

COMUNE DI VILLA DI SERIO
(Provincia di Bergamo)



PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

Redatto secondo i criteri attuativi della L.R. 12/05 “Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione all’art. 57 della L.R. 11/03/2005 n° 12” e successive modifiche ed integrazioni

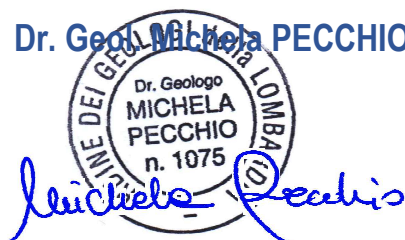
**COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICO E
SISMICA DEL PGT COMUNALE**

in attuazione del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)
(ai sensi DGR X/6738/2017 e DGR IX/2616/2011)

RELAZIONE TECNICA

Bergamo, gennaio 2025

Dr. Geol. ~~Michela~~ **PECCHIO**



Dr. Geol. Michela PECCHIO

Via Crocefisso, 37F – 24123 Bergamo (BG) tel. 338/4196573 – email: michela.pecchio@terraqua.it

INDICE

1. PREMESSA	4
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO-TERRITORIALE.....	5
3. FASE DI ANALISI: DESCRIZIONE DELLE CARTE TEMATICHE DI BASE	7
3.1 Carta geologica	7
3.1.1 <i>Substrato roccioso</i>	7
3.1.2 <i>Depositi superficiali</i>	8
3.2 Carta geomorfologica	9
3.3 Carta degli elementi idrografici e idrogeologici.....	13
3.2.1 <i>Acque superficiali</i>	13
3.2.2 <i>Elementi idrogeologici</i>	16
3.2.3 <i>Stima della permeabilità superficiale di rocce e terreni</i>	16
3.2.4 <i>Elementi idrogeologici derivanti dal PTUA 2016</i>	17
3.4 Quadro del dissesto con legenda uniformata PAI: proposta di aggiornamento relativa ad esondazioni e dissesti a carattere torrentizio del T. Gavarnia	18
3.4.1 <i>Analisi storica degli eventi significativi del T. Gavarnia: quadro informazioni desumibili dai documenti di pianificazione comunale e dalle testimonianze raccolte</i>	20
3.4.2 <i>Sezioni idrologiche di interesse e caratterizzazione pluviografica dei corrispondenti bacini</i>	26
3.4.3 <i>Definizione dei principali parametri morfometrici dei sottobacini e caratterizzazione dei rispettivi coefficienti di deflusso</i>	28
3.4.4 <i>Stima delle portate di progetto</i>	29
3.4.5 <i>Analisi idraulica</i>	29
3.4.5 <i>Tracciamento delle aree allagabili, definizione della pericolosità idraulica</i>	31
3.5 Quadro del dissesto con legenda uniformata PAI: proposta di aggiornamento relativa alle aree in dissesto per fenomeni franosi	35
4. FASE DI SINTESI/VALUTAZIONE	36
4.1 Carta dei VINCOLI	36
4.1.1 <i>Vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino ai sensi della L. 183/89</i>	36
4.1.2 <i>Vincoli di Polizia idraulica</i>	37
4.1.3 <i>Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile</i>	37
4.1.4 <i>Vincoli di protezione delle aree di ricarica delle idrostrutture intermedie e profonde</i>	37
4.2 Carta di sintesi	38
5. FASE DI PROPOSTA	41
5.1 Fattibilità geologica e delle azioni di Piano.....	41
5.1.1 <i>Aspetti metodologici per la definizione della Fattibilità geologica</i>	41
5.1.2 <i>Classi di Fattibilità geologica adottate per il territorio di Villa di Serio</i>	43
5.2 Carta PAI-PGRA	46

ELENCO TAVOLE

- Tav. 1: Carta geologica (scala 1:5.000)
- Tav. 2: Carta geomorfologica (scala 1:5.000)
- Tav. 3: Carta idrografica e idrogeologica (scala 1:5.000)
- Tav. 4: Carta dei vincoli (scala 1:5000)
- Tav. 5: Carta di sintesi (scala 1:5000)
- Tav. 6: Carta di Fattibilità e delle azioni di Piano (1:5.000)
- Tav. 7a/b: Carta di Fattibilità e delle azioni di Piano (1:2.500)
- Tav. 8: Carta di Fattibilità e delle azioni di Piano su CTR (1:5.000)
- Tav. 9: Carta dei dissesti con legenda uniformata PAI-PGRA (scala 1:5000)

1. PREMESSA

Nel presente documento, parte integrante del PGT di Villa di Serio, vengono descritte le attività effettuate nell'ambito dell'aggiornamento dello studio geologico e sismico rispetto ai criteri stabiliti dall'art. 57 della LR 12/2005 (DGR IX/2616/2011) ed alle recenti disposizioni di legge contenute nella D.G.R. n. X/6738/2017 e s.m.i..

