

## INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. AGGIORNAMENTI NOVEMBRE 2009 E MARZO 2010.....	5
3. STUDI ESISTENTI.....	9
<i>FASE D'ANALISI (INQUADRAMENTO DEL TERRITORIO)</i> .....	10
4. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....	10
5. ASPETTI METEO-CLIMATICI.....	10
6. ASPETTI GEOLOGICI.....	12
6.1 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO D'INSIEME .....	12
6.2 - SUBSTRATO ROCCIOSO .....	12
6.3 - DEPOSITI SUPERFICIALI .....	14
7. ASPETTI GEOMORFOLOGICI .....	18
7.1. QUADRO GEOMORFOLOGICO GENERALE .....	19
7.2. DESCRIZIONE DEGLI ELEMENTI GEOMORFOLOGICI .....	20
7.2.a. - FORME, PROCESSI E DEPOSITI LEGATI ALLA GRAVITA' .....	20
7.2.b. - FORME E PROCESSI LEGATI ALLE ACQUE SUPERFICIALI .....	25
7.2.c. - FORME E PROCESSI LEGATI ALL'ATTIVITÀ GLACIALE E NIVALE.....	29
7.2.d. - ELEMENTI IDROGEOLOGICI .....	30
7.2.e. - FORME ED ELEMENTI LEGATI ALL'ATTIVITÀ ANTROPICA.....	31
8. ASPETTI IDROGEOLOGICI – CARTA IDROGEOLOGICA.....	32
8.1.a. – ELEMENTI IDROGRAFICI.....	32
8.1.b. – ELEMENTI IDROGEOLOGICI .....	32
8.1.c. – STAZIONI DI MISURA.....	33
8.1.d. – ELEMENTI LEGATI ALL'ATTIVITÀ ANTROPICA .....	33
8.1.e. – OPERE DI REGIMAZIONE IDRAULICA .....	33
8.2. Permeabilità del substrato roccioso e dei depositi superficiali .....	36
8.3. Assetto idrogeologico generale .....	37

9. VALUTAZIONE E ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITA' MORFOLOGICA.....	40
9.1. ASSETTO MORFOLOGICO E PERICOLOSITA' MORFOLOGICA DEL FIUME OGLIO.....	40
9.2. - PERICOLOSITÀ RELATIVA AI CONOIDI ALLUVIONALI .....	43
9.3. - PERICOLOSITÀ MORFOLOGICA DEL CONOIDE DEL TORRENTE RE DI GIANICO.....	44
9.4. - PERICOLOSITÀ MORFOLOGICA DEL CONOIDE DELLA VAL VEDETTA .....	56
10. ANALISI DEL RISCHIO SISMICO .....	72
10.1 - NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	72
10.2 - RISPOSTA SISMICA LOCALE.....	72
10.3. ANALISI DI PRIMO LIVELLO - CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE .....	75
<i>FASE DI VALUTAZIONE (SINTESI DEGLI ELEMENTI) .....</i>	<i>78</i>
11. CARTA DEI VINCOLI .....	78
12. CARTA DI SINTESI.....	79
12.1. - AREE PERICOLOSE DAL PUNTO DI VISTA DELL'INSTABILITA' DEI VERSANTI. ....	79
12.1.a - Aree a pericolosità potenziale per fenomeni di caduta di blocchi a causa della presenza di pareti in roccia fratturata. ....	79
12.1.a1- Aree sorgenti dei fenomeni di caduta di blocchi rocciosi. ....	79
12.1.a2 - Aree di accumulo dei fenomeni di caduta di blocchi rocciosi. ....	79
12.1.a3 - Aree potenzialmente interessate da fenomeni di caduta di blocchi rocciosi .....	80
12.2. - Aree interessate da trasporto in massa e flussi di detrito su conoide .....	84
12.3. - AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDROGEOLOGICO .....	86
12.4. - AREE CHE PRESENTANO SCADENTI CARATTERISTICHE GEOTECNICHE. ....	87
12.5. - AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO .....	88
12.5.b – Corsi d'acqua caratterizzati da una forte tendenza all'erosione di fondo .....	88
12.5.c – Solchi di erosione .....	88
12.5.d - Aree poste a ridosso dell'alveo di corsi d'acqua e potenzialmente soggette a fenomeni di erosione.....	88
12.5.e - Aree adiacenti a corsi d'acqua da mantenere a disposizione per consentire l'accessibilità per interventi di manutenzione e per la realizzazione di interventi di difesa.....	89
<i>FASE PROPOSITIVA.....</i>	<i>90</i>
<i>FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO - NORME GEOLOGICHE DI PIANO .....</i>	<i>90</i>
13. NORME GEOLOGICHE DI PIANO - CARTA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO .....	90
14. - BIBLIOGRAFIA.....	91

## 1. PREMESSA

Lo studio relativo alla componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del territorio del comune di Gianico è stato redatto nell'agosto 2009 in riferimento alle indicazioni contenute nella d.g.r. 28 maggio 2008 n. 8/7374 - *Aggiornamento dei "criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologia, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005 n. 12", approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 -.*

Il comune di Gianico disponeva già di uno studio geologico di supporto alla pianificazione urbanistica redatto dallo scrivente nel settembre 1999 in riferimento alle indicazioni contenute nei criteri e indirizzi lr41-97 e ritenuto valido rispetto ad essi , nell'ambito del quale era stata fatta una valutazione della fattibilità geologica limitatamente ad una parte del settore di fondovalle del territorio comunale.

Successivamente, nell'agosto 2002, in riferimento alla d.g.r. n. 7/7365 del 11 dicembre 2001, relativa all'adeguamento degli strumenti urbanistici al Piano di Assetto Idrogeologico, nell'ambito del quale alcune zone dei conoidi alluvionali del torrente Re di Gianico e Val Vedetta i conoidi di fondovalle presenti nel territorio comunale sono state inserite nelle aree a rischio idrogeologico molto elevato sulla base di studi condotti nell'ambito della L.N. 267/98 (schede 024-LO-BS e 025-LO-BS), lo studio geologico è stato parzialmente aggiornato con la redazione della Carta dei rischi idraulici ed idrogeologici con legenda uniformata a quella del P.A.I., alla scala 1:10.000 ed estesa a tutto il territorio comunale, e con il tracciamento alla scala di dettaglio, su una carta alla scala 1:5.000, delle fasce fluviali del P.A.I. relative al fiume Oglio.

Nella d.g.r. 28 maggio 2008 n. 8/7374 il comune di Gianico rientra nell'elenco della tabella 2- allegato 13 dei comuni che hanno concluso l'iter relativo all'art. 18 delle N.d.A. del P.A.I. dove figura come comune "esonerato".

Lo studio dell'agosto 2009 ha ripreso i contenuti e le valutazioni relative agli studi geologici precedenti aggiornandoli ed integrandoli rispetto alla nuova normativa con l'estensione della valutazione della fattibilità geologica a tutto il territorio comunale, con la ripermetrazione della pericolosità dei conoidi di fondovalle in riferimento ad alcuni interventi di sistemazione eseguiti negli ultimi anni e con la valutazione degli aspetti relativi alla sismicità.

Dopo l'adozione dello studio, un controllo sugli elaborati relativi, redatti in data agosto 2009 e consegnati in data 14/08/09, ha messo in evidenza alcuni errori relativi alla cartografia ed al testo delle norme geologiche di piano. Gli errori sono principalmente legati alla mancata o errata trasposizione di retinature o sigle tra le carte di sintesi e di fattibilità e tra le stesse carte di sintesi o di fattibilità a scala diversa, come descritto nel paragrafo successivo.

In riferimento alla presenza di questi errori sono stati redatti nel novembre 2009 nuovi elaborati corretti, indicati come "aggiornamento novembre 2009", proposti in sostituzione degli elaborati errati nella fase delle osservazioni previste dall'iter di approvazione del P.G.T.

In seguito alla richiesta di integrazione da parte della Provincia di Brescia (Assetto Territoriale – prot. n. 0006213/10/44 del 20/01/2010), rispetto agli elaborati cartografici ed alla relazione illustrativa riguardanti la fase di analisi, è stato redatto un secondo aggiornamento, in data marzo 2010, che ha integrato lo studio dell'agosto 2009 con l'esame degli aspetti di carattere litologico, morfologico ed idrogeologico, ripresi ed aggiornati dallo studio del 1999.

Successivamente, al momento dell'approvazione, è stata condotta un'ulteriore aggiornamento, in data maggio 2010, per adeguare lo studio al parere espresso dalla Regione Lombardia – Direzione Generale Territorio ed Urbanistica – Tutela e valorizzazione del Territorio – Pianificazione e programmazione di bacino e locale – (Prot. Z1.2010.0006983 del 15/04/2010).

In accordo con le normative di riferimento l'aggiornamento dello studio in data maggio 2010 è costituito dalle seguenti tavole cartografiche.

- Fase d'analisi. In questa fase sono state effettuate la raccolta dei dati esistenti (geologici, morfologici, idrogeologici, idrografici ed ambientali) ed una serie di osservazioni di campagna finalizzate alla definizione degli aspetti complessivi del territorio.

- *Tavola 9 - Carta geologica - scala 1:10.000 – estesa a tutto il territorio*

- *Tavola 10 - Carta geomorfologica - scala 1:10.000 – estesa a tutto il territorio*

- *Tavola 11 - Carta idrogeologica - scala 1:10.000 – estesa a tutto il territorio*

- *Tavola 1 - Carta litologica, geomorfologica ed idrogeologica con elementi geologico-tecnici - scala 1:2.000 – per la zona di fondovalle*

- *Tavola 2 - Carta della pericolosità sismica locale (analisi di 1° livello) - scala 1:10.000 – estesa a tutto il territorio*

• Fase di sintesi/valutazione. In questa fase sono stati esaminati ed incrociati gli elementi desunti dalla fase precedente, individuando le situazioni di pericolosità geologica-geotecnica e morfologica e la vulnerabilità idraulica e idrogeologica, con le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative di contenuto prettamente geologico in vigore.

- *Tavola 3 - Carta dei vincoli – scala 1:10.000 – estesa a tutto il territorio*

- *Tavola 4 - Carta di sintesi - scala 1:2.000 - per il settore di fondovalle*

- *Tavola 5 - Carta di sintesi - scala 1:10.000 - per tutto il territorio comunale*

- Fase di proposta. In questa fase è stata condotta la valutazione critica delle condizioni di pericolosità dei fenomeni rilevati, dei conseguenti scenari di rischio e delle componenti geologico-ambientali.

- *Tavola 6 - Carta di fattibilità delle azioni di piano - scala 1:2.000 – estesa al settore di fondovalle*

- *Tavola 7 - Carta di fattibilità delle azioni di piano - scala 1:10.000 – estesa a tutto il territorio comunale*

- *Tavola 8 - Carta dei rischi idraulici ed idrogeologici: delimitazione delle aree in dissesto con legenda uniformata alla legenda PAI - scala 1:10.000 - estesa a tutto il territorio comunale*

La descrizione degli aspetti geologici generali e di dettaglio ed i relativi allegati sono contenuti nella presente Relazione Illustrativa (Elaborato A) mentre le normative conseguente è contenuta nelle Norme Geologiche di Piano (Elaborato B).

## 2. AGGIORNAMENTI

### 2.1 – AGGIORNAMENTO NOVEMBRE 2009

Come descritto nel paragrafo precedente, successivamente all'adozione dello studio redatto in data agosto 2009 sono stati effettuati due aggiornamenti, il primo in data novembre 2009 ed il presente in data marzo 2010.

L'aggiornamento dello novembre 2009 si è reso necessario in seguito alla presenza di alcuni errori negli elaborati cartografici e nel testo delle norme geologiche di piano.

Nel dettaglio gli errori individuati sono i seguenti:

- mancanza della retinatura relativa alla perimetrazione come ZONA 2 della L267/98 su un'area posta in sponda sinistra del torrente Re di Gianico nel tratto compreso tra il ponte della strada per Fucine e il canale idroelettrico; la mancanza si rileva sulla carta di fattibilità alla scala 1:10.000 e 2.000, a fronte di un'assegnazione corretta delle sigle relative alla classe di fattibilità ed al fattore limitante, ed è stata trasferita anche sulla Carta dei Vincoli e sulla Carta con legenda PAI;
- mancanza della voce relativa ai fenomeni di valanga nella legenda delle carta di sintesi alla scala 1:10.000 a fronte della presenza della retinatura corretta delle aree interessate, mancanza della medesima voce nella legenda e nelle sigle che indicano il fattore limitante sulle aree interessate nella carta di fattibilità alla scala 1:10.000, a fronte della perimetrazione corretta delle aree stesse, e mancanza della medesima voce nel testo delle norme geologico di piano;
- mancanza della retinatura relativa alla pendenza dei terreni nella carta di sintesi alla scala 1:2.000 per l'area comprendente la chiesa della Madonnina, a fronte della presenza nella carta di sintesi alla scala 1:10.000;
- presenza, nella carta di fattibilità alla scala 1:2.000, della retinatura della classe 2, in contrasto all'assegnazione alla classe 3, per l'area comprendente i fabbricati posti alla base del pendio subito a valle della chiesa della Madonnina, a fronte di una retinatura corretta nella carta alla scala 1:10.000;
- mancanza, nella carta di sintesi alla scala 1:10.000, della retinatura relativa ai fenomeni di reptazione su alcune aree poste al limite sud-ovest del territorio comunale, alla base del versante sinistro della Val Camonica in prossimità del confine con il comune di Artogne, a fronte della presenza nella carta alla scala 1:2.000; mancanza per le stesse aree, nella carta di fattibilità alla scala 1.2.000, della sigla relativa ai fenomeni franosi quiescenti (u) e mancanza della voce relativa nella legenda, a fronte della loro presenza nella carta alla scala 1:10.000;
- mancanza, nella carta di fattibilità alla scala 1:2.000, del limite tra aree a pendenza bassa ed aree a pendenza media situate alla base del versante sinistro della Val Camonica a monte della località Dosso, a fronte della presenza del limite nella carta di sintesi;
- assegnazione, nella carta di fattibilità alla scala 1:10.000, ad alcune aree situate nella zona di Malga Silter e di Malga Bassinale della sigla relativa al materiale di riporto (r) invece della sigla relativa alle aree soggette a fenomeni di crollo (v) a fronte di una corretta individuazione dei fenomeni nella carta di sintesi;
- presenza, nella carta di sintesi alla scala 1:10.000, della retinatura relativa alle aree con pendenza bassa per alcune aree a pendenza da media ad alta situate nella zona del Dosso Beccheria e di Malga Paglia, a fronte di una corretta assegnazione della sigla corrispondente nella carta di fattibilità;

- mancanza, nella carta di sintesi alla scala 1:10.000, della retinatura relativa ai fenomeni di caduta di blocchi per una piccola area situata poco a valle di Malga Paglia, a fronte di una corretta assegnazione della sigla corrispondente nella carta di fattibilità;
- assegnazione erronea, nella carta di fattibilità alla scala 1:10.000, alla classe 4 dell'area di Malga Cimosco, a fronte delle limitazioni individuate e rappresentate correttamente nella carta di sintesi che trovano corrispondenza nella classe 3.

In riferimento alla presenza di questi errori sono stati redatti nuovi elaborati corretti, indicati come "aggiornamento novembre 2009". Gli elaborati oggetto della correzione sono stati i seguenti:

- Norme Geologiche di Piano;
- Tavola 3 - Carta dei vincoli - scala 1:10.000;
- Tavole 4 e 5 - Carta di sintesi - scala 1:2.000 e scala 1:10.000;
- Tavole 6 e 7- Carta di fattibilità delle azioni di piano - scala 1:2.000 e scala 1:10.000;
- Tavola 8 - Carta dei rischi idraulici ed idrogeologici: delimitazione delle aree in dissesto con legenda uniformata alla legenda PAI; - scala 1:10.000.

## **2.2 – AGGIORNAMENTO MARZO 2010**

L'aggiornamento in data marzo 2010 si è resa necessaria in seguito alla richiesta da parte della Provincia di Brescia (Assetto Territoriale – prot. n. 0006213/10/44 del 20/01/2010), di integrare lo studio dell'agosto 2009 con gli aspetti di carattere litologico, morfologico ed idrogeologico che sono stati pertanto ripresi ed aggiornati rispetto allo studio del 1999. Lo studio è stato quindi integrato con la redazione delle seguenti elaborati cartografici:

- *Tavola 9 - Carta geologica - scala 1:10.000;*
- *Tavola 10 - Carta geomorfologica - scala 1:10.000,*
- *Tavola 11 - Carta idrogeologica - scala 1:10.000.*

E' stata inoltre integrata la relazione illustrativa con la descrizione degli aspetti relativi ai nuovi elaborati cartografici.

## **2.3 – AGGIORNAMENTO MAGGIO 2010**

Il presente aggiornamento, in data maggio 2010, si è reso necessario per adeguare lo studio al parere espresso dalla Regione Lombardia – Direzione Generale Territorio ed Urbanistica – Tutela e valorizzazione del Territorio – Pianificazione e programmazione di bacino e locale – (Prot. Z1.2010.0006983 del 15/04/2010).

Nell'ambito del presente aggiornamento sono state apportate le seguenti modifiche.

Carta della pericolosità sismica locale. E' stata riportata correttamente la zonazione dei fenomeni franosi attivi e quiescenti così come indicati nella carta di sintesi, inserendoli rispettivamente nelle categorie Z1a e Z1b; in particolare è stata inserita la frana attiva della Val Vedetta precedentemente assente per errore.

E' stata riportata correttamente la zonazione della categoria Z1c comprendendo in essa, così come da definizione, tutte le categorie della carta di sintesi interpretabili come "zone potenzialmente franose o esposte a rischio frana" (fenomeni di crollo: aree sorgente, aree di accumulo e aree potenzialmente interessabili; aree interessate da fenomeni franosi inattivi; aree di potenziale espansione dei fenomeni franosi; aree con pareti o affioramenti rocciosi interessati da fenomeni di degradazione).

E' stata tolta la sovrapposizione fra le categorie Z1a, Z1b e Z1c, dando priorità ai fenomeni attivi e secondariamente a quelli quiescenti.

Sono state invece mantenute le sovrapposizioni fra le categorie Z1 e le categorie Z4 e quelle fra la categoria Z2 e le categorie Z4 in quanto si tratta di aspetti differenti che si ritiene debbano essere messi in evidenza separatamente quando entrambi presenti in una certa area.

Sono stati infine corretti alcuni piccoli errori materiali relativi all'attribuzione della categoria a certe aree.

Carta idrogeologica. Nella legenda della Carta Idrogeologica è stata inserita la voce relativa alle "aree con bassa soggiacenza della falda" che, come osservato anche dalla Provincia di Brescia, mancava nella precedente versione.

Carta dei rischi idraulici ed idrogeologici: delimitazione delle aree in dissesto con legenda uniformata alla legenda PAI.

Facendo riferimento alla Carta di Sintesi, sulla Carta dei rischi idraulici ed idrogeologici è stata riportata correttamente la zonazione delle frane (Fa, Fq, Fs), correggendo alcuni errori materiali rispetto alla versione precedente. Nella categoria Fa sono state inserite le aree interessate da fenomeni franosi attivi, nella categoria Fq le aree interessate da fenomeni franosi quiescenti e le aree sorgente e di accumulo dei fenomeni di crollo, mentre nella categoria Fs le aree interessate da fenomeni franosi inattivi.

In riferimento alla carta di sintesi, è stata riportata correttamente la zonazione delle valanghe (Va e Vm) correggendo alcuni limitati errori materiali rispetto alla versione precedente; nella categoria Va sono state inserite le aree interessate da fenomeni di valanga, mentre nella categoria Vm le aree potenzialmente interessate da fenomeni di valanga.

E' stata tolta la sovrapposizione fra le categorie Fa, Fq e Fs, dando priorità ai fenomeni attivi e secondariamente a quelli quiescenti. Per una migliore visualizzazione della carta sono state inoltre tolte le sovrapposizioni tra le frane e le esondazioni e i dissesti di carattere torrentizio (Ee, Eb, Em) e quelle tra queste ultime ed i fenomeni di trasporto in massa o esondazione sui conoidi (Cp, Cn); tali sovrapposizioni sono infatti implicite con una corretta lettura della carta.

Sono state invece mantenute le sovrapposizioni fra le valanghe (Va, Vm) e tutte le altre categorie e le sovrapposizioni tra frane (Fa, Fq e Fs) e conoidi (Cp, Cn) in quanto si tratta di aspetti differenti che si ritiene debbano essere messi in evidenza separatamente quando presenti in una stessa area.

In riferimento all'osservazione da parte delle Regione Lombardia sull'attribuzione, nella Carta dei Rischi Idraulici ed Idrogeologici (PAI) alla categoria Fs del fenomeno franoso presente in località Dosso, che nell'ambito dello studio geologico dell'agosto 2002 era stata assegnata alla categoria Fq si rileva che la diversa attribuzione è stata fatta in

riferimento ad un esame aggiornato della situazione morfologica complessiva del versante, condotto anche sulla base dell'indagine geologica relativa ai fenomeni franosi che interessano il bacino idrografico della Val Vedetta. I rilievi condotti hanno permesso di riconoscere la presenza di evidenze di deformazioni recenti nel settore di versante posto a monte del ripiano morfologico della località Dosso, per cui sono stati considerati come quiescenti i fenomeni franosi situati a monte del ripiano, comprendendo la parte superiore dell'area a suo tempo assegnata alla categoria Fq, mentre è stata considerata come legata a deformazioni gravitative profonde di versante prive di evidenze di attività, ed assegnata alla categoria Fs, la zona del piede del versante, corrispondente alla parte inferiore della zona in esame.

In merito alle osservazioni della Regione Lombardia e della Provincia di Brescia si precisa inoltre che non vi può essere completa corrispondenza tra le perimetrazioni della Carta dei Rischi Idraulici ed Idrogeologici (PAI) e della Carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL) relativamente ai fenomeni franosi. In particolare, vista la definizione degli scenari sismici e la possibile interpretazione dei fenomeni, non si ha corrispondenza diretta tra la categoria Fq (frane quiescenti) e lo scenario Z1b (zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti) e tra la categoria Fs (frane stabilizzate) e lo scenario Z1c (zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana). Ad esempio, per le aree sorgente e di accumulo dei crolli di blocchi rocciosi, la categoria più adatta per la carta PAI è la Fq, mentre per la carta PSL si ritiene sia più idonea lo scenario Z1c piuttosto che lo scenario Z1b, in quanto non si tratta di veri e propri "movimenti franosi quiescenti", ma piuttosto di "zone potenzialmente franose o esposte a rischio frana". Sempre a titolo di esempio, nello scenario sismico Z1c sono state inserite alcune categorie della carta di sintesi interpretabili come "zone potenzialmente franose o esposte a rischio frana" (Z1c), ma non come frane inattive o stabilizzate (Fs) e quindi le due perimetrazioni non coincidono.

Carta dei Vincoli. In riferimento alle variazioni introdotte è stata conseguentemente aggiornata la Carta dei Vincoli che rappresenta anche le aree a rischio individuate nella Carta dei Rischi Idraulici ed Idrogeologici.

Carta di fattibilità delle azioni di piano. Come richiesto nel parere della Regione Lombardia, pur non concordando affatto con le considerazioni relative, sono state inserite nella classe 4 di fattibilità tutte le aree assegnate alla categoria Fq (frane quiescenti) nella Carta dei Rischi Idraulici ed Idrogeologici (PAI). Nella valutazione della fattibilità geologica erano state infatti assegnate alla classe 3 le aree, indicate con la sigla **u** nella Carta di Fattibilità delle azioni di piano, corrispondenti alle zone di frane per deformazione gravitativa profonda di versante che sulla base dell'analisi morfologica condotta in questa sede erano state considerate come probabilmente quiescenti perché poste in settori di versante per i quali non si hanno evidenze dirette di deformazioni recenti, ma che presentano comunque una relativa evidenza morfologica e sono posti a monte dei settori che hanno subito riattivazioni in periodo recente..

La sottoclasse 3u è stata pertanto stralciata dalla legenda della Carta di Fattibilità delle azioni di piano e le relative norme sono state stralciate dalla testo delle Norme Geologiche di Piano.

Questa variazione della fattibilità ha interessato una piccola area posta ad ovest della località Dosso e tutto il settore di versante comprendente le località Prà di Roncazzo, Prà del Bosco, Prà di Larice e Malga Campello.



### 3. STUDI ESISTENTI

Nella redazione del presente studio si è tenuto conto dei dati, studi e indagini esistenti sulle aree in esame, sia quelli di carattere generale sia quelli di dettaglio.

In particolare, per quanto riguarda gli studi di carattere generale sono stati consultati i seguenti studi.

- Autorità di Bacino del fiume Po - *Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) - Interventi sulla rete idrografica e sui versanti (Legge 18 maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6-ter).* - *Tavole Di Delimitazione Delle Fasce Fluviali*, Parma, 2001 - individua le fasce di potenziale esondazione del fiume Oglio.
- Regione Lombardia, Direzione Generale Territorio ed Urbanistica, Struttura Rischi Idrogeologici - *Inventario delle frane e dei dissesti idrogeologici della Regione Lombardia - 2002.*

Per quanto riguarda gli studi di dettaglio sono stati consultati i seguenti studi.

- Leoni C. - *Perimetrazione della pericolosità morfologica dei conoidi alluvionali del torrente Re di Gianico e Val Vedetta.* - Regione Lombardia, 1998.
- Geo.Te.C. Studio Associato - *Indagine geologica sui fenomeni franosi della Val Vedetta - Comune di Gianico, 2003.*
- Ceriani M., Fossati D., Quattrini S. - *Valutazioni della pericolosità idrogeologica sulle conoidi alpine; esempio della metodologia di Aulitzky applicata alla conoide del torrente Re di Gianico - Va Cmonica (BS) - Alpi Centrali. XXVI convegno di idraulica e costruzioni idrauliche - Catania, 9-12 settembre 1998. Atti, volume III.*

## **FASE D'ANALISI (INQUADRAMENTO DEL TERRITORIO)**

---

### **4. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO**

Il paese di Gianico si trova nel tratto inferiore della Valle Camonica, alla base del versante sinistro nella zona di coalescenza tra i conoidi alluvionali del torrente Re e della Val Vedetta. Il territorio comunale si estende sia nella zona di fondovalle, dove comprende oltre al settore dei conoidi alluvionali anche un settore dalla piana del fiume Oglio, sia soprattutto su versante sinistro della Val Camonica dove comprende il bacino idrografico della Val Vedetta, il settore di sinistra del bacino del torrente Re di Gianico e una parte della testata della valle del torrente Resio.

Il territorio comunale ha una superficie di 13,26 km<sup>2</sup> e confina ad est con il comune di Rogno (Provincia di Bergamo), secondo un tratto del fiume Oglio, a nord con il comune di Darfo Boario terme, secondo il fondovalle del torrente Re, a nord-est con il Comune di Esine lungo un tratto del torrente Resio e lungo il crinale del monte Rosello, a sud-est con il Comune di Bovegno, Val Trompia, secondo la linea di cresta monte Rosello - Cima Torricella - Corno Mura - Stanga di Bassinale, ed a sud con il Comune di Artogne.

Il territorio è compreso nelle sezioni *D4b3*, *D4b4*, *D4c3* e *D4c4* della Cartografia Tecnica Regionale alla scala 1:10.000.

### **5. ASPETTI METEO-CLIMATICI**

All'interno del territorio comunale di Gianico esiste una stazione di rilevamento dei dati meteorologici ubicata alla sommità della Val Vedetta (quota 1050 m), di proprietà del Comune di Gianico ed entrata in funzione nel settembre 2005, dotata di termometro e di un pluviografo che consentirà di valutare anche le piogge intense. I dati raccolti dalla centralina vengono inviati in automatico, via GSM, alla piattaforma FTP della ditta Hortus, la quale provvede all'aggiornamento dei dati in formato CSV sul server ed a garantire agli utenti accreditati l'accesso al server ed al sito web standard mediante PC, telefono GPRS o computer e palmare con browser.

In prossimità del territorio Gianico, al confine con Darfo, a Bessimo sul fondovalle, si trova una stazione gestita dal Consorzio di irrigazione del fiume Oglio, dotata di termometro e pluviometro e di un idrometro che consente di rilevare il livello delle acque del fiume Oglio. Entrambe le stazioni sono in funzione da poco tempo e non dispongono di una collezione di dati significativa per una valutazione rappresentativa della situazione meteo-climatica dell'area che però può essere desunta da stazioni di rilevamento presenti in aree adiacenti e dai dati disponibili in letteratura.

I dati relativi alle elaborazioni contenute nel PTCP della provincia di Bergamo, riguardanti il periodo 1955-1984, danno le zone adiacenti del territorio di Rogno comprese tra le isoterme medie di 11 e 12 °C. Per quanto riguarda le isochimene e le isotere (rispettivamente medie del mese di gennaio e del mese di luglio) il settore del versante destro

della Val Camonica, di fronte a Gianico ricade indicativamente tra le isoterme di 19 e 21 °C e tra le isoterme di 2 e 3 C°.

Le stazioni pluviometriche più vicine al territorio di Gianico, oltre a Bessimo, sono quelle di Angolo, posta poco a monte lungo la valle del torrente Dezzo, di Sacca di Esine, posta più a nord sul versante sinistro della Val Camonica e di Piazze di Artogne, anch'essa sul versante sinistro della Val Camonica, ma più a sud.

Meno vicina è la stazione di Breno, per la quale sono disponibili elaborazioni relativi alla piogge intense.

Dalla Carta delle Precipitazioni Medie, Minime e Massime del Territorio Alpino Lombardo (Regione Lombardia, dicembre 1999) relativa al periodo 1891-1990 il territorio di Gianico si trova compreso tra le isoiete di 1300 e 1450 mm per le piogge medie, tra le isoiete di 550 e 750 mm per la media delle piogge minime e tra 2000 e 2150 mm per la media delle massime.

Nella seguente tabella sono riportati i valori relativi alle stazioni presenti nell'area.

Stazione	quota (m)	periodo	media (mm)	minima (mm)	massima (mm)
Bessimo	250	1982-1983	1060,78	938,0	1183,4
Angolo	420	1915-1980	1345,3	419,0	2059,0
Piazze d'Artogne	650	1923-1962	1248,6	740,0	1892,0
Breno	312	1907-1983	1012,1	449,0	2377,0

L'esame dei dati pluviometrici delle stazioni di Angolo Terme, Sacca di Esine, Piazze d'Artogne e Breno, relativi al periodo 1951-1959, riportati nella tabella seguente, mostra un periodo di massimo tardo-primaverile ed estivo che può estendersi, con un massimo relativo, anche al periodo autunnale e da un periodo di minimo in inverno. Il massimo mensile si registra di norma in maggio.

stazione	quota m slm	periodo	precipitazioni in mm												Anno
			Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	
Angolo	420	51-59	51	64	86	124	183	144	114	104	120	133	146	70	1339
Sacca	250	51-59	49	49	79	105	176	152	138	135	115	135	130	66	1329
Piazze	650	51-59	46	54	77	100	151	126	126	143	117	118	121	64	1243
Breno	312	51-59	47	43	62	81	115	127	101	107	92	102	84	58	1019

Per quanto riguarda la valutazione delle piogge di forte intensità si può fare riferimento ai dati elaborati dalla provincia di Brescia per le stazioni di Breno, rappresentativa soprattutto per il settore di fondovalle e la parte medio-inferiore dei versanti, ed al limite per la stazione di Memmo, situata in Val Trompia, indicativamente rappresentativa per le zone poste alla sommità del versante sinistro della Val Camonica, mentre per il futuro si potrà far riferimento alla stazione della Val Vedetta.

Per quanto riguarda le precipitazioni nevose e la persistenza del manto nevoso esiste invece una stazione legata agli impianti sciistici di Montecampione, che però è attiva solo nel periodo invernale

## 6. ASPETTI GEOLOGICI

Relativamente agli aspetti geologici generali, in questa sede si è fatto riferimento allo studio geologico redatto nel 1999, aggiornandone la cartografia soprattutto per il settore per il settore dei conoidi e della piana di fondovalle per i quali, rispetto allo studio precedente, si è resa disponibile una nuova base topografica alla scala 1:2.000.

Nella fase d'analisi sono state redatte pertanto la *Carta geologica*, estesa a tutto il territorio comunale (Tavola 9 – scala 1:10.000) e la *Carta della dinamica geomorfologica di dettaglio con elementi litologici e geotecnici* per il settore di fondovalle del territorio comunale (Tavola 1 - scala 1:2.000). In queste tavole sono rappresentate le litologie lapidee che costituiscono il substrato roccioso, affioranti e subaffioranti, e la coltre dei depositi superficiali. Le litologie del substrato roccioso sono state distinte adottando le unità formazionali individuate nella carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000 mentre per quanto riguarda i depositi superficiali sono stati rappresentati solo i lembi caratterizzati da estensione e potenza significativi alla scala della carta, distinguendoli tra loro in ragione delle genesi e dell'età.

Per quanto riguarda gli aspetti litologici, la legenda di queste carte è stata strutturata operando una prima separazione tra i materiali, distinguendo le litologie sciolte dalle litologie lapidee. I *terreni* (litologie sciolte) sono dei materiali i cui costituenti, individui cristallini o clasti di varia origine, composizione e dimensione, non sono legati tra loro, o lo sono ma da forze coesive relativamente deboli. Le rocce (litologie lapidee) sono invece dei materiali i cui costituenti sono tenuti uniti da forze coesive tali da conferire all'insieme una compattezza apprezzabile. Alle unità della classe delle litologie sciolte corrispondono generalmente i depositi superficiali, mentre alla classe delle litologie lapidee appartengono soprattutto i materiali costituenti il substrato. All'interno di queste due classi i vari materiali sono stati distinti tra loro in base ai caratteri di composizione, tessitura e struttura, espressi anche mediante connotazioni di tipo genetico, nei casi in cui esiste una diretta relazione tra genesi e litologia, come spesso accade per i depositi superficiali.

### 6.1 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO D'INSIEME

Il territorio del comune di Gianico si sviluppa in corrispondenza del versante sinistro della Val Camonica che in questo tratto corrisponde al fianco settentrionale di una struttura tettonica nota come anticlinale camuna, una piega disposta con piano assiale verticale orientato all'incirca SO-NE, trasversale all'asse della valle, nel nucleo della quale affiorano le rocce del basamento cristallino sudalpino. Le unità del substrato roccioso sono disposte nel complesso con immersione rivolta verso nord-ovest ed inclinazione media, ma localmente disturbate da pieghe a scala minore, soprattutto per nelle rocce del basamento.

### 6.2 - SUBSTRATO ROCCIOSO

In corrispondenza del piede del versante sinistro della Val Camonica a monte dell'abitato di Gianico il substrato roccioso è costituito principalmente dalle rocce del basamento cristallino rappresentato dalla formazione dei Micascisti

del Maniva al di sopra delle quali si trovano le unità della copertura sedimentaria di età permiana e triassica con alcune intrusioni di profidi.

#### Micascisti del Maniva

Nella zona in esame la formazione dei Micascisti del Maniva è rappresentata principalmente da micascisti e subordinatamente da paragneiss. I micascisti contengono principalmente muscovite, accompagnata da biotite e subordinata clorite, a volte granatiferi. La scistosità è ben evidente, da planare ad ondulata, a volte pieghettata, determinata dall'alternanza di sottili letti quarzoso-feldspatici e di letti micacei. Queste rocce derivano da antichi depositi marini di composizione pelitica successivamente metamorfosati in facies scisti verdi durante gli eventi orogenici; il metamorfismo è probabilmente di età ercinica e le rocce sedimentarie originarie sarebbero almeno anteriori al Carbonifero. Localmente, soprattutto nel settore posto ad ovest della Val Vedetta si trovano anche dei paragneiss biotitici, biotitico-cloritici o biotitico-muscovitici a due miche.. In corrispondenza di linee di faglia sono stati riscontrati livelli cataclasati, in genere con mica e talco oppure grafite, e livelli di miloniti siltoso-argillose grige e plastiche.. Lungo tutto il piede del versante il substrato roccioso è interessato da fenomeni di deformazione gravitativa profonda e gli ammassi sono molte volte da molto fratturati a completamente sconnessi. Si tratta di rocce nel complesso poco permeabili.

#### Formazione di Collio

Questa formazione affiora nella valle dell'Orso dove è rappresentata da rocce vulcaniche, principalmente tufi da vetrosi a cristallini di colore rosso o verde ed ignimbriti riolitiche di colore rosso. La struttura porfirica è manifesta, molto compatta, caratterizzata da fenocristalli di quarzo, feldspato potassico e, subordinatamente, da biotite. Contengono frammenti litici, tra cui si notano pomice di colore grigiastro o verde, inclusi porfiritici di colore dal rosso al verde e, più raramente, elementi subangolosi di quarzo provenienti dal Basamento Cristallino. Questi litotipi sono privi di stratificazione o organizzati in banchi mal definiti e sono caratterizzati da una permeabilità scarsa. Lo spessore della formazione è dell'ordine di 100-150 m (Permiano inferiore).

