



## Comune di Ornica

Provincia di Bergamo

### PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

aggiornamento della componente geologica, idrogeologica e sismica  
in attuazione della L.R. 11 marzo 2005 n°12



n° tavola

# A

## RELAZIONE ILLUSTRATIVA

data: luglio 2015

n° progetto: SGC-Ornica

AGGIORNAMENTI E REVISIONI		data	descrizione	redatto	controllato	approvato
d						
c						
b						
a		Sett. 2015	Rev.su parere Z1-2015.000797/1 del 05/08/2015			

**dott.geol.Stefania Cabassi**

via Ing.S.Calvi n°37  
Piazza Brembana (Bg)  
e-mail: scabassi@libero.it

Ha collaborato

**dott.geol.Alfonso Lombardo**

n° 1123 OGL

## INDICE

<b>PREMESSA</b> .....	<b>2</b>
<b>1.0 STATO DELLA PIANIFICAZIONE</b> .....	<b>5</b>
<b>2.0 DOCUMENTI CONTENUTI NEL PRESENTE STUDIO</b> .....	<b>5</b>
<b>3.0 RACCORDO CON GLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE SOVRAORDINATA</b> .....	<b>7</b>
<b>4.0 AGGIORNAMENTI CARTOGRAFICI</b> .....	<b>8</b>
4.1 CARTA DI SINTESI.....	8
4.2 CARTA DEI VINCOLI.....	44
4.3 CARTA DI FATTIBILITA'.....	45
4.4 CARTA DEL QUADRO DEL DISSESTO CON LEGENDA PAI.....	48
<b>5.0 AMBITI OGGETTO DI REVISIONE</b> .....	<b>50</b>
5.1 LOCALITA' SIRTA.....	50
5.2 LOCALITA' "BARISOLA".....	54
5.3 LOCALITA' "LA BASSA - VALLE DELLA CRETA".....	57
5.4 LOCALITA' "RASEGA - VALLE DELLA LAZA" .....	57
5.5 ANALISI DELLA PERICOLOSITA' DEI FENOMENI DI ESONDAZIONE DELLA VALLE DI SAMURANO .....	61
5.5.1 Valle Pianella (ID Reticolo Idrico Minore 0049).....	65
5.5.2 Valle dell'Asino (ID Reticolo Idrico Minore 0023).....	68
5.5.3 Valle di Scioc (ID Reticolo Idrico Principale BG052) .....	72
5.5.4 Valle della Cola (ID Reticolo Idrico Minore 0018).....	80
5.5.5 Valle di Salmurano (ID Reticolo Idrico Principale BG051).....	84
5.6 LOCALITA' "CONFLUENZA VALLE DELL'INFERNO-VALLE DEL FORNO- CANALE DEL TI".....	115

5.6.1 Canale del Ti (ID Reticolo Idrico Minore 0072).....	118
5.6.2 Valle del Forno (ID Reticolo Idrico Minore 0071).....	122
5.6.3 Valle dell'Inferno (ID Reticolo Idrico Minore 0070) .....	131
<b>6.0 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE .....</b>	<b>147</b>
<b>7.0 ANALISI DELLA COMPONENTE SISMICA .....</b>	<b>151</b>
7.1 PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO: CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE .....	153
7.1.1 EFFETTI DI SITO O DI AMPLIFICAZIONE SISMICA LOCALE .....	155
7.2 SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.....	157
7.3 TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.....	167

## **ALLEGATI**

**ALLEGATO 1** - Relazione generale redatta da Dr. Geol. Claudio Trovenzi, ai sensi dell'art. 4 della L. 41/1997

**ALLEGATO 2** - Sottobacini idrografici del Torrente Ornica alla confluenza V. Inferno - V. Salmurano

**ALLEGATO 3** - Carta degli elementi geologici e geomorfologici Valle di Salmurano e Valle dell'Inferno

**ALLEGATO 4** - Carta della pericolosità dei fenomeni di esondazione della Valle di Salmurano e della Valle dell'inferno

**ALLEGATO 5** - Carta della pericolosità dei fenomeni di esondazione del Torrente Ornica a valle dell'abitato

## PREMESSA

L'Amministrazione Comunale ha affidato alla sottoscritta l'incarico di provvedere all'aggiornamento della Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio ai sensi della normativa di cui alla L.R. 12/2005, con particolare riferimento agli elaborati prescrittivi di supporto al PGT.

Congiuntamente all'incarico di aggiornamento dello Studio Geologico Comunale, l'Amministrazione Comunale ha affidato alla scrivente anche l'incarico di redarre il Documento di Polizia Idraulica che consiste nella definizione del Reticolo Idrico Minore e delle rispettive fasce di rispetto ai sensi della d.g.r. n° X/2591 del 31/10/2014.

Il comune di Ornica allo stato attuale della pianificazione è dotato di studio geologico comunale redatto nel gennaio 2001 (con aggiornamento in recepimento ai pareri regionali dell'ottobre 2004, luglio 2006 e, in riferimento al quadro del dissesto PAI dell'aprile 2007) da Dr. Geol. Claudio Trovenzi, ai sensi dell'art. 4 della L. 41/1997.

Quanto allo studio per l'individuazione del Reticolo Minore, lo studio realizzato da dr. geol. Claudio Trovenzi non aveva ottenuto parere positivo dallo STER di Bergamo.

Il documento di polizia idraulica redatto a supporto del PGT ha ottenuto parere positivo dallo STER di Bergamo (rif.to protocollo n° AE02.2015.0004779 del 30/07/2015).

Di seguito i passaggi seguiti per la redazione del presente studio e la documentazione consultata:

- verifica degli elaborati redatti a supporto dello studio geologico comunale da Dr. Geol. Claudio Trovenzi;
- consultazione dello Studio idrogeologico a scala di Sottobacino Idrografico in Valle Brembana (redatto da Ing. Alberto Frassoni, Dott. Augusto Azzoni, Arch. Raffaello Cattaneo, Ing. Pier Giuseppe Fenaroli, Dott. Umberto Locati, Dott. Marco Maggi, Arch. Laura Mapelli, Arch. Giancarlo Milesi, Dott. Gianluigi) realizzato nel 2009 da Comunità Montana Valle Brembana, Provincia di Bergamo e Regione Lombardia;
- analisi della documentazione reperita presso l'archivio comunale in relazione a lavori eseguiti nel territorio comunale e al recente lavoro "realizzazione opere di captazione acque sotterranee ad uso potabile" redatto nell'ottobre 2013 dal Comune di Ornica;
- "Ornica la Valle del Silenzio" di Tarcisio Bottani, Comune di Ornica, 1999;
- "Al cospetto dei Tre Signori" di Stefano D'Adda e Marco Dusatti, Comune di Ornica, 2009;
- analisi e rilievi di terreno estesi a tutto il territorio comunale, per una miglior definizione degli "ambiti omogenei" che costituiscono la carta di sintesi allegata allo studio e per la redazione della carta di fattibilità per le azioni di piano che in tale studio non risulta estesa a tutto il territorio comunale;
- raccolta di informazioni nei database regionali e provinciali con particolare riferimento ai portali GEOIFFI, SIRVAL, Cartografia Geo ambientale, Piano Rischio Alluvioni, come previsto dalla normativa di pianificazione geologica;

- rilevamenti di dettaglio negli ambiti edificati e/o caratterizzati dalla presenza di nuclei rurali o edifici rurali sparsi e di infrastrutture di interesse strategico (nel territorio comunale si sviluppa una strada agro-silvo pastorale che ha funzione di collegamento intervallivo ai fini di protezione civile, realizzata nel 2005);
- analisi di dettaglio relativamente ad alcuni ambiti classificati nello Studio Geologico del 2001 come "classe 4" a supporto della proposta di inserimento di tali ambiti in classe 3 (rif.to cap. 5.0 del presente documento);
- stesura della Carta di Sintesi, operazione che ha previsto la revisione completa di quella redatta a supporto dello studio precedente in ragione sia del diverso supporto cartografico utilizzato (Rilievo Aereofotogrammetrico comunale alla scala 1:5000 esteso a parte del territorio comunale, realizzato nel 2007) sia dei più recenti sopralluoghi eseguiti sul territorio comunale;
- redazione della Carta di Fattibilità Geologica a tutto il territorio comunale, sulla base delle risultanze delle analisi eseguite e rappresentate cartograficamente dalla carta di sintesi, così come previsto della d.g.r. IX/2616 del 30/11/2011;
- stesura della Carta dei Vincoli e redazione della Carta del Quadro del Dissesto con legenda uniformata a quella del PAI, in ragione delle risultanze delle analisi svolte a supporto del presente studio di aggiornamento;
- individuazione degli scenari di pericolosità sismica locale e analisi previste per le Zone Sismiche 3 (così è stato recentemente classificato il comune di Ornica in base alla d.g.r. 11 luglio 2014 n° X/2129);
- revisione delle Norme Tecniche di Attuazione in ragione delle risultanze dello studio prodotto, in accordo con quanto previsto d.g.r. IX/2616 del 30/11/2011, dell'entrata in vigore del D.M. 14/01/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni", nonché della recente classificazione sismica del territorio.

La prima stesura dello studio, datata luglio 2015, è stata oggetto di parere regionale del 5/08/2015 n° Z1.2015.0007971 con le seguenti prescrizioni recepite nel presente documento nelle Norme Tecniche di Attuazione (TAVOLA B) e nelle cartografie allegate (TAVOLE 7, 8, 9 e 10) come di seguito descritto.

Carta di dissesti con legenda uniformata a quella del PAI:

- è stato richiesto di inserire le perimetrazioni relative agli ambiti valanghivi così come desunti dal SIRVAL (Sistema Informativo Regionale Valanghe Ed. 2002) nelle aree in dissesto del PAI Ve o Vm.

A tal proposito si precisa che per quanto riguarda le valanghe le perimetrazioni sono state ricavate dalla cartografia regionale esistente (SIRVAL) che riporta le valanghe da rilevamento e le valanghe da foto interpretazione.

La delimitazione di tali aree può essere aggiornata e modificata a seguito dell'applicazione degli studi di approfondimento delle valanghe con le metodologie previste nell'Allegato 3 della d.g.r. n. 8/7374 del 28/5/2008.

Nella stesura del presente studio tali approfondimenti non sono stati realizzati in quanto si tratta di zone non interferenti con l'urbanizzato e non sono disponibili valori di frequenza e di pressione delle valanghe necessari per la delimitazione delle zone a diverso grado di pericolosità.

Pertanto avendo tracciato le aree di valanga solo sulla base di dati bibliografici si era preferito nella prima fase di stesura dello studio lasciare le sovrapposizioni di tali ambiti con le altre tipologie di dissesto e non attribuire alle stesse rispondenza PAI, rimandando a studi di dettaglio a supporto dei progetti delle opere la valutazione del dissesto prevalente, la ripermimetrazione più puntuale del fenomeno valanghivo, la valutazione dell'effettivo stato di rischio e della compatibilità degli interventi.

Per quanto sopra affermato non essendo stata una valutazione sulla pericolosità dei fenomeni in tali ambiti (individuati nella sottoclasse VAL della Carta di Fattibilità), fatta eccezione per la valanga in località Barisola (per la quale sono state fatte delle valutazioni in merito alla pericolosità dei fenomeni), devono considerarsi applicabili le norme previste al comma 10 art. 9 delle Norme di Attuazione del PAI;

- le aree di esondazione oggetto di analisi di approfondimento (di cui al paragrafo 5.5. e 5.6) e per le quali sono stati individuati diversi gradi di pericolosità sono state inserite nella carta dei dissesti del PAI;
- è stata inserita l'area di esondazione posta in corrispondenza del Torrente Ornica nella zona sud del territorio comunale come nella precedente versione della Carta PAI redatta da dr. geol. C. Trovizi nell'aprile 2007;
- il tratto terminale della Valle d'Inferno è stato oggetto di revisione delle condizioni di pericolosità rispetto alla Carta PAI redatta da dr. geol. C. Trovizi nell'aprile 2007 (l'area era stata inserita in conoide attivo non protetto). Stando a quanto esplicitato nelle analisi di dettaglio sintetizzate nel paragrafo 5.6 l'ambito in esame è stato riclassificato con la voce legenda riferita alle esondazioni di carattere torrentizio (Ee, Eb, Em) in luogo della precedente attribuzione di conoide.

#### Carta della fattibilità:

- sono state accorpate le aree omogenee individuate nella carta di sintesi in sottoclassi in funzione delle problematiche principali rilevate corrispondenti alle norme tecniche di attuazione;
- gli ambiti di frana quiescente non oggetto di verifica di compatibilità sono stati inseriti in classe 4;

#### Norme geologiche:

- sono state stralciate le soglie relative agli interventi esclusi dall'obbligo di relazione geologica che non trovano riscontro con la normativa vigente.

#### Ambiti oggetto di revisione puntuale di cui al capitolo 5.0 del presente documento:

- per la località Barisola è stata rivalutata la proposta di classificazione della fattibilità alla luce della perimetrazione di valanga individuata nel SIRVAL;
- per località Rasega - Fusinetta sono stati condotti approfondimenti (cfr. par. 5.5) per la valutazione della pericolosità delle aree sia a monte del ponte stradale (dove tali ambiti non erano perimetrati ai sensi del PAI) sia a valle dello stesso (dove gli ambiti erano stati inseriti in aree a rischio di esondazione a pericolosità molto elevata - Ee). Sono state prodotte cartografie tematiche di supporto alle analisi (allegati 2 e 4) tra cui la carta di pericolosità degli ambiti oggetto di analisi (allegati 4 e 5).

## 1.0 STATO DELLA PIANIFICAZIONE

Lo Studio Geologico Comunale esistente è stato redatto nel 2001 ai sensi della L.R. 41/97 (aggiornato nel 2006 in base al parere regionale) ed è comprensivo di Carta del Quadro del Dissesto secondo legenda PAI (ultimo aggiornamento nel 2007).

Tale studio non è conforme alla normativa vigente (L.R. 12/2005).

In suddetto studio l'analisi della fattibilità geologica contenuta nello studio vigente non è estesa a tutto il territorio comunale e non è stata redatta la Carta di Pericolosità Sismica Locale.

Il Comune di Ornica, in fase di stesura del presente studio risulta ancora inserito tra i comuni che non hanno concluso l'iter di cui all'art. 18 delle N.d.A. del PAI. Il quadro del dissesto vigente è pertanto quello originario.

È stato anche necessario rivedere completamente lo studio per la definizione del Reticolo Idrico Minore, non essendo mai stato oggetto di approvazione da parte dello STER di Bergamo.

Per concludere il quadro sullo stato della pianificazione, si vuole sottolineare come nel corso di questi ultimi anni le basi informative territoriali di supporto alla pianificazione si siano notevolmente accresciute, rendendo necessaria un'implementazione e revisione dei dati contenuti nello studio redatto ai sensi della L.R. 41/97 al fine di tenere conto anche di tutte le informazioni contenute nelle banche dati regionali e provinciali e, in termini di pianificazione sovraordinata, nel Piano di Rischio Alluvioni: tutte queste informazioni, in base a quanto previsto dalla normativa vigente, devono infatti costituire e fare parte integrante degli elementi pianificatori.

## 2.0 DOCUMENTI CONTENUTI NEL PRESENTE STUDIO

L'aggiornamento cartografico non ha riguardato la cartografia conoscitiva e di base costituita dagli elaborati redatti a supporto dello studio geologico del 2001, in quanto non sono avvenute modifiche sostanziali nell'assetto morfologico, idrogeologico ed idraulico del territorio comunale.

Dopo l'evento alluvionale del 1987, non sono state realizzate significative opere di difesa del suolo: i più recenti interventi sono stati illustrati in paragrafo 4.2.

Nella Carta di Sintesi sono stati comunque indicati gli elementi di dissesto reali e/o potenziali presenti nella carta geomorfologica dello studio precedente e che sono stati oggetto di verifiche puntuali in sito.

Parte della documentazione cartografica prodotta e la relazione che illustra le caratteristiche geologiche generali del territorio in esame e raccoglie le informazioni sugli eventi di dissesto, sono da considerarsi elaborati di base e propedeutici alla stesura del presente studio.

I documenti integrati nel presente lavoro e derivanti dallo studio geologico del 2001 sono i seguenti (la tavola 4 costituiva la carta dei vincoli e viene pertanto superata dalle attuali tavole 8a, 8b, 8c, 8d):

- allegato 1: relazione illustrativa
- tavola 1: analisi generale geologico strutturale;
- tavole 2a e 2b: analisi generale degli elementi geomorfologici;
- tavola 3a e 3b: analisi generali degli elementi idrografici e antropici;
- tavola 5: carta di inquadramento.

Alla luce di quanto disposto dai criteri attuativi della L.R. 12/2005 per il governo del territorio, relativamente alla componente geologica idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, a corredo della presente relazione generale sono stati redatti i seguenti elaborati cartografici con valore prescrittivo di supporto al PGT (nei paragrafi seguenti descritti in maggior dettaglio):

- carta della pericolosità sismica locale alla scala 1:5.000 (tavole 6A, 6B);
- carta di sintesi alla scala 1:5.000 (tavole 7A, 7B) e in dettaglio per le aree oggetto di azzonamento alla scala 1:2.000 (tavole 7C e 7D)
- carta dei vincoli alla scala 1:2.000 (tavole 8Ae 8B) e in dettaglio per le aree oggetto di azzonamento alla scala 1:2.000 (tavole 8C e 8D);
- carta di fattibilità per le azioni di piano alla scala 1:5.000 (tavole 9A, 9B) e in dettaglio per le aree oggetto di azzonamento alla scala 1:2.000 (tavole 9C e 9D);
- carta del quadro del dissesto con legenda uniformata PAI (tavola 10, redatta sulla base CTR alla scala 1:10.000).

Tutte le tavole (a esclusione della Carta PAI redatta integralmente su CTR) hanno come base cartografica il rilievo aereofotogrammetrico comunale (restituito alla scala 1:2.000 per la maggior parte degli ambiti edificati. Le riprese aeree sono del febbraio 2007).

Sono state inoltre utilizzate le basi cartografiche della Carta Tecnica Regionale (fogli C3 e C4 alla scala 1:50.000, sezioni C3a5 e C4a1 alla scala 1:10.000).

Le sezioni della CTR utilizzate in fase di stesura dello studio, per il territorio di Ornica, non sono state aggiornate nei database regionali.

Oltre alla presente relazione descrittiva (tavola A) il lavoro si compone di Norme Tecniche di Attuazione (tavola B), revisionate e implementate ai sensi di quanto previsto dalla d.g.r. IX/2616 del 30/11/2011 "*Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio in attuazione dell'art 57 comma 1 della l.r. 12/05*".

Contestualmente alla redazione dell'aggiornamento è stato anche realizzato il documento di polizia idraulica per la *definizione del Reticolo Idrico Minore*, che costituisce pertanto parte integrante del presente aggiornamento, seppur rappresentato da un documento a parte.

Il paragrafo 5.0 contiene le analisi di dettaglio eseguite a supporto della proposta di riclassificazione di alcuni ambiti del territorio comunale.

Infine lo studio geologico del 2001 è stato inoltre aggiornato dal punto di vista cartografico e normativo, in prospettiva di prevenzione dal rischio sismico, dato che l'O.P.C.M. n° 3274 del 20 marzo 2003 ("primi elementi in materia e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica"), include il territorio comunale di Ornica in area sismica ed in particolare in zona 3 e visto che la Regione Lombardia d.g.r. 11 luglio 2014 n° X/2129 dispone che tutti i comuni (entro l'aprile del 2016) aggiornino gli studi geologici in relazione a questa tematica.

Il nuovo documento cartografico costituito dalla Carta della Pericolosità Sismica Locale, come previsto obbligatoriamente per il comune in esame nel caso di approfondimento di 1° livello, evidenzia (in rami one dei



dati contenuti nello studio geologico comunale del 2001 e nella cartografia di base ed esso allegata) gli Scenari di Pericolosità Sismica Locale in grado di determinare effetti sismici locali, individuando nel contempo le zone per le quali sono necessari approfondimenti di livello superiore da attuarsi in fase progettuale.

Sono state inoltre delineate le Norme di Prevenzione Antisismica, alla luce del recente D.M. 14/01/2008 entrato in vigore il 31 luglio 2009, dove vengono indicati gli ambiti di applicazione dei vari livelli di approfondimento definiti nell'allegato 5 della d.g.r. IX/2616 del 30/11/2011.

Gli elementi contenuti nelle cartografie tematiche sono costituiti da poligoni, polilinee e punti georeferenziati come da richiesto dalle direttive regionali (restituiti in formato shape files e con database contenente le principali informazioni circa gli elementi rappresentati cartograficamente).

## **3.0 RACCORDO CON GLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE SOVRAORDINATA**

### **3.1 Strumenti di pianificazione sovraordinata**

Una delle novità nell'aggiornamento della componente geologica dei Piani di Governo del Territorio è che lo studio deve recepire come livello di conoscenze di base, oltre alla documentazione pregressa e redatta a supporto della pianificazione comunale, le determinazioni dei Piani Territoriali di Coordinamento Provinciali che, nel caso della Provincia di Bergamo, sono state approvate nel 2004 (la Provincia di Bergamo ha recentemente avviato le procedure per l'adeguamento del proprio P.T.C.P., approvato, alle disposizioni della legge regionale sul governo del territorio) e dell'Autorità di Bacino relativamente al PAI (Piano di Assetto Idrogeologico) e al Recente Piano di Rischio Alluvioni.

Negli ultimi anni il processo di informatizzazione dei dati territoriali ha reso disponibili alcune banche dati in continuo aggiornamento che, se da una parte devono essere recepite nel nuovo documento di programmazione, dall'altra richiedono anche da parte del professionista un'analisi derivante dal "confronto e dall'incrocio" di tutti dati disponibili.

Nella stesura dell'aggiornamento della componente geologica, idrogeologica e sismica del Comune di Ornica si è pertanto fatto riferimento, per quanto riguarda la pianificazione sovraordinata, alla seguente documentazione disponibile presso i portali Provinciali, dell'Autorità di Bacino del Fiume Po e Regionali:

- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Bacino del Fiume Po (PAI), con particolare riferimento all'allegato 4 (4.1 e 4.2) dell'elaborato 2 del piano (non sono comprese nel territorio comunale aree vincolate ai sensi della L. 267/98);
- Mappe di pericolosità e rischio alluvioni (Valutazione e gestione del rischio di alluvioni in Regione Lombardia in attuazione della direttiva 2007/60 CE);
- Piani territoriali di Coordinamento Provinciali (PTCP), livelli informativi del PTCP.

Il territorio comunale di Ornica non è compreso nelle aree individuate dall'ex Piano Stralcio delle Fasce Fluviali del Fiume Po.

### 3.2 Altri strumenti

Nella redazione dello studio di supporto alla pianificazione comunale, come previsto dall'allegato 2 dei criteri attuativi della stessa, sono stati verificati ed incrociati con i dati esistenti, i dati contenuti nella seguente documentazione (oltre a quelli già citati in premessa):

- Regione Lombardia, Sistema Informativo della Pianificazione Locale: tavola delle previsioni di piano alla scala 1:10.000 – livelli informativi regionali;
- Studi geologici di supporto alla realizzazione degli interventi di difesa del suolo (di cui alla legge 102/90, Valle Scioc, Strada Ornica-Chiusuro-Dudello, Valle d'Inferno, Valle di Salmurano, messa in sicurezza della Strada Provinciale SP6-SP7) e progetti redatti sulle ordinanze di eventi calamitosi, reperiti presso l'archivio dell'ufficio tecnico comunale (strada comunale di collegamento intervallivo Dudello - Chiusuro- Colle della Maddalena strada Ornica-Sirta, Pusnello, Parcheggio Sirta-Santuario);
- Sistemi Informativi Tematici: Progetto CARG, SIBA, GEOIFFI, SIBCA, Studi Geologici Comunali, PAI, SIRVAL, Direttiva Alluvioni.

In quest'ultimo caso sono state riscontrate alcune differenze nelle perimetrazioni contenute nei SIT, che spesso sono legate all'utilizzo del supporto cartografico aereofotogrammetrico (di maggior dettaglio e più recente) rispetto alla Carta Tecnica Regionale (ad esempio nell'andamento dei corsi d'acqua e in alcune perimetrazioni delle aree in dissesto).

Si è provveduto quindi ad eseguire sopralluoghi specifici negli ambiti di interesse e a ridefinire le aree in dissesto reale e potenziale in funzione anche di quanto osservato realmente in sito.

## 4.0 AGGIORNAMENTI CARTOGRAFICI

### 4.1 CARTA DI SINTESI

La Carta di Sintesi non costituisce solo un aggiornamento di quella redatta a supporto del PRG comunale nel 2001, data la necessità emersa in fase di stesura dello studio, di integrare alcune informazioni lacunose contenute nel lavoro precedente, nonché di individuare le aree in dissesto reale e/o potenziale in conformità alle classi di ingresso proposte nella d.g.r. n° IX/2616 del 30 novembre 2011 (la delibera prevede l'introduzione di aree omogenee dal punto di vista delle caratteristiche di dinamica morfologica cui corrispondono determinate classi di ingresso in termini di analisi della fattibilità - cfr. tabella paragrafo 4.3).

La delimitazione dei poligoni individuanti le aree omogenee di cui sopra viene fatta con valutazioni sulla pericolosità dei fenomeni e sulle aree di influenza degli stessi, così come desunte dallo studio propedeutico a disposizione e integrate con le perimetrazioni contenute nei SIT, nonché con le informazioni ricavate dalle osservazioni sito-specifiche.

La carta di sintesi deve essere letta anche con il supporto delle carte di base prodotte nel precedente studio geologico comunale, da cui è stata in parte derivata.

Con il fine di chiarire la rispondenza delle descrizioni degli ambiti soggetti a dissesto reale e/o potenziale e degli ambiti caratterizzati da problematiche "omogenee" con le classi di ingresso contenute nella d.g.r. sopra citata, nella tabella seguente vengono indicate le classificazioni utilizzate nel presente studio con rispettiva sigla di riferimento (gli elementi sono stati poi accorpati nella carta di fattibilità in 4 sottoclassi e una sottoclasse comprendente le problematiche di versante congiuntamente alle problematiche geologico tecniche e idrogeologiche individuata come VER/GEO-IDR) a cui riferire anche specifici articoli delle Norme Tecniche di Attuazione (costituenti la tavola B).

**Tabella 1 - Correlazione tra sigla dell'area omogenea individuata nella carta di sintesi, classe e sottoclasse di fattibilità**

Sottoclasse Carta di fattibilità	Sigla Sintesi	Descrizione	Classe di Fattibilità'
<b>CLASSE 2</b>	2e	aree localizzate in contesto edificato	2
	2r	aree localizzate in contesto rurale per la maggior parte mantenute a prato a medio bassa pendenza stabili	2
<b>GEO-IDR</b> PROBLEMATICHE GEOLOGICO TECNICHE E IDROGEOLOGICHE	Sdg	aree soggette a degradazione del suolo (fenomeni erosivi per dilavamento, soliflusso, reptazione)	3*
	Gri	terreni con caratteristiche geotecniche medio scadenti anche soggetti a ristagno idrico	3*
	Drc	aree caratterizzate da ruscellamenti concentrati e diffusi	3*
	Acq	aree caratterizzate da scarsa regimazione delle acque con presenza di acquitrini e ristagni idrici	3*
	Dp	suolo deteriorato da pascolamento	3*
<b>VER</b> AREE PERICOLOSE DAL PUNTO DI VISTA DELL'INSTABILITA' DEI VERSANTI	EDin	aree localizzate in contesti di elevata dinamica morfologica (presenza di fenomeni di dissesto reali e/o potenziali concomitanti)	4
	4V	aree ad elevata acclività potenzialmente instabili e/o soggette all'influenza di fenomeni di dissesto	4
	Cr	versanti soggetti a crolli diffusi (aree di distacco e accumulo)	4
	Crp	ammassi rocciosi caratterizzati da assetto strutturale e pendenza predisponenti all'innescio di fenomeni di crollo	4
	Cfd	coni e falde detritiche alimentate da crolli e trasporto in massa	4
	Lc	lobo di colata riattivabile	4
	Crd	depositi detritico/glaciali con presenza di blocchi instabili	4
	Bod	aree con bosco degradato	3*
	Fa	area di frana attiva (roccia e terreni)	4
	Fq	area di frana quiescente (roccia e terreni)	4
	Fs	area di frana inattiva o stabilizzata (roccia e terreni)	3
	3V	aree localizzate in prossimità di fenomeni di dissesto reali e/o potenziali e aree caratterizzate da pendenza medio elevata con potenziale instabilità dei terreni di copertura	3
	3r	aree per la maggior parte mantenute a prato a medio elevata pendenza	3

Sottoclasse Carta di fattibilità	Sigla Sintesi	Descrizione	Classe di Fattibilità'
<b>IDRA</b> AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO	Can	corsi d'acqua e canali (deflussi temporanei e/o stagionali) anche interessati da trasporto detritico	4
	Ca	area di conoide attivo non protetta	4
	Cp	area di conoide attivo o potenzialmente attivo parzialmente protetto da opere di difesa e sistemazione a monte	3
	Cn	area di conoide protetta o non recentemente riattivatasi	3
	Ee	area a pericolosità di esondazione molto elevata	4
	Eb	area a pericolosità di esondazione elevata	3
	Em	area a pericolosità di esondazione media o moderata	3
<b>VAL</b> PROBLEMATIC HE VALANGHIVE	Vr	area valanghiva da rilevamento (tratta da SIRVAL)	4
	Vf	area valanghiva da fotorilevamento (tratta da SIRVAL)	4
	Dmns	aree prative a medio elevata pendenza situate in contesto edificato in cui possono manifestarsi scivolamenti del manto nevoso (s = protette da opere di difesa)	4

\* Qualora presenti piu' fenomeni concomitanti, situazioni di evidente rapida evoluzione dei fenomeni o in caso di presenza di ulteriori fattori peggiorativi, ad esempio l'acclività dei versanti, all'area individuata dalla sigla è stata attribuita classe 4.

Di seguito la descrizione delle aree omogenee individuate nella Carta di Sintesi cui corrispondono le classi di ingresso per l'attribuzione della classe di fattibilità geologica (per le sigle delle sottoclassi riferite all'area omogenea individuata nella carta di fattibilità si rimanda alla tabella 1).

**CLASSE 2 (carta di fattibilità).** Sono state distinte in tali aree due sottoclassi individuate come 2e (per l'ambito edificato che comprende il centro storico di Ornica a parte della frazione "Sirta") e 2r (per ambiti "rurali" esterni al perimetro dell'edificato). La classe di fattibilità attribuita è' 2.

Si tratta per le aree 2e di zone non coinvolte da fenomeni di dissesto reali e/o potenziali, non sottese a versanti che possono dar luogo a fenomeni di instabilità con coinvolgimento indiretto di fabbricati e di zone distanti dal ciglio della ripida scarpata torrentizia che delimita i fabbricati posti più a valle (cfr. foto 1).

Le zone 2r sono caratterizzate dalla presenza di vaste aree prative a medio bassa pendenza in cui non si sono osservati fenomeni di dissesto reali e/o potenziali e in cui il mantenimento a prato e la medio bassa pendenza dei versanti consentono di osservare e controllare direttamente nel tempo le condizioni di sostanziale stabilità.



Foto 1: nucleo storico di Ornica in parte classificato nella carta di sintesi come "2e"



Foto 2: località "Paullo" esempio di ambito classificato nella carta di sintesi come "2r". Il canal del Roc in primo piano e la Valle d'inferno indicata dalla freccia delimitano il ripiano prativo



Foto 3: località "Piazze Alte" ambito senza particolari problematiche di dissesto. Sulla destra testata di incisione del canale del Chiassuro posto in corrispondenza di una zona di emergenza idrica

**Aree con problematiche geologico tecniche e idrogeologiche (GEO-IDR - carta di fattibilità).** Sono state incluse quelle aree in cui la presenza degli indici di seguito descritti impone alcune limitazioni d'uso del suolo, subordinate ad un'analisi di dettaglio in relazione all'intervento da realizzare, all'impiego di adeguati accorgimenti tecnico costruttivi ed eventualmente anche la realizzazione di opere di mitigazione e prevenzione del rischio.

Gli ambiti in esame sono generalmente stati inseriti in classe di fattibilità 3: condizioni maggiormente vincolanti che hanno portato all'inserimento di tali aree in classe 4, sono legate all'osservazione in sito dei fenomeni o alla presenza concomitante di più indici quali ad esempio l'elevata pendenza dei versanti.

Sdg - aree soggette a degradazione del suolo (fenomeni erosivi per dilavamento, soliflusso, reptazione).

Sono state così classificate le aree caratterizzate da terreni superficiali di genesi perlopiù colluviale (sia colluviale detritico che colluviale glaciale) ed eluviale, spesso di limitato spessore ma che per caratteristiche composizionali (la matrice di tali terreni è fine di natura limoso sabbiosa o argilloso limosa, quindi terreni a bassa permeabilità e con difficoltà di drenaggio), spesso associate a pendenza medio elevata, quindi in aree soggette anche a dilavamento, possono mostrare indici di degradazione (rotture nel manto erboso, soliflusso e/o reptazione).

Tali indici sono legati ad uno stato di equilibrio limite di tali terreni che si trovano in zone a medio elevata pendenza.

Spesso tali caratteristiche sono proprie anche di zone con boschi degradati (settori di boschi tagliati alcuni anni fa o aree boscate malate o distrutte da valanghe o vento ed ora soggetti a dilavamento ed erosione del suolo).

Questi fenomeni possono evolvere, sia in presenza di manifestazioni di emergenza idrica che non, in fenomeni di "soil slip", frane di carattere superficiale, coinvolgenti da pochi decimetri a 1-2 metri di terreno.

Si tratta di fenomeni che hanno una limitata estensione areale e che pertanto coinvolgono poche decine di metri cubi di terreno che tendono spesso ad una rapida stabilizzazione, qualora ad esempio non si associno fenomeni di emergenza idrica.

In tali ambiti nello studio geologico comunale del 2001 venivano comprese le aree soggette a franosità superficiale diffusa (inserite in classe di fattibilità 4), aree caratterizzate da piccoli smottamenti più di carattere corticale (legate alla degradazione dei terreni in ambiti più acclivi) che non veri e propri fenomeni franosi.

A queste zone nella maggior parte dei casi, qualora non presenti altri fattori di instabilità che possono agire in concomitanza, è stata attribuita classe di fattibilità 3.

La differenza tra l'attribuzione della classe 3 o 4 è legata al fatto che certe zone, a causa spesso della maggior pendenza, mostrano ancora segni di possibile riattivazione, (in tali ambiti causa i fenomeni erosivi e di dilavamento superficiale più intenso, talora la vegetazione non è ancora completamente ricresciuta) mentre dove i segni dei dissesti passati sono ormai poco riconoscibili, la vegetazione è ricresciuta e agisce da protezione nei confronti dei fenomeni erosivi, possono dirsi caratterizzate da un maggior grado di stabilità.

Sono state anche individuate le aree di affioramento/subaffioramento della Carniola di Bovegno che costituisce un elemento da valutare attentamente in sede di uso del suolo, a causa delle caratteristiche tecniche scadenti della formazione, della possibilità che all'interno degli ammassi rocciosi si verifichino fenomeni di circolazione idrica e in quanto i terreni di alterazione della stessa, che possono raggiungere anche qualche metro di spessore, sono spesso caratterizzati da caratteristiche tecniche scadenti (presenza di limi e argille, permeabilità bassa, scarso stato di addensamento, facilmente soggetti a saturazione).



Foto 4: esempio di suolo in degradazione in località "Cornelli"

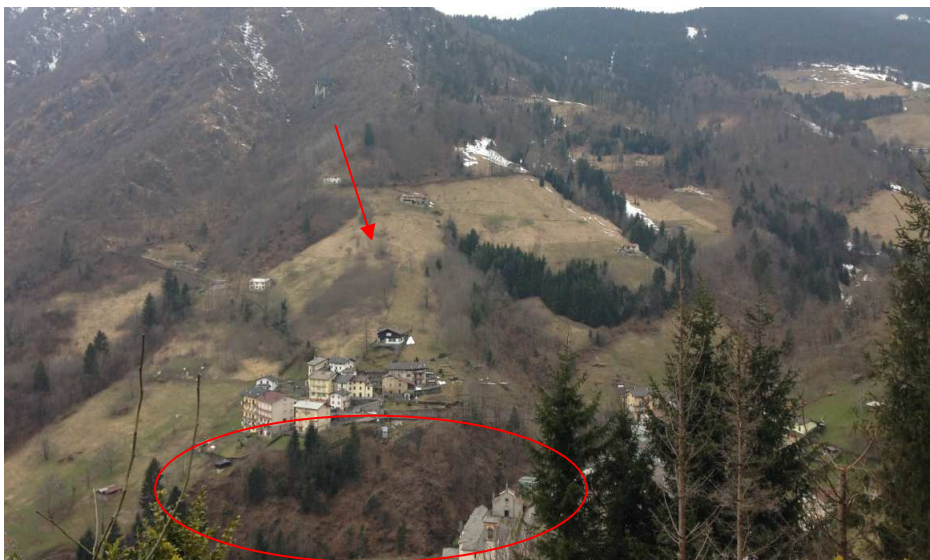


Foto 5: scarpata in località Sirta costituita da terreni glaciali soggetti a forte degradazione e erosione. A monte altri ambiti soggetti a degradazione e frane stabilizzate



Foto 6: settore di versante compreso tra le incisioni "Canale Tainella" e "Canale Corneli" soggetti a fenomeni di degradazione del suolo e soil slip

Gri - terreni con caratteristiche geotecniche medio scadenti anche soggetti a ristagno idrico. Anche in questo caso i terreni possono ascrivere alla tipologia di cui sopra, sebbene non sempre in tali aree si osservino fenomeni di degradazione accentuati, anche perché spesso la pendenza dei versanti è meno elevata. La presenza di tali terreni è condizione predisponente perché si possano verificare fenomeni quali quelli sopra descritti.

Analogamente a quanto sopra indicato la matrice fine di tali depositi implica condizioni di difficile drenaggio delle acque e pertanto associati a tali aree possono anche trovarsi fenomeni di ristagno idrico che possono mostrarsi più o meno continuativamente.

Per la maggior parte tali ambiti, dove non caratterizzati da pendenze elevate è stata attribuita classe di fattibilità 3 (foto seguente, area a medio elevata pendenza inserita in classe 4).





Foto 7: tratto di versante a monte della località "Roncalli o Roncai". La pendenza del versante unitamente alla presenza di suolo con caratteristiche tecniche scadenti e soggetto a ristagni idrici ha portato all'inserimento dell'area in classe 4



Foto 8: versante in località Ornica Bassa. Alla presenza di un ambito di dissesto stabilizzato si associano fenomeni di ristagno idrico



Foto 9: versante a monte della località "Rasega" in destra idrografica della "Valle della "Laza". Aree soggette a fenomeni di ristagno idrico e terreni con caratteristiche geotecniche scadenti



Foto 10: versante a monte della località "Rasega" in destra idrografica della "Valle della "Laza". La zona e' anche interessata da scivolamenti superficiali stabilizzati

Drc - aree caratterizzate da ruscellamenti concentrati e diffusi. Si tratta di zone con pendenza generalmente medio elevata in cui, più spesso con caratteristiche temporanee, si osservano fenomeni di ruscellamento sia incanalato (a volte senza che essi assumano vere e proprie caratteristiche di impluvio e senza che si osservi una marcata incisione) che diffuso.

I ruscellamenti diffusi implicano un'attività erosiva che nel tempo, sulle pendenze elevate, può portare a fenomeni di soil slip o fenomeni franosi maggiormente significativi.

La maggior parte di tali ambiti, soprattutto se associati a medio elevata pendenza e' stata inserita in classe 4. Sono stati compresi anche in questa sottoclasse i cosiddetti "menadùr" ovvero i canali tracciati per portare il legname a valle, ancora ben individuabili nel territorio comunale. Si riconoscono perché spesso anche non coincidenti con avvallamenti ma con linee spartiacque (come quello che dalle "Cinque Vie" scende al



Roccolo").

Tali canali, data la pendenza, sono soggetti a fenomeni di dilavamento e ruscellamento delle acque meteoriche

Foto 11: avvallamento oggetto di fenomeni stagionali e temporanei di dilavamento e ruscellamento concentrato in località "Ornica Bassa" in destra idrografica della Valle di Ornica



Foto 12: esempio di ambito soggetto a degradazione dei terreni e dilavamento superficiale presso testata dell'impluvio "Canale Corneli" che solca a nord la località "Sirta". Da questa zona prende vita un vero e proprio canale alimentato dalle forme di emergenza idrica che emergono presso la testata valliva (il substrato roccioso e' costituito dalla Formazione della Carniola di Bovegno).



Foto 13: ambiti di ruscellamento concentrato di carattere temporaneo e/o stagionale in località Chiassuro. In questo caso la testata di incisione si imposta in una zona di emergenza idrica stagionale e di carattere temporaneo

Acq - aree caratterizzate da scarsa regimazione delle acque con presenza di acquitrini e ristagni idrici.

Il territorio comunale di Ornica e' ricco di emergenze idriche che seppur si manifestano stagionalmente nella maggior parte dei casi, in alcuni ambiti sono da considerarsi continue e determinano condizioni favorevoli alla presenza di ampie aree che possono definirsi "acquitrinose" nell'accezione del termine delle zone montane in esame. La toponomastica dei luoghi individua le caratteristiche dei siti in esame.

I terreni di origine glaciale presenti in tali ambiti, sono caratterizzati da presenza di matrice fine limosa e argillosa, con scarsa attitudine al drenaggio, condizione che determina il permanere dell'acqua a livello superficiale.

In tali zone le acque non sono collegate ad acquiferi sfruttati a scopi acquedottistici e, data la bassa pendenza non si ritiene che sussistano condizioni di natura geologico tecnica, ne' di potenziali dissesti, proibitive all'utilizzo di suolo (sono pertanto state inserite per la maggior parte in classe di fattibilità 3).

Tuttavia, come criterio d'indirizzo (che esula da problematiche geologiche e idrogeologiche) a fini

pianificatori, nel valutare l'utilizzo del suolo e quindi di tipologia di intervento, è bene prevedere la salvaguardia naturalistica e paesaggistica di tali ambiti.

Le eventuali opere di regimazione delle acque andranno valutate, oltre che dal punto di vista della fattibilità geologico tecnica e dell'efficacia funzionale dell'intervento, in funzione di tali aspetti naturalistici e paesaggistici.



Foto 14: ambito caratterizzato da ruscellamenti diffusi e piccoli acquitrini in Val d'Inferno



Foto 15: zona acquitrinosa e di ristagno idrico in località "Pantano"



Foto 16: zona acquitrinosa e di ristagno idrico in località "Gorlo"

Dp - suolo deteriorato da pascolamento. In tali aree si osservano le tipiche tracce di degradazione del suolo: rotture nel manto erboso anche di qualche decimetro in senso longitudinale rispetto al versante, rimaneggiamenti delle zolle di terreno, infiltrazioni di acqua, saturazione degli orizzonti superficiali. Spesso anche le aree indicate come "Sdg" in passato sono state oggetto di pascolamento di bestiame, attività che oggi viene svolta in modo molto più limitato. Tali aree sono state inserite per la maggior parte in classe 3.

***Aree pericolose per fenomeni di instabilità dei versanti (VER - carta di fattibilità).***

Gli elementi poligonali individuati in questa categoria hanno come fattore in comune determinante ai fini del grado di pericolosità, la pendenza dei versanti: che determina condizioni di incremento o diminuzione del grado di pericolosità dei fenomeni.

Nel settore nord del territorio comunale, all'imbocco della valle di Ornica dove si snoda la strada provinciale di collegamento al fondovalle, i fenomeni di crollo dalle pareti rocciose hanno richiesto per la messa in sicurezza al transito, diversi interventi di stabilizzazione delle pareti e di installazione di reti paramassi: in questo caso e' proprio l'elevata pendenza dei versanti che determina il potenziale raggiungimento dei blocchi in crollo sulla sede stradale.

Anche per i settori di versante in cui non si osservano direttamente indici di dissesto o che non sono coinvolti indirettamente da fenomeni di dissesto (come quelli individuati con la sigla "3V" o "4V"), la pendenza puo' costituire condizione predisponente i fenomeni di dissesto, qualora si aggiungano altri fattori peggiorativi: condizioni di pioggia elevata, presenza di terreni superficiali in stato di equilibrio limite, ammassi rocciosi fratturati ecc...

In tale categoria sono state anche incluse le aree con bosco degradato che nel territorio comunale assumono una valenza particolare, come di seguito descritto.

La sottoclasse in esame può essere associata alla sottoclasse GEO-IDR (nella carta di fattibilità si trova indicata una sottoclasse VER/GEO-IDR che individua ambiti interessati da entrambe le problematiche individuate).

EDin - aree localizzate in contesti di elevata dinamica morfologica (presenza di fenomeni di dissesto reali e/o potenziali concomitanti). Gli ambiti individuati sono localizzati in contesti non edificati di alta quota lungo i versanti che conducono al passo di Salmurano, Bocchette Valle dell'inferno, Val Pianella.

Si tratta di zone in cui sono osservabili fenomeni spesso concomitanti: crolli rocciosi sia puntuali che in massa, falde detritiche attive, canali incisi percorsi da fenomeni valanghivi e da colate detritiche. Frequenti sono anche i fenomeni valanghivi.

Le aree comprendono sia le zone direttamente interessate dai fenomeni che le zone potenzialmente coinvolte alla base dei versanti e sono state inserite in classe 4.



Foto 17: conca al Passo di Salmurano, ambito ad alta energia del rilievo caratterizzato da più manifestazioni di dinamica morfologica attiva

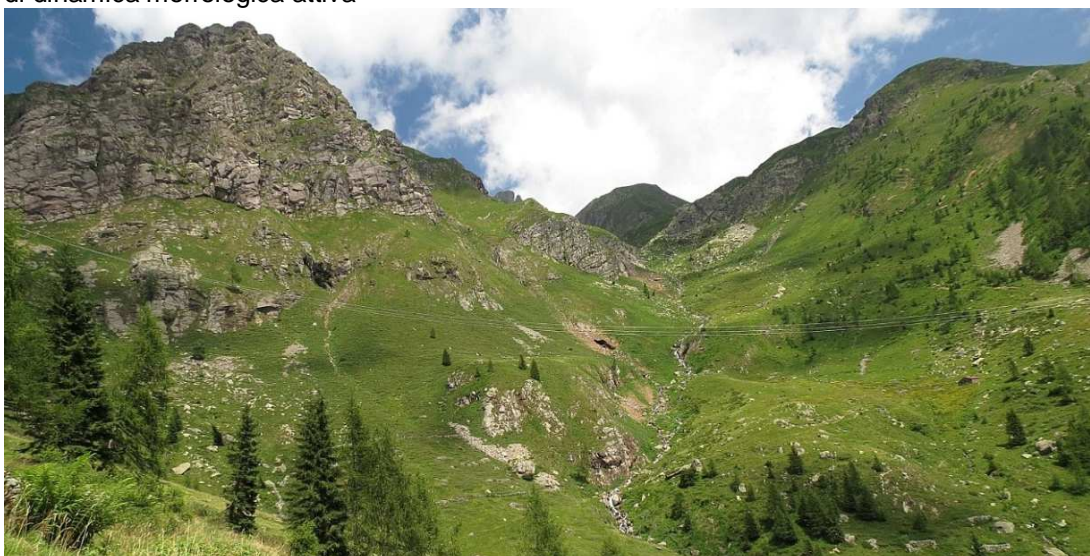


Foto 18: località "il Valletto" ai piedi della conca del Passo di Salmurano, delimitata da un gradino glaciale

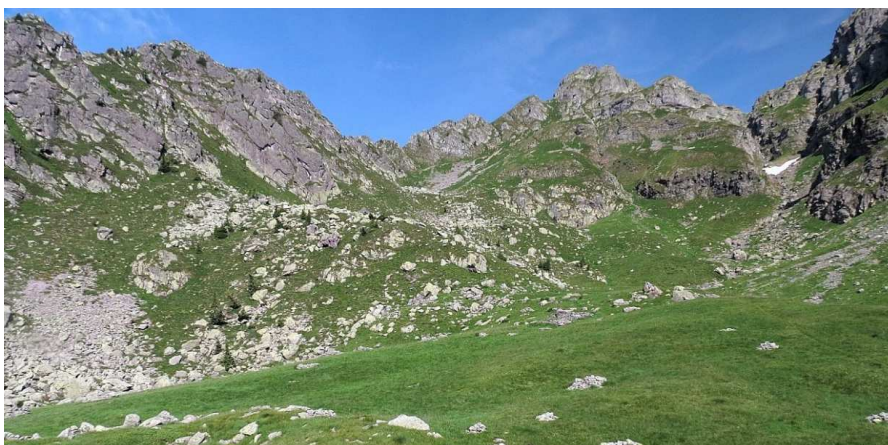


Foto 19: località "Baita Pastrengo" in alta Val Pianella (la Baita e' stata distrutta da una valanga)



Foto 20: Bocchetta della Valle d'Inferno caratterizzata da ampie distese di falde detritiche



Foto 21: testata della Val Pianella

4V - aree ad elevata acclivita' potenzialmente instabili e/o soggette all'influenza di fenomeni di dissesto .

Come premesso nella sottoclasse "4V" sono state indicate tutte quelle aree che seppur non sempre caratterizzate allo stato attuale da fenomeni di dissesto, in relazione all'elevata pendenza, che comunque rende difficoltoso l'utilizzo del suolo, possiedono caratteristiche intrinseche di potenziale propensione al dissesto.

Tali ambiti sono spesso localizzati in vicinanza ad aree in dissesto di cui andrebbe valutata la potenziale influenza attraverso studi specifici che valutino anche la necessita, qualora ci si trovi in ambito prossimo all'edificato, di predisporre un monitoraggio dei fenomeni.



Foto 22 e 23: sentiero che collega l'abitato di Ornica al versante in destra idrografica della Valle d'Inferno (sotto la frazione "Sirta") oggetto di recente stabilizzazione della scarpata acclive in forte degradazione con terre armate e opere di difesa spondale al piede (2014, foto a sinistra). L'ambito è inserito nelle sottoclassi "4V" e "Sdg"



Foto 24: grate vive realizzate nel 2014 a consolidamento della scarpata in degradazione lungo la strada comunale che collega alla frazione "Sirta", poco distante dall'intervento di cui sopra



Cr - versanti soggetti a crolli diffusi (aree di distacco e accumulo) In tali ambiti l'attività di crollo e' pressoché continua, con maggior intensità di manifestazione dei fenomeni nei periodi tardo invernali e autunnali, nonché in coincidenza con i fenomeni di precipitazione intensa. Le volumetrie dei blocchi coinvolti dipendono dalla litologia affiorante che puo' evincersi dalla cartografia di base allegata allo studio geologico comunale del 2001.

La maggior parte di tali aree si colloca lungo i versanti destro e sinistro idrografico della Valle di Ornica e interessa anche la sede della strada provinciale oggetto negli ultimi anni di diversi interventi di messa in sicurezza (reti paramassi, reti in aderenza, chiodature e ancoraggi).

In questo caso la formazione coinvolta è quella della Dolomia Principale che da' luogo a crolli sia di blocchi di diversi metri cubi di volume (tipicamente le "guglie" e i "pinnacoli" che caratterizzano la formazione) che a volumetria più contenuta.

Anche la formazione del Verrucano Lombardo è interessata da fenomeni di crollo con volumi significativi, mentre la formazione delle Vulcaniti del Ca' Bianca e la Formazione del Pizzo del Diavolo (Formazione del Collio nella cartografia allegata allo Studio Geologico Comunale) pur dando luogo a fenomeni di crollo di dimensioni più contenute, presenta una certa predisposizione al dissesto soprattutto lungo il tratto di versante sinistro idrografico che collega l'abitato alla frazione "Santuario".