In particolare, lo studio è stato sviluppato secondo lo schema metodologico stabilito dalla normativa, suddividendo le attività nelle seguenti fasi: fase di analisi (escluso il rischio sismico), fase di sintesi/valutazione e fase di proposta.

La fase di analisi (Cap. 3), ritenuta importante per aggiornare la cartografia geologica di base attraverso, sia il confronto con la cartografia regionale (CARG), sia specifici rilevamenti di sito. Gli esiti del rilevamento, condotti sull'intero territorio, hanno reso opportuno anche l'aggiornamento della carta geomorfologica e di quella idrogeologica.

Si evidenzia infine che particolari approfondimenti sono stati dedicati alla proposta di aggiornamento del “Quadro dei dissesti PAI” relativamente alle problematiche di carattere idraulico riconosciute sul torrente Gavarnia (§ 3.4) e alle aree in dissesto per fenomeni franosi (§ 3.5).

Per quanto riguarda invece la fase di sintesi/valutazione (Cap. 4), si è proceduto all'effettuazione di una sintesi degli elementi tecnici ritenuti vincolanti per l'uso o per la trasformazione d'uso del territorio, a partire dalle indicazioni contenute nella DGR 2616/2011. In particolare, attraverso un'analisi incrociata dei fattori di rischio riconosciuti nella fase precedente, del loro possibile impatto rispetto al territorio comunale e delle conseguenti limitazioni per lo sviluppo antropico, si sono individuate le situazioni in cui l'equilibrio naturale può comprometersi facilmente, specie se gli interventi non tengono conto dello stato dei luoghi (geologico, geomorfologico, idrogeologico ed idraulico).

Infine, nella fase di proposta (Cap. 5), l'analisi effettuata ha consentito una zonazione del territorio secondo le “Classi di Fattibilità Geologica delle Azioni di Piano” individuate dalla normativa.

La fase di proposta è accompagnata anche dalla redazione di specifiche Norme Geologiche di Piano dove, oltre alla normativa d'uso associata alla carta di fattibilità, vengono fornite anche le indicazioni di carattere sismico e quelle derivanti dalla normativa relativa alla carta dei vincoli.

Non si è invece ritenuta necessaria la revisione degli aspetti sismici di sito, che quindi rimangono invariati rispetto allo studio redatto dai Geol. Pecchio-Nozza nel marzo 2011 e di seguito indicato come “*Studio sismico 2011*”.

Si evidenzia infine che i contenuti del presente studio:

- sono già stati recepiti nel Documento Semplificato del Rischio Idraulico (DSRI) a firma geol. M. Pecchio-ing. P.G. Fenaroli, aprile 2024;
- dovranno essere utilizzati per l'aggiornamento dello strumento di protezione civile comunale.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO-TERRITORIALE

Il territorio comunale di Villa di Serio che si estende per una superficie di circa 4,70 km², è interamente situato sulla sponda orografica sinistra del fiume Serio, allo sbocco della Valle Seriana verso la pianura (Fig. 1).