#### Conglomerato del Dosso dei Galli

Il Conglomerato del Dosso dei Galli è rappresentato da conglomerati grossolani di colore rosso scuro in strati spessi o in banchi di forma in genere lenticolare a clasti di rocce vulcaniche e di rocce metamorfiche con cemento di quarzo e matrice sericitica associati ad arenarie, arenarie fini e siltiti anch'esse di colore rosso scuro ed organizzate in strati da medi a sottili. Tipici sono i livelli di siltiti micacee di colore rosso cupo caratterizzati dalla presenza di strutture tubolari (bioturbazioni). La stratificazione è generalmente indistinta o a grossi banchi. Complessivamente lo spessore è dell'ordine di 250 m. Le strutture sedimentarie presenti permettono di interpretare la formazione come un deposito continentale legato ad un ambiente alluvionale. Sono rocce caratterizzate nel complesso da una permeabilità scarsa. (Permiano inferiore).

#### Verrucano Lombardo

La formazione del Verrucano Lombardo è costituita da arenarie e di conglomerati medio-grossolani quarzoso-feldspatici, di colore rosso, a cemento siliceo, con clasti di origine vulcanica e subordinatamente metamorfica. Localmente compaiono intercalazioni di siltiti micacee di colore rosso più intenso. I litotipi sono disposti in grossi banchi, a volte poco distinti, generalmente di forma lenticolare, spesso gradati, con superfici tasche di erosione, laminazioni incrociate a piccola e grande scala. Le strutture sedimentarie presenti entro le rocce che costituiscono il Verrucano Lombardo permettono di interpretare la formazione come un deposito continentale legato ad un ambiente alluvionale. L'unità ha uno spessore di almeno 300 m e gli ammassi rocciosi sono in genere poco fratturati, con un notevole risalto morfologico. Permeabilità nel complesso scarsa. (Permiano superiore).

#### Servino

La formazione del Servino è costituita soprattutto da siltiti di colore rosso o verde in strati sottili o fittamente laminate, talora risaldate in banchi, alle quali si accompagnano calcari marnosi e marne calcaree di colore grigio-giallastro disposte in strati sottili e, alla base della formazione, calcareniti di colore rosso e verde in strati medi. L'unità ha uno spessore dell'ordine del centinaio di m ed una permeabilità nel complesso scarsa. (Scitico inferiore).

#### Porfiriti

Porfiriti quarzifere biotitiche più o meno cloritiche, talora anfibolitiche di colore verde-rossiccio in ammassi o in filoni. Queste rocce sono associate essenzialmente al Verrucano Lombardo e al Servino, con giacitura sia discordante che concordante. Gli ammassi rocciosi sono in genere mediamente fratturati. Permeabilità scarsa. (Verosimilmente del Triassico medio).

### **6.3 - DEPOSITI SUPERFICIALI**

Il settore di fondovalle del territorio comunale di Gianico è occupato principalmente dalle alluvioni deposte dal fiume Oglio successivamente al ritiro del ghiacciaio di età würmiana e dai depositi dei conoidi alluvionali dei torrenti Re di Gianico e Val Vedetta che raccordano il versanti al fondovalle. Al piede del versante sono presenti localmente lembi di depositi glaciali, detritici e di versante ed eluviali.

#### Deposito glaciale

Nel territorio in esame i depositi glaciali sono legati sia alla lingua del ghiacciaio della Val Camonica, rappresentati da lembi relativamente ampi che ricoprono il versante sinistro della stessa Val Camonica ed il versante destro del torrente Re, dove si osservano alcuni tratti dei cordoni morenici laterali, sia a piccole lingue glaciali che occupavano la testata della valle del torrente Resio.

I depositi glaciali legati alla lingua della Val Camonica sono in genere resi evidenti dalla presenza in superficie da clasti di rocce provenienti dal plutone dell'Adamello o dalle unità metamorfiche della media ed alta valle. Nella zona di fondovalle ed alla base del versante si tratta principalmente di lembi di depositi glaciali di fondo ben consolidati, mentre sui versanti prevalgono i depositi di ablazione da mediamente a poco consolidati, in entrambi i casi rappresentati da

diamicton, ovvero da sedimenti formati da blocchi, ciottoli e ghiaia in matrice di sabbia, limo e argilla, a supporto clastico o di matrice e caratterizzati da una certa eterogeneità litologica. Alla quota di circa 1050 m, a Prato Roncazzo, è ben evidente un tratto del cordone morenico che segna il massimo livello raggiunto dal ghiacciaio della Val Camonica nel corso dell'ultima glaciazione. Associati ai depositi glaciali si trovano, in modo nettamente subordinato, lembi locali di depositi fluvioglaciali o glaciolacustri, in genere in situazioni di contatto glaciale, nella zona dove si sovrappongono gli apporti glaciali e di versante con rapporti stratigrafici complessi, spesso complicati dall'erosione successiva. I depositi fluvioglaciali sono rappresentati da livelli grossolani con massi e ciottoli, ciottoli e ghiaia, ghiaia, ghiaia e sabbia, sabbia mentre i depositi glaciolacustri sono rappresentati da livelli fini con sabbie fini, limi sabbiosi, limi e limi argillosi.

I depositi presenti alla testata della valle del Resio ed alla testata della valle del Re di Gianico, nella zona di malga Cimusco sono organizzati principalmente in archi e cordoni morenici o nivomorenici ben evidenti, relative sia alle fasi glaciali vere e proprie sia alle fasi nivoglaciali successive all'ultima glaciazione. Si tratta principalmente di depositi di ablazione ai quali si associano soprattutto depositi di fondo, costituiti esclusivamente da frammenti di rocce locali e caratterizzati in genere da un grado di consolidazione o di addensamento da basso a medio.

In riferimento alla classificazione ASTM i depositi propriamente glaciali possono essere classificati principalmente come GM, ovvero ghiaie prevalenti con sabbia e matrice limosa apprezzabile. Il comportamento geotecnico e la permeabilità di questi materiali variano fortemente in funzione della granulometria, della tessitura e dello stato di addensamento. Da un punto di vista generale, i depositi glaciali sono caratterizzati da permeabilità medio-bassa e discrete caratteristiche geotecniche.

#### *Deposito alluvionale recente ed attuale e deposito di transizione tra piana di fondovalle e conoidi*

Le alluvioni attuali e recenti corrispondono rispettivamente ai depositi che formano l'alveo e la piana alluvionale dei corsi d'acqua. Si tratta pertanto di sedimenti clastici, legati essenzialmente all'azione trattiva della corrente, depositi lungo l'alveo al calare delle piene o all'esterno di esso durante le esondazioni. I clasti sono in genere ben arrotondati e la loro dimensione media dipende dalla velocità della corrente che li ha depositi.

Depositi alluvionali attuali e recenti costituiscono la piana di fondovalle del fiume Oglio. In relazione alla bassa pendenza del fondovalle il fiume mostra in questo tratto un aspetto da canale meandriforme caratterizzato in ogni modo da una forte energia con prevalente carico di fondo grossolano ed una notevole tendenza alla divagazione. Il quadro sedimentario della piana è quindi dominato dall'aggradazione e dall'accrescimento laterale di barre di meandro e, limitatamente ai tratti relativamente più ripidi, di barre trasversali. Le alluvioni sono in genere grossolane con materiale di fondo rappresentato da ghiaia e ciottoli e con le barre costituite prevalentemente da orizzonti di ghiaia. Le alluvioni attuali si trovano in corrispondenza dell'alveo del fiume e sono costituite da sedimenti di canale con ciottoli, ghiaia e pochi massi (GP secondo la classificazione ASTM) e solo localmente, nelle zone riparate delle barre, si ritrovano delle sabbie, mentre le alluvioni recenti, che costituiscono la piana di fondovalle, oltre che da sedimenti di canale, sono costituite da livelli da esondazione a sabbia e sabbia limosa (SP e SM).

Nella zona di transizione tra la piana di fondovalle ed i settori distali dei conoidi alluvionali sono presenti anche dei livelli fini, di sabbie limose, limi sabbiosi e limi argillosi (ML), dovuti a decantazione in seguito al ristagno delle acque di esondazione.

Nel settore montano del territorio comunale i depositi alluvionali sono rappresentati principalmente da alluvioni attuali poste lungo l'alveo dei corsi d'acqua e solo localmente, in corrispondenza dei tratti meno ripidi della valle del torrente Re di Gianico e del torrente Resio, sono presenti lembi significativi di depositi recenti. In questi casi si tratta soprattutto di sedimenti da grossolani a molto grossolani in ragione della forte pendenza delle curve di fondo, a ciottoli e massi prevalenti (GP), e solo nei pochi tratti di piana si trovano depositi di ghiaia e sabbia (GP, SP).

In media i depositi alluvionali sono contraddistinti da una permeabilità elevata e da buone caratteristiche geotecniche salvo i livelli fini.

#### Deposito di conoide alluvionale

I conoidi alluvionali sono depositi dalla tipica forma a ventaglio che i corsi d'acqua formano quando incontrano una sensibile diminuzione del gradiente topografico e quindi subiscono una diminuzione della velocità e della capacità di trasporto della corrente, come si verifica in genere quando i corsi d'acqua laterali si raccordano al fondovalle. Si tratta di depositi sciolti, con clasti generalmente arrotondati le cui dimensioni diminuiscono dall'apice del conoide verso la zona distale in relazione alla progressiva diminuzione della velocità della corrente. Le dimensioni medie dei clasti dipendono dalle caratteristiche idrauliche dei corsi d'acqua stessi. Nell'ambito del territorio comunale questi depositi sono presenti soprattutto alla base del versante della Val Camonica, in corrispondenza dei conoidi alluvionali coalescenti del torrente Re di Gianico e della Val Vedetta, mentre per il resto del territorio sono presenti solo piccole forme legate a linee di impluvio minori.

In ragione delle condizioni morfologiche dei corsi d'acqua e dei relativi bacini, i depositi di conoide sono legati sia ad episodi di trasporto in massa, sotto forma di colate, sia ad un'azione trattiva della corrente. Gli orizzonti legati ai fenomeni di trasporto in massa sono generalmente costituiti da massi, ciottoli e ghiaia in matrice di sabbia e limo (GM); la percentuale di matrice è variabile e, soprattutto nelle zone distali, può diventare prevalente rispetto ai clasti (GM, SM). Gli orizzonti dovuti ad un'azione trattiva della corrente sono invece a supporto clastico, costituiti in genere da massi, ciottoli e ghiaia (GP, SP). In ragione delle caratteristiche morfologiche ed idrauliche il conoide del torrente Re è caratterizzato nel complesso da depositi relativamente grossolani con prevalenza di livelli ghiaiosi di canale mentre il conoide della Val Vedetta, soggetto a fenomeni di colata relativamente fini, è costituito principalmente da livelli da trasporto in massa con matrice abbondante. I piccoli conoidi presenti nel settore montuoso del territorio comunale sono in genere legati ad eventi di trasporto in massa con elevata energia e sono caratterizzati da clasti anche molto grossolani con una frazione fine in genere significativa (GW, subordinatamente GM).

I depositi di conoide alluvionale sono caratterizzati da una permeabilità variabile da bassa ad elevata in funzione degli aspetti granulometrici e tessiturali; il comportamento geotecnico varia in genere da mediocre a discreto.

#### Deposito detritico di versante

I depositi detritici di versante sono legati principalmente all'azione della gravità e si originano dall'accumulo, alla base delle pareti rocciose, dei materiali che si distaccano in seguito ai processi di alterazione e disgregazione degli ammassi. Questi accumuli sono rappresentati da sedimenti sciolti, costituiti da clasti a spigoli vivi con una percentuale variabile di



matrice. Le dimensioni dei clasti sono molto variabili, dai blocchi alla ghiaia, in relazione alle caratteristiche litologiche e strutturali degli ammassi di partenza, e nell'ambito di uno stesso accumulo, in riferimento all'area di alimentazione, aumentano dalla zona prossimale alla zona distale.

I lembi di depositi detritici di versante presenti alla base e nella parte inferiore dei versanti del versante della Val Camonica e della valle del torrente Re di Gianico derivano da micascisti piuttosto fratturati e sono caratterizzati da clasti di dimensioni spesso contenute, principalmente ciottoli e ghiaia, e da una frazione fine relativamente abbondante (GM). Caratteristiche granulometriche analoghe hanno anche i depositi detritici legati alle pareti rocciose costituite dalla formazione del Servino, nel settore superiore del territorio comunale. Una granulometria nel complesso più grossolana (GW) e dimensioni medie decisamente maggiori competono invece ai depositi detritici legati alle altre unità rocciose affioranti nel territorio comunale, soprattutto nel caso del Verrucano Lombardo per il quale si hanno frequentemente blocchi di dimensioni considerevoli: anche in questi casi può essere comunque presente una frazione fine significativa.

Le falde di detrito presenti nella parte inferiore dei versanti sono in genere ben colonizzate dalla vegetazione anche se nella maggior parte dei casi sono ancora soggette episodicamente ad alimentazione da parte di fenomeni di distacco dalle pareti rocciose, mentre nei settori superiori dei versanti, dove le condizioni climatiche favoriscono maggiormente la degradazione degli ammassi rocciosi o dove i fenomeni di distacco sono legati a deformazioni gravitative, i depositi sono spesso solo parzialmente colonizzati dalla vegetazione.

Nel complesso questi depositi hanno una permeabilità media e caratteristiche geotecniche discrete.

#### Deposito eluviale e deposito colluviale

I depositi eluviali sono costituiti dai materiali derivanti dall'alterazione in posto del substrato roccioso operata dall'attività dei vari agenti esogeni. La granulometria di questi sedimenti è strettamente legata alla composizione ed alle caratteristiche strutturali dei litotipi di partenza. Si tratta in genere di sedimenti fini a prevalente supporto di matrice e di aspetto massivo.

I depositi presenti in corrispondenza nel settore medio ed inferiore dei versanti sono piuttosto fini, con pochi clasti e di composizione prevalentemente limosa e argillosa, ricchi di lamelle di mica e con presenza di talco, perché costituiti dal materiale derivante dall'alterazione dei micascisti. Nei settori superiori del versante prevalgono depositi eluviali di colore rossastro con una forte componente argillosa derivanti dall'alterazione delle rocce del Verrucano Lombardo

I depositi colluviali derivano invece dal trasporto e dall'accumulo lungo i versanti ad opera della gravità, per reptazione lenta e solifluzione, o per il dilavamento delle acque meteoriche, dei materiali di origine eluviale. Nell'area in esame questi sedimenti hanno un aspetto molto simile a quello dei materiali di origine eluviale in quanto derivano principalmente dalla loro mobilitazione a partire dai settori più acclivi del versante; si differenziano, oltre che per la posizione morfologica, anche per la presenza di una frazione fine nel complesso più abbondante e per una minima organizzazione in livelli a composizione granulometrica differente.

Le caratteristiche granulometriche e tessiturali di questi depositi sono strettamente legate alla composizione dei litotipi originari. Si tratta in genere di sedimenti fini, a prevalente supporto di matrice, rappresentati da ghiaia e ciottoli immersi in abbondante matrice di sabbia, limo e argilla (GM, SM, ML). I clasti sono in genere a spigoli vivi.

In ragione delle caratteristiche granulometriche, sono caratterizzati da una permeabilità bassa e da parametri geotecnici da mediocri a scadenti.

#### Depositi siltuosi o torbosi

I depositi torbosi sono sedimenti a granulometria fine caratterizzati da un relativo contenuto di sostanza organica. Si tratta infatti di depositi che si originano per decantazione in zone di acque ferme, specchi d'acqua o zone di semplice ristagno superficiale, e sono pertanto costituiti da limo, sabbia e argilla. La presenza dell'acqua favorisce la conservazione della sostanza organica all'interno del sedimento, impedendone l'ossidazione.

In ragione della granulometria fine e della presenza di sostanza organica questi depositi sono caratterizzati da parametri geotecnici scadenti e di difficile valutazione, con bassa resistenza al taglio e soprattutto elevata compressibilità. Nella maggior parte dei casi questi depositi sono localizzati in corrispondenza di piccole depressioni o comunque zone a scarso deflusso superficiale dove è tuttora presente l'acqua a complicare la situazione geotecnica al contorno. Questi depositi sono presenti nel settore superiore del territorio comunale al contorno del lago di Ronchetto e in corrispondenza di piccole depressioni nel substrato roccioso dovute all'erosione glaciale..

#### Materiale di riporto antropico

Accumuli consistenti di materiale di riporto sono presenti nella piana di fondovalle in corrispondenza di un'area industriale che in passato era stata sede di una ferriera ora chiusa. Il materiale accumulato in quest'area è rappresentato principalmente da scorie di fusione e l'area è stata interessata da un intervento di bonifica.

## 7. ASPETTI GEOMORFOLOGICI

Per quanto riguarda gli aspetti morfologici rispetto agli studi precedenti in questa sede è stata redatta la *Carta litologica, geomorfologica ed idrogeologica con elementi geologico-tecnici*, per il settore di fondovalle del territorio comunale coperto dalla recente cartografia comunale alla scala 1:2.000 ed è stata aggiornata la carta morfologica alla scala 1:10.000 estesa a tutto il territorio comunale.

Le carte morfologiche sono state redatte principalmente sulla base di rilievi di campagna e sono stati consultati tutti gli altri studi di carattere geologico disponibili. In particolare, per quanto riguarda l'individuazione e la definizione dello stato di attività dei fenomeni franosi si è fatto riferimento anche alla Carta Inventario dei fenomeni franosi della Regione Lombardia.

In riferimento alla dinamicità che caratterizza il modellamento della superficie terrestre, i vari elementi morfologici relativi a ciascuna classe sono stati distinti tra loro in funzione dello stato di attività dei vari processi responsabili. Le forme individuate nel corso del rilievo di campagna sono state quindi distinte in tre categorie:

a) *inattive*: forme e depositi legati a condizioni morfodinamiche e climatiche differenti da quelle attuali e a processi che hanno portato a termine la loro evoluzione o che non possono più continuare ad evolversi;

- b) quiescenti: forme e depositi che, non avendo esaurito la propria evoluzione, possono riattivarsi, per i quali esistono evidenze geomorfologiche o testimonianze di attività nell'attuale sistema morfoclimatico;
- c) attive: le forme ed i depositi legati a processi in atto o ricorrenti in tempi brevi.

## 7.1. QUADRO GEOMORFOLOGICO GENERALE

Il territorio del comune di Gianico si colloca sul fianco sinistro della bassa Val Camonica comprendendone un tratto del fondovalle e del versante fino allo spartiacque con la vicina Val Trompia.

Morfologicamente il territorio comunale può essere distinto in cinque settori principali:

- la piana di fondovalle del fiume Oglio;
- il settore dei conoidi di fondovalle di raccordo tra il versante e la piana;
- il tratto di versante sinistro della Val Camonica posto a monte dell'abitato di Gianico, corrispondente principalmente al bacino idrografico della Val Vedetta;
- il versante sinistro della valle del torrente Re di Gianico;
- un tratto del settore superiore del bacino idrografico del torrente Resio.

Per la descrizione dell'assetto morfologico dei vari settori si rimanda ai paragrafi successivi ed in particolare al paragrafo relativo alla pericolosità morfologica del fiume Oglio per il settore della piana di fondovalle ed ai paragrafi relativi alla pericolosità morfologica dei conoidi alluvionali per i settori dei conoidi di fondovalle e dei rispettivi bacini idrografici.

Per quanto riguarda la valle del torrente Resio il territorio comunale di Gianico ne comprende il ramo della Valle dell'Orso e il ramo di Malga Luca e Malga Silter. Il ramo della valle dell'Orso è caratterizzato alla testata da un circo glaciale relativamente ampio, con una morfologia relativamente dolce fatta di linee di cresta e fianchi poco aspri, localmente interessati da fenomeni di crollo dalle pareti rocciose e diffusamente da valanghe, e con un fondo ampio a dossi montani e superfici di esarazione. La conca glaciale termina a valle con un primo gradino morfologico occupato dalla conca di sovraescavazione del lago di Rondaneto., chiuso a valle da un altro gradino longitudinale a valle del quale si sviluppa il solco della Valle dell'Orso. La valle presenta evidenti i segni dell'erosione torrentizia successiva al ritiro del ghiacciaio, tuttora attiva sul fondo roccioso. Il fianco sinistro è impostato principalmente nelle rocce del Verrucano Lombardo, con pareti a tratti relativamente alte e frastagliate, interessate diffusamente da fenomeni di crollo. Il fianco destro è invece impostato principalmente nelle rocce vulcaniche della Formazione di Collio e l'erosione al piede da parte del torrente ha innescato dei fenomeni di deformazione gravitativa relativamente profondi ed ampi, estesi per tutta l'altezza del versante.. Nella tratto inferiore della Valle dell'Orso, l'erosione del torrente interessa anche i depositi detritici e alluvionali presenti alla confluenza nel ramo principale del Resio. Il ramo di Malga Luca e Malga Silter è occupato da depositi glaciali al fondo con fianchi poco elevati e nella sua parte superiore risente ancora poco dell'erosione incanalata, più evidente nel tratto inferiore.

Il ramo principale del Resio nel tratto compreso nel territorio comunale è caratterizzato da fenomeni di deformazione gravitativa profonda sul fianco sinistro, tra le confluenze del ramo di Malga Luca e Malga Silter e del ramo della Valle dell'Orso e da pareti rocciose alte e ripide, impostate nel Verrucano Lombardo, sul fianco destro.

## 7.2. DESCRIZIONE DEGLI ELEMENTI GEOMORFOLOGICI

Nel presente paragrafo sono descritte le voci utilizzate relativamente agli aspetti geomorfologici nella legenda della *Carta litologica, geomorfologica ed idrogeologica con elementi geologico-tecnici* alla scala 1:2.000 e della *Carta Geomorfologica* alla scala 1:10.000 e viene fornita un'interpretazione dei processi morfogenetici principali in relazione alla dinamica dei diversi settori.

Alcuni elementi della Carta Morfologica sono rappresentati anche sulla carta Idrogeologica e per la loro descrizione si rimanda al capitolo relativo.

### 7.2.a. - FORME, PROCESSI E DEPOSITI LEGATI ALLA GRAVITA'

#### Orlo di scarpata di degradazione e/o di frana (superficiale)

I fenomeni franosi sono rappresentati dai movimenti di masse di terra o di roccia formanti un pendio che avvengono verso il basso e verso l'esterno del pendio stesso. L'orlo di scarpata di frana rappresenta l'estremo superiore della superficie creata entro il versante interessato da un fenomeno franoso, in seguito al movimento del materiale franato. La nicchia di frana rappresenta la superficie di distacco delle masse interessate dal fenomeno. Il corpo di frana rappresenta la parte di versante, roccia o terreno, interessata dal movimento.

Le modalità di distacco e di movimento delle masse coinvolte possono essere piuttosto varie in funzione soprattutto delle caratteristiche dei materiali. In questa voce della legenda sono state inserite solamente le nicchie di frana che presentano una larghezza maggiore di 10 m, ovvero quelle riferite agli eventi di maggiore entità, e legate a fenomeni di scorrimento, planare o rotazionale, di colata, espansione laterale o alle frane complesse. Le forme legate a fenomeni di crollo o ribaltamento in roccia sono state invece inserite in un'apposita voce della legenda.

Con questa voce sono stati indicati i corpi di frana riferiti a movimenti relativamente superficiali, che coinvolgono uno spessore di materiale indicativamente inferiore ad una ventina di metri ed in genere di pochi metri.

Nel settore rappresentato nella carta alla scala 1:2.000 le frane superficiali sono rappresentate principalmente da fenomeni di scorrimento traslazionale o di scorrimento evolutosi in colata che hanno interessato in genere la coltre di materiale eluviale e la parte più alterata e fratturata del substrato roccioso, innescata in genere dalla saturazione dei terreni a causa delle piogge e che si sono tutte sviluppate al piede di grosse frane per deformazioni profonde anche se in maniera non direttamente collegata ai fenomeni maggiori. Fa in parte eccezione il fenomeno franoso presente sul settore di versante compreso tra il santuario della Madonnina e l'abitato di Gianico che coinvolge direttamente il substrato roccioso scomposto in blocchi e che potrebbe essere la riattivazione locale di un movimento che si è generato come rilascio al piede di una deformazione gravitativa profonda. DGPV. Il fenomeno superficiale, ora inattivo, ha portato al franamento della copertura più fine per uno spessore inferiore alla decina di metri, ed il suo innesco potrebbe

essere legato non solo a saturazione per infiltrazione diretta dalla superficie, ma anche per la presenza di acque sotterranee provenienti da infiltrazione lungo il tratto inferiore della Val Vedetta. Nella zona di frana, o meglio lungo il fianco destro, sono infatti presenti zone umide poste alla quote di circa 386 m, quasi alla sommità, e di 322 m, al piede, a fronte di una quota di circa 404 m del cambio di direzione della Val Vedetta. La morfologia d'insieme e le pendenze in gioco (circa 26° per la superficie topografica e in media analoga per la probabile superficie di scorrimento che potrebbe essere compresa tra 20° e 33° per uno spessore dell'ordine di 20-30 m ) fanno pensare che si sia avuto anche un fenomeno di colata relativamente lento. Il settore di deformazione gravitativa profonda sul quale si trova la chiesa della Madonnina sembra del tutto svincolato dal resto del versante, e non dovrebbe più subire deformazioni significative, ma la presenza di acqua di infiltrazione potrebbe modificare lo stato tensionale locale e portare al limite ad una ripresa delle deformazioni, anche se minime. Per questo motivo, in via del tutto prudenziale, l'area della frana è stata considerata come un settore di frana per deformazione gravitativa profonda quiescente.

Per il resto del territorio comunale i fenomeni franosi superficiali sono rappresentati principalmente da forme di scorrimento planare più o meno ampie che interessano sia i depositi superficiali sia il substrato roccioso fratturato o cataclasato e sono nella maggior parte dei casi associate alle deformazioni gravitative profonde.

#### Frane profonde (DGPV)

Con questa voce sono stati indicati i fenomeni di frana riferiti a movimenti relativamente profondi, che coinvolgono uno spessore di materiale indicativamente superiore ad almeno una ventina di metri.

Nel territorio comunale di Gianico questi fenomeni sono presenti sia sul versante della Val Camonica sia sui versanti delle valli dei torrenti Re di Gianico, Val Vedetta e Valle dell'Orso a causa della natura litologica delle formazioni presenti, dell'assetto stratigrafico e tettonico e della situazione morfologia d'insieme.

Si hanno infatti:

- presenza di rocce a comportamento relativamente plastico e viscoso, ovvero che tendono a deformarsi senza arrivare a rotture di tipo rigido e che si deformano in modo prolungato nel tempo anche come conseguenza di una variazione istantanea dello stato tensionale, come sono i litotipi appartenenti alla formazione dei Micascisti del Maniva che costituiscono buona parte dei versanti;
- presenza di lineamenti tettonici ai quali sono associate fasce di ammasso roccioso cataclate o milonizzate che costituiscono degli elementi di relativa debolezza nell'ambito del substrato;
- evoluzione morfologica caratterizzata da una presenza passata dei ghiacciai lungo il solco della Val Camonica e delle valli dei torrenti Re di Gianico che ha comportato pressioni al fondo e sui fianchi e, al momento del ritiro, una rimozione di sostegno al piede per erosione del fondo e dei fianchi vallivi e, per le due valli laterali, rimaste sospese al momento del ritiro, l'inizio di una fase di intensa erosione lineare da parte dei torrenti con creazione di una forra e ulteriore rimozione di sostegno al piede dei versanti.

Queste condizioni hanno determinato l'insorgere di estesi movimenti di franosi di versante relativamente profondi che interessano a vari livelli il substrato roccioso con spessori fino ad almeno 150-200 m. Per i fenomeni posti in corrispondenza dei versanti delle valli laterali, torrenti Re di Gianico, Val Vedetta e Valle dell'Orso, interessati direttamente da erosione alla base da parte del corso d'acqua, il piede delle deformazioni coincide con il fondovalle

mentre per le deformazioni poste sul versante della Val Camonica il piede dei fenomeni potrebbe essere stato coperto dai sedimenti che occupano il fondovalle e trovarsi a profondità maggiore.

Principalmente si tratta di fenomeni di colata (o flusso o creep) in roccia, noti in letteratura anche come deformazioni gravitative profonde di versante, e sono legati ad un comportamento degli ammassi rocciosi di tipo viscoso con deformazione che comporta un movimento distribuito su più superfici di scorrimento in genere coincidenti con le linee di debolezza di tipo litologico, scistosità o variazioni di composizione, o soprattutto di tipo tettonico, fasce cataclase o milonitizzate.

La deformazione della compagine rocciosa è relativamente limitata dove l'ammasso roccioso è contenuto lateralmente e le condizioni di tensione si mantengono sostanzialmente in un campo di creep primario o secondario, mentre è maggiore dove manca il contenimento e si ha rilascio tensionale, come avviene al piede degli ammassi in frana.

La forma di questi fenomeni franosi è complessa, con movimenti che interessano spesso l'intero versante, dalla base alla sommità e con una suddivisione del corpo di frana in un mosaico di settori a diverso grado di deformazione. La suddivisione in corpi minori si rileva in senso longitudinale e trasversale al corpo di frana, ma anche nel senso dello spessore, con movimento differenziale tra copertura superficiale e substrato o all'interno dello stesso substrato in relazione al diverso grado di fratturazione e di alterazione.

La presenza di zone di rilascio tensionale alla base ed ai fianchi dei corpi di frana maggiori, spesso anche in corrispondenza della scarpata principale o delle scarpate secondarie e dei fianchi che delimitano i vari settori, favoriscono inoltre l'innescio di una serie di fenomeni minori di degradazione o di frana. Si hanno infatti forme di erosione da ruscellamento diffuso o concentrato o frane di diversa tipologia in ragione della struttura locale dell'ammasso roccioso o dei terreni, con fenomeni franosi per colata e scivolamento in terra, cataclasi e miloniti, e fenomeni di crollo, scorrimento e ribaltamento negli ammassi rocciosi fratturati.

I fenomeni franosi maggiori si estendono fino alla sommità del versante ed in alcuni settori viene coinvolta, oltre alla formazione dei Micascisti del Maniva, anche la soprastante unità del Verrucano Lombardo, costituita prevalentemente da rocce a comportamento rigido. Il Verrucano Lombardo tende infatti a fratturarsi piuttosto che a deformarsi plasticamente come i micascisti ed il movimento franoso è conseguentemente più complesso ed assume il carattere di un espandimento laterale, con il Verrucano Lombardo interessato da deformazioni rigide connesse alla sottostante deformazione plastica dei micascisti.

Questi fenomeni franosi si sono sviluppati per riequilibrare lo stato tensionale del versante modificato in seguito alla rimozione di sostegno al piede operata dal ghiacciaio, prima con l'escavazione e poi con il suo ritiro, e successivamente ad opera dei corsi d'acqua.

La velocità di deformazione di questi fenomeni è, nel complesso, generalmente lenta. Allo stato attuale il sistema di monitoraggio installato su un settore in frana nella parte superiore della Val Vedetta ha permesso di rilevare deformazioni dell'ordine di qualche mm nell'arco di un anno seguito da un periodo di stasi di un altro anno. Per il resto alcuni fenomeni franosi, o almeno alcuni settori di essi, sono caratterizzati da movimenti relativamente continui sia pure con variazioni di velocità, come risulta dalle osservazioni delle immagini radar da satellite e dalle evidenze di terreno, mentre altri fenomeni sembrano caratterizzati da un'alternanza di periodi di stasi, anche lunghi, e periodi

relativamente brevi, di attività, ma questa potrebbe essere solo un'apparenza dovuta alla mancanza di dati. I periodi di attività o comunque le variazioni della velocità di deformazione sono in relazione alle modificazioni dello stato tensionale che si succedono nel tempo. Variazioni dello stato tensionale sono indotte da diverse cause:

- per l'evoluzione dei fenomeni stessi e per l'attività dei fenomeni erosivi e franosi minori, che portano ad una modificazione della geometria del versante;
- per le variazioni del grado di saturazione e del regime delle pressioni dell'acqua nei terreni e negli ammassi rocciosi;
- per le variazioni della resistenza al taglio di terreni e rocce, in particolare delle miloniti, connesse a fenomeni di alterazione e soprattutto a variazioni del contenuto d'acqua.

La dinamica di questi fenomeni è pertanto direttamente condizionata dall'andamento delle precipitazioni e subisce delle accelerazioni o delle riattivazioni in occasione di periodi di forti precipitazioni.

Il grado di attività dei fenomeni è stato valutato sulla base delle osservazioni di campagna condotte in occasione di vari rilievi e sopralluoghi e, per un settore della Val Vedetta, dal sistema di monitoraggio installato alla fine del 2005.

Sulla base di tutti i dati disponibili è stato considerato come attivo l'insieme dei fenomeni franosi che interessano entrambi i fianchi della Val Vedetta per i quali si sono avute localmente conferme di attività nell'ultimo ciclo stagionale. Sono stati considerati come quiescenti i fenomeni franosi per i quali sono state rilevate negli ultimi anni evidenze di deformazione, apertura di fessure di trazione, soprattutto in occasione delle precipitazioni prolungate degli anni 2000 e 2002, e che comprendono buona parte del piede del versante della Val Camonica mentre è stato considerato prudenzialmente come probabilmente quiescente il fenomeno franoso presente tra la chiesa della Madonnina e l'abitato di Gianico, per i motivi esposti nel paragrafo relativo alle frane superficiali. Come probabilmente quiescenti sono stati considerati anche i fenomeni presenti nella valle del torrente Resio, sia quelli posti sul versante destro del ramo della valle dell'Orso sia quello posto sul versante sinistro della valle dell'Inferno, dove interessano le rocce vulcaniche della Formazione di Collio: per questi fenomeni sia ha una buona evidenza morfologica, ma mancano evidenze e testimonianze di deformazioni recenti.

Sono stati invece indicati come stabilizzati quei fenomeni franosi profondi che sono stati definiti solamente in base ad un'evidenza morfologica d'insieme non particolarmente netta e che occupano una posizione relativamente svincolata rispetto al versante monte come il settore del rilievo della Madonnina e il ripiano posto alla base del versante in località Dossi, tra la Val vedetta ed il confine con Artogne.

#### Trincea

L'esistenza di fenomeni franosi, in particolare di fenomeni gravitativi profondi, è spesso evidenziata dalla presenza di trincee, depressioni allungate secondo la disposizione delle fratture di trazione che separano il corpo franoso rispetto alla parte di versante stabile o che separano i vari settori in cui è suddiviso un corpo di frana. Trincee legate alle fessure di trazione che svincolano i vari settori di corpi di frana sono presenti a ridosso delle scarpate principali dei fenomeni franosi profondi e soprattutto alla sommità del versante sinistro della valle del Re di Artogne, dove una trincea si sviluppa con continuità, determinando uno sdoppiamento della linea di cresta lungo la linea Corno Torricella-Dosso Bassinale.

La trincea presente in questo ultimo settore è sicuramente legata ai movimenti di deformazione gravitativa profonda che interessano il versante della valle del torrente Re di Gianico mentre meno evidenti sono, in alcuni tratti, le evidenze di movimento del versante della valle del Re di Artogne.

Lo stato di attività di queste forme non è in molti casi valutabile sulla base di evidenze morfologiche dirette e sarebbe necessario un controllo protratto nel tempo.

#### Piccola frana non fedelmente cartografabile

In questa voce sono state inserite le frane di piccole dimensioni, caratterizzate da nicchie di larghezza inferiore a 10 metri. Si tratta in genere di fenomeni superficiali, per scivolamento traslazionale o colata, impostatisi in corrispondenza di coltri eluviali o detritiche di versante in aree relativamente acclivi, in genere in presenza di piccole venute d'acqua e spesso connesse ai fenomeni gravitativi maggiori.

#### Parete rocciosa soggetta a fenomeni di crollo

I fenomeni franosi inseriti in questa voce sono rappresentati dalle forme di crollo intese in senso lato come distacco di volumi di materiale dalle pareti rocciose. Si tratta quindi sia di fenomeni di crollo vero e proprio sia di fenomeni di ribaltamento o di scorrimento planare. Questi fenomeni interessano in modo episodico buona parte delle pareti rocciose presenti nel territorio comunale nelle zone poste alle quote superiori, ed in particolare in corrispondenza delle pareti rocciose costituite dal Verrucano Lombardo. Una parte dei fenomeni di crollo è legata alla presenza delle frane per deformazione profonda, nelle zone poste al loro piede, in corrispondenza delle loro scarpate principali o lungo i loro fianchi. In queste situazioni, dove gli ammassi rocciosi sono molto fratturati e sconnessi a causa del rilascio tensionale, i volumi coinvolti possono essere elevati.

