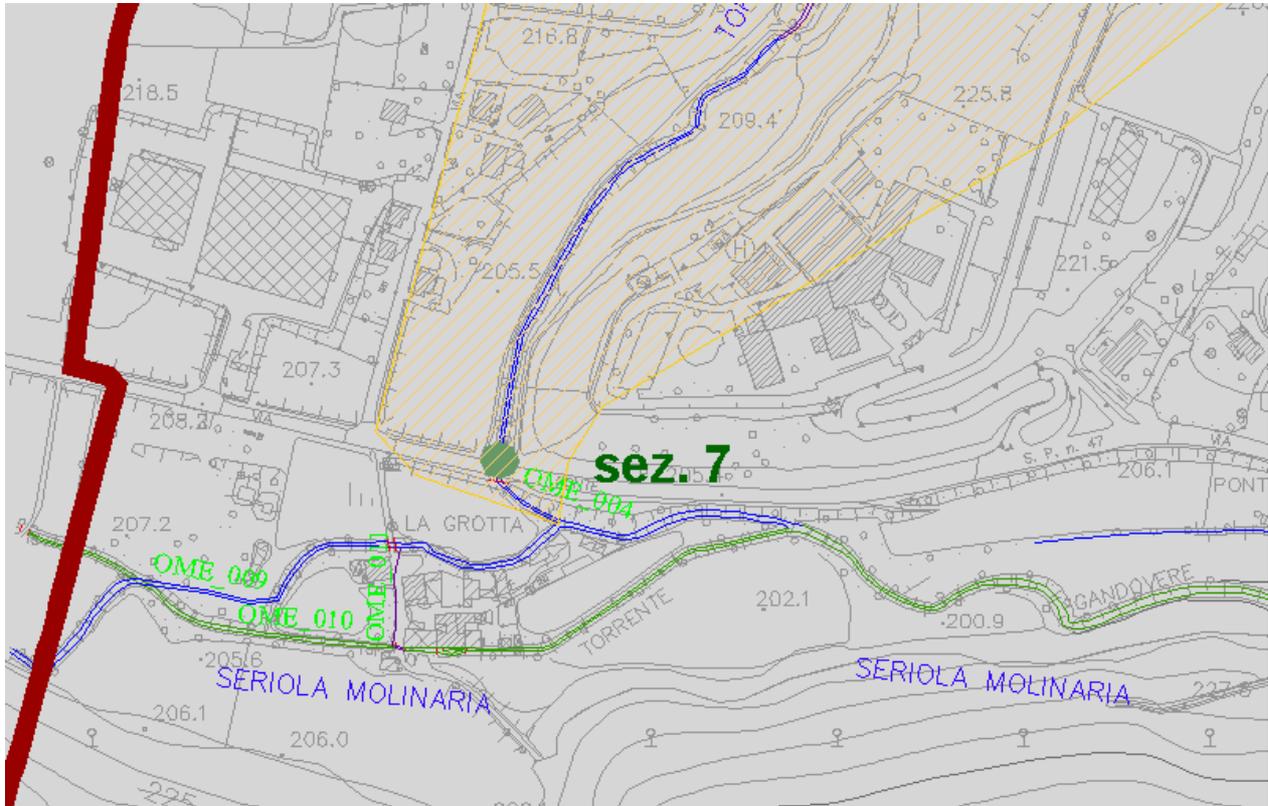


Figura 32: Inquadramento generale sezione di chiusura bacino idrografici n.°7 [disegno fuori scala].

SEZIONE n.° 7 di uscita

sx
idrografica

dx
idrografica

attraversamento S.P. 47

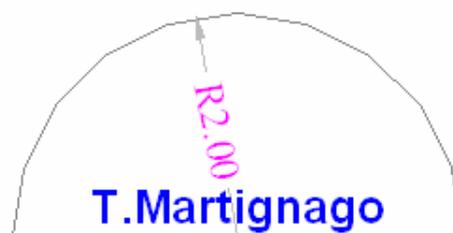


Figura 33: Schema dimensionale sezione d'uscita chiusura bacino idrografici n.°7 [disegno fuori scala].