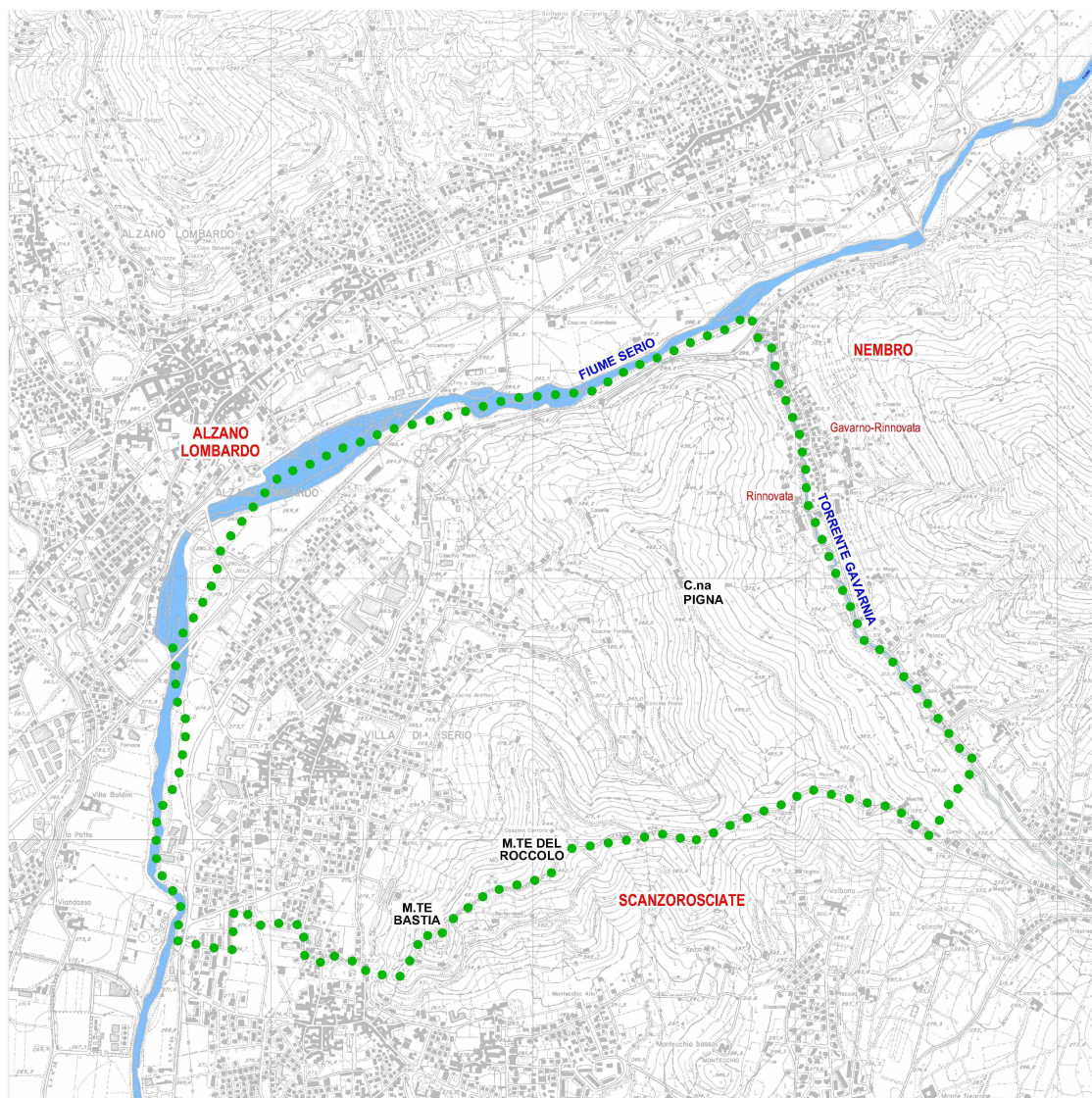


Figura 1: Inquadramento geografico del territorio comunale

Territorialmente è delimitato dal corso del fiume Serio, che lo suddivide a Nord dai comuni di Nembro ed Alzano L.do, mentre a Nord-Ovest è sempre il fiume a fare da confine con Ranica. A Sud è invece demarcato dal crinale dei monti Bastia (423.7 m s.l.m.) e Rocco (461.4 m s.l.m.) che sovrastano l'abitato e lo separano da Scanzorosciate. Infine, verso est, è il corso del torrente Gavarnia a fungere da confine con Gavarno, frazione di Nembro.

L'urbanizzato si colloca soprattutto in corrispondenza della piana alluvionale del fiume Serio e, per una porzione limitata, anche in corrispondenza dello stretto fondovalle del Torrente Gavarnia, (località Gavarno-Rinnovata).

Le due principali aree urbanizzate sono separate da una dorsale collinare che si eleva fino a circa 500 metri di quota.

La situazione del paese di Villa di Serio, dal punto di vista dell'esposizione, è decisamente favorevole, essendo disposto in piano e rivolto a meridione e ad occidente, con la protezione, alle spalle, dei versanti collinari del Monte del Roccolo; più sfavorevole invece, almeno relativamente all'esposizione, la posizione della frazione Rinnovata, posta in un fondovalle stretto e alla base di versanti esposti complessivamente a nord-est.

3. FASE DI ANALISI: DESCRIZIONE DELLE CARTE TEMATICHE DI BASE

3.1 Carta geologica

La carta geologica di Tav.1, illustra la distribuzione in superficie delle diverse formazioni rocciose e dei terreni di copertura presenti sul territorio comunale. Gli affioramenti rocciosi sono stati distinti e cartografati in base a criteri litostratigrafici scientifici correnti e confrontati alla cartografia predisposta da Regione Lombardia nell'ambito del Progetto "CARG"; per i terreni di copertura, invece, si è fatto riferimento ai processi che li hanno formati, senza utilizzare quindi la classificazione allostratigrafica delle carte regionali, perché considerata troppo complessa per lo scopo del presente studio.

Di seguito vengono descritte le caratteristiche delle unità del substrato roccioso, a partire dalla più antica fino alla più recente e, successivamente, quelle dei depositi della copertura neogenico – quaternaria.