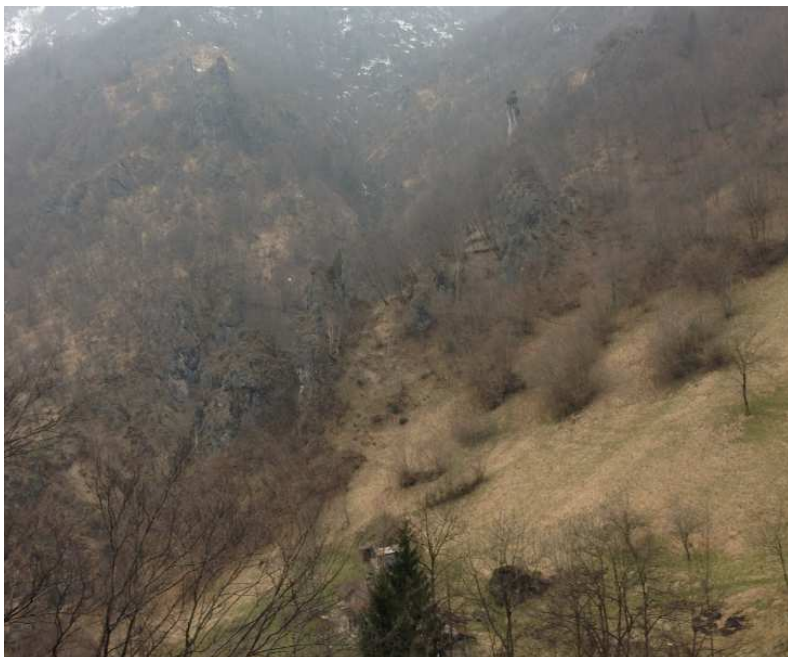


Foto 25: località in destra idrografica del Torrente Ornica, poco a sud della località "Sirta". Questa zona segna il passaggio lungo il versante alla formazione della Dolomia Principale che si sviluppa su entrambi i fianchi vallivi sino alla confluenza con la Valle Stabina. Per caratteristiche litologiche e strutturali la formazione da' luogo a ripide pareti caratterizzate da "guglie" e "pinnacoli". I crolli, sia di blocchi isolati che in massa, sono una costante di tutto l'ambito.



Foto 26: "pinnacoli" di Dolomia Principale a monte della località "Sirta", rimasti "isolati" dai sistemi di fratturazione che rispecchiano i trend strutturali locali



Foto 27: affioramento di Verrucano Lombardo stabilizzato nel 2006 a monte della località "Pusnel"



Foto 28: reti paramassi, reti in aderenza e chiodature degli ammassi rocciosi soggetti a crolli lungo la strada provinciale per Ornica

Crp - ammassi rocciosi caratterizzati da assetto strutturale e pendenza predisponenti all'innesco di fenomeni di crollo.

Si tratta di settori di versante in cui, seppur non si osservi un'intensa attività di crollo come nei casi precedentemente esaminati, sono caratterizzati da fattori predisponenti ai crolli, in relazione all'assetto strutturale e di fratturazione degli ammassi, nonché in regione all'elevata pendenza dei versanti.

Cfd - coni e falde detritiche alimentate da crolli e trasporto in massa. Tali ambiti sono perlopiù localizzati in contesti di elevata dinamica del rilievo, ovvero nelle zone di alta quota precedentemente esaminate, sia lungo il versante destro idrografico della Valle di Ornica (cfr. foto seguente) in questo ultimo caso per le caratteristiche litologiche e strutturali degli ammassi rocciosi (formazioni calcareo - dolomitiche intensamente fratturate e soggette a forte degradazione) che favorisce lo sviluppo di tali fenomeni anche in aree non di elevata dinamica del rilievo.



Foto 29: esempio di cono detritico alimentato da crolli lungo il versante destro idrografico della Valle di Ornica.

Lc - lobo di colata riattivabile. I fenomeni sono localizzati in zone di elevata energia del rilievo, spesso coincidenti con lobi detritici di trasporto valanghivo (come nel caso della zona dell'Alpeggio della Valle d'Inferno). Anche se si tratta per la maggior parte di lobi di colata in cui non sono rintracciabili tracce di recente riattivazione le aree sono state comunque inserite in classe 4, dato il contesto di inserimento.



Foto 30: lobi di colata coalescenti a monte dell'alpeggio della Val d'Inferno

Crd - depositi detritico/glaciali con presenza di blocchi instabili. Si tratta di fenomeni di crollo particolari in quanto gli ambiti individuati non sono caratterizzati dalla presenza di veri e propri ammassi rocciosi ma da depositi glaciali dal cui profilo di erosione "spiccano" grossi blocchi anche di volumetria plurimetrica.

A causa del dilavamento progressivo delle acque meteoriche e talora per la presenza di forme di emergenza idrica, associati alla medio elevata pendenza dei versanti, tali fenomeni costituiscono una minaccia per le aree poste a valle.

I massi individuati attualmente hanno ancora un certo grado di stabilità che tuttavia può definirsi precaria e destinata a progredire nel tempo in senso peggiorativo.

Tali zone sono state segnalate in quanto si trovano a monte di aree frequentate nel periodo primaverile-autunnale.

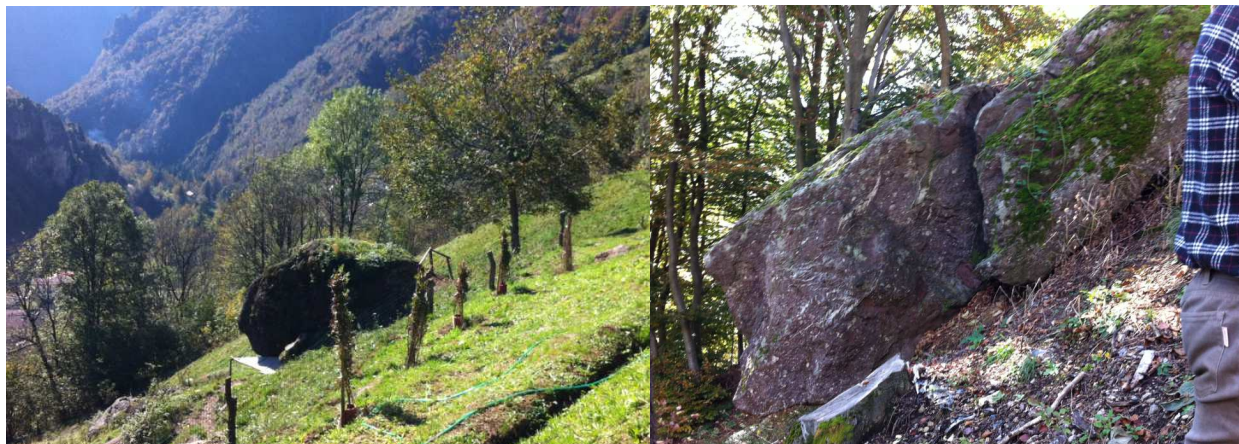


Foto 31 e 32: "massi erratici" di Verrucano in località "Baita Calice"

Bod - aree con bosco degradato. Nel territorio comunale di Ornica tali ambiti costituiscono un elemento di particolare attenzione, sia per l'estensione delle aree coinvolte, sia per la vicinanza con le aree rurali e i sentieri escursionistici, sia perché l'evoluzione del degrado boschivo comporta effetti negativi anche sulla stabilità dei suoli di copertura, favorendo fenomeni di dilavamento, erosione, degradazione sino alla manifestazione di veri e propri fenomeni franosi.

In tali aree sono comprese le aree boschive tagliate alcuni anni fa (come nella zona della Valle della Creta) e quelle coinvolte da fenomeni valanghivi e franosi.

Le zone risultano per la maggior parte inserite in classe 4.

Da rilevare come le sempre più frequenti manifestazioni di giornate con vento forte abbia portato negli ultimi anni a diversi fenomeni di crollo di alberi non solo singoli ma anche in massa (come nella zona della Baita Calice, in sponda destra idrografica della Valle di Salmurano).

Il suolo in tali ambiti risulta pertanto denudato e le radici degli alberi abbattuti dal vento non hanno più effetto positivo di stabilizzazione degli stessi suoli.

Da tenere sotto osservazione sono quelle aree in cui la degradazione del bosco, per quanto di limitata estensione e dunque non cartografabile) interessa le sponde dei corsi d'acqua con influenza diretta in alveo (possono manifestarsi fenomeni di ostruzione e di ostacolo ai deflussi con le ben note conseguenze in caso di piena).

Il fenomeno interessa in generale tutti i canali rilevati e tra le valli principali, in misura maggiore la Valle di Scioc e la Valle di Salmurano, mentre in minor misura le valli più ampie e stabili come Valle di Ornica e la Valle d'Inferno.

Tali ambiti sono tutti destinati a progredire verso un maggior grado di instabilità, conseguentemente nella maggior parte dei casi sono stati inseriti in classe 4.



Foto 33: ampia area di bosco in degradazione a est della località "Baita Calice". L'area boscata e' andata in parte distrutta a causa del forte vento.

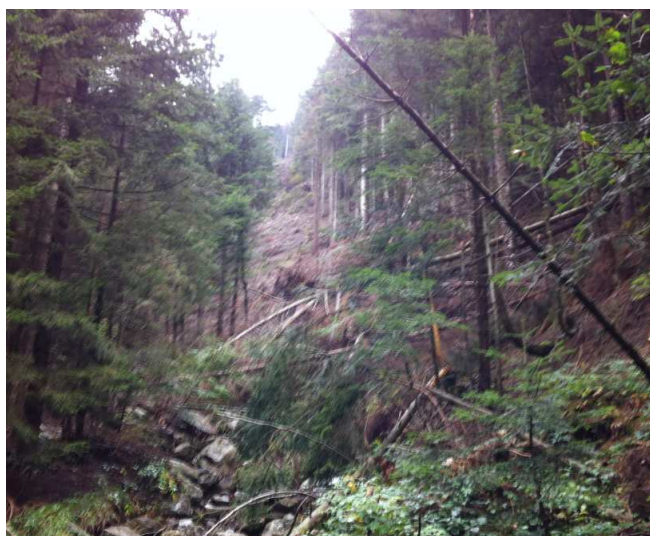


Foto 34: bosco in degradazione in località "Vendul". In questo caso l'abbattimento degli elementi arborei è legato alla manifestazione di eventi valanghivi

Fa - area di frana attiva (roccia e terreni). Questi ambiti sono classificati ai sensi del PAI e comprendono sia frane in terreno che frane in roccia che, nel caso in esame, devono intendersi non solo come veri e proprie aree in frana ben delimitate, ma anche come settori di versante interessati piu' intensamente e frequentemente da crolli, sia puntuali che diffusi. Caso di esempio il versante destro idrografico della Valle di Ornica e i versanti rocciosi della località "La Spalla" nonché i versanti degli ambiti ad alta energia del rilievo che si affacciano lungo la Valle di Salmurano, Valle Pianella e Valle dell'Inferno.

Per quanto riguarda i fenomeni franosi in terreno attivi, questi sono stati individuati per la maggior parte lungo le aste dei corsi d'acqua e interessano per la maggior parte i depositi glaciali.

Sebbene non interferenti direttamente con aree antropizzate, tali fenomeni costituiscono una minaccia indiretta per le aree edificate poste a valle, in ragione dei prevedibili fenomeni di ostruzione dei corsi d'acqua su cui insistono con conseguente innesco di possibili colate detritiche in alveo.



Foto 35: la frana "stabilizzata" con reti in aderenza e chiodature che insiste sul parcheggio pubblico lungo la strada "Sirta - Santuario". La frana (che interessa la formazione del Pizzo del Diavolo), a parere della scrivente, nonostante i recenti interventi di implementazione delle opere di stabilizzazione (dopo i crolli dell'estate 2011) deve ritenersi ancora "attiva" e anche l'area parcheggio sottostante inserita in classe 4.

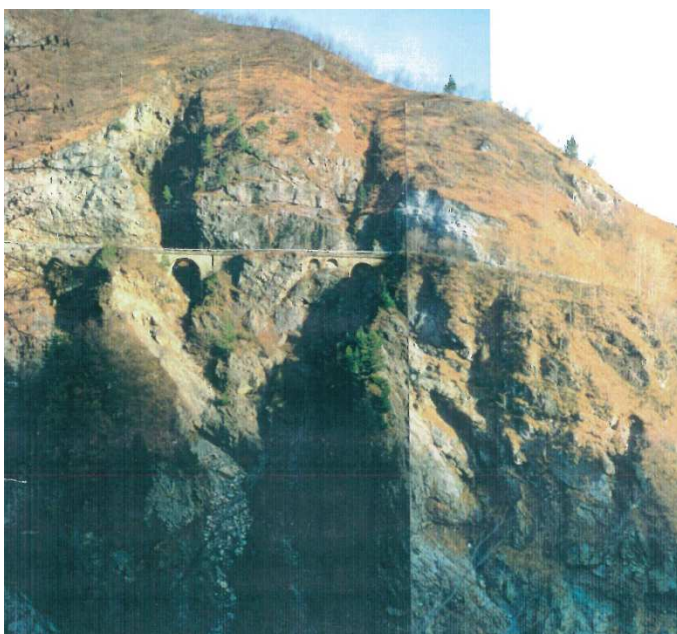


Foto 36 (anno 2009) e 37 (anno 2015): frana a valle della strada provinciale SP6-SP7 (km 48+660) per Ornica che insiste lungo il versante idrografico destro del Torrente Ornica. La frana coinvolge la formazione rocciosa della Dolomia Principale (complessivamente l'area in potenziale crollo è dell'ordine di 1000 mc) ed è stata oggetto sin dal 1990 di monitoraggio da parte della Provincia di Bergamo Settore Viabilità mediante misura dello spostamento con distometro dei perni di riscontro installati.

I movimenti più accentuati si sono avuti nel 1992-1993. Nel corso dei lavori di messa in sicurezza con reti in aderenza della pareti rocciose a monte della strada (l'intervento finanziato ai sensi della L.102/90 è stato realizzato nel 2012.), il fenomeno franoso è stato stabilizzato anche a valle con ancoraggi e andrebbe pertanto valutato come complessivamente "stabilizzato". A parere della scrivente attualmente sussistono ancora condizioni che possono portare ad una sua riattivazione almeno parziale nel tratto a valle delle opere di stabilizzazione, come testimoniato anche dai crolli puntuali e dalla falda detritica attiva che si sviluppa alla base della nicchia di distacco. L'area di frana è stata pertanto inserita negli ambiti in dissesto PAI ancora come attiva.

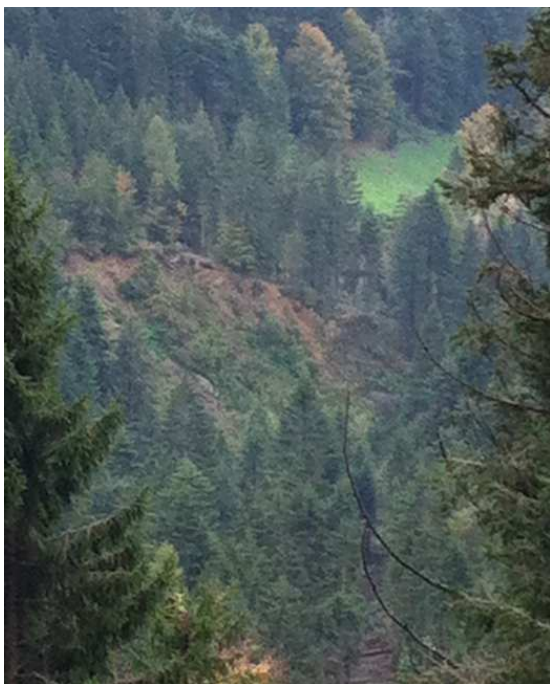


Foto 38: frana di scivolamento traslazionale coinvolgente terreni detritico glaciali che insiste lungo il versante destro idrografico della Valle di Salmurano poco a monte della confluenza con la Valle Pianella

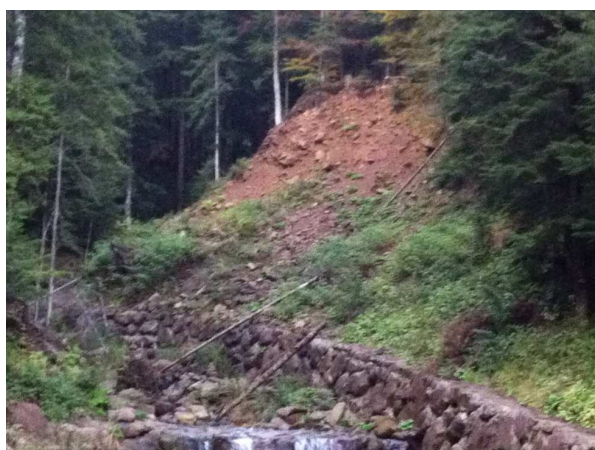


Foto 39 a sinistra: frana di scivolamento traslazionale coinvolgente terreni glaciali che insiste lungo il versante destro idrografico della Valle di Scioc poco a monte della confluenza con la Valle Salmurano

Foto 40 a destra: frana di scivolamento traslazionale coinvolgente terreni glaciali che insiste lungo il versante sinistro idrografico della Valle di Scioc a monte del ponte della strada comunale nel tratto Chiusuro-Colle della Maddalena. La frana è stata oggetto di stabilizzazione al piede mediante muratura in pietrame nel 2007 (intervento finanziato ai sensi della L.102/90)

Fq - area di frana quiescente (roccia e terreni). Lo stato di attività per tali ambiti, e' stato desunto dall'esame in sito degli indici di dissesto.

Per quanto riguarda i fenomeni franosi di maggiori dimensioni (come lungo il versante in destra idrografica della Valle d'Inferno), difficilmente si osservano condizioni di possibile riattivazione dei fenomeni su tutto il corpo franoso individuato dalla cartografia. Nel caso in esame si trovano perlopiù vaste aree di ristagno idrico nel settore distale del corpo frana e nel settore sommitale talora fenomeni di erosione e degradazione delle vecchie nicchie di frana anche con possibili distacchi di blocchi.



Anche per i fenomeni di dimensioni minori si possono individuare aree di emergenza idrica temporanea, piccoli colamenti di terreno lungo il corpo frana, presenza di suoli in degradazione, ma i fenomeni sono complessivamente tesi alla stabilizzazione.

La scelta di classificare tali ambiti comunque come "frane quiescenti" e non come frane stabilizzate (da cui l'inserimento previsto in assenza di specifiche valutazioni in classe di fattibilità 4) deriva dal fatto che si ritiene che su tali fenomeni debbano essere eseguite analisi più specifiche (che esulano dagli scopi del presente lavoro) e soprattutto debbano essere oggetto di osservazione nel tempo.

Per quanto riguarda i fenomeni franosi in roccia definiti come quiescenti (come la grossa frana in Verrucano Lombardo che interessa in versante destro idrografico all'altezza della conca della Valle di Salmurano), sebbene a livello areale e complessivo possano dirsi anche stabilizzati, mostrano comunque ancora localmente pareti aggettanti e condizioni predisponenti i distacchi.

Per i fenomeni di minori dimensioni, quali i fenomeni di "soil slip" diffusi nel territorio comunale in corrispondenza delle aree prative a medio elevata pendenza, complessivamente si osservano condizioni che indicano già un buon grado di stabilizzazione dei fenomeni, benché possano manifestarsi ancora in certi casi i fenomeni di emergenza idrica con potenziale mobilitazione dei terreni di copertura.

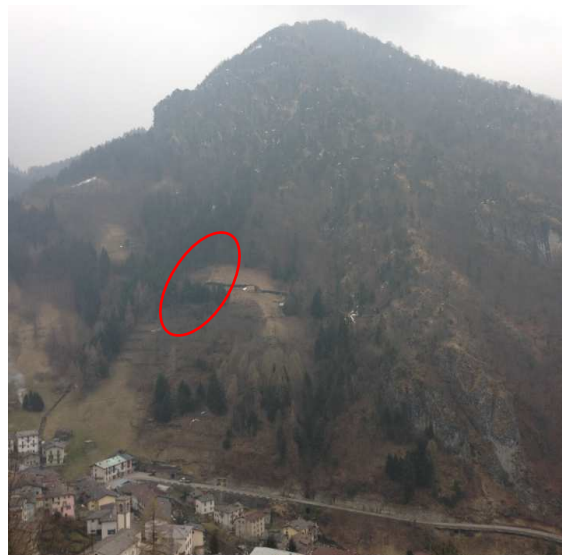


Foto 41: esempio di frana quiescente alle pendici del Pizzo di Cusio. Nell'area in frana è ricresciuta in parte la vegetazione, tuttavia nel tratto di pendio prativo a media pendenza, i terreni limoso argillosi presentano ancora forte saturazione stagionale. Tutto l'ambito sottostante ha pendenza elevata ed è caratterizzato da manifestazioni di emergenza idrica costanti tutto l'anno con ampie aree di ristagno idrico. Anche durante l'esecuzione delle perforazioni per l'installazione dei ferma-neve si è riscontrata la presenza di roccia fratturata sede di significativi fenomeni di circolazione idrica

Fs - area di frana inattiva o stabilizzata (roccia e terreni). Come nel caso precedente per tali ambiti si osserva sostanziale stabilità sia in relazione ai fenomeni di maggiori dimensioni che ai fenomeni, più frequentemente osservati, di limitate dimensioni che interessano le aree prative a maggior pendenza. In questi casi, spesso ormai difficilmente distinguibili, la stabilizzazione è avvenuta naturalmente, trattandosi di piccoli fenomeni franosi ascrivibili a soli slip o anche a fenomeni di scivolamento/colata caratterizzanti i versanti prativi, a maggior pendenza.

In tali ambiti i fenomeni sono stati riconosciuti da indici quali deboli avvallamenti, che possono essere ora sede di ruscellamento concentrato, piccole nicchie in testata, dove possono manifestarsi forme di emergenza idrica soprattutto di carattere temporaneo e, per i fenomeni di scivolamento roto/traslativo, tipiche forme concavo/convesse.

Rispetto allo studio precedente che individuava tali fenomeni spesso come quiescenti, la maggior parte può dirsi ad oggi stabilizzata e pertanto inserita in classe di fattibilità 3.

Qualora presenti altri indici di dissesto diffusi (aree in degradazione, forme di emergenza idrica, ambiti di cui alla sottoclasse mista VER/GEO-IDR) associati ad elevata pendenza, a tali ambiti è stata attribuita classe 4.

In alcuni casi, come la piccola frana in località Rasega lungo il versante destro idrografico all'altezza del ponte, in località Ornica Bassa, Tainella e in località Roncalli (sulla sinistra idrografica del ponte di accesso all'abitato), i fenomeni sono stati stabilizzati anche con la realizzazione di opere di ingegneria naturalistica (palificate semplici, viminate) tuttavia ad esempio nel caso della località Roncalli non sufficienti.

Localmente sono state realizzate delle semplici opere murarie in pietrame a secco a sostegno dell'area di nicchia (come nel versante a monte delle località Vedeschino-Chiassuro dove manifestarsi anche forme di emergenza idrica di carattere temporaneo).



Foto 42 e foto 43: frana stabilizzata a monte della località "Sirta" (sinistra) e nicchia posta poco più a monte (destra)



fenomeni degradativi.

Foto 44: frana stabilizzata con opere di ingegneria naturalistica a monte delle abitazioni del ponte di imbrocco dell'abitato di Ornica (località Roncalli). Sono ancora evidenti i



Foto 45: frana stabilizzata in località "Ornica Bassa"

3V - aree localizzate in prossimità di fenomeni di dissesto reali e/o potenziali e aree caratterizzate da pendenza medio elevata con potenziale instabilità dei terreni di copertura

Sono state comprese in questa area omogenea gli ambiti dove, seppur non sono stati individuati fenomeni di dissesto, la medio - elevata pendenza deve portare ad un'analisi di dettaglio sulle condizioni di stabilità dei terreni e delle rocce.

Alcune di queste zone sono inoltre localizzate in zone prossime ad aree in dissesto di cui va approfondita e valutata la potenziale influenza a supporto degli interventi da realizzarsi.

In diversi casi rientrano in questa classificazione aree caratterizzate dalla presenza di edifici rurali isolati, inseriti in contesti di propensione al dissesto, seppur non coinvolti direttamente e pertanto, limitatamente a piccole zone, inseriti in classe 3V.



Foto 46: versante a sud del canale della "Sirta". L'area prativa è stata inserita nella sottoclasse "3V" in ragione sia della pendenza (raggiungimento di condizioni dei terreni di equilibrio limite) sia per le problematiche potenziali riscontrate a monte legate ai fenomeni di crollo



Foto 47: ambito rurale a valle della località "Ornica Bassa". In questo caso le potenziali problematiche di versante sono legate alla pendenza dei versanti che conducono i terreni in condizioni di equilibrio limite



Foto 48: ambito rurale in destra idrografica della Valle di Salmurano in vicinanza della località "Chiassuro". Oltre alla pendenza del versante che porta a fenomeni ben evidenti di degradazione del suolo, è stato considerato il versante a monte interessato da fenomeni franosi quiescenti e attivi da aree con bosco in degradazione



Foto 49: piccolo fabbricato rurale che si affaccia lungo il canale della "Sirta" a monte della località "Cascina Bosco". L'ambito circostante è caratterizzato da diversi fenomeni di dissesto



Foto 50: Baita Baec in Val Pianella



Foto 51: "Ronchettino" a monte di "Vergadello Alto"



Foto 52: conca del Valletto e alpeggio. Gli ambiti con presenza di edifici rurali non interessati da fenomeni di dissesto sono stati inseriti in classe 3V trovandosi in prossimità di aree in dissesto



Foto53: parte bassa dell'Alpeggio del Valletto



Foto 54: ripiano del rifugio Benigni (2220 m s.l.m.). Pur non interferendo con fenomeni di dissesto, l'ambito è stato inserito nella classe 3V in ragione delle caratteristiche morfologiche dell'area di alta quota



Foto 55: area prativa "3r" in località "Baita Costa". Il settore più basso, a pendenza meno elevata, è stato inserito nella sottoclasse "2r"

3r - aree per la maggior parte mantenute a prato a medio elevata pendenza . Tali aree analogamente alle zone 2r sono caratterizzate da versanti prativi a pendenza più elevata, condizione che implica maggior attenzione nella valutazione dell'utilizzo del suolo, in relazione, sia alla presenza di terreni che possono dirsi in condizioni di equilibrio limite sia in considerazione del fatto che possano cambiare nel tempo le condizioni di manutenzione di tali zone (possono infatti essere abbandonate o adibite a pascolo, con conseguente potenziale manifestazione di fenomeni degradativi attualmente non osservabili).

**Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico (IDRA - carta di fattibilità).** Sono inseriti in questa sottoclasse tutti i fenomeni legati allo scorrimento delle acque superficiali, connessi alle problematiche di esondazione e di tracimazione, i tratti di corsi d'acqua instabili soggetti a fenomeni erosivi sia laterali che di

fondo alveo e/o interessati da fenomeni di trasporto solido in alveo e i fenomeni di trasporto in massa su O su conoide e/o in ambiti dove sono riscontrabili lobi di colata fuori allo sbocco delle incisioni vallive.

Percorrendo le aste dei torrenti appare chiaro che, le sezioni di deflusso sono per la maggior parte in grado di contenere le piene liquide (cfr. par. 5.5 e 5.6).

Le uniche criticità che possono individuarsi sono legate alla presenza di ponti e attraversamenti soprattutto della rete sentieristica.

Le condizioni di criticità sono state analizzate in dettaglio (cfr. capitolo 5.5 e 5.6) negli ambiti prossimi alle zone edificate: nel tratto Santuario/Sirta per la Valle d'Inferno e nel tratto Rasega/Fusinetta per la Valle di Salmurano, trovandosi in questi tratti ponti sia pedonali che stradali, che possono costituire ostacolo ai deflussi.

Testimonianze di tali potenziali criticità sono relative al tratto della Valle di Salmurano compreso tra la località Rasega e la località Fusinetta.

Nel giugno 1890 un'alluvione provocò la distruzione di gran parte della contrada della Fusinetta (per ostruzione dell'unico ponte esistente in località Rasega e nel 1987 l'ostruzione interessò, oltre che il ponte della Rasega anche il ponte stradale, con conseguente allagamento di parte della stessa contrada.

A valle della confluenza delle due valli, non si riscontra interferenza con aree edificate e l'unico ponte di attraversamento della strada provinciale, posto alla confluenza Valle di Ornica e Torrente Stabina è caratterizzato da un'ampia sezione di deflusso, seppur danneggiato anch'esso durante gli eventi alluvionali del 1987.

Nell'individuazione del grado di pericolosità dei fenomeni di esondazione ci si è basati prevalentemente su osservazioni di carattere morfologico (come precisato nei paragrafi 5.5 e 5.6), oltre che sulle informazioni relativi ai fenomeni pregressi: si sono definiti tre ambiti a grado crescente di pericolosità (da molto elevata a moderata) cui è stata attribuita (come richiesto da Regione Lombardia) la classificazione PAI corrispondente "Ee, Eb ed Em".

Rispetto allo studio redatto da dr. geol. Claudio Trovenzi (in riferimento alla cartografia "Rischi idraulici ed idrogeologici con legenda uniformata al PAI, prodotta nell'aprile 2007), sono state riesaminate le aree di esondazione del Torrente Valle di Salmurano anche nel tratto a monte della località Rasega (non perimetrata nel suddetto studio) e in particolare per la località Fusinetta, area perimetrata come a pericolosità molto elevata esclusivamente sulla base dell'evento del 1987.

Quanto alle perimetrazioni del PAI relative alle esondazioni sul Reticolo Idrico Principale, queste sono state ricavate dal piano di Rischio Alluvioni dove vengono individuati due ambiti lungo il corso del Torrente Ornica e lungo la Valle Stabina (già inseriti nel precedente studio geologico comunale).

Can - corsi d'acqua e canali (deflussi temporanei e/o stagionali) anche interessati da trasporto detritico.

Sono stati inclusi in tale categoria i corsi d'acqua rilevati nel territorio comunale sia di carattere temporaneo e/o stagionale che corsi d'acqua veri e propri come la Valle Pianella e la Valle d'Inferno e di Salmurano negli ambiti non oggetto di specifica valutazione della pericolosità dei fenomeni.

In questo secondo caso le valutazioni di pericolosità sono state condotte dove i corsi d'acqua principali interferiscono con manufatti antropici quali infrastrutture lineari, ponti e tratti "tombinati" in corrispondenza dei quali che possono manifestarsi condizioni di criticità ai deflussi.

Tali condizioni sono evidenziate in allegato 3 e nelle cartografie di supporto al documento di polizia idraulica. Gli ambiti in esame sono stati tutti inseriti in classe di fattibilità 4.



Foto 56: canale della Sirta. L'impluvio in esame si presenta asciutto per la maggior parte dell'anno, tanto che nel tratto medio terminale, nella zona prativa a sud della località "Sirta" e' individuabile solo un debole avvallamento. Percorrendo il canale verso monte si nota la presenza di detriti in alveo che possono essere trasportati a valle in caso di evento idrologico intenso

Ca - area di conoide attivo non protetta. Nel territorio comunale non sono molti i conoidi che possono rientrare in tale classificazione. Per la maggior parte si tratta non di tipici conoidi alluvionali, ma piuttosto di "zone di deiezione" di canali detritici in gran parte localizzati lungo la Valle di Ornica nel tratto a valle dell'abitato.

Cp - area di conoide attivo o potenzialmente attivo parzialmente protetto da opere di difesa e sistemazione a monte.

Sono state inserite le aree di deiezione allo sbocco delle incisioni vallive in cui non si sono manifestati recentemente fenomeni di trasporto in massa (da considerarsi quindi non recentemente riattivatisi) e che, per caratteristiche morfologiche sia della zona di deiezione, sia per le caratteristiche dei corsi d'acqua in esame (trattasi nella maggior parte dei casi di canali di breve sviluppo con scorrimenti perlopiù stagionali, bacino sotteso limitato e assenza di significativi fenomeni di dissesto, fatta eccezione per la Valle di Scioc e la Valle della Cola - cfr. paragrafo 5.5.3 e 5.5.4) possono dirsi caratterizzate da indici di pericolosità di grado medio o moderato.

Sulla base di quanto osservato lungo i tratti di canali a monte della zona apicale di suddetti conoidi, si ritiene che fenomeni di trasporto in massa e tracimazione delle acque in deflusso potrebbero manifestarsi in caso di eventi di particolare intensità accompagnati da significative ostruzioni del fondo alveo, condizioni che, non si esclude, potrebbero manifestarsi in futuro in relazione allo stato di conservazione del bosco che interessa le sponde di suddetti canali.

Nei casi dei canali del Zucco della Bassa, Tainella non vi sono inoltre ambiti a monte della zona apicale di conoide in cui il corso d'acqua presenti zone di possibile rallentamento ed eventuale deposizione dei detriti trasportati. Tali canali si presentano stretti e incisi sino alla zona di deiezione.

Seppur gli eventuali fenomeni di tracimazione su conoide possono dirsi caratterizzati da grado di pericolosità moderato, non essendo stata eseguita un'analisi di dettaglio, alle zone prossime al collettore è stata



cautelativamente attribuita corrispondenza alla normativa PAI "Cp" area di conoide attivo o potenzialmente attivo parzialmente protetto da opere di difesa e sistemazione a monte..

Tale attribuzione è giustificata, in assenza di analisi specifiche, trattandosi comunque di ambiti non edificati, dal mantenimento di un'adeguata soglia di attenzione per gli ambiti in esame.

Quanto ai canali Tainella e Zucco della Bassa sono presenti opere di regimazione nella zona di confluenza con la Valle d'Inferno, realizzate a seguito degli eventi alluvionali del 1987.

Il conoide del canale Tainella è in realtà stato sovrinciso dai fenomeni alluvionali del torrente Val d'Inferno.



Foto 57: conoide Tainella (indicato dalla freccia blu) e conoide Valle d'Inferno (freccia rossa). Anche il conoide della Tainella è legato all'attività di deiezione della Valle d'Inferno, come testimonia il canale inciso a monte del fabbricato rurale che può considerarsi un "paleo alveo" formatosi probabilmente quando i detriti trasportati dalla Val d'Inferno ne avevano ostacolato lo sbocco.

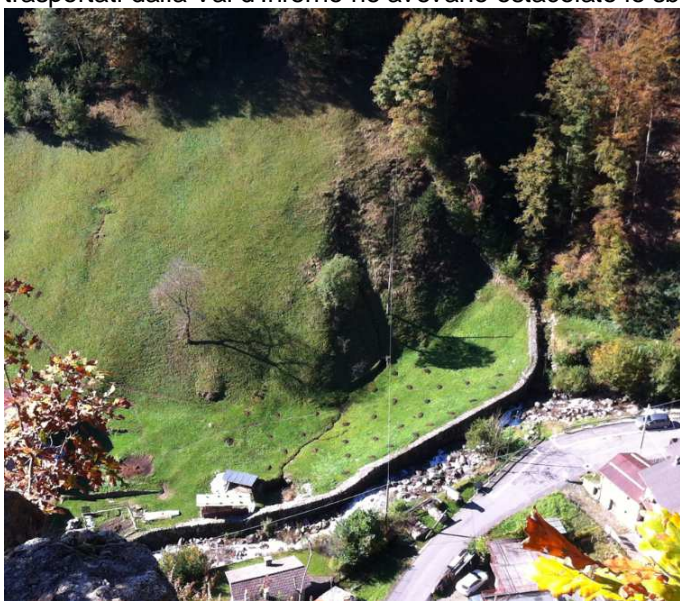


Foto 58: canale Zucco della Bassa nella zona di confluenza oggetto di regimazione. Sulla sinistra è presente un'incisione di scorrimento concentrato che nasce da forme di emergenza idrica e che si disperde per infiltrazione prima di raggiungere la valle principale. L'incisione è anche da considerarsi tracciato di un paleo alveo sul conoide del corso d'acqua



Foto 59 e 60: canale Zucco della Bassa ripreso verso monte dalla zona di confluenza e (a destra) verso valle

Cn - area di conoide protetta o non recentemente riattivatasi. Sono state inserite le aree marginali e distali dei conoidi del canale del Roc e Tainella.

Ee - area a pericolosità di esondazione molto elevata. Sono comprese le aree individuate dalle analisi di cui al paragrafo 5.5 e 5.6 (Valle dell'inferno e Valle di Salmurano) e le aree individuate nel Piano Rischio Alluvioni ascrivibili a un tratto del corso d'acqua torrente Ornica e alla Valle Stabina.

Eb - area a pericolosità di esondazione elevata. Sono comprese le aree individuate dalle analisi di cui al paragrafo 5.5 e 5.6.

Em - area a pericolosità di esondazione media o moderata. Sono comprese le aree individuate dalle analisi di cui al paragrafo 5.5 e 5.6 e parte dell'area su cui insiste il canale della Laza.

La Valle della Laza (0016) è localizzata poco a monte del centro abitato e attraversa la località "Rasega" dove sono presenti anche alcuni brevi tratti tombinati in corrispondenza delle strade di accesso alla contrada.

Si tratta di una breve incisione, caratterizzata da deflussi temporanei ma che durante l'evento alluvionale del 1987 è stata caratterizzata da cospicui apporti idrici che hanno portato alla sovrincisione del canale (prima poco definito nella zona edificata) e al danneggiamento di strutture e infrastrutture.

La valle della Laza nasce dalle pendici del Pizzo di Cusio e, nel caso dell'evento del 1987 è stata significativamente alimentata da forme di emergenza idrica localizzate alle pendici del pizzo stesso.

Testimoni riferiscono che alle pendici del Pizzo di Cusio si poteva distinguere una vera e propria "bocca d'acqua" che sgorgava dalle fratture in roccia.

La valle a seguito di quell'evento è stata regimata per un lungo tratto e a monte del tratto canalizzato in pietrame e calcestruzzo è stata realizzata una briglia a pettine di trattenuta del trasporto solido.

Considerata la presenza della briglia a monte, qualora la stessa venga mantenuta in efficienza e garantisca la funzione di trattenuta del trasporto solido, si può ritenere l'opera di attraversamento pedonale non significativa ai fini del potenziale ostacolo al deflusso, diversamente dal tratto tombinato sotto la strada all'interno del settore edificato che risulta comunque meno facilmente ispezionabile rispetto al tratto in cui si è presente un ponticello pedonale.



L'area in esame potrebbe essere interessata da deflussi a pericolosità moderata (Em) solo in caso di ostruzione delle briglie di trattenuta.

Foto 61: canale della Laza, regimato a seguito degli eventi del 1987. In caso di ostruzione delle briglie a pettine realizzate, le acque potrebbero ancora tracimare soprattutto in sinistra idrografica. L'ambito a valle è stato pertanto inserito tra le aree a pericolosità Em.

**Problematiche valanghive (VAL carta di fattibilità).** In questa sottoclasse sono state comprese le aree valanghive desunte dal SIRVAL (verificate con la Carta di Probabile Localizzazione delle Valanghe e con la cartografia redatta dal corpo forestale della Valle Brembana) e distinte in "aree valanghive da rilevamento" (Vr) e da "foto interpretazione (Vf)" oltre che le aree soggette a fenomeni valanghivi in "senso lato" definite come "Dmns" (aree prative a medio elevata pendenza situate in contesto edificato in cui possono manifestarsi scivolamenti del manto nevoso dove si sta per "stabilizzate in quanto protette da opere di difesa") che si manifestano occasionalmente a quote più basse in ambiti prossimi all'edificato (Ornica sponda sinistra idrografica).

Per le aree Vr e Vf, Regione Lombardia ha chiesto di attribuire corrispondenza con il PAI: come precisato in premessa le informazioni contenute nel SIRVAL non consentono di definire la pericolosità dei fenomeni senza che vengano eseguiti studi di dettaglio.

Pertanto ai fenomeni valanghivi non può che essere attribuita rispondenza PAI con gli ambiti "Ve - area valanghiva a pericolosità elevata o molto elevata".

Fa eccezione la località Barisola (cui è stata attribuita rispondenza PAI Vm - valanga a pericolosità media o moderata).

Nel caso della località Barisola, perimetrata come valanga da rilevamento, risulta un solo caso in cui i distacchi nevosi hanno raggiunto un fabbricato, come ricavato da informazioni contenute nella scheda SIRVAL "appoggiandosi allo stesso" senza danni.

In ragione dello stato dei luoghi e di tale informazione relativa all'assenza di danni alle strutture antropiche poste a valle del sito valanghivo, all'area in esame è stata attribuita la classificazione PAI "Vm - valanga a pericolosità media o moderata".

Nell'individuazione delle aree omogenee in contesto valanghivo è stata individuata la località Roncalli dove, in condizioni di nevicate eccezionali, come nel 1986, si sono manifestati distacchi (nel caso in esame il distacco ha danneggiato un pullman).

Qui sono state realizzate in passato opere fermaneve (in parte oggetto di recente ripristino), da cui l'individuazione dell'area omogenea Dmns.

In questo caso la presenza di opere implica l'attribuzione della classe 4, non in ragione della pericolosità dei fenomeni (l'area risulta ad oggi protetta), ma in quanto la stessa presenza delle opere preclude usi diversi del suolo.



Foto 62: valanga in Val d'Inferno a valle della Casera (indicata come "Canal della Casera" nel SIRVAL)



Foto 63 a sinistra: strutture fermaneve ad ombrello realizzate nel dicembre 2014 che hanno sostituito in parte le vecchie rastrelliere deteriorate (la zona e' indicata nel SIRVAL come "Roncalli"). Nel 1986 un distacco nevoso ha danneggiato un pullman

Foto 64 a destra: in corrispondenza delle rastrelliere più a nord e' ricresciuta la vegetazione



Foto 65 e 66: area prativa in località "Barisola" indicata nel SIRVAL (individuata come "La Barisola il Gardà"). I distacchi hanno in passato raggiunto la baita sul fondovalle



Foto 67: settore alto dove possono manifestarsi i distacchi a causa della pendenza e della morfologia del versante

## 4.2 CARTA DEI VINCOLI

La Carta dei Vincoli è stata redatta ex novo su tutto il territorio comunale alla scala 1:5.000 su base CTR (8A Ornica Nord e 8B Ornica sud) e alla scala 1:2000 su base del rilievo aereofotogrammetrico comunale (8C Ornica Nord e 8D Ornica sud).

Rappresentati su tale carta vi sono gli elementi poligonali costituenti i *Vincoli derivanti dalla Pianificazione di Bacino* ai sensi della ex. l. 183/99 (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico) con riferimento al quadro del dissesto del PAI aggiornato e così come individuato nello studio.

Gli ambiti in dissesto sono stati inizialmente confrontati con il quadro del dissesto originario di cui al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (cartografia di cui all'elaborato 2 del PAI, allegato 4.1 e 4.2), con le aree individuate nel Piano di Rischio Alluvioni (che indica solo due ambiti di esondazione lungo la Valle Stabina e un tratto lungo la Valle di Ornica, entrambi reticolo principale) e infine con lo studio geologico comunale vigente alla stesura del presente documento.

Sono stati indicati i *Vincoli di Polizia Idraulica* ai sensi della d.g.r. X/2591 del 31/10/2014 derivanti dalla delimitazione delle fasce di rispetto sul reticolo idrico minore individuato dallo studio specifico facente parte integrante del presente aggiornamento (cfr par 1.0).

Vengono riportate le *Aree di Salvaguardia delle Captazioni ad Uso Idropotabile* (Aree di Tutela Assoluta e di Rispetto) così come individuate con criterio geometrico contestualmente al progetto "realizzazione opere di captazione acque sotterranee ad uso potabile" redatto nell'ottobre 2013 dal Comune di Ornica.

In questo caso le aree perimetrali nel precedente studio geologico sono state aggiornate in relazione alle sorgenti: *Val d'Inferno 1, 2 e 3*.

Le prese sono tutte localizzate in Valle d'Inferno a monte della zona di Alpeggio in cui si colloca la "Casera", complesso rurale attualmente destinato ad agriturismo.

In relazione alle fasce di rispetto delle sorgenti la zona di tutela assoluta è individuata con un cerchio di raggio di 10 m dall'opera di presa, mentre la zona di rispetto è definita mediante un raggio di 200 m dalla sorgente (solo nella zona a monte della curva di livello della sorgente stessa).

Tali perimetrazioni sono definite con "criterio geometrico" ma possono ritenersi valide per i casi in esame in quanto a monte delle opere di presa le potenziali fonti di inquinamento, individuabili nelle zone oggetto di pascolamento di bestiame, sono localizzate ad una quota più elevata, mentre l'alpeggio della Val d'Inferno si sviluppa nella piana sottostante le opere di presa.

Sino ad ora non si sono verificate nel territorio comunale problematiche legate al sistema acquedottistico, a carenza idrica o alla qualità delle acque.

All'interno delle aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile riportate esclusivamente nella carta dei vincoli (nella carta di fattibilità non vengono indicate) valgono le prescrizioni contenute nell' art. 94 del D.L.vo n. 152 del 03.04.06 e s.m.i. e nella D.g.r. 10 aprile 2003 n. 7/12693 e s.m.i).

*Relativamente all'individuazione delle fasce di rispetto indicate nella Carta dei Vincoli si precisa che presupponendo gli stessi vincoli la sussistenza di una distanza fissata (da sorgente o da corso d'acqua) relativamente agli eventuali interventi che ricadano in prossimità del limite, occorre una verifica*

distanziometrica (misure topografiche o celerimetriche) diretta in sede di procedura per la concessione edilizia.

### 4.3 CARTA DI FATTIBILITA'

La carta di fattibilità per le azioni di piano è stata redatta su tutto il territorio comunale alla scala 1:5.000 e sul settore coperto da rilievo aereofotogrammetrico, alla scala 1:2.000.

La carta di fattibilità è una carta "derivata" dalla Carta di Sintesi in quanto riporta il raggruppamento in sottoclassi degli ambiti di pericolosità reale e/o potenziali omogenei individuati nella stessa Carta di Sintesi.

Per una lettura più immediata sono state raggruppate le aree omogenee individuate nella Carta di Sintesi in funzione delle problematiche principali e che vincolano maggiormente l'uso del suolo (come per le aree valanghive individuate a prescindere da altre problematiche, univocamente con la sottoclasse VAL).

Le sottoclassi individuate nella carta di fattibilità sono:

- problematiche geologico - tecniche e idrogeologiche (sigla GEO-IDR);
- aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti (sigla VER);
- aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti e problematiche geologico - tecniche e idrogeologiche (sigla VER/GEO-IDR);
- aree vulnerabili dal punto di vista idraulico (sigla IDRA);
- problematiche valanghive (sigla VAL).

Tali sottoclassi trovano riscontro con le indicazioni della delibera regionale di cui alla tabella 2 seguente.

La delibera propone l'individuazione di aree omogenee e relativa classe di ingresso.

In parte tali aree omogenee sono state riprese nel presente studio (cfr. tabella 1 e seguente per confronto).

La tabella 2 propone il confronto tra quanto proposto dalla direttiva regionale e il recepimento nel presente studio (le aree omogenee individuate nel presente studio sono state integrate e/o modificate in funzione delle problematiche caratteristiche del territorio in esame).

In taluni casi, dove la direttiva regionale lo consente, sono state modificate le classi di ingresso con le motivazioni espresse in paragrafo 4.1.

<b>Area omogenea proposta nella d.g.r</b>	<b>Classe di ingresso</b>	<b>Sigla area omogenea individuata nella carta di sintesi (cfr. tab. 1)</b>
<b>Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti (VER-VAL)</b>		
Aree soggette a crolli di massi (distacco e accumulo). Da definire in base all'estensione della falda di detrito e alla distanza raggiunta dai massi secondo dati storici (vengono delimitate le effettive aree sorgenti e le aree di accumulo dei crolli)	4	Cr, Cfd
Aree interessate da distacco e rotolamento di blocchi provenienti da depositi superficiali (vengono delimitate le effettive aree sorgenti e le aree di accumulo dei crolli)	4	Crd
Aree di frana attiva (scivolamenti; colate ed espansioni laterali)	4	Fa
Aree di frana quiescente (scivolamenti; colate ed espansioni laterali)	4	Fq
Aree a franosità superficiale attiva diffusa (scivolamenti, soliflusso)	4**	Sdg
Aree in erosione accelerata (calanchi, ruscellamento in depositi superficiali o rocce deboli)	4**	Drc
Aree interessate da trasporto in massa e flusso di detrito su conoide	4*	Ca
Aree a pericolosità potenziale per crolli a causa della presenza di pareti in roccia fratturata e stimata o calcolata area di influenza	4	Crp
Aree a pericolosità potenziale legata a orientazione sfavorevole della stratificazione in roccia debole e stimata o calcolata area di influenza	3	Crp
Aree a pericolosità potenziale legate alla presenza di terreni a granulometria fine (limi e argille) su pendii inclinati, comprensive delle aree di possibile accumulo (aree di influenza)	3	Gri
Aree interessate da valanghe già avvenute	4	Vr
Aree a probabile localizzazione di valanghe potenziali	4	Vf
Aree protette da interventi di difesa efficaci ed efficienti	3	Dmns
<b>Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico (GEO-IDR)</b>		
Aree con emergenze idriche diffuse (fontanili, sorgenti, aree con emergenza della falda)	4**	Acq
<b>Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico (IDRA)</b>		
Aree ripetutamente allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali o frequentemente inondabili (indicativamente con tempi di ritorno inferiori a 20-50 anni), con significativi valori di velocità e/o altezze d'acqua o con consistenti fenomeni di trasporto solido	4	Ee
Aree allagate in occasione di eventi meteorici eccezionali o allagabili con minore frequenza (indicativamente con tempi di ritorno superiori a 100 anni) e/o con modesti valori di velocità ed altezze d'acqua, tali da non pregiudicare l'incolumità delle persone, la funzionalità di edifici e infrastrutture e lo svolgimento di attività economiche	3	Eb, Em
Aree potenzialmente inondabili individuate con criteri geomorfologici tenendo conto delle criticità derivanti da punti di debolezze delle strutture di contenimento quali tratti di sponde in erosione, punti di possibile tracimazione, sovralluvionamenti, sezioni di deflusso insufficienti anche a causa della presenza di depositi di materiale vario in alveo o in sua prossimità ecc.	4	Ee
Aree potenzialmente interessate da flussi di detrito in corrispondenza dei conoidi pedemontani di raccordo collina-pianura	3	Cp, Cn
<b>Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche (GEO-IDR)</b>		
aree di possibile ristagno, torbose e paludose	3	Acq, Gri
aree prevalentemente limo-argillose con limitata capacità portante	3	Gri

Tabella 2 - Classi d'ingresso da d.g.r. IX/2616 del 30/11/2011

Note: \*classe di fattibilità non modificabile

\*\* classe di ingresso modificata come descritto in paragrafo 4.1



Per il dettaglio delle specifiche problematiche delle sottoclassi è necessario fare riferimento alle aree omogenee individuate nella carta di sintesi.

Le informazioni contenute nella carta devono essere integrate anche con la lettura della Carta dei Vincoli (prodotta alla stessa scala dello strumento urbanistico) in quanto occorre verificare quali sono le aree soggette ai Vincoli derivanti dalla Pianificazione di Bacino (in quanto soggette a specifica normativa) e le aree soggette a Vincoli di Polizia Idraulica (che possono ricadere in ambiti classificati 2 o 3 ma che sono anch'esse soggette a specifica normativa d'uso del suolo) e ai vincoli degli ambiti interessati da derivazione idrica a scopi acquedottistici.

La Carta di Fattibilità si configura in sintesi come una carta di pericolosità che fornisce indicazioni in merito alle limitazioni e destinazioni d'uso del territorio e dove vengono distinte 4 classi di utilizzo del suolo (nel caso in esame la classe 1 non è stata attribuita):

- **CLASSE 2 (gialla) - Fattibilità con modeste limitazioni.** In questa classe ricadono le aree nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, per superare le quali si rende necessario realizzare approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico-costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa.
- **CLASSE 3 (arancione) - Fattibilità con consistenti limitazioni.** In questa classe ricadono le aree nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate con maggior dettaglio nella carta di sintesi, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa.
- **CLASSE 4 (rossa) - Fattibilità con gravi limitazioni.** L'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso delle aree individuate. Salvo diverse indicazioni per le aree ricadenti in specifica normativa PAI, deve essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Eventuali infrastrutture pubbliche e/o di interesse pubblico possono essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili; dovranno comunque essere puntualmente e attentamente valutate in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio che determinano l'ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea così come definito nelle sottoclassi individuate nella carta di sintesi.

Al mosaico della fattibilità, in scala 1:5.000, come richiesto dalla normativa, sono stati inoltre sovrapposti gli elementi individuati dalla Carta della Pericolosità Sismica Locale, caratterizzanti le aree di potenziale amplificazione sismica che devono essere soggetti ad approfondimenti di secondo e terzo livello, come definito in paragrafo 7.0.

Il mosaico della fattibilità originario è stato localmente modificato come descritto nel capitolo 5.0.

La carta di fattibilità dello studio geologico comunale precedentemente redatto non comprendeva tutto il territorio comunale: sono state dunque analizzate le aree non comprese nella zonizzazione della fattibilità,

facendo riferimento alle cartografie di base (estese a tutto il territorio comunale) e integrando le informazioni con rilievi in sito.

Per alcuni ambiti anche localizzati in quota, nonostante la vivace dinamica morfologica che caratterizza solitamente tali zone, è stato possibile introdurre la classe di fattibilità 3, in ragione della medio bassa pendenza (ampie aree prative delle valli sospese percorse dal torrente Salmurano e Val d'Inferno) e dell'assenza diretta con fenomeni di dissesto (Zona Rifugio Benigni, Alpeggio Salmurano).

Si tratta comunque di aree ad elevato pregio naturalistico la cui edificazione deve tener conto non solo degli elementi di dinamica morfologica e della quota di sviluppo di tali zone, ma anche di aspetti naturalistici e paesaggistici che devono guidare nella trasformazione d'uso del suolo di tali ambiti.