Associati alle zone di rilascio tensionale delle frane profonde, soprattutto in corrispondenza dei fianchi, sono anche molti dei fenomeni di crollo in senso lato che interessano le pareti rocciose impostate nel basamento cristallino o nel Verrucano Lombardo lungo il versante sinistro della valle del torrente Re e lungo i fianchi della Val Vedetta.

All'esterno delle zone interessate da fenomeni gravitativi profondi si segnalano i fenomeni di crollo in senso lato che interessano le pareti rocciose presenti nel settore superiore del territorio comunale dove i fenomeni di distacco sono favoriti dalle condizioni climatiche.

#### Area interessata da reptazione/tracce di pascolamento

La reptazione, o creep, è costituita dai movimenti lenti che, sotto l'azione della forza di gravità, coinvolgono le coltri di depositi superficiali presenti sui versanti. In particolare, la reptazione è un movimento dovuto all'assestamento delle singole particelle che costituiscono i depositi ed avviene molto lentamente, con spostamenti dell'ordine di pochi centimetri all'anno, e con velocità decrescenti dalla superficie verso le parti più interne del terreno. Le cause dell'assestamento delle singole particelle sono da ricercare nei cicli di gelo e disgelo, di umidificazione ed essiccazione, di dilatazione e contrazione termica, nell'azione delle radici dei vegetali oppure nell'azione degli animali che scavano il terreno. Può essere provocato anche dall'azione degli animali al pascolo ed in tal caso si parla di tracce di pascolamento.



Questo fenomeno si manifesta con piccole scarpatine e decorticazioni del manto vegetale e può causare la crescita di alberi ricurvi. Fenomeni di reptazione sono piuttosto diffusi nei tratti più acclivi dei versanti dove interessano soprattutto la copertura eluviale e colluviale. Il creep può evolversi in forme di maggior intensità determinando l'innescarsi di processi erosivi o di frane superficiali e questo, a parità di altre condizioni, avviene più facilmente nelle zone dove l'assenza di copertura arborea determina una minore protezione rispetto all'azione erosiva della pioggia e del ruscellamento.

#### 7.2.b. – FORME E PROCESSI LEGATI ALLE ACQUE SUPERFICIALI

##### Area con fenomeni di ristagno e/o di ristagno d'acqua – Aree torbose o paludose

Aree caratterizzate dalla presenza, stagionale o perenne, di ristagni d'acqua sulla superficie topografica oppure dalla venuta a giorno in modo diffuso di acque sotterranee. Queste situazioni sono in genere legate alla conformazione topografica dei siti, laddove vi sono delle piccole depressioni, oppure sono legate alla presenza di depositi superficiali o di rocce relativamente impermeabili che non permettono l'infiltrazione delle acque meteoriche o di acque sotterranee affioranti nelle zone poste a monte. Nella zona di fondovalle le zone di ristagno sono presenti nel settore delle sorgenti fra la località Dosso e la Val Vedetta e soprattutto nella fascia di fondovalle posta lungo il confine con Artogne nel settore compreso fra il canale idroelettrico e la località Rodelli. Sui versanti le zone sono in genere associate alle sorgenti mentre nel settore della valle del Resio sono presenti zone di ristagno d'acqua associate a depositi torbosi in corrispondenza di piccole depressioni incise dall'erosione glaciale direttamente nel substrato roccioso. Depositati torbosi sono presenti in prossimità delle sponde paludose del lago di Rondeneto.

##### Ruscellamento diffuso

Forme erosive dovute allo scorrimento superficiale delle acque meteoriche non incanalate, che determina l'asportazione delle particelle del terreno e la rimozione della copertura vegetale in aree contraddistinte da una relativa acclività e da una copertura di depositi superficiali sciolti o poco coerenti. In alcuni casi le forme di ruscellamento si sono sviluppate come evoluzione di manifestazioni meno accentuate legate a fenomeni di creep o di soliflusso. Queste forme sono diffuse generalmente nelle zone poste alle quote più elevate, dove sono favorite dalla presenza di terreni fini eluviali e dalle condizioni climatiche.

##### Solchi di ruscellamento concentrato

I solchi d'erosione, o solchi di ruscellamento, sono fenomeni erosivi legati all'azione delle acque di scorrimento superficiale che tendono a concentrarsi lungo linee preferenziali. Forme erosive di questo tipo sono spesso presenti a partire dai punti in cui sono riversate a valle, in modo concentrato e non controllato, le acque raccolte dalle sedi stradali.

##### Erosione di fondo – Corsi d'acqua con tendenza all'erosione, in erosione, con erosione intensa

In relazione al quadro morfologico descritto, caratterizzato da corsi d'acqua rimasti sospesi rispetto ai fondovalle nei quali confluiscono in seguito al ritiro dei ghiacci, si registra una evidente tendenza all'erosione di fondo di fondo

soprattutto lungo l'alveo dei corsi d'acqua laterali. A parità di capacità erosiva i fenomeni sono meno intensi ed evidenti nei tratti di alveo impostati entro il substrato roccioso, per i quali si è rilevata in genere una certa tendenza all'erosione, mentre sono più evidenti nei tratti di alveo impostati entro i depositi superficiali dove l'erosione di fondo si accompagna spesso ad erosione laterale lungo le sponde. Localmente i fenomeni erosivi si manifestano con forte intensità in ragione sia delle condizioni morfologiche locali, intese principalmente come pendenza della curva di fondo e portata del corso d'acqua, sia di una maggiore erodibilità dei terreni.

#### Orlo di scarpata di erosione fluviale o torrentizia quiescente e inattiva

Le scarpate di erosione fluviale o torrentizia sono generate dall'attività erosionale dei corsi d'acqua, sia nel caso di erosione di fondo, sia nel caso di sola erosione laterale, legata alla migrazione delle sinuosità. Il tratto di monte della sponda sinistra del fiume Oglio è costituito da una scarpata d'erosione laterale quiescente fino all'inizio del muro che protegge la sponda dall'erosione. Scarpate di erosione laterale quiescenti sono presenti lungo il tratto superiore del torrente Re di Gianico, dove le sponde sono prive di opere di protezione, indicativamente fino al settore compreso fra la passerella pedonale e il ponte di via Bilina. Sono state individuate delle scarpate di erosione inattive nel settore di sbocco della val Vedetta sul fondovalle e lungo le incisioni comprese fra quest'ultima e la località Dosso.

Per quanto riguarda il settore montano le curve di fondo dei corsi d'acqua hanno pendenze in genere piuttosto accentuate e l'erosione laterale è sempre accompagnata all'erosione di fondo. Nella maggior dei casi le sponde dell'alveo attuale dei corsi d'acqua presenti in questi settori sono da considerarsi potenzialmente soggette ad erosione con fenomeni che assumono una certa evidenza solo in corrispondenza dei tratti impostati in depositi superficiali o in roccia molto fratturata, cataclasata o milonitizzata.

Lungo buona parte del corso del torrente Re di Gianico e di molti corsi d'acqua secondari, l'approfondimento del fondo, accompagnato all'erosione lungo la base delle sponde, ha determinato l'innescò di fenomeni di frana per rimozione di sostegno al piede. Le dimensioni delle frane variano da fenomeni gravitativi profondi lungo i fianchi del torrente Re a piccole forme lungo le linee di impluvio secondarie, spesso impostate sui corpi di frana maggiori.

Spesso inoltre le scarpate dei fianchi delle linee di impluvio, generate per approfondimento ed erosione laterale, sono poi interessate da fenomeni di frana e degradazione che si sviluppano in modo indipendente dall'attività del corso d'acqua. Per queste situazioni nella carta morfologica sono state rappresentate solamente le forme relative ai fenomeni franosi, indicando l'azione del corso d'acqua solo con il simbolo relativo all'erosione di fondo e riservando il simbolo di scarpata di erosione per i tratti dove i fenomeni di erosione sono direttamente legati all'attività del corso d'acqua.

#### Aree potenzialmente inondabili

Le aree alluvionabili rappresentano quelle zone, prossime all'alveo dei corsi d'acqua, che, per le loro caratteristiche topografiche, possono essere raggiunte dall'acqua uscita dall'alveo ordinario durante i maggiori eventi di piena. I corsi d'acqua presenti nel settore montano del territorio comunale sono generalmente soggetti a fenomeni di erosione e scorrono in genere al fondo di incisioni relativamente profonde: le aree sicuramente alluvionabili sono limitate a ristrette fasce poste al fondo delle incisioni, immediatamente a ridosso dell'alveo e spesso in corrispondenza delle sponde interne delle anse. Solo alla testata della valle dell'Orso, dove le pendenze sono in media contenute, a valle di malga La

Paglia e in prossimità del lago di Rondeneto, sono presenti alcuni tratti di piana di fondovalle relativamente ampie e potenzialmente alluvionabili in caso di piena.

Per quanto riguarda invece la piana di fondovalle del fiume Oglio e la relativa possibilità di esondazione si rimanda al paragrafo riguardante la pericolosità morfologica del fiume.

#### Conoide alluvionale

I conoidi alluvionali rappresentano le forme deposizionali che i corsi d'acqua formano quando incontrano, lungo il loro percorso, una sensibile diminuzione del gradiente topografico che provoca una diminuzione della velocità e quindi della capacità di trasporto della corrente. Questa situazione si verifica soprattutto alla base dei versanti vallivi alla confluenza dei corsi d'acqua laterali. I conoidi presentano una tipica forma a ventaglio e le dimensioni del materiale deposto diminuiscono dall'apice del conoide verso la zona distale, in relazione alla progressiva diminuzione della velocità della corrente. Lungo le conoidi la posizione dell'alveo dei corsi d'acqua risulta relativamente instabile perchè il materiale deposto in corrispondenza dell'apice durante una piena può provocare una diversione del corso d'acqua all'arrivo della piena successiva. Dato il prevalente carattere torrentizio dei corsi d'acqua presenti nell'area in esame e le condizioni geomorfologiche dei relativi bacini, la dinamica di queste forme è legata sia al succedersi di episodi di trasporto in massa, sotto forma di colate, sia a fenomeni di piena con trasporto solido elevato, ma con azione di correnti trattive.

All'interno del settore montano del territorio comunale di Gianico sono presenti piccoli conoidi localizzati allo sbocco di alcune linee di impluvio laterali. In riferimento alle condizioni geologiche dei rispettivi bacini idrografici questi conoidi sono in genere quiescenti ed interessati episodicamente da fenomeni di colata o trasporto in massa.

I conoidi di maggiori dimensioni, tra loro coalescenti sono posti allo sbocco sul fondovalle del torrente Re di Gianico e della Val Vedetta. I dati storici e recenti relativi alle capacità di trasporto e di esondazione di questi torrenti fanno ritenere tali conoidi come forme quiescenti, almeno per alcuni settori. Le condizioni di pericolosità morfologica sono trattate nel paragrafo relativo.

#### Limite di canale abbandonato

La dinamica morfologica dei conoidi alluvionali di fondovalle dei torrenti Re di Gianico e Val Vedetta ha comportato il verificarsi di fenomeni di esondazione con conseguente erosione o deposizione di materiale nei settori di conoide percorsi ed eventuali divagazioni a causa dello spostamento dell'alveo lungo il canale di esondazione. A testimonianza delle divagazioni e dei fenomeni di esondazione e spostamento dell'alveo, sono rimaste sul terreno evidenti e numerose tracce dei canali abbandonati, in particolar modo nei tratti mediani e apicali dei due conoidi.

#### Cresta di lobo di colata

La dinamica morfologica dei conoidi alluvionali di fondovalle dei torrenti Re di Gianico e Val Vedetta comporta il verificarsi di fenomeni di deposizione di colate detritico-fangose, che si propagano verso valle restando incanalate lungo l'alveo o fuoriuscendo dalla sezione di deflusso in caso di fenomeni eccezionali o di sbarramento della sezione di deflusso. All'esterno dell'alveo le colate si possono depositare con forma a ventaglio oppure in lobi e cordoni allungati lungo la massima pendenza della superficie del conoide. A testimonianza di questi eventi, sono rimaste sul terreno

evidenti e numerose tracce delle creste dei lobi di colata, in particolar modo nei settori mediani e apicali del conoide della Val Vedetta.

#### Grossi massi trasportati da eventi di colata

A testimonianza dell'eccezionale capacità di trasporto solido del torrente Re di Gianico in seguito a fenomeni di trasporto in massa (tipo debris flow/debris-torrent), nella parte medio-apicale del conoide sono presenti alcuni enormi blocchi rocciosi, con volumetria fino a 80-100 m<sup>3</sup>. Tali blocchi si trovano presso il margine nord della località Miele, in destra idrografica rispetto al corso attuale del torrente; sono stati trasportati e depositati in seguito a colate fuoriuscite dall'alveo, oppure a colate incanalate lungo una vecchia posizione dell'alveo.

#### Punto di possibile esondazione

Con questa voce sono stati segnalati i punti situati in corrispondenza di sezioni di deflusso critiche lungo i torrenti Re di Gianico e Val Vedetta, nei tratti posti lungo i rispettivi conoidi. Come sarà sposto nei paragrafi successivi, tali punti sono stati individuati in base ad analisi e osservazioni morfologiche e in base all'esecuzione di verifiche idrauliche.

#### Direzioni di deflusso per le acque di esondazione e le colate

Con questa voce sono stati indicati in carta, lungo i conoidi dei torrenti Re di Gianico e Val Vedetta, i percorsi e le direzioni che le acque di piena e le colate detritico-fangose potrebbero seguire, in caso di esondazione a partire dai punti critici individuati. A partire da tali punti, il deflusso si sviluppa seguendo delle direzioni potenziali, individuate osservando la topografia e la morfologia dei luoghi, corrispondenti a tracce di canali abbandonati ed a strade, disposte nella maggior parte dei casi secondo la direzione di massima pendenza lungo la superficie topografica del conoide. In base alla morfologia dei siti e alla probabilità di essere percorse in caso di esondazione, le direzioni di deflusso sono state differenziate in principali (a maggior probabilità), secondarie (a minor probabilità) e intermedie.

#### Limite di esondazione del torrente Re e del torrente Val Vedetta

I conoidi di fondovalle della Val Vedetta e del torrente Re di Gianico sono fra loro coalescenti; con questa simbologia sono state quindi indicate in carta le linee che, in base alla morfologia dei siti, delimitano le aree di conoide raggiungibili da esondazioni da parte della Val Vedetta (verso la destra idrografica) e dal torrente Re (verso la sinistra). Il limite relativo alla Val Vedetta corrisponde con la base del versante destro nel tratto medio-apicale, fino al settore della passerella pedonale sul Re dove si raccorda al piede dell'argine di quest'ultimo e prosegue verso valle fino al limite comunale. Il limite relativo al torrente Re corrisponde con la base del versante sinistro nel tratto medio-apicale, fino al settore della passerella pedonale dove si raccorda con via Marconi e prosegue verso valle fino alla linea ferroviaria nella zona di Via Gattoni.

#### Lago naturale

Il lago di Rondeneto è un piccolo specchio d'acqua naturale che occupa il fondo di una conca di escavazione glaciale alla testata del ramo della Valle dell'Orso. Il lago è poco profondo ed in via di interrimento, con sponde paludose ed una fascia di depositi torbosi al margine.

### 7.2.c. - FORME E PROCESSI LEGATI ALL'ATTIVITÀ GLACIALE E NIVALE

#### Aree interessate da fenomeni di valanga - Aree potenzialmente interessate da fenomeni di valanga

Le ripide linee di impluvio presenti sul versante sinistro della Valle del torrente Re di Gianico, nel tratto compreso tra Dosso Bassinaletto ed il Dosso Sparviero, possono essere percorse da masse nevose sciolte a partire dalla loro zona sommitale, in grado di incanalarsi lungo le incisioni e di raggiungere il fondo del torrente Re. Altre incisioni che possono essere soggette al fenomeno sono presenti sul versante sinistro della valle dell'Orso mentre settori di versante relativamente aperti e soggetti a valanghe sono presenti a monte di Malga Cimosco e lungo la linea di cresta Monte Muffetto - Monte Rosello alla testata della valle dell'Orso. In relazione principalmente alla quota ed alla esposizione le zone sono state distinte in aree interessate stagionalmente da fenomeni di valanga, dove questi fenomeni si manifestano stagionalmente in relazione alle condizioni medie di innevamento, principalmente i canali del versante della valle del Re, e in zone potenzialmente interessate dai fenomeni di valanga, dove le condizioni favorevoli al loro innesco si manifestano solo in anni particolarmente nevosi. Le condizioni di pericolosità sono in genere maggiori per le aree soggette stagionalmente ai fenomeni, ma possono essere relativamente consistenti anche per le altre zone, in ragione principalmente delle situazioni topografiche locali.

#### Orlo di circo glaciale

Il circo glaciale corrisponde alla nicchia sommitale, generalmente di forma semicircolare occupata da un ghiacciaio montano. Circhi sede di lingue glaciali erano presenti sia alla sommità della valle del Re, in corrispondenza della zona di Malga Cimosco, sia alla testata della valle dell'Orso dove la testata dei singoli rami era occupata da lingue glaciali che nei momenti di massima espansione confluivano tra loro nel solco principale della valle del Resio.

#### Orlo di scarpata di erosione e/o gradino di valle glaciale

L'approfondimento progressivo dei solchi vallivi causato dall'erosione glaciale origina in genere dei terrazzi morfologici disposti sia in senso trasversale alla valle, lungo i versanti, sia in senso longitudinale, lungo l'asse della valle. In genere la presenza dei terrazzi di erosione è dovuta al successivo approfondimento operato dalle lingue glaciali che si sono succedute nelle diverse fasi della glaciazione. Nelle zone di circo i terrazzi di escavazione glaciale danno luogo ad una morfologia a gradoni con ripiani spesso occupati da conche di sovraescavazione. Una serie di terrazzi è ben evidente alla testata della Valle dell'Orso dove uno dei ripiani longitudinali è occupato al lago di Rondeneto.

#### Rocce montonate

Si definiscono rocce montonate le gobbe rocciose sagomate a dorso di montone secondo la direzione di movimento del ghiacciaio. Spesso tali forme risultano alterate dall'azione di degradazione operata dagli agenti atmosferici e dall'acqua di scorrimento superficiale oppure risultano ricoperte da una coltre di detriti di alterazione superficiale. In corrispondenza della testata della Valle dell'Orso sono presenti dei dossi montonati relativamente ben conservati, impostati nelle porfiriti.

#### Orlo di terrazzo morfologico

I fenomeni gravitativi profondi che interessano il versante della Val Camonica ed il versante della valle del Re di Gianico rendono difficile distinguere l'origine dei terrazzi morfologici. E' probabile che alcuni tra i terrazzi morfologici presenti in corrispondenza dei depositi glaciali posti siano legati all'attività deposizionale dei ghiacciai e costituiti da depositi glaciali sedimentati in posizione esterna della lingua glaciale, registrando di volta in volta la posizione altimetrica raggiunta sul versante dalla massa glaciale nel corso delle variazioni di volume che essa subisce.

#### Arco e cordoni morenici

I cordoni morenici rappresentano gli accumuli morfologicamente più evidenti connessi all'attività deposizionale dei ghiacciai. Il profilo trasversale di questi depositi è caratterizzato da una forma triangolare con cresta più o meno aguzza in relazione all'azione erosiva, operata successivamente alla deposizione, da parte degli agenti esogeni e quindi in funzione dell'età del deposito stesso. I cordoni morenici laterali sono caratterizzati da un profilo longitudinale pressochè rettilineo, parallelo ai fianchi della valle, mentre i cordoni morenici frontali presentano un andamento longitudinale arcuato, spesso suddiviso in più lobi tra loro contigui in relazione alla complessità morfologica della fronte glaciale. Cordoni morenici sono presenti principalmente nelle zone di circo di Malga Cimosco e soprattutto alla testata della valle dell'Orso. Alcuni di questi cordoni hanno un aspetto superficiale relativamente fresco e sono in realtà cordoni nivomorenici, legati all'attività delle lingue di ghiaccio e successivamente dei nevai che hanno occupato questa zona.

I tratti di cordone morenico posti in località Prà del Bosco sono invece cordoni laterali legati alla lingua di ghiaccio della Val Camonica.

### 7.2.d. – ELEMENTI IDROGEOLOGICI

#### Risorgiva

Nella piana alluvionale del fiume Oglio, nelle vicinanze del confine con Artogne e poco a valle della linea ferroviaria, è presente una risorgiva legata all'affioramento in superficie di acque di falda che portano alla formazione del Fosso Ramello. La zona della risorgiva è stata modificata antropicamente in seguito al deposito del materiale di riporto della vicina ferriera. Le acque che affiorano in questo tratto della piana sono legate ad una falda sospesa alimentata da apporti di infiltrazione diretta dalla zona dei conoidi e dal versante e sostenuta alla base da livelli fini alluvionali o di conoide.

#### Sorgente/gruppo di sorgenti captate per uso pubblico o privato – sorgenti non captate

Le sorgenti rappresentano le zone, più o meno ampie, in corrispondenza delle quali avviene l'affioramento delle acque sotterranee. La venuta a giorno delle acque sotterranee siano esse contenute in un mezzo poroso, rappresentato in genere dai depositi superficiali, o contenute in un mezzo permeabile per fratturazione, rappresentato quasi esclusivamente dal substrato lapideo, può avvenire per la presenza di un limite di permeabilità che determina il versamento, il trabocco o la risalita in pressione dell'acqua oppure per la presenza di un'intersezione tra la superficie topografica e la superficie piezometrica.

Le sorgenti presenti nel territorio comunale sono state distinte in tre categorie in relazione al loro utilizzo:

- sorgenti o gruppo di sorgenti captate per uso potabile, principalmente dall'acquedotto comunale, ma in alcuni casi per uso privato

- sorgenti non interessate da opere di captazione.

In ragione dell'assetto idrogeologico dell'area le sorgenti sono presenti principalmente nella parte medio-inferiore del versante della Val Camonica e dei fianchi della valle del Re, con una concentrazione in corrispondenza della zona di contatto litologico tra le rocce permeabili del Verrucano ed i sottostanti micascisti impermeabili. Questa struttura ad unità idrogeologiche sovrapposte lungo una superficie di contatto relativamente regolare porta ad avere numerose sorgenti a portata non elevata piuttosto che poche sorgenti consistenti e per sopperire al fabbisogno dell'acquedotto comunale è quindi necessario utilizzare molte sorgenti.

Le sorgenti che alimentano l'acquedotto comunale sono situate principalmente nella parte inferiore del versante sinistro della Valle del Re, localizzate in genere in corrispondenza dei incisioni che segnano i fianchi delle deformazioni gravitative profonde.

La sorgente presente alla sommità della Valle Vedetta è captata dall'acquedotto di Artogne.

#### 7.2.e. - FORME ED ELEMENTI LEGATI ALL'ATTIVITÀ ANTROPICA

##### Aree con riporto di materiale

Accumuli consistenti di materiale di riporto sono presenti nella piana di fondovalle in corrispondenza di un'area industriale che in passato era stata sede di una ferriera ora chiusa. Il materiale accumulato in quest'area è rappresentato principalmente da scorie di fusione e l'area è stata interessata da un intervento di bonifica.

##### Muri perimetrali e/o di confine

Con questa voce sono stati indicate in carta quelle opere murarie che, innalzandosi rispetto alla quota del piano campagna sino a circa 1 m, a causa della loro particolare ubicazione, esercitano una certa influenza sulle direzioni di scorrimento di eventuali acque di esondazione, incanalandole o deviandole rispetto alla direzione impressa dall'assetto morfologico dei luoghi.

##### Terrazzamenti, muri in pietra a secco

A questa voce di legenda corrispondono i muretti a gravità in pietrame a secco costruiti per il sostegno dei terrazzamenti agrari realizzati per diminuire localmente la pendenza originaria e recuperare in questo modo delle aree coltivabili o per il pascolo; i muri hanno altezza variabile da 1 a 2,5 m a seconda della situazione topografica locale, e sono localizzati principalmente alla base del versante nei dintorni delle località Dosso e Cadelegn e nelle vicinanze del santuario della Madonna di Gianico.

##### Area interessata da tracce di pascolamento

La presenza di animali da pascolo è una delle tante cause della comparsa delle tipiche forme associate al fenomeno di reptazione superficiale, rappresentate da piccole scarpatine e locali decorticazioni del manto vegetale che vengono anche chiamate impronte d'armenti. Quando un'area è sottoposta ad un eccessivo carico di bestiame queste forme

possono assumere un carattere areale ed interessare superfici notevoli in corrispondenza delle quali si verifica la distruzione del manto vegetale ed il rimaneggiamento dell'orizzonte superficiale. In questa situazione le aree interessate si trovano facilmente esposte al rischio di fenomeni erosivi legati alle acque di scorrimento superficiale. Zone soggette a reptazione da pascolo si trovano soprattutto nei pressi delle malghe situate alla sommità della Valle dell'Orso, dove i fenomeni sono accentuati sia dalle condizioni climatiche locali sia dalle caratteristiche geotecniche da scadenti dei depositi eluviali e colluviali presenti.

## **8. ASPETTI IDROGEOLOGICI – CARTA IDROGEOLOGICA**

Gli elementi di carattere idrogeologico ed idrografico sono stati rappresentati sulla Carta idrogeologica (Tavola 11, alla scala 1:10.000 per tutto il territorio comunale) riprendendo ed aggiornando la carta redatta nello studio geologico del 1999. Alcuni degli elementi rappresentati sulla carta idrogeologica sono presenti anche sulla carta geomorfologica e per la loro descrizione si rimanda ai paragrafi relativi.

### 8.1.a. – ELEMENTI IDROGRAFICI

#### Corsi d'acqua a regime perenne – corsi d'acqua a regime temporaneo – limiti di bacino idrografico

Nell'ambito del territorio comunale i corsi d'acqua perenni, ovvero con deflusso presente per tutto l'arco stagionale, sono principalmente il fiume Oglio e, con regime maggiormente variabile, i torrente Re di Gianico, Val Vedetta e Valle dell'Orso-torrente Resio. Nel dettaglio la situazione è un poco più complicata perchè le acque del torrente Re tendono ad infiltrarsi nel terreno a partire dal settore apicale del conoide, per cui nel settore medio-superiore si possono avere periodi privi di deflusso, mentre nel settore intermedio sono derivate da un canale idroelettrico ed a valle del punto di derivazione l'alveo del torrente è in genere privo di deflusso salvo che in condizioni di piena. Anche le acque della Val Vedetta sono derivate dallo stesso canale idroelettrico, ma a valle del punto di derivazione si mantiene un minimo di deflusso grazie ad affioramenti di acque sotterranee alla base del versante. Hanno regime perenne e fortemente variabile anche alcuni corsi d'acqua minori, alimentati da sorgenti, situati nella parte inferiore del versante posto a sinistra della Val Vedetta. Per il resto si tratta di corsi d'acqua a regime temporaneo presentano periodi più o meno lunghi privi di deflusso o deflusso strettamente legato alle precipitazioni.

Per quanto riguarda i bacini idrografici sono stati delineati solamente i limiti dei bacini idrografici dei corsi d'acqua maggiori e dei principali impluvi secondari. La linea di cresta Monte Muffetto – Monte Rosello separa la Val Camonica dalla Val Trompia (ovvero il tratto montano del fiume Oglio dal fiume Mella) entrambe comunque comprese nel bacino dell'Oglio, nel quale confluisce il fiume Mella.

### 8.1.b. – ELEMENTI IDROGEOLOGICI

#### Zone di tutela delle opere di captazione delle acque potabili

Nella Carta sono state rappresentate le zone di salvaguardia delle risorse idriche (d.lgs. 11 maggio 1999 n. 152 aggiornato con le modifiche del d.lgs. 18 agosto 2000 n. 258 - e disposizioni regionali in materia: d.g.r. 27 giugno



1996 n. 6/15137 e d.g.r. 10 aprile 2003 n. 7/12693) così come è stato possibile individuarle sulla base delle conoscenze attuali.

In mancanza di studi idrogeologici specifici le zone di salvaguardia delle sorgenti captate (definite in riferimento al d.lgs. n. 152 del 11 maggio 1999 aggiornato dal d. lgs. 18 agosto 2000, n. 258) sono state definite sulla base del criterio geometrico individuando la Zona di Rispetto e senza valutare l'estensione della Zona di Protezione.

Secondo il criterio geometrico la Zona di Rispetto è definita da una porzione di cerchio di raggio 200 m, con centro nel punto di captazione, estesa idrogeologicamente a monte dell'opera di presa e delimitata verso valle dall'isoipsa passante per la captazione stessa (d.g.r. 27/06/1996 n. 6/15137). L'estensione delle Zona di rispetto è stata individuata sia per le sorgenti utilizzate dall'acquedotto pubblico sia, a livello indicativo, per le sorgenti utilizzate da privati.

#### 8.1.c. – STAZIONI DI MISURA

##### Idrometro - pluviometro

Nel territorio comunale di Gianico sono presenti una stazione idrometrica ed una stazione pluviometrica. L'idrometro è gestito dal Consorzio dell'Oglio e misura il livello del pelo libero del fiume Oglio in corrispondenza della soglia posta a valle dell'attraversamento dello svincolo per Rogno della SS42.

Il pluviometro è gestito dal comune di Gianico e si trova alla sommità della Val Vedetta, alla quota di circa 1050 m, e fa parte del sistema di monitoraggio dei fenomeni franosi che interessano direttamente il bacino della Val Vedetta.

#### 8.1.d. – ELEMENTI LEGATI ALL'ATTIVITÀ ANTROPICA

##### Opere di derivazione

Nell'ambito del territorio di Gianico sono interessate da opere di derivazione le acque del torrente Re di Gianico e della Val Vedetta. Entrambi i corsi d'acqua sono derivati per scopi idroelettrici nel settore medio-inferiore del conoide; il torrente Re è anche derivato a partire dalla zona apicale del conoide con un canale di che serviva gli opifici della zona di Fucine e Darfo.

##### Galleria drenante – canaletta di raccolta

Successivamente ai fenomeni franosi che hanno interessato il bacino della Val Vedetta nel 1960 e del 1966 nel settore sommitale dell'incisione è stata realizzata una galleria drenante nell'intento di raccogliere ed allontanare le acque sotterranee che saturano i terreni ed il substrato roccioso. La galleria drenante si trova in asse all'impluvio alla quota di circa 1070 m circa e da essa si diparte una canaletta di raccolta superficiale, ma protetta con lastre di pietra, che convoglia le acque nella linea di impluvio posta subito ad est, verso il torrente Re.

Purtroppo la galleria drenante è stata realizzata ad una quota superiore rispetto a quella del livello della falda e non ha contribuito in maniera apprezzabile al drenaggio delle acque sotterranee.

#### 8.1.e. – OPERE DI REGIMAZIONE IDRAULICA

##### Bioingegneria (palificate) – canaletta in legname e pietrame

Con questa simbologia sono stati indicati gli interventi di ingegneria naturalistica costituiti da palificate semplici realizzate per la definizione delle sponde del fosso Ramello nel tratto in località Bililò, presso il confine comunale con Artogne, poco a valle della risorgiva che origina il corso d'acqua stesso. Altre palificate sono state realizzate recentemente nel settore superiore della Val Vedetta per consolidare localmente un settore soggetto a fenomeni di erosione e di frane superficiali legati ai fenomeni franosi profondi; in questo settore le palificate sono state associate a tubi drenanti addossati ed a gabbioni drenanti interrati per raccogliere le acque sotterranee che affiorano in zona e ad una canaletta di drenaggio in legname e pietrame realizzata per convogliare a valle le acque raccolte.

#### Tratto d'alveo regimato

Con questa simbologia è stato indicato il tratto d'alveo della Val Vedetta compreso fra la quota 430 m circa nel settore apicale e la quota di 295 m circa presso via Chiudinelli nel settore medio-apicale. Nel tratto superiore, fino all'attraversamento di quota 223 m fondo e sponde sono state realizzate in gabbioni mentre nel tratto inferiore fondo e sponde sono rivestite con massi di pietra intasati con calcestruzzo.

#### Argine in terra e gabbioni - Argine in massi - Argine in massi intasati con calcestruzzo - Muri d'argine/di sponda in calcestruzzo, pietra, pietra e calcestruzzo

In carta sono state rappresentate, distinguendole per tipologia costruttiva, le opere longitudinali presenti lungo le sponde dei corsi d'acqua sia per proteggerle dall'erosione laterale, con altezza pari a quella del terreno adiacente (muri di sponda), sia per la difesa da eventi di piena, con altezza superiore a quella del terreno adiacente (argini). Le opere di difesa sono state realizzate principalmente lungo il fiume Oglio e lungo il torrente Re e la val Vedetta, soprattutto in corrispondenza dei rispettivi conoidi.

Lungo il fiume Oglio sono presenti a protezione dall'erosione laterale lungo la sponda sinistra un tratto di scogliera in pietra e calcestruzzo a valle dell'attraversamento dello svincolo per Rogno della SS42 e un poco più a valle un tratto di muro in calcestruzzo. Lungo la sponda opposta sono presenti tratti di scogliera in massi di pietra a secco o in blocchi accatastati irregolarmente.

Per quanto riguarda il torrente Re lungo la sponda sinistra è presente, fra le quote di 334 e 290 m circa, un grosso argine in massi ciclopici realizzato durante la dominazione austriaca; a valle della terminazione di quest'ultimo, posta poco a monte del ponte di Via Bilina e fino al confine comunale con Darfo Boario Terme l'argine è costituito da un rilevato in terra sostenuto all'esterno da un muro in massi intasati con calcestruzzo. Quest'ultimo tratto è legato al progressivo innalzamento del fondo del torrente a causa della deposizione di materiale in alveo in occasione della maggiori piene, fino ad avere un alveo pensile, con fondo situato ad una quota simile o superiore rispetto alle zone circostanti, ed alla conseguente necessità di realizzare delle arginature per contenere le piene.

Lungo la sponda destra nel tratto intermedio del conoide, dalla passerella di quota 305 fino quasi al ponte per Fucine, a quota 370 m, sono stati realizzati successivamente al 1960 delle difese di sponda in gabbioni che ora sono in buona parte lesionati per erosione al piede a causa dell'erosione al fondo. Tratti di scogliera e di muri di sponda sono presenti anche localmente nel tratto intermedio del corso montano del torrente, in associazione a briglie.

Per quanto riguarda il conoide della val Vedetta lungo il tratto apicale (fra le quote di 430 e 295 m circa) è presente in destra idrografica un grosso argine in terra e gabbioni realizzato per contenere i fenomeni di colata; a monte dell'inizio di tale opera sono presenti anche due brevi tratti di argine in massi. A valle di quota 295 m e fino all'attraversamento di quota 260 m circa lungo la sponda destra della Val Vedetta è invece presente un piccolo argine in terra. Tratti di scogliera o di gabbioni a protezione delle sponde sono presenti anche nella parte inferiore del tratto montano del conoide.

#### Briglia e soglie in calcestruzzo, in pietra e calcestruzzo, in gabbioni, in pannelli metallici

Le briglie sono opere di regimazione dei corsi d'acqua realizzate per ridurre la tendenza all'erosione ed ottenere in tal modo la stabilizzazione degli alvei; sono opere idrauliche trasversali che, avendo il coronamento più alto rispetto al fondo dell'alveo, introducono salti di fondo diminuendo per tratti la pendenza e quindi la capacità erosiva della corrente, e stabilizzando allo stesso tempo le sponde con la creazione di deposito al piede. Le soglie sono invece opere trasversali realizzate a raso o molto poco rilevate rispetto al fondo dell'alveo e servono per limitare l'erosione di fondo fissando la quota dell'alveo. Opere trasversali sono presenti principalmente lungo il torrente Re e la Val Vedetta e in subordinatamente lungo il fiume Oglio ed altri corsi minori.

Lungo il fiume Oglio è presente una briglia in calcestruzzo realizzata subito a valle dell'attraversamento dello svincolo per Rogno della SS42.

Lungo il torrente Re sono presenti numerose briglie sia lungo il tratto montano sia lungo il conoide alluvionale. Lungo il tratto montano si tratta principalmente di briglie in pietra e calcestruzzo realizzate soprattutto nel periodo 1960-1970. Molte di queste opere sono in via di scalzamento alla base a causa della forte tendenza del torrente all'erosione di fondo. Nella zona apicale del conoide è presente una briglia selettiva a pettine realizzata recentemente sovralzando una briglia preesistente. Lungo il conoide sono presenti altre briglie realizzate nel periodo 1960-1970 per contenere l'erosione di fondo: alcune di queste opere determinano però una riduzione locale della sezione di deflusso e rappresentano dei punti critici rispetto alla possibilità di esondazione in caso di piena.