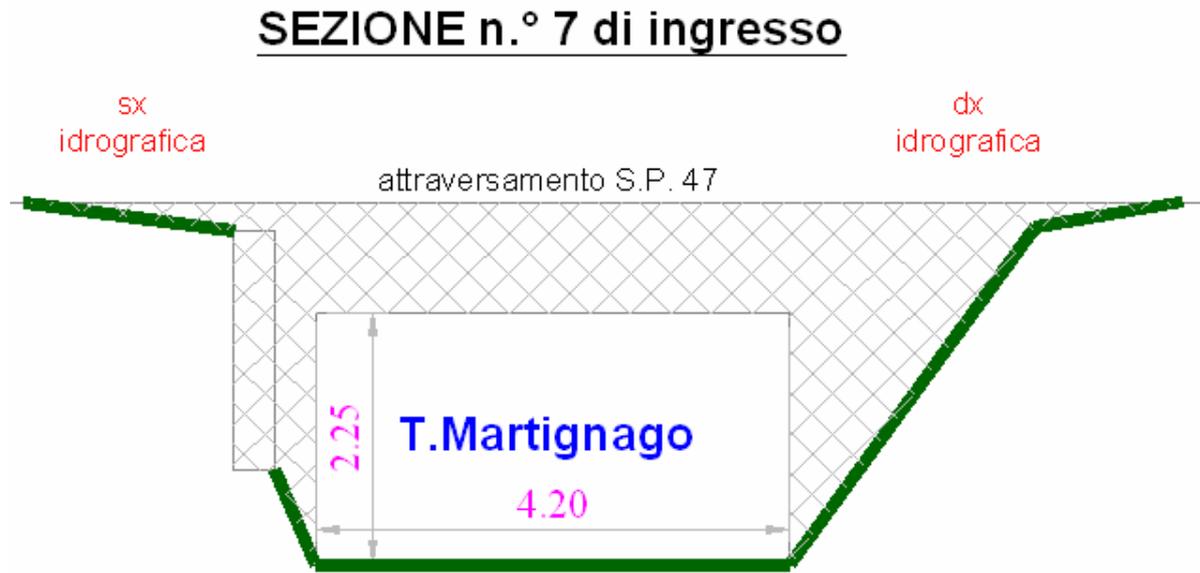


Figura 34: Schema dimensionale sezione d'ingresso chiusura bacino idrografici n.°7 [disegno fuori scala].



Figura 35: Sezione n.°7 uscita manufatto attraversamento visto verso monte.



Figura 36: Sezione n.°7 ingresso manufatto attraversamento visto da monte.