Sono stati inoltre eseguiti sopralluoghi in tutte le zone caratterizzate dalla presenza di edifici rurali anche isolati, con il fine di verificarne lo stato del dissesto areale e il possibile inserimento di parte di tali ambiti in classe di fattibilità 3.

#### 4.4 CARTA DEL QUADRO DEL DISSESTO CON LEGENDA PAI

In tale documento sono individuati i dissesti con legenda unificata a quella del PAI, rappresentati sulla Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000, in funzione di quanto contenuto nella carta di sintesi, negli allegati cartografici 4.1 e 4.2 del PAI, della cartografia PAI redatta a supporto del precedente studio e del Piano di Rischio Alluvioni.

La correlazione tra classi di pericolosità, classi di Fattibilità geologica per le azioni di piano e voci della legenda PAI è individuata nella tabella seguente.

PERICOLOSITA'/RISCHIO	CLASSI DI FATTIBILITA'	VOCI LEGENDA PAI
H1 su conoide	Classe 1/2 – senza o con modeste limitazioni	Cn – conoide protetta...
H2 su conoide	Classe 2/3 – modeste o consistenti limitazioni	Cn – conoide protetta ...
H3 su conoide	Classe 3 – consistenti limitazioni	Cp – conoide parz. protetta 1 Cn – conoide protetta...
H4 – H5 su conoide	Classe 4 – gravi limitazioni	Ca – conoide attiva non protetta
H1 per crolli, crolli in massa e scivolamenti	Classe 2/3 – modeste o consistenti limitazioni	Fs – frana stabilizzata
H2 per crolli e crolli in massa H2-H3 per scivolamenti	Classe 4/3 – gravi o consistenti limitazioni	Fq – frana quiescente 2
H3-H5 per crolli e crolli in massa H4-H5 per scivolamenti	Classe 4 – gravi limitazioni	Fa – frana attiva
H1-H2 per esondazione	Classe 2/3 – modeste o consistenti limitazioni	Em – pericolosità media o moderata di esondazione
H3 per esondazione	Classe 3 – consistenti limitazioni (con norma più restrittiva art. 9 comma 6)	Eb – pericolosità elevata di esondazione
H4 per esondazione	Classe 4 – gravi limitazioni	Ee – pericolosità molto elevata
Zona rossa	Classe 4 – gravi limitazioni	Ve, Vm – pericolosità molto elevata o media per valanga

Tabella 3 - Correlazione tra classi di Pericolosità, classi di Fattibilità geologica per le azioni di piano e voci della legenda PAI. da d.g.r. IX/2616 del 30/11/2011

Note:

1 - per le zone ricadenti in H3-classe 3 di fattibilità, l'inserimento in Cp o Cn è lasciato alla valutazione del professionista. Qualora l'area venga inserita in Cp, la norma dell'art. 9, comma 8, delle N.d.A. del PAI prevale, in quanto più restrittiva, su quella di classe 3.

2 - come previsto dall'art. 9 comma 3 delle N.d.A. del PAI alle aree Fq può essere attribuita la classe 3 di fattibilità con norma stabilita dal professionista solo nel caso sia stata effettuata la verifica di compatibilità mediante uno studio specifico sull'area e gli interventi edificatori di cui all'art. 9, comma 3, stesso siano consentiti dallo strumento urbanistico

Oltre agli elementi poligonali (aree in dissesto perimetrate), vengono indicati in tale carta anche gli elementi lineari che puntuali (aree non perimetrate).

Gli elementi lineari indicano soprattutto le aste torrentizie (limitatamente a pochi percorsi valanghivi non compresi negli ambiti di perimetrazione areali) ed il rispettivo grado di pericolosità desunto dallo studio geologico comunale di cui al presente aggiornamento e integrato con le informazioni ricavate dai rilievi in sito.

Alle aree in dissesto reale e/o potenziale individuate nella Carta del Quadro del Dissesto con legenda uniformata a quella del PAI corrispondono specifiche norme tecniche di uso del suolo definite dall'Autorità di Bacino e direttamente derivate dalle NdA del PAI (come precisato in tavola B).

## 5.0 AMBITI OGGETTO DI REVISIONE

### 5.1 LOCALITA' SIRTA

La località Sirta, nel settore a ovest a monte della zona edificata, nello studio geologico del 2001 risultava inserita in classe di fattibilità 4 (cfr. figura 1) in relazione alla presenza di fenomeni concomitanti quali: fenomeni di impregnazione d'acqua, soliflusso e una frana attiva indicati nella cartografia di sintesi e nella carta geomorfologica di cui si riportano gli stralci nella figura 1 seguente.

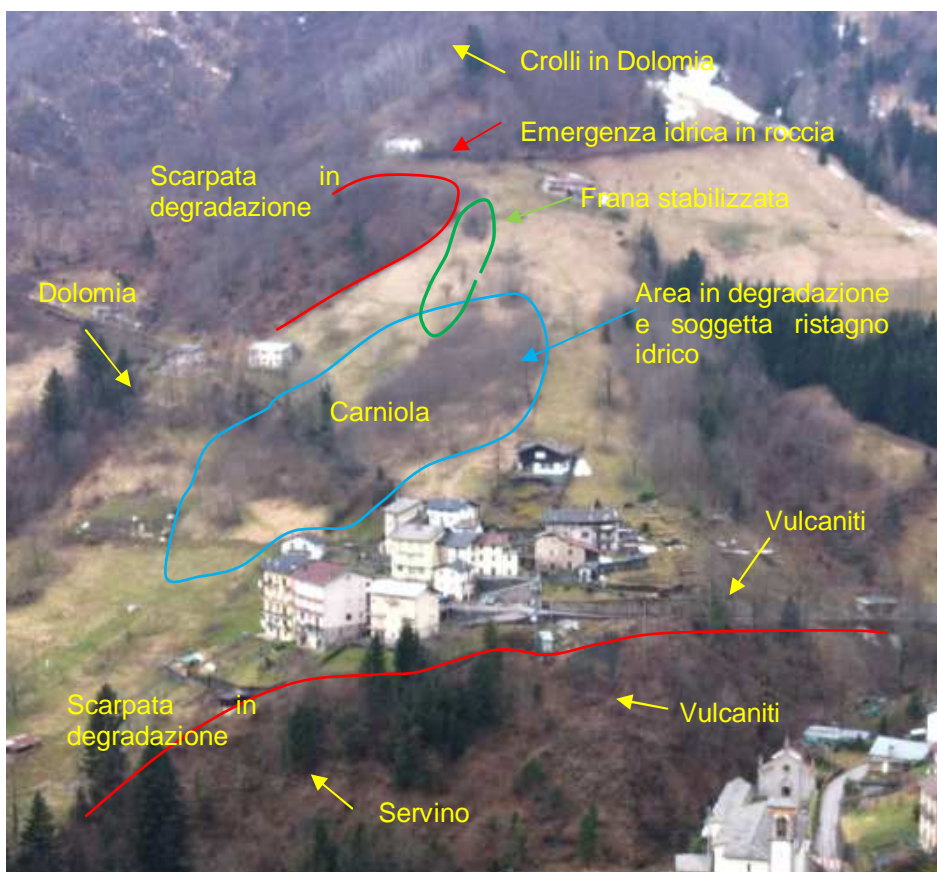


Foto 68: ripresa panoramica del settore di versante in esame con individuazione delle problematiche



Foto 69: versante in esame a seguito degli eventi del 1987 dove è evidente il fenomeno di soil slip ad oggi stabilizzato in testata al versante (per concessione di Studio Fotografico Passerini Raffaella di Piazza Brembana)

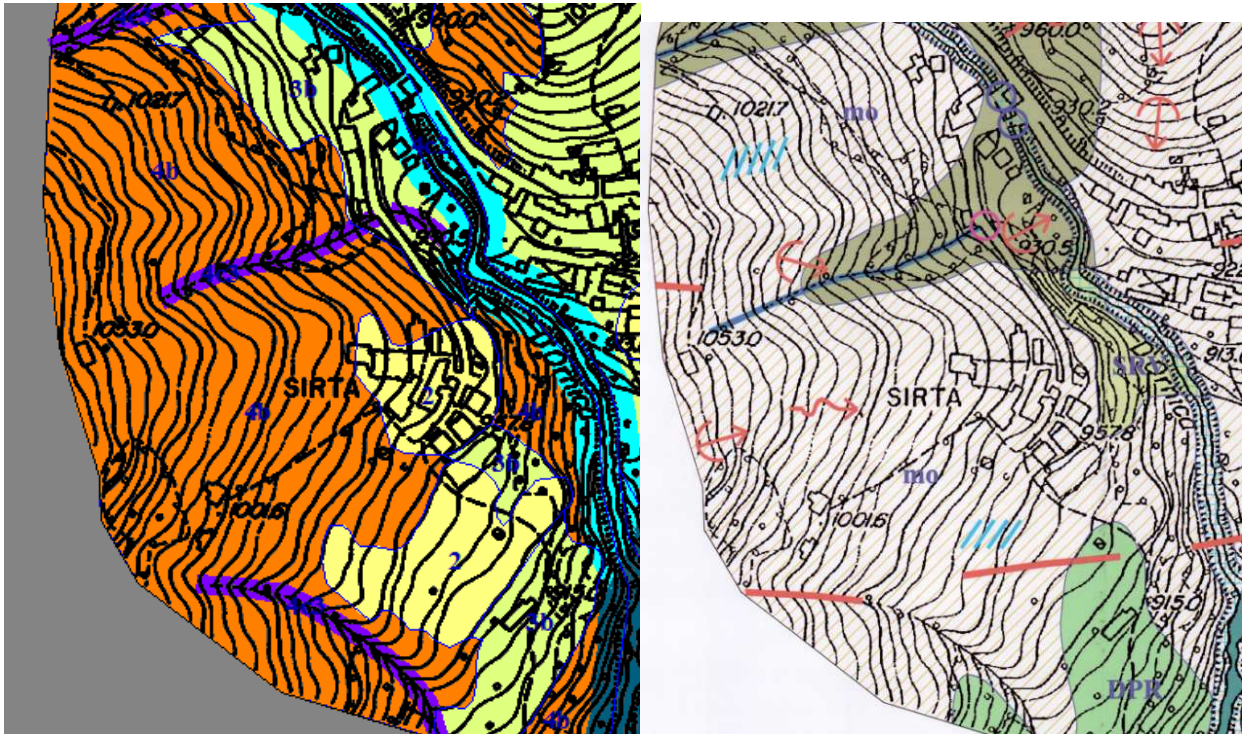
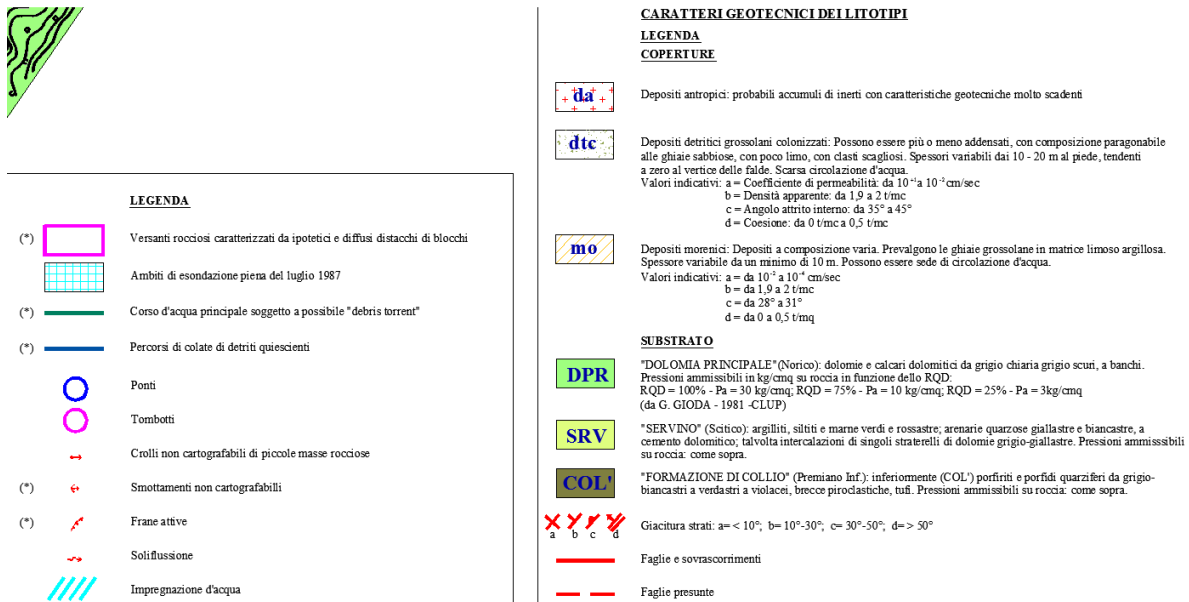


Figura 1: stralcio carta di fattibilità dello studio geologico comunale del 2001 e della carta di inquadramento con legenda in località Sirta



Per definire lo stato di dissesto in atto lungo questo settore di versante sono stati eseguiti alcuni sopralluoghi anche in stagioni diverse (i primi rilevamenti sono stati eseguiti nel mese di settembre, quindi a novembre, febbraio e marzo) con il fine di verificare la presenza di indici che consentissero di ricostruire le condizioni idrogeologiche locali (in riferimento a fenomeni di emergenza idrica, ristagni idrici ecc.).

La località in esame dal punto di vista geologico - strutturale si colloca in un settore particolare del territorio in esame ovvero nella zona di passaggio tra le formazioni triassiche rappresentate dalla Dolomia Principale, la Carniola di Bovegno (sigla BOV in figura 2) e la formazione del Servino (SRV in figura 2) e le formazioni permiane rappresentate dalle Vulcaniti del Monte Ca' Bianca (VUC in figura 2, che unitamente alla formazione del Pizzo del Diavolo, sostituisce nella nuova cartografia geologica la "formazione del Collio").

In una stretta fascia dell'ordine di 500 metri si collocano quattro formazioni, delimitate da contatti tettonici e dunque fortemente tettonizzate: in particolare la Carniola di Bovegno opera quale orizzonte di scollamento plastico tra la formazione del Servino e le sovrastanti dolomie.

E' evidente che in questo ambito lo stato di deformazione delle rocce, sia fragile che duttile, e' elevato, tanto che, in quelle poche aree dove affiorano non coperte da depositi superficiali presentano vistosi piegamenti e intenso grado di fessurazione.

Mentre la Dolomia Principale e le vulcaniti affiorano ai margini del settore in esame (lungo la Valle della Sirta e lungo la vallecchia che delimita la località Barisola) la localizzazione della Carniola di Bovegno non può essere ricostruita con certezza.

Il ripiano morfologico della località Sirta ha origine sia strutturale che fluvioglaciale: l'estesa scarpata in degradazione che lo delimita presenta depositi fluvioglaciali (LCN in figura 2): solo poco prima di un affioramento di Servino, localizzato lungo il sentiero pedonale Ornica-Sirta, sono presenti alla base della scarpata in degradazione ciottoli e blocchi ascrivibili alla formazione in esame: lo stato di degradazione e la limitata estensione del presunto affioramento (pochi decimetri) è tale che non risulta sicuramente ascrivibile a roccia in posto.

Ciottoli e piccoli blocchi di Carniola sono stati individuati anche lungo il sentiero a monte della località Sirta: le due zone sono allineate e, anche se nella zona centrale del ripiano non sono presenti altre evidenze (spaccati di terreno dell'ordine di 30-40 cm contengono ciottoli di Carniola) si può affermare che la formazione e' localizzata nella stretta fascia che va dalla Valle Sirta sino a poco più a sud della zona edificata.

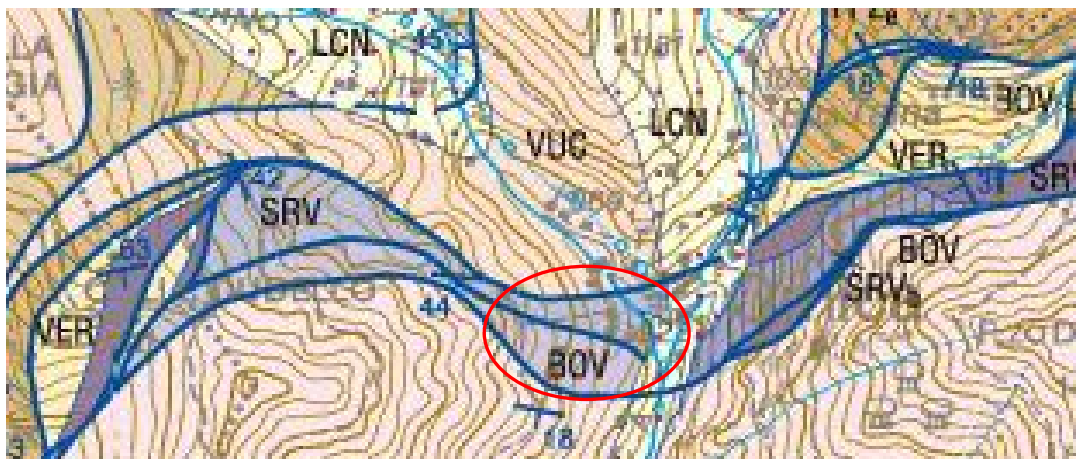


Figura 2: stralcio carta geologica foglio Lecco (Carg) con individuazione dell'area in esame

Il ripiano è costituito nel settore più basso da depositi fluvioglaciali con spessore presumibilmente variabile da dieci metri a pochi metri: tali depositi affiorano lungo la scarpata in fregio al torrente Ornica e sono caratterizzati da massi, blocchi e ciottoli poligenici in abbondante matrice sabbioso limosa. Sono anche presenti grossi blocchi di Verrucano, sia lungo il ripiano della Sirta che posizionati sul ciglio della scarpata in degradazione.

Lungo la scarpata non si sono osservate manifestazioni di emergenza idrica né tracce di circolazione idrica. Dagli spaccati presenti lungo il ripiano è stato possibile verificare la composizione dei terreni di copertura solo nei primi 30-40 cm: essi sono costituiti da sabbie, anche pulite, nocciola nel settore prossimo all'edificato, mentre nella zona centrale del ripiano, dove è individuabile un avvallamento e dove è collocabile la formazione della Carniola di Bovegno, i terreni sono maggiormente limosi e possono dar luogo a fenomeni di ristagno idrico.

I fenomeni di degradazione del suolo, ristagno sono dunque legati alla presenza di questo orizzonte colluviale caratterizzato da terreni con proprietà tecniche medio scadenti (nonché talora al pascolamento di bestiame), potenzialmente soggetti a ristagno idrico a causa della bassa permeabilità.

La pendenza del versante non è comunque elevata, condizione che mitiga la possibilità che possano manifestarsi fenomeni di scivolamento dei terreni di copertura.

A monte della zona edificata e sino al sentiero, la pendenza del versante aumenta: fatta eccezione per la traccia di scavo del sentiero non sono presenti scavi o sbancamenti naturali che consentano di ricostruire la stratigrafia del suolo: lungo la valle affiorano i banchi rocciosi della Dolomia Principale e i terreni superficiali sono ascrivibili a terreni detritico colluviali.

In tale ambito, poco a valle del sentiero, è stata individuata una forma tipica di un fenomeno di "soil slip" legato all'evento alluvionale del 1987 e ormai "cicatrizzato" (si intende un fenomeno di scivolamento superficiale di poche decine di metri quadri e che può aver coinvolto al massimo 50-60 cm di spessore di terreno).

La stessa variazione di pendenza a partire dalla traccia del sentiero verso monte, suggerisce comunque la presenza di roccia a limitata profondità, che affiora non solo all'interno del canale della Sirta ma anche a

monte dei due fabbricati esistenti e posti lungo il sentiero, sino al dosso morfologico che, a parere della scrivente, delimita a nord dell'edificato la zona in cui affiora la formazione della carniola.

Superando il dosso si trova traccia di un debole avvallamento debolmente vegetato indicato nella cartografia di sintesi come un fenomeno franoso stabilizzato (si vedano le foto 42 e 43 del paragrafo 4.2).

Non vi sono evidenze di attività ad oggi del fenomeno e le pendenze sono contenute: la testata dell'avvallamento è tipica di una zona di emergenza idrica, seppur non osservata direttamente (a monte di un fabbricato, lungo la stessa "linea" si è osservata una piccola emergenza idrica nella formazione rocciosa della dolomia).

Ancora più a monte l'assetto del versante è caratterizzato dalla presenza di roccia dolomitica che forma le tipiche guglie pinnacoli estese lungo gran parte del versante destro idrografico della valle di Ornica.

In sintesi per la località Sirta, nell'ambito dell'edificato a valle del sentiero, è stato valutato il declassamento da classe 4 a classe 3 per le seguenti motivazioni:

- assenza di fenomeni di dissesto in atto (i fenomeni franosi individuati e manifestatisi circa 30 anni fa sono non solo di contenute dimensioni, ma ormai stabilizzati);
- la scarpata in degradazione a valle dell'edificato e i fenomeni di crollo individuati molto più a monte non coinvolgono l'ambito in esame;
- le problematiche sono perlopiù legate alle caratteristiche tecniche dei terreni di copertura e all'assetto geologico strutturale del versante, problematiche superabili, in caso di cambio di destinazione d'uso del suolo, svolgendo adeguate analisi di supporto agli interventi da realizzarsi.

Per quanto attiene l'ambito a monte del sentiero, in questo caso la medio elevata pendenza del versante può portare i terreni sopra descritti a condizioni di equilibrio limite: la degradazione superficiale di tali terreni legata alle caratteristiche tecniche, al dilavamento delle acque meteoriche e alla pendenza del versante è indice di tale predisposizione (come più evidente nell'ambito di seguito descritto che si sviluppa a nord della frazione Sirta).

## **5.2 LOCALITA' "BARISOLA"**

Si tratta della località che si sviluppa a nord della frazione della Sirta, in continuità con il settore precedentemente esaminato.

Diversamente dall'ambito precedente, tale settore è caratterizzato da pendenza medio elevata, terreni di origine colluviale e formazione rocciosa (Vulcaniti del Monte Ca' Bianca) localizzata da 50 cm sino a due metri circa di profondità, stando agli affioramenti individuati.

I fenomeni di degradazione del suolo in questo ambito sono decisamente più evidenti, in relazione alla maggiore pendenza: anche in questo caso non si sono osservate direttamente emergenze idriche: tuttavia la testata della valle che nasce proprio in questo settore si imposta evidentemente in un'area di emergenza idrica (anche in questo caso l'assetto strutturale condiziona fortemente la dinamica morfologica dell'area localizzata al contatto tra Servino a monte e Vulcaniti lungo il versante fortemente deformati e tettonizzati nella zona di contatto).



I fenomeni degradativi sono legati, oltre che alla pendenza elevata, alle caratteristiche tecniche dei terreni di genesi colluviale, con abbondante matrice limoso argillosa e scarsamente permeabili (anche in questo caso stagionalmente si uniscono le attività di pascolamento che in tali ambiti costituiscono un fattore aggravante le condizioni di stabilità dei terreni).

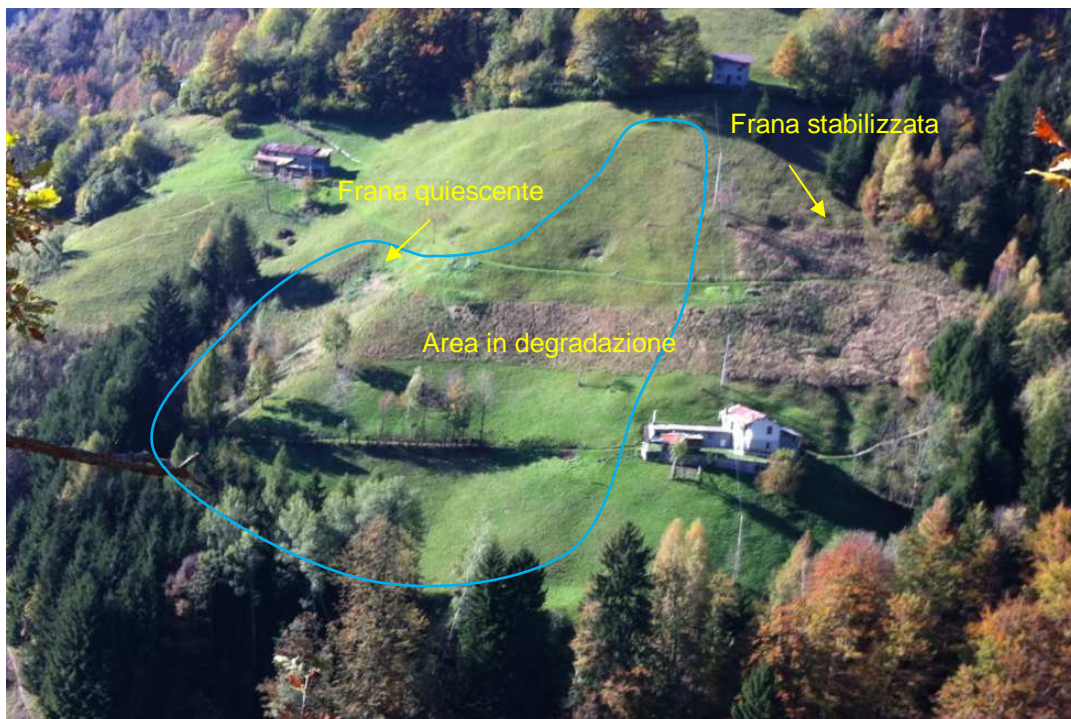


Foto 70: ripresa panoramica della località Barisola settore alto



Foto 71: ripresa panoramica della località Barisola settore basso al di sotto della fascia boscata



Foto 72: settore basso del versante sotto la fascia boscata

Trattasi anche in questo caso di fenomeni di carattere superficiale definibili come "soli slip" che possono manifestarsi in caso di precipitazioni intense (che costituisce tipicamente il fattore di innesco di tali fenomeni, stando allo stato di equilibrio limite di tali terreni) e che coinvolgono poche decine di metri cubi di terreno.

Un'altra caratteristica del tratto di versante in esame e' la possibile manifestazione di fenomeni valanghivi (l'area e' inserita nel sistema informativo SIRVAL): trattasi di scaricamenti (spessori di neve di limitato spessore) del manto nevoso che possono verificarsi nelle annate di maggiori precipitazioni nevose, data la pendenza dell'area prativa a monte dell'edificato (cfr. paragrafo 4.2).

Gli scaricamenti, data l'esposizione del versante a est avvengono senza che si possano accumulare significativi spessori di neve.

La perimetrazione dell'area valanghiva indicata nel SIRVAL comprende anche tutto l'ambito vallivo, peraltro boscato e la fascia che divide il settore alto del versante da quello a monte dell'edificato, fascia anche in questo caso ormai boscata.

Stando all'assetto attuale del versante, tali scivolamenti sono possibili in corrispondenza dell'area prativa a monte e a maggior pendenza, quindi solo in posizione più a nord rispetto a quanto indicato dalla perimetrazione del SIRVAL e dislocata rispetto agli edifici posti a valle che sono anche ad oggi protetti dalla fascia boscata che, seppur posizionata alle quote inferiori rispetto alle zone di potenziale distacco, esercita comunque una funzione protettiva nel caso dei fenomeni che possono manifestarsi.

Infatti date le quote di sviluppo dell'area (dai 1.000,00 ai 950,00 m s.l.m.) non si ritiene che possano accumularsi significative altezze di neve al suolo, tali da provocare, in caso di scivolamento, il trascinarsi completo a valle della fascia boscata con conseguente impatto e danni significativi agli edifici.

In passato (nel 1986), come indicato nella scheda valanghe, si rileva solo un caso in cui le masse nevose si sono "appoggiate" a un fabbricato posto a valle in vicinanza della Val d'Inferno, ma non risulta a memoria storica che vi siano stati danni significativi o che il fenomeno si sia ripetuto.

All'ambito in esame è stata attribuita corrispondenza PAI "Vm".

### **5.3 LOCALITA' "LA BASSA - VALLE DELLA CRETA"**

Tale ambito presenta un assetto geologico analogo a quanto esaminato per la località "Sirta": ci si trova infatti al passaggio tra le formazioni triassiche e le formazioni paleozoiche del Servino e delle Vulcaniti e quindi in presenza dell'orizzonte di "scivolamento" costituito dalla Carniola di Bovegno.

I fenomeni franosi individuati, nonché i fenomeni di degradazione del suolo si impostano tutti in corrispondenza delle zone di localizzazione della Carniola di cui, in questo ambito rispetto alla località Sirta, si hanno maggiori evidenze data l'abbondante presenza di ciottoli appartenenti alla formazione in esame nei terreni di genesi colluviale.

La stessa presenza di una zona il cui toponimo è "Valle della Creta" è indice della tipologia dei terreni presenti.

In questo caso i terreni sono tipicamente argilloso limosi da grigio a rossastri, inglobanti ghiaie e ciottoli derivanti dall'alterazione della roccia madre.

Il limite tra le dolomie e le carnirole è individuabile lungo la traccia del sentiero che passa sopra i fabbricati della località "La Bassa": a monte del sentiero i terreni detritico colluviali sono costituiti da blocchi e ciottoli di dolomia, la stessa formazione affiora lungo il sentiero in direzione sud.

I fabbricati posti a valle del sentiero si trovano proprio sul limite tra le due formazioni: il versante a valle presenta due forme ascrivibili a fenomeni franosi che, complessivamente potrebbero anche definirsi stabilizzati ma che si è preferito individuare come quiescenti in relazione ad alcuni indici rilevati.

Il suolo presenta infatti indici di degradazione intensa con fessurazioni anche aperte in cui l'acqua può infiltrarsi e, stando alle caratteristiche tecniche dei terreni e alla scarsa permeabilità, dar luogo ancora a fenomeni di smottamento, sebbene di estensione più limitata rispetto a quelli individuati cartograficamente e rilevati sulla base degli indici morfologici.

Per tale ambito sono anche individuabili zone di emergenza idrica temporanee e di modesta entità, che si collocano al contatto tra le due formazioni, in corrispondenza dell'allineamento su cui sorgono i fabbricati.

Al di sotto degli stessi è stato realizzato un canale di scolo delle acque che, evidentemente possono manifestarsi con caratteristiche stagionali e temporanee.

I fabbricati non presentano lesioni, tuttavia poco a valle degli stessi, in concomitanza con eventi meteorologici intensi, si manifestano fenomeni di cedimento dei terreni superficiali con formazione di fessurazioni di pochi metri di estensione e qualche decimetro di profondità.

Per l'utilizzo di tali aree sono raccomandabili interventi di stabilizzazione dei fenomeni individuati.

### **5.4 LOCALITA' "RASEGA - VALLE DELLA LAZA"**

Il settore in esame si estende lungo il versante sinistro idrografico della Valle di Salmurano/Valle di Ornica, sul versante opposto rispetto all'abitato principale di Ornica tra la località "Rasega" e la località "Roncai".

Si tratta di un ambito in cui sono stati riscontrati diversi indici di fenomeni di dissesto in via di stabilizzazione (sia legati alla stabilità dei versanti che ai fenomeni di scorrimento delle acque superficiali) ma che in diversi settori non consentono ancora un completo uso del suolo senza gravi limitazioni.

L'assetto geologico strutturale condiziona anche in questo caso la predisposizione ai fenomeni di dissesto: affiora la formazione del Servino, tuttavia sempre nella zona di passaggio con la formazione dolomitica triassica e quindi in una zona di forte deformazione strutturale, sia duttile che fragile oltre che di presenza della formazione della Carniola di Bovegno (che qui tuttavia non è stata individuata direttamente).

In tale ambito assume un ruolo più evidente l'assetto idrogeologico: le manifestazioni di emergenza idrica nel settore più a sud della località in esame sono sempre presenti e vanno a sovrapporsi ad aree di frane stabilizzate anche con interventi di ingegneria naturalistica.

La zona in esame, data la pendenza e la presenza di aree che in passato erano mantenute a prato, è anche caratterizzata da possibili scivolamenti del manto nevoso (come accaduto nel 1986 quando i distacchi hanno invaso la strada di accesso al paese e la piazzola di sosta dell'autobus).

Dal punto di vista morfologico l'area è modellata oltre che dagli elementi tettonico – strutturali dai fenomeni torrentizi (Valle della Laza) e dai fenomeni gravitativi che si esplicano soprattutto mediante frane superficiali in terreno eluviale e colluviale e fenomeni di crollo in roccia nel settore più alto del versante.

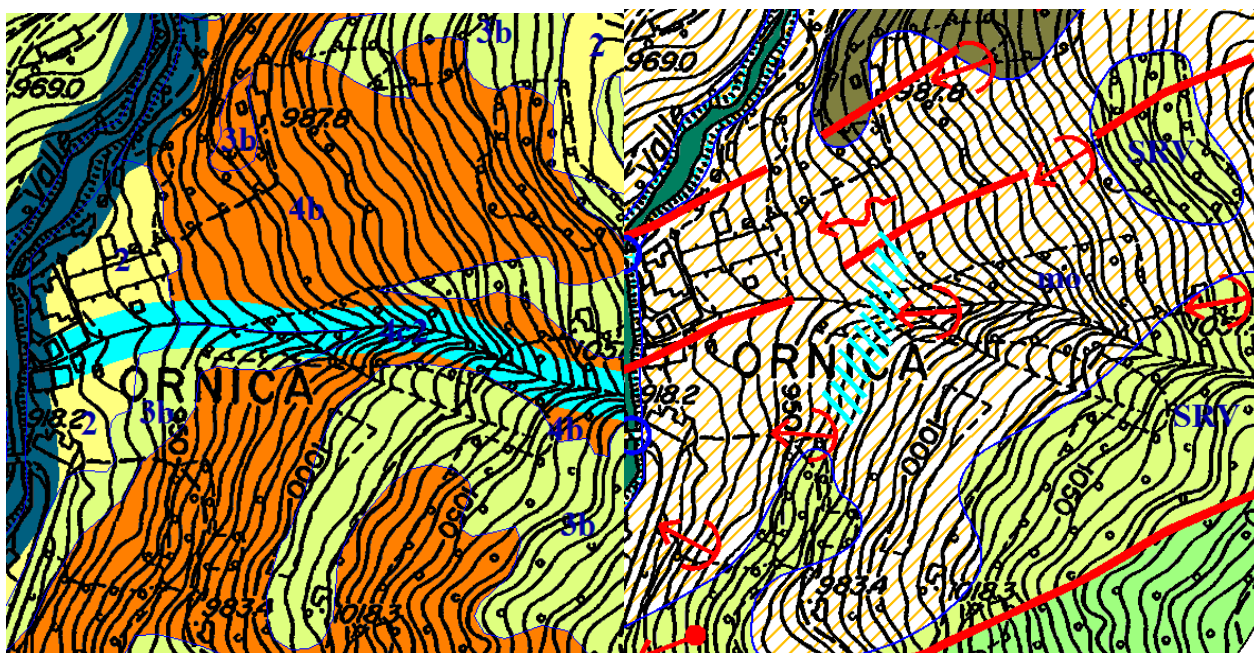


Figura 3: stralcio carta di fattibilità dello studio geologico comunale del 2001 e della carta di inquadramento con legenda in località Valle della Laza



**LEGENDA**

- (\*) Versanti rocciosi caratterizzati da ipotetici e diffusi distacchi di blocchi
- Ambiti di esondazione piena del luglio 1987
- (\*) Corso d'acqua principale soggetto a possibile "debris torrent"
- (\*) Percorsi di colate di detriti quiescenti
- Ponti
- Tombotti
- Crolli non cartografabili di piccole masse rocciose
- (\*) Smottamenti non cartografabili
- (\*) Frane attive
- Solifussione
- Impregnazione d'acqua

**CARATTERI GEOTECNICI DEI LITOTIPI**

**LEGENDA  
COPERTURE**



Depositi antropici: probabili accumuli di inerti con caratteristiche geotecniche molto scadenti



Depositi detritici grossolani colonizzati: Possono essere più o meno addensati, con composizione paragonabile alle ghiaie sabbiose, con poco limo, con ciassi scagliesi. Spessori variabili dai 10 - 20 m al piede, tendenti a zero al vertice delle falde. Scarsa circolazione d'acqua.  
Valori indicativi: a = Coefficiente di permeabilità: da  $10^{-1}$  a  $10^{-2}$  cm/sec  
b = Densità apparente: da 1,9 a 2 t/mc  
c = Angolo attrito interno: da  $35^\circ$  a  $45^\circ$   
d = Coesione: da 0 t/mc a 0,5 t/mc



Depositi morenici: Depositi a composizione varia. Prevengono le ghiaie grossolane in matrice limoso argillosa. Spessore variabile da un minimo di 10 m. Possono essere sede di circolazione d'acqua.  
Valori indicativi: a = da  $10^{-2}$  a  $10^{-4}$  cm/sec  
b = da 1,9 a 2 t/mc  
c = da  $28^\circ$  a  $31^\circ$   
d = da 0 a 0,5 t/mc

**SUBSTRATO**



"DOLOMIA PRINCIPALE" (Norico): dolomie e calcari dolomitici da grigio chiara grigio scuri, a banchi. Pressioni ammissibili in kg/cmq su roccia in funzione dello RQD:  
RQD = 100% - Pa = 30 kg/cmq; RQD = 75% - Pa = 10 kg/cmq; RQD = 25% - Pa = 3kg/cmq  
(da G. GIODA - 1981 - CLUP)



"SERVENO" (Scitico): argilliti, siltiti e marne verdi e rossastre; arenarie quarzose giallastre e biancastre, a cemento dolomitico, talvolta intercalazioni di singoli straterelli di dolomie grigio-giallastre. Pressioni ammissibili su roccia: come sopra.



"FORMAZIONE DI COLLIO" (Premiano Inf.): inferiormente (COL) porfiriti e porfidi quarziferi da grigio-biancastri a verdastri a violacei, breccie piroclastiche, tufi. Pressioni ammissibili su roccia: come sopra.



Giacitura strati: a =  $< 10^\circ$ ; b =  $10^\circ-30^\circ$ ; c =  $30^\circ-50^\circ$ ; d =  $> 50^\circ$



Foglie e sovraccorrimenti



Foglie presunte

L'inserimento in classe 3 è stato previsto per gli ambiti che mostrano ad oggi maggior stabilità sia in relazione al grado di stabilizzazione dei fenomeni di scivolamento superficiale individuati, sia per l'assenza di manifestazioni di emergenza idrica, sia per la più bassa pendenza.

Anche le aree precedentemente inserite in classe 2 sono state inserite in classe 3V in relazione alle diverse problematiche riscontrate.

In generale tale ambito rimane per la maggior parte inserito in classe di fattibilità 4, in relazione alla presenza del solco vallivo "Valle della Laza" interessata dagli eventi alluvionali del 1987 come descritto in paragrafo 4.1), alla zona di frana stabilizzata a sud della stessa valle, ma in cui sono ancora evidenti e persistenti aree di emergenza idrica e di ristagno idrico che non favoriscono la stabilizzazione dei terreni, alla presenza delle opere fermaneve (solo in parte sostituite e in diversi tratti degradate), nonché data la medio elevata pendenza del versante che, soprattutto a monte dell'area edificata presenta terreni dalle caratteristiche tecniche medio - scadenti e in stato di equilibrio limite.



Foto 73: ripresa panoramica dell'ambito in esame



Foto 74 a sinistra. Valle della Laza a seguito dell'evento del luglio 1987 (per concessione di Studio Fotografico Passerini Raffaella di Piazza Brembana)



Foto 75 a destra. Valle della Laza ripresa dalla confluenza con la Valle di Salmurano a seguito dell'evento del luglio 1987 (per concessione di Studio Fotografico Passerini Raffaella di Piazza Brembana)

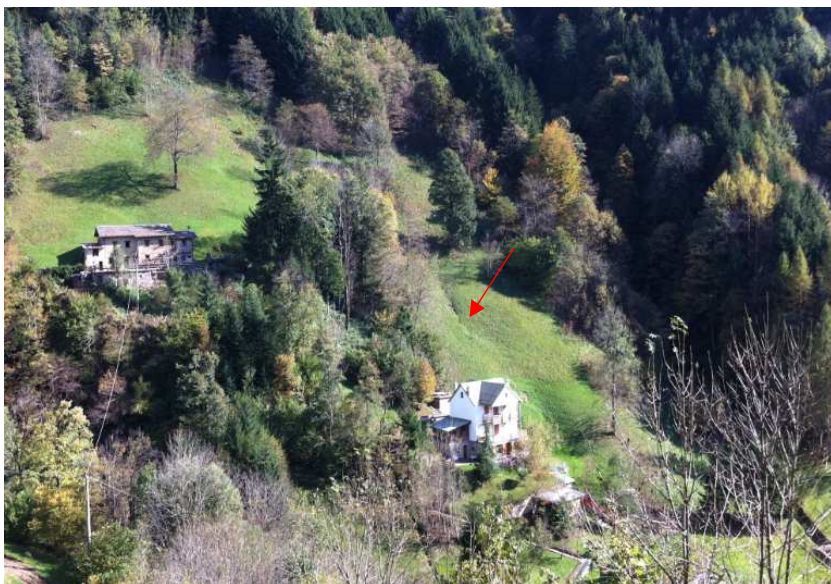


Foto 76: avvallamento indice della frana di scivolamento superficiale stabilizzata. Come da ripresa sotto i terreni sono ancora soggetti a degradazione e, date le caratteristiche tecniche, a possibile ristagno idrico



Foto 77: ripresa da monte dell'ambito di frana stabilizzata



Foto 78: frana stabilizzata con viminate e palificate semplici (freccia) ma soggetta ancora a forte degradazione anche a causa delle emergenze idriche che si manifestano continuamente e ai ristagni diffusi. Nella ripresa sulla destra la "Valle della Laza" regimata dopo gli eventi alluvionali del 1987, in alto e a destra le opere fermaneve in legname. Al centro (area cerchiata) un'altra zona con presenza di terreni soggetti a ristagno idrico. La forma suggerisce anche la presenza di un "soil slip" stabilizzato.

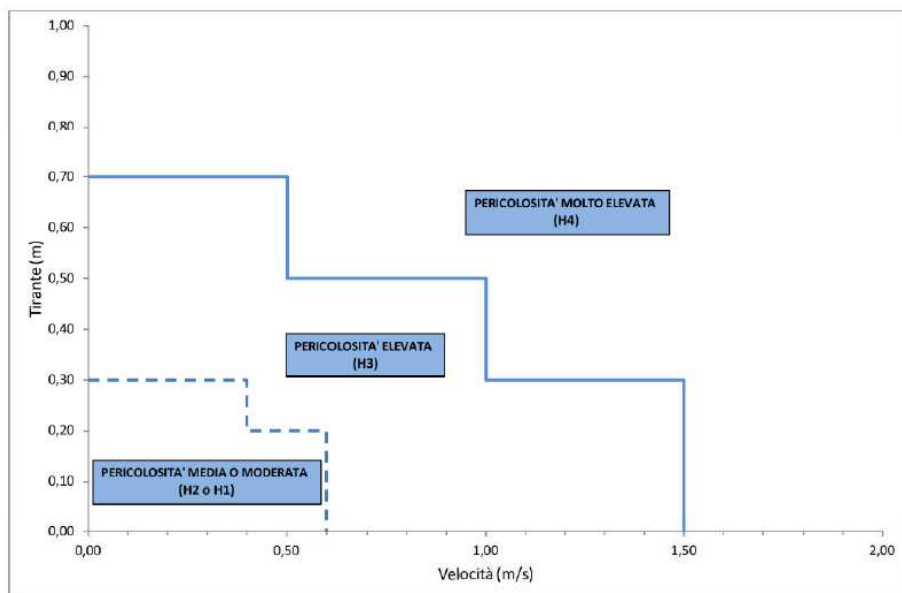
## 5.5 ANALISI DELLA PERICOLOSITA' DEI FENOMENI DI ESONDAZIONE DELLA VALLE DI SAMURANO

Le analisi contenute nel presente capitolo sono state eseguite per definire la pericolosità delle località Rasega e Fusinetta, quest'ultima classificata ai sensi del PAI nello studio geologico redatto ai sensi della L.R. 41/97 come "area esondabile a pericolosità molto elevata - Ee".

Nello studio geologico sopra citato la perimetrazione non è stata supportata da valutazioni di portata, magnitudo, né sono state individuate e/o descritte le condizioni di criticità che possono ricondursi alla definizione della pericolosità dei fenomeni e alla conseguente classificazione proposta.

La d.g.r. n° IX/2616 del 30/11/2011 individua il percorso metodologico che deve essere utilizzato per la definizione della pericolosità dei fenomeni di dissesto ai fini della classificazione di fattibilità e per l'attribuzione della corrispondenza normativa ai sensi del PAI.

Nella procedura da adottare al fine di definire la pericolosità, l'allegato 4 di suddetta direttiva prevede anche l'utilizzo di modelli idraulici atti a valutare i livelli della portata di piena e le velocità associate alle correnti fuori alveo, secondo il grafico seguente.



Per il corso d'acqua in oggetto e per l'ultimo tratto della Valle di Scioc e della Valle della Cola (di cui è stata definita la pericolosità) non sono state eseguite modellazioni idrauliche per le seguenti motivazioni:

- mancanza di un rilievo topografico di sufficiente dettaglio per la ricostruzione delle sezioni di deflusso del corso d'acqua;
- i modelli in moto permanente (tipo applicativo Hec Ras) nel caso di corsi d'acqua quali quello in esame (la cui geometria delle sezioni deflusso varia repentinamente in brevi tratti) non sono applicabili;
- tali modelli non sono in grado di valutare l'effetto di eventi alluvionali tipici dei corsi d'acqua torrentizi montani, legati alla formazione di zone in sovralluvionamento e/o di sbarramenti temporanei in alveo per la presenza di grossi massi e vegetazione.

Le verifiche delle sezioni critiche di deflusso in corrispondenza degli attraversamenti vallivi sono comunque state condotte puntualmente valutando le velocità delle correnti di deflusso fuori alveo in ragione della pendenza delle aree soggette ad esondazione e degli ostacoli morfologici rilevati.

Nella maggior parte dei casi, anche senza l'ausilio del modello idraulico, la pendenza di tali aree (come indicato in allegato 3) determina velocità di deflusso elevate, sicuramente superiori al limite definito di 1,5 m/s (cfr. grafico sopra) seppur i tiranti idrici possono dirsi bassi in relazione all'estensione di tali aree.

Tali considerazioni valgono analogamente per le analisi di pericolosità eseguite nel paragrafo 5.6 per la Valle d'Inferno.



A supporto della definizione della pericolosità dei fenomeni si è pertanto deciso di adottare la seguente metodologia che riprende in gran parte quanto contenuto nell'allegato 4 della d.g.r. fatta eccezione, come sopra motivato, per l'utilizzo del modello idraulico:

- analisi delle caratteristiche geologiche, morfologiche e idrografiche delle aste idriche. L'analisi si è basata sull'esame delle carte di base allegate al presente studio (tavole 1-5) oltre che sui rilievi in sito;
  - valutazione della tipologia dei fenomeni di trasporto solido e della possibile mobilizzazione dei detriti in alveo sulla base dei sopralluoghi eseguiti e della pendenza dei singoli tronchi dei corsi d'acqua;
  - stima delle portate di massima piena liquida e della magnitudo dei detriti trasportati;
  - formulazione di uno scenario di evento potenziale nelle condizioni di maggior criticità;
  - valutazione dell'interferenza delle scenario ipotizzato con l'assetto morfologico e idrografico dei corsi d'acqua, nelle zone di criticità e nelle zone di possibile rallentamento e deposizione dei detriti in carico al corso d'acqua individuate a monte dell'ambito in esame (tali aspetti sono riportati nella carta degli elementi geologici e geomorfologici in allegato 3);
  - calcoli di verifica delle condizioni di deflusso esclusivamente in corrispondenza degli attraversamenti;
  - individuazione di ambiti a differente grado di pericolosità sulla base di analisi morfologiche condotte in sito che tengono conto dello scenario di evento ipotizzato che ricalca essenzialmente per la località Rasega - Fusinetta l'evento del 1987 di cui si hanno testimonianze (cfr. allegato 4 carta della pericolosità);
  - valutazione della pericolosità anche per i tratti di corsi d'acqua non sottesi all'area oggetto di revisione (nello studio geologico vigente non perimetrati): le valutazioni in questo caso sono state proposte dalla scrivente sulla scorta degli elementi raccolti durante i rilievi nei tratti dei corsi d'acqua a monte della zona in esame (per la Valle di Salmurano, il torrente Ornica e per la Valle di Scioc e la Valle della Cola la perimetrazione di pericolosità oggetto di analisi è stata eseguita esclusivamente nei tratti dei corsi d'acqua individuati sulla base del rilievo aereofotogrammetrico comunale), resisi comunque necessari per la definizione della pericolosità dei fenomeni nelle aree oggetto di specifica analisi.
- Per tali ambiti era stata proposta nella prima stesura dello studio una classificazione che non prevedeva la corrispondenza PAI in relazione al fatto che le analisi non sono state supportate dalla realizzazione di una modellazione idraulica. La richiesta di attribuire a tutte le zone corrispondenza PAI è stata espressa nel parere regionale;*
- attribuzione della corrispondente classificazione PAI alle aree oggetto di analisi di pericolosità e norme tecniche di uso del suolo.

Per il calcolo delle portate di massima piena centenaria sono stati utilizzati i parametri "a" e "n" riportati nella Direttiva 2 dell'Autorità di Bacino del Fiume Po e la stima della portata di massima piena per stabiliti tempi di ritorno è stata eseguita mediante applicazione del Metodo Razionale indicato dalla direttiva n°2 dell'Autorità di Bacino del Fiume Po - PAI – "Piena di progetto da assumere per la progettazione e le verifiche di compatibilità idraulica".

I parametri "a" e "n" relativi al tempo di ritorno di 100 e 200 anni dei fenomeni di precipitazione intensa, sono stati desunti, dalla tabella denominata "regionalizzazione" dell'allegato 3 contenuto nella stessa direttiva, in riferimento soprattutto alle celle entro le quali risultano compresi i sottobacini oggetto di analisi.

Dalle perimetrazioni degli ambiti a differente grado di pericolosità (riportate oltre che in allegato 4, anche nella carta di sintesi) è stata derivata la fattibilità d'uso del suolo per gli ambiti in esame, secondo quanto disposto dalla d.g.r. n°IX/2616 del 30/11/2011.

A supporto delle analisi svolte sono state prodotte tre cartografie allegate al testo:

- allegato 2: vengono individuati cartograficamente i sottobacini idrografici del Torrente Ornica a monte della confluenza V. Inferno - V. Salmurano;

- allegato 3: tali cartografie, distinte in tratti, rappresentano le caratteristiche principali dei corsi d'acqua precisando dove l'alveo è delimitato da scarpate non raggiungibili in caso di piena, le zone a bassa pendenza, dove è possibile il rallentamento e anche la deposizione dei solidi trasportati e le opere di regimazione. Sono indicate anche le zone di criticità rilevate quali ponti, sezioni di deflusso ristrette, sponde aperte, sovralluvionamenti in alveo.

Sono stati inoltre rappresentati gli elementi significativi che insistono sul corso d'acqua: affioramenti rocciosi, aree in frana e/o degradazione, conoidi allo sbocco di valli e canali tributari del corso d'acqua principale.

Infine sono state indicate le aree di possibile tracimazione delle acque e dei detriti in deflusso, distinguendo quelle in cui i fenomeni di laminazione possono essere significativi ai fini della mitigazione della pericolosità dei fenomeni;

- allegato 4 e 5: gli elaborati rappresentano cartograficamente gli ambiti a differente grado di pericolosità individuati su base morfologica in sito. Alla pericolosità dei fenomeni è associato un tempo di ritorno indicativo: sono state distinte le zone interessate da piena ordinaria (pertanto caratterizzate da pericolosità molto elevate e elevata), aree che possono essere interessate da fenomeni di esondazione con maggiori probabilità di accadimento in tempi brevi (compresi tra i 20 e i 50 anni ma indicati genericamente come tempi di ritorno dei fenomeni inferiori ai 100 anni e univocamente classificati a pericolosità molto elevata, stando anche alla vicinanza di tali ambiti all'alveo attuale), aree che possono essere interessate da fenomeni di accadimento più raro (con tempi di ritorno maggiori di 100 anni pertanto relazionabili ad uno scenario di evento eccezionale, aree che sono state classificate per la maggior parte come a pericolosità media o moderata).

Lo scenario di evento più catastrofico è legato alla mobilitazione totale e concomitante dei volumi di magnitudo stimati (cfr. analisi delle condizioni di trasporto e di deposizione del trasporto solido) e sono state individuate le zone di potenziale fuoriuscita delle correnti in deflusso (accompagnate anche da trasporto detritico) sulla base dell'assetto morfologico dell'alveo e delle sue pertinenze e sulla presenza delle sezioni di deflusso critiche all'altezza delle quali possono manifestarsi fenomeni di ostruzione.