Lungo il corso della Val Vedetta sono presenti numerose opere di trasversali rappresentate principalmente da briglie in calcestruzzo realizzate successivamente al 1966, molte delle quali sono state recentemente interessate da un intervento di manutenzione nell'ambito del quale sono state realizzate nuove briglie in pannelli metallici ad ombrello. All'apice del conoide è presente anche una briglia in gabbioni, posta a monte del tratto di alveo sistemato con fondo e sponde in gabbioni.

Altre opere trasversali, principalmente piccole briglie in pietrame e malta sono presenti lungo alcuni corsi minori, in particolare lungo gli impluvi posto nella zona di Altui e lungo la valle delle Rovine.

#### Gabbioni

I gabbioni sono strutture realizzate con una gabbia a forma di parallelepipedo in maglia in filo d'acciaio zincato, riempite con materiale lapideo di pezzatura grossolana, e sono presenti come elementi costitutivi di varie opere. Nell'area in esame sono stati utilizzati principalmente per realizzare opere di sistemazione idraulica, soprattutto opere di difesa di sponda. Lungo la Val Vedetta sono presenti localmente lungo la sponda sinistra nel tratto montano del torrente,

sono stati utilizzati per realizzare il nucleo dell'argine posto in destra nel settore apicale e medio-superiore del conoide e per realizzare il fondo le sponde del torrente nello stesso tratto e sono stati utilizzati anche per realizzare una protezione alla sponda destra ed una briglia all'estremità di monte del medesimo tratto.

Lungo il torrente Re di Gianico sono stati utilizzati per l'arginatura del tratto di sponda sinistra del torrente Re di Gianico posto a monte del muro d'argine in blocchi, a partire dalla quota di 334 m circa e per la protezione della sponda sinistra nel tratto a monte della passerella di quota 305 m circa, ma in questo ultimo tratto le opere sono in buona parte lesionate a causa dello scalzamento al piede dovuto all'erosione di fondo. Sono presenti localmente anche lungo la sponda destra nel tratto montano, a protezione dell'erosione laterale dove il torrente lambisce la strada che percorre il fondo dell'incisione.

#### Tombotto

Con questa simbologia è stata indicata un'opera che raccoglie le acque provenienti da una piccola incisione posta a valle della località Dosso e, intubandole, le convoglia nel sottostante alveo della Val Vedetta.

#### Opere antropiche danneggiate

Gli interventi antropici fin qui descritti sono solitamente in buono stato di conservazione e manutenzione; diversamente, in carta, è stato apposto un sovrassegno di colore rosso ai simboli identificativi delle opere, qualora queste presentino segni di danneggiamento (quali scalzamento, lesioni, erosione).

## **8.2. Permeabilità del substrato roccioso e dei depositi superficiali**

Le unità del substrato roccioso e le unità dei depositi superficiali sono state classificate in base alla permeabilità adottando la classificazione proposta da Civita (Civita, 2005).

#### Permeabilità del substrato roccioso

Nella valutazione della permeabilità degli ammassi rocciosi si è tenuto conto sia delle caratteristiche litologiche sia del relativo grado di fratturazione, almeno per quanto risulta dalle condizioni riscontrate in superficie.

Rocce con permeabilità scarsa. A questa classe di permeabilità, indicativamente con un coefficiente di permeabilità compreso tra  $10^{-5}$  e  $10^{-9}$  m/s, sono stati assegnati gli ammassi rocciosi presenti nel settore montano del territorio comunale, corrispondenti alle unità delle vulcaniti della Formazione di Collio, del Conglomerato del Dosso dei Galli, del Verrucano Lombardo e del Servino. Nel dettaglio una permeabilità relativamente maggiore, per fratturazione, compete agli ammassi del Verrucano Lombardo. Queste rocce possono assumere un ruolo di acquifero o di acquitardo in relazione alla permeabilità delle rocce adiacenti e relativamente all'ambito del territorio in esame svolgono il ruolo di acquiferi.

Rocce praticamente impermeabili. Alla classe delle rocce impermeabili, indicativamente con un coefficiente di permeabilità minore di  $10^{-9}$  m/s, sono stati assegnati gli ammassi rocciosi costituiti dalle formazioni del Micascisti del Maniva che costituiscono la base degli acquiferi presenti in corrispondenza del settore montuoso del territorio.

#### Permeabilità dei depositi superficiali

Nella valutazione della permeabilità dei depositi superficiali si è tenuto conto di un valore medio relativo al complesso dei sedimenti che costituiscono le singole unità.

Depositi ad alta permeabilità. A questa classe di permeabilità, indicativamente con un valore del coefficiente di permeabilità superiore a  $10^{-2}$  m/s, possono essere assegnati i depositi detritici di versante con una scarsa frazione fine, presenti soprattutto nel settore superiore del territorio, i depositi alluvionali attuali e recenti sia del settore montano sia, nel complesso, della stessa piana dell'Oglio, costituiti in prevalenza da sedimenti di canale anche in superficie è presente un livello da esondazione relativamente fine.

Depositi a permeabilità media. A questa classe di permeabilità, indicativamente con un valore del coefficiente di permeabilità compreso tra  $10^{-2}$  e  $10^{-5}$  m/s, possono essere assegnati la parte superficiale dei depositi alluvionali recenti della piana di fondovalle dell'Oglio, costituita da sedimenti da esondazione a granulometria relativamente fine, e la maggior parte dei depositi di conoide alluvionale perchè costituiti principalmente da livelli di trasporto in massa con una frazione fine apprezzabile. In questa classe possono essere probabilmente inseriti anche i maggiori accumuli di materiale di riporto presenti, costituiti principalmente da scorie di acciaieria che possono presentare una componente fine apprezzabile.

Depositi a permeabilità scarsa. A questa classe di permeabilità, indicativamente con un valore del coefficiente di permeabilità compreso tra  $10^{-5}$  e  $10^{-9}$  m/s, possono essere assegnati i depositi di origine eluviale e colluviale che sono caratterizzati da una matrice fine abbondante ed la maggior parte dei depositi glaciali di ablazione che presentano una frazione fine significativa, ma non predominante.

Depositi a permeabilità nulla. A questa classe di permeabilità, indicativamente con un valore del coefficiente di permeabilità inferiore a  $10^{-9}$  m/s, possono essere assegnati i depositi glaciali di fondo, costituiti principalmente da sedimenti aventi una matrice fine piuttosto abbondante, ed i depositi torbosi presenti localmente.

### **8.3. Assetto idrogeologico generale**

Nell'ambito del territorio comunale di Gianico si possono distinguere tre settori idrogeologici principali rappresentati dalla zona della sommità della valle del Resio e della valle del Re, dalla zona del versante sinistro della Valle del Re e del versante sinistro della Val Camonica e dalla zona della piana di fondovalle del fiume Oglio e della fascia di raccordo dei conoidi alluvionali.

#### **8.3.a. - Settore della sommità della valle del Resio e della Valle del Re di Gianico**

La situazione idrogeologica della zona superiore del territorio comunale è caratterizzata dalla presenza di una serie di unità terrigene e vulcaniche, principalmente il Verrucano Lombardo, aventi nel complesso una scarsa permeabilità per fratturazione, sia pure con variazioni a volte significative, che si sovrappone alle rocce del basamento cristallino che

hanno invece una permeabilità molto bassa. Nel complesso la serie terrigena e vulcanica costituisce un acquifero fratturato relativamente consistente sostenuto dalle rocce del basamento. Le acque di infiltrazione si muovono principalmente in senso verticale con una componente verso l'asse della Valle Camonica, che diventa la direzione di deflusso principale dell'acquifero, vista la disposizione con immersione verso nord-ovest delle unità litologiche. All'acquifero fanno capo le sorgenti presenti lungo il limite copertura-basamento al fondo della valle del torrente Re di Gianico. Le sorgenti maggiori, in località Cervera, sono utilizzate dall'acquedotto comunale di Darfo e sono probabilmente legate a settori di ammasso roccioso maggiormente fratturati per la presenza di faglie, piccoli ammassi intrusivi e deformazioni gravitative profonde.

In questo settore sono presenti alcune sorgenti sfruttate localmente anche in quota, sia nella zona di Malga Cimosco sia nella zona di Malga Rondeneto. Si tratta in entrambi i casi di sorgenti legati ad acquiferi contenuti nei depositi superficiali, in particolare i depositi detritici di versante ed in parte i depositi glaciali, sostenuti da variazioni di permeabilità entro gli stessi depositi glaciali oppure direttamente dal substrato roccioso.

### **8.3.b. - Settore del versante sinistro della Valle del Re di Gianico e del versante della Val Camonica**

La situazione idrogeologica di questo settore è analoga a quella del precedente nel motivo di fondo, ovvero nella presenza di unità terrigene e vulcaniche, quasi esclusivamente il Verrucano Lombardo, aventi nel complesso una scarsa permeabilità per fratturazione, che si sovrappone alle rocce del basamento cristallino che hanno invece una permeabilità molto bassa. La situazione è però complicata localmente dalla presenza lembi di depositi glaciali di spessore significativo e soprattutto dalla presenza dei fenomeni gravitativi profondi che interessano diffusamente il versante e danno luogo a direzioni di deflusso preferenziale per le acque sotterranee impostate in corrispondenza delle superfici di scorrimento, delle zone di rilascio tensionale e dei limiti laterali dei fenomeni franosi. Il grado di fratturazione del substrato roccioso determina localmente delle variazioni di permeabilità significative anche nell'ambito dello stesso basamento cristallino. Le trincee, le fratture di trazione ed i limiti laterali dei fenomeni franosi, sia in corrispondenza degli affioramenti del Verrucano Lombardo, sia in corrispondenza del basamento cristallino rappresentano in genere zone di infiltrazione a partire dal quale le acque scorrono in senso verticale fino a scorrere sostenute dal contatto con il basamento cristallino impermeabile oppure a scorrere entro di esso lungo le fasce più fratturate disposte secondo le superfici di scorrimento in direzione rivolta principalmente verso nord-ovest, secondo l'immersione verso nord-ovest delle unità litologiche. In questo settore le sorgenti principali sono disposte in genere lungo i limiti laterali dei fenomeni gravitativi profondi, come l'incisione della Val Vedetta, l'incisione posta a valle di Prà del Bosco e l'incisione della Valle delle Rovine e si collocano sia in corrispondenza del limite tra Verrucano Lombardo e micascisti (Val Vedetta, settore superiore della Valle delle Rovine, settore a valle di malga Campellio) sia un poco più a valle (Altui, settore inferiore della valle delle Rovine, zona di Dosso) a causa della presenza di zone di deflusso preferenziali definite dalle fasce fratturate corrispondenti alle superfici di scorrimento dei fenomeni franosi.

### **8.3.c. - Settore della piana di fondovalle dell'Oglio e della fascia dei conoidi alluvionali**

Il settore di fondovalle è caratterizzato dalla presenza di una coltre relativamente potente di depositi superficiali, principalmente di origine alluvionale, che nel complesso è sede di un acquifero poroso a pelo libero il cui livello piezometrico si trova ad una profondità relativamente contenuta rispetto alla superficie topografica della piana.

Purtroppo si dispone solo di poche stratigrafie, in genere poco profonde, per cui è possibile tracciare solo a grandi linee la situazione stratigrafica dei depositi che colmano il fondovalle. Sulla base delle stratigrafie a disposizione a partire dalla zona di Darfo verso valle i depositi sono costituiti da un livello superficiale da esondazione dello spessore di 1-3 m al di sotto del quale si trovano in prevalenza livelli di ghiaia per uno spessore di almeno 60 m nella zona di Corna.

Più a valle, nella zona di Rogno e Pian Camuno si dispone delle stratigrafie dei rispettivi pozzi comunali che mettono evidenza uno spessore dei depositi superficiali dell'ordine di almeno 60-80 m e la comparsa di intercalazioni fini significative in profondità.

Non si conosce pertanto la profondità e la natura della base dell'acquifero che potrebbe essere rappresentata direttamente dal substrato roccioso oppure da depositi superficiali poco permeabili.

Sulla base dei dati stratigrafici si ritiene che i depositi alluvionali di fondovalle costituiscano nel complesso un unico acquifero sede di una falda a pelo libero. Non si esclude comunque che l'acquifero di fondovalle possa essere localmente suddiviso in senso verticale dalla presenza di intercalazioni fini dotate di una certa continuità laterale, .

Non si dispone di dati omogenei relativi al livello piezometrico perchè i pozzi presenti sono relativamente pochi, in genere in pompaggio e in molti casi sigillati e non accessibili per le misure. In riferimento ai dati storici disponibili, confermati da una misura recente ad un piezometro presente in prossimità della zona industriale e dalla quota della falda che affiora nella cava di inerti posta all'altezza di Bessimo in sponda destra dell'Oglio, il livello piezometrico della falda nella zona della piana di fondovalle si trova ad una profondità media del piano campagna dell'ordine di circa 5-6 m di profondità. In media le oscillazioni stagionali della falda, ricavate dai pochi dati disponibili e da testimonianze indicative, sono dell'ordine di 1-2 m. Il gradiente piezometrico della falda, ricavato indicativamente dalla quota degli affioramenti delle cave presenti lungo il fondovalle, è localmente dell'ordine del 2,6‰.

Confrontando le quote del livello della falda con la quota del fondo dell'alveo del fiume Oglio si nota che la relativa prossimità tra i due valori indica che si possono avere comportamenti diversi in ragione delle condizioni di alimentazione della falda con un'azione di drenaggio da parte del fiume nei periodi di forte ricarica della falda e di alimentazione da parte del fiume quando il livello di falda è basso.

La falda di fondovalle riceve alimentazione sia direttamente, per infiltrazione di acqua dalla superficie e dall'alveo dei corsi d'acqua sia da apporti sotterranei dai versanti per contatto laterale con gli acquiferi contenuti nelle unità del substrato roccioso. I corsi d'acqua provenienti dai versanti, torrente Re di Gianico, torrente Val Vedetta ed alcune linee di impluvio minori, contribuiscono all'alimentazione della falda con l'infiltrazione di subalveo unitamente ad apporti sotterranei dalla base del versante stesso. Nel settore distale del conoide della Val Vedetta e nella zona di raccordo tra questo conoide e la piana di fondovalle, la presenza di livelli fini di conoide o alluvionali al margine della piana, determina la presenza di una falda sospesa il cui livello si trova in prossimità del piano campagna.

Non si dispone di prove di pompaggio condotte sui pozzi esistenti e non si conoscono i parametri fisici dell'acquifero: a livello indicativo si può ipotizzare una permeabilità media dell'ordine di  $10^{-2}$  m/s, variabile da 10 a  $10^{-2}$  m/s dove prevalgono gli orizzonti grossolani e da  $10^{-2}$  m/s a  $10^{-4}$  m/s dove sono presenti livelli a granulometria relativamente fine.

Nel complesso la falda è molto consistente, come confermano i dati relativi al pozzo comunale di Corna di Darfo, che indicano un abbassamento del livello di 2 m in conseguenza di un pompaggio con una portata di 60 l/s, ed il pozzo comunale di Rogno, che indicano un abbassamento del livello di 0,5 m in conseguenza di un pompaggio con una portata di 40 l/s.

La relativa prossimità al piano campagna della superficie della falda rende le acque più facilmente vulnerabili rispetto ad eventuali inquinanti provenienti dalla superficie. Un certo grado di protezione per la falda principale si ha probabilmente nel settore di raccordo tra la piana ed il conoide delle Val Vedetta, dove è presente una falda superficiale sostenuta dai livelli a granulometria fine, tuttavia non si dispone di stratigrafie sufficienti per valutare lo spessore e l'estensione laterale dei livelli fini e conseguentemente il grado di protezione effettivamente assicurato.

## **9. VALUTAZIONE E ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITA' MORFOLOGICA**

In questo capitolo sono presi in considerazione gli aspetti relativi alla pericolosità morfologica di alcune forme presenti sul territorio che possono comportare interferenze negative con le aree urbanizzate o di interesse urbanistico corrispondenti al settore di fondovalle del territorio comunale. I principali elementi di pericolosità presenti sul settore di fondovalle del comune di Gianico sono rappresentati dalla dinamica del fiume Oglio e dalla conseguente possibilità di esondazione nella piana di fondovalle e dalla dinamica dei conoidi del torrente Re di Gianico e della Val Vedetta.

Le condizioni di pericolosità relative all'esondazione del fiume Oglio sono state riprese direttamente dalla perimetrazione delle fasce fluviali del fiume Oglio contenute nel Piano Stralcio per l'assetto Idrogeologico (PAI) redatto dall'autorità di bacino del fiume Po mentre la pericolosità relativa ai conoidi alluvionali è stata valutata direttamente in questa sede in riferimento alle indicazioni contenute nella normativa di riferimento.

### **9.1. ASSETTO MORFOLOGICO E PERICOLOSITA' MORFOLOGICA DEL FIUME OGLIO.**

#### **9.1.a. – Assetto morfologico**

Nel tratto di fondovalle posto all'altezza del territorio comunale di Gianico il fiume Oglio mostra nel complesso un comportamento morfologico da corso d'acqua a meandri, ma, essendo caratterizzato a tratti da pendenze di fondo relativamente alte e da una capacità di trasporto solido nel complesso consistente favorita dal contributo dei corsi d'acqua laterali, in occasione delle piene maggiori presenta un comportamento prossimo a quello di un corso d'acqua a canali anastomizzati.



La composizione granulometrica dei depositi alluvionali attuali è relativamente grossolana e varia localmente in funzione dell'ambiente deposizionale:

- i depositi di canale sono costituiti da ciottoli e ghiaia grossolana, con rari massi;
- le barre longitudinali presenti in alveo sono sostanzialmente costituite da ghiaia e ciottoli, ghiaia ciottolosa e sabbiosa;
- nelle zone più interne delle barre, soprattutto dove è presente della vegetazione, si trovano lenti di sabbia.

L'andamento del fiume è sinuoso e la disposizione delle anse è in parte condizionata dalla posizione dei conoidi alluvionali dei maggiori corsi d'acqua laterali, soprattutto quelli della sponda sinistra. L'alveo del fiume è ampio, definito da scarpate di erosione nette che lo separano dalla piana alluvionale. Nell'alveo sono presenti barre longitudinali piuttosto estese, in genere saldate ad una sponda e le barre maggiori sono relativamente stabili e presentano vegetazione con cespugli ed alberi. Le barre vengono completamente sommerse nel corso delle piene maggiori. Il percorso della corrente durante le fasi di magra e di morbida è condizionato dalla presenza delle barre ed è pertanto fortemente sinuoso, con passaggi dall'una all'altra sponda; le barre maggiori riescono a condizionare la direzione della corrente anche durante le piene ordinarie, concentrando la corrente lungo le sponde esterne delle sinuosità e dando luogo ad intensi fenomeni di erosione laterale.

In particolare il tratto di alveo compreso nel territorio di Gianico corrisponde alla parte di valle dell'ampia ansa rivolta a sinistra che il fiume definisce in corrispondenza del conoide del torrente Re di Gianico, alla brusca ansa rivolta a destra posta subito a valle ed alla parte di monte del tratto rettilineo successivo.

In corrispondenza dell'ansa del conoide del Re la sponda sinistra è in posizione interna, con un'ampia barra longitudinale alla base e priva di opere di difesa in quanto l'erosione interessa principalmente la sponda opposta che è invece protetta da una scogliera in blocchi di pietra sormontata da un argine in terra.

Nel tratto posto immediatamente a valle dell'ansa si trova l'attraversamento stradale dello svincolo per Rogno della SS-42, rappresentato da un ponte con una pila al centro dell'alveo: in corrispondenza del ponte le sponde sono entrambe protette con una scogliera in blocchi di pietra e calcestruzzo. Subito a valle del ponte si trova una briglia in calcestruzzo realizzata per impedire lo scalzamento delle spalle e della pila del ponte. La briglia è stata realizzata dopo che la pila del ponte è stata scalzata effettivamente dal fiume, con danno all'impalcato, probabilmente per mancanza di sottofondazioni adeguate anche se la causa venne attribuita ad una piena eccezionale ed improvvisa del fiume (...). Le scogliere lungo le sponde si prolungano poco più valle della briglia. In corrispondenza dell'ansa posta più a valle, rivolta a destra e relativamente brusca, il fiume tende ad erodere la sponda sinistra, situata in posizione esterna, e la scarpata di erosione è da considerare attiva. In questo tratto, a causa della diminuzione di pendenza che si registra a valle del salto della briglia il fiume tende a depositare il materiale in carico al calare delle piene e sono presenti due barre longitudinali che riducono la sezione di deflusso al montare delle piene, accentuando i fenomeni erosivi lungo la sponda.

A partire da questo tratto lungo tutta la sponda destra è presente una scogliera in grossi blocchi di pietra, realizzata a protezione di una cava di inerti in falda, mentre la sponda sinistra è priva di protezione per buona parte del tratto rettilineo e soggetta all'erosione laterale che con il tempo ha asportato un buon tratto del muro di sponda realizzato successivamente alla piena del 1960: solo un poco più a valle lungo la sponda sinistra è presente ancora il muro, in

pietra e calcstruzzo, ma in via di scalzamento a causa della leggera tendenza all'erosione del fondo che caratterizza tutto il tratto del fiume tra Darfo e Rogno.

All'esterno dell'alveo la piana di fondovalle posta in sinistra non presenta terrazzi fluviali che individuano settori a diverso grado di attività ed è quindi da considerare nel complesso come recente e, in caso di esondazione, potenzialmente tutta alluvionabile. La presenza del rilevato della SS42 limita tuttavia la possibilità di esondazione nel tratto di monte della piana compresa nel comune di Gianico. Nel tratto di valle il rilevato stradale si allontana dalla sponda e la piana compresa tra sponda e rilevato è quindi potenzialmente alluvionabile; la presenza di alcuni fornicci consente inoltre che le acque di esondazione possano propagarsi, sia pure con energia smorzata, anche nel settore di piana esterna al rilevato, almeno per la parte compresa tra questo e l'alveo del fosso Ramello, un piccolo corso d'acqua che scorre sul fondovalle prendendo origine da una zona di risorgiva.

La dinamica morfologica del fiume Oglio nel tratto in esame è attualmente caratterizzata da una certa tendenza all'approfondimento dell'alveo e dalla tendenza alla divagazione con erosione laterale relativamente intensa lungo le sponde esterne delle anse.

Le variazioni dell'assetto morfologico degli ultimi decenni e l'attuale tendenza evolutiva del fiume dipendono molto dall'attività antropica, in particolare dalla realizzazione delle opere di difesa spondale, realizzate per contenere la tendenza alla divagazione, e dall'escavazione del materiale inerte in alveo esercitata con una certa intensità fino a circa 30 anni fa.

In riferimento al quadro morfologico descritto emerge la necessità di tenere sotto controllo e di mantenere l'efficienza delle opere di difesa esistenti, eventualmente integrandole lungo il tratto di sponda sinistra soggetto ad erosione attiva.

#### **9.1.b. – Valutazione della portata di massima piena**

Per quanto riguarda i valori di portata relativi al fiume Oglio, si rimanda alle valutazioni contenute nel Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico redatto dall'Autorità di Bacino del fiume Po e in questa sede si riportano i valori delle portate e dei colmi di piena relativi alle sezioni riportate nella cartografia del PAI lungo il tratto di fiume Oglio compreso nel territorio comunale di Gianico.

Sezione	Inviluppo dei colmi di piena (m <sup>3</sup> /s)			Livello idrico TR200 (m s.m.)		
	TR 20	TR 100	TR 200	TR 20	TR 100	TR 200
013	705,35	1041,07	1159,66	208,94	209,91	210,20
012	708,49	1044,45	1162,96	205,98	206,83	207,10
011	710,53	1046,38	1165,24	203,89	204,69	204,94

La sezione 13 si trova in corrispondenza della confluenza del torrente Re di Gianico, la sezione 12 si trova in poco a valle dell'attraversamento dello svincolo per Rogno della SS42 mentre la sezione 11 si trova in prossimità della località Cà de l'Oi, in comune di Artogne.

### **9.1.c. - Esondazione e fasce fluviali del fiume Oglio**

Per quanto riguarda i fenomeni di esondazione i nuclei storici degli abitati di fondovalle, sono posti su conoidi alluvionali e quindi per gli abitati non si hanno notizie in passato di danni da esondazione del fiume Oglio: si hanno invece indicazioni generiche di danni alle campagne e quindi la collocazione in posizione rilevata dei nuclei storici è molto probabilmente legata anche alla pericolosità delle esondazioni del fiume Oglio.

L'ultimo fenomeno alluvionale per il tratto in esame del fiume Oglio si è verificato nel settembre dell'anno 1960. In quella occasione l'esondazione si è verificata principalmente a partire dall'ansa che il fiume compie in corrispondenza del conoide del torrente Re, ma verso la sponda opposta destra, dove è ancora presente la traccia di un canale abbandonato ora protetto da un tratto di argine.

Gli interventi di sistemazione e di difesa realizzati successivamente all'alluvione del 1960 e soprattutto le recenti variazioni dell'assetto morfologico dell'alveo del fiume Oglio, in particolare per quanto riguarda la quota del fondo, che si è approfondito rispetto alla piana di fondovalle, hanno avuto sicuramente un'influenza anche sulla sua possibilità di esondazione del fiume e non consentono un diretto confronto con le condizioni del passato.

La possibilità di esondazione del fiume Oglio è stata considerata, in relazione alla situazione morfologica attuale, nell'ambito del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) redatto recentemente dall'Autorità di bacino del fiume Po che ha valutato le zone potenzialmente alluvionabili in riferimento a diversi tempi di ritorno (200 anni e piena catastrofica - indicativamente 500 anni) definendo delle fasce fluviali che rappresentano le aree di potenziale esondazione.

Secondo le valutazioni condotte dall'Autorità di Bacino il limite della fascia A, che rappresenta la fascia di deflusso della piena di riferimento, in grado di consentire il deflusso di una portata dell'ordine dello 80% della massima piena stimata per un tempo di ritorno di 200 anni, si mantiene in corrispondenza della linea di sponda e nella parte superiore del corso dell'Oglio compresa nel territorio di Gianico non si ha esondazione verso la sponda sinistra anche in riferimento a tutta la massima portata stimata per la piena di riferimento, ma solo per eventi di maggiore intensità, con la fascia C, relativa alle piene a carattere catastrofico che comprende la piana fino al rilevato della SS42. Si ha esondazione verso la sponda sinistra in occasione della piena di riferimento a partire dall'ansa posta a valle dell'attraversamento della SS42, con la fascia B che si estende anche oltre il rilevato della SS42 e la fascia C che comprende una fascia un poco più esterna, fino lambire, in territorio di Artogne, il corso del fosso Ramello.

### **9.2. - PERICOLOSITÀ RELATIVA AI CONOIDI ALLUVIONALI**

La perimetrazione della pericolosità generata da fenomeni di alluvionamento, colata di detrito e trasporto in massa lungo i conoidi dei torrenti Re di Gianico e Val Vedetta è stata condotta in riferimento alle indicazioni contenute nella d.g.r. n. 8/7374 del 28/05/2008.

Le condizioni di pericolosità dei due conoidi in esame sono state valutate nel 1999 dalla Regione Lombardia, nell'ambito degli studi sulle aree a rischio idrogeologico molto elevato effettuati ai sensi della LN 267/98, che hanno portato ad una perimetrazione delle zone a maggiore pericolosità vincolante per l'uso del territorio recepita nel PAI (allegato 4.1 Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici, scheda 024 LO BS -Re di Gianico-, scheda 025 LO BS - Val Vedetta).

Successivamente a questa perimetrazione lungo il torrente Re sono stati realizzati alcuni interventi previsti e finanziati con la legge 267/98 e anche sul conoide e nel bacino idrografico della Val Vedetta sono state eseguite numerose opere.

Le valutazioni fatte in queste sede tengono conto della situazione morfologica aggiornata agli eventi ed agli interventi eseguiti negli ultimi anni.

In ragione della situazione morfologica e degli scenari di pericolosità valutati, ai settori dei conoidi alluvionali dei torrenti Re di Gianico e Val Vedetta il grado di pericolosità è assegnato in riferimento alle definizioni contenute nell'Allegato 2 alla d.g.r. 28 maggio 2008 n. 8/7374 secondo il seguente schema nel quale è riportata anche la corrispondenza con le voci relative alle aree in dissesto idrogeologico del PAI, le voci relative alle aree a rischio idrogeologico molto elevato del PS267 e la corrispondenza con le classi di fattibilità geologica adottata in questa sede.

Classe e grado di pericolosità		Definizione	PAI	PS267	Fattibilità geologica
H5	Pericolosità molto alta	Comprende l'alveo attuale con le sue pertinenze ed eventuali paleoalvei riattivabili in caso di piena ed eccezionalmente porzioni di conoide.	Ca	ZONA 1	4
H4	Pericolosità alta	Area con alta probabilità di essere interessata da fenomeni di erosioni di sponda e di trasporto in massa e/o di trasporto solido con deposizione di ingenti quantità di materiale solido, con danneggiamento di opere e manufatti	Cp	ZONA 1	4
H3	Pericolosità media	Area interessata in passato da eventi alluvionali e da erosioni di sponda documentati su basi storiche. Area con moderata probabilità di essere esposta a fenomeni alluvionali (esondazione). In particolare in esse si possono avere deflussi con altezze idriche ridotte (massimo 20-30 cm) e trasporto di materiale sabbioso ghiaioso	Cn	ZONA 2	3
H2	Pericolosità bassa	Area mai interessata nel passato da fenomeni alluvionali documentati su base storica o area protetta da opere di difesa idraulica ritenute idonee anche in caso di eventi estremi con basse probabilità di essere interessate da fenomeni di dissesto.	Cn	-	3, 2
H1	Pericolosità molto bassa	Area che per caratteristiche morfologiche ha basse o nulle probabilità di essere interessata da fenomeni di dissesto	Cn	-	2

Le norme relative alle varie aree sono riportate nell'Elaborato B – Norme Geologiche di Piano.

### 9.3. - PERICOLOSITÀ MORFOLOGICA DEL CONOIDE DEL TORRENTE RE DI GIANICO

L'analisi delle condizioni di pericolosità delle aree di conoide ha previsto come fase preliminare lo studio delle caratteristiche idrografiche, geologiche e geomorfologiche generali del bacino idrografico sotteso, con chiusura presso la sezione posta nella zona apicale del conoide alluvionale. Lo studio è stato condotto sulla base dei dati esistenti, tra i quali l'inventario delle frane e dei dissesti idrogeologici della Regione Lombardia, ed integrandoli, dove necessario, con rilievi di terreno.

### **9.3.a. – Caratteristiche idrografiche**

Il torrente Re di Gianico è un affluente di sinistra del fiume Oglio; la confluenza è posta nella bassa Valle Camonica, circa 10 Km a monte della foce del fiume Oglio nel Lago d'Iseo. Lungo il versante destro e in tutta la porzione superiore del bacino in esame, la rete idrografica è caratterizzata dalla presenza di impluvi profondamente incisi nel substrato roccioso, paralleli fra loro, con scarsa ramificazione e densità di drenaggio. Nella porzione intermedia e inferiore del versante sinistro, interessata dalla presenza di una serie di fenomeni franosi che verranno descritti nel seguito, il reticolo idrografico è poco sviluppato: sono presenti solo alcune corte aste rettilinee alla base del versante.

### **9.3.b. – Caratteristiche geologiche del bacino idrografico**

Nell'area del bacino in esame, in accordo con l'assetto geologico generale del versante sinistro della bassa Valle Camonica, il substrato roccioso è per la maggior parte costituito da formazioni rocciose appartenenti al BASAMENTO CRISTALLINO SUDALPINO (occupanti la parte bassa e intermedia del bacino), al di sopra delle quali si trovano, in rapporto di discontinuità stratigrafica, formazioni rocciose di origine sedimentarie appartenenti alla COPERTURA SUDALPINA (che costituiscono la parte superiore del bacino e le porzioni sommitali dei due versanti); localmente le formazioni sedimentarie sono interessate dalla presenza di filoni e ammassi porfirici originatisi in seguito a fenomeni intrusivi di età triassica.

Il basamento cristallino è rappresentato dalla Formazione dei Micascisti del Maniva (costituita da micascisti muscovitici con biotite e subordinata clorite, micascisti muscovitico-biotitico-cloritici a volte granatiferi, micascisti muscovitici granatiferi).

La copertura sedimentaria è rappresentata principalmente da formazioni clastiche e vulcaniche di età permiana. Sul versante destro della valle al di sopra del basamento cristallino si trova la formazione del Conglomerato Basale, costituita prevalentemente da banchi di conglomerati accompagnati da strati di arenarie e di siltiti, al di sopra dei quali si trovano tufi di vario colore ed ignimbriti riolitiche rosso-violacee attribuiti alla Formazione di Collio di origine sedimentario-vulcanica. Queste due unità sono assenti sul versante sinistro dove, a diretto contatto con il basamento cristallino si trova il soprastante Verrucano Lombardo (formazione sedimentaria continentale costituita soprattutto da arenarie e conglomerati di colore rosso disposti in grossi banchi, ai quali si intercalano, localmente, dei banchi lenticolari di siltiti micacee rosse fittamente laminate), mentre alla sommità di entrambi i versanti si trova la Formazione del Servino (unità costituita da marne, marne calcaree, e siltiti di colore rosso, verde o grigio disposte in strati sottili o fittamente laminate, a volte in banchi rinsaldati, alternate a calcari marnosi grigi o grigio-giallastri in strati di spessore medio-sottile o, localmente, a calcareniti grigio-rosse in strati medi, oppure a rare arenarie fini di colore verde o rosso, disposte in strati medi). Nella parte superiore del bacino, nella zona del Dosso Sparviero si trovano anche dei porfidi attribuiti al triassico.

Per quanto riguarda gli aspetti strutturali, le formazioni sedimentarie (che hanno subito le deformazioni alpine e tardo alpine) sono interessate principalmente da fratturazioni, faglie e sovrascorrimenti (porzione mediana della Valle dell'Orso), mentre il basamento cristallino (interessato, oltre che dalle deformazioni alpine, anche dalle precedenti

deformazioni di età ercinica) presenta sia elementi di fratturazione e fagliamento, sia pieghe a piccola e media scala. Nell'area in esame si riconoscono tre set tettonici principali aventi direzione E-O, no-se e ne-so.

#### *Depositi superficiali*

All'interno del bacino in esame la coltre dei depositi superficiali è assai diffusa; oltre ai depositi di frana lungo gran parte dei versanti sono presenti depositi di origine colluviale e detritico-colluviale. Anche la copertura glaciale è presente in modo esteso in tutto il bacino, soprattutto in corrispondenza delle porzioni dei versanti poste a quote relativamente inferiori e in prossimità dei circhi glaciali (porzione superiore del bacino); spesso gli stessi depositi glaciali sono stati coinvolti nei processi gravitativi. Sono inoltre presenti anche depositi di origine fluvioglaciale, legati all'attività deposizionale del torrente Re di Gianico in un periodo di evoluzione morfologica durante il quale il torrente stesso era sbarrato verso valle dal ghiacciaio Camuno.

Sono inoltre presenti depositi detritici di versante (ai piedi delle principali pareti rocciose), depositi alluvionali attuali (lungo l'alveo del torrente Re e degli affluenti principali) e depositi siltuosi di estensione molto limitata (aree con acqua stagnante e presenza di depositi fini torboso/limosi).

#### *Aspetti geomorfologici e dissesti*

Il versante sinistro del bacino in esame (dall'apice del conoide del torrente Re di Gianico, fino agli impluvi che scendono dal Dosso Bassinaletto) è interessato da una serie di processi gravitativi riferibili nel complesso a un movimento (o a una serie di movimenti) gravitativo d'insieme del versante, lungo superfici di scorrimento profonde e anche con modalità di flusso viscoso in roccia (DGPV). Come verrà descritto nel seguito, il fenomeno è caratterizzato da un diverso grado di attività in funzione del settore di versante considerato:

fascia superiore: in questo settore sono state individuate le scarpate di frana principali dei processi gravitativi profondi e le morfostrutture ad essi collegate (trincee, scarpate, contropendenze, sdoppiamenti di cresta, ecc.); si tratta di morfologie legate fondamentalmente ad un comportamento viscoso dell'ammasso roccioso che risentono però in certa misura delle variazioni indotte dalla pressione neutra sullo stato tensionale interno e dell'evoluzione dei settori medio ed inferiore del versante. In riferimento alle condizioni complessive del versante questo settore può essere considerato attualmente quiescente, sia pure con evoluzione discontinua e comunque lenta. Le direzioni delle scarpate principali e delle linee di separazione fra i blocchi che suddividono il corpo di frana, sono influenzate dai lineamenti tettonici presenti nell'area e descritti precedentemente.

fascia intermedia: in questo settore sono presenti scarpate di frana secondarie, che suddividono il corpo principale longitudinalmente e molto probabilmente si collegano in profondità alla fascia di scorrimento principale. La disposizione delle forme risulta assai articolata, con parti spesso sovrapposte e non riconducibili chiaramente ad un unico fenomeno; questi fenomeni sono da considerare quiescenti, in relazione ad una loro possibile riattivazione in seguito all'asportazione della porzione inferiore del versante per franamento o per erosione da parte del Torrente Re o per variazioni delle condizioni di saturazione degli ammassi interessati, come è avvenuto per i fenomeni riattivatisi recentemente nei periodi particolarmente piovosi degli anni 2000 e 2001. Anche l'andamento di tali scarpate è da collegare all'assetto tettonico del settore.

fascia inferiore: in questo settore sono presenti scarpate di frana e di degradazione di minori dimensioni che interessano le parti più rilasciate delle corpi di frana maggiori; sono inoltre presenti aree interessate da soliflusso accentuato e fenomeni franosi lenti, aree con erosione diffusa, solchi di ruscellamento concentrato. I fenomeni presenti in questa fascia, direttamente influenzati dall'erosione al piede da parte del torrente Re di Gianico e caratterizzati da una maggiore concentrazione delle acque di infiltrazione, sono in genere da considerarsi attivi.