9.8 Bacino 8 - Torrente Gandovere alla sezione di chiusura presso l'attraversamento della Strada Provinciale 47.

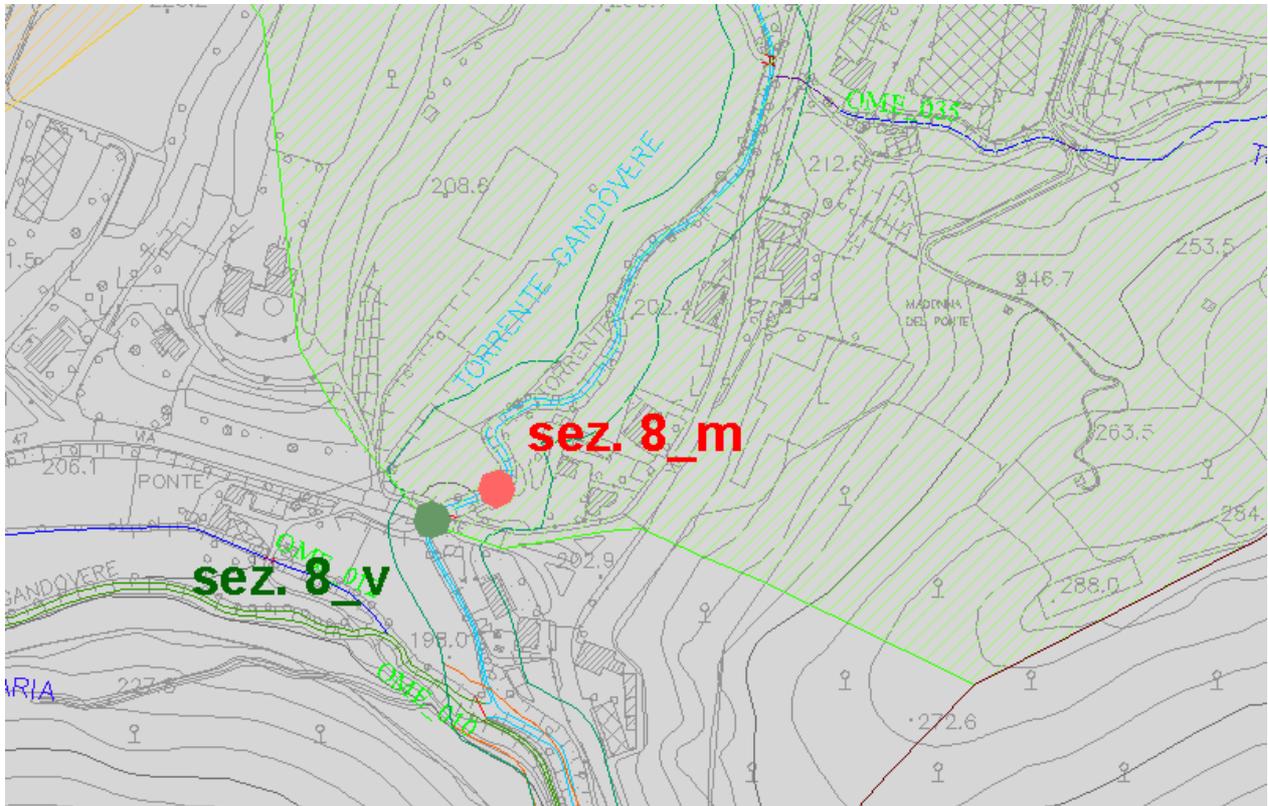


Figura 37: Inquadramento generale sezione di chiusura bacino idrografici n.º8 [disegno fuori scala].

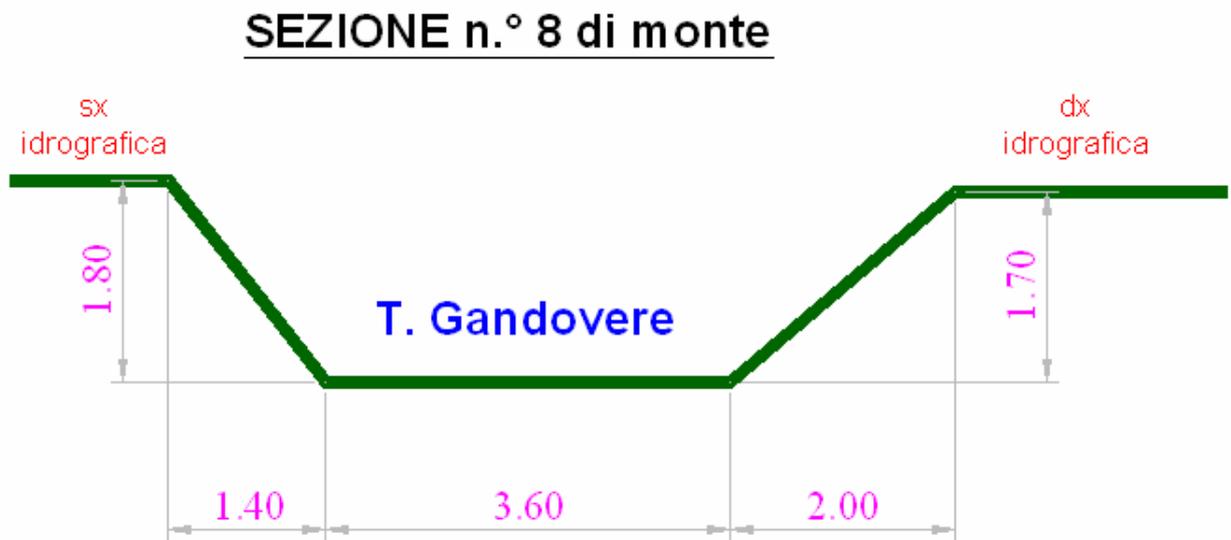


Figura 38: Schema dimensionale sezione di monte chiusura bacino idrografici n.º8 [disegno fuori scala].



Figura 40: Sezione n.°8 di monte vista da valle.



Figura 41: Sezione n.°8 di monte vista da monte.



Figura 42: Sezione n.°8 di valle vista da monte.



Figura 43: Sezione n.°8 di valle vista da monte.



Figura 46: Sezione n.°9 sbocco attraversamento S.P.46 vista da valle.



Figura 47: Sezione n.°9 vista da monte.