Per tali ambiti, in relazione alla minor probabilità di accadimento di tali eventi, sono stati distinti tre gradi di pericolosità (da molto elevata H4 a moderata H2) che si basano, più che sul calcolo delle velocità e delle altezze della lama d'acqua come previsto dalla direttiva regionale (stando a quanto sopra precisato in relazione all'utilizzo dei modelli idraulici), su considerazioni di carattere previsionale relazionabili alla morfologia e alla topografie dei siti in esame e alle portate di deflusso stimate.

### 5.5.1 Valle Pianella (ID Reticolo Idrico Minore 0049)

Sono state analizzate le portate di massima piena della Valle Pianella e ne è stata valutata la magnitudo pur non essendo stata oggetto di valutazione di pericolosità specifica (nella carta di sintesi per tale corso d'acqua viene riportata la classificazione di "canali soggetti a fenomeni di trasporto in massa e deflussi temporanei e/o stagionali" (sigla "Can" Carta di Sintesi).

L'analisi è stata eseguita al fine di valutare quali possano essere gli apporti solidi e liquidi che possono confluire nella Valle di Salmurano.

#### 5.5.1.1 Assetto morfologico del bacino e del corso d'acqua

L'incisione principale che da' vita alla Valle Pianella nasce dal Passo Bocca di Trona alla quota di 2.199 m s.l.m. e raccoglie diversi canali tributari con scorrimenti di carattere stagionale di breve sviluppo in sponda sinistra idrografica sino alla quota di 1.700 metri che discendono dalle pendici del monte Pizzo di Giacomo (2.128 m s.l.m.) e canali tributari che discendono dalla dorsale "La Spalla" in sponda destra idrografica.

La valle si unisce alla Valle di Salmurano alla quota di 1.200 metri, dopo un percorso di 2,5 km, per una pendenza media dell'asta torrentizia del 40%, pendenza compatibile con la formazione delle colate in alveo).

Il bacino a geometria rettangolare ha un'estensione di 1,15 kmq, una lunghezza di 2,5 km per un dislivello di 1000 metri (pendenza media 40%).

<b>Valle Pianella - Caratteristiche del bacino alla confluenza con la Valle Salmurano</b>	
q max (m s.l.m.)	2.199,0
q min (m s.l.m.)	1.200
q media (m s.l.m.)	1.995,5
Pendenza media del bacino (%/°)	40%/23°
area bacino (kmq)	1,15
<b>Valle Pianella - Caratteristiche del bacino alla confluenza con la Valle Salmurano</b>	
q max alveo (m s.l.m.)	2.199,0
q min alveo (m s.l.m.)	1.200
lunghezza (m)	2.500
pendenza media alveo (%/°)	40%/23°
pendenza massima (%/°) - tratto tra le quote 1550-1 450 m s.l.m.	48%/25,6°
pendenza minima (%/°) - conca Pizzo di Giacomo	20,6%/11,6°

Tabella 4: parametri geometrici del bacino e del corso d'acqua

Il bacino si imposta nel settore alto in roccia della formazione del Conglomerato di Ponteranica (Conglomerati e brecce) poi attraversa un lungo tratto a bassa pendenza nella zona della conca poco sotto la testata (conca di origine glaciale) con presenza di depositi detritici, detritico-glaciali e fluvio-glaciali per poi ripercorrere ambiti con affioramenti della formazione delle Vulcaniti del Ca' Bianca sino alla zona di confluenza.



I litotipi dominanti costituenti il bacino e le relative percentuali sono stati determinati da analisi cartografiche sui depositi e sulle rocce affioranti utilizzando la cartografia di base di cui alla tavola 1 allegata al presente studio.

**Metodo di D'Agostino et al. (1996)**

	$M1 = 39 \cdot A \cdot S^{1.5} \cdot (I.G.) \cdot (I.T)^{-0.3} =$	<b>38.424</b>	m <sup>2</sup>
	$M2 = 36 \cdot A \cdot S^{1.5} \cdot (I.G.) \cdot (1 + C.S.)^{-1} =$	<b>36.657</b>	m <sup>3</sup>
A =	1.15	km <sup>2</sup>	
(area del bacino)			
S =	40	%	
(pendenza asta principale)			
I.G. =	<b>3.5</b>		
(dipende dai litotipi costituenti il bacino)			
Valori			Area (%)
<b>I.G. =</b>	5	copertura morenica, alluvionale e di falda	0.25
	4	rocce metamorfiche	0.00
	3	rocce terrigene	0.75
	2	rocce laviche degradate, tufi basaltici, brecce	0.00
	1	rocce calcaree	0.00
	0	rocce porfiriche, granitiche, dioritiche	0.00
			<hr/>
		somma	1.00
I.T. =	3		
(indice di trasporto basato sulla classificazione di Aulitzky)			
Valori			
<b>I.T. =</b>	1	per i debris flow	
	2	per i debris flood	
	3	per il trasporto di fondo	

#### 5.5.1.4 Analisi delle condizioni di trasporto solido

La valle è caratterizzata da un'ampia zona sottesa alla testata a bassa pendenza, morfologicamente simile a quella che caratterizza anche la Valle di Salmurano e la Valle d'inferno, che costituisce anche significativa zona di accumulo della testata valliva a monte.

A valle di questo ripiano glaciale (quota 1750 m) la pendenza del corso d'acqua aumenta significativamente e si mantiene tale sino alla quota di 1300 metri.

Sono individuabili comunque anche in questo tratto alcune zone dove i detriti eventualmente trasportati possono rallentare e depositarsi grazie soprattutto all'ampiezza della sezione valliva e alla limitata altezza delle sponde condizioni che, in caso di evento significativo, potrebbero portare alla fuoriuscita dei detriti e delle acque in deflusso nella zona circostante l'alveo con effetti di mitigazione del rischio per le aree poste a valle.

La prima zona è localizzata tra le quote 1610 m e 1570 m.

In sponda destra idrografica la valle che mantiene una pendenza del 32%, risulta meno incisa dando modo alle correnti detritiche di fuoriuscire. L'area di possibile deposizione di una colata fuori alveo ha un'ampiezza di 7.000 mq.

Poco a valle, lungo la sponda sinistra è rilevabile un lungo dosso impostato in roccia che prosegue sino alla quota di 1450 metri.

Nel primo tratto il dosso roccioso si presenta con forma di "lobo di colata" : in questo caso si precisa che pur impostandosi in roccia la presenza di blocchi di grosse dimensioni possono essere testimoni di eventi passati di attività di trasporto in massa. Anche in questo ambito è possibile la deposizione fuori alveo dei detriti trasportati di significativi volumi di materiali.

Infine nel tratto che precede la confluenza (tra la quota 1300 e 1200 m) la limitata pendenza (18%) e l'ampiezza del solco vallivo (dai 35 ai 65 metri) che si apre sia in direzione della sponda sinistra che destra idrografica consentono l'espansione e il rallentamento nelle aree marginali vallive di gran parte dei detriti eventualmente mobilizzati da un evento di piena, come testimoniato dagli accumuli già presenti sino alla zona di confluenza con la Valle di Salmurano (l'area che ha estensione di circa 13.000 mq consentirebbe la distribuzione dei detriti su un'ampia area).

Anche in questo caso non è individuabile per questa zona un vero e proprio conoide ma si tratta di un'ampia zona aperta che può essere considerata una zona di antico "lobo di colata" sovrinciso dagli eventi alluvionali successivi (sia della Valle Pianella che della Valle di Salmurano), confinata all'interno dell'ambito vallivo, in coalescenza con la valle di Salmurano.

Si ritiene in sintesi che gli apporti detritici della Valle Pianella alla Valle di Salmurano, come riscontrato anche dai sopralluoghi eseguiti, possano essere considerati non significativi, data la presenza di diverse zone in cui è possibile la deposizione degli stessi fuori alveo.

Si è riscontrato tuttavia che i sedimenti in carico al corso d'acqua sono caratterizzati da granulometrie più fini (rispetto ad altri corsi d'acqua) e quindi maggiormente mobilizzabili in alveo.

#### **5.5.1.5 Pericolosità del corso d'acqua**

Non è stata eseguita una vera e propria classificazione di pericolosità per il canale in esame: l'ambito di canale e la zona di deiezione sono stati individuati come "canali soggetti a fenomeni di trasporto in massa e deflussi temporanei e/o stagionali" (sigla "Can" Carta di Sintesi).

La zona di confluenza con la Valle di Salmurano presenta come già detto un'ampia apertura in direzione della sponda destra idrografica e anche a monte dell'attraversamento della rete sentieristica, l'ampiezza e la bassa pendenza del canale facilitano l'accumulo dei detriti (come rilevato anche in sito).

#### **5.5.2 Valle dell'Asino (ID Reticolo Idrico Minore 0023)**

Per la valle in esame valgono le stesse considerazioni della Valle Pianella.

La valle non è stata oggetto di classificazione di pericolosità: l'ambito di canale e la zona di deiezione sono stati individuati come "canali soggetti a fenomeni di trasporto in massa e deflussi temporanei e/o stagionali" (sigla "Can" Carta di Sintesi).

Vengono di seguito analizzate le caratteristiche della Valle dell'Asino, in ragione della stima degli apporti solidi e liquidi che possono confluire nella Valle di Salmurano.

### 5.5.2.1 Assetto morfologico del bacino e del corso d'acqua

Si tratta di una canale stretto e inciso con orientamento NE-SW tributario in sponda sinistra idrografica della Valle di Salmurano con la quale confluisce alla quota di 1.975 m s.l.m.

La valle segue l'andamento della dorsale di "Costa Scaluccia" ed è formata da un canale principale che si sviluppa alla quota di 1.770 m s.l.m. e da un tributario di breve sviluppo.

Il bacino ha un'estensione di 0,23 kmq e si presenta stretto e allungato intorno al canale principale.

La pendenza media del corso d'acqua è elevata dell'ordine del 50% e la valle non presenta sbocchi sino a poche centinaia di metri a monte della confluenza dove si apre e dà vita a un piccolo conoide.

Sulla sponda destra idrografica la morfologia suggerisce la presenza di un antico lobo di colata che si imposta sul substrato roccioso: nel solco vallivo percorso dal torrente Salmurano la stessa roccia in effetti affiora.

Non è chiaro quale possa essere l'influenza strutturale della deviazione del corso d'acqua in presenza di tale dosso morfologico (la deviazione è riscontrabile per entrambi i corsi d'acqua), tuttavia l'esame dei depositi superficiali non esclude la possibilità che si tratti di un antico lobo di colata anche se non è rilevabile ad oggi una possibile fuoriuscita di una colata in tale direzione (le superfici sono chiaramente sopra elevate rispetto al canale), che rimane invece confinata all'interno del solco vallivo, delimitato da scarpate morfologiche non raggiungibili dai deflussi, sino ai pressi della zona di confluenza.

<b>Valle dell'Asino - Caratteristiche del bacino alla confluenza con il Torrente Salmurano</b>	
q max (m s.l.m.)	1.910
q min (m s.l.m.)	1.175
q media (m s.l.m.) alla zona apicale (quota 1.220 m s.l.m.)	1.565,0
Pendenza media del bacino (%/°)	62,6%/32°
area bacino (kmq)	0,23
<b>Valle dell'Asino - Caratteristiche del corso d'acqua alla confluenza con il Torrente Salmurano</b>	
q max alveo (m s.l.m.)	1.770
q min alveo (m s.l.m.)	1.975
lunghezza (m)	1.022,3
lunghezza (m) alla zona apicale del conoide	852,0
pendenza media alveo (%/°)	50%/26,5°

Tabella 6: parametri geometrici del bacino e del corso d'acqua

Il bacino si imposta per la maggior parte nella formazione delle Vulcaniti del Ca'Bianca, solo l'ultimo tratto del corso d'acqua incide il piccolo conoide costituito da detrito alluvionale.

La valle è anche percorsa da fenomeni valanghivi incanalati con evidenti fenomeni di mobilitazione di detrito e di abbattimento della vegetazione in alveo e sulle sponde.

I detriti che vengono trasportati dal corso d'acqua sono legati allo stato di fratturazione degli ammassi rocciosi.

La maggior parte degli stessi si arresta nel tratto terminale del canale, anche a monte della zona di deiezione, tuttavia nel tratto a valle dell'attraversamento sentieristico sono individuabili ancora accumuli detritici e tronchi d'albero mobilizzati durante gli eventi valanghivi ed alluvionali.

### 5.5.2.2 Calcolo delle portate di piena

La stima della portata di massima piena per stabiliti tempi di ritorno, è stata eseguita mediante applicazione del Metodo Razionale indicato dalla direttiva n° 2 dell'Autorità di Bacino del Fiume Po - PAI – Piena di progetto da assumere per la progettazione e le verifiche di compatibilità idraulica.

I parametri “a” e “n” relativi al tempo di ritorno di 100 anni dei fenomeni di precipitazione intensa, sono stati desunti, dalla tabella denominata “regionalizzazione” dell'allegato 3 contenuto nella stessa direttiva, in riferimento alla cella individuata dalla sigla “Dt 53” entro la quale risulta compreso il sottobacino in oggetto. I parametri introdotti nel calcolo sono i seguenti:

Tr 100 anni                                      a (mm/h) 57,73                                      n (0,356)

<b>Valle dell'Asino - parametri calcolati per Tr 100 anni (Formola Razionale)</b>	
coeff. deflusso	0,4
tempo corrvazione (ore)	0,22
Massima precipitazione mm (ht)	33,41
<b>portata piena tr 100 anni (mc/sec)</b>	<b>3,97</b>

Tabella 7: parametri di calcolo delle portate di piena e risultati

### 5.5.5.3 Stima del trasporto solido

In merito all'attività di trasporto solido è stata condotta un'analisi speditiva adottando il metodo di calcolo della Magnitudo di Crosta, Ceriani, et al. (2000), stando al piccolo apparato di conoide individuabile nella zona di confluenza (si tratta di una modesta area di deiezione che puo' essere assimilata comunque a un piccolo conoide).



**Metodo di Crosta, Ceriani, Frattini & Quattrini (2000)**

	$M = K \cdot A \cdot M_b \cdot S \cdot (1/IF^2) =$	<b>5.698</b>	$m^3$
K =	5.4		
K = 3.0	per fenomeni di bed load (trasporto di fondo)		
K = 5.4	per fenomeni di debris flow		
A =	0.23	$km^2$	
(area del bacino)			
$M_b = (H_{max} - H_{min}) \cdot A^{-1/2} =$			1.439
(Indice di Melton)			
$H_{max} =$		1.910	km
quota massima del bacino		1.22	
$H_{min} =$		1.220	km
quota minima del bacino			
S =	28.7	%	
(pendenza collettore sulla conoide)			
IF =	3		
(indice di frana così determinato: grandi frane, frane al piede frane sui versanti frane piccole o assenti)			1 2 3

#### 5.5.5.4 Analisi delle condizioni di trasporto solido

La forte incisione e pendenza del canale non favorisce la deposizione e il rallentamento dei detriti che possono essere trasportati durante un evento di piena.

L'unico tratto a bassa pendenza e dove l'incisione valliva si allarga è localizzato poche decine di metri a monte della zona di confluenza: la zona di possibile rallentamento ha una geometria a triangolo ed un'estensione di circa 700 mq e pendenza del 20%.

Si estende soprattutto in sponda destra idrografica in direzione di una zona che è stata oggetto circa 10 anni fa di realizzazione di un bottino di presa dell'acquedotto.

In tale circostanza è stata per così dire "ampliata" la zona di possibile espansione e accumulo dei materiali trasportati dal solco vallivo.

#### 5.5.5.5 Pericolosità del corso d'acqua

Come già detto non è stata eseguita una vera e propria classificazione di pericolosità per il canale in esame: il canale e la zona di deiezione potenzialmente interessata in caso di ostruzione del ponte pedonale da fenomeni di tracimazione fuori alveo anche di correnti detritiche, sono stati individuati come "canali soggetti a fenomeni di trasporto in massa e deflussi temporanei e/o stagionali" (sigla "Can" Carta di Sintesi).

La zona di confluenza con la Valle di Salmurano presenta una sezione di deflusso dell'ordine di 17 metri e bassa pendenza condizioni che fanno presupporre che in caso di mobilitazione dei quantitativi stimati parte del materiale possa distribuirsi in questa area senza ostruire la sezione di deflusso del corso d'acqua principale.

### 5.5.3 Valle di Scioc (ID Reticolo Idrico Principale BG052)

#### 5.5.3.1 Assetto morfologico del bacino e del corso d'acqua

La Valle di Scioc (facente parte del reticolo idrico principale come Torrente Val del Scioco o Torrente Valle delle Fontane sigla BG052), nasce dalla confluenza alla quota di 1389 m s.l.m. delle due valli citate, a loro volta costituite da diversi canali tributari minori che percorrono la piana del Monte Avaro (Valle delle Fontane, valle della Casera) e il settore di bacino che si estende in direzione nord verso il monte Triomen e il Monte Avaro.

Il bacino ha un'estensione di 2,3 kmq, quota massima di 2302,9 m (tra il Monte Valletto e il Monte Triomen) minima alla confluenza con la Valle del Salmurano di 1.030 m (alla quota considerata per la chiusura del bacino di 1.065 m, quota media 1.666,5 m).

La lunghezza del bacino è di 3.060 metri con geometria da sub rettangolare a imbutiforme (in considerazione della zona dei Piani dell'Avaro). La pendenza media è di 41,6% (22,6°).

Ai fini della presente trattazione per la stima delle portate si farà riferimento al tratto di corso d'acqua che discende dal Monte Avaro (a sua volta confluyente con la Valle delle Fontane in corrispondenza del margine occidentale della stessa piana alla quota di 1389 m).

La testata dell'impluvio che da vita alla valle è posta a quota di 2.050 m s.l.m. e ha una lunghezza di 3.269 m sino alla confluenza con la Valle del Salmurano. La pendenza media dell'asta è del 31% (17,3°).

<b>Valle di Scioc - Caratteristiche del bacino alla confluenza con la Valle di Salmurano</b>	
q max (m s.l.m.)	2.302,9
q min (m s.l.m.)	1.065
q media (m s.l.m.)	1.665,5
Lunghezza del bacino (m)	3.060
Pendenza media del bacino (%/°)	41,6%/22,68°
area bacino (kmq)	2,3
<b>Valle di Scioc - Caratteristiche del corso d'acqua alla confluenza con la Valle di Salmurano</b>	
q max alveo (m s.l.m.)	2.050
q min alveo (m s.l.m.)	1.030
lunghezza (m)	3.269
pendenza media alveo (%/°)	31%/17,3°
pendenza massima (%/°) - tratto medio alto (Costa S caluccia)	66,6%/38,1°
pendenza minima (%/°) - tratto mediano a monte confluenza quota 1150 m	24,4%/13,7°
pendenza minima (%/°) - tratto mediano a monte attraverso quota 1080 m	22,1%/12,4°

Tabella 8: parametri geometrici del bacino e del corso d'acqua

Geologicamente nel settore alto del bacino affiorano le formazioni del Servino e del Verrucano Lombardo (Permiano superiore) visibile lungo tutta la sede stradale che conduce alla località (Piani dell'Avaro).

Particolarità del Servino nella zona di affioramento è la facies marnosa comprendente anche livelli di carniolate tettoniche: complessivamente la formazione è soggetta a fenomeni di fratturazione e degrado.

Nel settore medio basso, affiora la formazione delle Vulcaniti del Ca' Bianca (Permiano inferiore), nella facies in oggetto, in facies arenacea, con livelli di siltiti ed argilliti di colore grigio verdastro, anche in questo caso soggetta a fenomeni di fratturazione e degradazione.

Lo stato di fratturazione è imputabile alla presenza dei già citati lineamenti tettonici dei quali il più importante possiede sviluppo circa NE-SW (che delimita le formazioni del Servino dalle Vulcaniti del Ca' Bianca) e risulta allineato con il solco vallivo. Nel settore basso del bacino è possibile inoltre individuare masse porfiriche permiane.

Ai fini della predisposizione ai fenomeni di trasporto solido, particolare importanza riveste proprio lo stato di fratturazione della roccia e l'attitudine degli ammassi rocciosi alla disgregazione.

Le rocce maggiormente soggette a fratturazione e disgregazione sono localizzate nel settore medio basso del bacino (formazione delle Vulcaniti del Ca' Bianca) e, secondariamente nel settore più alto (formazione del Servino).

La formazione del Verrucano Lombardo è caratterizzata da giunti di fratturazione persistenti ma piuttosto spazati, il che determina il distacco di blocchi rocciosi di significativi volumi (come spesso si riscontra lungo la stessa asta torrentizia).

In relazione ai depositi superficiali, nel settore medio alto del bacino sono diffusi i depositi eluviali di modesto spessore (dell'ordine massimo di 1-2 metri) e depositi detritico colluviali (dell'ordine massimo di qualche metro). Nel settore medio-basso del bacino i depositi sono di natura detritico glaciale e glaciale rimaneggiato, costituiti da blocchi rocciosi a granulometria eterogenea in matrice limoso – argillosa. Anche nel settore terminale del bacino i depositi di copertura si alternano localmente a depositi eluviali e al substrato roccioso da affiorante a subaffiorante.

In relazione all'uso del suolo del bacino in esame, fatta eccezione per il settore alto con rada vegetazione e prevalenza di substrato roccioso affiorante, tutto il settore medio e inferiore è caratterizzato da suolo.

Per quanto riguarda lo scorrimento dell'asta torrentizia, questo avviene nel settore alto prevalentemente in roccia (i fenomeni erosivi sono limitati e tendono a concentrarsi solo a partire dal settore medio), mentre è solo nel settore mediano e terminale che lo scorrimento incide i depositi di copertura che localmente sono interessati da fenomeni franosi.

I fenomeni di dissesto sono caratterizzati da una dinamica perlopiù quiescente che può riattivarsi localmente in concomitanza con eventi meteorologici significativi come quelli manifestatisi nel 1987 e più recentemente nell'autunno inverno del 2000, nell'agosto e novembre 2002.

La due frane più significative insistono direttamente sul corso d'acqua.

La prima è localizzata circa 40 metri a monte dell'attraversamento stradale Ornica-colle della Maddalena, in sponda sinistra idrografica: si tratta di una frana superficiale di scivolamento traslazionale planare che interessa terreni detritico-glaciali con un fronte alla base di oltre 40 metri per un'altezza della scarpata principale che nel punto più alto supera i 12 metri.

Lo spessore dei terreni è mediamente dell'ordine di due metri, per un volume complessivamente mobilizzabile di 500 - 600 mc.

La seconda è localizzata circa 200 metri a monte dell'attraversamento pedonale in località Baita Taina, in sponda sinistra idrografica: si tratta anche in questo caso di una frana superficiale di scivolamento

traslazionale planare che interessa terreni glaciali con un fronte alla base di circa 40 metri per un'altezza della scarpata principale che nel punto più alto supera i 25 metri.

Lo spessore dei terreni è mediamente dell'ordine di 2-3 metri, per un volume complessivamente mobilizzabile di 2.000 mc.



Foto 79-80. Frana a monte del ponte stradale (a sinistra) e frana a monte del ponte pedonale (a destra)

A livello morfologico il bacino in esame è caratterizzato da elevate pendenze nel settore alto, determinate dalla presenza di substrato roccioso subaffiorante e da medio elevate pendenze nel settore medio- basso del bacino, dove più significativa diviene la presenza di depositi detritico-glaciali.

L'assetto morfologico è fortemente condizionato dall'assetto strutturale: la disposizione parallela degli alvei torrentizi è condizionata dai lineamenti tettonici locali, così come lo sviluppo dei dossi rocciosi paralleli ai fianchi vallivi. Nel settore più alto del bacino le forme del territorio sono anche il risultato della modellazione glaciale (come l'ampia conca che ospita i rifugi a nord-est dell'area di intervento), mentre solo in corrispondenza della confluenza con la valle di Ornica sono distinguibili le classiche forme dei coni di deiezione e dei lobi di colata che affiancano l'asse vallivo.

Quanto ai fenomeni di trasporto solido, poco a monte del ponte di attraversamento si distingue nettamente un lobo di colata in alveo, legato a fenomeni di sovralluvionamento avvenuti in passato, che ha dato origine a un "dosso morfologico" rialzato rispetto al fondo vallivo di circa 2 metri.

La presenza del deposito ha determinato la deviazione delle acque in deflusso in direzione della sponda sinistra idrografica dove, in corrispondenza della curvatura, le acque e i fenomeni di trasporto solido hanno costituito un fattore predisponente il fenomeno franoso precedentemente descritto.

Un piccolo lobo di deiezione è distinguibile anche a monte dell'attraversamento in sponda sinistra idrografica, all'uscita della curvatura alla base della frana. In tal caso lo spessore dell'accumulo supera anche i tre metri.

Lo stesso, come peraltro il lobo situato nel centro dell'alveo, risulta completamente colonizzato da vegetazione a medio fusto.

Dall'esame dell'andamento del corso d'acqua principale si possono distinguere quattro tratti con differenti caratteristiche morfologiche:

- un primo tratto (dalla quota 2000 m. s.l.m. alla quota 1600 m s.l.m.) che interessa il settore alto del bacino, caratterizzato da scorrimenti idrici poco definiti e perlopiù di carattere stagionale. L'andamento degli impluvi è caratterizzato da blande curvature e scorrimento prevalentemente orientato N-S. Gli alvei, soprattutto nella zona subpianeggiante dove sorgono alcuni rifugi, non sono particolarmente incisi, fanno eccezione alcuni brevi tratti in roccia localizzati in corrispondenza della Costa Scaluccia. Tutte le incisioni arrivano comunque a confluire a quote più basse sino a dar vita a dei veri e propri scorrimenti con carattere non solo stagionale;

- il secondo tratto (dalla quota 1600 m. s.l.m. alla quota 1380 m s.l.m.) è caratterizzato da scorrimenti più marcati, che spesso avvengono in roccia, con ordine gerarchico sino a tre, diretti prevalentemente NE-SW. Gli scorrimenti risultano condizionati dall'assetto strutturale e dalla presenza di lineamenti tettonici (nel caso in esame perlopiù costituiti da linee di fratturazione). Si rileva inoltre che soprattutto le sponde in destra orografica, sono caratterizzate da maggiore apertura e presenza di coltri detritico-colluviali o eluviali, mentre le sponde sinistre sono caratterizzate da una più marcata pendenza e chiusura;

- Il terzo tratto esaminato (sino alla quota 1130) è delimitato dalla confluenza di un ramo secondario posto in sinistra idrografica e che si unisce al ramo principale poco a monte dell'attraversamento stradale. Lungo il ramo principale si osserva una netta curvatura in direzione della destra idrografica che porta l'andamento da NE-SW a N-S. Il tratto N-S, che si sviluppa per qualche centinaio di metri è sostanzialmente rettilineo mostrando infatti solo piccole e brusche curvature (non rilevabili alla scala del CTR) spesso causa di insorgere di puntuali fenomeni erosivi di sponda. In questo tratto infatti le sponde sono costituite da depositi superficiali detritico – glaciali e glaciali rimaneggiati e localmente da depositi di alterazione del substrato roccioso che tuttavia raggiungono anche alcuni metri di spessore. La locale cementazione degli stessi fa sì che possano osservarsi pareti in erosione di significativa pendenza (anche dell'ordine di 50° e pertanto superiore all'angolo d'attrito interno del materiale) che tuttavia, come già detto, proprio a causa dei fenomeni erosivi esercitati al piede dal corso d'acqua, nonché a causa dell'elevata pendenza, in caso di manifestazioni meteorologiche di particolare intensità danno luogo a franamenti lungo il corso d'acqua, con pericolo di ostruzione dello stesso e comunque innescando fenomeni di trasporto solido. Alla confluenza delle due ramificazioni si osserva un deposito di lobo di colata in alveo, caratterizzato da debole selezione granulometria (i massi sono perlopiù alla base eterogenei e di media pezzatura e in posizione superiore spiccano blocchi di verrucano di dimensioni metriche) ascrivibile a un non recente fenomeno di debris flow manifestatosi proprio al raccordo delle due incisioni.

La vegetazione ad alto fusto consente di ascrivere l'evento ad un periodo anteriore ai 40 anni. Il ponte di attraversamento carrabile è posto ad una quota di 1135 m s.l.m. ed è caratterizzato da un'ampia sezione di deflusso attualmente parzialmente ostruita da detrito trasportato durante gli ultimi eventi alluvionali. In questo tratto sono stati individuati fenomeni erosivi di sponda (in funzione delle curvature del corso d'acqua), aree di deposizione e fenomeni di erosione e lesionamento alle strutture antropiche presenti (spalle del ponte);

- Il quarto tratto è caratterizzato da uno scorrimento diretto ancora NE-SW, caratterizzato da due deboli curvature sino alla confluenza con la valle del Salmurano. In questo tratto il materiale in alveo è caratterizzato da significative dimensioni. Sino ad una quota di circa 1080 m s.l.m. l'incisione è piuttosto netta e definita, mentre a quote inferiori le sponde sono più basse e l'alveo meno marcato e inciso con conseguente pericolo di potenziali fenomeni di tracimazione delle acque in deflusso. L'apertura della valle in corrispondenza dello sbocco nella valle principale è caratterizzato da un poco accennato cono di deiezione in corrispondenza del quale, come si evince da piccoli depositi in destra e sinistra idrografica, in passato possono essersi manifestati fenomeni di trasporto solido fuori alveo. La stessa sezione valliva in questo punto piuttosto ristretta e la non sufficiente altezza delle sponde favorisce la fuoriuscita delle acque in deflusso durante gli eventi di piena.

### **5.5.3.2 Calcolo delle portate di piena**

La stima della portata di massima piena per stabiliti tempi di ritorno, è stata eseguita mediante applicazione del Metodo Razionale indicato dalla direttiva n° 2 dell'Autorità di Bacino del Fiume Po - PAI – Piena di progetto da assumere per la progettazione e le verifiche di compatibilità idraulica.

I parametri "a" e "n" relativi al tempo di ritorno di 200 anni dei fenomeni di precipitazione intensa, sono stati desunti, dalla tabella denominata "regionalizzazione" dell'allegato 3 contenuto nella stessa direttiva, in riferimento alla cella individuata dalla sigla "DS 54" (coordinate 545000, 5093000), entro la quale risulta compresa l'area oggetto dello studio. I parametri introdotti nel calcolo sono i seguenti:

Tr 200 anni                                      a (mm/h) 64.67                                      n (0,344)

<b>Valle di Scioc - parametri calcolati per Tr 200 anni (Formula Razionale)</b>	
coeff. deflusso	0,5
tempo corrivazione (ore)	0,3
Massima precipitazione mm (ht)	34,9
<b>portata piena tr 200 anni (mc/sec)</b>	<b>17,82</b>

Tabella 9. Parametri di calcolo delle portate di piena

In relazione all'idoneità delle sezione di deflusso costituita dall'attraversamento stradale l'altezza utile al deflusso è pari a 2.5 metri, la larghezza pari a 8.0 metri e la pendenza del fondo alveo (selciato in pietrame in cls con coefficiente di scabrezza di 0,75) pari al 2%. Le portate smaltibili sono dell'ordine dei 200 mc/sec. Le sezioni di deflusso individuate sino alla zona di confluenza sono tutte sufficientemente ampie a contenere le portate di piena individuate che rimangono pertanto confinate all'interno del sedime dell'alveo.

Quanto alle portate solide, anche in caso di mobilitazione di parte della frana che insiste in sponda sinistra idrografica, i lavori di regimazione hanno portato alla formazione nel tratto compreso tra il piede della frana e l'attraversamento stradale di una zona di possibile espansione e contenimento dell'eventuale colata che raggiungerebbe solo in parte l'attraversamento stradale con bassa probabilità di ostruzione.

### 5.5.3.3 Stima del trasporto solido

E' stata valutata in prima analisi la potenzialità del corso d'acqua in esame allo sviluppo di colate detritiche in alveo sulla base dell'analisi morfologica dell'area di conoide.

Il corso d'acqua è caratterizzato da alta potenzialità di trasporto solido ordinario.

Si ritiene che episodi di colata detritica in alveo possano interessare soprattutto il tratto di corso d'acqua a monte dell'attraversamento stradale, come riscontrato dai sopralluoghi in sito.

Gli elementi di valutazione per la verifica delle condizioni di trasporto sono i seguenti:

- precipitazione giornaliera massima potenziale: > 200 mm/giorno;
- il tratto a monte del conoide non è ripido ed è largo e puo' servire come zona di deposito della colata i cui volumi che possono raggiungere l'area di deiezione sono dell'ordine di 10.000 mc (come stimato dalle analisi condotte sul trasporto solido);
- il letto del torrente puo' essere raggiunto da ceppi e parte di legname;
- il materiale costituente l'alveo è formato principalmente da roccia fratturata e sabbie e ghiaie pulite;
- i danni legati ad eventi rintracciabili hanno interessato le immediate vicinanze del torrente.

La valutazione della Magnitudo ha previsto, stando alla presenza di un apparato di conoide, l'utilizzo della formula di Crosta, Ceriani, Frattini e Quattrini (2000).

#### Metodo di Crosta, Ceriani, Frattini & Quattrini (2000)

	$M = K \cdot A \cdot M_b \cdot S \cdot (1/IF^2) =$	<b>34.751</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
K =	3		
K = 3.0	per fenomeni di bed load (trasporto di fondo)		
K = 5.4	per fenomeni di debris flow		
A =	2.3	<b>km<sup>2</sup></b>	
(area del bacino)			
Mb = (H <sub>max</sub> - H <sub>min</sub> ) * A <sup>(-1/2)</sup> =			<b>0.839</b>
(Indice di Melton)			
H <sub>max</sub> =		<b>2.303</b>	<b>km</b>
quota massima del bacino			
H <sub>min</sub> =		<b>1.030</b>	<b>km</b>
quota minima del bacino			
S =	24	<b>%</b>	
(pendenza collettore sulla conoide)			
IF =	2		
(indice di frana così determinato: grandi frane, frane al piede			<b>1</b>
frane sui versanti			<b>2</b>
frane piccole o assenti			<b>3</b>

### 5.5.3.4 Analisi delle condizioni di trasporto solido

Il dislivello altimetrico di sviluppo del bacino in rapporto allo sviluppo longitudinale dello stesso (circa 1000 metri di dislivello su uno sviluppo longitudinale prossimo ai 3 km) contribuiscono alla mitigazione della

pericolosità dei fenomeni di trasporto solido: infatti la mancanza di forre incise e rettilinee e per contro la presenza anche solo di zone a bassa pendenza con blande curvature e zone aperte, favoriscono l'attività di rallentamento dei materiali trasportati che diversamente raggiungerebbero ad alte velocità il settore basso del bacino associati a fenomeni erosivi e di trasporto in massa con elevato grado di pericolosità.

La modesta estensione del conoide nella zona di confluenza (area prossima ai 4000 mq) è anche indice della grandezza dei fenomeni di trasporto solido che possono raggiungere la zona di confluenza.

Il grado di pericolosità del conoide è stato valutato speditivamente come di seguito sintetizzato in tabella.

<b>Dimensione massima del materiale trasportato</b>  > 1 mc tra 0,2 e 1 mc <b>tra 0,01 e 0,2 mc</b> < 0,01 mc	<b>Copertura vegetale predominante</b>  Vegetazione rustica, colonizzatrice del suolo della conoide come consorzi a ontano-salici-tamerici su substrato grossolano, fino a specie anemofile come larici-pini-abeti  Successione evoluta fino a formazioni coetanee formate in prevalenza da larici-betulle-pini-abeti  <b>Prevalenza di prati e pascoli rispetto ai campi, localmente muretti di sassi o terrazzamenti</b>  Prevalenza di campi senza muretti di sassi o terrazzamenti, presenza di pochi e piccoli sassi nel terreno	<b>Morfologia della conoide</b>  La sommità dei materiali sulla conoide o sulla dorsale del conoide presenta una solcatura dei materiali stessi prodotta dall'erosione di grossi massi che classifica queste aree fra quelle colpite o con possibilità di essere colpite da una colata di fango concentrata e compatta ad alta velocità  Poche forme di deposito circoscritto disseminate dalla colata di fango dilagante oppure che sono state investite in occasione dell'ulteriore dilagare della colata stessa  <b>Superfici chiaramente sopraelevate, pensili rispetto al letto normale del torrente, che possono essere investite dalla colata solo in caso di una ostruzione dell'alveo</b>  Superfici fortemente sopraelevate in confronto al letto del torrente fortemente incassato e che non possono più essere raggiunte dal torrente
<b>Spessore del debris che può essere differenziato</b>  <b>1 m o superiore</b> tra 0,5 ed 1 m tra 0,1 e 0,5 m inferiore a 0,1 m.	<b>Condizioni di deflusso lungo l'alveo e sulla conoide</b>  Lungo l'alveo sezione strozzata, curve; sulla conoide fenomeni di trasporto di massa e/o fenomeni torrentizi con portate prevalentemente liquide ed elevata capacità erosiva e di trasporto  Lungo l'alveo sezione critica, sulla conoide fenomeni di trasporto di massa e/o torrentizi con intensità minore  Lungo l'alveo sezione poco ostacolata, sulla conoide deflussi con trasporto limitato di detrito ghiaioso-sabbioso con altezze idriche modeste (dm)  <b>Lungo l'alveo sezione facilitata, sulla conoide deflussi con altezze idriche minime (cm)</b>	<b>OK</b>
<b>Acclività della conoide</b>  <b>superiore a 8,5°</b> tra 4° e 8,5° tra 1° ed 4° inferiore a 1°		<b>Conoide a media pericolosità</b>

Tabella 10. Analisi della pericolosità del conoide della Valle di Scioc

Per il caso in esame la presenza di aree nel tratto medio basso dell'alveo caratterizzate da depositi superficiali in erosione e localmente in frana, rende disponibili maggiori materiali che possono essere mobilitati durante un evento di piena (l'indice di frana nella valutazione della magnitudo è stato infatti posto pari a 2 corrispondente alla presenza di fenomeni franosi lungo il versante).

Nel settore più alto dell'asta torrentizia sono rilevabili massi appartenenti alla formazione del Verrucano Lombardo che raggiungono anche dimensioni metriche, mentre materiali di pezzatura minore (dell'ordine di qualche dmc) ascrivibili alla degradazione delle formazioni quali Vulcaniti e Servino, sono proprie del settore mediano, unitamente ai depositi costituiti dall'erosione dei depositi superficiali.

Gran parte dei detriti trasportati durante gli eventi di piena si arresterebbe in corrispondenza dell'attraversamento della strada agro silvo pastorale, in ragione del cambio di pendenza significativo del canale a monte dello stesso: tale ipotesi è testimoniata dalla presenza dei lobi di colata detritica rilevati in alveo a monte dell'attraversamento con spessori dell'ordine dei 2-3 metri.

Anche più a monte sono individuabili due tratti ad ampia sezione in cui le colate in alveo possono rallentare:

- il tratto compreso tra le quote 1340 e 1310 m ha una lunghezza di 150 metri per una larghezza media di 15 metri (pendenza 24%);



- il tratto compreso tra le quote 1190 e 1170 m ha una lunghezza di 100 metri per una larghezza media di 20 metri (pendenza 18%);
- il tratto sotteso alla confluenza con il canale tributario posto in sinistra idrografica alla quota di 1150 m s.l.m. (pendenza del 17%). E' un tratto di lunghezza prossima ai 200 metri per una larghezza dell'alveo (ampio e piatto) media di 35 metri. Considerati gli accumuli ascrivibili a vecchi lobi di colata si possono stimare per questa zona volumi di possibile deposizione quasi totali dei detriti mobilizzabili durante un singolo evento;
- il tratto a monte dell'attraversamento stradale (pendenza del 15%) ha una lunghezza di circa 150 metri per una larghezza media di 25 metri. Considerati gli accumuli ascrivibili a vecchi lobi di colata si possono stimare anche per questa zona significativi volumi di possibile deposizione.
- il tratto a monte della confluenza con la Valle Salmurano (pendenza del 18%) ha una lunghezza di circa 40 metri per una larghezza media di 8 metri.

### 5.5.3.5 Pericolosità del corso d'acqua e del conoide

I diversi tratti del corso d'acqua a bassa pendenza consentono la deposizione dei detriti eventualmente trasportati a monte del tratto terminale del corso d'acqua che risulta caratterizzato da un' apparato di conoide con estensione di poco inferiore ai 4000 mq.

Le sezioni di deflusso individuate nel tratto di corso d'acqua sotteso al territorio comunale, sono tutte in grado di contenere sia le portate liquide che solide individuate, sino alla zona di conoide dove, in caso di evento estremo, che porti ad esempio al collasso della frana e all'ostruzione dell'alveo, si manifesterebbe la fuoriuscita della colata che andrebbe anche ad interessare in sponda destra una zona soggetta a pericolosità molto elevata.

Il settore di conoide in senso lato a valle sarebbe interessato da deflussi a pericolosità moderata stando alla "mitigazione" degli effetti sortita dall'area di possibile tracimazione a monte.

La perimetrazione a pericolosità moderata (corrispondenza PAI "Cp" area di conoide attivo o potenzialmente attivo parzialmente protetto da opere di difesa e sistemazione a monte) è legata alla presenza di diversi tratti a monte dove sono possibili fenomeni di rallentamento ed espansione dei materiali in carico al corso d'acqua e al fatto che l'evento sopra descritto che può ritenersi un evento di accadimento più raro: il fenomeno franoso che insiste sulla valle si manifesta come "degradazione" progressiva della scarpata e non



è individuabile una vera e propria superficie di scivolamento che possa portare al collasso di significativi volumi del versante in frana.

Anche nel tratto a valle l'alveo presenta ampia sezione di deflusso condizione che mitiga la pericolosità che si possano verificare sbarramenti significativi ai deflussi.

Foto 81. Panoramica della zona di deiezione all'altezza del ponte pedonale

## 5.5.4 Valle della Cola (ID Reticolo Idrico Minore 0018)

### 5.5.4.1 Assetto morfologico del bacino e del corso d'acqua

La Valle della Cola nasce dalla confluenza alla quota di 1560 m s.l.m. di due incisioni vallive che si sviluppano alla base del ripiano del Monte Avaro e del colle della Croce (localizzati in comune di Cusio).

Il bacino ha un'estensione di 0,89 kmq in corrispondenza della sezione di chiusura nella zona di deiezione, quota massima di 1724.3 m e minima alla confluenza con la Valle del Salmurano di 970 m (alla quota considerata per la chiusura del bacino di 990 m, quota media 1.328,2 m).

La pendenza media del bacino è del 40% (23°).

La testata dell'impluvio principale è posta a quota di 1690 m s.l.m. e ha una lunghezza di 1710 m sino alla confluenza con la Valle del Salmurano. La pendenza media dell'asta è del 31% (17,3°).

<b>Valle della Cola- Caratteristiche del bacino alla confluenza con la Valle di Salmurano</b>	
q max (m s.l.m.)	1.724,3
q min (m s.l.m.)	970
q min (m s.l.m.) zona apicale	990
q media (m s.l.m.)	1.328,2
Pendenza media del bacino (%/°)	40%/23°
area bacino (kmq)	0,89
<b>Valle della Cola - Caratteristiche del corso d'acqua alla confluenza con la Valle di Salmurano</b>	
q max alveo (m s.l.m.)	1620
q min alveo (m s.l.m.)	970
lunghezza (m)	1.848
pendenza media alveo (%/°)	35%/19,4°
pendenza massima (%/°) - tratto a monte strada comunale Cusio-Monte Avaro	40%/22°
pendenza minima (%/°) - tratto quota 1040-1050 m	21%/12°

Tabella 11. Parametri geometrici del bacino e del corso d'acqua

Il bacino si imposta per la maggior parte nella formazione del Verrucano Lombardo che nel settore alto presenta buone caratteristiche geomeccaniche e stato di fratturazione ed alterazione contenute, mentre nel settore centrale, dove si imposta il sovrascorrimento (linea Valcanale - Valtorta) fratturazione spinta e degradazione degli ammassi rocciosi soprattutto nel settore centrale dove affiora la formazione delle Vulcaniti del Ca' Bianca e si ripete la successione Verrucano Lombardo, Servino, Vulcaniti sino alla chiusura del bacino. A valle della località "Colle della Maddalena" (quota 1250 m s.l.m.) è evidente la degradazione della compagine rocciosa accompagnata dalla presenza di coltri eluvio colluviali soggette a degradazione e a fenomeni franosi superficiali di limitata estensione ma diffusi.

Il bacino inoltre in questo tratto, dove è evidente l'impostazione tettonico-strutturale sull'andamento del corso d'acqua, si presenta stretto e allungato intorno al corso d'acqua lungo il versante destro idrografico (costituito dalla formazione del Verrucano Lombardo) e presenta un'apertura in direzione della sponda sinistra, costituita dalla formazione del Servino in facies carbonatica e silicoclastica caratterizzata da ambiti in erosione e degradazione anche in ragione della presenza di diffuse manifestazioni di emergenza idrica.

Sul canale in esame nella zona del Colle della Maddalena, sono stati realizzati pochi anni fa interventi di stabilizzazione del fondo alveo (poco a valle dell'attraversamento della strada comunale Cusio-Monte Avaro) e di difesa spondale, mentre più a valle non sono stati realizzati interventi.

Il corso d'acqua scorre inciso in scarpate morfologiche non raggiungibili da fenomeni di piena e trasporto solido sino alla zona di deiezione che precede la confluenza con la Valle del Salmurano (e' individuabile un piccolo conoide di deiezione che si apre in direzione della sponda destra idrografica alla quota di 992 m e in sinistra idrografica in corrispondenza del ponte pedonale della rete sentieristica a quota 982 m).

Il sentiero che attraversa la vallecola è stato oggetto di ripristino a seguito degli eventi alluvionali del 1987 poiché danneggiato dalle correnti in deflusso della zona di confluenza.

Per quanto riguarda lo scorrimento dell'asta torrentizia, questo avviene nel settore alto prevalentemente in depositi colluviali di modesto spessore e dalla quota di 1600 m sino all'attraversamento stradale di quota 1250 m in roccia. Tale tratto ha medio elevata pendenza. A valle dell'attraversamento la valle si apre e la pendenza si riduce: gli scorrimenti interessano anche terreni detritico glaciali sino a 1670 m dove prevalgono ancora gli affioramenti rocciosi soprattutto in sponda destra idrografica, sino alla zona di deiezione dove la valle incide i suoi stessi depositi detritico - alluvionali.

Nel tratto sotteso al territorio comunale (poco più a valle dell'attraversamento stradale) non sono individuabili significativi fenomeni di dissesto. Lungo il versante sinistro idrografico, tra le quote 1150 e 970 m sono presenti fenomeni di degradazione intensa diffusi che interessano le coltri eluvio colluviali e il tetto del substrato roccioso alterato (facies silico clastica del Servino inferiore).

#### 5.5.4.2 Calcolo delle portate di piena

La stima della portata di massima piena per stabiliti tempi di ritorno, è stata eseguita mediante applicazione del Metodo Razionale indicato dalla direttiva n° 2 dell'Autorità di Bacino del Fiume Po - PAI – Piena di progetto da assumere per la progettazione e le verifiche di compatibilità idraulica.

I parametri “a” e “n” relativi al tempo di ritorno di 100 anni dei fenomeni di precipitazione intensa, sono stati desunti, dalla tabella denominata “regionalizzazione” dell'allegato 3 contenuto nella stessa direttiva, in riferimento alla cella individuata dalla sigla “DT 53”, entro la quale risulta compresa l'area oggetto dello studio. I parametri introdotti nel calcolo sono i seguenti:

Tr 100 anni                          a (mm/h) 55.73                          n (0,356)

<b>Valle della Cola - parametri calcolati per Tr 100 anni (Formula Razionale)</b>	
coeff. deflusso	0,35
tempo corrivazione (ore)	0,41
Massima precipitazione mm (ht)	40,69
<b>portata piena tr 100 anni (mc/sec)</b>	<b>8,52</b>

Tabella 12. Parametri di calcolo delle portate di piena e risultati

### 5.5.4.3 Stima del trasporto solido

E' stata valutata in prima analisi la potenzialità del corso d'acqua in esame allo sviluppo di colate detritiche in alveo sulla base dell'analisi morfologica dell'area di conoide e sono poi stati stimati i valori di magnitudo adottando il metodo di calcolo di Crosta, Ceriani, et al. (2000).

Il corso d'acqua è caratterizzato da alta potenzialità di trasporto solido ordinario.

Gli elementi di valutazione sono i seguenti:

- precipitazione giornaliera massima potenziale: > 200 mm/giorno;
- il tratto a monte del conoide non è ripido ed è largo e puo' servire come zona di deposito della colata i cui volumi che possono raggiungere l'area di deiezione sono dell'ordine di 10.000 mc (come stimato dalle analisi condotte sul trasporto solido);
- il letto del torrente puo' essere raggiunto da ceppi e parte di legname;
- il materiale costituente l'alveo è formato principalmente da roccia e materiali sabbioso ciottolosi con matrice fine;
- i danni legati ad eventi rintracciabili hanno interessato le immediate vicinanze del torrente.

#### Metodo di Crosta, Ceriani, Frattini & Quattrini (2000)

	$M = K \cdot A \cdot M_b \cdot S \cdot (1/IF)^2 =$	<b>3.903</b> m <sup>3</sup>
K =	3	
K = 3.0	per fenomeni di bed load (trasporto di fondo)	
K = 5.4	per fenomeni di debris flow	
A =	0.89 km <sup>2</sup>	
(area del bacino)		
Mb = (H <sub>max</sub> - H <sub>min</sub> ) * A <sup>(1/2)</sup> =		0.774
(Indice di Melton)		
H <sub>max</sub> =		1.720 km
quota massima del bacino		
H <sub>min</sub> =		0.990 km
quota minima del bacino		
S =	17 %	
(pendenza collettore sulla conoide)		
IF =	3	
(indice di frana così determinato:		
grandi frane, frane al piede		1
frane sui versanti		2
frane piccole o assenti		3

### 5.5.4.4 Analisi delle condizioni di trasporto solido

La valle è caratterizzata da un primo tratto a pendenza elevata interessata da attività di trasporto solido alimentato per la maggior parte da detriti di crollo e subordinatamente da depositi in erosione dal settore alto del bacino e dalle coltri eluvio colluviali che ricoprono la roccia.

A valle dell'attraversamento sono note le problematiche passate dell'attività erosiva legata al trasporto solido che hanno portato alla realizzazione delle opere di difesa spondale nel tratto vallivo a valle della strada comunale Cusio-Monte Avaro.

Tale zona (che ricade nel territorio comunale di Cusio) è caratterizzata da bassa pendenza (23%), condizione che favorisce il rallentamento di parte dei detriti trasportati in un tratto di lunghezza dell'ordine di 140 metri per una larghezza media di 15 metri.

Un ulteriore tratto a bassa pendenza dove possono rallentare i detriti in carico al corso d'acqua è individuabile a valle della curvatura che il corso d'acqua compie alla quota di 1170 m.

La pendenza media dell'alveo è del 19% per una lunghezza dell'ordine di 250 metri e una larghezza di 15 metri del fondo valle.

Ulteriori tratti tra le quote di 1050 e 1080 metri di lunghezza complessiva dell'ordine di 100 metri a bassa pendenza (mediamente del 15%) con alveo di larghezza media di 10 metri, possono essere individuati sempre in ambito vallivo.

Anche nel tratto di collettore su conoide la presenza dell'attraversamento pedonale in caso di trasporto detritico non costituisce un significativo ostacolo ai deflussi, in prima analisi data l'ampiezza della sezione a monte dell'attraversamento e poi in quanto lo stesso può essere facilmente aggirato o distrutto dalle correnti in deflusso senza che si manifestino condizioni di ostruzione prolungata.

Parte dei detriti trasportati può raggiungere la zona di confluenza con la Valle di Salmurano non provocandone l'ostruzione.

#### **5.5.4.5 Pericolosità del corso d'acqua e del conoide**

Gli ambiti a pericolosità elevata (valutati esclusivamente per il territorio comunale di Ornica) rimangono confinati all'interno della sede dell'alveo che, come già detto, sino alla zona di deiezione è delimitato da scarpate morfologiche non raggiungibili in caso di eventi di piena.

In caso di evento di magnitudo significativa le zone distali potrebbero essere interessate da tracimazione fuori alveo su conoide con grado di pericolosità moderato (classificato come Cp) in ragione della possibilità di rallentamento e anche di deposizione dei solidi trasportati soprattutto nel tratto ampio delimitato da scarpate a monte dell'attraversamento pedonale.

Fenomeni di tracimazione anche per eventi di portata minore sono prevedibili in caso di ostruzione della sezione dell'attraversamento: date le caratteristiche della valle in esame si ritiene che i fenomeni abbiano pericolosità moderata (tracimazione principalmente di deflussi detritico fangosi di altezza moderata e senza potere distruttivo). Per la valutazione della pericolosità del conoide è stata eseguita un'analisi speditiva di cui alla tabella seguente.