Sul fianco destro del bacino idrografico sono ancora presenti fenomeni di deformazione gravitativa profonda, ma molto meno pronunciati ed evidenti, probabilmente per la diversa orientazione complessiva dei micascisti. Uno sdoppiamento della cresta è presente a monte dalla zona di Prà di Cervera e evidenze di fessure di trazione aperte e deformazioni anche recenti negli ammassi rocciosi si trovano nel settore di versante a monte delle Plagne della Valle.

Nelle restanti parti del bacino i principali fenomeni sono costituiti dalla presenza di pareti rocciose soggette a fenomeni di crollo di blocchi rocciosi (zona del Dosso Blussega e del Dosso Sparviero), da frane di scivolamento attive lungo la Valle dei Cunei e dall'azione delle acque incanalate lungo la rete idrografica principale (erosione di fondo e sulle sponde).

In base al quadro geologico - geomorfologico descritto (presenza di grossi corpi di frana con settori attivi al piede, forte capacità erosiva dell'asta principale e delle acque incanalate, abbondanza di depositi superficiali incoerenti facilmente erodibili), emerge come l'asta del torrente Re di Gianico possa essere caratterizzata da elevato trasporto solido durante le piene maggiori. Inoltre, il materiale proveniente dalle frane attive presenti lungo il piede del versante sinistro del torrente Re, potrebbe provocare anche fenomeni di sbarramento del torrente stesso (più o meno rilevanti in funzione della quantità di materiale franato); la successiva rottura degli sbarramenti comporterebbe la formazione di onde di piena con elevato trasporto solido e/o formazione di colate detritiche incanalate lungo l'asta del torrente Re di Gianico.

### **9.3.c. – Dati storici relativi a dissesti lungo il conoide alluvionale del torrente Re di Gianico**

Nella seguente tabella vengono riportati i dati storici relativi ai fenomeni alluvionali e di dissesto legati all'attività del torrente Re di Gianico lungo il conoide, ricavati dalla bibliografia consultata.

DATA		DESCRIZIONE	FONTE
MESE	ANNO		
14 settembre	1470	<i>"Adì 14 settembre fo una pioggia terribilissima da 23 hore quasi per tutta la nocte, e se summerse Janech in Valcamonega et anegò de le anime più di cento"</i>	Palazzo C., in Guerrini 1922 Berruti G. - Levandosi i fiumi sopra le rive, 1998
8 luglio	1859	<i>"Il Torrente Re raggiunge rapidamente un elevato volume di piena e gli effetti sono durissimi: tredici vittime tra gli abitanti e otto case totalmente distrutte. Sono, come di consueto, devastati numerosi coltivi"</i>	Rizzi 1870: 146; "Il Camuno", 1.10.1882 Berruti G. - Levandosi i fiumi sopra le rive, 1998

DATA		DESCRIZIONE	FONTE
MESE	ANNO		
26-27 novembre	1860	"In Valle Camonica sono interessate le campagne e in parte gli abitati di .. e di Gianico. In quest'ultima località una frana provoca il ristagno temporaneo delle acque del bacino del Torrente Re"	Rizzi 1870: 209; "Il Camuno", 1.10.1882; CALcari, in Vaglia 1964; Cozzaglio 1895: 31-32; Berruti G. - Levandosi i fiumi sopra le rive, 1998
26 luglio	1893	"Il Torrente Re, superando e distruggendo gli argini, interrompe la strada principale"	"Il Risveglio Camuno", 11.10.1893 Berruti G. - Levandosi i fiumi sopra le rive, 1998
8 ottobre	1893	"A meno di tre mesi dall'episodio precedente il torrente straripa nuovamente, ricoprendo di ghiaia i campi"	"Il Risveglio Camuno", 11.10.1893 Berruti G. - Levandosi i fiumi sopra le rive, 1998
25-18 maggio	1926	"A seguito di piogge prolungate una serie di piene danneggia gli argini di difesa"	Torrente Re di Gianico – Relazione Generale, 1994
novembre	1927	"Le acque del torrente Re tracimarono a circa 200 metri dal ponte della Strada Provinciale, invadendo le strade e le campagne fino alla Stazione di Artogne-Gianico e demolendo i parapetti ed i muri di cinta. La piena riportò nuovo materiale e distrusse in più punti gli argini medesimi. Successivamente furono fatti ulteriori lavori di sistemazione e di sovrizzo delle difese"	Torrente Re di Gianico – Relazione Generale, 1994
18 settembre	1960	"... il Torrente Re aveva rovinato i ponti, gonfiato e, in qualche punto, aggirato gli argini..." ".. il ponte per Fucine era stato spazzato via..."	G. S. Pedersoli – La lunga alluvione (1960)- Cronaca e storia dopo trent'anni. Edizioni Toroselle; 1992
26 maggio	1981	"Le acque, oltre a danneggiare numerose briglie e parte delle difese in prossimità di Gianico, fuoriuscirono in parte in Località Fucine e distrussero la passerella sul Torrente Re"  "Fuoriuscita delle acque di piena in Località Rimidi, all'apice della conoide. È stato successivamente costruito un muro spondale in c.a. (vedi cartografia) e la briglia 41 bis"	Torrente Re di Gianico – Relazione Generale, 1994

### 9.3.d. – Situazione morfologica di dettaglio del conoide alluvionale del torrente Re di Gianico

La morfologia di dettaglio del conoide del torrente Re (relativamente al settore ricadente nel territorio comunale di Gianico) è rappresentata nella tavola 2 del presente studio (carta litologica, geomorfologica e idrologica con elementi geologico tecnici – scala 1:2.000). E' stata posta particolare attenzione all'individuazione, a partire dalle sezioni d'alveo



critiche, delle vie preferenziali di deflusso delle acque di esondazione e delle potenziali colate lungo il conoide (paleovalvei, strade, settori topograficamente depressi).

Il settore apicale del conoide alluvionale del torrente Re di Gianico si spinge fortemente all'interno del versante sinistro della Valle Camonica; la zona compresa fra l'apice morfologico del conoide (posto alla quota di 450-460 m) e la base del versante sinistro camuno (quota di 380 m circa), posta al confine fra Gianico e Darfo Boario Terme, è quindi occupata da una stretta e allungata fascia di depositi di conoide alluvionale.

Alla quota di 440 m slm circa è presente una grossa briglia selettiva in calcestruzzo di recente costruzione, che sbarra quasi tutto il fondovalle creando un invaso a monte di circa 8.500 m<sup>3</sup>; in sinistra idrografica si intesta contro il versante mentre in destra termina circa 10 m prima. A monte della briglia il torrente scorre a ridosso del versante sinistro; in corrispondenza della briglia, compie una piccola ansa verso destra e, dalla quota di 410 m circa fino alla zona del ponte di Fucine, scorre a ridosso del versante destro, all'interno di scarpate di erosione attive relativamente incise. Lungo questo tratto sono presenti due briglie e un tratto di muro d'argine che decorre parallelamente alla scarpata di erosione del torrente. Lungo questo tratto, vi è una residua possibilità di esondazione in corrispondenza delle tre briglie, in caso di eventi estremi. A partire da questa posizione le direzioni di deflusso in caso di esondazione interessano, per quanto concerne il territorio comunale di Gianico, tutta la fascia compresa fra la sponda sinistra e la base del versante fino alla zona del ponte di Fucine e, più a valle, fino al settore posto all'altezza della passerella pedonale di quota 305 m. A valle di questa posizione le direzioni di deflusso interessano, potenzialmente e con minore pericolosità, un ampio settore di conoide fino all'attraversamento della linea ferroviaria Brescia-Iseo-Edolo; tale settore è delimitato verso sud, indicativamente, dall'allineamento via Marconi-via Gattoni e verso nord dalla fascia a maggiore pericolosità che sarà descritta nel seguito.

A partire dalla zona del ponte in località Fucine (alla quota di 370 m circa), posto sempre nel settore apicale, il conoide si apre notevolmente presentando la tipica forma a ventaglio; questo settore rappresenta il punto di maggiore criticità lungo l'alveo (con possibilità di esondazione principalmente in destra, ma anche in sinistra idrografica) a causa della sezione di deflusso relativamente ristretta, della presenza del ponte (che riduce ulteriormente la sezione e può causare fenomeni di intasamento) e di alcune briglie immediatamente a monte e a valle del ponte (che provocano un innalzamento del fondo). A partire da questa posizione le direzioni di deflusso in caso di esondazione interessano, per quanto concerne il territorio comunale di Gianico, in destra idrografica con maggiore probabilità e pericolosità la fascia al confine con il comune di Darfo Boario Terme e con minore pericolosità e probabilità la zona della località Miele; in sinistra le direzioni di deflusso sono si uniscono a quelle provenienti dalla briglia selettiva.

A valle di questo settore il corso d'acqua si presenta più ampio e ben inciso, delimitato da scarpate di erosione quiescenti aventi altezza compresa fra i 5 e gli 8 m circa e si trovano alcune vecchie briglie. A partire dalla quota di 330 m circa (lato di monte della località Miele), il torrente inizia un'ampia ansa verso destra ed è presente in sinistra un muraglione d'argine, in blocchi ciclopici poco intasati con malta, che termina presso il settore del ponte di via Bilina, a valle del quale il torrente assume nuovamente un andamento rettilineo.

A valle del ponte di via Bilina il torrente inizia a presentarsi pensile rispetto alle aree poste esternamente all'alveo e questa tendenza aumenta man mano che ci si sposta verso valle; lungo questo tratto sono presenti rilevati d'argine in destra e sinistra sostenuti da muri in pietra e malta. Alle quote di 276 e 269 m circa sono presenti due briglie che comportano una notevole diminuzione della sezione di deflusso, in particolar modo quella di valle che costituisce un punto di possibile esondazione principalmente in destra, ma anche in sinistra idrografica. A partire da questa posizione le direzioni di deflusso in caso di esondazione interessano, in destra idrografica, il settore compreso fra la sponda del fiume ed il confine con il territorio di Darfo e più a valle si sviluppano nell'ambito di quest'ultimo; in sinistra idrografica interessano invece una fascia ampia circa 100 m posta a ridosso dell'alveo che interseca alla quota di 346 m circa un canale idroelettrico a cielo aperto. La portata, principalmente liquida, in uscita alla briglia e l'eventuale materiale in carico potrebbero essere sufficienti, in caso di canale idroelettrico pieno, a provocarne l'esondazione verso valle con deflusso delle acque lungo la prosecuzione della fascia disposta a ridosso della sponda sinistra del torrente, fino al rilevato della ferrovia, al limite tra conoide e piana di fondovalle.

Immediatamente a valle della briglia il torrente è relativamente inciso per un breve tratto al termine del quale la sezione è nuovamente pensile e molto ampia in quanto ha inizio la vasca di sedimentazione che si sviluppa fino alla briglia alla quota di 238 m nel territorio del Comune di Darfo Boario Terme, che comporta un certo innalzamento del fondo, con possibilità di esondazione in destra (territorio comunale di Darfo) e sinistra idrografica, dove si uniscono a quelle descritte precedentemente.

A valle di questo settore il corso d'acqua si sviluppa interamente nel territorio comunale di Darfo Boario Terme e la sua dinamica non interessa più, direttamente o indirettamente, il territorio di Gianico.

### **9.3.e. – Valutazione della portata critica del torrente Re di Gianico**

Nel presente paragrafo è riportata la valutazione della portata di massima piena relativa al tratto di conoide del torrente Re di Gianico; in particolare la portata è stata stimata sia in riferimento alla frazione liquida, sia relativamente alla portata liquida comprensiva del trasporto solido.

Per tale valutazione sono stati utilizzati alcuni metodi proposti in letteratura, che permettono di determinare la portata di piena a partire dai dati morfometrici del bacino e dai dati idrologici relativi alle precipitazioni.

La portata è stata calcolata in riferimento ad un tempo di ritorno pari a 200 anni, utilizzando i dati pluviometrici disponibili nella zona del bacino in esame; operando a favore della sicurezza si è fatto riferimento alla stazione di Memmo, che presenta parametri che portano ad ottenere portate maggiori rispetto a quelli della stazione di Breno. I dati morfometrici del bacino, ricavati dall'analisi della cartografia esistente considerando la sezione di chiusura all'apice del conoide, sono riportati nella tabella seguente:

PARAMETRI MORFOMETRICI ALLA SEZIONE DI CHIUSURA - *Re di Gianico*

Area del bacino sotteso (Sb)	9.43 km <sup>2</sup>	Altezza media assoluta (H <sub>med</sub> )	1230 m
Lunghezza dell'asta (L)	5.75 km	Altezza media relativa (H <sub>med</sub> )	860 m
Altezza minima (H <sub>min</sub> )	370 m	Lunghezza asta sul conoide	2300 m
Altezza massima (H <sub>max</sub> )	1972 m	Pendenza asta sul conoide	9.5 %

In particolare sono stati utilizzati il metodo di Giandotti, il metodo di Giandotti perfezionato da Visentini e i metodi della portata indice e della formula razionale proposti da Bacchi, Armanelli e Rossini; nell'allegato 1a a fine testo sono riportati lo sviluppo dei calcoli e una breve descrizione dei metodi utilizzati. Nella seguente tabella sono invece riportati i valori di portata ottenuti con l'applicazione dei diversi metodi in riferimento alla stazione considerate; nella tabella sono anche indicati, per confronto, i valori di portata determinati per il torrente in esame dal SIBCA ("sistema informativo bacini e corsi d'acqua" della Regione Lombardia) in riferimento a tempi di ritorno di 50 e 100 anni.

VALUTAZIONE DELLA PORTATA CRITICA (m <sup>3</sup> /s)	
	<i>Re di Gianico</i>
Metodo di Giandotti (Tr 200 anni)	156.8
Metodo di Giandotti – Visentini (Tr 200 anni)	139.1
Metodo della portata indice (Tr 200 anni)	51.6
Metodo della formula razionale (Tr 200 anni)	114.1
SIBCA (Tr 50 anni)	33.0
SIBCA (Tr 100 anni)	35.9

Dalla valutazione critica dei risultati ottenuti e dai confronti con analisi condotte su bacini idrografici adiacenti, aventi caratteristiche simili a quelle del torrente in esame, si ritiene che il valore di portata di massima piena più attendibile, relativo alla sola portata liquida, sia quello ottenuto tramite il metodo della Formula Razionale pari a 114, 1 m<sup>3</sup>/s. Il SIBCA fornisce valori che, sebbene riferiti ad un tempo di ritorno inferiore, appaiono molto bassi, così come il metodo della portata indice. La formula di Giandotti e quella di Giandotti – Visentini hanno invece fornito valori più elevati, in quanto sono state ideate per bacini di grandi dimensioni e tendono a fornire risultati sovrastimati quando applicate a bacini di piccole o medie dimensioni come quello in esame.

Valutate le caratteristiche geomorfologiche del bacino idrografico, è necessario considerare un aumento della portata liquida, al fine di tener conto del trasporto solido del torrente (trasporto in sospensione + carico di fondo).

Nell'ipotesi di una miscela liquido+solido con densità pari a:  $\gamma_{sol+liq} = 1.2 - 1.4 t/m^3$

considerando per il detrito preso in carico una densità pari a:  $\gamma_{sol} = 2.65 t/m^3$

si ottiene per la miscela una concentrazione pari a:  $C = 0.12 - 0.24$ .

Sulla base di tali considerazioni la portata complessiva dovuta alla capacità di trasporto della corrente è il risultato del prodotto della portata liquida per un coefficiente compreso fra 1.12 e 1.24; la portata complessiva, comprensiva del trasporto solido del torrente risulta quindi paria a 129,0 e 141,5 m<sup>3</sup>/s. In via cautelativa è stato assunto il valore superiore.

### 9.3.f. – Valutazione della Magnitudo

La magnitudo corrisponde con il volume massimo di materiale mobilizzabile all'interno di un bacino idrografico per l'alimentazione del trasporto solido del torrente e/o delle colate detritico-fangose che si possono propagare successivamente lungo il conoide alluvionale.

Per la valutazione della magnitudo del bacino del torrente Re di Gianico, sono stati utilizzati i metodi di uso comune esistenti in letteratura, che propongono delle formule di calcolo empirico basate sulle caratteristiche morfometriche del bacino e del conoide, sulle caratteristiche geologiche e geomorfologiche del bacino e sul grado di dissesto al suo interno.

Le formule proposte dai metodi utilizzati per il calcolo della magnitudo sono riportate nell'allegato 2a a fine testo; nella tabella seguente sono riportati i valori di magnitudo ottenuti.

VALUTAZIONE DELLA MAGNITUDO (m <sup>3</sup> )	
	<i>Re di Gianico</i>
Rickermann & Zimmerman	198375
Hampel	124259
Crosta, Ceriani, Frattini & Quattrini	252369
Bottino, Crivellari & Mandrone	39814
D'Agostino et al. MAX	179897
D'Agostino et al. MIN	101255
Takei	53455
Japanese guidelines	63653
Kronfellner-Kraus MAX	251175
Kronfellner-Kraus MIN	124808

Dalla valutazione critica dei risultati ottenuti e dai confronti con analisi condotte su bacini idrografici aventi caratteristiche simili a quelle del bacino in esame, è stato adottato il seguente valore di magnitudo:

	<i>Re di Gianico</i>
magnitudo (M)	<b>150 000 m<sup>3</sup></b>

Il valore corrisponde alla media dei valori di magnitudo ottenuti con i vari metodi, considerando quelli ritenuti più significativi per l'area in esame ed escludendo quelli che portano ad ottenere valori estremi.

### **9.3.g. – Verifiche idrauliche delle sezioni d'alveo lungo il conoide alluvionale del torrente Re di Gianico**

Per valutare la possibilità di esondazione lungo l'alveo del torrente Re di Gianico e la conseguente pericolosità morfologica nelle aree di conoide, sono state eseguite delle verifiche idrauliche speditive in corrispondenza di alcune sezioni d'alveo ritenute significative. Le sezioni sottoposte a verifica per i diversi torrenti considerati sono state misurate direttamente sul terreno tramite triplometro e rotella metrica, oppure ricavate dalla cartografia alla scala 1:2.000; le sezioni considerate, con le relative caratteristiche geometriche, sono riportate nell'allegato 3a a fine testo.

Le verifiche sono state condotte mediante l'equazione di Chézy, utilizzando il coefficiente di scabrezza del fondo proposto da Strickler; la pendenza della curva di fondo è stata ricavata dalla cartografia alla scala 1:2.000 ed è stata controllata con misure di terreno.

Al fine di valutare la possibilità di esondazione in corrispondenza delle diverse sezioni, per ognuna di esse è stata calcolata la portata massima transitabile, considerando la sezione di deflusso completamente ingombra d'acqua; tale portata è stata poi confrontata con i valori di portata liquida e liquida+trasporto visti in uno dei precedenti paragrafi. Le sezioni d'alveo critiche coincidono quindi con quelle in corrispondenza delle quali la portata transitabile risulta inferiore alla portata di massima piena calcolata.

In base ai risultati delle verifiche idrauliche (vedi allegato 3a), le uniche sezioni che presentano una portata transitabile inferiore alla portata di massima piena comprensiva del trasporto solido sono quelle della briglia alla quota di 238 m slm (lato di valle della vasca di sedimentazione) e della briglia alla quota di 269 m slm; per la prima, la portata transitabile è simile a quella della sola frazione liquida, per la seconda è inferiore anche alla sola frazione liquida. Per la briglia posta immediatamente a monte del ponte di Fucine, la portata transitabile è di poco superiore, sostanzialmente uguale, alla portata di massima piena comprensiva del trasporto solido.

Si è inoltre considerato che, per individuare le sezioni d'alveo da ritenersi critiche e valutare correttamente la pericolosità nelle aree in esame, sia necessario, oltre all'esecuzione delle verifiche idrauliche basate sul transito della portata liquida comprensiva del carico solido, tener conto anche dei seguenti aspetti, che considerano in modo più completo la dinamica geomorfologica dei torrenti montani nelle aree di conoide:

- Nel caso in cui si verifici una frana all'interno del bacino con sbarramento del torrente principale (fenomeno possibile viste le caratteristiche geomorfologiche), l'eventuale rottura dello sbarramento porterebbe alla formazione di un'onda di piena lungo l'alveo con propagazione verso valle fino all'area di conoide. E' possibile ottenere una prima stima della portata istantanea legata ad un simile evento applicando l'equazione della rimozione istantanea di una paratoia (vedi calcolo nell'allegato 1a): ad esempio, ipotizzando un'altezza dello sbarramento pari a 7.5 m e una larghezza di 25 m, la portata istantanea risulterebbe pari a circa 475 m<sup>3</sup>/s. (ben superiore alla portata di massima piena comprensiva del trasporto solido). Queste considerazioni, così come il valore finale di portata ottenuto, possono essere ritenute indicativamente valide per l'ordine di grandezza di eventi estremi per il torrente Re di Gianico.

- Le eventuali colate detritico-fangose che si originano all'interno del bacino del torrente Re di Gianico, vista la morfologia rilevata, si propagano lungo il settore apicale del conoide restando incanalate all'interno dell'alveo principale, con notevole effetto di ostruzione delle sezioni d'alveo provocato dalla deposizione di materiale detritico legata al passaggio delle colate; inoltre, le sezioni d'alveo potrebbero essere in parte ostruite anche da tronchi, materiale vegetale o altro materiale trasportato dalla colata. L'ostruzione delle sezioni d'alveo potrebbe portare all'esondazione di parte della portata liquido-solida critica, o addirittura alla deviazione della stessa. Con il metodo di Schelling e Iverson è possibile stimare che, per il transito di una colata con magnitudo pari a  $150.000 \text{ m}^3$ , è necessaria una sezione d'alveo di circa  $141 \text{ m}^2$  non disponibile nella maggior parte delle sezioni.
- Nella propagazione di colate detritico-fangose, in occasione di eventi estremi è possibile assumere per la miscela liquido-solido una concentrazione del solido pari a 0.88 (Cavallo et. al., 2001), per cui la portata di una colata che si propaga lungo il conoide in occasione di eventi estremi può essere stimata moltiplicando la portata liquida per un coefficiente pari ad 1.88 (vedi allegato 6a"); secondo tali considerazioni si otterrebbe, per il torrente Re di Gianico, una portata pari a circa  $215 \text{ m}^3/\text{s}$ , molto più elevata della portata liquido-solida critica.
- L'osservazione di alcuni aspetti puramente morfologici (dimensioni delle sezioni di deflusso, altezza delle scarpate, presenza di anse, strozzature o restringimenti lungo l'alveo, presenza di ponti e attraversamenti, presenza di opere che portano ad un innalzamento del fondo, stato di conservazione delle opere di arginatura, caratteristiche delle sezioni rispetto alla facilità di ostruzione) ha portato ad individuare lungo l'alveo alcuni punti di possibile esondazione direttamente durante la fase di rilevamento sul terreno.

In definitiva, in base ai risultati delle verifiche idrauliche e delle considerazioni esposte, si ritiene che le sezioni o i settori critici lungo l'alveo del torrente Re che influenzano la pericolosità delle aree di conoide nel territorio del Comune di Gianico siano i seguenti:

- settore apicale presso la briglia selettiva di recente realizzazione e briglie poste immediatamente a valle: non è da ritenersi critico rispetto al transito della portata di massima piena comprensiva del trasporto solido, ma rispetto a fenomeni di dissesto aventi carattere catastrofico legati ad eventi estremi (colata detritica con magnitudo eccezionale o rimozione di uno grosso sbarramento formatosi in seguito ad un fenomeno di frana).
- settore del ponte di Fucine e briglie poste immediatamente a monte e a valle: è da ritenersi critico rispetto al transito della portata di massima piena comprensiva del trasporto solido, accompagnata da ostruzione parziale o totale delle sezioni d'alveo.
- briglia alla quota di 269 m a valle del ponte di via Bilina: è da ritenersi critica anche solo rispetto al transito della portata liquida di massima piena.
- briglia di valle della vasca di sedimentazione alla quota di 238 m: è da ritenersi critica rispetto al transito della portata di massima piena comprensiva del trasporto solido o della sola portata liquida con ostruzione parziale della sezione d'alveo.

### **9.3.h. – Condizioni di pericolosità morfologica nelle aree del conoide del torrente Re di Gianico**

In riferimento alle valutazioni espresse nei paragrafi precedenti è stata individuata le seguenti aree di pericolosità.

Classe H5. Alla classe di pericolosità molto alta, comprendente in genere l'alveo dei corsi d'acqua, sono state assegnate le aree corrispondenti all'alveo del torrente e, nel tratto a monte del ponte di via Bilina (quota 281 m), le fasce ad esso adiacenti che possono essere interessate da fenomeni di erosione, in destra e in sinistra.

Classe H4. Alla classe di pericolosità di alta sono state assegnate le zone più facilmente raggiungibili in caso di esondazione o fuoriuscita di colate dall'alveo. In sponda sinistra a partire dalle briglie poste all'apice del conoide per tutta una fascia relativamente estesa che corrisponde ad un vecchio canale esteso fino al ponte per Fucine dove il canale si riporta nell'alveo ed a valle di questo punto è stata considerata una stretta fascia corrispondente ad un piccolo canale posto a ridosso della sponda sinistra del torrente che prosegue fino quasi ad annullarsi in prossimità della passerella pedonale di quota 305, dove l'area in classe H4 si riduce agli ampi rilevati arginali che contengono l'alveo fino al canale idroelettrico. In sponda destra alla classe H4 sono stati assegnati il canale abbandonato presente lungo il confine con il comune di Darfo, che può essere ripreso in caso di esondazione a partire dal ponte di Fucine, una stretta fascia posta a ridosso dell'alveo, corrispondente alla sede stradale di via Miele, a partire dall'accesso all'alveo di quota 310, che più a valle prosegue nel canale posto a ridosso che può essere ripreso in caso di esondazione a partire dalla sezione della briglia di quota 269 m circa; entrambi i canali proseguono verso valle in territorio di Darfo.

Classe H3. Alla classe di pericolosità media sono state assegnate le aree corrispondenti ai canali di esondazione situati in posizione esterna rispetto ai precedenti. In sponda sinistra tutto il tratto superiore del conoide compreso tra il canale in H4 e la base del versante, lungo il qual possono arrivare i residui delle esondazione a partire dalla zona apicale, ed esteso verso valle fino all'abitato, dove la presenza di muri di confine, strade e case contribuisce smorzare l'energia della corrente ed disperderla. Più a valle in sponda sinistra è stata assegnata alla classe H3 una fascia relativamente ampia che si apre a partire dal ponte di via Bilina in continuità con una fascia assegnata alla classe H4 e che si amplia a partire dalla possibilità di esondazione in corrispondenza della briglia di quota 269 m: questa fascia raggiunge a valle il canale idroelettrico e si mantiene per un tratto valle di esso, in ragione della possibilità di esondazione da parte del canale, fino a suddividersi in due rami in corrispondenza di un fabbricato industriale, con un ramo secondario che sfuma poco a valle e quello principale che prosegue in territorio di Darfo. In sponda destra la classe H3 comprende un vecchio canale posto in prossimità del canale di esondazione principale situato lungo il confine con il comune di Darfo ed una piccola fascia posta esternamente alla fascia di classe H4 a partire dalla quota di 310 m

Classe H2. Nell'ambito della classe a pericolosità bassa sono state distinte due categorie caratterizzate da un grado di pericolosità un poco diverso in ragione della loro posizione morfologica. Le aree individuate come H2\*, comprendono infatti aree poste nel tratto medio-superiore del conoide ed hanno quindi una maggiore probabilità di essere interessate da fenomeni di esondazione rispetto alle aree indicate come H2 che si trovano più a valle. In sponda sinistra le zone H2\* si trovano nella parte superiore dell'abitato, in continuità con il vecchio canale assegnato alla classe H3 mentre in sponda destra comprendono un settore relativamente ampio di conoide situato a ridosso del canale principale di

esondazione posto al confine con Darfo e sono chiuse a valle da via Bilina. Le aree assegnate alla classe H2 sono presenti in sponda sinistra dove comprendono tutto il settore esterno del conoide fino alla sponda di valle del canale idroelettrico ed a valle di questo tutto il settore centrale fino alla ex-SS42 che decorre al limite con la piana di fondovalle. In sponda destra comprendono il settore della località Miele.

Classe H1. Alla classe di pericolosità molto bassa sono state assegnate le aree di conoide poste a valle del canale idroelettrico nel settore più distante dall'alveo attuale fino al rilevato della ferrovia.

#### 9.4. - PERICOLOSITÀ MORFOLOGICA DEL CONOIDE DELLA VAL VEDETTA

##### 9.4.a. – Dati storici sugli eventi di dissesto ed interventi di sistemazione eseguiti

La pericolosità morfologica della Val Vedetta è riconosciuta storicamente ed il relativo bacino idrografico è stato oggetto di più studi, progetti ed interventi di sistemazione.

Cronologicamente gli eventi, gli studi, i progetti e gli interventi eseguiti si possono riassumere nei seguenti punti.

- 1533 - *Una piena tumultuosa, seguita a forti piogge, determina una catastrofica alluvione del torrente della Val Vedetta. Ne consegue un esteso ed imponente movimento franoso che distrusse pressoché completamente l'abitato di Gianico che in seguito venne ricostruito più a valle.* (BERRUTI G. - Levandosi i fiumi sopra le rive, 1998)
- 18 settembre 1960 - *la frana della Val Vedetta, a causa dei violenti nubifragi abbattutisi sulla zona in quei giorni, si rimette in movimento ed abbattendosi sull'abitato di Gianico in "ondate" successive di fango e sassi ... Sistemazione idrogeologica della zona franosa della Val Vedetta in comune di Gianico - Progetto di massima - Casara F., Minghetti A.G. 1968.*
- 1966 - *Un'altra colata detritica importante investì il conoide e parzialmente l'abitato di Gianico.*

In seguito agli eventi franosi del 1960 furono realizzati una serie d'interventi sia lungo l'asta torrentizia, sia sui versanti, *"consistenti in una serie di 9 briglie in muratura di calcestruzzo fra le quote 731.97 e 516.07, eseguite a cura della Forestale, nonché in una serie di gabbionate longitudinali realizzate dal Genio Civile per lo più in sponda destra della Val Vedetta lungo la strada comunale della Vedetta a monte e a fianco dell'abitato".*

successivamente il " progetto di sistemazione idrogeologica della zona franosa della Val Vedetta" individua un'ampia serie di interventi da realizzare definiti sulla base di un'indagine geologica redatta dal Prof. Floriano Villa:

- *drenaggi con strutture palificate di sostegno in sponda sinistra all'incile della Val Vedetta fino al raggiungimento della roccia in posto .. dello sviluppo complessivo di 60 metri;*
- *idem c.s. per la sponda destra ... per una lunghezza complessiva di 145.50 metri;*
- *galleria di subalveo .. da quota 913 a quota 911.60 metri s.l.m. e della lunghezza complessiva di 241 metri .;*
- *perforazioni drenanti all'interno della galleria, colonne drenanti, pozzi drenanti ...*



- canale di gronda a mezza costa ...;
- Scivolo di smaltimento della acque drenate tra quota 893 metri s.l.m. ....;
- Opere di drenaggio superficiale e semiprofondo con palificazione di sostegno in testa alla zona franosa propriamente detta tra l'esistente briglia n° 6 (quota 693 metri s.l.m.) e la esistente briglia n° 1 (quota 516 metri s.l.m.);
- Opere di consolidamento (viminate, sostegno, reti, gabbionate ecc.) e di raccolta e convogliamento acque in tutta la sponda sinistra franosa fra le suddette quote;
- Briglie miste in legname e sasso ...;
- Reti di consolidamento e protezione con reti ad alta resistenza lungo la sponda destra...;
- Rivestimento a cunettone ... in corrispondenza dell'abitato di Gianico tra la quota 461 e la quota 320 metri s.l.m.;
- Opere di inalveamento tra la quota 320 metri s.l.m. e lo sbocco nel Fiume Oglio a quota 206 metri s.l.m.

Delle opere previste sono state effettivamente realizzate una galleria drenante della lunghezza di circa 40 m, situata alla quota di circa 1070 m, collegata ad un canale che drena le acque in direzione di Prà di Roncazzo, riversandole a valle nel bacino del torrente Re di Gianico, e la sistemazione dell'alveo nella parte superiore e media del conide realizzando un canale con fondo e sponde in gabbioni e con un rilevato d'argine, in terra e gabbioni con tratti in muro di pietra e malta, alto in media 6 m e disposto lungo la sponda destra del torrente dalla quota di 440 m alla quota di 325 m.

Nel 1998 il bacino della Val Vedetta è stato oggetto di uno studio condotto Ceriani, Fossati e Quattrini () finalizzato alla valutazione della pericolosità del conoide di fondovalle e che ha portato ad una definizione delle aree di conoide potenzialmente pericolose.

Nel 1999 il conoide della Val Vedetta è stato oggetto di uno studio da parte di Leoni (), condotto nell'ambito degli studi relativi alla L. 267/98, che ha portato alla perimetrazione della pericolosità delle aree di conoide con l'individuazione delle aree a rischio idrogeologico molto elevato del PAI (Piano di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del fiume Po – Allegato 4.1 dell'Elaborato 2).

Negli anni 2000 e 2001, in occasione di piogge prolungate ed intense, si è verificata la riattivazione di alcuni dei fenomeni franosi presenti nella Val Vedetta e nelle zone adiacenti. In particolare nel mese di novembre dell'anno 2000 si è avuta la riattivazione di una frana posta nella parte inferiore del versante sinistro della valle, la cui scarpata si trova poco a monte della strada che collega Gianico con Piazze, alla quota di circa 600 m.

Le piogge verificatesi nell'estate dell'anno 2002 hanno portato ad una riattivazione dei movimenti franosi presenti nella parte superiore della Val Vedetta, nella zona delle sorgenti di quota 955 e 980 m.

Nel 2002 si è verificata una frana per colata in corrispondenza della zona delle sorgenti che si è mossa verso valle, per un volume complessivo dell'ordine di circa 1500 m<sup>3</sup>, e si è arrestata nella zona apicale del conoide intasando per un tratto di il canale con sponde in gabbioni che inizia a valle della briglia di 445 m.

Successivamente nel 2003 è stato intrapreso dal sottoscritto su incarico del comune di Gianico con finanziamenti regionali nell'ambito della OPCM n. 3258/2002 uno studio (relazione prima fase ) finalizzato alla valutazione delle condizioni di pericolosità geomorfologica del bacino ed a definire le linee generali di intervento e di monitoraggio per la messa in sicurezza delle aree situate a valle.

L'approfondimento delle indagini successo allo studio ha portato, unitamente alle attività inserite nell'ambito dei "Lavori di sistemazione Valle Vedetta in comune di Gianico" (3° piano stralcio degli interventi urgenti conseguenti agli eventi atmosferici del mese di novembre 2002 - OPCM n. 3258/2002), alla realizzazione, nella zona della testata del bacino, in corrispondenza del corpo di frana riattivatosi nel 2001, di due sondaggi a distruzione di nucleo, profondi 163 e 95 m, ed attrezzati rispettivamente con un tubo inclinometrico ed un tubo piezometrico, entrambi accoppiati ad un cavo per misure TDR. Nel tubo piezometrico è stata inoltre installata una sonda per la misura in continuo delle pressioni collegata ad un'unità esterna di acquisizione e trasmissione dati.

In associazione all'unità di acquisizione e trasmissione dati realizzata con i lavori di sistemazione, nell'ambito delle attività previste dallo studio è stata predisposta una strumentazione per la misura dei parametri meteorologici, installando un pluviometro ed un termometro, collegata ad un sistema per la trasmissione dei dati in tempo reale. La gestione del sistema di trasmissione dati è stata affidata alla società Hortus s.r.l. che aveva provveduto alla fornitura ed all'installazione della strumentazione. A partire da allora si è proceduto con l'attività di monitoraggio che prosegue tuttora ed i risultati della quale saranno descritti nei prossimi paragrafi.