3.1.1 Substrato roccioso

I litotipi del substrato roccioso appartengono a formazioni sedimentarie di natura carbonatica e terrigene di età Cretacica e costituiscono la cosiddetta "copertura mesozoica delle Alpi Meridionali". Nel seguito vengono sinteticamente descritte le caratteristiche principali dei litotipi presenti specificando, per ognuno di essi, le caratteristiche litologiche, gli spessori e l'area di affioramento.

Sass de la Luna (albiano sup.):

La formazione occupa gran parte del l'area collinare di Villa di Serio e presenta spessori che possono raggiungere anche dei 200 m. L'area di affioramento interessa buona parte del settore collinare (dal versante settentrionale del Monte Bastia-Monte del Roccolo in direzione della cascina Pigna).

Per quanto riguarda le caratteristiche litologiche la formazione è costituita da alternanze di calcari e calcari marnosi bluastri o grigio-azzurri, localmente selciferi, a stratificazione da sottile a media.

Il forte contenuto di marna, facilmente alterabile, favorisce la formazione di terreno eluvio-colluviale, che può raggiungere localmente, anche il metro di spessore.

Verso l'alto questa unità passa, con contatto stratigrafico e tettonico, alla formazione di Sorisole rappresentata, nell'area di indagine, dall'unità delle Marne Rosse, "Banchi Caotici" e Torbiditi sottili.

Formazione di Sorisole

Con questa denominazione si indica un intervallo stratigrafico molto complesso e articolato che nell'area bergamasca si sviluppa alla sommità del Sass de la Luna.

Procedendo dal basso verso l'alto nel territorio comunale di Villa di Serio sono state riconosciute le seguenti litozone:

- **Marne Rosse** (Cenomaniano inf.-medio): comprende marne e calcilutiti rosse e grigie, con stratificazione media o sottile. Affiora in modo continuo alla sommità della dorsale che dalla loc.

Cascina Nuova (in prossimità del confine con Scanzorosciate), si dirige con direzione NNE-SSW verso la Cascina Pigna. In questo settore gli affioramenti risultano più frammentari anche per la presenza di contatti tettonici sia con l'unità più antica del Sass de la Luna che con quella del "Banco Caotico" (più giovane), che ne modificano l'assetto originario.

Il terreno eluviale sviluppatosi su queste rocce può avere alcuni decimetri di spessore.

- **Banco caotico** (Cenomaniano medio-sup): è costituito da banchi calcarei grigio-biancastri, ciascuno potente qualche metro, caotici e con rari noduli di selce scura. In genere si contano fino a tre banchi intercalati nella successione stratigrafica cenomaniana, ma nel territorio studiato si trova solamente il banco inferiore, direttamente sovrastante le Marne Rosse. Il "Banco Caotico" affiora in corrispondenza del crinale tra la loc. Cascina Nuova e la Cascina Pigna.
- **Torbiditi sottili** (Cenomaniano medio-sup): sono costituite da fitte alternanze di arenarie e di marne sottilmente stratificate, con intercalazioni di calcari marnosi torbiditici. Esse affiorano solamente in corrispondenza della porzione sommitale del versante, a nord della località Cascina Pigna. In questo settore, la presenza di contatto tettonico, produce una ripetizione della successione stratigrafica.

3.1.2 Depositi superficiali

Depositi eluviali

Tali depositi derivano dall'alterazione fisico-chimica in posto del substrato roccioso e sono costituiti da frammenti lapidei di dimensione variabile dalla ghiaia ai blocchi, immersi in abbondante matrice fine.

Si tratta di materiale che ha subito un trasporto limitato o nullo, diffuso lungo buona parte dei versanti, con spessori variabili. La granulometria della matrice è in funzione delle caratteristiche del substrato roccioso da cui ha origine, e varia dal limo fino all'argilla.

Depositi eluvio-colluviali

In corrispondenza del versante settentrionale della valle Gavarnia, il substrato roccioso è ricoperto da depositi eluvio-colluviali, risultato del duplice effetto derivante dall'alterazione chimico-fisica del substrato e dall'azione del trasporto e di deposito dei materiali più fini (limi ed argille) presi in carico dallo scorrimento delle acque superficiali e depositati al piede del versante.

Depositi alluvionali attuali

Sono classificati come alluvioni attuali quelle depositate negli alvei o nelle piane di esondazione ordinaria. Si tratta di materiale granulometricamente eterogeneo costituito da ghiaie, ciottoli, e blocchi prevalentemente arrotondati in matrice sabbiosa. I depositi, che vengono mobilizzati ad opera dell'azione della corrente, occupano l'alveo del fiume Serio, del torrente Gavarnia e dei corsi d'acqua secondari.