<p>Dimensione massima del materiale trasportato</p> <p>&gt; 1 mc</p> <p>tra 0,2 e 1 mc</p> <p><b>tra 0,01 e 0,2 mc</b></p> <p>&lt; 0,01 mc</p>	<p>Copertura vegetale predominante</p> <p>Vegetazione rustica, colonizzatrice del suolo della conoide come consorzi a ontano-salici-tamerici su substrato grossolano, fino a specie anemofile come larici-pini-abeti</p> <p>Successione evoluta fino a formazioni coetanee formate in prevalenza da larici-betulle-pini-abeti</p> <p><b>Prevalenza di prati e pascoli rispetto ai campi, localmente muretti di sassi o terrazzamenti</b></p> <p>Prevalenza di campi senza muretti di sassi o terrazzamenti, presenza di pochi e piccoli sassi nel terreno</p>	<p>Morfologia della conoide</p> <p>La sommità dei materiali sulla conoide o sulla dorsale del conoide presenta una solcatura dei materiali stessi prodotta dall'erosione di grossi massi che classifica queste aree fra quelle colpite o con possibilità di essere colpite da una colata di fango concentrata e compatta ad alta velocità</p> <p><b>Poche forme di deposito circoscritto disseminate dalla colata di fango dilagante oppure che sono state investite in occasione dell'ulteriore dilagare della colata stessa</b></p> <p>Superfici chiaramente sopraelevate, pensili rispetto al letto normale del torrente, che possono essere investite dalla colata solo in caso di una ostruzione dell'alveo</p> <p>Superfici fortemente sopraelevate in confronto al letto del torrente fortemente incassato e che non possono più essere raggiunte dal torrente</p>
<p>Spessore del debris che può essere differenziato</p> <p>1 m o superiore</p> <p>tra 0,5 ed 1 m</p> <p><b>tra 0,1 e 0,5 m</b></p> <p>inferiore a 0,1 m.</p>	<p>Condizioni di deflusso lungo l'alveo e sulla conoide</p> <p>Lungo l'alveo sezione strozzata, curve; sulla conoide fenomeni di trasporto di massa e/o fenomeni torrentizi con portate prevalentemente liquide ed elevata capacità erosiva e di trasporto</p> <p>Lungo l'alveo sezione critica, sulla conoide fenomeni di trasporto di massa e/o torrentizi con intensità minore</p> <p>Lungo l'alveo sezione poco ostacolata, sulla conoide deflussi con trasporto limitato di detrito ghiaioso-sabbioso con altezze idriche modeste (dm)</p> <p><b>Lungo l'alveo sezione facilitata, sulla conoide deflussi con altezze idriche minime (cm)</b></p>	
<p>Acclività della conoide</p> <p><b>superiore a 8,5°</b></p> <p>tra 4° e 8,5°</p> <p>tra 1° ed 4°</p> <p>inferiore a 1°</p>		
		<p>OK</p> <p><b>Conoide a media pericolosità</b></p>

Tabella 13. Valutazione del grado di pericolosità del conoide della Valle della Cola

### 5.5.5 Valle di Salmurano (ID Reticolo Idrico Principale BG051)

Vengono analizzate le caratteristiche della Valle di Salmurano che costituisce il più importante corso d'acqua del territorio comunale in ragione sia dell'estensione del bacino che dell'interferenza con le zone edificate dell'abitato principale (in località Rasega e Fusinetta, oggetto di specifiche valutazioni della pericolosità dei fenomeni di esondazione).

Il corso d'acqua durante gli eventi alluvionali del luglio 1987 è esondato nelle località in esame. Evento analogo ma di portata maggiore è riferibile al 1860.

#### 5.5.5.1 Assetto morfologico del bacino e del corso d'acqua

##### Descrizione della valle principale e delle valli tributarie

La valle percorre nel settore alto del bacino una conca di sovra escavazione glaciale a bassa pendenza compresa tra le pendici del Pizzo di Giacomo (quota 2128 m s.l.m.) e il Passo di Salmurano (2020 m s.l.m.) alimentandosi con diversi scorrimenti idrici provenienti dalle pendici dei versanti circostanti la conca stessa.

L'incisione principale sorge al Passo Bocca di Trona alla quota di 1130 m s.l.m. e dopo un breve tratto di scorrimento orientato SW-NE si immette nella piana dalla quale esce con orientamento N-S in corrispondenza del gradino morfologico che delimita la stessa alla quota di 1.820 m.

Sino alla confluenza con la Valle Pianella, il corso d'acqua riceve apporti da canali rettilinei con scorrimenti tipicamente stagionali che solcano i versanti rocciosi.

L'assetto del corso d'acqua è tipico dei torrenti montani: pendenza sostenuta, grossi massi in alveo, briglie e salti naturali in roccia e in corrispondenza degli accumuli detritici.

In questo primo tratto la confluenza piu' significativa e' con la valle che scorre nella zona dell'Alpeggio del Valletto chiamata Valle del Valletto (ID Reticolo Idrico Minore 0030).

Tale incisione, garantisce al corso d'acqua apporti pressoché continui durante la maggior parte dell'anno contando su un'ampia zona di alimentazione sia superficiale che sotterranea sottesa alle pendici occidentali del Monte Avaro. In questo ambito le incisioni presenti lungo i versanti sono percorse anche da fenomeni valanghivi che apportano detriti e materiale vegetale negli alvei e sino alla zona di confluenza.

Sempre in sinistra idrografica dopo la Valle del Valletto, vi sono alcune incisioni tributarie, costituite da canali in roccia (Val Gerone 0024 e Val Bavosa 0027).

In questo tratto la valle scorre in una stretta incisione rocciosa con presenza di diversi accumuli di materiali detritici e vegetali in alveo che possono essere presi in carico dalle correnti in deflusso e mobilizzati a valle per la pendenza del corso d'acqua.

A valle della confluenza con la Valle Pianella, dove la valle si apre pur rimanendo delimitata da scarpate non raggiungibili in caso di piena, in sponda sinistra idrografica confluisce la Valle dell'Asino (0023, che nasce nel confinante comune di Cusio).

Il canale è caratterizzato da sezione di deflusso ampia, con fondo piatto, a pendenza medio elevata e sponde ben delimitate e alte non raggiungibili in caso di piena.

Poco prima della confluenza con la Valle di Salmurano lungo il sentiero CAI 107 è presente un ponte pedonale a valle del quale, lungo la sponda destra idrografica è stata realizzata nel 2005 una presa acquedottistica.

Si rilevano per la valle dell'Asino condizioni potenzialmente critiche in relazione alle ostruzioni in alveo provocate dal crollo della vegetazione a causa dei fenomeni valanghivi che insistono sull'asta idrica.

Parte della vegetazione abbattuta insiste proprio nel tratto a monte del ponte pedonale che costituisce già un elemento di criticità ai deflussi.

A valle della confluenza con la Valle dell'Asino la valle percorre la località "Bregagnol" dove si apre e la pendenza diminuisce significativamente. E' la prima zona di interferenza tra il corso d'acqua e le strutture antropiche tra cui l'attraversamento stradale che collega Ornica al Colle della Maddalena (Cusio).

In questo tratto confluiscono il canale del Sasso (0065) e il Canale del Salmurano (0066) che nasce da un'area sorgentizia in località "Piazza Alta".

Si tratta di due corsi d'acqua di sviluppo modesto non soggetti a fenomeni di trasporto solido.

Nel tratto a monte della confluenza con la Valle di Scioc (località "Ciar Basso") sono individuabili due aree di divagazione delle correnti in deflusso: la valle si apre prima in direzione della sponda destra idrografica e poi in sinistra idrografica.

L'ambito è caratterizzato dalla presenza di grossi massi in alveo che hanno condizionato l'attuale assetto di deflusso del corso d'acqua, costringendolo ad aggirare gli accumuli legati ad eventi passati di trasporto in massa, comunque non legati ad epoche recenti ma ad epoche post glaciali.

Il corso d'acqua scorre con tipico assetto "step and pool" sino alla zona a bassa pendenza caratterizzata anche da divagazione delle correnti in deflusso in sponda sinistra idrografica.

Tale zona come di seguito analizzato costituisce un'importante area di "espansione" e di accumulo dei solidi presi in carico dal corso d'acqua, soprattutto di blocchi di elevate dimensioni che il corso d'acqua in

concomitanza di eventi idrologici intensi è in grado di mobilitare e che costituiscono la maggior parte del fondo alveo a monte.

L'ultimo corso d'acqua tributario è la Valle della Laza (0016): localizzato sul versante sinistro idrografico poco a monte della località "Rasega" .

Il canale presenta alcuni brevi tratti tombinati in corrispondenza delle strade di accesso alla contrada.

Si tratta di una breve incisione, caratterizzata da deflussi temporanei ma che durante l'evento alluvionale del 1987 è stata caratterizzata da cospicui apporti idrici che hanno portato alla sovrincisione del canale (prima praticamente inesistente) e al danneggiamento delle strutture antropiche poste a valle.

La valle della Laza nasce dalle pendici del Pizzo di Cusio e, nel caso dell'evento del 1987 e' stata significativamente alimentata da forme di emergenza idrica localizzate alle pendici del pizzo stesso.

Testimoni riferiscono che alle pendici del Pizzo di Cusio si poteva distinguere una vera e propria "bocca d'acqua" che sgorgava dalle fratture in roccia.

Il tratto di collettore finale a seguito di quell'evento è stato regimato per un lungo tratto e a monte della canalizzazione in pietrame e calcestruzzo è stata realizzata una briglia a pettine di trattenuta del trasporto solido.

Considerata la presenza della briglia a monte, qualora la stessa venga mantenuta in efficienza e garantisca la funzione di trattenuta del trasporto solido, si può ritenere l'opera di attraversamento pedonale non significativa ai fini del potenziale ostacolo al deflusso, diversamente dal tratto tombinato sotto la strada all'interno del settore edificato che risulta comunque meno facilmente ispezionabile rispetto al tratto in cui si è presente un ponticello pedonale.

### **Bacino Valle di Salmurano**

L'analisi dei parametri morfometrici del bacino e del corso d'acqua è stata eseguita per diversi settori individuati alle sezioni di chiusura delle confluenze principali (Valle Pianella, Valle Scioc, Valle d'Inferno) e considerando per i calcoli della massima portata duecentenaria, la sezione di chiusura corrispondente al ponte di attraversamento stradale all'imbocco dell'abitato.

La suddivisione del bacino individua altresì caratteristiche diverse negli scorrimenti idrici del corso d'acqua e nella tipologia dei fenomeni che possono manifestarsi.

Il settore alto del bacino, alla confluenza con la Valle Pianella (3,19 kmq) ha tipica forma triangolare: il corso d'acqua è alimentato da diverse incisioni di carattere stagionale e in questo ambito il corso d'acqua è alimentato da diversi apporti detritici, stando alla presenza di depositi superficiali non stabilizzati, come falde detritiche attive e apporti valanghivi, fenomeni legati alla dinamica attiva delle zone di alta quota.

Il bacino della Valle Salmurano ha complessivamente tipica forma imbutiforme: è caratterizzato nel settore alto da ripiani sospesi conchiformi di origine glaciale, circondati da pareti rocciose e versanti detritici che delimitano il bacino idrografico del corso d'acqua. Il fondovalle è costituito da detriti, depositi glaciali rimaneggiati e depositi fluvioglaciali.

Nel settore alto del bacino la presenza di depositi superficiali è dunque significativa.

In tutto questo settore i detriti, data la pendenza dell'alveo, vengono mobilitati e trasportati a valle, trovando poche zone dove depositarsi o poter fuori uscire dall'ambito vallivo.



Il fenomeno di dissesto più significativo è costituito da un'estesa frana in terreni detritico glaciali localizzata in sponda sinistra idrografica nei pressi della confluenza con la Valle Pianella.

La frana ha un esteso fronte (1.800 mq con volumi mobilizzabili complessivamente pari a 3.000-4.000 mc) e pur incidendo direttamente in ambito vallivo in questo tratto la valle risulta significativamente aperta e il corso d'acqua scorre in direzione della sponda destra con evidente effetto di mitigazione della pericolosità in relazione ai fenomeni di possibile innesco di colate in alveo e ai fenomeni erosivi al piede della scarpata in frana. Inoltre non vi è evidenza della possibilità di crollo di estesi fronti di frana: si tratta più di un fenomeno di lenta e progressiva degradazione che può anche essere caratterizzato da accelerazioni ma che tipicamente si manifesta con crolli a settori.

A valle della confluenza con la Valle Pianella e la Valle dell'Asino le condizioni sia morfometriche del bacino che del corso d'acqua sono differenti.

Il bacino, se si esclude il sottobacino della Valle di Scioc che deve essere trattato a parte, presenta forma stretta e allungata intorno al corso d'acqua. La pendenza dello stesso diminuisce e in questo settore prevalgono i fenomeni di deposizione dei detriti trasportati.

La maggior parte dell'alveo scorre in roccia pertanto non sono rilevabili fenomeni erosivi o significativi apporti detritici se non legati all'apporto dei canali tributari cui sono sottesi bacini di sviluppo significativo (come la Valle Pianella, la Valle di Scioc, con un bacino pari al 25% del bacino della Valle Salmurano alla confluenza con la Valle dell'Inferno e la Valle della Cola).

I fenomeni di trasporto solido che interessano questo tratto sono legati essenzialmente alla mobilitazione dei detriti alluvionali in alveo, che ricoprono con modesti spessori il substrato roccioso, ubiquamente caratterizzati da volumetrie piuttosto grossolane.

Nella zona a monte della confluenza con la Valle di Scioc si possono depositare la quasi totalità dei volumi trasportati e comunque i detriti a volumetria maggiore provenienti dal settore medio alto del bacino e della confluenza con la Valle Pianella e la Valle dell'Asino, condizione che mitiga la pericolosità dei fenomeni che interessano il settore medio - basso del bacino in esame, lungo il quale non sono individuabili sorgenti di alimentazione detritica al corso d'acqua, fatta eccezione per gli apporti della Valle di Scioc e della Valle della Cola.

Nella trattazione della magnitudo e quindi dei detriti che possono essere presi in carico dal corso d'acqua si è tenuto conto di questo particolare assetto, stimando gli apporti del settore di bacino a monte della confluenza con la Valle di Scioc e a valle di questa.

Dall'osservazione dei depositi in alveo si rileva che vi sono modeste quantità di sedimenti fini che vengono trasportati a valle della zona di confluenza con la Valle di Scioc: il corso d'acqua è come già detto caratterizzato da depositi detritico alluvionali prevalentemente grossolani costituiti da blocchi e massi anche di volumetrie di diversi metri cubi, i cui accumuli costituiscono nel corso d'acqua delle vere e proprie "opere di regimazione idraulica", mitigando la pendenza dell'asta, formando delle zone di deposizione e di rallentamento delle acque in deflusso e come spesso si è riscontrato, anche posizionandosi talora in direzione delle sponde a modi di opere di difesa spondale dai processi erosivi.

Il mantenimento della naturalità di questo assetto morfologico garantisce in caso di evento di piena, che le acque e le eventuali colate detritiche in carico al corso d'acqua possano rimanere contenute nello stesso o fuoriuscire in aree di pertinenza con effetti mitigativi per la pericolosità delle zone a valle.

Diversamente i lunghi tratti regimati presenti a monte dell'abitato (dalla confluenza con la Valle della Cola sino alla confluenza con la Valle d'Inferno) non consentono la possibile fuoriuscita dei detriti in carico al corso d'acqua che una volta trasportati a valle e raggiungendo punti di criticità, per il caso in esame essenzialmente i ponti, potrebbero sortire gli effetti dell'evento del luglio 1987.

A valle della zona di confluenza con la Valle dell'Inferno i canali tributari sono tutti di breve sviluppo: si tratta perlopiù di canali detritici di breve sviluppo e con deflussi temporanei, come da riprese fotografiche seguenti).

<b>Valle Salmurano - Caratteristiche del bacino</b>				
	<b>Confl. V. Pianella</b>	<b>Confl. V. Scioc</b>	<b>Ponte stradale</b>	<b>Confl. V. Inferno</b>
q max (m s.l.m.)	2.370	2.370	2.370	2.370
q min (m s.l.m.)	1.199	1.030	913	879
q media (m s.l.m.)	1.785	1.700	1.642	1.625
Pendenza media del bacino (%/°)	47,8%/25,5°	38,3%/20,9°	35,8%/19,7°	34,4%/19°
area bacino (kmq)	3,19	7,48	8,74	8,83

<b>Valle Salmurano - Caratteristiche del corso d'acqua</b>				
	<b>Confl. V. Pianella</b>	<b>Confl. V. Scioc</b>	<b>Ponte stradale</b>	<b>Confl. V. Inferno</b>
q max (m s.l.m.)	2.100	2.100	2.100	2.100
q min (m s.l.m.)	1.199	1.030	913	879
lunghezza	3.084,8	4.312,5	4.955,2	5.165,7
Pendenza media (%/°)	29,2%/16,3°	24,8%/13,9°	23,9%/13,5°	23,6%/13,3°
pendenza massima (%/°)	1450-1500 m 39,4%/21,5°	1195-1200 m 26%/14,7°	Valle confl.V.Sioc 32,2%/17,9°	Valle ponte pedonale 38%/20,8°
pendenza minima (%/°)	Conca Salmurano 11,4%/6,5°	1120-1160 m 12,2%/7°	Valle confl.V.Cola 11,8%/6,7°	Valle ponte stradale 8%/5°

Tabella 14. Parametri geometrici del bacino e del corso d'acqua



Foto 82 e 83. Testata della sinistra e tratto di scorrimento in roccia ad elevata pendenza a valle del ripaino glaciale (foto a destra)



Foto 84 e 85. Valle Pianella a sinistra e Valle Salmurano a destra nella zona a monte della confluenza. La Valle di Salmurano scorre per un lungo tratto in forra rocciosa prima della confluenza con la valle Pianella

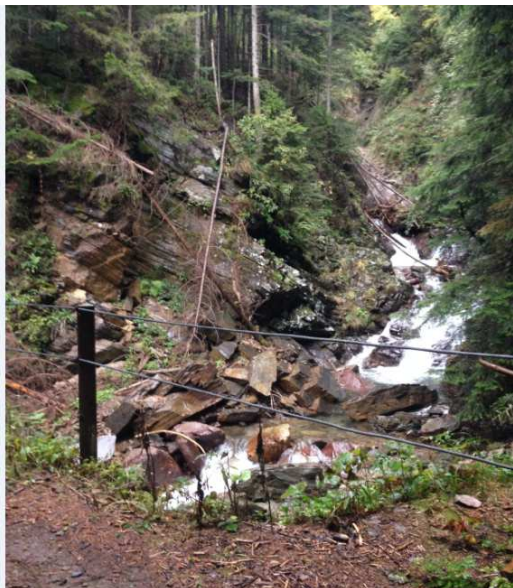


Foto 86 e 87. Valle Salmurano in corrispondenza del ponte sul sentiero per il Passo di Salmurano poco a monte della confluenza con la Valle Pianella. A destra ripresa a valle del ponte

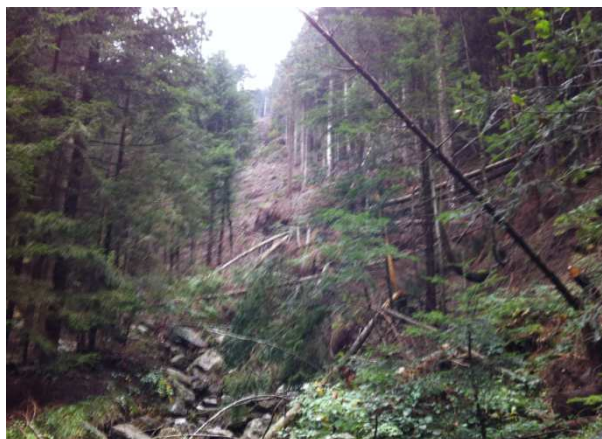


Foto 88 e 89. Zona di confluenza con la Valle dell'Asino e dissesti nel tratto terminale della Valle dell'Asino (foto a destra)

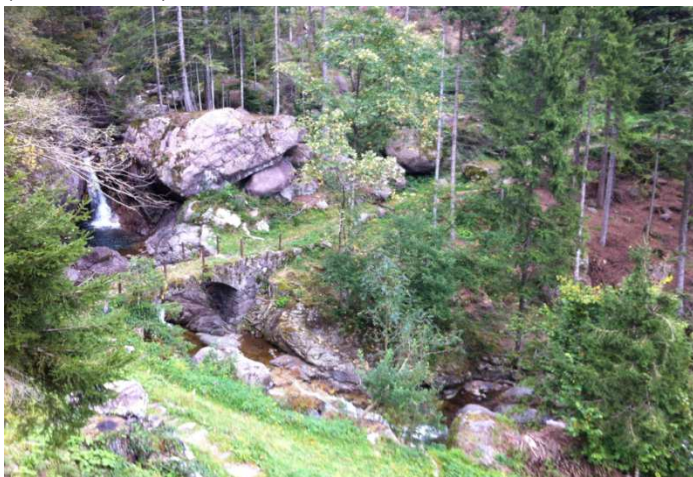


Foto 90. Confluenza Valle di Scioc



Foto 91. Opera di presa centrale "Chiassuro"



Foto 92. Guado a monte della confluenza con la Valle della Cola

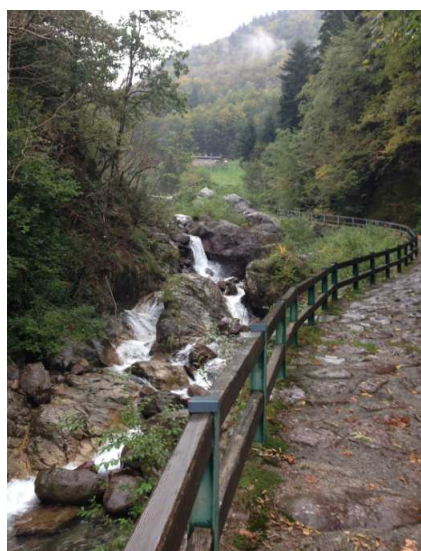


Foto 93 e 94. tratto a valle guado (presenza di briglie lesionate e briglie naturali formate da accumuli di grossi blocchi, foto a sinistra). Sentiero per il Passo di Salmurano in sponda destra idrografica (foto a destra).



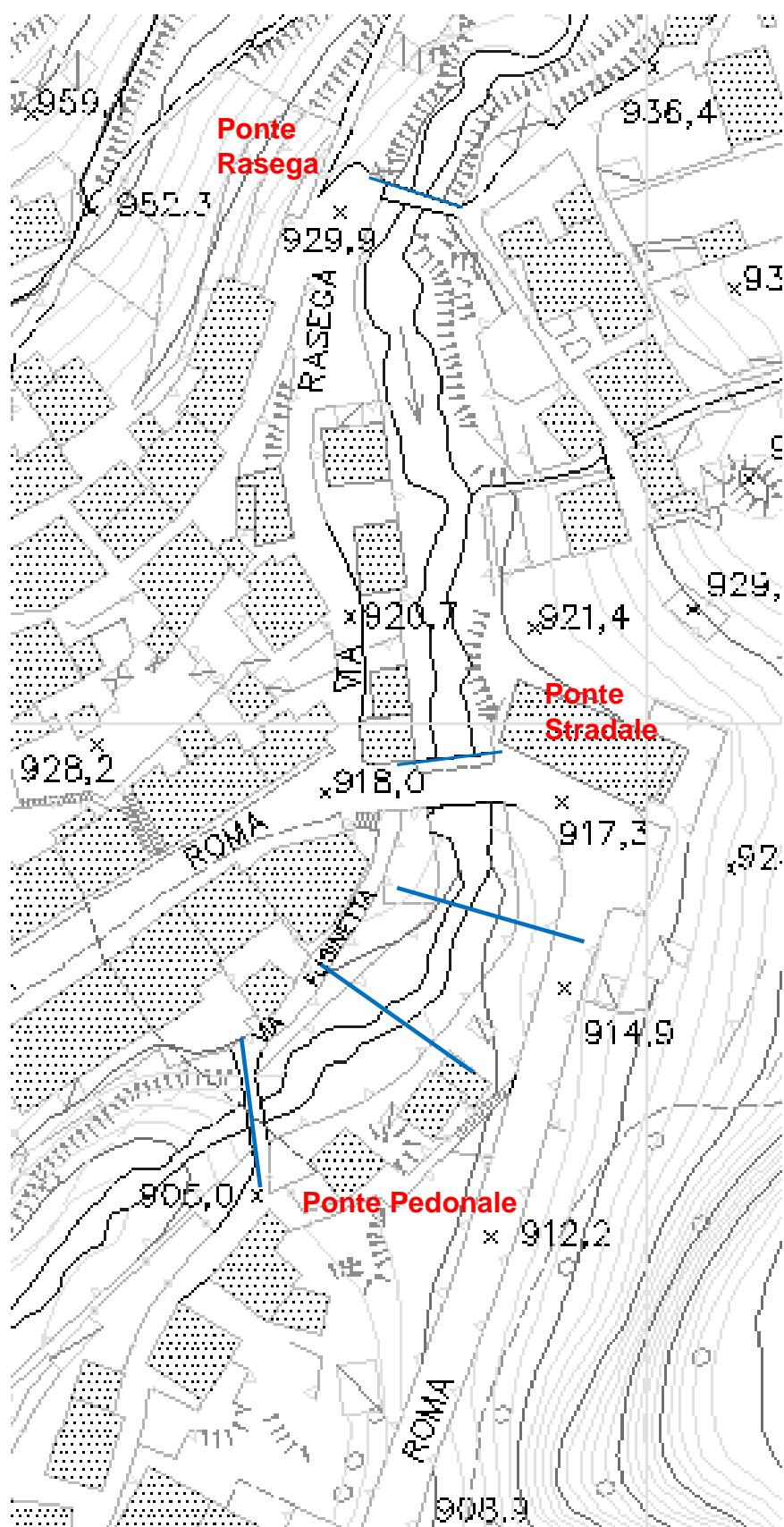


Figura 4: traccia sezioni di verifica (non in scala)

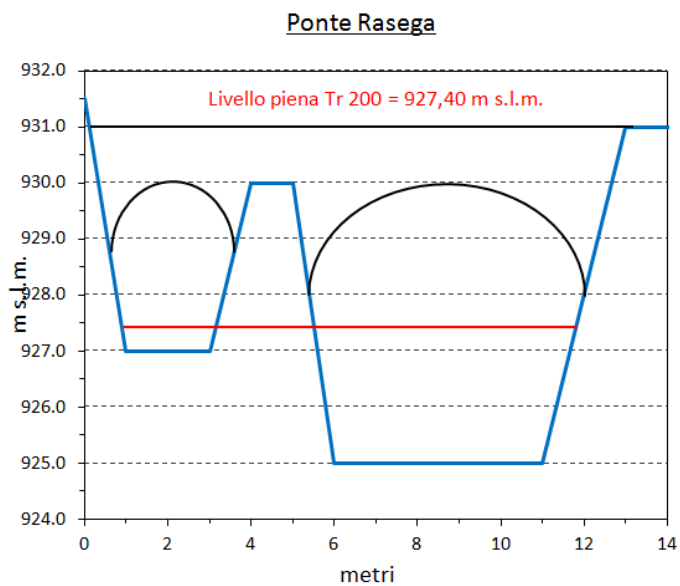


Figura 5: sezione Ponte della Rasega

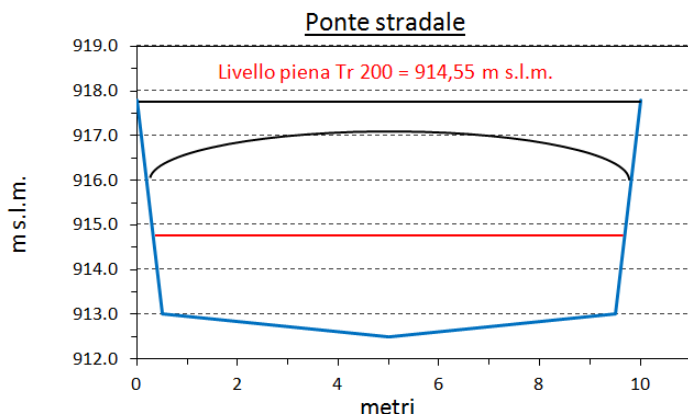


Figura 6: sezione Ponte stradale

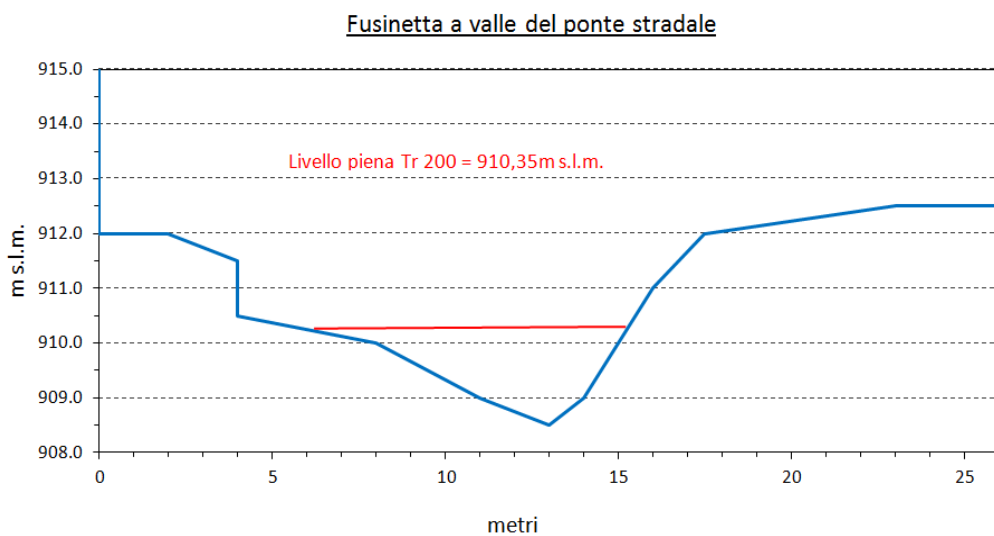


Figura 7: sezione Fusinetta a valle del ponte stradale



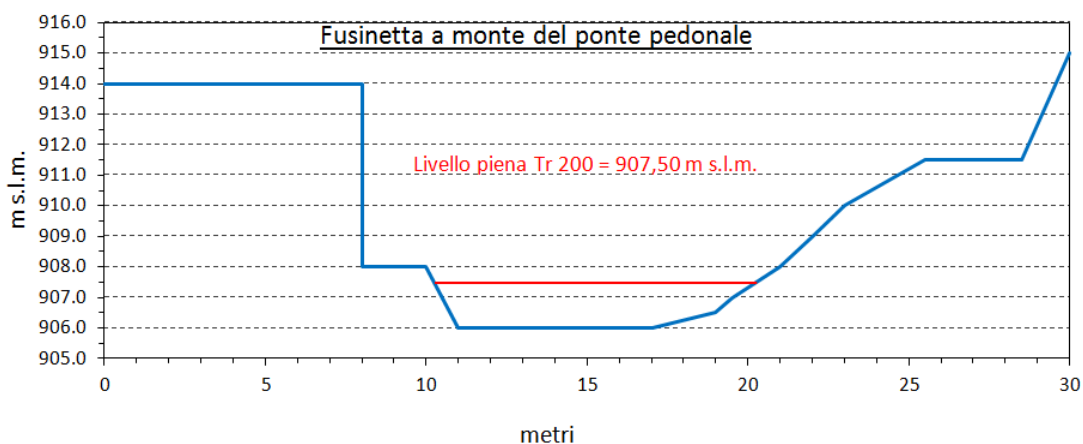


Figura 8: sezione Fusinetta a monte del ponte pedonale

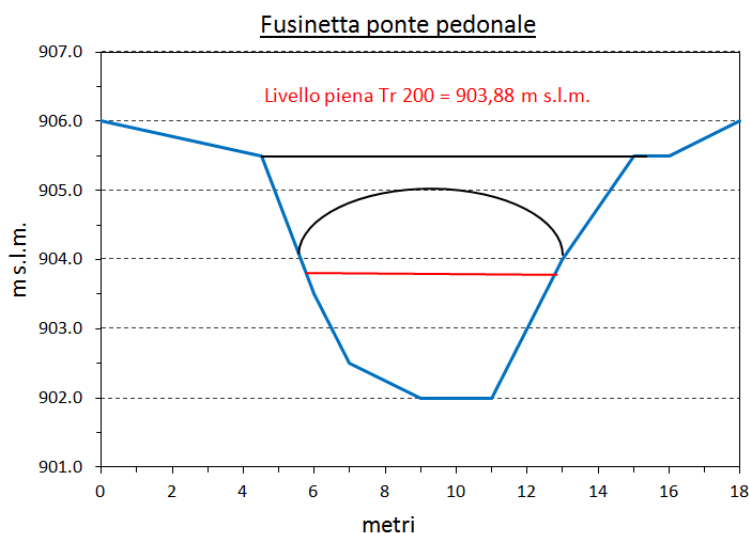


Figura 9: sezione Fusinetta ponte pedonale

### 5.5.5.3 Stima del trasporto solido

Tra i metodi di valutazione della Magnitudo, il metodo di Crosta, Ceriani, et al. (2000) non risulta applicabile in quanto non sono riconoscibili veri e propri apparati di conoide lungo l'asta idrica.

In effetti in diversi tratti a monte e' possibile la deposizione dei detriti trasportati, ragione per cui il corso d'acqua non ha dato vita ad un vero e proprio apparato di conoide anche nella zona a monte della confluenza con la Valle di Scioc.

I volumi depositati nelle aree di deiezione a monte della confluenza con la Valle di Scioc e nella zona della Fusinetta possono dare un ordine di grandezza dei flussi detritici trasportati a valle in occasione di eventi estremi non correlabili a tempi recenti e che possono essere rapportati ai valori di magnitudo di seguito stimati.

L'analisi della magnitudo è stata condotta con il metodo di D'Agostino et al. (1996) valutando percentualmente le litologie affioranti nel bacino (dall'analisi della tavola 1 del presente studio) e distinguendo i valori di magnitudo alla confluenza con la Valle Pianella e al ponte stradale.

I valori complessivi alla sezione di chiusura del ponte stradale sono stati confrontati con quanto calcolato per le singole aste tributarie (Val Pianella, Valle dell'Asino, Valle di Scioc e Valle della Cola).

Considerando il bacino complessivo con chiusura alla sezione stradale il valore stimato è di 130.726 mc, mentre sommando gli apporti di ogni singolo sottobacino delle aste tributarie (Val Pianella, Valle dell'Asino, Valle di Scioc e Valle della Cola) si arriva ad un valore di 81.000 mc, cui vanno aggiunti i valori di magnitudo del settore alto del bacino della Valle di Salmurano (3,19 kmq) di circa 70.000 mc (per complessivi 150.000 mc).

L'analisi distinta degli apporti provenienti dalle valli tributarie è parsa più ragionevole di una valutazione complessiva (non solo in quanto i valori risultano maggiori e quindi l'approccio è più cautelativo), in quanto consente di fare analisi di maggior dettaglio in merito alla possibile deposizione dei detriti nei diversi tratti del corso d'acqua, dato che per il caso in esame la deposizione non avviene in corrispondenza di un conoide vero e proprio.

Le valutazioni sulle possibilità di trasporto e deposizione dei corsi d'acqua tributari sono contenute nei paragrafi precedenti.

Di seguito al stima della Magnitudo alla sezione di chiusura del ponte stradale e per il settore di bacino alto.

### **Magnitudo del bacino complessivo della Valle di Salmurano al ponte stradale**

#### **Metodo di D'Agostino et al. (1996)**

$$M1 = 39 \cdot A \cdot S^{1.5} \cdot (I.G.) \cdot (I.T.)^{-0.3} = \quad \mathbf{130.726} \quad m^2$$

$$M2 = 36 \cdot A \cdot S^{1.5} \cdot (I.G.) \cdot (1 + C.S.)^{-1} = \quad \mathbf{124.713} \quad m^3$$

A =	7.48	km <sup>2</sup>	
(area del bacino)			
S =	24.8	%	
(pendenza asta principale)			
I.G. =	<b>3.75</b>		
(dipende dai litotipi costituenti il bacino)			
Valori			Area (%)
<b>I.G. =</b>	5	copertura morenica, alluvionale e di falda	0.35
	4	rocce metamorfiche	0.05
	3	rocce terrigene	0.60
	2	rocce laviche degradate, tufi basaltici, brecce	0.00
	1	rocce calcaree	0.00
	0	rocce porfiriche, granitiche, dioritiche	0.00
			<hr/>
		somma	1.00
I.T. =	3		
(indice di trasporto basato sulla classificazione di Aulitzky)			
Valori			
<b>I.T. =</b>	1	per i debris flow	
	2	per i debris flood	
	3	per il trasporto di fondo	
C.S. =	0		

### Magnitudo del sottobacino Passo di Salmurano- Valletto

#### Metodo di D'Agostino et al. (1996)

	$M1 = 39 \cdot A \cdot S^{1.5} \cdot (I.G.) \cdot (I.T.)^{-0.3} =$	<b>71.227</b>	m <sup>2</sup>	
	$M2 = 36 \cdot A \cdot S^{1.5} \cdot (I.G.) \cdot (1 + C.S.)^{-1} =$	<b>67.951</b>	m <sup>3</sup>	
A =	3.19		km <sup>2</sup>	
(area del bacino)				
S =	29.2		%	
(pendenza asta principale)				
I.G. =	<b>3.75</b>			
(dipende dai litotipi costituenti il bacino)				
Valori				Area (%)
<b>I.G. =</b>	5	copertura morenica, alluvionale e di falda		0.30
	4	rocce metamorfiche		0.15
	3	rocce terrigene		0.55
	2	rocce laviche degradate, tufi basaltici, brecce		0.00
	1	rocce calcaree		0.00
	0	rocce porfiriche, granitiche, dioritiche		0.00
			somma	1.00
I.T. =	3			
(indice di trasporto basato sulla classificazione di Aulitzky)				
Valori				
<b>I.T. =</b>	1	per i debris flow		
	2	per i debris flood		
	3	per il trasporto di fondo		
C.S. =	0			
(coefficiente di sistemazione del bacino)				

### Sedimenti in alveo mobilizzabili nel tratto confluenza V.Scioc al ponte stradale

Per valutare i volumi mobilizzabili nel tratto a valle della confluenza con la Valle di Scioc, si è invece considerato il metodo di Hungr et al. (British – Columbia – Canada, 1984) dove:

$$V = \sum L_i \cdot e_i$$

(V = volume totale mc, Li lunghezza dei tratti di torrente di caratteristiche uniformi e apporto detritico per unità di lunghezza m<sup>3</sup>\*m<sup>-1</sup>).

Classe	Pendenza alveo (°)	Materiale alveo	Sponde	Condizioni di stabilità	Apporto detritico unitario (m <sup>3</sup> /m)
A	20 - 35	Roccia	Non erodibili	Stabile (virtuale assenza di detrito)	0 - 5
B	10 - 20	Sottile strato di detrito o suolo sciolto su roccia	Non erodibili (roccia)	Stabile	5 - 10
C	10 - 20	Copertura detritica o morena	Altezza < 5 m	Stabile	10 - 15
D	10 - 20	Copertura detritica o morena	Detrito, altezza > 5 m	Angolo di riposo del materiale	15 - 30
E	10 - 20	Copertura detritica o morena	Detrito, altezza > 20 m	Sponde potenzialm. instabili (area in frana)	Fino a 200 (sorgente di detrito localizzata)

I valori indicativi dell'apporto detritico unitario per diverse caratteristiche di alveo torrentizio sono tabulati in base alla pendenza dell'alveo e al materiale presente in alveo e in sponda in relazione alle sue condizioni di stabilità (come da indicazioni contenute nella tabella a lato tratta dal lavoro dello stesso Hungr).

La maggior parte del corso d'acqua nel tratto esaminato ricade tra la classe A e B potendo affermare che il corso d'acqua è caratterizzato da

un apporto detritico medio di 5 ml per circa 650 metri di sviluppo dell'asta torrentizia.

Il calcolo porta alla stima di circa 5.000 mc mobilizzabili in alveo nel tratto a valle della confluenza con la Valle di Scioc oltre agli apporti che provengono dai canali tributari (stimabili in 10.000 mc circa).

L'ordine di grandezza dei volumi detritici che possono percorrere il canale nel tratto compreso tra la zona della confluenza con la V. Scioc e il ponte stradale è dell'ordine dei 10.000-15.000 mc.

Data l'ampiezza del corso d'acqua è rilevabile come questi possano rimanere contenuti nella sede dell'alveo andando a costituire tuttavia ostruzioni che possono, una volta mobilizzate, portare alla fuoriuscita dei deflussi e ad effetti distruttivi nelle immediate vicinanze del corso d'acqua.

Un metodo che consente di fare una valutazione di massima per la stima della portata di picco che può aver caratterizzato l'evento del 1987 è quella che utilizza la formula di "Dam Break" : il fronte della colata, in questo caso i deflussi liquido - detritici, dato che non si è trattato di una vera e propria colata, è assimilato all'onda che si forma per collasso di uno sbarramento (come verificatosi peraltro nel 1987 all'altezza del Ponte della Rasega).

La formula adottata è la seguente:

$$Q_p = \frac{8}{27} \cdot B \cdot h \cdot \sqrt{g \cdot h}$$

*B* larghezza del canale

*h* profondità del fronte

*g* accelerazione di gravità

In questo caso per determinare l'altezza del fronte sono state utilizzate le riprese fotografiche successive all'evento e le testimonianze dell'evento del 1987: lo sbarramento costituito da grossi massi ciclopici ha occluso la sezione del ponte che non è andato completamente distrutto (l'impalcato è rimasto).

L'altezza del fronte era compreso tra 4 e 5 metri e la larghezza del canale formatosi di circa 14 metri.

Dall'applicazione di questa formula si ricava una portata compresa tra 104 mc/sec e 145 mc/sec della miscela liquido detritica a cui il Ponte della Rasega e i ponti a valle hanno comunque resistito.

#### **5.5.5.4 Analisi dello scenario e delle condizioni di trasporto solido**

Le analisi hanno previsto la divisione per sottobacini del bacino della Valle di Salmurano alla zona di confluenza con la Valle d'Inferno, al fine di ipotizzare uno scenario di evento più simile al reale, dove i detriti si arrestano o alimentano il trasporto solido in alveo tratto per tratto.

Si è ipotizzato uno scenario di evento che può definirsi come "massimo atteso" considerando che i volumi detritici possano mobilizzarsi completamente durante un singolo evento alluvionale, andare a costituire diversi sbarramenti in alveo con successiva mobilizzazione e tracimazione fuori alveo anche dei detriti di maggiori dimensioni.

Traccia di tale scenario è effettivamente riscontrabile nei siti esaminati tuttavia correlabile ad eventi di epoca postglaciale e non recenti.

L'effetto di eventi di ostruzione del corso d'acqua e successiva mobilitazione dei detriti è rintracciabile nella morfologia stessa dell'alveo che presenta alternanze di sezioni ristrette a medio elevata pendenza e "allargate" dove la pendenza diminuisce e dove sono individuabili accumuli di grossi massi.

Tale assetto è evidente a partire dalla confluenza con la Valle dell'Asino sino al ponte della Rasega.

L'ultimo evento significativo di cui si ha memoria e presumibilmente di portata maggiore rispetto all'evento del 1987 è riferibile al 1860 quando la contrada della Fusinetta è andata distrutta a causa di un'inondazione catastrofica (all'epoca esisteva solo il ponte della Rasega all'altezza del quale si è presumibilmente verificata un'ostruzione che ha portato alla tracimazione di acque e detriti nella contrada).

Lungo l'asta torrentizia e le sue pertinenze sono stati individuati diversi ambiti (riportati carta di cui all'allegato 3) in cui è possibile il rallentamento e anche la deposizione dei detriti trasportati.

Le zone di possibile laminazione delle correnti in deflusso, rallentamento e arresto sono state individuate a partire dalla zona a monte della confluenza con la Val Pianella, ipotizzando che gran parte dei detriti confluenti nella piana del Passo di Salmurano e nella testata del Valletto possa già arrestarsi nella conca a bassa pendenza.

E' ipotizzabile che del valore di magnitudo calcolato per tale ambito, circa 30.000-35.000 mc possano raggiungere la confluenza con la Valle Pianella, non essendo individuabili a valle dei ripiani glaciali zone di potenziale deposizione, fatta eccezione per un breve tratto a monte della confluenza in un tratto a pendenza media del 8% dove le correnti possono tracimare fuori alveo (l'area ha estensione pari a circa 1400 mq per volumi che possono depositarsi dell'ordine di 3.000 - 4.000 mc).

Anche nella zona di confluenza è possibile che avvenga la deposizione di gran parte della frazione detritica.

I volumi che raggiungono la zona di confluenza e possono proseguire a valle sono stimabili nell'ordine di circa 20.000-25.000 mc, considerato che se anche parte viene deposta a monte possono aggiungersi deflussi detritici dalla Valle Pianella e più a valle nella zona della Valle dell'Asino.

Nel tratto compreso tra la Valle dell'Asino e la Valle di Scioc sono ancora individuabili diversi tratti a bassa pendenza e con ampia sezione di deflusso dove è possibile l'accumulo dei detriti trasportati e la laminazione delle acque in deflusso sia in alveo che fuori alveo:

- nel tratto di confluenza con la Valle dell'Asino in zona di bassa pendenza dell'alveo (5%) è possibile la deposizione di materiali compatibili con un'area di estensione di circa 600 mq (circa 1.000 mc);
- tra le quote di 1146 e 1160 metri (pendenza 14%) è possibile il rallentamento e l'espansione dei materiali in un'area prossima ai 700 mq;
- in località Bregagnol con alveo a pendenza dell'ordine del 10%, data l'estensione dell'area di 1000 mq si ritiene possibile il rallentamento e in questo caso anche la deposizione di circa 2000 mc, mentre in destra idrografica la zona di possibile accumulo ha un'estensione di ulteriori 1400 mq che possono essere interessati da colate detritiche fuori alveo (volumi dell'ordine di 3.000 mc);
- a monte del ponte di attraversamento della rete sentieristica in un tratto a pendenza del 4% è possibile la deposizione di circa 1000 mc di materiale;
- tra le quote di 1108 e 1112 a pendenza del 7% è possibile la deposizione di circa 600 - 800 mc;
- tratto sotteso alla confluenza con la Valle Salmurano pendenza 7% è possibile la deposizione di ulteriori 500 mc;

- tratto 1092-1094 si tratta di un ambito in cui in alveo si ha pendenza del 8% e in cui sono possibili volumi di deposizione in alveo di circa 400 mc e fuori alveo in sponda sinistra idrografica di circa 600 mc.

Oltre a quanto individuato la totalità dei detriti grossolani trasportati, sempre ipotizzando uno scenario di evento estremo potrebbe riversarsi fuori alveo nelle due ampie zone di deiezione individuabili in località "Ciar", a monte della confluenza con la Valle di Scioc.

Le due aree si sviluppano in sponda destra idrografica (quota 1062-1072 m) dell'estensione di 1600 mq a pendenza dell'11% e in sponda sinistra (quote 1040-1062 m) a pendenza più elevata del 26% di analoga estensione di 1600 mq.

Stando all'assetto dell'alveo nel tratto compreso tra la confluenza con la Valle di Scioc e il ponte stradale, gli apporti detritici possono provenire dalla Valle di Scioc e dalla valle della Cola (complessivamente circa 5.000-10.000 mc) oltre che ai detriti mobilizzabili in alveo stimati in circa 5.000 mc.

Ipotizzando dunque come volumi di "ingresso" a valle della confluenza con la Valle di Scioc di 10.000-15.000 mc stimati si rilevano altre aree di possibile arresto e deposizione:

- zona a monte della cascata prima della derivazione idroelettrica ambito a pendenza del 10% di estensione di 500 mq (accumulo possibile anche di 2.000 mc);
- zona sottesa alla traversa di derivazione regimato a bassa pendenza (5%) con estensione di 700 mq sono possibili accumuli di oltre 2.000 mc;
- zona guado Singal area 500 mq, possibile deposizione anche di depositi con altezze significative dell'ordine di 2.000 mc;
- zona centrale (tratto regimato bassa pendenza) estensione 460 mq accumulo di circa 1.500 mc.

I detriti in carico al corso d'acqua possono rallentare sino ad arrestarsi anche nel tratto a monte del ponte della Rasega, essendo caratterizzato il corso d'acqua da salti di fondo e briglie e da sezione di deflusso ampia.

La deposizione in alveo comporterebbe tuttavia un restringimento delle sezioni di deflusso e un innalzamento del fondo alveo con effetti prevedibili di tracimazione delle acque accompagnati da trasporti detritici fuori alveo costituiti dalle frazioni più fini di tali depositi che possono essere presi in carico dalle correnti.

La figura seguente sintetizza quanto sopra descritto.

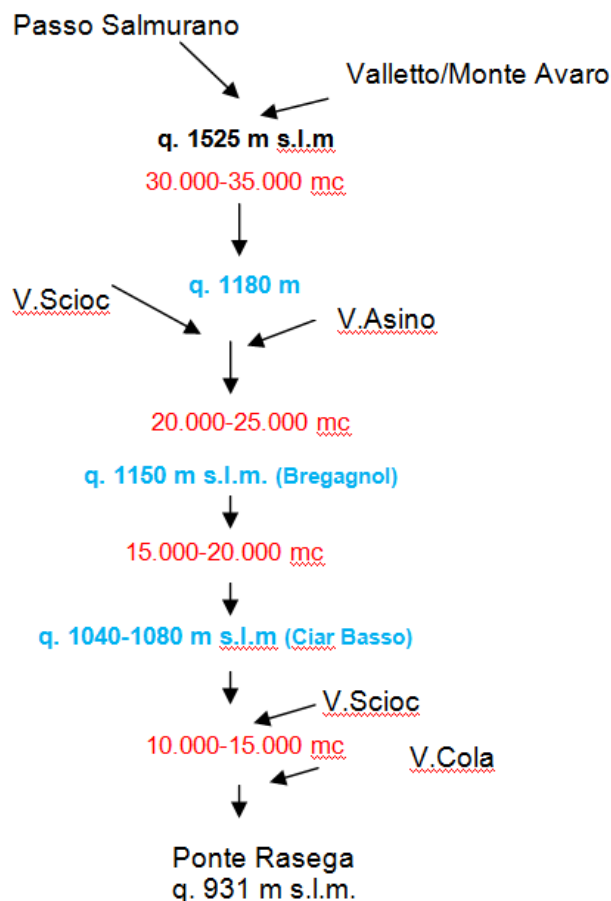


Figura 10. Schema delle condizioni di trasporto e deposizione. In rosso vengono indicati i volumi di materiale di ingresso nei singoli tratti della Valle di Salmurano. In azzurro sono indicate le quote delle aree di principale deposizione fuori alveo.

#### 5.5.5.5 Pericolosità del corso d'acqua

Le condizioni di pericolosità sono state valutate principalmente in sito sulla base delle valutazioni delle portate liquide e solide in carico al corso d'acqua (anche negli ambiti non precedentemente perimetrati).

Non essendo state eseguite modellazioni idrauliche, la scrivente aveva in prima analisi proposto di non classificare le aree soggette ad esondazione ai sensi del PAI.

Tuttavia in ottemperanza alla richiesta del parere regionale, si è provveduto ad attribuire corrispondenza normativa degli ambiti a differente grado di pericolosità ai sensi delle classificazioni PAI.

Le analisi condotte, seppur su base morfologica con il supporto dell'acquisizione in sito degli elementi significativi (tali elementi vengono sintetizzati nella cartografia di allegato 3) hanno portato all'individuazione di ambiti a differente grado di pericolosità (cfr. allegato 4) per i fenomeni di esondazione come previsto dall'allegato 4 della d.g.r. (H2 pericolosità media o moderata, H3 pericolosità elevata e H4 pericolosità molto elevata).

E' stata dunque valutata la potenzialità del corso d'acqua in esame allo sviluppo di colate detritiche in alveo sulla base dell'analisi morfologica delle aree di deiezione, dato che il corso d'acqua non dà vita a apparati di conoide nel senso proprio del termine.

Dalle analisi speditive il corso d'acqua risulta caratterizzato da alta potenzialità di trasporto solido ordinario.

Gli elementi di valutazione sono i seguenti:

- precipitazione giornaliera massima potenziale: > 200 mm/giorno;

- il tratto a monte del conoide non è ripido ed è largo e può servire come zona di deposito della colata i cui volumi che possono raggiungere l'area di deiezione sono dell'ordine di 10.000 mc (come stimato dalle analisi condotte sul trasporto solido);
- il letto del torrente può essere raggiunto da ceppi e parte di legname;
- il materiale costituente l'alveo è formato principalmente da roccia fratturata e sabbie e ghiaie pulite;
- i danni legati ad eventi noti hanno interessato le zone di recente costruzione nelle immediate vicinanze del torrente, senza distruzione di edifici (se non fabbricati in legno).

Il primo tratto analizzato ai fini della definizione della pericolosità è localizzato nella zona di confluenza con la Valle Pianella.