Gli interventi eseguiti sulla base dello studio del 2003 sono i seguenti.

- Anno 2005-2006. Lavori di sistemazione Valle Vedetta in comune di Gianico Comune di Gianico – Finanziamento relativo alla Legge 18 maggio 1989, n. 183 – programma triennale 2001/2003. E' stata eseguita una modifica al tracciato della strada comunale ed all'argine del torrente nel settore apicale del conoide, alla quota di circa 410 m per riportare in alveo eventuali acque o frazioni di colata fuoriuscite più a monte.
- Anno 2005. Lavori di sistemazione Valle Vedetta in comune di Gianico" Comune di Gianico – Finanziamento compreso nel 3° piano stralcio degli interventi urgenti conseguenti agli eventi atmosferici del mese di novembre 2002 OPCM n. 3258/2002. Realizzati un piezometro ed un inclinometro collegati ad una centralina automatica per l'acquisizione dei dati; taglio di piante d'alto fusto gravanti sulle scarpate nell'area della nicchia della frana di colata del 2002; manutenzione di alcune briglie esistenti lungo e realizzazione di nuove briglie con pannelli metallici ad ombrello nel tratto intermedio del torrente.
- Anno 2006-2007. Consolidamento versanti e regimazione idraulica Valle Vedetta Comune di Gianico – Finanziamento compreso nel 4° piano stralcio degli interventi urgenti conseguenti agli eventi atmosferici del mese di novembre 2002 OPCM n. 3258/2002. Eseguiti taglio di diradamento, organizzazione del drenaggio delle acque sotterranee e superficiali e consolidamento delle scarpate nell'area della nicchia di frana del 2002; tratti di selciato a secco a protezione dallo scalzamento di alcune briglie, realizzazione di nuove briglie con pannelli metallici ad ombrello e disaggio di alcune porzioni di roccia instabili gravanti sulle briglie nel tratto intermedio del torrente.

- Anno 2008. Comune di Gianico – Finanziamento compreso nel 5° piano stralcio degli interventi urgenti conseguenti agli eventi atmosferici del mese di novembre 2002 OPCM n. 3258/2002. Realizzazione di un piccolo argine lungo la sponda destra del torrente nel settore intermedio del conoide tra le quote di 280 e 325 m e manutenzione locale dell'argine a monte di quota 320 m.

#### **9.4.b. – Caratteristiche morfologiche del bacino idrografico**

Il rilievo degli aspetti morfologici relativi al bacino idrografico della Val Vedetta e delle aree adiacenti ha messo in evidenza una situazione caratterizzata dalla presenza diffusa di fenomeni franosi attivi e quiescenti che si estendono su entrambi i fianchi della valle e che sono legati all'instabilità complessiva dei settori di versante ad essi adiacenti.

Si rileva infatti una condizione di diffusa instabilità oltre che nel bacino della Val Vedetta anche sul versante sinistro della valle del torrente Re di Gianico, sul settore di versante della Val Canonica compreso tra la Val Vedetta e il solco della Valle del torrente Re di Artogne e lungo lo stesso versante destro della valle del Re di Artogne.

In particolare il versante sinistro della valle del Re di Gianico è interessato da un esteso fenomeno gravitativo di notevole evidenza morfologica che si sviluppa dalla base alla sommità, comprendendo le zone di Prà del Larice e Prà di Roncazzo, ed il cui fianco sinistro coincide per un tratto con la parte superiore del solco della Val Vedetta. Meno evidenti sono le morfologie presenti sul versante della Val Canonica che è interessato da complesso fenomeno gravitativo il cui fianco destro si trova in contiguità con i fenomeni franosi presenti nel tratto superiore del versante sinistro della Val Vedetta.

Il solco della Val Vedetta si trova pertanto nella zona di cerniera tra due settori interessati da fenomeni gravitativi profondi ed è caratterizzato da una distribuzione complessa dei fenomeni franosi in funzione delle direzioni di scivolamento definite dai versanti adiacenti e di direzioni locali legate all'assetto del solco vallivo. L'asse della Val Vedetta presenta infatti due bruschi cambiamenti di direzione passando da un allineamento in senso nord-sud nel settore superiore, secondo un piano di faglia, ad un allineamento da sud-est verso nord-ovest nel settore intermedio ed assumendo un allineamento est-ovest nel tratto inferiore.

I fenomeni franosi che interessano i fianchi della Val Vedetta sono rappresentati da forme ampie e relativamente profonde che si estendono dalla base dei versanti fino alla sommità, coinvolgendo direttamente il substrato roccioso. Le morfologie sono ben evidenti e sono definite alla sommità dalla presenza di scarpate principali e dall'esistenza di uno sdoppiamento della linea di cresta che separa il bacino del torrente Re di Gianico da quello del torrente Re di Artogne. Lungo il versante si osservano varie rotture di pendenza che individuano i diversi settori in frana ed alla base dei versanti, dove si risente direttamente dell'azione erosiva dei corsi d'acqua, si individuano in genere i corpi di frana caratterizzati da un maggiore grado di attività.

Principalmente i fenomeni franosi sono costituiti da forme di creep profondo (colata) e scivolamento in roccia e sono impostati soprattutto negli ammassi rocciosi metamorfici della formazione dei Micascisti del Maniva che costituiscono la parte media ed inferiore del versante, coinvolgendo anche gli ammassi rocciosi del Verrucano Lombardo posti alla sommità del versante. Gli ammassi rocciosi del Verrucano sono probabilmente interessati, oltre che alle deformazioni

legate direttamente a movimenti impostati nei micascisti sottostanti, anche da fenomeni di espansione laterale dovuti alla maggiore plasticità dei micascisti.

La causa di questi fenomeni franosi è legata sostanzialmente alla rimozione di sostegno al piede dovuta alla passata erosione glaciale, che ha operato sia lungo il solco della Valle Canonica sia lungo il solco delle valli dei torrenti Re di Gianico e Re di Artogne, ed alla successiva erosione da parte dei due torrenti. I fattori predisponenti sono da ricercare nelle caratteristiche geomeccaniche scadenti dei micascisti, nella presenza di fasce di debolezza di origine tettonica, rappresentate sia dal piano di faglia disposto in asse al tratto superiore dell'impluvio sia da cataclasi e da miloniti lungo le quali si impostano le deformazioni, e nella disposizione delle superfici di scistosità, mediamente parallela alla linea di massa pendenza del versante.

Le deformazioni degli ammassi rocciosi sono nell'insieme relativamente lente e subiscono delle accelerazioni in occasione di piogge intense e prolungate, non tanto per l'aumento di peso dovuto alla saturazione dei terreni e della roccia, quanto piuttosto all'influenza negativa delle pressioni interstiziali e degli effetti che l'acqua può esercitare sulle caratteristiche di resistenza al taglio delle miloniti e dei materiali di alterazione presenti lungo le superfici di scivolamento.

Osservando la morfologia di dettaglio si rileva che i versanti in frana sono costituiti da un mosaico di corpi di frana minori la cui disposizione segue le variazioni di direzione dell'asse vallivo ed è probabilmente anche in relazione alle deformazioni gravitative dei versanti adiacenti.

La variazione dello stato tensionale indotta negli ammassi rocciosi dalla rimozione di sostegno al piede ha portato a deformazioni di tipo plastico in profondità, dove gli ammassi rocciosi sono contenuti lateralmente, e a deformazioni di tipo rigido nella parte superficiale, soprattutto nelle zone poste al piede del versante, dove si risente maggiormente del rilascio tensionale.

L'ammasso roccioso coinvolto nei fenomeni franosi presenta vari gradi di fatturazione e di sconnessione. Le situazioni di minore fatturazione si ritrovano nelle zone più acclivi, poste alla testata dei corpi di frana e lungo i fianchi, dove la roccia presenta fratture più o meno persistenti ed aperte, ma i volumi rocciosi definiti dalle fratture non sono ruotati e disarticolati e la compagine mantiene ancora una certa unitarietà. In altri settori l'ammasso roccioso è più sconnesso, con blocchi completamente disarticolati e ruotati tra loro e si arriva ad ammassi completamente sconnessi, costituiti da blocchi accatastati come in un detrito sciolto.

A questi fenomeni si accompagnano localmente frane di scivolamento o scivolamento e colata superficiali del materiale sciolto (derivante dalla fatturazione degli ammassi) o più o meno coesivo (derivante dalle miloniti) che costituisce la parte più esterna e rilassata dei corpi di frana e frane di crollo e scivolamento in roccia nei settori delle scarpate principali che iniziano a risentire degli effetti del rilascio delle tensioni.

Le sezioni geologiche riportate nello studio del 2003, al quale si rimanda per i dettagli, confermano che molti dei corpi di frana, soprattutto quelli posti alla base dei fianchi dell'incisione valliva e che coinvolgono la parte più sconnessa o alterata del substrato roccioso, sono costituiti da forme di scivolamento relativamente superficiali, aventi profondità dell'ordine di 5-15 m.

L'interpretazione delle sezioni geologiche non è però univoca per quanto riguarda i corpi di frana più profondi tuttavia si ritiene che l'assetto morfologico di superficie, con la frammentazione longitudinale dei corpi di frana, sia legato alla presenza di un'unica superficie di scorrimento di fondo, che raccorda il piede del versante alla scarpata di frana posta alla sommità del versante, ed una serie di fratture di trazione che hanno scomposto l'ammasso in frana in corpi minori caratterizzati da movimenti differenziati, legati al diverso valore delle tensioni, con la formazione delle scarpate di frana indicate come principali nella carta morfologica di dettaglio.

In corrispondenza delle scarpate si sono poi impostate le frane a carattere superficiale che coinvolgono la parte più allentata del substrato roccioso.

In riferimento alle sezioni geologiche la pendenza delle superfici di scivolamento, tracciate in prima approssimazione con una linea retta che unisce il piede dei fianchi della valle con la base delle scarpate di frana principali e secondarie si ottengono i seguenti valori:

- inclinazioni di 28°-30°, a volte anche maggiori, fino 32°-35°, per le frane più superficiali;
- inclinazioni medie dell'ordine di 25°-26° per le superfici di scivolamento delle frane legate alle scarpate principali ed alla scarpata sommitale, con valori maggiori dell'ordine di 28° e valori minimi dell'ordine di 22°-24°;
- valori dell'ordine di 22°-24° si riscontrano anche per le superfici di scivolamento delle frane presenti sul versante sinistro del torrente Re di Gianico.

Si tratta complessivamente di valori piuttosto bassi che per le frane superficiali corrispondono alle situazioni descritte, con movimento entro ammassi molto fratturati o in presenza di orizzonti milonitici e valori di resistenza al taglio residui.

La bassa pendenza media delle superfici di scivolamento relative alle frane principali si spiega solo con la presenza di orizzonti cataclasati ed alterati o orizzonti milonitici, valori di resistenza al taglio residui ed in ogni caso con presenza di acqua. Valori di questo ordine di grandezza, in presenza di acqua, sono stati riscontrati in laboratorio anche in prove condotte per la valutazione dell'angolo di attrito di base lungo superfici lisce (Hoek, Bray, 1981).

Una conferma di queste valutazioni potrebbe essere ottenuta confrontando i risultati da back analysis condotte sulle superfici di scivolamento dei corpi di frana riattivati recentemente con i risultati di prove di taglio seguiti sulle miloniti.

Sulla base delle sezioni è stata effettuata anche una stima dello spessore dei corpi di frana che risultano relativamente contenuti, dell'ordine di 10-30 m per le superfici con inclinazioni più elevate. Spessori maggiori, nella media di 50 m, ma con valori fino a 100-150 m si hanno invece considerando le superfici di scivolamento con inclinazione dell'ordine di 23°-25°.

#### **9.4.c. – Monitoraggio e situazione della dinamica morfologica**

La situazione morfologica complessiva del bacino idrografico della Val Vedetta e delle aree ad essa adiacenti porta a considerare i fenomeni franosi presenti quantomeno come quiescenti e potenzialmente riattivabili.

Le piogge prolungate ed intense dell'autunno dell'anno 2000, hanno portato alla riattivazione di una frana posta nella parte inferiore del versante sinistro della valle, la cui scarpata si trova poco a monte della strada che collega Gianico con Piazze, alla quota di circa 600 m.

Le piogge verificatesi nell'estate dell'anno 2002 hanno portato ad una riattivazione dei movimenti franosi presenti nella parte superiore della Val Vedetta, nella zona delle sorgenti di quota 955 e 980 m, segnata dalla comparsa di leggere fessure di trazione e si è avuta una ripresa del movimento della frana riattivatasi nel novembre 2000, la cui nicchia si è ampliata verso monte, e si sono riattivati altri settori in frana. I sopralluoghi condotti in seguito a quell'evento hanno portato ad individuare diversi settori del bacino dove tratti di scarpata e fessure di trazione hanno evidenziato segni di riapertura e di movimento recenti.

Successivamente nel 2005 si sono osservati dei fenomeni di rilascio tensionale in corrispondenza di alcuni ammassi rocciosi presenti nel settore intermedio del bacino, su uno dei quali si è intervenuti per rimuovere alcuni blocchi che potevano danneggiare le briglie presenti., che potrebbero essere interpretati come una risposta

I volumi dei corpi di frana probabilmente riattivati variano da valori minimi di 20.000 fino a valori di 400.000 e 1.000.000 di m<sup>3</sup>. In particolare l'eventuale riattivazione dei settori adiacenti alle due maggiori frane già riattivate potrebbe mettere in gioco rispettivamente dei volumi di 1.000.000 e di 800.000 m<sup>3</sup>.

Per controllare l'evoluzione dei fenomeni franosi almeno nel settore superiore della Val Vedetta nell'autunno del 2005 sono state installate le seguenti strumentazioni :

- tubo inclinometrico in alluminio a due guide del diametro di 101 mm. All'esterno del tubo inclinometrico è stato posizionato anche un cavo elettrico per misure TDR.

- tubo piezometrico aperto, in PVC del diametro di 75 mm, rivestito con una calza di geotessile. All'esterno del tubo inclinometrico è stato posizionato anche un cavo elettrico per misure TDR.

All'interno del tubo è stata inoltre posizionata una sonda piezometrica per la misura in continuo del livello della falda.

In associazione all'unità di acquisizione e trasmissione dati è stata predisposta una strumentazione per la misura dei parametri meteorologici, installando un pluviometro ed un termometro, collegata ad un sistema per la trasmissione dei dati in tempo reale.

L'unità di acquisizione, dalla quale i dati possono essere scaricati direttamente con un PC, è inoltre dotata di un modulo di gestione della trasmissione dei dati via GSM/GPRS.

La strumentazione installata è stata definita in modo da potere:

- valutare le deformazioni connesse ai fenomeni franosi grazie alle misure inclinometriche, a cadenza annuale e, se le correlazioni risulteranno positive, grazie alle misure TDR;
- verificare l'eventuale correlazione tra deformazioni, livello di falda e precipitazioni ed arrivare a definire un sistema di allerta basato su queste variabili e, se possibile, su una verifica in tempo reale delle deformazioni grazie a misure TDR in continuo che potranno essere predisposte in futuro;
- verificare e controllare l'efficacia di eventuali interventi di sistemazione e di drenaggio delle acque di falda.

Nel dicembre 2005, nel marzo 2007 e nel maggio 2008 sono stati redatti tre rapporti sulle misure effettuate, ai quali si rimanda per i dettagli, mentre non è stata ancora completata la campagna relativa al 2009.

In sintesi i risultati sono seguenti.

Misure inclinometriche. La prima misura inclinometrica successiva alla misura di taratura, fatta in data 15/09/2005, è stata eseguita a circa un anno di distanza, in data 19/09/2006 e la seconda misura è stata eseguita in data 08/04/2008; in settembre verrà eseguita la misura relativa al 2009.

Il confronto tra le tre misure mette in evidenza, nel diagramma relativo alla risultante, uno spostamento dell'asse inclinometrico, rispetto alla lettura di taratura, distribuito lungo tutta l'altezza e compreso tra valori dell'ordine di 0,2-0,4 m, con una leggera rotazione antioraria verso est, dell'ordine di 10°.

Il confronto tra la prima e la seconda lettura evidenzia una situazione sostanzialmente invariata nel tempo con spostamenti limitati dell'asse inclinometrico. In entrambe le letture gli spostamenti mettono in evidenza due discontinuità, corrispondenti a due superfici di scorrimento, una situata alla profondità di circa 70-75 m dal piano campagna e l'altra situata alla profondità di circa 155-160 m; la distribuzione della deformazione nell'ambito dei due settori definiti dalle discontinuità sembra variare in modo quasi lineare con la profondità.

Misure TDR. Nel corso del 2007 è stata eseguita un'unica misura TDR in data 6 luglio 2007. Le misure TDR eseguite sul cavo associato all'inclinometro concordano almeno in parte con la lettura eseguita a ottobre 2006, mettendo in evidenza una deformazione, probabilmente per taglio, alla profondità di 68-70 m. Si registra, nei dati relativi al 2007, un possibile accentuarsi della deformazione ad una profondità compresa tra 74 e 78 metri che dovrà essere verificata alla prossima misura TDR, ma che non è evidenziata nella lettura inclinometrica di aprile 2008.

Le misure TDR eseguite sul cavo associato al piezometro non hanno rilevato sostanziali variazioni rispetto alle letture effettuate nel corso del 2006, dove si rilevava una deformazione poco apprezzabile alla profondità di circa 90 m, e mettono in evidenza la presenza di una superficie di scorrimento posta in corrispondenza di un tratto caratterizzato da roccia molto fratturata che aveva dato luogo a franamenti delle pareti del foro nel corso della perforazione.

Stazione meteorologica e sonda piezometrica. Per quanto riguarda il livello della falda si rileva che per negli anni 2006 e 2007 e per i primi tre mesi del 2008 si sono avute precipitazioni relativamente scarse ed il livello piezometrico si è mantenuto tra circa 18 e 20 m con un massimo a 26 m, misurati dal fondo del piezometro, mentre a partire dall'aprile 2008 fino ad oggi, in seguito a precipitazioni più consistenti, il livello si è portato tra 32 e 34 m circa per cui i primi anni di misura risultano poco significativi

Per quanto riguarda la correlazione tra piogge e livello piezometrico i dati confermano l'esistenza di un ritardo tra eventi meteorici e variazioni del livello piezometrico relativo, dell'ordine di 8-10 giorni tra inizio delle piogge e inizio dell'innalzamento e di circa 18-20 giorni per i massimi relativi.

Le misure effettuate finora indicano la necessità di proseguire con l'attività di monitoraggio per potere riuscire a tarare un modello di previsione dei fenomeni.

In ragione della tipologia dei fenomeni franosi presenti nell'area si possono definire tre linee possibili di evoluzione.

- Per quanto riguarda i corpi di frana maggiori si ritiene che siano soggetti a movimenti complesso lenti, che si manifestano episodicamente in occasione di periodi di precipitazioni prolungate o comunque in grado di portare ad un forte incremento delle pressioni neutre in profondità; anche sul lungo periodo questi fenomeni non dovrebbero

pertanto creare problemi per la sicurezza delle aree poste a valle, ma solo problemi di stabilità locale in corrispondenza delle scarpate di frana e delle fratture di trazione principali.

- Connessi all'eventuale instabilità locale di alcuni settori delle frane maggiori sono alcuni fenomeni franosi di piccole dimensioni, rappresentati da crollo e scivolamento in roccia poco fratturata, scivolamento di roccia molto fratturata o scivolamento e colata di roccia milonitizzata o di terreni di copertura, che si possono manifestare anche a breve termine in occasione di piogge prolungate o intense. Si tratta in ogni caso di fenomeni di piccola entità che hanno conseguenze dirette solo in aree limitate e non comportano problemi per le zone urbanizzate poste a valle.
- Le situazioni più problematiche sono quelle legate alle frane di medie dimensioni come quelle riattivate recentemente alla sommità della valle ed alla base del versante sinistro: questi fenomeni franosi potrebbero infatti evolvere in maniera nel complesso relativamente lenta, dando luogo eventualmente ad episodi di piccola entità come la colata avvenuta nell'autunno 2002, ma sulla base degli elementi raccolti finora non si può escludere la possibilità, data anche la forte scomposizione di questi corpi franosi, di un accelerazione dei movimenti che porti a fenomeni di scivolamento o di colata di grandi dimensioni, analoghi a quelli manifestatisi negli anni sessanta.

#### 9.4.d. – Valutazione della portata critica del torrente Val Vedetta

Nel presente paragrafo è riportata la valutazione della portata di massima piena relativa al tratto di conoide del torrente Val Vedetta; in particolare la portata è stata stimata sia in riferimento alla frazione liquida, sia relativamente alla portata liquida comprensiva del trasporto solido.

Per tale valutazione sono stati utilizzati alcuni metodi proposti in letteratura, che permettono di determinare la portata di piena a partire dai dati morfometrici del bacino e dai dati idrologici relativi alle precipitazioni.

La portata è stata calcolata in riferimento a tempi di ritorno di 100 e 200 anni, utilizzando i dati pluviometrici della stazione di Breno, che è la più significativa e vicina per il bacino in esame. I dati morfometrici del bacino, ricavati dall'analisi della cartografia esistente considerando la sezione di chiusura all'apice del conoide, sono riportati nella tabella seguente:

PARAMETRI MORFOMETRICI ALLA SEZIONE DI CHIUSURA - Val Vedetta

Area del bacino sotteso ( $S_b$ )	0.96 Km <sup>2</sup>	Altezza media assoluta ( $H_{med}$ )	802 m
Lunghezza dell'asta (L)	1.63 Km	Altezza media relativa ( $H_{med}$ )	402 m
Altezza minima ( $H_{min}$ )	400 m	Lunghezza asta sul conoide	1865 m
Altezza massima ( $H_{max}$ )	1310 m	Pendenza asta sul conoide	15.3 %

In particolare sono stati utilizzati il metodo di Giandotti, il metodo di Giandotti perfezionato da Visentini e i metodi della portata indice e della formula razionale proposti da Bacchi, Armanelli e Rossini; nell'allegato 1b a fine testo sono riportati lo sviluppo dei calcoli e una breve descrizione dei metodi utilizzati. Nella seguente tabella sono invece riportati i valori di portata ottenuti con l'applicazione dei diversi metodi, in riferimento ai due diversi tempi di ritorno considerati; nella tabella sono anche indicati, per confronto, i valori di portata determinati per il torrente in esame dal SIBCA



("sistema informativo bacini e corsi d'acqua" della Regione Lombardia) in riferimento a tempi di ritorno di 50 e 100 anni.

VALUTAZIONE DELLA PORTATA CRITICA (m <sup>3</sup> /s)		
	Val Vedetta (Tr 100 anni)	Val Vedetta (Tr 200 anni)
Metodo di Giandotti	21,8	31,6
Metodo di Giandotti – Visentini	18,1	23,6
Metodo della portata indice	8,7	9,7
Metodo della formula razionale	17,7	19,1
SIBCA (Tr 100 anni)	6,2	
SIBCA (Tr 50 anni)		5,7

Dalla valutazione critica dei risultati ottenuti e dai confronti con analisi condotte su bacini idrografici adiacenti, aventi caratteristiche simili a quelle del torrente in esame, si ritiene che il valore di portata di massima piena più attendibile, relativo alla sola portata liquida, sia quello ottenuto tramite il metodo della Portata Indice, pari a 8,7 m<sup>3</sup>/s in riferimento ad un Tr di 100 anni ed a 9,7 m<sup>3</sup>/s per un Tr di 200 anni; tali valori sono paragonabili a quelli del SIBCA. Gli altri metodi hanno fornito valori che appaiono molto elevati; in particolare, la formula di Giandotti e quella di Giandotti – Visentini, ideate per bacini di grandi dimensioni, tendono a fornire risultati sovrastimati quando applicate a bacini di piccole dimensioni come quello in esame.

Valutate le caratteristiche geomorfologiche del bacino idrografico, è necessario considerare un aumento della portata liquida, al fine di tener conto del trasporto solido del torrente (trasporto in sospensione + carico di fondo).

Nell'ipotesi di una miscela liquido+solido con densità pari a:  $\gamma_{sol+liq} = 1.2 - 1.4 \text{ t/m}^3$

considerando per il detrito preso in carico una densità pari a  $\gamma_{sol} = 2.65 \text{ t/m}^3$

si ottiene per la miscela una concentrazione pari a  $C = 0.12 - 0.24$ .

Sulla base di tali considerazioni la portata complessiva dovuta alla capacità di trasporto della corrente è il risultato del prodotto della portata liquida per un coefficiente compreso fra 1.12 e 1.24; la portata complessiva, comprensiva del trasporto solido del torrente risulta quindi pari a 9,8 e 10,7 m<sup>3</sup>/s in riferimento ad un Tr di 100 anni ed a 11,0 e 12,1 m<sup>3</sup>/s per un Tr di 200 anni. In via cautelativa sono stati assunti i valori superiori.

#### **9.4.e. – Valutazione della magnitudo del bacino del torrente Val Vedetta**

La magnitudo corrisponde al volume massimo di materiale mobilizzabile all'interno di un bacino idrografico per l'alimentazione del trasporto solido del torrente e/o delle colate detritico-fangose che si possono propagare successivamente lungo il conoide alluvionale.

Per la valutazione della magnitudo del bacino del torrente Val Vedetta, sono stati utilizzati i metodi di uso comune esistenti in letteratura, che propongono delle formule di calcolo empirico basate sulle caratteristiche morfometriche del bacino e del conoide, sulle caratteristiche geologiche e geomorfologiche del bacino e sul grado di dissesto al suo interno.

Le formule proposte dai metodi utilizzati per il calcolo della magnitudo sono riportate nell'allegato 2b a fine testo; nella tabella seguente sono riportati i valori di magnitudo ottenuti.

VALUTAZIONE DELLA MAGNITUDO (m <sup>3</sup> )	
	<i>Val Vedetta</i>
Rickermann & Zimmerman	133900
Hampel	46094
Crosta, Ceriani, Frattini & Quattrini	73576
Bottino, Crivellari & Mandrone	21000
D'Agostino et al. MAX	94021
D'Agostino et al. MIN	86788
Takei	13266
Bianco MAX	99124
Bianco MIN	73753
Kronfellner-Kraus MAX	73833
Kronfellner-Kraus MIN	34870

In funzione delle diverse metodologie di calcolo utilizzate si ottiene un valore compreso tra un minimo di 28.800 m<sup>3</sup> ed un massimo di 134.000 m<sup>3</sup>, con un valore medio dell'ordine di 78.000 m<sup>3</sup>; per confronto la valutazione della Magnitudo contenuta nella banca dati SIBCA della Regione Lombardia è pari a 82.000 m<sup>3</sup>, confermando l'ordine di grandezza del fenomeno.

Dalla valutazione critica dei risultati ottenuti e dai confronti con analisi condotte su bacini idrografici aventi caratteristiche simili a quelle del bacino in esame, è stato adottato il seguente valore di magnitudo:

	<i>Val Vedetta</i>
magnitudo (M)	100 000 m <sup>3</sup>

#### **9.4.f. – Analisi della pericolosità morfologica del conoide della Val Vedetta**

Gli studi eseguiti nell'ambito della prima fase dell'“Indagine geologica sui fenomeni franosi della Val Vedetta”, condotta nel 2003 ed alla quale si rimanda per i dettagli, hanno portato ad una ricostruzione del quadro morfologico d'insieme e delle possibili linee evolutive dell'area del bacino idrografico della Val Vedetta.

La Val Vedetta è interessata da fenomeni di deformazione gravitativa profonda con corpi di frana di grandi dimensioni, dell'ordine di milioni di metri cubi, che sembrano soggetti a movimenti nel complesso lenti e per i quali l'indagine aveva evidenziato la necessità di approfondimenti di studio e di monitoraggio attualmente in corso. Associata a queste

deformazioni si ha una serie di fenomeni franosi di dimensioni relativamente più piccole tra i quali le situazioni a maggiore pericolosità, già a breve termine, sono relative alla possibilità di innesco di colate con volumetrie complessive relativamente consistenti ed in grado di propagarsi sul conoide di fondovalle.

Nella situazione attuale la difesa delle zone urbanizzate rispetto ai fenomeni colata è affidata alle arginature realizzate, dopo l'evento della colata del 1960, in terra e gabbioni con tratti in muratura lungo la sponda destra dell'alveo del torrente nel settore medio-superiore del conoide, dalla quota di circa 440 m alla quota di circa 315 m.

L'indagine del 2003 aveva evidenziato l'insufficienza di queste opere nei confronti di eventi di forte intensità mettendone in luce i punti critici tra i quali, in particolare, la possibilità di una fuoriuscita delle colate dall'argine a partire dalla zona apicale del conoide, tra le quote di circa 450 e 420 m, dove si ha una diminuzione di pendenza che può favorire la deposizione del materiale in carico con una conseguente ostruzione della sezione di deflusso.

Per ovviare in parte a questa possibilità, nell'ambito dei "Lavori di sistemazione Valle Vedetta in comune di Gianico", eseguiti nell'anno 2006, alla quota di circa 410 m circa è stato realizzato un intervento che consente di riportare in alveo eventuali frazioni fuoriuscite dall'argine nel tratto più a monte.

Successivamente, nel 2007-2008, oltre al rifacimento con sezioni maggiori degli attraversamenti stradali di quota 292 e 259 m, lungo la sponda destra del corso d'acqua, tra le quote di 315 e 265 m, è stata realizzata un'arginatura alta da 1,5 a 1 m, finalizzata a contenere, limitandone l'espansione verso i settori più esterni dell'abitato di Gianico, fenomeni di colata di piccola entità o fenomeni di colata anche consistenti, ma relativamente fluidi, che hanno una probabilità di accadimento maggiore e che sono in grado di percorrere tutto il tratto arginato senza dare luogo a fuoriuscite e di propagarsi a valle di esso.

In questa sede è stata aggiornata, rispetto agli interventi eseguiti, l'analisi delle condizioni di pericolosità per fenomeni di colata di grosse dimensioni, considerando come riferimento una Magnitudo dell'ordine di 100.000 m<sup>3</sup>.

In relazione alla complessità del fenomeno le valutazioni fatte in questa sede non sono rigorose e non hanno valore assoluto, ma sono comunque indicative dell'ordine di grandezza dei fenomeni e della loro possibile dinamica. L'analisi è stata condotta confrontando le possibili modalità di propagazione delle colate ricavate dai dati storici e deducibili dall'assetto morfologico d'insieme con la situazione attuale del tratto superiore del conoide.

L'assetto del conoide di fondovalle della Val Vedetta, caratterizzato nell'insieme da una morfologia di superficie relativamente blanda, con rughe e canali poco accentuati, testimonia che almeno nel passato recente si sono succeduti principalmente dei fenomeni di colata piuttosto fluidi. Sondaggi eseguiti fino ad una profondità di 13-15 m dal piano campagna nell'area a monte del municipio di Gianico hanno messo in evidenza la presenza di depositi di colata con livelli dello spessore dell'ordine di 2-3 m, costituiti principalmente da ghiaia e sabbia con matrice limoso-argillosa o da blocchi, ciottoli e ghiaia con matrice limoso-argillosa.

Le testimonianze relative agli eventi del 1960 e del 1967 parlano di colate relativamente fluide con deflusso che, nel caso del primo evento, si è prolungato con impulsi successivi per quasi tre giorni.

La possibilità di fenomeni di colata ad impulsi è confermata dalla situazione morfologica dei fianchi della Val Vedetta, caratterizzata da un complesso mosaico di corpi di frana più o meno superficiali che possono dar luogo a colate.

L'esame strettamente morfologico delle sezioni di deflusso disponibili per la propagazione verso valle delle colate nel tratto medio-superiore del conoide, con riferimento alla recente carta topografica alla scala 1:2.000 (Allegato 4 a fine testo), tra le quote di circa 440 e 325 m, dove è presente l'arginatura, mette in evidenza che la capacità teorica d'invaso di tutto il tratto arginato è dello stesso ordine di grandezza, circa 90.000 m<sup>3</sup>, della Magnitudo. Tuttavia, anche se possibile, è poco probabile che le colate si arrestino e si depositino esattamente in modo da riempire il volume d'invaso disponibile, ma è più probabile che, in ragione principalmente di fluidità, energia e volumetria, si propaghino più a valle oppure si arrestino, anche solo parzialmente, in posizione intermedia.

E' stata quindi condotta un'analisi, principalmente basata sulla morfologia intesa come dimensioni della sezione disponibile al deflusso e relativa pendenza, per individuare le situazioni di criticità (Allegato 3 a fine testo). Per semplicità ed in ragione delle condizioni morfologiche al contorno, la valutazione è stata condotta considerando sezioni ogni 10 m di dislivello lungo il tratto di alveo arginato. Dall'esame dei dati si rileva che sezioni con un'area minore della metà, ed anche meno, rispetto alle altre si trovano nella parte superiore ed inferiore del tratto; diminuzioni di pendenza relativamente significative che possono influenzare la velocità di deflusso si trovano nella parte superiore e nella parte intermedia.

Se si confrontano, a livello quantitativamente indicativo, le aree delle sezioni disponibili al deflusso con il valore della sezione necessaria stimata sulla base dell'espressione empirica di Schilling e Iverson si conferma la potenziale insufficienza delle sezioni presenti nella parte superiore e nella parte inferiore del tratto mentre le altre sezioni sarebbero teoricamente sufficienti anche per eventi pari alla maggiore Magnitudo calcolata (134.000 m<sup>3</sup>).

Una conferma analoga si ottiene confrontando le sezioni disponibili con il valore della portata di picco della colata ricavato dalle espressioni di Anselmo e Armanini, pari a 72 m<sup>3</sup>/s, nell'ipotesi di velocità di deflusso della colata compresa tra 2 e 0,5 m/s, ma si rileva anche la criticità di una sezione situata nella parte intermedia del tratto, a 370 m di quota.

Le situazioni di criticità messe in evidenza dall'analisi morfologica sono quindi tre.

- Parte superiore del tratto arginato, tra quote di 450-420 m, dove si riscontra una diminuzione di pendenza rispetto al tratto posto a monte: l'intervento eseguito nel 2006 permette di riportare in alveo, alla quota di 400 m, le frazioni di colata fuoriuscite dall'argine in questa posizione che altrimenti si troverebbero incanalate direttamente verso l'abitato; il punto di reimmissione è stato scelto in corrispondenza di un salto di fondo dell'alveo, di altezza di circa 2 m, in modo da evitare rigurgiti; l'efficacia dell'intervento dipende ovviamente dalle condizioni al contorno, intese come entità, velocità, fluidità della colata.
- Parte inferiore del tratto arginato, tra le quote di 330-325 m circa, dove si ha una vistosa riduzione della sezione; la fuoriuscita di frazioni di colata da questo tratto dell'argine le porta ad incanalarsi nel settore centrale del conoide, interessando solo le frange esterne dell'abitato, situate a partire da una distanza di circa 160 m più a valle.
- Parte intermedia del tratto, indicativamente alla quota di circa 370 m, dove la sezione è relativamente ampia, ma si registra una leggera diminuzione di pendenza. Questa situazione è meno critica delle altre e la possibilità di fuoriuscita delle colate è legata all'eventualità che l'arresto di un impulso della colata in questo tratto determini

un'ostruzione che favorisca la fuoriuscita di impulsi successivi. La fuoriuscita dall'argine potrebbe verificarsi anche per eventi di entità inferiore alla Magnitudo stimata. L'eventuale fuoriuscita di frazioni di colata in questo tratto le porterebbe ad propagarsi verso il settore meridionale dell'abitato, posto ad una distanza non inferiore a 250 m. Nella parte intermedia del tratto arginato, alla quota di 346 m in corrispondenza di una strada, esiste anche una soluzione di continuità nell'argine per la quale è possibile la chiusura in caso di necessità.

Il riferimento alla morfologia della curva di fondo del torrente il punto a partire dal quale le colate hanno maggiori probabilità di iniziare a depositare il materiale in carico non si trova in corrispondenza del tratto arginato, ma a monte di esso, alla quota di circa 500 m, dove si riscontra una diminuzione netta della pendenza, proprio in corrispondenza del passaggio dal fondo roccioso al fondo in depositi del torrente.

A valle della soglia rocciosa di quota 500 m, lungo la sponda destra del torrente, si intuisce la presenza, nonostante l'erosione subita, di un lobo di colata che si sviluppa all'incirca fino alla quota di 420 m, per un volume di materiale accumulato dell'ordine di 20.000-25.000 m<sup>3</sup> (lunghezza del lobo di circa 250 m, larghezza probabile dell'ordine di 20 m e spessore di 4-5 m).