Depositi alluvionali recenti

Si tratta depositi di origine alluvionale legata quindi all'azione del trasporto da parte dei corsi d'acqua. Tali depositi, che nel caso di Villa di Serio sono riferibili esclusivamente al fiume Serio, formano superfici terrazzate rilevate rispetto all'alveo attuale di circa 1 metro e sono costituiti da ghiaie, ciottoli e blocchi, localmente cementati, in matrice prevalentemente sabbiosa o limoso-sabbiosa, anche se non si esclude la presenza di livelli di materiale fine. Nel caso di Villa di Serio tali depositi non affiorano in modo continuo lungo la sponda fluviale ma in più tratti risultano ricoperti da accumuli di materiali di riporto che hanno modificato la morfologia originaria dei luoghi, alzando anche di alcuni metri le quote della piana alluvionale.

Depositi alluvionali antichi

Si tratta di litotipi alluvionali, deposti durante le fasi glaciali e post-glaciali, incisi dai corsi d'acqua attuali. I resti di tali depositi, oggi sopraelevati di qualche decina di metri rispetto al fiume, hanno il tipico andamento orizzontale dei "terrazzi".

Sono per la maggior parte morfologie formate da ghiaie, sabbie, ciottoli e blocchi, la cui porzione superficiale contiene ciottoli molto alterati, di cui risulta quasi impossibile stabilire la litologia. All'interno dei corpi di spessore maggiore possono essere intercalati orizzonti e lenti di limi argillosi ed argille limose.

La parte più antica di tali depositi, affiorante alla base della porzione collinare del territorio comunale, si caratterizza per la presenza di ghiaie in corpi stratoidi fortemente pedogenizzate e presenza di patine di alterazione Fe-Mn

Depositi alluvionali di conoide

Sono costituiti da materiale la cui origine è legata all'azione delle acque incanalate, deposti allo sbocco delle valli laterali a seguito della riduzione della corrente legata alla diminuzione della pendenza dell'alveo. Dal punto di vista granulometrico sono costituiti in genere da ghiaie fini derivante dalla disgregazione del substrato roccioso di natura calcareo-marnosa, in matrice limoso-argillosa. In considerazione della tipologia dei processi che hanno portato alla loro formazione, non si escludono significative disomogeneità tessiturali verticali e laterali. Nell'area di studio sono presenti allo sbocco delle valli Scapla e Cedrina.

In. Tav. 1 sono stati riportati anche i principali riporti/depositi di origine antropica. Con questa dicitura sono stati cartografati i terrapieni di maggiori dimensioni formati depositi di materiali inerti a granulometria prevalentemente grossolana e grado di arrotondamento da basso a nullo, connessi all'attività antropica. Nell'area di studio questo tipo di depositi è frequente lungo le sponde del F. Serio e spesso ricopre e oblitera le morfologie naturali delle piane e dei terrazzi alluvionali.

3.2 Carta geomorfologica

L'attuale configurazione morfologica del territorio in esame è il risultato della combinazione di fattori strutturali, dell'azione modellatrice di diversi agenti morfogenetici e delle condizioni climatiche.

Nella carta geomorfologica di tavola 2, con opportune simbologie, sono stati rappresentati i principali processi morfo-dinamici riconosciuti nell'ambito del territorio comunale di Villa di Serio. Si tratta essenzialmente di processi legati all'azione delle acque correnti, alla gravità e di origine antropica.

Fra i processi più significativi sono stati rappresentati:

- *Orli di scarpata di erosione fluviale e torrentizia.* Orli di erosione fluviale attiva sono presenti lungo la sponda del fiume Serio, sia nel tratto a monte dello svincolo della S.P. Bergamo-Clusone, sia nel tratto più a valle dello svincolo stesso, fino al confine con Scanzorosciate. L'unico orlo terrazzo antico di cui è possibile ancora ricostruire la posizione plano-altimetrica è presente lungo via Locatelli/via Kennedy/via Santuario ad una quota di circa 280 m s.l.m. e che separa il centro abitato antico di Villa di Serio ad est da quello di più recente formazione ad ovest. Elementi morfologici riconducibili sempre alla presenza di depositi terrazzati molto antichi sono presenti, anche se con maggior discontinuità, più ad est rispetto a quello precedentemente descritto, al limite tra l'ambito collinare e quello di fondovalle. Per quanto riguarda invece gli orli di erosione torrentizia, essi si osservano in corrispondenza della valle Scapla, in più tratti lungo il fondovalle del T. Gavarnia e nella parte sommitale di alcune vallette secondarie.
- *Conoide di deiezione.* Sono state cartografate due conoidi: allo sbocco della Valle Scapla (classificata come quiescente) ed allo sbocco di una valletta secondaria in località Cedrina (classificata come inattiva). Entrambe presentano una morfologia appena accennata, leggibile solo attraverso l'esame delle curve di livello in cartografia e l'analisi fotointerpretativa. Nel corso dell'aggiornamento della componente geologica effettuato dalla scrivente nel 2005, nel seguito denominato per comodità "*Studio PGT 2005*", si è proceduto alla zonizzazione della pericolosità nell'area della conoide del T.Scapla, attraverso l'applicazione della "*Procedura per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio da frana in Regione Lombardia*" alla *Direttiva in Attuazione della L.R. 41/97*".
- *Asta torrentizia a fondo a "V".* Scavata da ruscello o da torrente o solco di ruscellamento concentrato. Viene rappresentato qualsiasi alveo di corso d'acqua attualmente in erosione (o approfondimento).
- *Asta torrentizia a fondo arrotondato.* Valli o depressioni a sviluppo longitudinale e con fondo arrotondato. Queste zone non sono interessate dall'azione di un vero e proprio corso d'acqua, perciò l'erosione su di esse è limitata. Sono tuttavia sede preferenziale di ruscellamento diffuso in caso di forti precipitazioni. Si osservano in particolar modo in corrispondenza del versante occidentale del T. Gavarnia.
- *Traccia di paleoalveo.* Si tratta di antichi rami fluviali ormai abbandonati. E' stato individuato un solo ramo di paleoalveo del F. Serio che "taglia" l'ansa principale del fiume in prossimità dello svincolo della Strada Provinciale. Questa depressione naturale è stata poi rimodellata attraverso la realizzazione di argini in terra per essere utilizzata come canale scolmatore che si attiva in concomitanza di eventi alluvionali importanti del Serio.
- *Solco di ruscellamento secondario.* Sono solcature di piccola profondità dovute allo scorrimento disordinato delle acque superficiali. Sono diffuse più o meno in tutti i tipi di terreni, ma si accentuano laddove fenomeni erosivi dovuti soprattutto ad azioni antropiche hanno asportato la copertura vegetale. Queste forme interessano in particolare: la fascia collinare che dal crinale Monte Bastia-Monte del Roccolo-Cascinetto Pigna si collega alla zona di fondovalle. E' da evidenziare che in questi ultimi anni il passaggio, nelle colture a vigneto, ad una sistemazione a "rittocchino" (con filari disposti secondo la linea di massima pendenza) per facilitare le lavorazioni, ha favorito la formazione dei solchi di ruscellamento che, oltre a produrre un

importante effetto erosivo sul terreno, causano in concomitanza di eventi meteorici intensi, anche la presenza di acque lungo le strade comunali.

- *Sorgenti non captate*. Si tratta di piccole emergenze delle acque sotterranee presenti in corrispondenza del versante settentrionale della Valle Scapla.
- *Sovralluvionamento*: si manifesta con accumuli anomali di sedimenti e detriti nel letto di fiumi e torrenti ed è causato da un eccessivo trasporto in massa di materiale detritico e flottante durante gli eventi di piena. Lungo il torrente Gavarnia si sono osservati importanti accumuli detritici depositati a seguito dell'evento alluvionale del maggio 2019, che si sono depositati prevalentemente immediatamente a monte dei tratti tombinati o degli attraversamenti stradali.
- *Zona di ristagno d'acqua*. Si tratta di zone in cui si osservano ristagni d'acqua per effetto di emergenze idriche diffuse e/o per la bassa permeabilità dei terreni stessi. Nel territorio comunale è stata riscontrata la presenza di un'unica zona situata tra le due conoidi del T.Scapla e della valletta in località Cedrina.
- *Doline*. Si tratta di forme di origine carsica a cui il territorio comunale di Villa di Serio è interessato, sia pure in modo limitato. Tali fenomeni sono favoriti dai processi di dissoluzione ad opera delle acque meteoriche dei litotipi calcarei o calcareo marnosi che costituiscono il sistema collinare tra la Valle Seriana e la Valle Gavarnia. Tali fenomeni sono concentrati sul versante settentrionale rivolto verso il Fiume Serio. Sono costituite da depressioni imbutiformi di diversa entità e dimensione, denominate appunto "doline" e che rappresentano le vie preferenziali di penetrazione delle acque superficiali nel sottosuolo. Gli ambiti carsici sono aree di estrema importanza e di grande vulnerabilità per la protezione e per l'alimentazione delle falde idriche sotterranee; su di essi il reticolo idrografico è poco accentuato in quanto si tratta soprattutto di aree "assorbenti".
- *Nicchia di frana stabilizzata*: sono state segnalate due nicchie di frana stabilizzata: la prima in località Moette (si tratta di un fenomeno gravitativo legato alla realizzazione di alcuni interventi lungo il versante che in passato avevano provocato fenomeni di instabilità ma che attualmente, grazie ad interventi di regimazione delle acque, sono stati risolti). La seconda è presente in corrispondenza del versante orientale della valle Scapla tra le Cascine Fontana e Frana.
- *Smottamento*: movimenti di masse di terra con traslazione improvvisa e rapida, nei quali gioca un ruolo fondamentale la presenza di acqua infiltrante e ruscellante. Nel caso di Villa di Serio è stato osservato un unico fenomeno di limitata estensione lungo il T. Gavarnia, in loc. Rinnovata.
- *Distacco di blocchi*: con questo simbolo sono stati indicati punti dove sono possibili distacchi di blocchi isolati da pareti rocciose. Tali fenomeni sono favoriti dalla accentuata fessurazione delle masse rocciose, dall'azione meccanica delle piante, dall'elevata pendenza dei versanti, nonché dall'azione antropica legata ad antiche attività di cava. In Villa di Serio il fenomeno è limitato al versante settentrionale del comune, a monte di via Kennedy ed al tratto di versante ai piedi del M. Bastia, al confine con Scanzorosciate.
- *Soliflusso*. E' un lento movimento gravitativo del terreno di copertura, accentuato in terreni a componente argillosa, in presenza di acque e/o di substrato disposto a franapoggio, su pendii ad elevata inclinazione. In considerazione della natura marnosa del substrato roccioso, questo fenomeno è diffuso in corrispondenza dei settori collinari, con particolare riferimento alla Valle Scapla ed al versante occidentale del torrente Gavarnia.
- *Erosione laminare, ruscellamento diffuso*. L'azione delle acque di scorrimento superficiale può provocare locali rotture ed erosione della coltre terrigena che ricopre il substrato roccioso portando a fenomeni di dissesto di tipo locale.