Si tratta di un settore vallivo aperto e ampio di pertinenza degli scorrimenti superficiali oltre che della valle Pianella e della Valle di Salmurano di un'altra incisione secondaria che confluiscono in un'area tipicamente di coalescenza e che può essere interessato da deflussi fuori alveo.

Tale ambito, nella zona propria della confluenza con la Valle Pianella, risulta incassato tra scarpate morfologiche in roccia non raggiungibili in caso di piena.

Tutta la sezione di deflusso e le sue pertinenze sono state classificate con grado di pericolosità H4.

Tale zona opera a favore della mitigazione del rischio di propagazione delle eventuali colate in alveo in quanto, grazie all'ampiezza della sezione di deflusso e alla bassa pendenza, i materiali trasportati possono rallentare e depositarsi senza causare significative ostruzioni ai deflussi.

Analoghe considerazioni valgono per la zona di confluenza della Valle dell'Asino: è presente un'ampia zona in sponda destra idrografica che può essere interessata dalla deposizione dei detriti trasportati sia dalla Valle Pianella che dalla Valle di Salmurano.

Le prime potenziali interferenze con ambiti edificati (località Bregagnol e Chiassuro) si hanno all'uscita del tratto in roccia con sezione di deflusso ridotta della metà rispetto al tratto precedente: in questo tratto le correnti risultano veloci e in grado di trasportare materiale che può poi deporsi e/o trascinare nel tratto a bassa pendenza in località Bregagnol, dove la valle, dopo una curvatura legata alla presenza di grossi massi in alveo, si apre in sponda destra idrografica.

Premesso che le aree interessate da edificazioni rurali poste in sponda destra idrografica risultano ad una quota rialzata dal fondo alveo di circa tre metri (le sponde sono anche state protette dalla realizzazione di scogliere in massi ciclopici), è stato valutato uno scenario di evento che contempli la potenziale ostruzione del tratto in forra a monte di tale zona con conseguente potenziale fuoriuscita delle correnti in direzione della sponda destra idrografica (più bassa rispetto alla sponda sinistra).

Si tratta di un evento che può considerarsi di raro accadimento cui può associarsi grado di pericolosità elevata (H3) per le aree direttamente poste in fregio all'asta idrica e moderata per le zone più distali (H2), come rilevato dall'assetto morfologico che conduce all'ipotesi che tale evento si sia già manifestato in passato in questa area.

Situazione analoga si riscontra per il tratto a monte del ponte stradale del Chiassuro, dove la morfologia si apre ad "imbuto" in direzione del ponte stradale.

In tale zona, seppur il corso d'acqua presenti ampia sezione di deflusso, superiore ai dieci metri, la pendenza diminuisce e all'altezza dell'imbocco del ponte la valle compie una "brusca curvatura" in direzione



dello stesso (in questo caso l'assetto dell'alveo che devia verso la sponda sinistra ha un'evidente impronta antropica, essendo delimitato lo stesso da arginature lungo la sponda destra idrografica).

La morfologia, la contenuta altezza delle sponde suggerisce la presenza di due zone di potenziale tracimazione localizzate sia in sponda sinistra idrografica (più bassa pertanto caratterizzata da elevata probabilità di essere coinvolta da deflussi fuori alveo) che in sponda destra idrografica, dove sorgono anche dei fabbricati rurali, localizzati ad una quota superiore di circa quattro metri (pericolosità di grado moderato H2) rispetto alle aree che potrebbero essere direttamente invase dalle correnti fuori alveo (pertanto caratterizzate da grado di pericolosità elevato H3).

Gli ambiti perimetrati a pericolosità elevata, delimitati dalle arginature e dai terrazzamenti morfologici, sono da considerarsi "pertinenza del corso d'acqua" e costituiscono zone di espansione e di laminazione delle correnti.

Quanto al ponte stradale che ha un'altezza di deflusso utile di 4 metri per una larghezza utile di 8 metri, lo stesso è stato progettato al fine di consentire il deflusso delle portate liquide e delle miscele liquido - solide.

Non si rileva la possibilità che possano manifestarsi ostruzioni significative soprattutto in ragione dell'assetto morfologico del corso d'acqua a monte dello stesso che consente la deposizione e l'eventuale fuoriuscita delle correnti anche con trasporto detritico.



Foto 95 e 96. Località "Chiassuro" a monte del ponte stradale (sponda destra idrografica foto a sinistra) sponda sinistra idrografica (foto a destra)



Foto 97 e 98. Località "Chiassuro" a monte del ponte stradale (sponda destra idrografica foto a sinistra) sponda sinistra idrografica (foto a destra)

In tutto il tratto a valle del ponte stradale, gli ambiti interessati da pericolosità di esondazione rimangono confinati all'interno del solco vallivo, delimitato perlopiù da scarpate morfologiche non raggiungibili in caso di piena.

La sponda si apre solo in un punto in località "Ciar" direzione della sinistra idrografica in un tratto dove è stata osservata la deposizione di grossi blocchi (area caratterizzata da pericolosità molto elevata H4 e invasa dalle acque in tracimazione anche in caso di eventi di piena ordinaria, come emerso dalle tracce rilevate in sito).

Si tratta di un'area ampia che gioca a favore di sicurezza ai fini dell'arresto della propagazione di eventuali detriti in carico al corso d'acqua nonché in ragione della laminazione delle correnti in deflusso.

Ancora più a valle nel tratto sotteso alla località Ciar Basso e che precede la confluenza con la Valle di Scioc è stata individuata un'ampia zona che può essere interessata da deflussi fuori alveo e da deposizione dei solidi trasportati.

Per tutto questo ambito è stato definito un grado di pericolosità molto elevato, stando all'assetto topografico dei luoghi che porta alla considerazione che tali ambiti possano essere interessati da deflussi fuori alveo anche in caso di piena ordinaria, come rilevabile dalle tracce di divagazione delle acque in deflusso.

Data anche la presenza di accumuli detritici, la zona costituisce sicuramente il più importante elemento di mitigazione della pericolosità dei fenomeni per le aree a valle, in quanto, in caso di evento catastrofico, qui si depositerebbe la quasi totalità dei detriti in carico al corso d'acqua.

A valle della confluenza con la Valle di Scioc il corso d'acqua scorre inciso in roccia con pendenza sostenuta, mitigata dalla presenza di alveo di accumuli di grossi massi che formano delle briglie naturali.

Nella zona in cui è stata realizzata la nuova opera di presa della centrale idroelettrica "Chiassuro" la valle, anche grazie agli interventi realizzati, si apre e la pendenza risulta mitigata seppur per un breve tratto.

La sezione in esame è stata regimata da opere di difesa spondale (arginature in massi ciclopici a secco), l'alveo risulta "svasato" e solo portandosi in direzione della confluenza con la Valle della Cola, assume il suo aspetto naturale.

Gli ambiti a pericolosità molto elevata rimangono confinati all'interno delle scarpate torrentizie non individuandosi condizioni di criticità e di potenziale ostacolo ai deflussi.

A valle della confluenza sopra citata è presente una zona in cui è stato realizzato un guado: la sponda sinistra idrografica risulta bassa e aperta e, in caso di eventi di carattere eccezionale potrebbe essere interessata da fenomeni di esondazione con grado di pericolosità molto elevato anche in ragione dello scenario che potrebbe manifestarsi poco più a valle.

Infatti nel tratto a valle il corso d'acqua è caratterizzato dalla presenza di massi di dimensioni metriche che mitigano la pendenza dell'alveo ma che contestualmente "alzano il fondo" dello stesso e ne riducono la sezione di deflusso.

L'alveo presenta inoltre alcuni restringimenti e una briglia in parte distrutta a seguito dell'evento del 1987.

Presumibilmente in tale zona durante quell'evento, si è manifestata una prima ostruzione ai deflussi che si sono poi propagati in direzione della Rasega con gli effetti di seguito descritti.

Sebbene ad oggi non si riscontrino le stesse condizioni del corso d'acqua del 1987, si è ritenuto, sulla base delle evidenze morfologiche, di perimetrare tale ambito a pericolosità molto elevata (H4).

Le correnti in deflusso possono arrivare a lambire il tracciato sentieristico pur rientrando in alveo poco a valle.

A monte del ponte della Rasega, danneggiato durante l'evento del 1987, l'assetto del corso d'acqua risulta significativamente differente rispetto al 1987.

Il tratto in esame ad oggi presenta sia in sponda sinistra che destra murature verticali, di altezza compresa tra tre e sette metri, in pietrame, massi ciclopici, calcestruzzo armato (talora costituite dalle stesse mura perimetrali dei fabbricati, come in sponda destra idrografica a monte del ponte stradale).

Sono stati realizzati anche alcuni salti di fondo e a valle del ponte della Rasega è stato realizzato un tratto in selciato di pietrame a grossi blocchi.

Si rileva che poco a monte del ponte il salto di fondo realizzato è troppo vicino al ponte stesso: tale assetto potrebbe provocare fenomeni di rigurgito anche in ragione del fatto che la sezione si stringe poco sotto all'impalcato.

Oltre alla stabilizzazione delle arginature e del fondo alveo e allo svasso dei detriti successivi all'evento, i recenti interventi di realizzazione della centrale idroelettrica posta in sponda destra idrografica pochi metri a monte del ponte pedonale, hanno contribuito all'ulteriore svasso dell'alveo nel tratto precedente il ponte e alla formazione di difese arginali in sponda destra idrografica.

Ad oggi l'area posta in sponda destra idrografica non sarebbe più invasa dalle correnti fuori alveo (la sponda è stata alzata per la realizzazione della centrale) e le correnti in deflusso raggiungerebbero il ponte della Rasega, trovando in questo il primo potenziale ostacolo alla propagazione dei deflussi.



Foto 99 e 100. Località "Rasega" a monte del ponte pedonale (sponda sinistra idrografica foto a sinistra). Ripresa verso valle (foto a destra)

Il ponte è adeguatamente dimensionato in relazione alle portate liquide, tuttavia data la posizione, soggetto ad ostruzione, fenomeno che potrebbe manifestarsi in ragione del fatto che la pendenza del tratto a monte

del ponte è contenuta e se da una parte facilita l'accumulo dei detriti trasportati, in caso di evento eccezionale gli stessi potrebbero essere presi in carico dalle correnti.

Peraltro, come da riprese fotografiche, il tratto di alveo in sponda sinistra risulta già rialzato e la sezione di deflusso aperta solo in parte.

Si ritiene che in caso di ostruzione anche solo temporanea, gli effetti prodotti siano analoghi a quelli del luglio 1987 (di cui sono state allegare alcune riprese fotografiche).

Tale zona non era stata oggetto di perimetrazione di pericolosità nello studio geologico comunale precedente: si propone pertanto l'inserimento anche di tale zona tra le aree a pericolosità da molto elevata a elevata sulla base di uno scenario di evento simile a quello manifestatosi nel 1987 e sulla base degli effetti prodotti da tale evento.

Stando all'assetto topografico e morfologico dell'area, in caso di manifestazione di evento analogo al 1987 con ostruzione del ponte, le acque tracimerebbero sia in sponda sinistra che destra idrografica, seguendo in questo secondo caso la viabilità stradale che ha una pendenza significativa, dunque con elevata accelerazione delle acque in deflusso (ambito pertanto perimetrato come pericolosità molto elevata - H4) accompagnate da flussi detritici seppur di limitata pezzatura e altezza.

In sinistra idrografica le acque arriverebbero perlopiù a lambire le sponde e coinvolgere direttamente ambiti spondali non edificati (grado di pericolosità molto elevato H4) e solo un fabbricato più distante dalla sponda ma soggetto a fenomeni a pericolosità elevata (H3).

Diversamente in sponda destra potrebbero essere coinvolti manufatti realizzati peraltro all'interno della fascia di rispetto del corso d'acqua.

Gli ambiti classificati con grado di pericolosità H4 e H3 sono gli stessi coinvolti durante l'evento del 1987 (cfr. carta di pericolosità in allegato 4).



Foto 101. Sponda destra idrografica a valle del Ponte della Rasega a seguito dell'evento del luglio 1987 (per concessione di Studio Fotografico Passerini Raffaella di Piazza Brembana)



Foto 102. Sponda destra idrografica a valle del Ponte della Rasega a seguito dell'evento del luglio 1987 (per concessione di Studio Fotografico Passerini Raffaella di Piazza Brembana)



Foto 103. Sponda destra idrografica (strada carrabile) a valle del Ponte della Rasega a seguito dell'evento del luglio 1987 (per concessione di Studio Fotografico Passerini Raffaella di Piazza Brembana)



Foto 104. Danni prodotti lungo la sponda sinistra a valle del ponte della Rasega anche per l'effetto del rigurgito all'altezza del canale della Laza. Sullo sfondo il soil slip attivatosi durante l'evento ancora oggi oggetto di potenziale riattivazione nonostante le opere di consolidamento realizzate (per concessione di Studio Fotografico Passerini Raffaella di Piazza Brembana)



Foto 105 e 106. Ponte stradale (a sinistra) e ponte della Rasega (a destra). In caso di ostruzione del le zone coinvolte sono localizzate soprattutto lungo la sponda destra dove la strada asfaltata "convoglierebbe" le acque verso l'edificato. Nella foto a destra si osserva anche il salto di fondo a monte del ponte e il restringimento della sezione di deflusso anche legato alla presenza del fondo alveo più alto sotto l'arcata minore del ponte



Foto 107 e 108. Località "Rasega" panoramica tratto a valle ponte pedonale (foto a sinistra), dettaglio sponda sinistra (foto a destra)

Nel tratto a valle è prevedibile che, in caso di ostruzione temporanea del ponte della Rasega ed eventuale successivo "svaso" improvviso, si possano manifestare deflussi di altezza significativa che, se non in grado di fuoriuscire dalla sezione di deflusso del ponte stradale, troverebbero nella sponda sinistra idrografica più bassa e aperta, un ambito di potenziale tracimazione.

Anche questo scenario segue quanto accaduto nel 1987: le correnti in alveo hanno eroso la sponda sinistra e le acque in tracimazione invaso parte della contrada della Fusinetta in ragione della limitata altezza delle opere di difesa spondale realizzate e per la conformazione topografica dell'area.

Peraltro un fenomeno analogo (con potere ancora più distruttivo) è riferibile al 1890: la stessa area della Fusinetta ha genesi legata ad analoghi eventi di dinamica morfologica di epoca post glaciale.

Stando all'assetto topografico dell'area, nella quale le strutture antropiche esercitano un forte controllo nella propagazione e deviazione delle acque di tracimazione fuori alveo, possono essere individuate aree soggette a pericolosità più elevata (grado H4, poste a ridosso delle sponde torrentizie e già coinvolte nell'evento del 1987) e aree più marginali e distali (caratterizzate da grado di pericolosità da elevato H3 a moderato H2, in quanto coinvolte in caso di evento di raro accadimento, trovandosi in posizione marginale e/o protetta da manufatti antropici rispetto alla zona di potenziale tracimazione..

In sintesi gli ambiti perimetrati a pericolosità H3 e H2, sono dunque caratterizzati da significativa mitigazione della pericolosità dei fenomeni, data la distanza dai punti di possibile tracimazione (evidenziati dalla cartografia di allegato 3) e soprattutto per effetto della protezione indotta dall'effetto "barriera" dei manufatti antropici posti a monte.

Nelle aree a pericolosità molto elevata è compresa parte della sponda sinistra idrografica all'altezza del ponte pedonale: si ritiene che le correnti in deflusso uscirebbero principalmente nel tratto a monte di tale attraversamento, tuttavia si è ipotizzato il caso che per ostruzione di tale ponte le acque possano fuoriuscire anche in questo ambito andando ad interessare direttamente le zone già classificate con grado di pericolosità H4 per deflussi in tracimazione provenienti da monte.

Ad eventi con grado di pericolosità molto elevata H4 possono essere associati deflussi detritici di limitata altezza (dell'ordine dei decimetri) e granulometria ma caratterizzati da velocità sostenute in ragione della pendenza.

Si rimanda all'allegato 4 per la mappatura delle aree a differente grado di pericolosità.



Foto 109. Sponda sinistra idrografica a valle del ponte stradale a seguito dell'evento del luglio 1987 (per concessione di Studio Fotografico Passerini Raffaella di Piazza Brembana)



Foto 110. Dettaglio del livello raggiunto dalle acque su di un edificio posto in sponda sinistra idrografica a valle del ponte (per concessione di Studio Fotografico Passerini Raffaella di Piazza Brembana)

L'ampia estensione dell'ambito a pericolosità moderata (H2) a valle delle zone di potenziale tracimazione, è legata all'assetto topografico dell'area e soprattutto alla disposizione della rete stradale nella contrada in esame che favorisce il deflusso delle acque per un lungo tratto a valle sino alla zona del campo sportivo, come accaduto nel 1987.

Tali ambiti sono interessati da deflussi di limitata altezza (che possono tuttavia concentrarsi nelle zone sub pianeggianti in cui è possibile l'accumulo delle acque) e bassa velocità in ragione della laminazione delle correnti ad opera degli ostacoli antropici.

Nella aree a pericolosità bassa della zona del campo sportivo, sono da considerarsi compresi anche i potenziali fenomeni di tracimazione della Valle della Laza Inferiore, valle di breve sviluppo che non presenta



deflussi significativi ma che è stata tombinata per un lungo tratto sotto la rete stradale sino al campo sportivo (dove riemerge a valle lungo la sponda torrentizia).

Durante l'evento del 1987 la fuoriuscita delle acque, che poi ha raggiunto la zona del campo sportivo, accumulandosi, è stata causata dall'occlusione della griglia di trattenuta dei solidi posta all'imbocco del tratto tombinato.



Foto 111 e 112. Località "Rasega" panoramica tratto a valle ponte pedonale sino al ponte stradale (foto a sinistra), tratto a valle del ponte stradale con dettaglio sulla sponda sinistra in località "Fusinetta" (foto a destra) e dei fabbricati potenzialmente coinvolti da fenomeni di tracimazione a pericolosità molto elevata.



Foto 113 e 114. Località "Fusinetta" panoramica tratto a valle ponte pedonale sino al ponte stradale (foto a sinistra), tratto a valle del ponte stradale con dettaglio sulla sponda sinistra (foto a destra)



Foto 115 e 116. Località "Fusinetta" dettaglio "effetto" barriera ai deflussi fuori alveo dei fabbricati posti in sponda sinistra idrografica (foto a sinistra) e zona a valle non coinvolta nei deflussi freccia verde (foto a destra)



Foto 117. Ripresa della località Fusinetta da monte. Si noti l'avvallamento (freccia gialla) a destra della foto che potrebbe essere ripercorso dalle correnti in deflusso in questo caso caratterizzate da pericolosità bassa in quanto in posizione marginale rispetto alla direzione di tracimazione delle correnti e protetta da ostacoli antropici (individuati dalle frecce)



Foto 118. Panoramica della zona in esame



Foto 119 e 120. Ponte pedonale (foto a sinistra) e strada pedonale in sponda sinistra (foto a destra)



Foto 121 e 122. Ripresa a valle della zona di possibile tracimazione delle acque in fuoriuscita dal ponte pedonale (foto a sinistra) e strada pedonale in discesa (foto a destra)



Foto 123 e 124. Zona di possibile tracimazione delle acque in fuoriuscita dal tratto tombinato della Valle della Laza inferiore (foto a sinistra) e morfologia dell'ambito a valle nella zona del campo sportivo (foto a destra). La viabilità e gli ostacoli morfologici deviano le correnti in deflusso verso la valle. La zona del campo sportivo può essere considerata esterna alle correnti fuori alveo caratterizzate da pericolosità moderata



Foto 125: campo sportivo a seguito dell'evento del luglio 1987 (per concessione di Studio Fotografico Passerini Raffaella di Piazza Brembana)

Si vuole sottolineare che ad oggi comunque le opere realizzate nel tratto Rasega - Fusinetta presentino buona efficienza funzionale e anche dove erano stati rilevati qualche anno fa fenomeni di scalzamento alle opere di fondazione degli argini (tratto della Fusinetta), sono stati realizzati lo scorso anno interventi di manutenzione (il tratto interessato è localizzato circa 90 metri più a valle del ponte pedonale della Fusinetta). Infine nella zona compresa tra la confluenza della Valle d'Inferno e della Valle di Salmurano, è stata attribuita classe di pericolosità elevata H3: tale classificazione, stando alla quota del ripiano, difficilmente raggiungibile dai deflussi di piena, è correlabile essenzialmente alla manifestazione di un evento particolarmente catastrofico (fenomeni idrologici intensi che possono interessare i corsi d'acqua in concomitanza).

A valle e sino alla zona di confluenza con la Valle Stabina, le condizioni di pericolosità dei fenomeni sono state individuate su base morfologica recependo, dove presenti, le perimetrazioni dello studio precedente.

## **5.6 LOCALITA' "CONFLUENZA VALLE DELL'INFERNO-VALLE DEL FORNO-CANALE DEL TI"**

Le aree oggetto di revisione di pericolosità sono classificate ai sensi del PAI nello studio geologico redatto ai sensi della L.R. 41/97 come "Ca - Conoide Attivo non protetto".

Tuttavia a supporto di tale classificazione non sono state eseguite analisi specifiche di valutazione delle portate, della magnitudo, ne' sono state individuate e/o descritte le condizioni di criticità che possono ricondursi alla pericolosità dei fenomeni e alla conseguente classificazione proposta.

La nuova legge per il Governo del Territorio e in particolare la d.g.r. n° IX/2616 del 30/11/2011 individua il percorso metodologico che deve essere utilizzato per la definizione della pericolosità dei fenomeni di dissesto ai fini della classificazione di fattibilità e per l'attribuzione della corrispondenza normativa ai sensi del PAI.

Per tale località è stato rilevato dai sopralluoghi eseguiti dalla scrivente come, in ragione delle caratteristiche proprie dei corsi d'acqua in esame (perlopiù non soggetti a formazione di colate detritiche in alveo nelle zone di interesse) e dell'assetto morfologico dell'area di confluenza, l'analisi di pericolosità non possa essere ricondotta semplicemente a fenomeni di tracimazione su conoide, non essendo individuabili nell'ambito oggetto di studio caratteristiche morfologiche proprie di un apparato di conoide ne' essendo noti o rintracciabili tracce di eventi recenti di tale tipologia.

Come anche richiesto dal parere regionale, la valutazione della pericolosità dei fenomeni è stata eseguita ipotizzando scenari di evento di esondazione che perlopiù possono manifestarsi in caso di ostruzione delle sezioni di deflusso critiche (tali criticità sono riportate cartograficamente in allegato 3).

A tali eventi di esondazione si possono associare anche deflussi detritici di limitata altezza e con materiali a granulometria contenuta, in cui comunque la componente liquida è prevalente rispetto alla componente solida.

Lo scenario di pericolosità andrebbe a collocarsi in una condizione intermedia tra le due classificazioni proposte ma, a parere della scrivente, trova maggior riscontro con i fenomeni di esondazione.

L'allegato 4 della d.g.r. sopra citata prevede anche l'utilizzo di modelli idraulici atti a valutare i livelli idrici e le velocità associate alle correnti in deflusso.

Tale analisi per i corsi d'acqua in oggetto non è stata eseguita per le seguenti motivazioni:

- mancanza di un rilievo topografico di sufficiente dettaglio per la ricostruzione delle sezioni di deflusso del corso d'acqua;
- i modelli in moto permanente (tipo applicativo Hec Ras) nel caso di corsi d'acqua quali quello in esame (la cui geometria delle sezioni deflusso varia repentinamente in brevi tratti) non sono applicabili;
- le modellazioni non sono in grado di valutare l'effetto di eventi alluvionali tipici dei corsi d'acqua torrentizi montani, legati alla formazione di zone in sovralluvionamento e/o di sbarramenti temporanei in alveo per la presenza di grossi massi e vegetazione.

A supporto della definizione della pericolosità dei fenomeni si è pertanto deciso di adottare la seguente metodologia che riprende in gran parte quanto contenuto nell'allegato 4 della d.g.r. fatta eccezione, come sopra motivato, per l'utilizzo del modello idraulico:

- analisi delle caratteristiche geologiche, morfologiche e idrografiche delle aste idriche. L'analisi si è basata sull'esame delle carte di base allegate al presente studio (tavole 1-5) oltre che sui rilievi in sito;
- valutazione della tipologia dei fenomeni di trasporto solido e della possibile mobilitazione dei detriti in alveo sulla base dei sopralluoghi eseguiti e della pendenza dei singoli tronchi dei corsi d'acqua;
- stima delle portate di massima piena liquida e della magnitudo dei detriti trasportati;
- formulazione di uno scenario di evento potenziale nelle condizioni di maggior criticità;
- valutazione dell'interferenza dello scenario ipotizzato con l'assetto morfologico e idrografico dei corsi d'acqua, nelle zone di criticità e nelle zone di possibile rallentamento e deposizione dei detriti in carico al corso d'acqua individuate a monte dell'ambito in esame (tali aspetti sono riportati nella carta degli elementi geologici e geomorfologici in allegato 3);
- individuazione di ambiti a differente grado di pericolosità sulla base di analisi morfologiche condotte in sito che tengono conto dello scenario di evento ipotizzato che ricalca essenzialmente l'evento del 1987 di cui si hanno testimonianze (cfr. allegato 4 carta della pericolosità);
- valutazione della pericolosità anche per i tratti di corsi d'acqua non sottesi all'area oggetto di revisione (nello studio geologico vigente non perimetrati): le valutazioni in questo caso sono state proposte dalla scrivente sulla scorta degli elementi raccolti durante i rilievi nei tratti dei corsi d'acqua a monte della zona in esame (per la Valle dell'Inferno e gli altri canali la perimetrazione di pericolosità oggetto di analisi è stata eseguita esclusivamente nei tratti dei corsi d'acqua a valle dell'attraversamento della strada comunale Ornica-Chiusuro-Dudello), resisi comunque necessari per la definizione della pericolosità dei fenomeni nelle aree oggetto di specifica analisi.

Per tali ambiti era stata proposta nella prima stesura dello studio una classificazione che non prevedeva la corrispondenza PAI in relazione al fatto che le analisi non sono state supportate dalla realizzazione di una modellazione idraulica. La richiesta di attribuire a tutte le zone corrispondenza PAI è stata espressa nel parere regionale;

- attribuzione della corrispondente classificazione PAI alle aree oggetto di analisi di pericolosità e norme tecniche di uso del suolo.

I fenomeni di esondazione sono relazionabili alla presenza di elementi di potenziale criticità, perlopiù di carattere antropico e alla manifestazione di scenari di evento stimabili con tempi di ritorno inferiori ai 100 anni ed eventi di maggior portata.

Non si hanno a disposizione informazioni significative sugli eventi pregressi che hanno interessato la zona in esame, pertanto i dati necessari alla definizione dei potenziali eventi sono stati ricavati mediante analisi in sito e elaborazioni condotte sull'assetto morfologico dei corsi d'acqua.

Per il calcolo delle portate di massima piena centenaria sono stati utilizzati i parametri "a" e "n" riportati nella Direttiva 2 dell'Autorità di Bacino del Fiume Po e la stima della portata di massima piena per stabiliti tempi di ritorno è stata eseguita mediante applicazione del Metodo Razionale indicato dalla direttiva n°2 dell'Autorità di Bacino del Fiume Po - PAI – "Piena di progetto da assumere per la progettazione e le verifiche di compatibilità idraulica".

I parametri "a" e "n" relativi al tempo di ritorno di 100 anni dei fenomeni di precipitazione intensa, sono stati desunti, dalla tabella denominata "regionalizzazione" dell'allegato 3 contenuto nella stessa direttiva, in riferimento soprattutto alle celle entro le quali risultano compresi i sottobacini oggetto di analisi.

Dalle analisi di pericolosità (riportata oltre che in allegato 4, anche nella carta di sintesi) è stata derivata la fattibilità d'uso del suolo per gli ambiti in esame, secondo quanto disposto dalla d.g.r. n° IX/2616 del 30/11/2011.

I corsi d'acqua sono stati analizzati dapprima separatamente e quindi è stato formulato uno scenario di evento potenziale valutando l'effetto congiunto dei fenomeni nella zona di confluenza.

A supporto delle analisi svolte sono state prodotte tre cartografie allegate al testo:

- allegato 2: vengono individuati cartograficamente i sottobacini idrografici del Torrente Ornica a monte della confluenza V. Inferno - V. Salmurano;

- allegato 3: tali cartografie, distinte in tratti, rappresentano le caratteristiche principali dei corsi d'acqua precisando dove l'alveo è delimitato da scarpate non raggiungibili in caso di piena, le zone a bassa pendenza, dove è possibile il rallentamento e anche la deposizione dei solidi trasportati e le opere di regimazione. Sono indicate anche le zone di criticità rilevate quali ponti, sezioni di deflusso ristrette, sponde aperte, sovralluvionamenti in alveo.

Sono stati inoltre rappresentati gli elementi significativi che insistono sul corso d'acqua: affioramenti rocciosi, aree in frana e/o degradazione, conoidi allo sbocco di valli e canali tributari del corso d'acqua principale.

Infine sono state indicate le aree di possibile tracimazione delle acque e dei detriti in deflusso, distinguendo quelle in cui i fenomeni di laminazione possono essere significativi ai fini della mitigazione della pericolosità dei fenomeni

- allegato 4: gli elaborati rappresentano cartograficamente gli ambiti a differente grado di pericolosità individuati su base morfologica in sito.

Alla pericolosità dei fenomeni è associato un tempo di ritorno indicativo: sono state distinte le zone interessate da piena ordinaria (pertanto caratterizzate da pericolosità molto elevate e elevata), aree che possono essere interessate da fenomeni di esondazione con maggiori probabilità di accadimento in tempi brevi (compresi tra i 20 e i 50 anni ma indicati genericamente come tempi di ritorno dei fenomeni inferiori ai 100 anni e univocamente classificati a pericolosità molto elevata, stando anche alla vicinanza di tali ambiti all'alveo attuale), aree che possono essere interessate da fenomeni di accadimento più raro (con tempi di ritorno maggiori di 100 anni pertanto relazionabili ad uno scenario di evento eccezionale, aree che sono state classificate per la maggior parte come a pericolosità media o moderata).

Lo scenario di evento più catastrofico è legato alla mobilitazione totale e concomitante dei volumi di magnitudo stimati (cfr. analisi delle condizioni di trasporto e di deposizione del trasporto solido) e sono state individuate le zone di potenziale fuoriuscita delle correnti in deflusso (accompagnate anche da trasporto detritico) sulla base dell'assetto morfologico dell'alveo e delle sue pertinenze e sulla presenza delle sezioni di deflusso critiche all'altezza delle quali possono manifestarsi fenomeni di ostruzione.

Per tali ambiti, in relazione alla minor probabilità di accadimento di tali eventi, sono stati distinti tre gradi di pericolosità (da molto elevata H4 a moderata H2) che si basano, più che sul calcolo delle velocità e delle

altezze della lama d'acqua come previsto dalla direttiva regionale (stando a quanto sopra precisato in relazione all'utilizzo dei modelli idraulici), su considerazioni di carattere previsionale relazionabili alla morfologia e alla topografie dei siti in esame e alle portate di deflusso stimate.

## **5.6.1 Canale del Ti (ID Reticolo Idrico Minore 0072)**

### **5.6.1.1 Assetto morfologico del corso d'acqua**

Il canale del Ti nasce alle pendici della dorsale rocciosa "La Spalla" (quota massima del bacino idrografico 1718 m s.l.m.): la testata che fa capo all'impluvio inciso è localizzata a 1530 m s.l.m. mentre l'impluvio è definito dalla quota di 1470 m s.l.m.

Il corso d'acqua, lunghezza 925 metri, ha un andamento rettilineo orientato nord sud condizionato dall'assetto strutturale e poche incisioni tributarie di breve sviluppo (dell'ordine di 100-150 metri) tutte localizzate in sponda sinistra idrografica e alimentate da forme di emergenza idrica temporanee e stagionali. La valle si unisce alla quota di 1078 m s.l.m. in località "Cantel", in corrispondenza di un attraversamento del sentiero CAI 106, alla Valle del Forno, tributaria in sponda destra idrografica.

Si tratta di un canale inciso completamente delimitato da scarpate morfologiche non raggiungibili in caso di piena, con fondo alveo seppur non ben definito, ampio e piuttosto piatto alla base.

Morfologicamente il bacino idrografico si presenta stretto e allungato intorno al corso d'acqua per una superficie complessiva di 0,25 kmq pendenza media 53%.

L'assetto geologico del bacino è caratterizzato dalla presenza di substrato roccioso nel settore medio e basso appartenente alle Vulcaniti del Ca' Bianca (facies ignimbratica), nel settore più alto del bacino dalla Formazione del Pizzo del Diavolo in facies arenacea e nel tratto terminale (circa 200 metri) dalla formazione degli Gneiss di Morbegno.

I depositi superficiali sono ridotti a coperture eluvio colluviali di limitato spessore, "placche" di depositi glaciali e fluvioglaciali e depositi alluvionali sul fondo alveo, anch'essi di limitato spessore.

Non sono individuabili dissesti significativi: lungo i versanti circostanti l'alveo si rilevano zone con coperture detritico terrigene in condizioni di equilibrio limite in località "Baita Ti Alto" (dai 1500 ai 1450 m), roccia fratturata (1450-1350 m in corrispondenza di un lineamento tettonico), zone con suoli in degradazione per acclività delle scarpate sponda destra idrografica in località "Ronchetto").

Il corso d'acqua ha una pendenza media del 42%, massima nel tratto superiore del 63% e minima nel tratto terminale del 24%.

A monte dell'attraversamento della strada "Ornica - Dudello" (quota 1187 m s.l.m.) è presente una zona dove gli eventuali detriti trasportati possono arrestarsi.

Anche a valle del tombotto di attraversamento la sezione di presenta ampia e a bassa pendenza.

A valle dell'attraversamento le sezioni si riducono e in alcuni brevi tratti non risultano superiori ai 5 metri: nel tratto compreso tra la confluenza dei due canali tributari (tra cui il canale Caravino) si rileva una zona a bassa pendenza dove è possibile la deposizione dei solidi trasportati.

I 250 metri a monte dell'attraversamento stradale in località "Cantel" sono caratterizzati da ampie sezioni di deflusso comprese tra i 7 e i 10 metri, con fondo alveo piatto e ripide scarpate di incisione che impediscono la fuoriuscita dei detriti trasportati.



Gli stessi trovano zone di potenziale fuoriuscita all'interno dello stesso sedime dell'alveo in sponda destra idrografica dove si sviluppa la rete sentieristica (foto seguente).

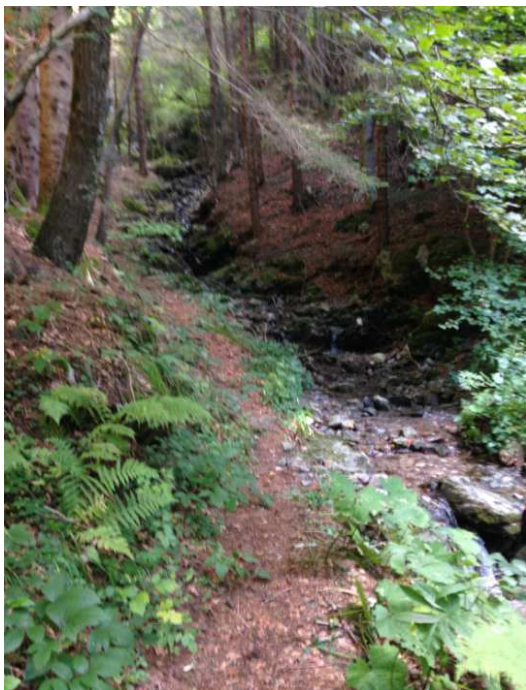


Foto 126. Canale del Ti nel tratto precedente la confluenza con la Valle del Forno

A monte dell'attraversamento in sponda sinistra idrografica e limitatamente in sponda destra (data la presenza di roccia) sino a due anni fa erano individuabili fenomeni erosionali: due anni fa sono state realizzate nuove opere di protezione spondale.

<b>Canale del Ti - Caratteristiche del bacino alla confluenza con la Valle del Forno</b>	
q max (m s.l.m.)	1.718
q min (m s.l.m.)	1.078
Lunghezza del bacino (m)	1.104,0
Pendenza media del bacino (%/°)	53%/28°
area bacino (kmq)	0,25
<b>Canale del Ti - Caratteristiche del corso d'acqua - Caratteristiche del bacino alla confluenza con la Valle del Forno</b>	
q max alveo (m s.l.m.)	1470
q min alveo (m s.l.m.) - confluenza V. Forno	1078
lunghezza (m)	925
pendenza media alveo (%/°)	42%/23°
pendenza massima (%/°) - tratto medio alto	63%/34,6°
pendenza minima (%/°) - tratto terminale	24%/13,6°

Tabella 17: parametri geometrici del bacino e del corso d'acqua del Canale del Ti

### 5.6.1.2 Calcolo delle portate di piena

Note le caratteristiche del bacino e del corso d'acqua, sono stati introdotti i valori della cella di riferimento (DS53):

$$\text{Tr 100 anni} \qquad a \text{ (mm/h)} = 57,71 \qquad n = 0,349$$

Il tempo di corrivazione e i coefficienti di deflusso calcolati sono stati indicati nella tabella seguente così come i valori di portata di massima piena ottenuti.

<b>Canale del Ti - parametri calcolati per Tr 100 anni (Formula Razionale)</b>	
coeff. deflusso	0,4
tempo corrivazione (ore)	0,24
Massima precipitazione mm (ht)	34,9
<b>portata piena tr 100 anni (mc/sec)</b>	<b>4,1</b>

Tabella 18: parametri di calcolo delle portate di piena del Canale del Ti alla confluenza con la Valle del Forno e risultati

Le sezioni di deflusso individuate sino alla zona di confluenza sono tutte sufficientemente ampie a contenere le portate di piena individuate che rimangono pertanto confinate all'interno del sedime dell'alveo.

### 5.6.1.3 Stima del trasporto solido

Sulla base di un'analisi speditiva eseguita applicando il metodo di D'Agostino et. al. (1996) sono stati calcolati i valori di magnitudo del bacino di cui alla tabella seguente.

Il metodo prevede l'analisi della tipologia e delle percentuali di roccia e di terreno caratterizzanti il bacino in esame (è stata utilizzata la tavola 1 allegata al presente studio) al fine di stimare l'indice geologico (I.G.)

#### Metodo di D'Agostino et al. (1996)

$$M1 = 39 \cdot A \cdot S^{1.5} \cdot (I.G.) \cdot (I.T.)^{-0.3} = \quad \mathbf{3.081} \quad m^2$$

$$M2 = 36 \cdot A \cdot S^{1.5} \cdot (I.G.) \cdot (1+C.S.)^{-1} = \quad \mathbf{2.940} \quad m^3$$

$$A = \quad \quad \quad 0,25 \quad km^2$$

(area del bacino)

$$S = \quad \quad \quad 42 \quad \%$$

(pendenza asta principale)

$$I.G. = \quad \quad \quad \mathbf{1,2}$$

(dipende dai litotipi costituenti il bacino)

Valori		Area (%)
<b>I.G. =</b>	5 copertura morenica, alluvionale e di falda	0,05
	4 rocce metamorfiche	0,05
	3 rocce terrigene	0,25
	2 rocce laviche degradate, tufi basaltici, brecce	0,00
	1 rocce calcaree	0,00
	0 rocce porfiriche, granitiche, dioritiche	0,65
		somma 1,00

$$I.T. = \quad \quad \quad 3$$

(indice di trasporto basato sulla classificazione di Aulitzky)

Valori	
I.T. =	1 per i debris flow
	2 per i debris flood
	3 per il trasporto di fondo
C.S. =	0
(coefficiente di sistemazione del bacino)	

#### 5.6.1.4 Analisi delle condizioni di trasporto solido

Premesso che gran parte dei detriti trasportati si arresterebbero in corrispondenza dell'attraversamento della strada agro silvo pastorale, in ragione del cambio di pendenza significativo del canale a monte e a valle dello stesso, sono rilevabili alcuni tratti del corso d'acqua in cui la morfologia dell'alveo, seppur estremamente rettilineo e caratterizzato tra tutti i canali in esame da pendenza più elevata, consente il rallentamento e la deposizione degli eventuali detriti trasportati:

- a monte dell'attraversamento si rileva un tratto a pendenza del 23,5 % (13,5°) di lunghezza di 50 metri per un'ampiezza della sezione di deflusso di 8 metri con possibile rallentamento del materiale trasportato;

- nel tratto sotteso all'attraversamento stradale di quota 1187 m s.l.m. la larghezza dell'alveo è dell'ordine di 8 metri e per un tratto di circa 60 m si rilevano condizioni di bassa pendenza dell'ordine del 20% (11°).

In tale zona il rallentamento dei detriti trasportati potrebbe causarne la tracimazione per volumi prossimi ai 1000 mc;

- a valle nella zona sottesa ai due canali tributari (confluenze a 1130 e a 1120 m s.l.m.) due tratti a bassa pendenza (dal 16% al 25%) con larghezza compresa tra i 6 e gli 8 m per un tratto di lunghezza dell'ordine di 100 m consentirebbero il rallentamento e la deposizione della massa detritica.

Più significative ai fini della mitigazione della pericolosità dei fenomeni di trasporto a valle risultano i due tratti precedenti la confluenza con la Valle del Forno: tra le quote di 1100 e 1078 m s.l.m. è possibile in caso di ostruzione del canale la fuoriuscita dei deflussi in sponda destra idrografica, dove la valle si apre e mostra morfologicamente un ambito già interessato in passato da tracimazione di detriti.

La zona ha un'ampiezza di circa 2000 mq per una pendenza del 38%.

Tale zona, in caso di evento eccezionale, potrebbe essere occupata da deflussi liquido - detritici fuori alveo di moderata granulometria. In tale ambito la maggior parte dei detriti trasportati potrebbero fuoriuscire e solo le frazioni più fini della miscela liquido - detritica possono proseguire verso la zona di confluenza.

#### 5.6.1.5 Pericolosità del corso d'acqua

Come già detto i diversi tratti del corso d'acqua a bassa pendenza consentono la deposizione dei detriti eventualmente trasportati a monte del tratto terminale del corso d'acqua.

Le sezioni di deflusso sono tutte in grado di contenere sia le portate liquide che solide individuate e anche nel tratto terminale, dove la valle si presenta con fondo alveo ampio e aperto e non si rilevano condizioni di rischio per l'assenza di strutture antropiche.

Il primo punto di criticità è rilevabile nella zona di confluenza con la Valle del Forno: il corso d'acqua presenta una brusca curvatura a monte della confluenza e, a valle della stessa, sezione di deflusso limitata a 2,0-2,5 metri per la presenza del sentiero 106.

L'ambito in destra idrografica a monte della confluenza è stato considerato a pericolosità elevata per fenomeni di esondazione caratterizzati anche da correnti detritico - fangose che seguirebbero la rete sentieristica diretta verso la strada comunale (la pericolosità di tale zona è stata valutata per la Valle del Forno).

## **5.6.2 Valle del Forno (ID Reticolo Idrico Minore 0071)**

### **5.6.2.1 Assetto morfologico del bacino e del corso d'acqua**

La Valle del Forno nasce dalla confluenza (posta alla quota di 1186 m s.l.m.) della Valle Geale (a sua volta formata dalla confluenza dei canali del Fieno e del Roui) e del Canale del Vergadello.

La testata del bacino si imposta lungo il versante meridionale della dorsale rocciosa che collega "La Spalla" alle "Bocchette di Trona".

L'area del bacino complessiva alla confluenza con il canale del Ti è di 1,08 kmq, la quota massima di 1924,6 m s.l.m. e la minima alla di 1078 m s.l.m.

Il bacino ha una pendenza media del 53% (28°), ha geometria imbutiforme con lunghezza di circa 1,5 km e larghezza massima di 840 m, condizione che determina una tipologia di deflussi in caso di evento idrologico differente rispetto al bacino precedentemente esaminato.

Anche in questo caso il bacino si imposta prevalentemente in roccia: Formazione del Pizzo del Diavolo in facies arenacea nel settore alto, Vulcaniti del Ca' Bianca sino alla confluenza con la Valle del Vergadello e Gneiss di Morbegno nel tratto sino alla confluenza con il Canale del Ti'.

Quanto ai dissesti, sono individuabili condizioni di fratturazione e disgregazione elevata della roccia che portano a fenomeni di crollo sia puntuale che in massa (località "La Spalla") nel settore alto del bacino, sino ai 1300 m s.l.m. circa, accompagnate da presenza di coperture detritico terrigene in condizioni di equilibrio limite causa l'acclività dei versanti. Tali depositi hanno comunque spessore limitato.

Nel settore medio del bacino, tra l'attraversamento stradale e la confluenza con la Valle Vergadello in sponda sinistra idrografica sono rilevabili fenomeni di degradazione dei terreni di copertura superficiali causa anche l'imbibizione degli stessi per la presenza di forme di emergenza idrica (tratto sotteso alla località "Ronchetto").

Situazione analoga per la Valle Vergadello, dove i fenomeni di degradazione dei terreni superficiali e piccole frane superficiali sono localizzati soprattutto in sponda sinistra idrografica a valle dell'attraversamento stradale (quota 1276 m s.l.m.), mentre a monte sono rilevabili fenomeni di degradazione del substrato roccioso fatta eccezione per un ambito in sponda destra idrografica alla quota di circa 1350 m s.l.m. caratterizzato anche in questo caso dalla presenza di depositi superficiali in forte degradazione saturi.

Fatta eccezione quindi per i primi tratti delle incisioni torrentizie, che presentano acclività più accentuata e dove possono manifestarsi fenomeni di trasporto solido che comunque rimangono contenuti negli alvei

(delimitati da scarpate morfologiche non raggiungibili), i tratti centrali e terminali delle aste in esame non sono caratterizzate da pendenze significative da favorire significativi fenomeni di mobilizzazione dei detriti in alveo: la stessa bassa pendenza di diversi tratti consente il rallentamento e la deposizione dei detriti trasportati.

I due canali esaminati sono intercettati dal tracciato stradale alla quota di 1304 m (Valle Geale) e 1282 m (Canale del Vergadello) dove, a monte degli attraversamenti, il fondo alveo è stato regimato al fine di creare una sorta di "vasca di trattenuta del trasporto solido". Analogamente è stato regimato il tratto di alveo a valle della strada.

In particolare i tratti a valle presentano fondo ampio e piatto con larghezza dell'ordine di 10 metri sino a raggiungere i 15 metri a valle della zona di confluenza, dove come già detto, le pendenze sono contenute e entrambe le valli risultano delimitate da scarpate morfologiche non raggiungibili in caso di piena.

A valle della confluenza (dove il corso d'acqua viene indicato come Valle del Forno) la valle presenta fondo ampio e piuttosto piatto, percorsa in sinistra idrografica dal torrente che risulta delimitato sulla sponda destra dal sentiero 106, come da foto seguente.



Foto 127. Valle del Forno a valle della confluenza con la Valle Geale

Il tratto maggiormente inciso è localizzato a valle della confluenza, si presenta stretto, ripido e precede di poche decine di metri la confluenza con il Canale del Ti: in località Forno il corso d'acqua mantiene per alcune decine di metri una pendenza del 65% (33°), sezione di deflusso dell'ordine dei 5 metri, per poi ampliarsi nuovamente in prossimità della zona di confluenza con il Canale del Ti.

In tale tratto è stata anche individuata un'ostruzione in alveo per la presenza di alberi sradicati e crollati nel corso d'acqua.

<b>Valle Geale - Caratteristiche del bacino alla confluenza con la Valle del Vergadello</b>	
q max (m s.l.m.)	1924,6
q min (m s.l.m.)	1186
Lunghezza del bacino	1178
Pendenza media del bacino (%/°)	62%/34°
area bacino (kmq)	0,32
<b>Valle Geale - Caratteristiche del corso d'acqua alla confluenza con la Valle del Vergadello</b>	
q max alveo (m s.l.m.)	1650
q min alveo (m s.l.m.)	1186
lunghezza (m)	978
pendenza media alveo (%/°)	44%/25°

Tabella 19: parametri geometrici del bacino e del corso d'acqua della Valle Geale

<b>Valle Vergadello - Caratteristiche del bacino alla confluenza con la Valle Geale</b>	
q max (m s.l.m.)	1924,6
q min (m s.l.m.)	1186
Lunghezza del bacino	1170
Pendenza media del bacino (%/°)	63%/34,6°
area bacino (kmq) -	0,29
<b>Valle Vergadello - Caratteristiche del corso d'acqua alla confluenza con la Valle Geale</b>	
q max alveo (m s.l.m.)	1620
q min alveo (m s.l.m.)	1186
lunghezza (m)	899
pendenza media alveo (%/°)	48%/26°

Tabella 20: parametri geometrici del bacino e del corso d'acqua della Valle Vergadello

<b>Valle del Forno - Caratteristiche del bacino alla confluenza con il Canale del Ti</b>	
q max (m s.l.m.)	1924,6
q min (m s.l.m.)	1078
Lunghezza del bacino (m)	1617
Pendenza media del bacino (%/°)	53%/28°
area bacino (kmq)	1,08
<b>Valle del Forno - Caratteristiche del corso d'acqua alla confluenza con il Canale del Ti</b>	
q max alveo (m s.l.m.)	1650
q min alveo (m s.l.m.)	1078
lunghezza (m)	1360
pendenza media alveo (%/°)	42%/23°
pendenza massima (%/°) - tratto 1650 - 1400 m s.l.m .	73%/36°
pendenza (%/°) - tratto 1400 - 1200 m s.l.m	35%/19,5°
pendenza minima (%/°) - tratto da confluenza con la Valle Geale alla confluenza con il Canale del Ti	27%/15°

Tabella 21: parametri geometrici del bacino e del corso d'acqua della Valle del Forno

### 5.6.2.2 Calcolo delle portate di piena

I parametri introdotti nel calcolo sono i seguenti (cella DS53):

Tr 100 anni

a (mm/h) = 57,71

n = 0,349

Il tempo di corrivazione per i bacini considerati e i coefficienti di deflusso assunti sono stati altresì indicati nella tabella seguente così come i valori di portata di massima piena ottenuti espressi in (mc/sec).

<b>Valle Geale - parametri calcolati per Tr 100 anni (Formola Razionale)</b>	
coeff. deflusso	0,35
tempo corrivazione (ore)	0,24
Massima precipitazione mm (ht)	35,2
<b>portata piena tr 100 anni (mc/sec) - confluenza Canale Vergadello</b>	<b>4,5</b>

Tabella 22: parametri di calcolo e risultati

<b>Valle Vergadello - parametri calcolati per Tr 100 anni (Formola Razionale)</b>	
coeff. deflusso	0,35
tempo corrivazione (ore)	0,23
Massima precipitazione mm (ht)	34,44
<b>portata piena tr 100 anni (mc/sec) - confluenza V. Geale</b>	<b>4,3</b>

Tabella 23: parametri di calcolo e risultati

<b>Valle del Forno - parametri calcolati per Tr 100 anni (Formola Razionale)</b>	
coeff. deflusso	0,4
tempo corrivazione (ore)	0,33
Massima precipitazione mm (ht)	39,26
<b>portata piena tr 100 anni (mc/sec) - confluenza con Canale del Ti</b>	<b>8,4</b>

Tabella 24: parametri di calcolo e risultati

Sono state eseguite le verifiche puntuali per la portata sopra calcolata di 8,4 mc/sec sui ponti stradali posti a valle della confluenza della Valle del Forno con il canale del Ti e per il ponte pedonale.

I risultati (tutte le sezioni verificate sono idonea a smaltire le portate di piena liquide) sono sintetizzati nella tabella seguente.

Sezione (quota impalcato)	Altezza utile (m)	Larghezza utile (m)	Pendenza tronco	Coeff.scabrosità Kutter	Velocità corrente (m/s)	Livello di piena (m s.l.m.) Tr. 100 anni
Ponte Stradale quota 1063 m s.l.m.	2,5	4,0	3%	2,5	4,36	1060,75
Ponte stradale quota 1050 m s.l.m.	2,5	4,0	2%	2,5	4,04	1047,85
Ponte pedonale quota 1051 m s.l.m.	2,0	2,5	2%	2,5	2,59	1049,60

Tabella 25: analisi smaltimento sezioni di deflusso ponti sulla Valle del Forno

### 5.6.2.3 Stima del trasporto solido

Sulla base delle analisi condotte mediante applicazione del metodo di d'Agostino et al. è stata valutata la magnitudo della Valle Geale e della Valle Vergadello e sono poi stati confrontati i risultati per il bacino complessivo della Valle del Forno.