Un evento di colata che dovesse iniziare a depositare materiale a partire dalla rottura di pendenza di quota 500 m per colmare l'invaso disponibile fino alla metà del tratto arginato, alla quota di 370 m circa, determinerebbe teoricamente un accumulo dell'ordine di 40.000-50.000 m<sup>3</sup> (600 m di lunghezza, larghezza di 20 m e altezza di 4-5 m); se l'inizio della deposizione avvenisse a partire dalla diminuzione di pendenza di quota 450 m il volume teoricamente sedimentato sarebbe dell'ordine di 30.000-40.000 m<sup>3</sup> (450 m di lunghezza con larghezza ed altezza analoghe).

Sulla carta morfologica alla scala 1:2.000 sono stati evidenziati i punti critici a partire dai quali si possono verificare i fenomeni di fuoriuscita e sono stati indicati i possibili percorsi delle acque e delle colate individuate sulla base della morfologia locale, definita dalla presenza dei lobi di colata e dei canali di esondazione presenti sul conoide.

Al limite tra il tratto medio-inferiore ed il tratto distale, alla quota di circa 245 m, il conoide della Val Vedetta è attraversato in quota da un canale idroelettrico a cielo aperto nel quale è convogliata, a partire da una piccola opera di derivazione, l'acqua che scorre nell'alveo della Val Vedetta.

Il corso della Val Vedetta attraversa il canale passando sotto di esso, con una sezione di deflusso piuttosto ristretta che in caso di piena o di colata risulta del tutto insufficiente per cui si può verificare facilmente il versamento delle acque e del materiale trasportato nel canale. Nel canale idroelettrico si possono riversare, seguendo le direzioni preferenziali di deflusso, anche le acque di esondazione e le frazioni delle colate fuoriuscite dai punti critici rilevati.

In ragione dell'entità della piena o della colata è possibile che il materiale deposto dalla Val Vedetta nel canale idroelettrico sia in grado di ostruire parzialmente o totalmente la sezione determinando la fuoriuscita verso valle delle acque del canale e, al limite la formazione di un'onda di piena verso valle. Meno probabile la possibilità che si abbia la fuoriuscita delle acque del canale a causa di un'ostruzione da parte del materiale trasportato lungo una delle direzioni di deflusso preferenziale definite a partire dai settori intermedi e superiori del conoide, in ogni caso si tratterebbe di un evento di intensità minore.

La possibilità di un'ostruzione del canale e la conseguente fuoriuscita delle acque era stata presa in considerazione dopo l'evento di colata del 1960 ed era stato pertanto realizzato lungo il canale idroelettrico, poco a monte

dell'attraversamento della Val Vedetta, una paratia in grado di sbarrare il canale per limitare l'afflusso delle acque da monte. La paratia era stata inizialmente provvista anche di un sistema di comando via radio, ma il timore di possibili interferenze con onde radio esterne aveva fatto disattivare il sistema per cui allo stato attuale è possibile solo una manovra diretta anche se lo stato di manutenzione della paratia non sembra ottimale.

Nel caso di livello del canale idroelettrico non elevato e scarse portate immesse direttamente o indirettamente dalla Val Vedetta il canale potrebbe fungere da cassa di laminazione e contenere i fenomeni di esondazione e propagazione delle colate, ma è più probabile che questi eventi si verifichino a canale pieno con conseguente fuoriuscita.

L'alveo della Val Vedetta a valle del canale, sia in corrispondenza del conoide sia in corrispondenza della piana di fondovalle, presenta sezioni piuttosto esigue perchè in genere le acque sono deviate nel canale idroelettrico, e inoltre poco a monte dell'attraversamento della ex-SS42 e della linea ferroviaria l'alveo viene intubato ed anche in questo caso la sezione è relativamente esigua. Fenomeni di esondazione in questo tratto del conoide e della piana si sono verificati anche recentemente (2004 e 2009) e le acque fuoriuscite sono ristagnate in sinistra idrografica, nel territorio comunale di Artogne, a monte della ex-SS42, che si trova in leggero rilievo rispetto alla piana circostante.

A valle del canale la morfologia del tratto distale del conoide è poco accentuata ed a parte la direzione preferenziale di deflusso ben definita e localizzata nella fascia dell'alveo attuale della Val Vedetta per il resto le acque che si riversano a valle del canale possono diffondersi su fasce relativamente ampie ed in ogni caso il loro percorso viene sostanzialmente chiuso, nella piana di fondovalle, dal tracciato della ex-SS 42, sempre in leggero rilievo.

Sulla base di tutte le valutazioni fatte in questa sede si ritiene che l'arginatura esistente nel settore superiore del conoide della Val Vedetta assicuri un buon grado di protezione all'abitato di Gianico rispetto ad eventi di colata di entità pari od inferiori alla Magnitudo stimata, dell'ordine di 100.000 m<sup>3</sup>.

L'abitato potrebbe essere infatti raggiunto direttamente dalle colate solo nel caso in cui si verificasse un'ostruzione parziale dell'alveo nella parte intermedia del tratto arginato e gli impulsi successivi della colata determinassero il soprizzo dell'arginatura propagandosi all'esterno. L'abitato si trova ad una distanza di circa 250-300 m dall'alveo rispetto al tratto di potenziale fuoriuscita e la possibilità che le colate lo raggiungano effettivamente e la relativa intensità dipendono dalla quantità del materiale in uscita e dalla sua velocità.

Si tratta nel complesso di un evento che ha una probabilità di accadimento bassa rispetto alle altre possibili modalità di propagazione delle colate lungo il conoide in esame.

#### **9.4.g. – Condizioni di pericolosità morfologica nelle aree del conoide del torrente Val Vedetta**

Le valutazioni di carattere morfologico fatte in queste sedi, in relazione di un'analisi della situazione aggiornata agli eventi ed agli interventi eseguiti negli ultimi anni e condotta su una base cartografica recente e di maggiore dettaglio, hanno portato ad una perimetrazione della pericolosità morfologica del conoide delle Val Vedetta diversa rispetto a quella definita nello studio condotto nel 1999 nell'ambito della L. 267/98. Nel complesso rispetto alla perimetrazione precedente, in relazione agli interventi di sistemazione realizzati negli ultimi anni, che hanno portato a migliorare la capacità di contenimento nella fascia dell'alveo delle piene e delle colate favorendone il deflusso verso valle, le aree a

maggiore pericolosità sono state estese ed ampliate verso valle nel settore centrale del conoide e ridotte relativamente nel settore di destra, più lontano dalle direzioni principali di esondazione.

Classe H5. Alla classe di pericolosità molto alta, comprendente in genere l'alveo dei corsi d'acqua, sono state assegnate le aree corrispondenti all'alveo del torrente ed alle fasce ad esso adiacenti che fino all'attraversamento di quota 259 sono comprese in sinistra tra l'alveo e gli argini esistenti e in destra tra l'alveo e il piede del versante; mentre a valle dell'attraversamento le fasce sono definite in base alla morfologia locale caratterizzata da una zona di canale relativamente più ampia rispetto all'alveo attuale. A valle la classe H5 è stata chiusa in corrispondenza del lato di valle del canale idroelettrico che interrompe di fatto il corso del canale di piena del torrente.

Classe H4. Alla classe di pericolosità di alta sono state assegnate le zone più facilmente raggiungibili in caso di esondazione o fuoriuscita di colate dagli argini, a partire dalla zona apicale del conoide, che comprendono un canale posto a ridosso della zona dell'argine nel tratto superiore del conoide e che si apre a comprendere buona parte del settore centrale del conoide fino a chiudersi in corrispondenza del limite di valle del canale idroelettrico. A valle del canale idroelettrico la classe H4 comprende una fascia relativa ampia che si estende lateralmente all'alveo attuale fino al limite con la piana di fondovalle dove la diminuzione di pendenza porta facilmente all'arresto delle colate e alla deposizione del materiale solido in carico alla corrente lasciando proseguire verso valle solo la frazioni liquida.

Classe H3. Alla classe di pericolosità media sono state assegnate le aree corrispondenti ai canali di esondazione situati in posizione esterna rispetto ai precedenti, comprendendo un ampio ventaglio esteso lateralmente a tutto il tratto di conoide posto a monte dell'abitato di Gianico ed un settore centrale esteso fino alla sponda di valle del canale idroelettrico. A valle del canale idroelettrico sono state assegnate alla classe H3 una fascia piuttosto ampia posta in sinistra alla zona assegnata alla classe H4, che potrebbe essere raggiunta da frazioni fluide significative in caso di ostruzione del canale, ed una fascia posta in asse all'alveo attuale lungo un tratto della piana di fondovalle, fino all'attraversamento di via Valeriana, che collega Gianico ad Artogne, a valle della quale anche le frazioni più fluide tendono a disperdersi su una superficie più ampia diminuendo la loro pericolosità.

Classe H2. Nell'ambito della classe a pericolosità bassa sono state distinte due categorie caratterizzate da un grado di pericolosità un poco diverso in ragione della loro posizione morfologica. Le aree individuate come H2\*, comprendono infatti un tratto medio-superiore del conoide, in corrispondenza del settore superiore del centyro storico Gianico, in parte interessato dalla colata del 1960, ed hanno una maggiore probabilità di essere interessate da fenomeni di esondazione rispetto alle aree indicate come H2 che occupano il settore di conoide posto subito a valle, fino al canale idroelettrico e si che estendono anche a valle del canale per un buon tratto del settore centrale del tratto distale del conoide e per un tratto anche nella fascia della piana di fondovalle posta in asse all'alveo, a valle di via Valeriana.

Classe H1. Alla classe di pericolosità molto bassa sono state assegnate le aree di conoide poste a valle del canale idroelettrico nel settore più distante dall'alveo attuale fino alla tratto di piana di fondovalle situata a monte della ex-SS42, in zone che hanno probabilità bassissime di essere raggiunte dalle acque di esondazione o da frazioni fluide, ma che potrebbero essere al limite raggiunte dal versamento delle acque del canale idroelettrico nel caso di una sua ostruzione.

## 10. ANALISI DEL RISCHIO SISMICO

### 10.1 - NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*" (G.U. n° 105 del 8/05/2003, suppl. ord. n. 72), sono state individuate in prima applicazione le zone sismiche sul territorio nazionale e fornite le normative tecniche da adottare per le costruzioni nelle zone sismiche stesse. Tale ordinanza è entrata in vigore, per gli aspetti inerenti la classificazione sismica, contestualmente al DM 14 settembre 2005 "*Norme Tecniche per le costruzioni*".

La Regione Lombardia, con la d.g.r. n° 14964 del 7 Novembre 2003, ha preso atto della classificazione fornita in prima applicazione dall'Ordinanza 3274/03.

Secondo tale classificazione il territorio del Comune di Gianico ricade in zona sismica 4.

Il DM 14/01/2008 "*Approvazione delle nuove Norme Tecniche per le costruzioni*", entrato in vigore il 5 marzo 2008 in sostituzione del precedente DM 14/09/2005, ha assunto, come riferimento per la nuova definizione della sismicità del territorio nazionale, la mappa dei valori di  $a_g$  calcolati su una griglia con passo di 0,02°, di cui all'allegato 1b all'Ordinanza PCM n° 3519 del 28 aprile 2006; questa sostituisce la precedente suddivisione in 4 zone a differente sismicità, che rimane come riferimento dal punto di vista amministrativo.

Secondo la nuova classificazione, i parametri sismici di una data area vanno definiti in base alle coordinate, interpolando i dati contenuti nelle tabelle dell'allegato B al DM 14/01/2008.

La Regione Lombardia si è adeguata al DM 14/01/2008 e alla nuova classificazione sismica con la d.g.r. n. 8/7374 del 28/05/2008 secondo le indicazioni della quale è stato redatto il presente studio.

Il DM 14/01/2008 prevedeva un periodo di monitoraggio di 18 mesi che è terminato il 30 giugno 2009 e quindi, a partire dal 1° luglio 2009, la progettazione antisismica è regolata dal DM 14/01/2008 per tutte le zone sismiche e per tutte le tipologie di edifici.

### 10.2 - RISPOSTA SISMICA LOCALE

Le particolari condizioni geologiche e geomorfologiche di una zona possono influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base, producendo effetti diversi che vanno a sovrapporsi e sommarsi a quelli del sisma; tali effetti devono essere considerati nella valutazione generale della pericolosità sismica di una data area e costituiscono l'oggetto della "*componente sismica*" del Piano di Governo del Territorio secondo la d.g.r. n. 8/7374 del 28/05/2008. Gli effetti, in funzione delle caratteristiche del terreno presente, vengono distinti in due gruppi: gli effetti di sito (o di amplificazione sismica locale) e gli effetti di instabilità.

Gli effetti di sito o di amplificazione sismica locale interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche e sono rappresentati dall'insieme delle modifiche che un moto sismico (terremoto



di riferimento) relativo ad una formazione rocciosa di base (bedrock), può subire presso la superficie topografica o durante l'attraversamento degli strati di terreno sovrastanti il bedrock. Tali effetti si distinguono a loro volta in due sottogruppi che possono essere contemporaneamente presenti nello stesso sito.

- 1 - Gli effetti di amplificazione topografica, che si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie superficiali più o meno articolate, che favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche presso la cresta dei rilievi e i ripiani sovrastanti le scarpate, con conseguente amplificazione delle onde stesse a causa di fenomeni di riflessione sulla superficie libera e di interazione fra il campo d'onda incidente e quello diffratto.
- 2- Gli effetti di amplificazione litologica, che si verificano quando sono presenti profili stratigrafici con determinate proprietà meccaniche sovrastanti il bedrock e che portano all'esaltazione locale delle azioni sismiche causate da fenomeni di risonanza fra onda sismica incidente e modi di vibrare del terreno e fenomeni di doppia risonanza fra periodo fondamentale del moto sismico incidente e modi di vibrazione del terreno e della sovrastruttura.

Gli effetti di instabilità interessano invece tutti i terreni che mostrano un comportamento instabile o potenzialmente instabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese e che può rivelarsi incompatibile con la stabilità delle strutture presenti. I principali effetti di instabilità sono i seguenti.

- Fenomeni di riattivazione o neoformazione di movimenti franosi (crolli, scivolamenti rotazionali e/o traslazionali, colamenti eccetera) per i quali il sisma rappresenta un fattore d'innescio del movimento a causa dell'accelerazione esercitata o a causa dell'aumento delle pressioni interstiziali.
- Movimenti relativi verticali e orizzontali tra diversi settori areali posti in corrispondenza di faglie sismogenetiche, che portano a scorrimenti e cedimenti differenziali (tali fenomeni sono possibili solo per terremoti di magnitudo molto elevata e in presenza di particolari strutture geologiche affioranti o sepolte).
- Fenomeni di rottura connessi a deformazione permanente del suolo nel caso di terreni caratterizzati da proprietà fisico-meccaniche particolarmente scadenti; per terreni granulari sopra falda sono possibili cedimenti a causa di fenomeni di addensamento del materiale, mentre per terreni granulari fini (sabbiosi) saturi sono possibili fluimenti e colamenti a causa di fenomeni di liquefazione.
- Nel caso di siti interessati da carsismo sotterraneo o da particolari strutture vacuolari presenti nel sottosuolo si possono verificare fenomeni di subsidenza più o meno accentuati, legati al crollo parziale o totale delle cavità sotterranee.

#### **10.2.a. Metodologia per l'analisi della risposta sismica**

Nel presente paragrafo viene riassunta la metodologia definita dalla d.g.r. 28 maggio 2008 n. 8/7374 per l'analisi della risposta sismica in un dato territorio comunale, in adempimento a quanto previsto dal DM 14/01/2008, dalla dgr n. 14964 del 7/11/2003 e dal dduo n. 19904 del 21/11/2003.

Tale metodologia prevede tre livelli di approfondimento, in funzione della zona sismica di appartenenza, degli scenari di pericolosità sismica locale, dell'importanza degli edifici interessati e della fase di lavoro (pianificatoria o progettuale).

- **Analisi di primo livello:** è un approccio di tipo qualitativo che consiste nel riconoscimento delle situazioni passibili di amplificazione sismica o di effetti di instabilità sulla base di dati esistenti, cartografie di inquadramento, osservazioni geologico-geomorfologiche, topografiche e morfometriche del territorio. Tale livello, obbligatorio per tutti i comuni, prevede la redazione della "Carta della pericolosità sismica locale" (PSL) su tutto il territorio comunale, nella quale deve essere riportata la perimetrazione areale e lineare delle diverse situazioni tipo definite nella legenda di cui all'allegato 5 alla d.g.r. n. 8/7374, in grado di determinare gli effetti sismici locali e denominate "scenari di pericolosità sismica locale" (zone PSL da Z1 a Z5).
- **Analisi di secondo livello:** è un approccio di tipo semi-quantitativo che si applica nelle sole aree passibili di amplificazione perimetrate nella carta della pericolosità sismica locale (zone PSL Z3 e Z4); permette di determinare un valore numerico (fattore di amplificazione sismica locale - Fa) che fornisce una stima dell'effettiva risposta sismica delle situazioni individuate tramite il primo livello. Per applicare tale procedura (per i dettagli sulla quale si rimanda all'allegato 5 alla dgr n. 8/7374) sono necessari, relativamente alle situazioni individuate, dati più approfonditi di tipo morfometrico, litologico-stratigrafico e geofisico (questi ultimi in particolare relativi alla velocità di propagazione nel terreno delle onde sismiche di taglio). L'analisi di secondo livello è obbligatoria, per i comuni ricadenti in zona sismica 2 e 3, nelle zone interferenti con l'urbanizzato e nelle aree di espansione urbanistica; nei comuni ricadenti in zona sismica 4 tale livello deve essere applicato nelle situazioni in cui si prevede la realizzazione o l'ampliamento di costruzioni strategiche e rilevanti (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03). Il valore di Fa relativo agli effetti litologici determinato con l'applicazione del secondo livello deve essere confrontato con "valori soglia" definiti dalla Regione Lombardia in riferimento al DM 14/01/08 per ogni comune, al fine di determinare se la normativa nazionale risulta sufficiente a tenere in considerazione anche gli effetti di amplificazione sismica locale ( $Fa < \text{soglia}$ ) o insufficiente ( $Fa > \text{soglia}$ ). Il valore di Fa relativo agli effetti morfologici deve essere invece confrontato con il parametro St del DM 14/01/2008.

Nella carta della fattibilità delle azioni di piano devono essere riportate con appositi retini trasparenti le aree a pericolosità sismica locale, distinguendo quelle con Fa maggiore del valore soglia comunale da quelle con Fa minore.

- **Analisi di terzo livello:** è un approccio di tipo quantitativo e consiste nella determinazione degli effetti di amplificazione tramite indagini e analisi ancor più approfondite (per la descrizione delle quali si rimanda all'allegato 5 alla d.g.r. n. 8/7374). Le analisi di terzo livello si applicano in fase progettuale nelle aree passibili di effetti di instabilità individuate con il primo livello (zone PSL Z1 e Z2) e nelle aree analizzate con il secondo livello per le quali si è ottenuto un valore di Fa superiore alla soglia; in quest'ultimo caso, in fase progettuale, in alternativa all'applicazione del terzo livello, per gli effetti litologici è possibile utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore secondo il seguente schema:
  - anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della categoria di suolo C. Nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D;
  - anziché lo spettro della categoria di suolo C si utilizzerà quello della categoria di suolo D;

- anziché lo spettro della categoria di suolo E si utilizzerà quello della categoria di suolo D.

Nei comuni ricadenti in zona sismica 4 tale livello deve essere applicato nei confronti di costruzioni strategiche e rilevanti (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03).

Non è necessaria la valutazione di terzo livello relativamente allo scenario Z5 (zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse), in quanto questo esclude la possibilità di costruzione a cavallo dei due litotipi; in fase progettuale tale limitazione può essere rimossa qualora si operi in modo da ottenere un terreno di fondazione omogeneo, o adottando accorgimenti progettuali atti a garantire la sicurezza dell'edificio.

### 10.3. ANALISI DI PRIMO LIVELLO - CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

Come precedentemente esposto, il territorio del Comune di Gianico ricade in zona sismica 4 ed è quindi prevista obbligatoriamente l'applicazione dell'analisi di primo livello per tutto il territorio comunale e del secondo livello per le zone passibili di amplificazione sismica, in cui è prevista la realizzazione o l'ampliamento di costruzioni strategiche e rilevanti (elenco tipologico di cui al dduo n° 19904/03).

E' stata quindi applicata l'analisi di primo livello all'intero territorio comunale con la redazione della carta di pericolosità sismica locale, mentre non è stata applicata l'analisi di secondo livello in quanto, nell'ambito del PGT, l'Amministrazione Comunale non ha al momento in previsione interventi di tipo strategico o rilevante.

Per quanto riguarda l'analisi di primo livello, conformemente a quanto richiesto dalla normativa, sono state individuate le aree passibili di amplificazione sismica o di effetti di instabilità, tramite redazione della Carta di pericolosità sismica locale alla scala 1:10.000 (Tavola 2), realizzata in base all'analisi dei dati topografici, della cartografia di base (carta litologica e geomorfologica) e di sintesi del PGT e del precedente studio geologico di supporto al PRG; la legenda di tale carta è stata derivata da quella di riferimento definita nell'ambito dell'allegato 5 alla dgr n. 8/7374, di seguito esposta:

SIGLA	SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	<i>Instabilità (attivazione-riattivazione accelerazione movimenti)</i>
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	<i>Instabilità (cedimenti-liquefazioni)</i>
Z3a	Zona di ciglio H>10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	<i>Amplificazioni topografiche</i>
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite – arrotondate	

SIGLA	SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi	<i>Amplificazioni litologiche</i>
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (comprese le coltri loessiche)	
Z4d	Zona con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	<i>Instabilità (comportamenti differenziali)</i>

Nello scenario Z1b sono state inserite le zone caratterizzate da movimenti franosi quiescenti, coincidenti essenzialmente con i settori interessati da deformazione gravitativa profonda di versante che occupano buona parte dell'area montuosa del territorio comunale. Nello scenario Z1a sono state inserite le zone caratterizzate da movimenti franosi attivi (nicchia e accumulo), anch'esse comunque ricadenti in aree interessate da DGPV. Nello scenario Z1c sono state inserite le zone potenzialmente franose o esposte a rischio frana riferibili a fenomeni di crollo di blocchi rocciosi (aree sorgente, di transito e di accumulo) e a fenomeni di franosità/instabilità superficiale in depositi quaternari.

Nello scenario Z2 sono state inserite le "aree con terreni aventi caratteristiche geotecniche da mediocri a scadenti" individuate nella cartografia di sintesi del PGT alla scala 1:2.000 e 1:10.000 e corrispondenti con la fascia distale dei depositi di conoide e della piana alluvionale di fondovalle.

Per quanto riguarda lo scenario Z3a sono state indicate le linee corrispondenti al ciglio di scarpate aventi altezza superiore a 10m, ricavate dalla cartografia di base (margine di terrazzi morfologici, cigli di pareti rocciose, ecc) e dall'analisi della Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000. Per quanto riguarda lo scenario Z3b sono state indicate le linee di cresta individuate in base all'analisi della Carta Tecnica Regionale.

Nello scenario Z4 sono state inserite le aree caratterizzate dalla presenza di depositi superficiali con spessore indicativamente superiore a 3 m (spessore massimo di copertura superficiale che una formazione a comportamento rigido - categoria di suolo di fondazione di tipo A - può presentare secondo il dm 14/01/2008), desunte dall'analisi della cartografia di base. Nella categoria Z4a sono stati inseriti i depositi alluvionali di fondovalle della piana del fiume Oglio, mentre nella categoria Z4b i depositi di conoide alluvionale, presenti principalmente nel fondovalle e localmente lungo i versanti, e le falde di detrito, presenti soprattutto alla base delle pareti rocciose nel settore orientale del territorio comunale. Nella categoria Z4c sono state inserite le aree con depositi di origine glaciale, relativamente diffuse nel settore montuoso del territorio comunale, e nella categoria Z4d le aree con depositi colluviali ed eluviali, in particolare la zona della località Dosso, alla del versante sinistro della Val camonica in sinistra idrografica della Val Vedetta.

Per quanto riguarda lo scenario Z5, sono stati indicati come "linee di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse", tutti i limiti esterni delle zone Z4 a contatto con substrato roccioso affiorante, subaffiorante o con depositi superficiali aventi spessore indicativamente inferiore a 3 m.

Si sottolinea che la carta di pericolosità sismica realizzata ha valore di inquadramento ed è da considerarsi come riferimento e punto di partenza per l'applicazione di eventuali successivi livelli di approfondimento. Per i futuri interventi edilizi, nel caso in cui si debba (edifici strategici e rilevanti) o si voglia determinare il reale effetto di sito in fase progettuale, sarà necessario valutare nel dettaglio, in sede di relazione geologica associata al progetto dell'intervento, l'effettiva presenza o meno di situazioni passibili di amplificazione sismica o di effetti di instabilità (fenomeni di instabilità di versante o di carsismo sotterraneo, presenza di terreni particolarmente scadenti o passibili di liquefazione, presenza di cigli di scarpate o creste, presenza di depositi superficiali con spessore superiore a 3 m, presenza di contatti fra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse).

## **FASE DI VALUTAZIONE (SINTESI DEGLI ELEMENTI)**

---

### **11. CARTA DEI VINCOLI**

Nella Carta dei Vincoli, redatta alla scala 1:10.000 per tutto il territorio comunale, sono state rappresentate le principali limitazioni all'uso del territorio legate a motivazioni di carattere idraulico ed idrogeologico.

In carta non sono stati riportati i vincoli di Polizia Idraulica in quanto il comune di Gianico non ha ancora provveduto all'individuazione del reticolo idrografico minore e delle relative fasce di rispetto.

#### ***11.a. - Zone di Rispetto delle opere di captazione per uso idropotabile***

Aree di salvaguardia delle risorse idriche (d.lgs. 3 aprile 2006 n. 152 e disposizioni regionali in materia: d.g.r. 27 giugno 1996 n. 6/15137 e d.g.r. 10 aprile 2003 n. 7/12693). Nel territorio comunale di Gianico si trovano numerose sorgenti captate per uso idropotabile dall'acquedotto comunale e da privati oltre ad una sorgente captata dall'acquedotto del comune di Artogne, in Val Vedetta, e rientrano parzialmente anche le aree di salvaguardia di due sorgenti captate dall'acquedotto del comune di Darfo, sul fianco sinistro del tratto superiore della valle del torrente Re. Tutte le Zone di Rispetto rappresentate in carta sono state individuate secondo il criterio geometrico e definite pertanto da una porzione di cerchio avente centro sulla sorgente, raggio di 200 m e chiusa a valle dall'isoipsa della quota della sorgente.

#### ***11.b. - Delimitazione delle Fasce Fluviali relative al PAI***

Sono stati rappresentati in carta i limiti delle fasce di potenziale esondazione del fiume Oglio individuate dall'Autorità di Bacino del fiume Po nell'ambito del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI). Le aree di esondazione sono state definite in riferimento alla massima piena stimata per un tempo di ritorno di 200 anni ed alla piena a carattere catastrofico - indicativamente per un tempo di ritorno di 500 anni. Per la descrizione delle fasce si rimanda al paragrafo relativo contenuto nella descrizione della pericolosità morfologica legata al fiume Oglio (paragrafo 7.1), per i vincoli riguardanti le fasce si rimanda al paragrafo relativo nella descrizione della Carta della Fattibilità e della Carta delle Aree in dissesto (capitolo 10).

#### ***11.c. -Vincoli derivanti dalla "Carta del dissesto con legenda uniformata a quella del PAI: delimitazione delle aree in dissesto".***

Si tratta delle aree individuate in questa sede in riferimento alle indicazioni contenute nella d.g.r. 28 maggio 2008 n. 8/7374 in aggiornamento al quadro del dissesto relativo agli Allegati 4.1 e 4.2 all'Elaborato 2 del PAI ed alle aree a rischio idrogeologico molto elevato relative al PS267. Per la descrizione delle aree e della relativa normativa di riferimento si rimanda rispettivamente al capitolo relativo alla pericolosità delle aree di conoide (paragrafi 7.3 e 7.4) ed all'Elaborato B – Norme Geologiche di Piano.

## 12. CARTA DI SINTESI

Negli intenti della normativa di riferimento la Carta di Sintesi è un elaborato finalizzato a definire un quadro sintetico ed immediato dello stato geologico del territorio. Questa carta deriva dalla valutazione d'insieme degli elementi emersi nella fase d'indagine, rappresentati negli elaborati cartografici illustrati nei paragrafi precedenti, integrata con le informazioni relative ai principali indirizzi ed orientamenti di pianificazione a carattere geologico, morfologico ed idrogeologico.

La *Carta di sintesi* è stata redatta alla scala 1:2.000 per il settore di fondovalle ed alla scala 1:10.000 per il resto del territorio comunale. Questo elaborato rappresenta le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità mediante una serie di poligoni che delimitano porzioni di territorio caratterizzate da problematiche geologiche limitative alla fattibilità geologica per le azioni di piano. La sovrapposizione di più ambiti determina quindi dei poligoni misti per pericolosità legata a più fattori limitanti.

In relazione alle caratteristiche geologiche locali ed alle indicazioni della normativa di riferimento, per l'area in esame sono state individuate le seguenti categorie di pericolosità e vulnerabilità idrogeologica, che costituiscono la legenda della carta di sintesi.

### 12.1. - AREE PERICOLOSE DAL PUNTO DI VISTA DELL'INSTABILITA' DEI VERSANTI.

*12.1.a - Aree a pericolosità potenziale per fenomeni di caduta di blocchi a causa della presenza di pareti in roccia fratturata.*

In questa categoria sono state distinte tre diverse classi di sintesi corrispondenti a differenti gradi di pericolosità definiti in relazione ad un criterio morfologico. Le condizioni di pericolosità di queste aree dovranno essere verificate sulla base di studi di maggiore dettaglio che dovranno eventualmente individuare le modalità di intervento per la messa in sicurezza dei siti.

*12.1.a1 - Aree sorgenti dei fenomeni di caduta di blocchi rocciosi.*

In questa categoria rientrano le pareti rocciose soggette stagionalmente o potenzialmente interessate dal fenomeno distacco e caduta di blocchi in seguito alla degradazione degli ammassi rocciosi che le costituiscono. Sono situate principalmente nel settore di territorio comunale posto a quote più elevate dove gli ammassi rocciosi risentono maggiormente dell'attività di degradazione favorita dalle condizioni climatiche, ma sono diffuse anche nella parte inferiore dei versanti dove gli ammassi rocciosi risentono spesso delle deformazione da rilascio tensionale connesse alle frane per deformazione gravitativa profonda di versante.

*12.1.a2 - Aree di accumulo dei fenomeni di caduta di blocchi rocciosi.*

Aree caratterizzate da un grado di pericolosità da medio ad elevato rispetto ai fenomeni di caduta di blocchi rocciosi comprendenti le zone poste subito a valle delle pareti rocciose, che hanno una maggiore probabilità di essere raggiunte

dai blocchi in caduta, interessate direttamente dal primo impatto sia dai rimbalzi successivi, quando le energie sono maggiori. La valutazione dell'estensione delle aree di arresto è stata fatta su base morfologica, principalmente in ragione del grado di attività, sulla base di evidenze di fenomeni di distacco, grado di colonizzazione della falda e presenza di accumuli recenti. Nelle zone a maggiore attività queste aree si estendono spesso fino a comprendere l'intera estensione delle falde di detrito.

*12.1.a3 - Aree potenzialmente interessate da fenomeni di caduta di blocchi rocciosi*

Aree caratterizzate da un grado di pericolosità da basso a molto basso, corrispondenti alle zone di potenziale espansione dei blocchi in seguito a fenomeni di rotolamento dopo i rimbalzi conseguenti ai primi impatti, e quindi legate a episodi di distacco poco frequenti anche se contraddistinti da volumetrie complessive relativamente superiori alla media, ma con energie via via più contenute. L'ampiezza massima di queste aree è risultata in genere coincidente con l'estensione delle falde di detrito poste alla base delle pareti.

*12.1.b - Aree interessate da fenomeni franosi attivi*

Aree interessate dalla presenza di fenomeni franosi attivi nell'ultimo ciclo stagionale. Principalmente si tratta di forme di scivolamento o colata in depositi superficiali o nel substrato roccioso alterato o molto fratturato. Sono presenti sia lungo l'incisione della Val Vedetta sia nella parte inferiore versante sinistro della valle del torrente Re di Gianico e sono nella maggior parte dei casi conseguenti ai fenomeni di deformazione gravitativa profonda che interessano gli interi versanti.

*12.1.c - Aree interessate da fenomeni franosi quiescenti*

Aree interessate dalla presenza di fenomeni franosi, in genere forme di scivolamento o colata in depositi superficiali, che possono riattivarsi principalmente in seguito a periodi di piogge prolungate. Sono presenti soprattutto nella parte inferiore versante sinistro della valle del torrente Re di Gianico, dove i fenomeni franosi sono in buona parte conseguenti ai fenomeni di deformazione gravitativa profonda che interessano l'intero versante.

*12.1.d - Aree interessate dalla presenza di frane per deformazione gravitativa profonda di versante (DGPPV).*

Con questa voce sono stati indicati i corpi di frana riferiti a movimenti relativamente profondi ed estesi, che coinvolgono uno spessore di materiale indicativamente superiore ad almeno una ventina di metri, in genere dell'ordine di 50-70 m, ma anche fino a 150-200 m. Principalmente si tratta di fenomeni di colata (o flusso o creep) in roccia, e sono legati ad un comportamento degli ammassi rocciosi di tipo viscoso con deformazioni che comportano un movimento distribuito su più superfici di scorrimento in genere coincidenti con linee di debolezza come scistosità, variazioni di composizione o fasce cataclase o milonizzate.

Data la relativa complessità le aree interessate da questi fenomeni sono state distinte in relazione allo stato di attività complessivo, alla loro collocazione morfologica ed alle condizioni di degradazione locale. Le aree individuate in questa sede comprendono non solo il corpo di frana e le scarpate, ma anche le fasce poste a ridosso dei fianchi e della sommità, che possono essere interessate da fenomeni di degradazione connessi alla riattivazione dei fenomeni profondi.



12.1.d1 - Aree di frana per deformazione gravitativa profonda di versante (DGPV) attiva.

Aree interessate da fenomeni franosi profondi che hanno subito deformazioni anche nell'ultimo ciclo stagionale oltre che in anni recenti, testimoniate da evidenze morfologiche dirette di terreno quali abbassamenti del terreno a valle delle scarpate principali, comparsa/apertura di fratture di trazione, di trincee, di lesioni nei manufatti, comparsa/riattivazione di fenomeni di degradazione minori in corrispondenza delle scarpate principali. Queste aree corrispondono ad entrambi i fianchi del vallone Vedetta, a sua volta impostato lungo il fianco sinistro della grande deformazione che interessa l'adiacente versante sinistro della valle del Re di Gianico. Per il settore superiore del vallone Vedetta l'attività recente è stata verificata con misure tipo TDR in un clinometro.

12.1.d2 - Aree di frana per deformazione gravitativa profonda di versante (DGPV) quiescente con evidenze di riattivazione recente.

In questa categoria rientrano le aree interessate da fenomeni franosi profondi che hanno subito deformazioni in periodi recenti testimoniate da evidenze morfologiche dirette di terreno quali abbassamenti del terreno a valle delle scarpate principali, comparsa/apertura di fratture di trazione, di trincee, di lesioni nei manufatti e nei fabbricati, comparsa/riattivazione di fenomeni di degradazione minori in corrispondenza delle scarpate principali. Queste aree corrispondono al settore più dinamico delle deformazioni di versante che interessano sia il versante sinistro della Val Camonica, verso il confine con il comune di Artogne, sia il versante sinistro nel tratto medio-inferiore della valle del torrente Re di Gianico e possono risentire in modo diretto dell'evoluzione dei fenomeni franosi profondi ed essere interessate dalle deformazioni connesse al loro movimento complessivo, alle deformazioni legate alla comparsa di nuove fessure di trazione e scarpate di frana intermedi ed all'innescamento di fenomeni franosi o di degradazione locali, sia in roccia sia in terra conseguenti al rilascio tensionale.

12.1.d3 - Aree di frana per deformazione gravitativa profonda di versante (DGPV) probabilmente quiescenti.

Aree poste in corrispondenza di fenomeni di frana per deformazione gravitativa profonda di versante per i quali non si hanno evidenze dirette di deformazioni recenti, ma che sono probabilmente quiescenti in ragione della loro relativa evidenza morfologica e della loro posizione, corrispondente ai settori superiori delle frane che interessano il versante sinistro della valle del torrente Re di Gianico, a monte dei settori che hanno subito riattivazioni in periodo recente. Queste aree possono risentire dell'evoluzione dei fenomeni franosi profondi ed essere interessate principalmente dai movimenti complessivi del corpo di frana, con possibilità di movimenti differenziali nelle zone corrispondenti alle fratture di trazione ed alle scarpate e possibilità di innescamento di fenomeni franosi o di degradazione locali conseguenti al rilascio tensionale in corrispondenza delle scarpate. La probabilità di risentire delle deformazioni e l'intensità delle deformazioni stesse sono maggiori per le zone che corrispondono alle fratture di trazione ed alle scarpate principali e secondarie rispetto alle zone che corrispondono ai settori di ripiano compresi tra le scarpate.