- *Cava inattiva.* Vengono segnalate alcune piccole cave di materiali lapidei, ormai da tempo abbandonate, concentrate in particolare sul versante settentrionale tra casa Cavlera e la loc. Rinnovata ed alla base del monte Bastia, al confine con Scanzorosciate.
- *Discariche, ed accumuli di origine antropica.* Piccoli accumuli di inerti sono diffusi un pò in tutto il territorio comunale e spesso possono essere considerate "discariche" temporanee. Decisamente più importanti e consistenti sono gli accumuli depositati negli anni lungo le rive del Serio e sul terrazzo alluvionale presente immediatamente a nord dello svincolo SP Bergamo-Clusone e nel tratto compreso tra il centro sportivo ed il confine con Scanzorosciate; tali depositi hanno modificato la morfologia originaria dei luoghi alzando anche di alcuni metri le quote dell'antica piana alluvionale, creando nuove scarpate verso il fiume.
- *Orlo di scarpata artificiale.* Si tratta di scarpate realizzate dall'uomo mediante il riporto di materiale e per buona parte connesse agli accumuli di origine antropica sopra descritti. Sono localizzate principalmente lungo la sponda del fiume Serio e allo sbocco del T. Gavarnia.
- *Canale scolmatore F. Serio.* Realizzato in corrispondenza del paleoalveo del F. Serio che "taglia" l'ansa principale del fiume in prossimità dello svincolo della Strada Provinciale, si attiva in concomitanza di eventi alluvionali importanti del corso d'acqua.
- *Opere di difesa idraulica.* Sono presenti opere di sistemazione degli alvei di tipo longitudinale: scogliere, gabbionate ed argini. Questi ultimi, in particolare, sono stati realizzati lungo il fiume Serio a protezione dello svincolo della S.P. Bergamo-Clusone. Interventi mediante scogliere in massi ciclopici li ritroviamo invece lungo il fiume Serio, in prossimità del confine con il comune di Scanzorosciate. Altri interventi, effettuati sempre utilizzando scogliere in massi ciclopici, si osservano in Valle Gavarnia (si tratta di interventi recenti, finanziati dalla Comunità Montana Valle Seriana) e poco a monte della tombinatura della Valle Scapla. In questo caso si tratta ancora di un intervento avvenuto in seguito ad un evento alluvionale particolarmente intenso avvenuto in 26 giugno 1998 che aveva ostruito il vecchio tombotto allagando gli edifici circostanti.
- *Roggia Borgogna.* Con questo simbolo è rappresentato il percorso della Roggia Borgogna, un canale artificiale gestito dal Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca. All'ingresso dell'area urbanizzata di Villa di Serio la roggia è coperta e ritorna a cielo aperto solo in corrispondenza dell'abitato di Scanzorosciate.
- *Canale di gronda.* Si tratta di un intervento regimazione delle acque di scolo superficiale provenienti dal versante del Monte Roccolo-Monte Bastia, attraverso la realizzazione di un canale di diametro pari a 500 mm destinato al convogliare le acque provenienti dal versante verso il fiume Serio. Il punto di scarico è posto in corrispondenza del settore meridionale del territorio comunale, al confine con Scanzorosciate.
- *Tombinature.* Sono indicati i tracciati dei principali tratti intubati osservati in corrispondenza degli alvei torrentizi. Per quanto riguarda il T. Gavarnia tratti intubati riguardano l'alveo principale e sono localizzati in corrispondenza di siti industriali o nuclei storici (ad es Piazza Rinnovata nella omonima località). I corsi d'acqua secondari che si sviluppano sul versante occidentale del territorio comunale, sono in genere intubati nell'ultimo tratto del loro percorso, allo sbocco nella piana alluvionale. In questo caso le acque del T. Scapla e della valletta in località Cedrina vengono convogliate verso la roggia Borgogna, quelle delle vallette secondarie che scendono dal monte Roccolo-Monte Bastia, invece, vengono recapitate al canale di gronda o direttamente al Serio.
- *Occlusione di alveo con possibile esondazione:* si tratta di zone in cui sono state segnalate, in concomitanza di eventi meteorici significativi, fenomeni di esondazione che hanno comportato il ruscellamento delle acque lungo la sede stradale e che, in alcuni casi, hanno coinvolto anche le