#### Valle Geale

##### Metodo di D'Agostino et al. (1996)

$$M1 = 39 \cdot A \cdot S^{1.5} \cdot (I.G.) \cdot (I.T.)^{-0.3} = 12.335 \text{ m}^2$$

$$M2 = 36 \cdot A \cdot S^{1.5} \cdot (I.G.) \cdot (1+C.S.)^{-1} = 11.768 \text{ m}^3$$

$$A = 0,32 \text{ km}^2$$

(area del bacino)

$$S = 44 \%$$

(pendenza asta principale)

$$I.G. = 3,5$$

(dipende dai litotipi costituenti il bacino)

Valori

I.G. =		Area (%)
5	copertura morenica, alluvionale e di falda	0,25
4	rocce metamorfiche	0,00
3	rocce terrigene	0,75
2	rocce laviche degradate, tufi basaltici, brecce	0,00
1	rocce calcaree	0,00
0	rocce porfiriche, granitiche, dioritiche	0,00
	somma	1,00

$$I.T. = 3$$

(indice di trasporto basato sulla classificazione di Aulitzky)

Valori

- I.T. =
- 1 per i debris flow
  - 2 per i debris flood
  - 3 per il trasporto di fondo



## Valle Vergadello

### Metodo di D'Agostino et al. (1996)

$$M1 = 39 * A * S^{1.5} * (I.G.) * (I.T)^{-0.3} = \mathbf{9.462} \quad m^2$$

$$M2 = 36 * A * S^{1.5} * (I.G.) * (1 + C.S.)^{-1} = \mathbf{9.027} \quad m^3$$

$$A = 0,29 \quad km^2$$

(area del bacino)

$$S = 48 \quad \%$$

(pendenza asta principale)

$$I.G. = \mathbf{2,6}$$

(dipende dai litotipi costituenti il bacino)

Valori		Area (%)
<b>I.G.</b>		
=	5 copertura morenica, alluvionale e di falda	0,10
	4 rocce metamorfiche	0,00
	3 rocce terrigene	0,70
	2 rocce laviche degradate, tufi basaltici, brecce	0,00
	1 rocce calcaree	0,00
	0 rocce porfiriche, granitiche, dioritiche	<u>0,20</u>
	somma	1,00

$$I.T. = 3$$

(indice di trasporto basato sulla classificazione di Aulitzky)

Valori

<b>I.T.</b>	
=	1 per i debris flow
	2 per i debris flood
	3 per il trasporto di fondo

$$C.S. = 0$$

(coefficiente di sistemazione del bacino)

I valori di magnitudo della Valle del Forno alla confluenza con il Canale del Ti è stato utilizzato il metodo proposto da Crosta, Ceriani, Frattini & Quattrini (2000) che prevede l'analisi della geometria del conoide.

Sebbene come premesso i corsi d'acqua in esame non possiedano un vero e proprio conoide di deiezione è stata considerata la morfologia dell'ambito di confluenza assimilandola ad un conoide di deiezione.

Si sono pertanto calcolati i seguenti valori:

<b>Valle del Forno - parametri geometrici del conoide</b>	
Zona apicale (m s.l.m.)	1078
Zona distale (m s.l.m.)	1040
Lunghezza conoide (m)	160
Larghezza media (m)	20
Pendenza conoide (%/°)	17%/10°
Area conoide (mq)	3.200
Lunghezza collettore (m)	145
Pendenza collettore (%/°)	19%/11°

Tabella 26: parametri di calcolo per l'area di conoide

**Metodo di Crosta, Ceriani, Frattini & Quattrini (2000)**

$$M = K \cdot A \cdot M_b \cdot S \cdot (1/IF^2) = 10.094 \text{ m}^3$$

$K = 5,4$   
 $K = 3.0$  per fenomeni di bed load (trasporto di fondo)  
 $K = 5.4$  per fenomeni di debris flow  
 $A = 1,08 \text{ km}^2$  (area del bacino)  
 $M_b = (H_{max} - H_{min}) \cdot A^{-1/2} = 0,820$  (Indice di Melton)  
 $H_{max} = 1,930 \text{ km}$  quota massima del bacino  
 $H_{min} = 1,078 \text{ km}$  quota minima del bacino  
 $S = 19 \%$  (pendenza collettore sulla conoide)  
 $IF = 3$  (indice di frana così determinato:  
 grandi frane, frane al piede 1  
 frane sui versanti 2  
 frane piccole o assenti 3

#### 5.6.2.4 Analisi delle condizioni di trasporto solido

Premesso che in caso di evento di trasporto solido significativo gran parte dei detriti trasportati si arresterebbero in corrispondenza dell'attraversamento della sede stradale (come per il canale del Ti) sono state individuate le zone in cui è possibile il rallentamento e l'eventuale deposizione dei detriti trasportati.

Valle Geale:

- tratto sotteso all'attraversamento stradale larghezza media 14 metri per una lunghezza di 100 metri con pendenza del 20% che favorisce l'accumulo dei materiali;
- tratto sotteso alla località Vergadello Alto larghezza media 10 metri per una lunghezza di 40 metri con pendenza del 8% deposizione di possibili 1.000 mc;
- tratto sotteso alla località Vergadello larghezza media 14 metri per una lunghezza di 110 metri con pendenza media del 22% (12°).

I volumi che possono trovare deposizione a monte della confluenza con la Valle Vergadello sono stimabili nell'ordine di 3.000-4.000 mc

#### Valle Vergadello:

- tratto sotteso all'attraversamento stradale larghezza media 10 metri per una lunghezza di 70 metri con pendenza del 20% (11°) rallentamento ed eventuale deposizione di circa 2.000 mc;
- tratto in località Tegna larghezza media 15 metri per una lunghezza di 30 metri con pendenza del 20% (11°) rallentamento ed eventuale deposizione di circa 1.000 mc.

#### Valle del Forno

Come area di possibile accumulo dei detriti trasportati è stato individuato il tratto sotteso alla località Chignolo (da quota 1186 a quota 1158) larghezza media 20 metri lunghezza 160 m con pendenza per un lungo tratto di oltre 100 metri del 10% e deposizione di possibili 5.000 mc.

In caso di evento eccezionale che mobiliti i volumi massimi di magnitudo stimati si ritiene che possano raggiungere l'ambito di confluenza circa 6.000-8.000 mc di materiale che, ostruendo il canale di deflusso, causerebbero tracimazioni di deflussi liquido - detritici (in questo caso detriti a minor granulometria di quelli individuati in alveo e che possono essere contenuti nell'alveo stesso) lungo l'area del conoide "in senso lato", andando ad occupare sostanzialmente le aree di pertinenza dell'alveo sino ad arrestarsi nella zona di confluenza con la Valle dell'Inferno (ambito perimetrato come a pericolosità molto elevata H4).

#### **5.6.2.5 Pericolosità del corso d'acqua e dell'ambito di confluenza**

Il primo punto di criticità in relazione all'interferenza antropica è rilevabile nella zona di confluenza tra il Canale del Ti e la Valle del Forno: in particolare il Canale del Ti presenta una brusca curvatura a monte della confluenza e, a valle della stessa, dove i due corsi d'acqua si uniscono la sezione di deflusso è limitata a 2,0-2,5 metri di larghezza per la presenza del sentiero 106.

Il sentiero insiste sul sedime dell'alveo, come desumibile anche dalle planimetrie catastali e costituisce elemento di potenziale criticità in caso di evento idrologico intenso (le portate di piena liquide stimate per tempi di ritorno dei 200 anni sono complessivamente pari a 21,3 mc/sec, le sezioni di deflusso hanno un'area compresa tra i 3 e i 4 mq sufficienti a smaltire le portate liquide ma soggette ad ostruzione in caso di trasporto detritico): le acque nella zona di confluenza in caso di tracimazione (che potrebbe avvenire in caso di ostruzione anche temporanea dell'attraversamento), seguirebbero il tracciato sentieristico in destra idrografica, che ha una pendenza dell'ordine del 27%, sino a raggiungere la sede stradale asfaltata e proseguire a valle.

L'unica possibilità di un parziale rientro è individuabile in sponda sinistra nella zona di confluenza con la Valle d'Inferno dove la strada ha una pendenza in direzione del corso d'acqua.

A tali fenomeni come analizzato in merito al trasporto solido residuo in carico alla Valle del Forno (evento comunque da ritenersi di carattere eccezionale), possono essere accompagnati anche da deflussi detritici fuori alveo che si arresterebbero nella zona di deiezione individuata dal punto di possibile tracimazione sino alla zona di confluenza con la Valle d'Inferno.

Ai fini della classificazione della pericolosità dei fenomeni, le aree prossime alla confluenza e a valle della stessa sarebbero caratterizzate, seppur da battenti idrici contenuti in pochi decimetri tuttavia con velocità

sostenute in ragione della pendenza del tracciato sia sentieristico che stradale, accompagnati da attività di trasporto solido fuori alveo (detriti di medio-piccola pezzatura) di pochi decimetri di altezza.

Alla zona di confluenza, lungo il tracciato sentieristico e a valle della stessa in sponda sinistra idrografica sino alla confluenza con la Valle d'Inferno, dove comunque sono riscontrabili condizioni di possibile laminazione delle correnti in deflusso e rallentamento, è stata attribuita pericolosità elevata (H4).



Foto 128. Confluenza Valle del Forno - Canale del Ti/Caravino lungo il tracciato del sentiero CAI 106

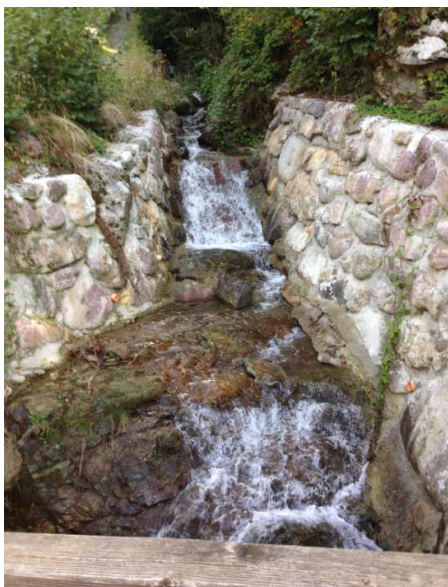


Foto 129. Valle Caravino a monte dell'attraversamento stradale

L'attraversamento della strada comunale posto all'incrocio con il sentiero, costituito da un ponte, e' stato oggetto di recenti interventi di consolidamento e rinforzo delle scogliere di protezione a monte del ponte stesso.

L'opera risulta adeguatamente dimensionata (2,5 metri di altezza e 4,0 metri di larghezza con minimo 8 mq di sezione utile) anche in considerazione della possibilità di fuoriuscita delle acque e di eventuali trasporti detritici in alveo a monte dell'attraversamento stradale stesso che, dunque non costituirebbe un significativo

ostacolo, potendo essere "aggirato" in sponda destra idrografica e andando ad interessare gli eventuali deflussi fuori alveo le stesse aree perimetrare a pericolosità molto elevata di cui sopra.

In caso di potenziale ostruzione del ponte le correnti seguirebbero in parte la strada comunale lungo la massima pendenza. Dove il corso d'acqua compie una curvatura in destra idrografica si potrebbero manifestare fuoriuscite anche a monte del ponte: si ritiene l'evento comunque non probabile stando alle possibilità di tracimazione in caso di evento catastrofico, più a monte

Per la zona a ridosso del ponte e in vicinanza della sponda destra è stata individuata pericolosità H4, mentre all'ambito più marginale sempre in sponda destra idrografica è stata attribuita classe di pericolosità moderata (H2) in relazione alla morfologia dell'area e alla scarsa probabilità di accadimento del fenomeno.

Anche per il ponticello storico (2,5 metri di altezza e 2,0 metri di larghezza con 5 mq di sezione utile) posto sul tracciato sentieristico poco più a valle valgono le stesse considerazioni: in caso di tracimazione le acque, anche se accompagnate da detriti, fuoriuscendo a monte preserverebbero tale struttura da potenziali ostruzioni e danneggiamenti (il ponticello, che mostra sezione di deflusso adeguata a smaltire le portate di piena e' senza dubbio tra i più antichi conservati e non risulta essere mai stato danneggiato in passato).

Non si riscontrano problematiche e criticità in relazione all'attraversamento stradale adeguatamente dimensionato (4,0 metri di altezza e 2,5 metri di larghezza per 10 mq di sezione utile).

La pericolosità della zona di confluenza con la Valle d'Inferno è analizzata nei paragrafi seguenti.



Foto 130. Ponte pedonale

### **5.6.3 Valle dell'Inferno (ID Reticolo Idrico Minore 0070)**

#### **5.6.3.1 Assetto morfologico del bacino e del corso d'acqua**

La Valle dell'Inferno (individuata nel Reticolo Idrico Minore con la sigla 0070) nasce alle pendici della dorsale compresa tra il Pizzo dei Tre Signori e la Bocca di Trona (la dorsale e' individuata come "Giarolo" sulla cartografia CTR).

L'area del bacino con geometria sub rettangolare, orientato NNW-SSE, considerata alla confluenza con la Valle del Forno è di 4,16 kmq, la quota massima di 2.553,5 m s.l.m. (Pizzo dei Tre Signori) e la minima di 1.043 m s.l.m.

Alla confluenza con la Valle di Salmurano (quota 879,0 m s.l.m.) il bacino ha un'area di 5,12 kmq e ha una pendenza media del 50%. I versanti hanno una pendenza media compresa tra il 50% (26°) e il 65% (35°).

Il bacino si imposta nel settore più alto in corrispondenza della Formazione del Pizzo del Diavolo in facies arenaceo-pelitica per un piccolo settore a nord - est e per la maggior parte in facies conglomeratica sino al sovrascorrimento diretto est-ovest che si sviluppa a quote superiori ai 2.100 m s.l.m.

A valle di detto scorrimento sono presenti dall'alto verso il basso la formazione del Servino e del Verrucano Lombardo, mentre il settore medio - alto del bacino si sviluppa nella Formazione del Pizzo del Diavolo in facies arenaceo-pelitica sino all'altezza del lineamento di Cima Fontane a cavallo del quale affiorano le Vulcaniti del Monte Ca' Bianca e gli Gneiss di Morbegno.

Un altro sovrascorrimento è individuabile nel settore medio basso del bacino, nella zona dello Zucco del Dudello: le formazioni di cui sopra sono sovrascorse sulla Formazione del Servino sino alla zona di confluenza con la Valle di Salmurano.

Anche in questo caso è evidente come i sistemi tettonico - strutturali della zona condizionino la disposizione del reticolo idrografico e la predisposizione delle formazioni rocciose a fenomeni di fratturazione e degradazione.

Diversamente dai sottobacini sopra esaminati, il bacino sotteso allo scorrimento idrico è caratterizzato nel settore medio e medio alto, da una fascia che si allunga in direzione parallela allo scorrimento idrico di depositi superficiali: i detriti di versante frammisti ai depositi glaciali costituiscono i fianchi dei versanti del bacino, mentre i depositi glaciali (Alloformazione di Cantu') si localizzano nel fondo valle, frammisti a depositi alluvionali Sintema del Po (di conoide mista e di fondo alveo) sino ad una quota indicativa di 1.250 metri, dove l'alveo torna ad essere maggiormente inciso e incassato tra i versanti rocciosi.

Quanto ai dissesti, sono individuabili condizioni di fratturazione e disgregazione delle rocce soprattutto nel settore alto del bacino e potenziale mobilitazione di falde detritiche nel settore medio alto, unitamente alla presenza di depositi colluviali in condizioni di equilibrio limite.

Anche le aree valanghive contribuiscono alla mobilitazione verso valle dei depositi sciolti che costituiscono le falde detritiche e i detriti accumulati nei canali per la disgregazione degli ammassi rocciosi. Tali fenomeni insistono soprattutto nel settore alto e medio alto del bacino sino all'alpeggio della Valle d'Inferno.

In alveo sono presenti depositi a granulometria grossolana, con blocchi di dimensioni di diversi mc, in questo caso difficilmente mobilizzabili anche in caso di evento di piena.

Sul fianco destro idrografico nel tratto compreso tra l'Alpeggio della Valle d'Inferno e l'attraversamento della strada agro silvo pastorale si rilevano alcuni fenomeni franosi relitti (stato di attività inattivo) di grosse dimensioni.

Il corso d'acqua principale nasce alla quota 2.238,6 m s.l.m. e si unisce più a valle al Canale del Gai (sigla 0091) posto in sinistra idrografica, scorrendo sino all'altezza dell'omonimo alpeggio (quota 1.415 m s.l.m.) dove si unisce alla valle proveniente dalla destra idrografica, assai più ricca di canali tributari che scendono dal versante compreso tra la Cima Fontane e la dorsale "Giarolo" e alla "Valle Taine" (sigla 0104).

La valle ha una lunghezza sino alla confluenza con la Valle del Forno di 3,5 km per una pendenza media del 34%.

<b>Valle dell'Inferno - Caratteristiche del bacino</b>	<b>Quota 1043 m s.l.m.</b>	<b>Quota 879,00 m s.l.m</b>
q max (m s.l.m.)	2.553,5	2.553,5
q min (m s.l.m.)	1.043,0	879,0
q media (m s.l.m.)	1.798,2	1.716,2
Lunghezza del bacino (m)	2800	3700
Pendenza media del bacino (%/°)	50%/28°	45%/24,3°
area bacino (kmq)	3,2	5,13
<b>Valle dell'Inferno - Caratteristiche del corso d'acqua</b>		
q max alveo (m s.l.m.)	2.238	2.238
q min alveo (m s.l.m.)	1.043,0	879,0
lunghezza (m)	3.530,0	4.443,9
pendenza media alveo (%/°)	33,8%/18,7°	28%/15,8°
pendenza massima (%/°) - tratto 2300-1900 m s.l.m.	75%/36,8°	
pendenza massima (%/°) - tratto Sirta -Santuario		28%/15,8°
pendenza minima (%/°) - Alpeggio Val d'Inferno	14,6 %/8,3°	
pendenza minima (%/°) tratto ponte pedonale - Santuario		17,6%/10°

Tabella 27: parametri geometrici del bacino e del corso d'acqua Valle d'Inferno

A partire dalla testata dell'alpeggio l'alveo scorre in un ambito morfologico a debole pendenza e piuttosto ampio, con tipica morfologia a "braided", pur rimanendo definito nel suo tracciato principale delimitato dalla fascia boscata ben individuabile nell'area prativa.

Le incisioni tributarie di questo settore sono individuate nel documento di Polizia Idraulica con le sigle 0089, 0106 e la Valle Barisole (sigla 0106).

In corrispondenza della strada agro silvo pastorale Ornica-Dudello e' stato realizzato nel 2008 un ponte carrabile in calcestruzzo armato a sezione rettangolare con sezione utile di deflusso pari a 30 mq (altezza 5 metri e larghezza 6 metri, per una larghezza della strada di 4 metri).

Il ponte ha adeguata luce e mostra un buono stato di conservazione e ha sostituito il guado che non consentiva il passaggio dei mezzi a causa dell'entità delle portate torrentizie.

A monte del ponte è stata ampliata la sezione di deflusso torrentizia realizzando una sorta di "area di espansione" che consente la deposizione dei detriti trasportati.

Le sponde sono state rinforzate con delle scogliere in grossi massi ciclopici (implementate nel 2014) ed e' presente una pista di accesso al fine di garantire eventuali interventi di manutenzione e rimozione dei detriti a monte del ponte. L'intervento puo' dirsi efficace e ben dimensionato in relazione agli eventi attesi.



Foto 131. Panoramica dell'ambito di sviluppo della Valle d'Inferno



Foto 132. Dalla Valle d'Inferno ripresa a monte dell'alpeggio omonimo e in direzione nord est

Foto 133. Alpeggio Valle dell'Inferno. Oltre all'omonima valle, nella piana e' presente un'area di "divagazione" degli scorrimenti tributari





Foto 134. Valle d'Inferno a monte dell'attraversamento della strada carrabile Ornica-Chiusuro-Dudello. Le opere di protezione spondale sono state implementate nel 2014.

Foto 135. valle Barisole all'altezza dell' attraversamento della strada carrabile Ornica-Chiusuro-Dudello. Grazie all'ampiezza della sezione di deflusso a monte del tratto di attraversamento e alla bassa pendenza che consente la deposizione dei detriti trasportati ad oggi non si osservano condizioni di criticità.

Si esaminano ora i tributari della Valle d'Inferno in sponda destra idrografica dalla strada comunale sopra citata sino all'abitato di Ornica.

La valle tributaria in destra (canale Barisole 0106) che attraversa anch'essa la strada comunale, e' caratterizzata da deflussi stagionali. In questo caso l'attraversamento si concretizza in un tratto tombinato a sezione circolare di 800 mm che, in fase di sopralluogo risultava comunque libero da detriti.

La presenza di una "vasca naturale" a monte dell'imbocco del tratto tombinato per l'attraversamento consente inoltre la deposizione di detriti e ramaglie eventualmente trasportati dal corso d'acqua.

A valle della strada, la Valle d'Inferno raccoglie piccoli tributari, alimentati perlopiù da forme di emergenza idrica e che, dopo breve scorrimento si uniscono alla valle principale (come a partire dalla località "Gorlo" sino alla località "Pantano", 0108, 0109, 0110).



Foto 136 e 137. A valle della località Gorlo il corso d'acqua risulta delimitato da scarpate non raggiungibili in caso di piena

Nell'ultimo tratto sino alla località Tainella, il corso d'acqua è attraversato dal sentiero CAI n°106 che presenta due attraversamenti alle quote di 1.110 m s.l.m. e a 1.028 m s.l.m.

Si tratta di due ponti pedonali in pietrame anche con ampia sezione di deflusso utile dell'ordine di 6 - 8 mq in grado di contenere le piene liquide ma potenzialmente inadeguate in caso di trasporto solido rilevante.

Si precisa che tali attraversamenti sono presenti nella zona di diversi anni e sono necessari per la fruibilità della rete sentieristica, pur costituendo elementi di criticità al deflusso e in caso di ostruzione, per il possibile manifestarsi di fenomeni di "dam break" con conseguenti fenomeni di sovralluvionamento a valle.

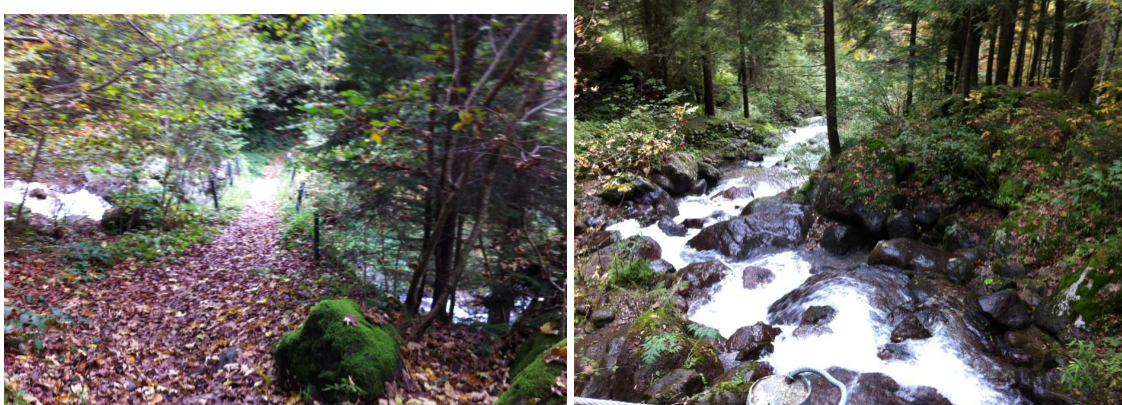


Foto 138. Valle d'Inferno attraversamento pedonale della rete sentieristica alla quota di 1.110 m s.l.m.

Foto 139. Ripresa verso valle dell'attraversamento pedonale



Foto 140. Ripresa verso monte dell'attraversamento pedonale (quota 1.028 m s.l.m.) a monte della confluenza con il canale del Roc

A valle della confluenza con la Valle del Forno sono presenti due valli tributarie: la prima costeggia il ripiano delle "Baite Paul" (Canal del Roc 0111), la seconda valle Tainella (sigla 0112) è di breve sviluppo e trae origine dalla valle cosiddetta "della Creta".



Foto 141. Località "Paullo". Il canal del Roc in primo piano e la Valle d'inferno indicata dalla freccia che delimitano il ripiano prativo

Si tratta di solchi vallivi rettilinei e incisi, privi di tributari significativi e di origine marcatamente strutturale alimentate da allineamenti sorgentizi che si manifestano a valle della carrozzabile nel tratto compreso tra la Valle dell'Inferno e il Colle del Dudello.

Quanto alle potenziali zone di criticità nel tratto compreso tra la confluenza con la Valle del Forno e l'abitato di Ornica, sono presenti due attraversamenti pedonali tipo passerella il primo poco a monte della confluenza è in legname, di tipo provvisorio, poco resistente in caso di piena con trasporto solido e quindi non in grado di provocare significative ostruzioni ai deflussi, mentre il secondo (all'altezza della Baita "Tainel") realizzato in ferro, in grado di opporre più resistenza ai deflussi di piena.

Le zone a rischio in ambito antropizzato sono inoltre individuabili per la presenza di un tratto a monte della passerella in ferro a bassa pendenza con assenza di sponda in direzione della sinistra idrografica, a monte della passerella pedonale. Le criticità sono anche individuabili in relazione ai potenziali fenomeni erosivi che possono interessare la sponda destra idrografica dove vi sono alcuni fabbricati rurali.

In caso di ostruzione nella zona della passerella, anche legato al rallentamento delle acque in deflusso vista la zona a bassa pendenza a monte della stessa la fuoriuscita delle acque in deflusso avverrebbe in sponda sinistra idrografica, dove è stata rilevata l'apertura di sponda: le acque in tracimazione andrebbero a interessare un breve tratto di sentiero sino a raggiungere la strada comunale.

L'ultima valle tributaria in sponda destra (detta Canale Zucco della Bassa sigla 0115) scorre in fregio alla zona delle "Basse" e delle "Rate".

Il canale è stato regimato nella zona di confluenza con la Valle d'Inferno a seguito degli eventi alluvionali del 1987.



Foto 142. Canale Zucco della Bassa nella zona di confluenza oggetto di regimazione. Sulla sinistra è presente un'incisione di scorrimento concentrato che nasce da forme di emergenza idrica e che si disperde per infiltrazione prima di raggiungere la valle principale. L'incisione è anche da considerarsi tracciato di un paleo alveo sul conoide del corso d'acqua

La valle d'Inferno dalla zona del Santuario sino all'abitato di Ornica presenta un lungo tratto regimato (sezione di deflusso dell'ordine di 20 mq) con arginature in pietrame e cemento: all'altezza del Santuario e' presente un ponte pedonale (altezza utile di deflusso di 2,5 metri e larghezza di 4,0 m - foto seguente) che riduce la sezione di deflusso regimata del torrente.



Foto 143 e 144. Tratto regimato in corrispondenza della strada comunale che sale al Santuario (foto a sinistra) e ponte pedonale (a destra)

A valle, sino all'attraversamento stradale in località Sirta, il corso d'acqua mostra segni di erosione e di approfondimento mitigati ad oggi dalla realizzazione di opere di consolidamento spondale (ultimate circa un anno fa).

In questo tratto il corso d'acqua è caratterizzato da medio elevata pendenza e fenomeni di piena (probabilmente della fine degli anni 90) hanno danneggiato una briglia realizzata a seguito degli eventi alluvionali del 1987.

In questo caso la roccia non affiora direttamente in alveo che risulta costituito da depositi alluvionali formati da grossi massi e blocchi di origine poligenica e genesi glaciale rimaneggiati.

Le sponde sono costituite da depositi glaciali rimaneggiati coperti da depositi colluvio glaciali e sono protette da un lungo tratto di opere di difesa spondale sia in sponda destra che sinistra idrografica, oltre che ad opere trasversali quali due briglie (di cui una quella danneggiata).

Il tratto tombinato di attraversamento della strada comunale in località Sirta, ha una lunghezza di 24 metri circa, per una larghezza utile di 7 metri e altezza di 3,5 metri (sezione utile di deflusso 24,5 mq).

Tale opera risulta adeguatamente dimensionata in relazione alle portate liquide anche se il lungo tratto tombinato rappresenta comunque una potenziale criticità in caso di evento di piena con associati fenomeni di trasporto solido.

Fenomeni di ostruzione della sezione di deflusso (anche in questo caso si tratterebbe di un evento di carattere eccezionale) potrebbero, come di seguito descritto, causare l'esonazione in sponda destra idrografica a valle del muro arginale.

Infine nel tratto sotteso al centro storico, la valle scorre in una "forra" in roccia (larghezza dell'alveo anche si soli 3,5 m) ed è attraversata da un ponte pedonale (larghezza 5,0 m e altezza 4,5 metri) all'altezza dell'area cimiteriale.

Causa i fenomeni erosivi esercitati dalle correnti in deflusso in questo tratto (di elevata velocità e energia a causa della strettoia in cui scorre e del fondo in roccia) si sono resi necessari due anni fa interventi di stabilizzazione della sponda e di sostegno dei terreni di copertura soggetti a franamento.

La foto seguente mostra la sponda consolidata al termine dei lavori eseguiti.

Gli interventi hanno anche previsto la realizzazione di un barbacane di sostegno di un blocco roccioso di diverse decine di mc con piede nel corso d'acqua ma isolato dal versante da una frattura con rischio di crollo in alveo.

L'ultimo tratto di scorrimento sino alla briglia di derivazione idroelettrica risulta incassato tra scarpate morfologiche non raggiungibili in caso di piena, con sponda in sinistra idrografica più bassa e aperta sino alla briglia di derivazione idroelettrica posta nella zona di confluenza con la Valle di Salmurano.



Foto 145. Opere di stabilizzazione del versante e di protezione spondale realizzate a valle del ponte pedonale in località "Cimitero"

### 5.6.3.2 Calcolo delle portate di piena

I parametri introdotti nel calcolo sono i seguenti (tenendo conto della media dei parametri "a" e "n" sulle celle di riferimento DS53 e DR53):

$$\text{Tr 100 anni} \qquad a \text{ (mm/h)} = 58,78 \qquad n = 0,346$$

Il tempo di corrivazione per i bacini considerati e i coefficienti di deflusso assunti sono stati altresì indicati nella tabella seguente così come i valori di portata di massima piena.

Valle dell'Inferno - parametri calcolati per Tr 100 anni (Formula Razionale)	Quota 1043 m s.l.m.	Quota 879,00 m s.l.m
coeff. deflusso	0,3	0,3
tempo corrivazione (ore)	0,56	0,68
massima precipitazione mm (ht)	48,2	51,4
<b>portata piena tr 100 anni (mc/sec)</b>	<b>22,57</b>	<b>32,4</b>

Tabella 28: parametri di calcolo delle portate di piena alla confluenza con la Valle del Forno e con la Valle di Salmurano

Sono state eseguite le verifiche puntuali per la portata sopra calcolata di 22,4 mc/sec per i ponti pedonali (monte confluenza canale del Roc e Santuario) e sul ponte stradale in località Sirta.

I risultati (tutte le sezioni verificate sono idonea a smaltire le portate di piena liquide) sono sintetizzati nella tabella seguente.

Sezione (quota impalcato)	Altezza utile (m)	Larghezza utile (m)	Pendenza tronco	Coeff.scabrosità Kutter	Velocità corrente (m/s)	Livello di piena (m s.l.m.) Tr. 100 anni
Ponte pedonale quota 1026,5 m s.l.m.	2,5	4,0	1%	2,5	2,5	1024,90
Ponte pedonale quota 966 m s.l.m.	2,5	4,0	2%	2,5	3,54	964,60
Ponte stradale quota 935 m s.l.m.	3,5	7,0	2%	1,7	5,35	931,85

Tabella 29: analisi smaltimento sezioni di deflusso ponti sulla Valle del Forno

### 5.6.3.3 Stima del trasporto solido

Per calcolare i valori di magnitudo della Valle dell'Inferno è stato utilizzato il metodo proposto da Crosta, Ceriani, Frattini & Quattrini (2000) che prevede l'analisi della geometria del conoide.

Sebbene come premesso i corsi d'acqua in esame non possiedano un vero e proprio conoide di deiezione è stata considerata la morfologia dell'ambito di confluenza, peraltro trasformato dagli interventi antropici, dove la morfologia sembra suggerire la presenza di un antico lobo di colata poi sovrinciso dalle acque in deflusso:

tale ambito è stato assimilato ad un conoide di deiezione potenziale. Si sono pertanto calcolati i seguenti valori:

<b>Valle dell'Inferno - parametri geometrici del conoide</b>	
Zona apicale (m s.l.m.)	1060
Zona distale (m s.l.m.)	990
Lunghezza conoide (m)	300
Larghezza media (m)	40
Pendenza conoide (%/°)	23%/13°
Area conoide (mq)	12.000
Lunghezza collettore (m)	350
Pendenza collettore (%/°)	20%/11°

Tabella 30. Parametri di calcolo del conoide per la stima della magnitudo

**Metodo di Crosta, Ceriani, Frattini & Quattrini (2000) : CONFLUENZA VALLE DEL FORNO**

	$M = K \cdot A \cdot M_b \cdot S \cdot (1/IF^2) =$	<b>18.008</b> m <sup>3</sup>
K =	3	
K = 3.0	per fenomeni di bed load (trasporto di fondo)	
K = 5.4	per fenomeni di debris flow	
A =	3,2 km <sup>2</sup>	
(area del bacino)		
Mb = (H <sub>max</sub> - H <sub>min</sub> ) * A <sup>(-1/2)</sup> =		0,844
(Indice di Melton)		
H <sub>max</sub> =	2,550 km	
quota massima del bacino		
H <sub>min</sub> =	1,040 km	
quota minima del bacino		
S =	20 %	
(pendenza collettore sulla conoide)		
IF =	3	
(indice di frana così determinato:		
grandi frane, frane al piede		1
frane sui versanti		2
frane piccole o assenti		3

**5.6.3.4 Analisi delle condizioni di trasporto solido**

Aree di possibile deposizione

La zona di possibile rallentamento e deposizione dei detriti trasportati è da individuarsi principalmente lungo l'alpeggio della Valle d'Inferno e secondariamente, in caso di eventi catastrofici con associato significativo trasporto solido in alveo, lungo l'attraversamento stradale Colle del Dudello - Ornica.

In tale ambito, qualora le portate solide ostruissero la sezione di deflusso, le stesse uscirebbero principalmente lungo la sede stradale. In caso di evento alluvionale di carattere più ordinario, la vasca di "espansione" realizzata a monte dell'attraversamento è in grado di rallentare ed arrestare oltre 3.000 mc di materiale impedendone il trasporto a valle.

Considerando i volumi stimati di magnitudo che possono effettivamente depositarsi nelle aree a monte e il fatto che il corso d'acqua scorre in gran parte in roccia o in depositi alluvionali di volumi significativi, non si ritiene che i detriti in carico al corso d'acqua nel tratto a valle di detto attraversamento possano essere significativi al fine di causare tracimazioni o ostruzioni delle sezioni di deflusso.

Ipotizzando comunque che nel tratto a valle dell'attraversamento (costituito da roccia e grossi blocchi alluvionali in alveo di spessore limitato) e sino alla zona di confluenza possano essere mobilizzati (secondo l'applicazione del metodo di Hungr et al. (British – Columbia – Canada, 1984 - cfr. par. 5.5.3) circa 5 mc di materiale per ogni metro di corso d'acqua (l'asta è lunga poco meno di 1 km) si possono stimare volumi mobilizzabili dell'ordine di 5.000 mc che possono raggiungere la zona di confluenza (stando alle sezioni ampie individuabili soprattutto nel tratto sotteso alla località Gorlo e alla località Foppa).

Prima di raggiungere tale ambito, le correnti detritiche potrebbero comunque fuoriuscire in almeno due punti: il primo a monte della confluenza con la Valle del Forno e il secondo poco a valle sempre in direzione della sponda destra idrografica, con effetto di mitigazione per le aree poste a valle.

Ulteriori zone di rallentamento e di eventuale deposizione sono localizzate nel tratto a monte del ponte pedonale: in questo caso l'effetto di deposizione non gioca a favore di sicurezza in quanto il materiale andrebbe a innalzare il fondo alveo o, in caso di evento estremo, ostruire la sezione di deflusso del ponte con potenziale tracimazione delle acque in deflusso in direzione della sponda sia sinistra che destra idrografica.

Ancora più a valle nel tratto a monte della passerella pedonale, causa la bassa pendenza e la presenza di fenomeni di sovralluvionamento, i materiali eventualmente arrestatisi causerebbero ostruzione della sezione di deflusso.

Lungo tutto il tratto regimato sono individuabili diversi tratti a bassa pendenza (soglie naturali) dove i detriti trasportati possono rallentare con effetto mitigativo nei confronti dei fenomeni erosivi.

I detriti in carico al corso d'acqua possono comunque transitare lungo le sezioni di deflusso della valle regimata, benché in caso di evento estremo, possano manifestarsi condizioni di criticità in corrispondenza degli attraversamenti o in caso di presenza di sponde basse (come a valle della località Sirta).

L'effetto del trasporto solido definibile come "ordinario" è comunque evidente nei fenomeni erosivi riscontrati poco a monte della località Sirta, dove gli eventi alluvionali della fine degli anni '90 hanno danneggiato una briglia esistente.

Tale tratto è stato oggetto di recenti interventi di consolidamento e ripristino delle opere arginali scalzate alla base.

#### **5.6.4 Pericolosità complessiva dell'ambito in esame**

La pericolosità dei fenomeni di esondazione è stata analizzata per la Valle d'Inferno a partire dall'attraversamento carrale della strada agro silvo pastorale Ornica-Chiusuro-Dudello (cfr. allegato 4).



Il corso d'acqua scorre delimitato da scarpate morfologiche non raggiungibili in caso di piena e sono individuabili alcuni ambiti definibili come "di pertinenza" del corso d'acqua che possono essere inondati in caso di evento anche senza che si manifestino significativi fenomeni di trasporto in massa.

Tali aree sono localizzate soprattutto nel tratto che precede la confluenza con la Valle del Forno sino alla stessa confluenza, in sponda destra idrografica e sono legate alla diminuzione della sezione di deflusso del corso d'acqua, in corrispondenza di curvature e alla mancanza di sponde definite (individuate in allegato 3 come "sponde aperte").

Si ritiene che tali fenomeni siano gravati da pericolosità molto elevata, in relazione alla probabilità di accadimento degli stessi e al fatto che perlopiù si collocano comunque in ambito di pertinenza torrentizia.

All'altezza del ponte di attraversamento carrale nella zona di confluenza con la Valle del Forno non si rilevano condizioni critiche ai deflussi, mentre in corrispondenza del ponte pedonale a valle, stando anche all'apertura delle sponde e alle evidenze di "pseudo lobi di colata" in sponda sinistra idrografica (in gran parte "mascherati" dagli interventi antropici e comunque legati ad eventi di epoca post glaciale e che si ritengono non più riattivabili per fenomeni di trasporto in massa fuori alveo) si ritiene possibile la manifestazione di fenomeni di tracimazione delle acque in deflusso sia in sponda destra che sinistra idrografica che possono essere legati esclusivamente ad eventi di carattere eccezionale che causino ostruzione della sezione di deflusso del ponte (con pericolosità elevata a causa della pendenza che provoca accelerazioni delle acque in deflusso seppur significativamente laminate prima di raggiungere la strada comunale).

Si tratta dunque di eventi di accadimento raro cui puo' essere attribuito nelle aree più marginali poste in sponda sinistra idrografica grado di pericolosità moderato in relazione alla laminazione delle correnti in deflusso nelle stesse aree interessate da esondazione.



Foto 146. Punto di possibile tracimazione in sponda destra e sinistra idrografica all'altezza del ponte pedonale a monte della confluenza con il Canale del Roc



Foto 147 e 148. Area di possibile esondazione a valle del ponte pedonale posto a monte della confluenza con il Canale del Roc

Condizioni più critiche si possono riscontrare nel tratto a bassa pendenza posto a monte della passerella pedonale e che è anche caratterizzato da un'apertura in sponda sinistra idrografica.

Tale zona, anche in caso di evento di piena anche non centennale potrebbe già mostrare criticità in quanto associandosi attività di trasporto solido (come si rileva dalle tracce individuate in sponda sinistra idrografica poco a valle del ponte pedonale), si formerebbe uno sbarramento con fuoriuscita delle acque in direzione della sponda sinistra idrografica e fenomeni erosivi in sponda destra, dove sono localizzati alcuni fabbricati rurali protetti da un'opera di difesa arginale in massi ciclopici di limitata altezza rispetto al fondo alveo.

A tali ambiti è stata attribuita classe di pericolosità di grado molto elevato (pericolosità H4), anche in relazione ai fenomeni di rigurgito che possono manifestarsi all'altezza della passerella.

Le acque percorrerebbero la viabilità principale in sponda sinistra idrografica, caratterizzata da medio elevata pendenza con accelerazione delle acque in deflusso in direzione della frazione Santuario.



Foto 149-150. Sponde in erosione protette da scogliera in massi a secco, sponda sinistra idrografica (foto a sinistra) e in destra idrografica (foto a destra) a monte della passerella pedonale



Foto 151. Ripresa verso valle del tratto a bassa pendenza a monte della passerella di attraversamento in località "Baita Tainel"



Foto 152 e 153. Ripresa verso monte del tratto a bassa pendenza e ristretto a monte della passerella di attraversamento in località "Baita Tainel"

In sponda destra i possibili fenomeni di esondazione sono anche legati alla presenza della confluenza con la Valle Tainella a alla manifestazione di fenomeni di rigurgito.



Foto 154. Canale tributario Tainella

Foto 155. Baite in sponda destra idrografica a valle della confluenza con la Valle Tainella

A valle ulteriori punti critici possono essere individuati in corrispondenza del ponte pedonale in località Santuario (sezione utile 10 mq), anche in questo caso in un ambito in cui è presente la confluenza con la valle Zucco della Bassa e in destra idrografica a valle del tratto tombinato sotto la sede stradale in località Sirta.



Foto 156. Canale Zucco della Bassa regimato in corrispondenza della confluenza

La zona a valle dell'attraversamento stradale in località Sirta puo' dirsi caratterizzato da pericolosità elevata (H3) non tanto in relazione ad eventi di carattere eccezionale di ostruzione parziale del ponte di attraversamento (che ha una sezione utile di 18 mq) che potrebbero portare ad un innalzamento delle correnti che interesserebbero la sponda destra più bassa (a valle del fabbricato posto a ridosso della sponda e che costituisce arginatura al corso d'acqua), quanto al fatto che l'alveo in questo tratto risulta ristretto a poco più di 4 metri, la sponda destra ha un'altezza dell'ordine dei due metri e risulta aperta.

Nonostante la pendenza dell'alveo in questo tratto, il restringimento della sezione (dove sono rilevabili detriti e vegetazione in alveo) rende possibile la manifestazione di fenomeni di rigurgito con conseguente innalzamento dei livelli idrici.

La valle scorre poi incassata sino alla zona di confluenza con la Valle Salmurano, il cui ambito nella zona di coalescenza è stato classificato come a pericolosità molto elevata.



Foto 157-158. Tratto tombinato in località strada comunale per la frazione "Sirta" (ripresa panoramica a sinistra e dettaglio dell'imbocco a monte a destra)

## 6.0 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'assetto geologico e strutturale del settore prealpino in esame condiziona lo stato di dissesto rilevato reale e/o potenziale e i processi di dinamica morfologica che ne sono causa.

Il territorio comunale per caratteristiche omogenee può essere suddiviso in quattro settori le cui caratteristiche sono di seguito descritte in sintesi.

Il settore più a nord sino indicativamente all'altezza dell'alpeggio della Valle d'Inferno per il settore ovest (quote dell'ordine dei 1400 m s.l.m.) e sino alla confluenza della Valle Pianella con la Valle di Salmurano (quote dell'ordine dei 1200 m s.l.m.), rappresentato esclusivamente dalla cartografia CTR, è caratterizzato da *processi di elevata dinamica del rilievo* (fenomeni di caduta massi sia puntuali che in massa, trasporto di detrito in massa lungo i canali, fenomeni franosi in roccia e terreno anche di grandi dimensioni, fenomeni valanghivi).

Per tali ambiti la fattibilità d'uso del suolo è in gran parte caratterizzata da condizioni di gravi limitazioni (classe 4).

Il settore centro-nord sino a monte della zona edificata (rappresentata dalla cartografia di dettaglio su base del rilievo aereofotogrammetrico comunale), mostra *maggior stabilità in relazione ai processi di dinamica morfologica*.

L'utilizzo di tali aree presenta condizioni limitative all'uso del suolo e condizioni di gravi limitazioni in relazione alla presenza di processi in atto e/o potenziali e in relazione alla pendenza dei siti in esame.

Si tratta peraltro di ambiti di elevato pregio naturalistico (compresi nella perimetrazione del Parco delle Orobie Bergamasche e in Zone di Protezione Speciale) in cui l'uso del suolo deve essere valutato anche in relazione a questi aspetti.

Il settore centrale, corrispondente alla zona maggiormente edificata, è caratterizzato a livello geologico - strutturale dal passaggio tra le formazioni triassiche rappresentate dalla Dolomia Principale, la Carniola di Bovegno e la formazione del Servino e le formazioni permiane rappresentate dalle Vulcaniti del Monte Ca' Bianca (che unitamente alla formazione del Pizzo del Diavolo, sostituisce nella nuova cartografia geologica la "formazione del Collio").

In ambiti spaziali molto ristretti a cavallo della zona edificata di Ornica (dell'ordine dei 500 metri) si collocano quattro formazioni, delimitate da contatti tettonici e dunque fortemente tettonizzate (da cui la predisposizione delle rocce a fenomeni di crollo che interessano soprattutto la formazione della Dolomia Principale, ma anche le formazioni del Servino e delle Vulcaniti localizzate in prossimità dei contatti tettonici citati e pertanto caratterizzate da medio elevato grado di fratturazione).

*Fenomeni di crolli di massi* sono presenti in località "parcheggio" al ponte della Sirta e a valle dell'abitato lungo la strada provinciale.

Fenomeni di crollo particolari sono legati alla presenza di zone con terreni glaciali costituiti anche da grossi massi erratici che, causa la pendenza dei versanti e i processi di dilavamento si trovano o possono trovarsi in condizioni di instabilità con conseguente crollo (si fa riferimento in questo caso soprattutto alla zona posta a nord est dell'abitato lungo la sponda destra idrografica della Valle di Salmurano).

Quanto ai fenomeni di *instabilità dei terreni di copertura* in particolare le zone in cui la Carniola di Bovegno costituisce il substrato roccioso, quasi mai affiorante a causa dell'intensa degradazione (che opera quale

orizzonte di scollamento plastico tra la formazione del Servino e le sovrastanti dolomie) sono caratterizzate da terreni dalle scadenti caratteristiche tecniche.

Terreni con analoghe caratteristiche sono anche riferibili agli orizzonti superficiali di terreni di origine colluvio glaciale, in relazione alla pendenza dei versanti talora medio elevata che determina condizioni di equilibrio limite per tali terreni.

Questo settore è stato caratterizzato in passato da diversi fenomeni di "soil slip" per la maggior parte stabilizzati ma che possono comunque ancora manifestarsi in concomitanza con eventi meteorici intensi soprattutto a causa della medio elevata pendenza dei versanti.

Il settore in esame è altresì caratterizzato da *condizioni di potenziale criticità in relazione allo scorrimento delle acque superficiali e ai fenomeni di trasporto solido in alveo* (che si manifestano perlopiù in concomitanza di eventi idrologici significativi, quali quelli del 1987 e recentemente del 2002, con effetti molto più contenuti e non significativi, mentre nel 2014, anno caratterizzato da precipitazioni continue e anche intense, non si sono rilevate condizioni di criticità).

Le condizioni di criticità in relazione a tali fenomeni sono da imputarsi principalmente all'antropizzazione del territorio con costruzione di aree edificate a ridosso delle sponde torrentizie (nel caso della Fusinetta la frazione in esame sorge in tale ambito perché caratterizzata in passato dalla presenza di fucine) e alla tombinatura dei corsi d'acqua.

L'uso del suolo nel settore in esame è consentito in gran parte con consistenti limitazioni (classe 3) e devono essere valutate con approfondimento le condizioni locali di potenziale dissesto, condizioni che possono evolvere in senso peggiorativo nel tempo (anche in relazione allo stato di manutenzione delle opere di difesa e di regimazione idraulica realizzate).

Solo parte degli ambiti edificati, che mostrano maggior stabilità e che si sono ritenuti esclusi dall'influenza anche indiretta di fenomeni di dissesto potenziale, è stata inserita in classe di fattibilità 2 (si tratta comunque di ambiti già completamente edificati).

Il settore a valle dell'edificato si estende soprattutto intorno all'incisione valliva del Torrente Ornica ed è caratterizzato per la maggior parte dall'affioramento di rocce dolomitico calcaree oggetto di *fenomeni di instabilità dei versanti rocciosi per fenomeni di crollo sia estesi che puntuali*.

Fatta eccezione per alcune località con insediamenti rurali, tutto questo settore (rappresentato nel tratto più a sud esclusivamente dalla cartografia CTR) è caratterizzato da gravi limitazioni d'uso del suolo, oltre che per i fenomeni individuati per le condizioni orografiche.

Caratteristica di questa zona è la strada provinciale che collega il fondovalle al paese e che è stata oggetto negli ultimi anni di diversi ed estesi interventi di messa in sicurezza dai fenomeni di caduta massi.

In tema di controllo dell'evoluzione dei fenomeni di dissesto, sarebbe auspicabile per il territorio in esame, come peraltro per altre realtà dei territori comunali confinanti, valutare l'installazione di sistemi di monitoraggio specifici in funzione delle problematiche rilevate (ad esempio sui due corsi d'acqua principali, Val d'Inferno e Valle di Salmurano nel tratto a monte dell'abitato, sui blocchi "erratici" instabili individuati lungo il versante destro idrografico della Valle di Salmurano e sui blocchi di dolomia di elevate dimensioni che formano strutture tipiche a "guglie e pinnacoli" diffuse nel settore centro meridionale del territorio la cui stabilità andrebbe verificata con analisi più approfondite soprattutto dove queste gravano indirettamente su

ambiti anche parzialmente edificati (come lungo il versante sinistro idrografico in località Sirta e Fusinetta) e sulla strada provinciale.

Il monitoraggio è comunque da intendersi anche come verifica periodica delle situazioni di dissesto rilevate: dalla verifica dello stato di manutenzione delle opere di difesa realizzate a protezione dei fenomeni franosi e alluvionali, al controllo e alla manutenzione degli attraversamenti in alveo e dei tratti tombinati, soprattutto in corrispondenza dell'edificato e delle strade, alla manutenzione delle aree boscate che, si è riscontrato durante i sopralluoghi eseguiti, costituiscono condizioni predisponenti i fenomeni di dissesto.

In aree quali quella in esame, ai fini della prevenzione dei fenomeni di dissesto, è spesso più importante che non venga a mancare la presenza antropica sul territorio: Ornica da questo punto di vista ha il vantaggio di avere una strada di collegamento intervallivo che si sviluppa nel settore centrale e che ha consentito anche negli ultimi anni di mantenere "viva" la frequentazione delle numerose aree a destinazione rurale, in controtendenza rispetto allo spopolamento cui si è assistito in altre realtà confinanti.

I fruitori del territorio rappresentano "i principali strumenti di monitoraggio" dell'evoluzione dei fenomeni di dissesto reale e/o potenziale e possono giocare un ruolo fondamentale in ottica di prevenzione.

Le più recenti tecniche di monitoraggio propongono anche monitoraggi di tipo areale (tecniche laser scanner, interferometria radar e analisi con aeromobile a pilotaggio remoto "drone") di cui si riporta di seguito un esempio tratto dallo Studio Idrogeologico a scala di bacino realizzato nel 2009 da Comunità Montana Valle Brembana, Provincia di Bergamo e Regione Lombardia.

Nelle figure seguenti sono indicate con retinatura gialle alcune aree del territorio comunale "in movimento". Tali movimenti rilevati (che non sempre si associano ad aree realmente in dissesto, soprattutto nel caso in cui gli spostamenti rilevati sono contenuti come nel caso in esame) forniscono comunque un'importante indicazione su quali sono le aree che devono essere oggetto di monitoraggio nel tempo in relazione all'evoluzione dei fenomeni individuati.