12.1.d4 - Aree di frana per deformazione gravitativa profonda di versante (DGPV) probabilmente quiescenti ed interessate diffusamente da fenomeni di degradazione attivi o quiescenti.

Aree poste in corrispondenza di fenomeni di frana per deformazione gravitativa profonda franosi profondi per i quali non si hanno evidenze dirette di deformazioni recenti, ma che sono interessati in modo relativamente diffuso da fenomeni di degradazione o di frana minori, posti in genere in corrispondenza o in prossimità delle scarpate e delle fessure di trazione che delimitano i diversi settori in cui sono divisi i corpi di frana. I fenomeni di degradazione minori che interessano queste aree sono rappresentati sia da forme di caduta di blocchi dalle pareti rocciose sia da frane per scorrimento o colata nei terreni sia da forme di erosione da parte delle acque superficiali e sono in genere una diretta conseguenza delle deformazioni connesse ai movimenti complessivi delle frane e per questo motivo le frane profonde sono state considerate quiescenti. Queste aree oltre a poter risentire in modo diretto dell'evoluzione dei fenomeni franosi profondi, con deformazioni connesse al movimento complessivo del fenomeno franoso e deformazioni connesse alla comparsa di nuove fessure di trazione e scarpate di frana intermedie, sono anche più facilmente soggette all'innesco di fenomeni franosi o di degradazione locali, sia in roccia sia in terra, conseguenti al rilascio tensionale in corrispondenza delle scarpate o all'evoluzione di piccoli fenomeni di degradazione legati a cause strettamente locali.

12.1.d5 - Aree di frana per deformazione gravitativa profonda di versante (DGPV) stabilizzata.

In questa categoria rientrano le aree poste in corrispondenza di settori di fenomeni franosi per deformazione gravitativa profonda che in riferimento alla mancanza di evidenze di deformazioni recenti ed sulla base della posizione relativa, alla base dei versanti, si possono considerare come stabilizzati. Queste aree si trovano nel settore inferiore del versante sinistro del tratto inferiore della valle del Re di Gianico, in posizione laterale rispetto ai settori quiescenti, ed alla base del versante sinistro della Val Camonica, sia a monte sia a valle dell'incisione della Val Vedetta. Si ritiene che queste aree siano del tutto inattive o quantomeno che abbiano una probabilità molto bassa di risentire nuovamente di fenomeni deformativi significativi connessi all'attività del resto del versante.

12.1.d6 - Aree potenzialmente soggette a tensioni indotte da fenomeni di deformazione gravitativa profonda di versante probabilmente quiescenti

Aree poste in corrispondenza di fasce detritiche situate alla base di fenomeni di deformazione gravitativa profonda e quindi potenzialmente soggette a tensioni indotte dall'eventuale riattivazione dei fenomeni. Principalmente le aree potrebbero risentire di deformazioni conseguenti a movimenti a componente esterna al pendio dovute al rigonfiamento del piede dei fenomeni franosi posti a monte. Lo stato di attività delle deformazioni gravitative profonde soprastanti non è certo ed è stato ipotizzato come quiescente in via prudenziale. Questi fenomeni mostrano comunque una buona evidenza morfologica d'insieme accompagnata da situazioni localizzate, come l'assenza di suolo e la mancanza di modificazioni antropiche, che fanno pensare ad un'attività relativamente recente, e da un assetto complessivo che fa ritenere possibile la riattivazione dei fenomeni.

12.1.d7 - Aree adiacenti a fenomeni franosi per deformazione gravitativa profonda di versante probabilmente quiescenti.

Aree poste in adiacenza ai fianchi ed alla corona di fenomeni di deformazione gravitativa profonda. Queste aree si trovano in posizione esterna ai settori direttamente interessati dai fenomeni franosi e quindi potrebbero esserne coinvolte

solamente in caso di una loro attivazione accompagnata da un ampliamento laterale o verso monte dei fenomeni. In particolare le aree sono adiacenti ad un fenomeno franoso che è stato definito quiescente in via del tutto prudenziale in quanto mancano, al di là delle evidenze morfologiche d'insieme, delle testimonianze relative ad eventuali riattivazioni. La probabilità che queste aree siano coinvolte dal fenomeno adiacente è pertanto relativamente bassa.

12.1.e - Aree con pareti o affioramenti rocciosi interessati o potenzialmente soggetti a fenomeni di degradazione

Aree interessate dalla presenza di pareti o affioramenti rocciosi, in genere costituiti da ammassi rocciosi da mediamente a molto fratturati, soggetti o potenzialmente soggetti a fenomeni di alterazione e di degradazione che possono comportare l'insorgere di forme di erosione o di franamento, per crollo, scorrimento o scivolamento, in genere di piccola entità.

12.1.f. - Aree interessate da fenomeni di reptazione o soliflusso. - Aree interessate da fenomeni di reptazione o soliflusso intensi.

Aree caratterizzate da lenti scivolamenti della coltre superficiale e conseguente decorticazione del manto vegetale in seguito all'assessamento delle singole particelle di terreno sotto l'azione della forza di gravità. Il fenomeno può evolvere in forme di maggior intensità, determinando l'innescarsi di processi erosivi o di frane superficiali. In alcuni settori di versante i fenomeni sono particolarmente intensi e diffusi, accompagnati da evidenze di forme di scivolamento avvenute in passato, a causa della forte acclività e della natura dei terreni.

12.1.g - Aree di potenziale espansione di fenomeni franosi per colata o scivolamento.

Aree che possono essere interessate dall'espansione di fenomeni franosi per scivolamento o colata generatisi sui settori di versante posti a monte, caratterizzati da pendenze da medie ad elevate, dalla presenza di una coltre di depositi principalmente di origine eluviale, a granulometria fine e con frazione argillosa apprezzabile., dalla presenza di diffusi fenomeni di reptazione e localmente da evidenze di fenomeni franosi avvenuti in passato. L'estensione delle zone è stata definita in riferimento alla situazione morfologica locale e corrisponde sostanzialmente alle fasce di raccordo tra i settori meno acclivi dei versanti e tratti più ripidi posti a monte di essi.

12.1.h - Aree situate a valle di settori di pendio potenzialmente soggetti a fenomeni di degradazione.

Aree che potrebbero essere interessate dall'espansione di piccoli fenomeni di scivolamento o colata generatisi sui settori di versante posti a monte, caratterizzati da pendenze da medie ad elevate e dalla presenza di una coltre di depositi superficiali, orizzonti di alterazione o di origine eluviale, soggetta a forme di reptazione e in passato interessati localmente da piccole forme di scivolamento o colata. Queste aree si trovano lungo la base del versante sinistro della Val Camonica e la loro estensione è stata definita in riferimento alla morfologia dei luoghi, comprendendo tutta la fascia detritico/colluviale posta al raccordo tra la base del versante ed i depositi di conoide esterni ad esso.

12.1.i - Aree caratterizzate da pendenze da medie ad elevate

Aree poste su pendii aventi inclinazione media superiore a circa 30° e caratterizzate in genere dalla presenza di una coltre di depositi superficiali principalmente di origine eluvio/colluviale, a volte glaciale o detritica di versante, in genere

con frazione fine apprezzabile e poco addensati. Queste aree sono più facilmente soggette di altre a fenomeni di degradazione superficiale e richiedono pertanto una maggiore attenzione nel caso di interventi che possono influenzare le condizioni di stabilità locali dei siti. Questa situazione è stata evidenziata solo per le aree che non sono già interessate dai fenomeni di degradazione per frana, reptazione o erosione da ruscellamento.

#### *12.1.l. - Aree caratterizzate da pendenze da basse a medie*

Aree poste su pendii aventi inclinazione media dell'ordine di 10° - 30° e caratterizzate dalla presenza di una coltre di depositi superficiali, principalmente di origine eluviale o colluviale, in genere con frazione fine apprezzabile e poco addensati, e subordinatamente con presenza di affioramenti rocciosi, localmente di piccole pareti. Queste aree sono potenzialmente soggette a fenomeni di degradazione superficiale e localmente sono già soggette a fenomeni di reptazione superficiale o forme da erosione da ruscellamento diffuso per quanto riguarda i depositi superficiali, od a fenomeni di degradazione, con possibilità di piccoli distacchi e caduta di blocchi, in corrispondenza degli affioramenti rocciosi. E' quindi necessario che in queste aree si operi con particolare attenzione rispetto alle situazioni presenti o potenziali soprattutto nel caso di interventi che possono influenzare o essere influenzati dalle condizioni di stabilità locali dei siti.

#### *12.1.m - Aree interessate da fenomeni di valanga.*

Queste aree comprendono i settori di versante che sono stagionalmente interessati da fenomeni di valanga. Le aree comprendono le zone di distacco delle masse nevose, le zone percorse dalle masse nevose in movimento e le zone di arresto. L'entità dei fenomeni e conseguentemente l'estensione delle aree dipendono dalle condizioni meteo-climatiche annuali ed è stata fatta una perimetrazione relativamente ampia ed indicativa.

#### *12.1.n - Aree potenzialmente interessate da fenomeni di valanga.*

Queste aree comprendono i settori di versante potenzialmente interessati, in funzione delle condizioni meteo-climatiche annuali, da fenomeni di scivolamento di masse nevose. Le aree comprendono le zone di distacco della neve, le zone percorse dalle masse in nevose e le zone di arresto, con una perimetrazione relativamente ampia ed indicativa dei fenomeni.

### **12.2. - Aree interessate da trasporto in massa e flussi di detrito su conoide**

La pericolosità geomorfologica delle aree dei conoidi alluvionali presenti nel territorio comunale di Gianico è legata alla possibilità che si verifichino fenomeni di esondazione e fenomeni di deposizione di colate detritico-fangose da parte dei torrenti. La perimetrazione della pericolosità è stata fatta in riferimento alle caratteristiche geomorfologiche dei conoidi e alle opere di regimazione presenti, individuando i percorsi preferenziali di deflusso delle acque di esondazione o delle colate ed è descritta nei paragrafi relativi.

Nella carta di sintesi sono state distinte le aree corrispondenti ai 5 gradi di pericolosità definiti secondo la classificazione individuata nelle procedure relative alla zonazione della pericolosità generata da colate di detrito e da trasporto in massa lungo i conoidi alpini. Poichè entrambi i conoidi sono stati oggetto a suo tempo di studi condotti nell'ambito

della Legge 3 agosto 1998 n. 267 (G.U. n. 183, 7 agosto 1998), è stata indicata anche la corrispondenza con le zone 1 e 2 delle aree a rischio idrogeologico molto elevato.

12.2.a - Pericolosità molto alta (H5). Zona 1 delle aree a rischio idrogeologico molto elevato.

Comprende le aree corrispondenti all'alveo attuale con le sue pertinenze ed eventuali paleoalvei riattivabili in caso di piena ed eccezionalmente aree corrispondenti a porzioni di conoide. Per il conoide del torrente Re di Gianico queste aree corrispondono sostanzialmente all'alveo per tutto il tratto compreso nel territorio comunale mentre per la Val Vedetta corrispondono all'alveo nel tratto posto a monte del canale idroelettrico mentre nel tratto superiore del conoide si estendono anche a tutta la fascia di fondovalle compresa tra il versante sinistro e l'argine posto lungo la sponda destra del torrente.

Rientrano in questa categoria anche le aree dei conoidi sottesi da alcune piccole linee di impluvio presenti sul versante sinistro della Val Camonica e della valle del torrente Re di Gianico e del conoide che il corso d'acqua della valle della Malga del Luca-Malga del Silter forma alla confluenza nel torrente della Valle dell'Inferno.

12.2.b - Pericolosità alta (H4). Zona 1 delle aree a rischio idrogeologico molto elevato.

Comprende le aree con alta probabilità di essere interessate da fenomeni di erosioni di sponda e di trasporto in massa e/o di trasporto solido con deposizione di ingenti quantità di materiale solido e con danneggiamento di opere e manufatti. Per il torrente Re di Gianico comprende tutto il tratto apicale del conoide mentre nel tratto intermedio comprende delle fasce disposte lungo entrambe le sponde ed un canale abbandonato situato nel settore di destra, allineato all'incirca secondo la stessa direzione che l'alveo presenta nel tratto apicale. Per la Val Vedetta comprende tutta la fascia adiacente all'alveo nel settore di destra del tratto apicale, un'ampia zona di espansione in destra nel tratto intermedio fino al canale idroelettrico, ed a valle di questo una fascia relativamente ampia posta in destra e sinistra dell'alveo fino al limite con la piana di fondovalle.

12.2.c - Pericolosità media (H3). Zona 2 delle aree a rischio idrogeologico molto elevato.

Aree interessate in passato da eventi alluvionali e da erosioni di sponda documentati su basi storiche; aree con moderata probabilità di essere esposte a fenomeni alluvionali (esondazione) ed ad erosioni di sponda. In particolare si possono avere deflussi con altezze idriche ridotte (massimo 20-30 cm) e trasporto di materiale sabbioso-ghiaiosi.

Per il torrente Re di Gianico comprende delle fasce poste esternamente all'alveo, principalmente in sponda destra e più ampie nei tratti medio superiore e medio-inferiore, corrispondenti a tracce di canali abbandonati, ed una fascia posta esternamente al canale abbandonato che decorre lungo il confine con il territorio di Drafo Boario Terme.. Per la Val Vedetta comprende delle fasce poste in destra, più ampia nel settore superiore del conoide, ed una fascia posta a cavallo dell'alveo nella zona di transizione tra il settore distale e la piana di fondovalle.

12.2.d - Pericolosità bassa (H2 e H2\*).

Aree mai interessate nel passato da fenomeni alluvionali documentati su base storica o aree protette da opere di difesa idraulica ritenute idonee anche in caso di eventi estremi con basse probabilità di essere interessate da fenomeni di dissesto.

Nell'ambito di queste aree sono state distinte due categorie caratterizzate da un grado di pericolosità un poco diverso in ragione della loro posizione morfologica. Le aree individuate come H2\*, poste sulla prosecuzione o in adiacenza di canali abbandonati e situate nei tratti medio-superiori dei conoidi, hanno infatti una maggiore probabilità di essere interessate da fenomeni di esondazione rispetto alle aree indicate come H2 e possono essere soggette a fenomeni di intensità un poco maggiore.

Per il torrente Re di Gianico le aree indicate come H2\* corrispondono ad una zona situata in sponda sinistra nel settore medio superiore del conoide, sulla coda di un canale abbandonato, e ad una zona relativamente ampia situata nel settore di destra, in adiacenza ad un canale abbandonato. Le aree indicate come H2 occupano invece tutto il tratto medio-superiore del conoide esterno all'alveo ed ai principali canali abbandonati e un'ampia fascia posta a ridosso dell'alveo nel tratto inferiore del conoide.

Per la Val Vedetta le aree indicate come H2\* corrispondono ad una zona situata in sponda destra nel settore medio-superiore del conoide e comprendente la parte superiore dell'abitato di Gianico mentre le aree indicate come H2 si estendono a tutto il settore più esterno del tratto medio del conoide a monte del canale idroelettrico, comprendendo tutto il nucleo storico di Gianico, ed a valle del canale idroelettrico una parte del tratto medio-inferiore ed una fascia posta a cavallo dell'alveo in corrispondenza della piana di fondovalle.

#### 12.2.e - Pericolosità molto bassa (H1).

Aree che per le caratteristiche morfologiche hanno basse o nulle probabilità di essere interessate dai fenomeni di dissesto.

Queste aree comprendono i tratti distali del conoide del torrente Re di Gianico e della Val Vedetta e si estendono fino a comprendere la zona di piana di fondovalle posta a monte dei tracciati adiacenti della ex-SS42 e della ferrovia Brescia-Edolo, che trovandosi in leggero rilevato rappresentano una barriera fisica alla propagazione di eventuali acque di esondazione o frazioni fluide di colate.

### 12.3. - AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDROGEOLOGICO

#### 12.3.a - Aree di salvaguardia delle captazioni d'acqua ad uso potabile

Aree soggette a particolari limitazioni d'uso del territorio perchè ubicate in settori a probabile connessione idrogeologica con corpi idrici sotterranei sfruttati a scopo potabile. In questa categoria rientrano le "Zone di Rispetto" delle opere di presa delle sorgenti che servono l'acquedotto comunale, tutte individuate con il criterio geometrico.

#### 12.3.b - Aree a bassa soggiacenza della falda

Aree caratterizzate da falda idrica posta a profondità relativamente prossima al piano campagna e che necessitano di particolari attenzioni per evitare interferenze negative e che, soprattutto in presenza di terreni fini, determinano l'insorgere di problematiche di carattere geotecnico. Queste aree comprendono tutta la piana di fondovalle del fiume Oglio e parte del settore distale dei conoidi alluvionali. Le condizioni variano in modo relativamente graduale da situazioni dove si ha una falda prossima al piano campagna e possibilità di un'interferenza diretta con il piano terra dei

fabbricati, come si verifica nel settore distale del conoide della Val Vedetta e nella zona di raccordo tra questo conoide e la piana di fondovalle, a situazioni dove si ha una soggiacenza media dell'ordine di 3-4 m e con interferenza a livello di piani interrati, come si verifica nel settore di piana di fondovalle più vicina all'alveo del fiume Oglio.

La relativa prossimità al piano campagna della superficie della falda rende le acque più facilmente vulnerabili rispetto ad eventuali inquinanti provenienti dalla superficie. Un certo grado di protezione per la falda principale si ha probabilmente nel settore di raccordo tra la piana ed il conoide delle Val Vedetta, dove è presente una falda superficiale sostenuta dai livelli a granulometria fine, tuttavia non si dispone di stratigrafie sufficienti per valutare lo spessore e l'estensione laterale dei livelli fini e conseguentemente il grado di protezione effettivamente assicurato.

#### 12.3.c - Aree con fenomeni di ristagno e/o affioramento d'acqua in superficie - Aree torbose o paludose.

Aree caratterizzate da presenza temporanea o perenne di acqua in superficie sia per affioramento della falda sia per scarsa infiltrazione delle acque superficiali, legati a situazioni stratigrafiche locali, spesso alla presenza di terreni fini. Queste condizioni contribuiscono allo scadimento delle caratteristiche geotecniche dei terreni e sono presenti localmente sui versanti, in particolare nella zona di Prà di Roncazzo dove il fenomeno si verifica in una tratto di piana compresa tra il versante e la cresta di un cordone morenico laterale e caratterizzato dalla presenza di depositi di contatto glaciale e colluviali a granulometria fine. In altre zone del territorio comunale, soprattutto nei settori posti a quote più elevate, i fenomeni di ristagno sono associati alla presenza di torbe, derivanti dalla conservazione della sostanza organica in ambiente privo di ossigeno, e sono spesso legati alla presenza di piccole conche o depressioni di escavazione glaciale impostate direttamente nel substrato roccioso e in buona parte interrate. dalla sedimentazione. Condizioni paludose a causa del progressivo interrimento e di forte produzione di sostanza organica si riscontrano per il lago di Rondeneto.

### 12.4. - AREE CHE PRESENTANO SCADENTI CARATTERISTICHE GEOTECNICHE.

#### 12.4.a - Aree con terreni aventi caratteristiche geotecniche da mediocri a scadenti

Aree caratterizzate dalla presenza di terreni a granulometria relativamente fine, limosa o limoso-sabbiosa non addensati e con comportamento geotecnico mediocre, con una permeabilità bassa, bassa resistenza al taglio e compressibilità alta. Queste aree sono presenti soprattutto nella zona della piana di fondovalle del fiume Oglio e nelle zone distali dei conoidi alluvionali di fondovalle, contraddistinta in genere dalla presenza di orizzonti superficiali di depositi di esondazione o di colata a granulometria fine ed a basso grado di addensamento. Localmente, soprattutto nella zona di transizione tra piana di fondovalle e zona distale dei conoidi, si trovano anche livelli di depositi fini da decantazione in zone di lanca o comunque in zone di ristagno d'acqua, aventi caratteristiche geotecniche scadenti, con scarsa resistenza al taglio e forte compressibilità, che essendo in presenza di falda e poco addensati potrebbero anche dar luogo a fenomeni di liquefazione in caso di sisma di forte intensità.

#### 12.4.b - Aree con riporti di materiale

La presenza di materiale di riporto può comportare l'insorgere di problematiche di carattere geotecnico relativamente alla natura del materiale e ad eventuali disomogeneità di composizione e di addensamento del deposito. Due aree

relativamente ampie caratterizzate dalla presenza di materiale di riporto sono presenti nel settore della piana di fondovalle. Un'area è posta in corrispondenza della zona artigianale situata a nord di via Carobe e l'altra in corrispondenza dell'area della ex-acciaieria situata a sud di via Carobe, che sono state entrambe realizzate riportando del materiale per sovralzare la quota locale della piana fino a raccordarla con la quota della ferrovia e della ex-SS42.

## **12.5. - AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO**

### *12.5.a – Alveo e sponde dei corsi d'acqua*

Aree corrispondenti alla sede dei corsi d'acqua superficiali, alveo e relative sponde, dove avviene il deflusso delle acque in condizioni ordinarie. In ragione delle caratteristiche morfologiche dei corsi d'acqua presenti nel territorio in esame queste aree sono in genere interessate da fenomeni di erosione di fondo accompagnati in molti casi da forme di erosione laterale e pertanto, lungo i tratti montani dei corsi d'acqua, queste aree comprendono anche delle fasce più o meno estese poste esternamente alle sponde.

### *12.5.b – Corsi d'acqua caratterizzati da una forte tendenza all'erosione di fondo*

Corsi d'acqua minori, a carattere temporaneo o perenne, ma con regime fortemente variabile, caratterizzata da una forte tendenza all'erosione di fondo in ragione dell'elevata pendenza media della curva di fondo. All'erosione di fondo, che interessa sia i depositi superficiali sia il substrato roccioso alterato e fratturato, si accompagnano localmente dei fenomeni di erosione laterale.

### *12.5.c – Solchi di erosione*

Linee di deflusso temporanee soggette a fenomeni di erosione in occasione di precipitazioni intense o prolungate.. I fenomeni erosivi interessano nella maggior parte dei casi depositi eluviali o colluviali o l'orizzonte superficiale di alterazione dei depositi glaciali o detritici di versante. Nella maggior parte dei casi i solchi si sono originati in corrispondenza di linee di impluvio minori dove il deflusso è avuta una concentrazione di fenomeni di erosione interessano principalmente

### *12.5.d - Aree poste a ridosso dell'alveo di corsi d'acqua e potenzialmente soggette a fenomeni di erosione*

Aree prossime all'alveo di corsi d'acqua in tratti con sponde soggette o potenzialmente soggette a fenomeni di erosione laterale e con opere di difesa idraulica danneggiate o prive di opere di difesa idraulica. Queste aree si trovano a ridosso dell'alveo del fiume Oglio, che nel settore di territorio manifesta una forte tendenza all'erosione laterale sia lungo le sponde esterne delle anse sia lungo tratti relativamente rettilinei a causa della migrazione dell'asse della corrente all'interno del canale principale, e lungo tratti della sponda sinistra della Valle dell'Inferno e della sponda destra della valle dell'Orso.



*12.5.e - Aree adiacenti a corsi d'acqua da mantenere a disposizione per consentire l'accessibilità per interventi di manutenzione e per la realizzazione di interventi di difesa*

Aree prossime all'alveo di corsi d'acqua da mantenere libere per consentire l'accesso per interventi di manutenzione o di difesa sono state individuate sia lungo il tratto inferiore del corso della Val Vedetta, attualmente caratterizzato da un alveo di sezione modesta ed insufficiente in caso di piena, sia lungo tutta la sponda del fiume Oglio che nel tratto in esame manifesta anche un'evidente tendenza all'erosione laterale sia lungo le sponde esterne delle anse sia lungo tratti relativamente rettilinei a causa della migrazione dell'asse della corrente all'interno del canale principale.

*12.5.f - Aree potenzialmente inondabili individuate con criteri morfologici*

Aree situate in prossimità dell'alveo di un corso d'acqua che, per le proprie caratteristiche topografiche, possono essere raggiunte dall'acqua durante i fenomeni di esondazione, valutate con un criterio di carattere strettamente morfologico. In particolare queste aree corrispondono ad alcune strette fasce relativamente pianeggianti situate a ridosso dell'alveo dei corsi d'acqua presenti nella conca di Rondeneto.

*12.5.g - Delimitazione delle fasce fluviali relative al Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.)*

Aree potenzialmente alluvionabili da parte del fiume Oglio individuate nella cartografia del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) redatto dall'Autorità di bacino del fiume Po.

12.5.g1 - Fascia Fluviale A. Rappresenta la fascia di deflusso della piena di riferimento, in grado di consentire il deflusso di una portata dell'ordine dello 80% della massima piena stimata per un tempo di ritorno di 200 anni. Per il tratto di fiume Oglio compreso nel territorio comunale di Gianico la fascia coincide sostanzialmente con l'alveo.

12.5.g2 - Fascia Fluviale B. Rappresenta la fascia di esondazione e comprende le aree che possono essere interessate dalla fuoriuscita dell'acqua in occasione della piena di riferimento, stimata per un tempo di ritorno di 200 anni. Comprende un piccolo settore della piana di fondovalle del fiume Oglio nel tratto a monte della località Bosche, racchiuso tra la sponda sinistra dell'Oglio ed il rilevato della SS-42, mentre più a valle comprende un settore di piana più ampio, che dalla sponda sinistra dell'Oglio si estende oltre il rilevato della SS-42 fino alla località Bililò.

12.5.g3 - Fascia Fluviale C. Rappresenta la fascia di esondazione per piena catastrofica, definita indicativamente in riferimento al massimo evento di piena stimato per un tempo di ritorno di 500 anni. In località Bosche comprende tutto il settore della piana alluvionale di fondovalle racchiusa tra la sponda sinistra dell'Oglio ed il rilevato della SS-42 mentre più a valle, all'altezza della località Bililò, si estende per un tratto della piana esterna al rilevato della SS-42.

**FASE PROPOSITIVA**

**FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO - NORME GEOLOGICHE DI PIANO**

---

**13. NORME GEOLOGICHE DI PIANO - CARTA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO**

Le Norme Geologiche di Piano sono state definite in riferimento alla Carta della Fattibilità Geologica delle Azioni di Piano che è stata redatta sulla base dell'esame degli aspetti geologici complessivi rappresentati nella cartografia, con particolare attenzione alla Carta dei Vincoli ed alla Carta di Sintesi (Tavola 3 e Tavole 4 e 5), ed è finalizzata a fornire indicazioni generali in merito alla destinazione d'uso delle aree, alle cautele da adottare per gli interventi, agli studi ed alle indagini da effettuare per gli eventuali approfondimenti, alle opere di riduzione del rischio ed alla necessità di controllo dei fenomeni presenti. La Carta della Fattibilità geologica è stata redatta alla scala 1:2.000 (Tavola 6) per il settore di fondovalle ed alla scala 1:10.000 (Tavola 7) per l'intero territorio comunale.

Le definizioni di ciascuna classe di fattibilità, le indicazioni di carattere generale per lo svolgimento delle indagini necessarie alla valutazione della fattibilità dei singoli interventi e la descrizione dei fattori limitanti rispetto alla destinazione d'uso delle singole aree sono riportati nell'Elaborato B - Norme Geologiche di Piano.

L'individuazione delle aree in dissesto fatta in questa sede non è definitiva, ma potrà essere modificata, con le modalità e procedure definite dalla Regione Lombardia, in seguito ad eventuali interventi di sistemazione o di difesa o al verificarsi di nuovi fenomeni di dissesto che comportino una variazione delle condizioni di pericolosità.

Dr. geol. Fabio Alberti

Hanno collaborato:

dr. geol. Elena Staffoni

dr. geol. Francesco Bosio

Darfo Boario Terme, maggio 2010.

#### 14. - BIBLIOGRAFIA

- 1) Assereto S., Casati P. - Carta geologica del versante settentrionale della bassa Val Camonica tra Lovere e Breno - Milano 1996.
- 2) ASTM - Classification of soils for engineering purposes - 1975.
- 3) Aulitzky. - H. Hazard Mapping and Zoning in Austria Methods and legal implications - 1994.
- 4) Autorità di Bacino del fiume Po - Parma - Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) - Interventi sulla rete idrografica e sui versanti (Legge 18 maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6-ter). - Tavole Di Delimitazione Delle Fasce Fluviali, Norme di Attuazione - 2001
- 5) Boni A., Cassinis G. - Carta geologica delle Prealpi Bresciane a sud dell'Adamello. Note illustrative della legenda stratigrafica. - Atti Ist. Geol. Univ. Pavia, n. 23, Pavia 1973.
- 6) C. N. R. - Carta tettonica delle Alpi Meridionali.- Pubbl. n. 441 Progetto Final. Geodin., Roma 1981.
- 7) Castiglioni G.B. - Geomorfologia.- ed. UTET, Torino 1979.
- 8) D.lgs. 3 aprile 2006 n. 152 - G.U. n. 88 del 14/04/06, Suppl. Ord. n. 96.
- 9) D.M. 14 gennaio 2008 - Approvazione delle nuove Norme tecniche per le costruzioni.- Gazz. Uff., n. 29 del 04/02/2008.
- 10) D.M. 14 settembre 2005 - Norme tecniche per le costruzioni.- Suppl. Ord. alla Gazz. Uff., serie gen. n. 222 del 23/09/2005.
- 11) D.P.R. 24 maggio 1988, n. 236: attuazione della direttiva CEE n. 80/778 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano, ai sensi della legge 16 aprile 1987, n. 183 – Suppl. ord. Gazz. Uff., n. 152, 30/06/1988.
- 12) Decreto del Capo del Dipartimento della protezione civile del 21 ottobre 2003 “Disposizioni attuative dell’art. 2, commi 2, 3 e 4, dell’ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003” – G.U. n. 252 del 29 ottobre 2003
- 13) Franzoni O. - Per un censimento delle calamità naturali nel bresciano -.
- 14) Geo.Te.C. Studio Associato – Indagine geologica sui fenomeni franosi della Val Vedetta – 2a fase, 1° rapporto. Comune di Gianico, dicembre 2005.
- 15) Geo.Te.C. Studio Associato – Indagine geologica sui fenomeni franosi della Val Vedetta – 2a fase, 2° rapporto. Comune di Gianico, marzo 2007.
- 16) Geo.Te.C. Studio Associato – Indagine geologica sui fenomeni franosi della Val Vedetta – 2a fase, 3° rapporto. Comune di Gianico, maggio 2008.
- 17) Geo.Te.C. Studio Associato – Studio geologico di supporto alla pianificazione urbanistica (art. 3 l.r. 24 novembre 1997, n. 41) - Comune di Gianico. Settembre 1999.

- 18) Gruppo Edison - Elaborazione dei dati idrologici del bacino dell'Oglio - 1953
- 19) Ordinanza PCM n. 3274 del 20 marzo 2003 - Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica - G.U. n. 105, 8 maggio 2003, Suppl. Ord. n. 72.
- 20) Ordinanza PCM n. 3274 del 20 marzo 2003 - Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica - G.U. n. 105, 8 maggio 2003, Suppl. Ord. n. 72.
- 21) Ordinanza PCM n. 3519 del 28 aprile 2006 - Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone - Gazz.Uff., anno 147, n. 108 del 11-05-2006
- 22) Pedersoli G.S. - La lunga alluvione (1960) - ed. Toroselle; Esine 1992.
- 23) Provincia di Brescia - Studio delle precipitazioni intense in Provincia di Brescia e verifica funzionale della rete pluviometrica esistente - Brescia, 1985.
- 24) Provincia di Brescia (Comitato d'intesa Brescia-Bergamo) - Piano generale di bonifica montana dell'alto bacino del fiume Oglio.- Suppl. Comment. Ateneo di Brescia, Brescia 1967.
- 25) Regione Lombardia - D.g.r. 10 Aprile 2003 - n. 7/12693 - Decreto legislativo 11 Maggio 1999, n. 152 e successive modifiche, art. 21, comma 5 - Disciplina delle aree di salvaguardia delle acque sotterranee destinate al consumo umano. - BURL s.o. n. 17 del 22 aprile 2003.
- 26) Regione Lombardia - D.g.r. 20 Dicembre 2001- n. 7/7365 - Attuazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del fiume Po (PAI) in campo urbanistico. Art. 17, comma 5, della legge 18 maggio 1989 n. 183. - Boll. Uff. della Reg. Lomb. - anno XXXI, n. 314, 2001.
- 27) Regione Lombardia - D.g.r. 22 Dicembre 2005 n. 8/1566 - Criteri ed indirizzi per la componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n.12 - BURL - anno XXXVI, n. 14, 19 gennaio 2006, 3° Suppl. Straordinario.
- 28) Regione Lombardia - D.g.r. 27/06/1996 n. 6/1537 in riferimento all'art. 9, punto 1, lett. f, del D.P.R. 24/05/1988 n. 236 -Direttive per l'individuazione delle aree di salvaguardia delle captazioni di acque sotterranee, pozzi e pozzi e sorgenti, destinate al consumo umano.
- 29) Regione Lombardia - D.g.r. 28 Maggio 2008 n. 8/7374 – Aggiornamento dei “Criteri ed indirizzi per la componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n.12” approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 - BURL - anno XXXVIII, n. 120, 12 giugno 2008, 2° Suppl. Straordinario al n°24.
- 30) Regione Lombardia - D.g.r. 29 marzo 2006 n. 8/2244 approvazione del Programma di tutela e uso delle acque, ai sensi dell'art. 44 del d.lgs. 152/99 e dell'art. 55, comma 19 della l.r. 26/2003 – BURL anno XXXVI, n. 80, 2° suppl. straord. - 23 aprile 2006.
- 31) Regione Lombardia - D.g.r. 29 Ottobre 2001- n. 7/6645 - Approvazione direttive per la redazione dello studio geologico ai sensi dell'art. 3 della l.r. 41/97 - Boll. Uff. della Reg. Lomb. - anno XXXI, n. 294, 2001.
- 32) Regione Lombardia - D.g.r. n 7/14964 del 7 Novembre 2003 - Disposizioni preliminari per l'attuazione dell'OPCM n°3274/2003 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio

- nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” - Boll. Uff. della Reg. Lomb. - anno XXXIII, n. 275, 2003.
- 33) Regione Lombardia - D.g.r. n 8/1566 del 22 Dicembre 2005 - Criteri ed indirizzi per la componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell’art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n.12 - Boll. Uff. della Reg. Lomb. - anno XXXVI, n. 14, 2006.
- 34) Regione Lombardia - Decreto dirigente dell’unità organizzativa n. 19904/03 21/11/2003 - Approvazione elenco tipologie degli edifici e opere infrastrutturali e programma temporale delle verifiche di cui all’art. 2, commi 3 e 4 dell’ordinanza p.c.m. n 3274 del 20 marzo 2003, in attuazione della d.g.r. n° 14964 del 7 Novembre 2003 - Boll. Uff. della Reg. Lomb. – serie ordinaria, n. 49 del 1/12/2003.
- 35) Regione Lombardia - L.r. 11 marzo 2005 n. 12 - Legge per il governo del territorio - BURL. - anno XXXV, n. 69, 16 marzo 2005, 1° Suppl. Ordinario.
- 36) Regione Lombardia - L.r. 14 luglio 2006 n. 12 - Modifiche ed integrazioni alla legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 “legge per il governo del territorio”. - BURL 18 luglio 2006, n. 29, 1° suppl. ord.
- 37) Regione Lombardia, Direzione Generale Territorio ed Urbanistica, Struttura Rischi Idrogeologici - Inventario delle frane e dei dissesti idrogeologici della Regione Lombardia - 2002.
- 38) Servizio Geologico d'Italia - Carta Geologica d'Italia. Scala 1:100.000. Foglio n. 34, Breno; Roma 1970.
- 39) Servizio Geologico d'Italia - Note illustrative della Carta Geologica d'Italia. Foglio n. 34, Breno. - Roma 1971.
- 40) Società Geologica Italiana - Alpi e Prealpi lombarde.- Guide Geol. Reg., Be-Ma ed.; Roma 1990.
- 41) Tagliavini S., Ferretti G. et Alii – Studio geo-ambientale del bacino del torrente Re di Gianico – Istituto di geologia Università degli Studi di Pavia, Provincia di Brescia, Comunità montana di Valle Camonica. 1990.
- 42) Terzaghi K. - Soil Mechanics in Engineering Practice - 1967.