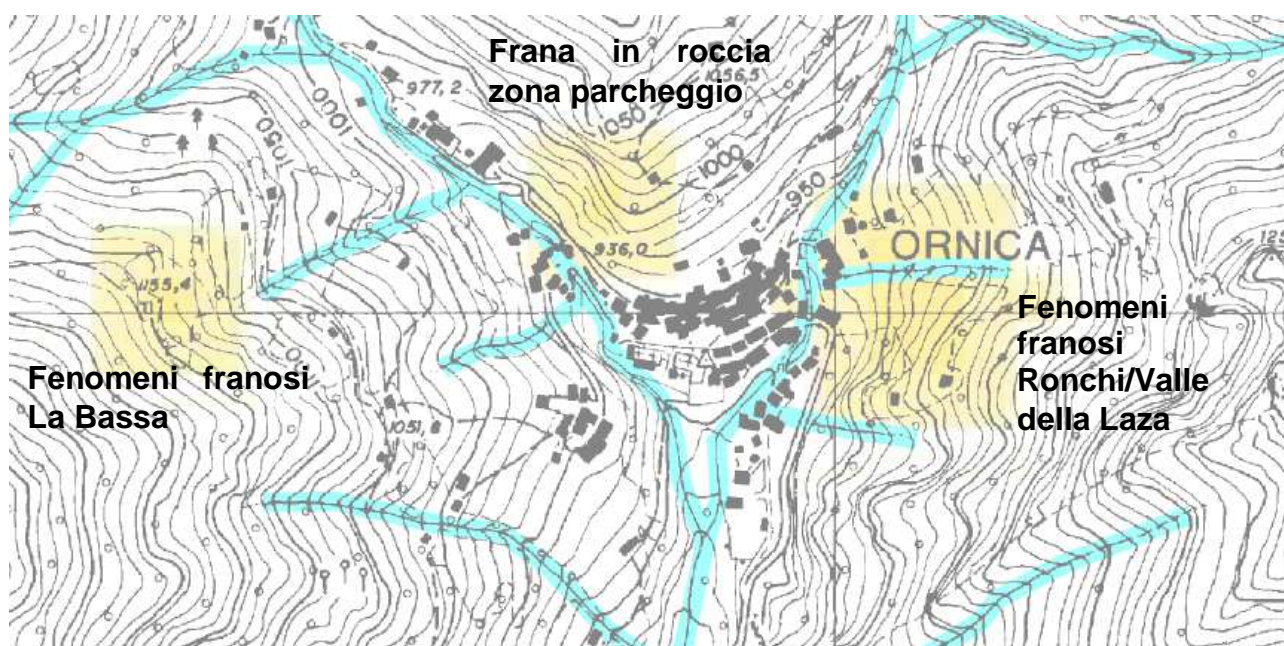


Figura 10: aree in movimento in alcune località descritte nel presente documento, sia in relazione a movimenti in roccia che in terreno

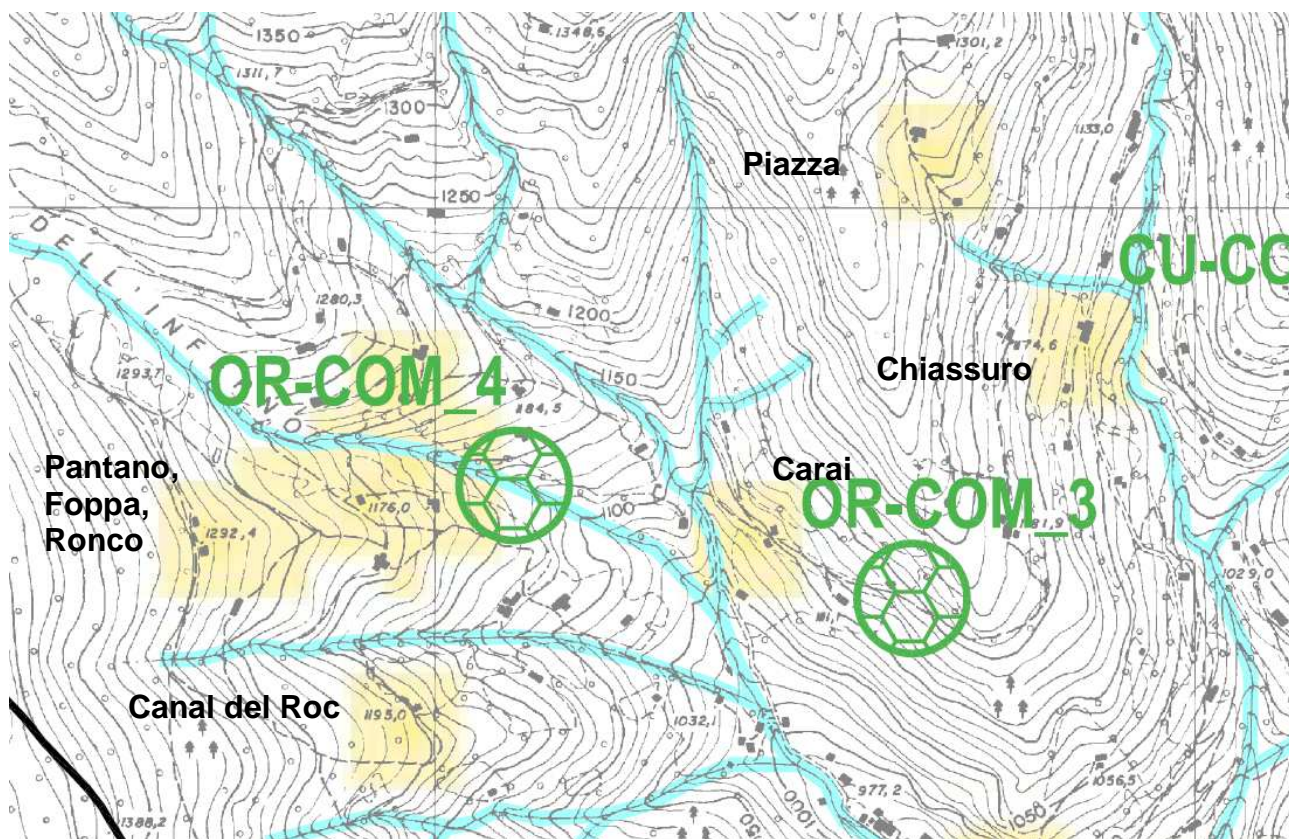
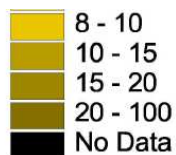
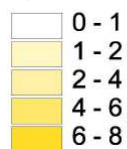


Figura 11: altri ambiti individuati nello studio

Elaborazione da dati di interferometria radar

Spostamenti in mm/anno





## 7.0 ANALISI DELLA COMPONENTE SISMICA

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" individua in prima applicazione le zone sismiche nelle quali è suddiviso il territorio nazionale e le normative tecniche da adottare per le costruzioni in tali aree (G.U. n° 105 del 8/5/2003 Suppl. Ord. N° 72).

Sulla base di tale Ordinanza il Comune di Ornica risultava inserito in zona sismica 4.

Regione Lombardia con D.g.r. 11 luglio 2014, n° X/ 2129 ("Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia - l.r.1/2000, art.3, c.108, lett. d - pubblicata sul BURL n.29 Serie Ordinaria del 16 luglio 2014), ha aggiornato la classificazione sismica dei comuni lombardi e inserito il Comune di Ornica in Zona sismica 3 (bassa sismicità valore di Ag max di riferimento pari a 0,0055586).

A partire dal 1 luglio 2009 inoltre la progettazione antisismica, per tutte le zone sismiche e per tutte le categorie di edifici è regolata dal D.M.14 gennaio 2008, decreto che rende necessaria la realizzazione di studi ed indagini di approfondimento in ottica di progettazione antisismica.

A livello di pianificazione territoriale, la Legge Regionale n. 12 del 2005 per il governo del territorio vincola i Comuni sismici (anche quelli di nuova istituzione) all'aggiornamento della classificazione del territorio in funzione delle amplificazioni sismiche valutate.

La delibera di riferimento, n.IX/2616 pubblicata sulla serie ordinaria del BURL del 15/12/2011 sulla definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, costituisce normativa regionale di riferimento per quanto riguarda le analisi di approfondimento sismico (microzonazione) a livello comunale, introducendo un'innovativa metodologia per la valutazione delle aree suscettibili di amplificazione sismica, parametro responsabile della pericolosità sismica locale.

La delibera non stabilisce vincoli, ma indica una procedura semplificata e differenziata per grado di sismicità, secondo tre livelli di approfondimento, ed è basata su studi scientificamente consolidati

L'analisi sismica del territorio si articola in tre livelli successivi di approfondimento eseguiti in relazione alla zona sismica di appartenenza del comune, agli scenari di pericolosità sismica locale e alla tipologia delle costruzioni in progetto (allegato 5 alla d.g.r. n° IX/2616 del 30/11/2001 riportata integralmente in allegato 3 alla tavola B) così come sintetizzato nella tabella seguente.

	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1^ livello fase pianificatoria	2^ livello fase pianificatoria	3^ livello fase progettuale
Zona sismica 2-3	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	- Nelle aree indagate con il 2^ livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1 e Z2.
Zona sismica 4	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03)	- Nelle aree indagate con il 2^ livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1 e Z2 per edifici strategici e rilevanti.

PSL = Pericolosità Sismica Locale

Tabella 1: adempimenti in funzione della zona sismica di appartenenza

Le particolari condizioni geologiche e geomorfologiche di una zona (condizioni locali) possono influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base producendo effetti diversi da considerare nella valutazione generale della pericolosità sismica dell'area.

Tali effetti vengono distinti in funzione del comportamento dinamico dei materiali coinvolti, pertanto la prima fase dell'analisi del rischio sismico è costituita dall'identificazione della categoria di terreno presente in una determinata area.

Gli effetti locali vengono divisi in due categorie:

- effetti di amplificazione sismica locale;
- effetti dovuti all'instabilità.

In merito all'area in esame non sono segnalati in epoca storica eventi sismici degni di nota.

I terremoti degni di nota segnalati in provincia di Bergamo sono riportati nella tabella seguente (dati tratti dal portale dell'Abruzzo)

n°	zona sismica	ora UTC	MAG	LAT - LON
1)	Berlinghetti (BG)	29/10/1995 13:00:28	<b>4,57</b>	45.709, 9.9270
2)	Brembate di Sopra (BG)	23/11/1981 01:12:05	<b>4,83</b>	45.717, 9.5670
3)	Sedrino (BG)	24/04/1918 14:21:00	<b>5,07</b>	45.778, 9.8310
4)	Clusone (BG)	27/02/1882 06:30:00	<b>4,96</b>	45.878, 9.9260
5)	Caravaggio (BG)	10/09/1781 00:00:00	<b>5,03</b>	45.497, 9.8440
6)	Predore (BG)	15/08/1771 00:00:00	<b>4,83</b>	45.667, 10.000
7)	Bergamo (BG)	13/06/1842 22:00:00	<b>5,03</b>	45.694, 9.8700
8)	Bergamo (BG)	22/08/1606 00:00:00	<b>5,03</b>	45.694, 9.8700
9)	Bergamo (BG)	08/03/1593 00:00:00	<b>5,03</b>	45.694, 9.8700
10)	Azzano San Paolo (BG)	26/09/1576 06:00:00	<b>4,83</b>	45.667, 9.8670

Nel raggio di 30 km dalla località in esame sono segnalati terremoti di intensità massima del V grado della scala Mercalli (Val Masino, Clusone, Sedrina) e l'ultimo terremoto che ha interessato Selvino (nel maggio 2010) che ha avuto magnitudo di 3,3 gradi della scala Richter.

Secondo la carta di "Massima intensità macrosismica risentita in Italia" (Istituto Nazionale di Geofisica – A.A.V.V. 1995) l'intensità massima dei terremoti verificatisi in epoca storica nell'area che include il territorio comunale di Ornica e quelle immediatamente limitrofe è stata del VI grado della scala MCS.

Altre analisi condotte ("Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani" Dipartimento della Protezione Civile – Molin & al.), portano ad informazioni pressoché analoghe, dato che includono la zona in studio tra le aree di classe C rappresentate da comuni in cui l'intensità massima dei sismi non ha superato in passato il VI° grado della scala MCS e dove gli effetti massimi attesi consistono in forti scuotimenti e possibilità di danni occasionali di lieve entità.

## **7.1 PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO: CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE**

La metodologia per la valutazione dell'amplificazione sismica locale dei territori comunali, prevista dalla d.g.r. 30 novembre 2011 n° IX/2616 in adempimento al d.m. 14 gennaio 2008 "Nuove Norme tecniche per le costruzioni", prevede tre livelli di approfondimento.

Il primo livello, che si attua in fase pianificatoria, deve portare al riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche (cartografia di inquadramento) che su dati esistenti.

Questo livello, che prevede un'analisi di tipo "qualitativo" e prevede la realizzazione di una Carta della Pericolosità Sismica Locale (tavv. 06A e 06B), nella quale viene riportata la perimetrazione areale di diverse situazioni tipo (indicate nella tabella seguente) che sono in grado di determinare gli effetti sismici locali.

La tabella è conforme nelle sigle e nella numerazione a quanto previsto dalla normativa di settore e sono state escluse le categorie non riscontrate nel territorio in esame.

Relativamente alla presenza di "zone moreniche" (scenario Z4C) che interessano perlopiù zone già edificate anche in ambito rurale, queste sono state distinte in base alla presenza di terreni di origine glaciale (diffusi soprattutto presso l'abitato di Ornica e a monte dello stesso dove sono frammisti a detriti di versante).

Le informazioni che hanno consentito la redazione della Carta della PSL sono basate sull'esame della cartografia allegata allo studio geologico del 2001, con particolare riferimento alla carta geologica, a quella geomorfologica e della dinamica geomorfologica, che interessa nello specifico gli ambiti edificati oggetto di azionamento.

Si tratta di carte che aiutano il professionista ad orientarsi in una prima fase sia pianificatoria che progettuale di massima ma le cui informazioni non sono da considerarsi di sufficiente dettaglio ai fini progettuali e pertanto devono essere adeguatamente integrate con un piano di indagini che supporti la progettazione (come peraltro previsto dalla normativa vigente sulle nuove costruzioni).

Il piano di indagini dovrà essere valutato dal tecnico incaricato in funzione dell'entità e dell'importanza del singolo progetto edilizio.

La carta della pericolosità sismica locale consente quindi di individuare quelle aree per le quali, in sede di progettazione antisismica, si rendono necessari livelli di approfondimento successivi, così come indicato dalla tabella 8 (e nella carta di fattibilità geologica per le azioni di piano).

<u>Sigla</u>	<u>Scenario di pericolosità sismica locale</u>	<u>Effetti</u>	<u>Classe di pericolosità associata</u>
<b>Z1a</b>	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità	pericolosità H3
<b>Z1b</b>	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti		pericolosità H2
<b>Z1c</b>	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana		pericolosità H2
<b>Z2</b>	Zona con caratteristiche geotecniche scadenti	Amplificazioni litologiche geometriche	pericolosità H2
<b>Z3a</b>	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni topografiche	pericolosità H2
<b>Z3b</b>	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite/arrotondate		pericolosità H2
<b>Z4a</b>	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche geometriche	pericolosità H2
<b>Z4b</b>	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio lacustre		pericolosità H2
<b>Z4c</b>	Zona morenica (depositi granulari e/o coesivi)		pericolosità H2
<b>Z5</b>	Zona di contatto stratigrafico e/ tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico meccaniche molto diverse	Cedimenti differenziali	pericolosità H2

Tabella 2: Scenari di pericolosità sismica individuati per il territorio di Ornica e classi di pericolosità associate

<u>Sigla</u>	<u>Scenario di pericolosità sismica locale</u>	<u>Livelli di approfondimento</u>
<b>Z1a</b>	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Non previsto in quanto aree già inedificabili
<b>Z1b</b>	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	3° livello di approfondimento
<b>Z1c</b>	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	3° livello di approfondimento
<b>Z2</b>	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili ecc...). Zone con depositi granulari fini saturi	3° livello di approfondimento
<b>Z3a</b>	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	2° livello di approfondimento e, se da quanto emerso dall'analisi di 2° livello, la normativa nazionale risulta insufficiente a tener in considerazione gli effetti sismici, si passa all'analisi di 3° livello (**)
<b>Z3b</b>	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite/arrotondate	2° livello di approfondimento e, se da quanto emerso dall'analisi di 2° livello, la normativa nazionale risulta insufficiente a tener in considerazione gli effetti sismici, si passa all'analisi di 3° livello (**)
<b>Z4a</b>	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi	2° livello di approfondimento e, se da quanto emerso dall'analisi di 2° livello, la normativa nazionale risulta insufficiente a tener in considerazione gli effetti sismici, si passa all'analisi di 3° livello (**)
<b>Z4b</b>	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio lacustre	2° livello di approfondimento e, se da quanto emerso dall'analisi di 2° livello, la normativa nazionale risulta insufficiente a tener in considerazione gli effetti sismici, si passa all'analisi di 3° livello (**)
<b>Z4c</b>	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi	2° livello di approfondimento e, se da quanto emerso dall'analisi di 2° livello, la normativa nazionale risulta insufficiente a tener in considerazione gli effetti sismici, si passa all'analisi di 3° livello (**)
<b>Z5</b>	Zona di contatto stratigrafico e/ tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico meccaniche molto diverse	Non previsto in quanto problematiche superabili in fase di progettazione

Tabella 3: livelli di approfondimento richiesti

\*\* alternativamente usare il metodo proposto dall'allegato 5 alla d.g.r. IX/2616 del 30 novembre 2011 n° riportato in tav. B, parte seconda "norme tecniche di prevenzione antisismica per le nuove costruzioni"

### 7.1.1 EFFETTI DI SITO O DI AMPLIFICAZIONE SISMICA LOCALE

Il fenomeno interessa tutti i terreni e il substrato roccioso che mostrano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese.

Tali effetti sono rappresentati dall'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico (terremoto di riferimento), relativo ad una formazione rocciosa di base (bedrock) può subire, durante l'attraversamento dei terreni sovrastanti il bedrock, a causa dell'interazione delle onde sismiche con articolari condizioni locali.

Gli effetti attesi sono di seguito descritti.

Gli effetti di amplificazione topografica e litologica possono essere contemporaneamente presenti.

**Effetti di amplificazione topografica:** si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie superficiali più o meno articolate e da irregolarità topografiche in generale; tali condizioni favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta del rilievo a seguito a fenomeni di riflessione sulla superficie libera e di interazione tra il campo d'onda incidente e quello diffratto; se l'irregolarità topografica è rappresentata da substrato roccioso (bedrock) si verifica un puro effetto di amplificazione topografica, mentre nel caso di rilievi costituiti da materiali non rocciosi l'effetto amplificatorio è la risultante dell'interazione tra l'effetto topografico e quello litologico (di seguito descritto). Nel caso del comune di Ornica gli effetti di amplificazione topografica possono interessare le scarpate (scenario Z3A), creste e cocuzzoli rocciosi (scenario Z3B). Tali morfologie sono legate perlopiù all'assetto strutturale dell'area (soprattutto cocuzzoli e creste) e alla modellazione da parte degli agenti morfogenetici (scarpate glaciali e fluvio-glaciali, erosione torrentizia e scarpate di frana).

**Effetti di amplificazione litologica e geometrica:** si verificano quando le condizioni locali sono rappresentati da morfologie sepolte (bacini sedimentari, chiusure laterali, corpi lenticolari, eteropie ed interdigitazioni, gradini di faglia ecc..) e da particolari profili stratigrafici costituiti da litologie con determinate proprietà meccaniche; tali condizioni possono generare esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreni, 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 vibrare del terreno e della sovrastruttura. Nel caso in esame le variazioni "volumetriche" dei corpi costituiti dai depositi superficiali sono localizzate soprattutto nel fondovalle (scenario Z4A, piana alluvionale del Torrente Ornica principalmente e in minor misura il fondovalle della Valle di Salmurano e della Valle d'Inferno), in corrispondenza del raccordo conoidi/falde detritiche – pianura (scenario Z4B) e dove localizzati terreni di genesi morenica (scenario Z4C), pertanto lungo diversi ambiti di versante del territorio comunale.

**Effetti di instabilità e comportamenti differenziali:** gli effetti di instabilità possono interessare tutti i terreni che mostrano un comportamento instabile (scenari Z1A e Z1B) o potenzialmente instabile (scenario Z1C) nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese e sono rappresentati in generale da fenomeni di instabilità

consistenti in veri e propri collassi e talora movimenti di grandi masse di terreno incompatibili con la stabilità delle strutture; tali instabilità sono rappresentate da fenomeni diversi a seconda delle condizioni presenti in sito.

Nel caso di aree potenzialmente instabili, comprese le aree di frana inattiva, si possono avere fenomeni di riattivazione o neo formazione di movimenti franosi (crolli, scivolamenti rotazionali e/o traslazionali, colamenti) per cui il sisma rappresenta il fattore di innesco del movimento sia direttamente, a causa dell'accelerazione esercitata sul suolo sia indirettamente a causa dell'aumento delle pressioni interstiziali (nel caso di terreni fini tipologicamente ascrivibili alle sabbie fini, ai limi e alle argille). Relativamente alle zone interessate da particolari strutture geologiche sepolte e/o affioranti in superficiale, tipo contatti stratigrafici, tettonici (scenario Z5) che possono dare origine a comportamenti differenziali, ove si possono verificare movimenti relativi verticali ed orizzontali tra diversi settori areali che conducono a scorrimenti e cedimenti differenziali interessanti le sovrastrutture, si precisa che nel territorio di Ornica, sebbene si osservi la presenza di faglie, sovrascorrimenti e fratturazioni (associate alla linea Orobica), si può affermare che le stesse non possono considerarsi sismogenetiche e con stato di attività tale da provocare gli effetti sopra descritti (anche in relazione alla bassa sismicità del territorio in esame). La zona in studio ricade inoltre in un ambito caratterizzato da uno spessore crostale massimo per il territorio italiano (50 – 60 km), dove la più elevata intensità di sollevamento non risulta peraltro caratterizzata dalla presenza di significative strutture tensionali attive per cui la sismicità è decisamente limitata.

#### **Effetti di cedimento e/o liquefazione**

Per quanto riguarda la presenza di terreni scadenti (di cui allo scenario Z2) dal punto di vista delle caratteristiche fisico meccaniche, in termini di effetti sismici attesi si possono verificare fenomeni di scivolamento e rottura connessi a deformazioni permanenti del suolo, in particolare per terreni granulari sopra falda sono possibili cedimenti a causa di densificazione ed addensamento del materiale, mentre per terreni granulari fini (sabbiosi) saturi di acqua sono possibili rifluimenti e colamenti parziali o generalizzati a causa dei fenomeni di liquefazione.

Il possibile incremento degli effetti sismici è legato nel territorio comunale alla presenza di depositi a matrice fine abbondante (limi, limi sabbiosi e sabbie o materiali a matrice limosa, limoso sabbiosa o sabbiosa) che possono trovarsi in corrispondenza di terreni eluvio-colluviali (tipicamente di alterazione della formazione della Carniola di Bovegno che può generare terreni di alterazione anche di qualche metro di spessore, soggetti a saturazione a causa della scarsa permeabilità, sui quali potrebbero risultare impostate le fondazioni di futuri edifici.

In corrispondenza di tali aree è prevista l'analisi di terzo livello, non solo in conformità con la normativa vigente ma in quanto è comunque necessario acquisire maggiori conoscenze sull'assetto geologico e geotecnico locale.

## 7.2 SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Il secondo livello prevede la caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi negli scenari perimetrati nella carta di pericolosità sismica locale e fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di Amplificazione (Fa).

L'applicazione del secondo livello consente l'individuazione delle aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale (Fa calcolato superiore a Fa di soglia comunali forniti dal Politecnico di Milano).

Per queste aree, qualora non verificati i valori di soglia, si dovrà procedere alle indagini ed agli approfondimenti di terzo livello o, in alternativa, utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, con 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.

Il secondo livello è obbligatorio per i Comuni ricadenti nelle zone sismiche 2 e 3, negli scenari PSL, individuati attraverso il primo livello, suscettibili di amplificazioni sismiche morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4 della Tabella 8) interferenti con l'urbanizzato e/o con le aree di espansione urbanistica.

Per le aree a pericolosità sismica locale caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione (zone Z1 e Z2 della Tabella 8) non è prevista l'applicazione degli studi di 2° livello, ma il passaggio diretto a quelli di 3° livello.

Non è necessaria la valutazione quantitativa al 3° livello di approfondimento dello scenario inerente le zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse (zone Z5), in quanto tale scenario esclude la possibilità di costruzioni a cavallo dei due litotipi.

In fase progettuale tale limitazione può essere rimossa qualora si operi in modo tale da avere un terreno di fondazione omogeneo.

Nell'impossibilità di ottenere tale condizione, si dovranno prevedere opportuni accorgimenti progettuali atti a garantire la sicurezza dell'edificio.

Le analisi di secondo livello per il territorio comunale di Ornica si sono concentrate in corrispondenza dell'area attualmente edificata ricadente nello scenario Z4C e nello scenario Z3A.

L'unica zona di espansione urbanistica è infatti prevista in corrispondenza della località "Sirta" e ricadendo nello scenario Z2 deve essere oggetto di analisi di terzo livello, supportata da indagini sitospecifiche.

Con gli aggiornamenti alle direttive tecniche contenute nella d.g.r. n. IX/2616 del 30/11/2011 l'approfondimento di secondo livello deve essere preceduto dall'analisi della classe sismica di appartenenza del suolo.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto si definiscono infatti le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione di cui alla tabella seguente:

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tabella 4a: categorie di sottosuolo da NTC

In aggiunta a queste categorie ce ne sono altre per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica:

Categoria	Descrizione
S1	Depositati di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Tabella 4b: categorie di sottosuolo aggiuntive da NTC

La procedura di **valutazione degli effetti litologici di cui allo scenario Z4C** per l'ambito in esame, presuppone la conoscenza della litologia dei materiali presenti, della stratigrafia del sito e dell'andamento delle velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio ( $V_s$ ) nel primo sottosuolo.

Lo sviluppo della velocità delle onde S con la profondità è stato ottenuto mediante l'esecuzione di prospezioni geofisiche di tipo MASW eseguite nel settore nord est dell'abitato (a valle della mulattiera che si sviluppa poco a monte del paese), dove maggiore è lo spessore dei depositi glaciali (rispetto alla zona ovest peraltro non compresa in alcun scenario data la presenza di substrato roccioso a pochi metri di profondità (l'ambito ricade nella categoria di suolo A) e data l'impossibilità logistica di eseguire indagini in tutto il centro storico dell'abitato.

La prospezione sismica ha portato alla esecuzione di circa 70 metri di linea; la spaziatura dei punti di ricezione delle onde sismiche ( geofoni ) è stata di 3 metri, l'energizzazione a 5 metri.



Il sistema di energizzazione utilizzato è differente da quello convenzionalmente usato per la sismica a rifrazione (utilizzato per ricavare le onde P o onde di volume e non le onde S o di taglio): è stata infatti utilizzata una mazza di 10 kg battente su piastra in ferro in modo da garantire l'aderenza al terreno (perché l'energia prodotta non venga dispersa).

Solitamente il primo strato individuato (anche soggetto a rimaneggiamento per attività antropiche) è uno strato di disturbo in quanto assorbe notevole energia, impedendo talvolta di ottenere registrazioni di buona qualità.

Infatti nell'ambito di questa porzione più superficiale del sottosuolo, una parte di pori è riempita di aria o gas prodotto dalla decomposizione di vegetali e conseguentemente le onde sismiche si propagano con velocità decisamente inferiori a quelle del terreno sottostante.

Con il metodo di energizzazione utilizzato vengono generate essenzialmente onde elastiche di taglio polarizzate orizzontalmente (onde di Rayleigh), con uniformità sia nella direzione di propagazione che nella polarizzazione e con una generazione di onde P trascurabile.

La ricezione del segnale è costituita da un sistema di 24 geofoni a frequenza naturale di 4,5 Hz, collegati, tramite un cavo multipolare, al sismografo.

La principale e fondamentale operazione da eseguire, quando si tratta di interpretare una campagna di dati in forma di spettro Fk, è il riconoscimento (picking) della curva di dispersione rappresentante i tempi di arrivo degli impulsi registrati in fase di acquisizione.

Attraverso un processo di inversione della curva sperimentale si ottiene il profilo con l'andamento Vs/profondità e quindi una nuova curva di dispersione teorica.

Il modello teorico ricavabile non è univoco e sarebbe dunque necessario tararlo sulla base di conoscenze geologiche dirette ottenute da sondaggi geognostici, stratigrafie di pozzi (in questo caso non sono disponibili dati di indagini dirette).

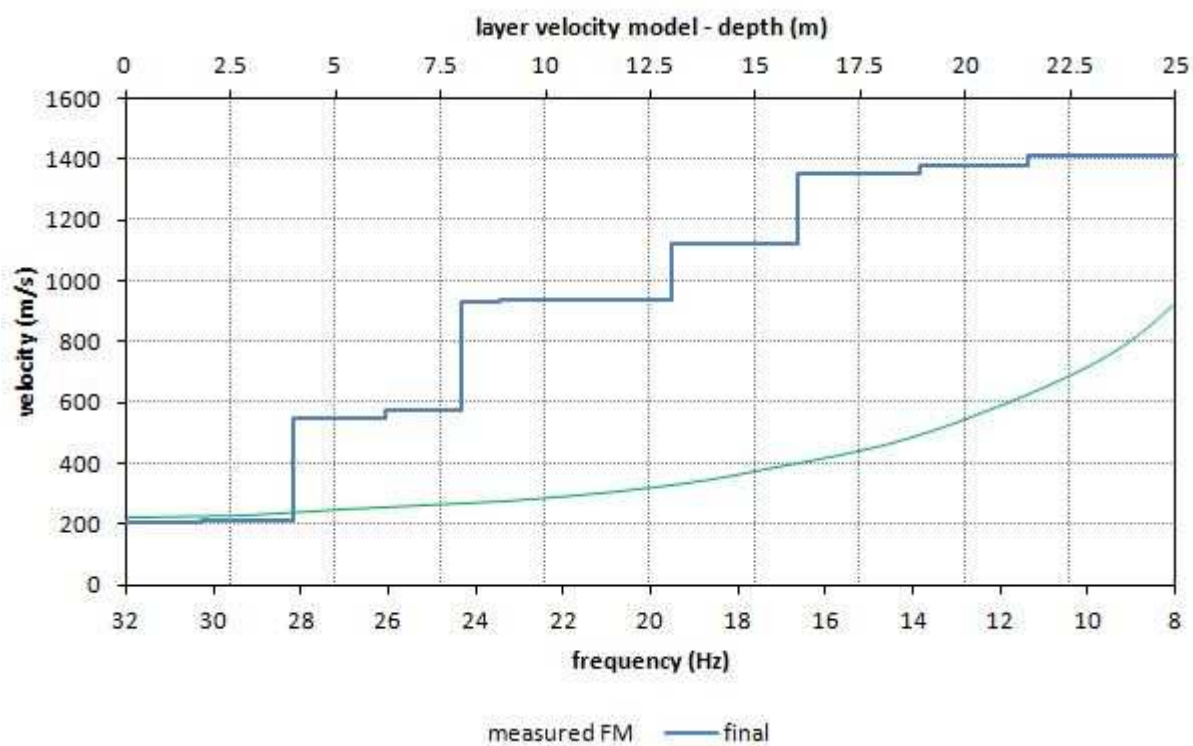
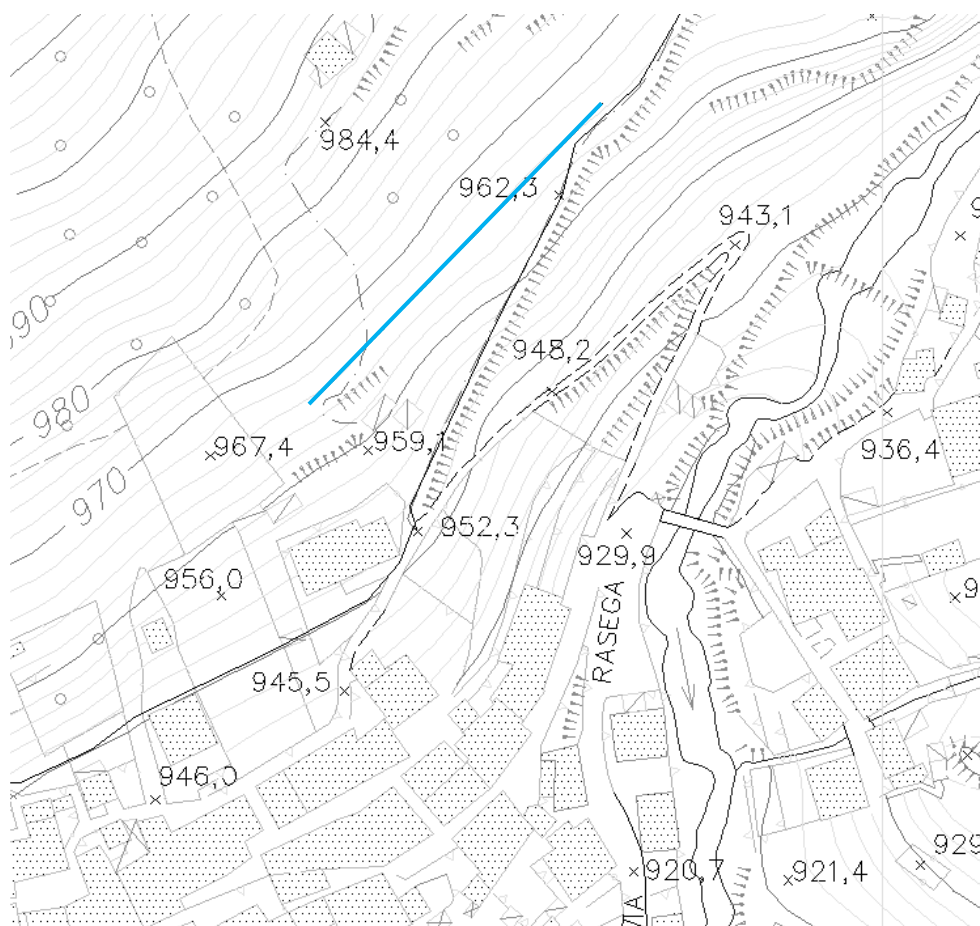


Figura 1: Ubicazione linea di stendimento e andamento Vs/profondità

La tipologia di suolo individuata per l'analisi è quella di tipo B, caratterizzata dal seguente schema stratigrafico:

- 0,00 - 4,00 m p.c. terreni di riporto e terreni di origine colluvio glaciale  $V_{s30} = 210,5$  m/s
- 4,00 - 8,00 m p.c. terreni glaciali anche frammisti a detrito di versante stato di addensamento discreto con  $V_{s30} = 562$  m/s
- 8,00 - 13,00 m p.c. terreni glaciali addensati con  $V_{s30} = 937$  m/s
- 13,00 - 16,00 m p.c. substrato roccioso fratturato con  $V_{s30} = 1125$  m/s
- 16,00 - 25,00 m p.c. substrato roccioso integro con  $V_{s30} = 1375$  m/s

Il livello di attendibilità della verifica eseguita puo' essere desunto dalla tabella seguente:

<i>Dati</i>	<i>Attendibilità</i>	<i>Tipologia</i>
Litologici	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Alta	Da prove di laboratorio su campioni e da prove in sito
Stratigrafici (spessori)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette (penetrometriche e/o geofisiche)
	Alta	Da indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo)
Geofisici ( $V_s$ )	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette e relazioni empiriche
	Alta	Da prove dirette (sismica in foro o sismica superficiale)

Tabella 4c: livelli di attendibilità da assegnare ai risultati dell'analisi

Mediante queste informazioni e l'utilizzo delle schede litologiche preparate dalla Regione Lombardia (contenute nell'allegato 3 della tavola B) è possibile la stima del  $F_a$ .

Per l'ambito in esame è stata utilizzata, per la stima del valore di  $F_a$  negli intervalli 0,1 – 0,5 s e 0,5 – 1,5 s, la scheda corrispondente alla litologia ghiaiosa di cui alla scheda 1 contenuta nell'allegato 3 della tavola B.

Gli intervalli di periodo 0,1 – 0,5 s e 0,5-1,5 s sono stati scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie più frequenti sul territorio regionale (il primo si riferisce a strutture basse, regolari e relativamente rigide, mentre il secondo è proprio di strutture alte e flessibili).

EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA GHIAIOSA

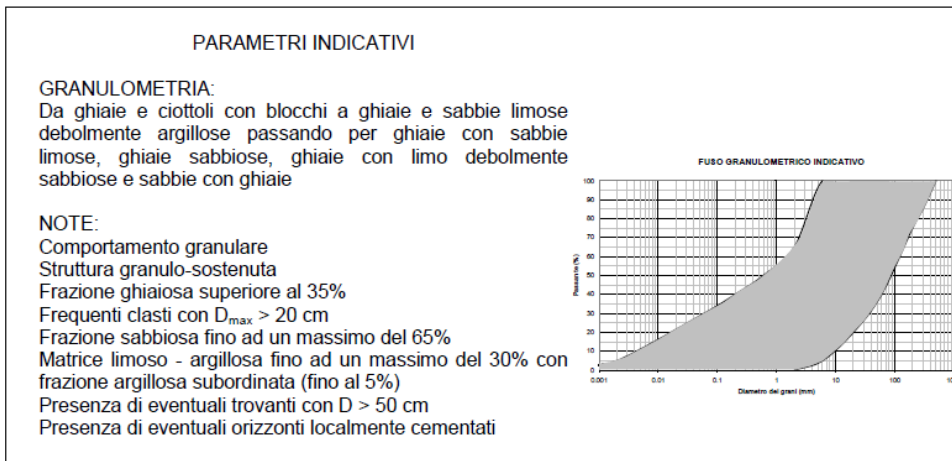


Figura 2: descrizione scheda litologia ghiaiosa

I risultati dell'indagine e il profilo ricostruito entrano nel campo di validità della scheda come da figura seguente.

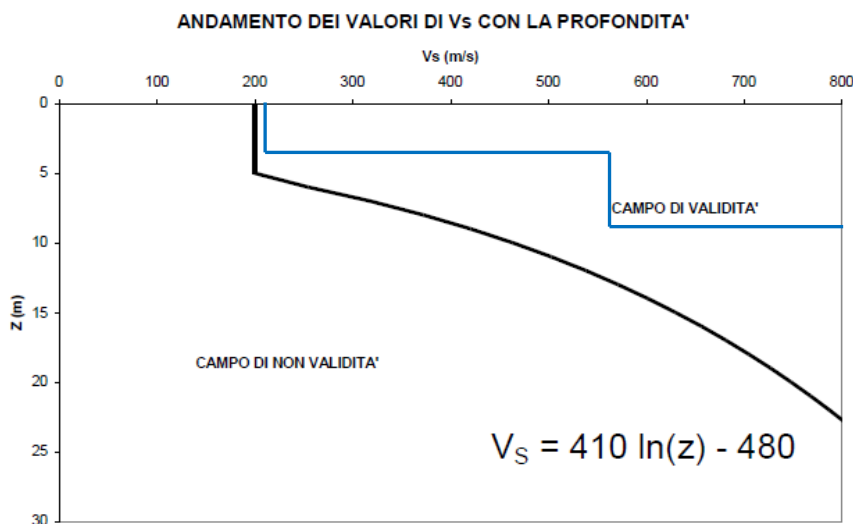


Figura 3: campo di validità della scheda a litologia ghiaiosa (il risultato è indicato dalla linea azzurra)

Il periodo proprio del sito ( $T$ ) è stato calcolato considerando la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità  $V_s$  è uguale o maggiore a 800 m/s, mediante la seguente equazione:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left( \frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

dove  $h_i$  e  $V_s$  sono lo spessore e la velocità dello strato  $i$ -esimo.

Il periodo proprio del sito risulta pari a 0,09

In base alla profondità del primo strato e della corrispondente velocità viene scelto il tipo di curva da utilizzare per il calcolo di Fa (nel caso in esame la curva blu).

		Profondità primo strato (m)																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18				
Velocità primo strato (m/s)	200				1	1													
	250				2	2	2												
	300				3	3	3	3											
	350				3	3	3	3	3										
	400				3	3	3	3	3	3									
	450				3	3	3	3	3	3	3								
	500				3	3	3	3	3	3	3	3							
	600				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3					
	700				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			

Figura 4: scelta della curva

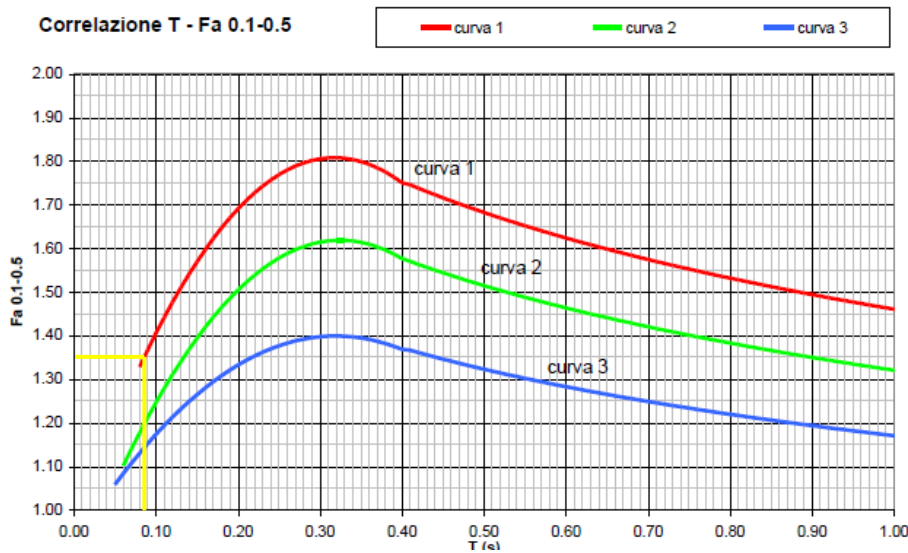


Figura 5: calcolo dei valori di soglia per Fa 0,1 - 0,5

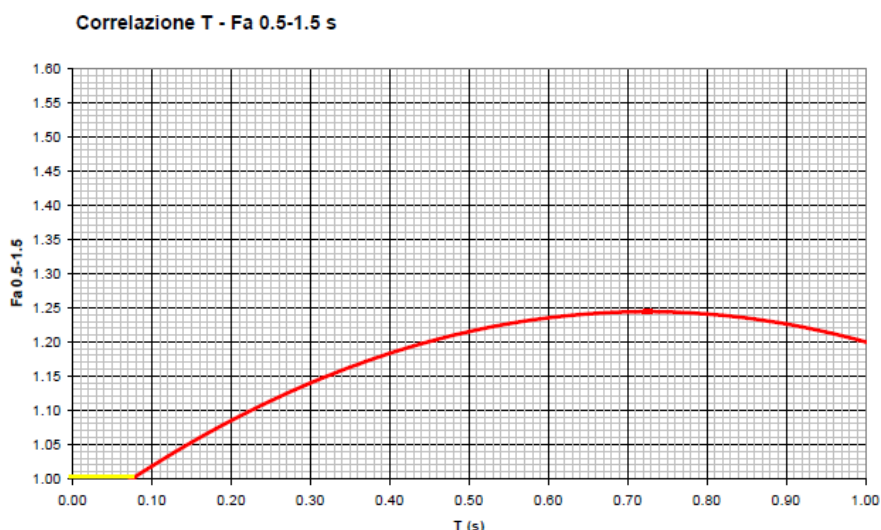


Figura 6: calcolo dei valori di soglia per Fa 0,5 - 1,5

I fattori di amplificazione ottenuti, con un'approssimazione di +0,1 , sono stati confrontati con i valori soglia stabiliti dalla Regione Lombardia per il territorio di Ornica e, stando all'approssimazione cautelativamente introdotta, non risultano verificati in relazione al periodo compreso tra 0.1 e 0.5 come da tabella seguente:

		<u>Suolo tipo B</u>	<u>Suolo tipo C</u>	<u>Suolo tipo D</u>	<u>Suolo tipo E</u>
<b>Valori di confronto</b>	Periodo compreso tra 0.1-0.5 s	<b>1.4</b>	1.9	2.2	2.0
	Periodo compreso tra 0.5-1.5 s	<b>1.7</b>	2.4	4.2	3.1
<b>Valori calcolati</b>	Periodo compreso tra 0.1-0.5 s	<b>1,46</b>			
	Periodo compreso tra 0.5-1.5 s	<b>1,10</b>			

Tabella 5: valori di soglia per il Comune di Ornica e confronto con i valori calcolati

Poiché il valore di Fa per il periodo compreso tra 0,1 e 0,5 è superiore al valore di soglia corrispondente si desume che la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica e quindi è necessario, in fase di progettazione edilizia, o effettuare analisi più approfondite (3° livello) o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, che per il caso in esame prevede di utilizzare anziché lo spettro della categoria di suolo B quello della categoria di suolo C e nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D.

Data la mancanza di ulteriori dati relativi ad indagini geofisiche e/o geognostiche e alla variabilità sia compositiva che di spessore dei depositi che caratterizzano gli ambiti in esame, in fase progettuale dovrà comunque essere sempre verificata la classe di appartenenza del sottosuolo e si dovrà determinare il Fattore di amplificazione tipico dell'area in esame per confrontarlo con valori limite sopra riportati.

Quanto alla verifica in relazione all'ambito dell'edificato **ricadente nello scenario Z3A** si è determinata la tipologia di scarpata e l'inclinazione a della stessa nello scenario più sfavorevole.

La procedura consente la stima del fattore di amplificazione negli scenari di scarpata, caratterizzati da pendii con inclinazione di almeno 10° e i cui rilievi sono costituiti da materiale con Vs 800 m/s (condizione che può essere ritenuta valida per il settore ovest dell'abitato dove le unità superficiali si riducono e il substrato roccioso affiora alla base dell'abitato).

La procedura di secondo livello per gli effetti morfologici fornisce valori del Fa solo per l'intervallo 0,1 – 0,5 a causa di alcune limitazioni del metodo di calcolo utilizzato per la preparazione delle schede di valutazione.

Il valore di Fa è da assegnare utilizzando lo schema contenuto nella tabella 12, i cui dati di ingresso descrivono la geometria della scarpata.

EFFETTI MORFOLOGICI – SCARPATA - SCENARIO Z3a

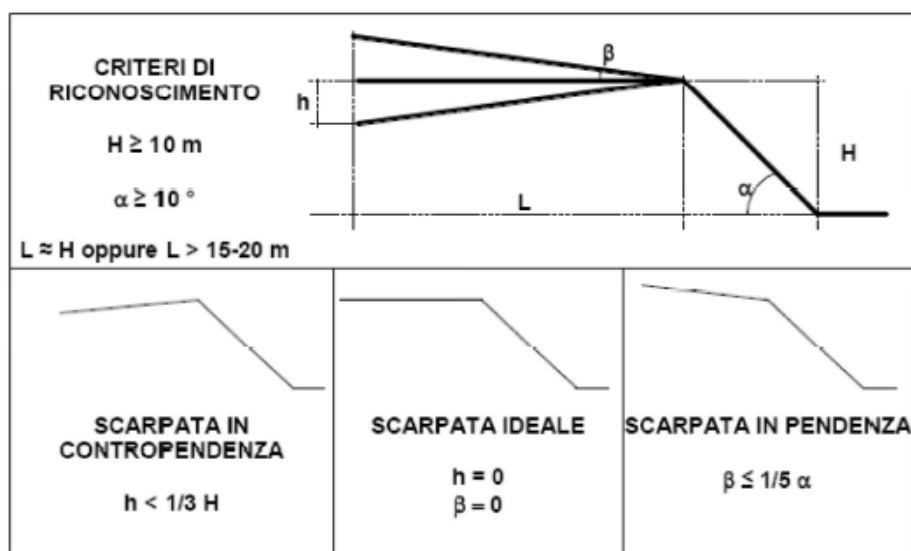


Figura 7: individuazione tipologia di scarpata

Sezione tipo scenario Z3A

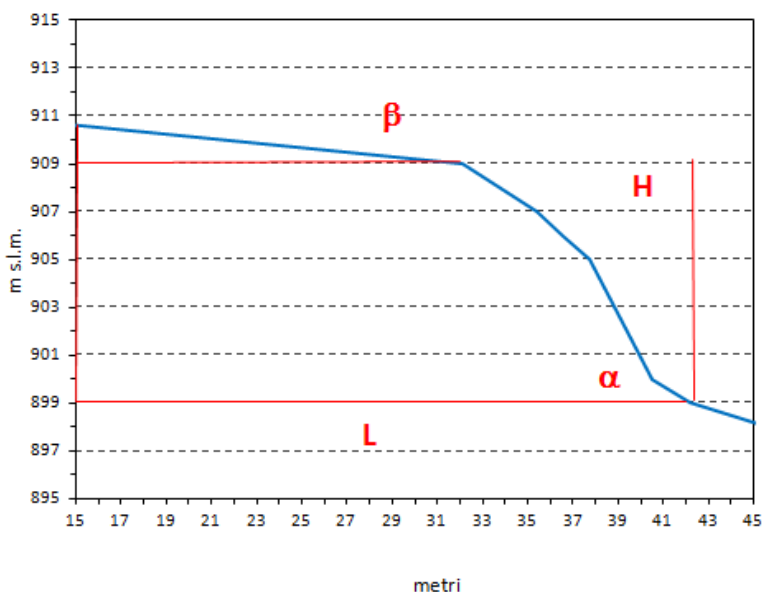


Figura 8: sezione tipo per scenario Z3A in Ornica

Essendo costituite da materiali lapidei e depositi molto addensati, le scarpate individuate in ambito comunale presentano una acclività ( $\alpha$ ) superiore a  $65^\circ$  ed una acclività del ripiano superiore ( $\beta$ ) intorno ai  $10^\circ - 15^\circ$ . Questa morfologia media è classificata come “scarpata in pendenza” e, con riferimento al parametro ST della tabella 13, si è in presenza di un assetto topografico T2 a cui corrisponde un valore di ST pari a 1,2 (equivalente al valore soglia comunale).

L'altezza delle scarpate è generalmente compresa tra 10 e 15 metri (poste su substrato lapideo nel settore ovest dell'edificato).

Considerando la condizione più cautelativa il valore di  $F_a$  0,1 – 0,5 vale 1,1 cui bisogna sommare + 0,1 per tener conto della variabilità del valore di  $F_a$  ottenuto dalla procedura semplificata; conseguentemente il valore finale di  $F_a$  caratteristico per tali scarpate vale 1,2, pari al valore soglia comunale pari a 1,2.

Il valore di  $F_a$  assegnato al ciglio superiore della scarpata principale va scalato linearmente fino ad assumere valore pari all'unità all'interno della relativa area di influenza.

Classe altimetrica	Classe di inclinazione	Valore di $F_{a,0.1+0.5}$	Area di influenza
$10\text{ m} \leq H \leq 20\text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.1	$A_i = H$
$20\text{ m} < H \leq 40\text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.2	$A_i = \frac{3}{4}H$
$H > 40\text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$	1.1	$A_i = \frac{2}{3}H$
	$20^\circ < \alpha \leq 40^\circ$	1.2	
	$40^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	1.3	
	$60^\circ < \alpha \leq 70^\circ$	1.2	
	$\alpha > 70^\circ$	1.1	

Tabella 6: valori di  $F_a$  per lo scenario Z3A



Categoria	Caratteristiche della superficie topografica		St
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $1 \leq 15^\circ$	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Tabella 7: valori di soglia St (Norme Tecniche per le Costruzioni 2008)

In fase progettuale dovrà essere considerata dal tecnico incaricato la presenza di scenari di Pericolosità Sismica Locale che rientrino nella casistica della classe Z3 e valutato il relativo fattore di amplificazione.

Sulla base degli aggiornamenti alle direttive tecniche, tale approfondimento dovrà essere preceduto dall'analisi della classe sismica di appartenenza del suolo.

Nel caso di costruzioni con strutture flessibili e sviluppo verticale indicativamente compreso tra i 5 e i 15 piani è necessario applicare sempre il terzo livello di approfondimento sismico.

### 7.3 TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Il terzo livello prevede la definizione degli effetti di amplificazione tramite indagini e analisi più approfondite (definite nell'allegato 3 della tavola B).

Al fine di poter effettuare le analisi di 3° livello la Regione Lombardia ha predisposto due banche dati, rese disponibili sul Geoportale della Regione Lombardia, il cui utilizzo è dettagliato nell'allegato 5 della d.g.r. n. IX/2616 del 30 novembre 2011 (cfr. allegato 3 della tavola B).

Tale livello si applica in fase progettuale nei seguenti casi:

- quando, a seguito dell'applicazione del 2° livello, si dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale all'interno degli scenari PSL caratterizzati da effetti di amplificazioni morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4 della Tabella 8) come nel caso specifico delle analisi eseguite per l'ambito indagato in relazione ai valori di riferimento per il periodo 0,1-0,5;
- in presenza di aree caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione (zone Z1e Z2), nelle zone sismiche 2 e 3 per tutte le tipologie di edifici.

Nel caso di sovrapposizione di più scenari sul medesimo ambito territoriale si dovrà procedere con il grado di approfondimento più cautelativo.

Gli approfondimenti di secondo e di terzo livello non devono essere eseguiti in quelle aree che, per situazioni geologiche, geomorfologiche e ambientali o perché sottoposte a vincolo da particolari normative, siano considerate inedificabili, fermo restando tutti gli obblighi derivanti dall'applicazione di altra normativa specifica.

lì, ottobre 2015

Dott. Geol. Stefania Cabassi  
n° 1123 OGL



COMUNE DI ORNICA (BG)