abitazioni. Tali fenomeni si verificano in genere in corrispondenza di restringimenti degli alvei per cause antropiche (tombinature stradali, ponti, ecc.) o allo sbocco dei solchi di ruscellamento presenti alla base del versante collinare tra via Valeria ed il confine con Scanzorosciate. Da segnalare in particolare le seguenti situazioni che hanno causato disagi importanti durante eventi meteorici intensi (in particolare l'evento del maggio 2019):

- esondazione del T. Scapla in corrispondenza di diversi punti critici: il primo, nella parte alta di via Valeria (all'altezza del civico 55), dove le acque sono fuoriuscite a monte del ponticello incanalandosi lungo la sede stradale, andando ad interessare anche alcune abitazioni limitrofe alla strada. Il secondo punto critico è situato all'imbocco del tratto tombinato presente all'incrocio tra via Valeria e via Caselle; in questo caso, l'esondazione ha causato non solo l'allagamento della sede stradale, ma anche di alcuni piani interrati presenti a valle della strada. Un altro punto critico si segnala a monte dell'ultimo tratto tombinato prima dell'immissione nella Roggia Borgogna (che scorre intubata sotto via Kennedy). In questo caso, a causa anche l'andamento plano-altimetrico della zona, le acque fuoriuscite dal tombotto di via Kennedy, si sono dirette verso via degli Alpini, causando notevoli disagi nell'area industriale/residenziale con danni ingenti anche ai piani interrati delle abitazioni.
- criticità idrauliche tra via Ronchi e via Rollo. In concomitanza di eventi meteorici intensi (sulla base delle segnalazioni dei residenti tempo di ritorno stimato di circa 5-10 anni), i tratti tombinati che raccolgono le acque provenienti dalla collina risultano insufficienti, causando la fuoriuscita di acqua e detriti sulla sede stradale di via Ronchi, via delle Volpi e via Rollo. A testimonianza della frequenza con cui questi episodi si verificano, si segnala che lungo via Rollo e fino all'incrocio con via Mons. Crotti, i residenti hanno posizionato delle barriere temporanee (realizzate con assi di legno) a protezione degli edifici.
- *Reti paramassi*: si tratta di interventi di protezione di versante attraverso reti metalliche a maglia esagonale; nel territorio di Villa di Serio sono presenti limitatamente ad un breve tratto di versante lungo la S.P. Bergamo-Clusone, all'altezza della Centrale ITALGEN.
- *Terrazzamenti agricoli*. Presentano andamento lineare e disposizione trasversale o parallela rispetto al pendio e sono in genere ricavati dal rimodellamento del versante. Si tratta di sistemazioni costruite dall'uomo attualmente utilizzate per l'impianto di particolari coltivazioni (es. vite); esse sono presenti principalmente sui versanti occidentali del territorio comunale (Valle Scapla e pendici del Monte del Roccolo e Bastia) mentre, a causa della sfavorevole esposizione del versante, sono decisamente più ridotte in Valle Gavarnia.

3.3 Carta degli elementi idrografici e idrogeologici

In questo elaborato sono riportati gli elementi idrografici ed idrogeologici che caratterizzano il territorio; nella stessa cartografia viene fornita anche una valutazione di massima sulla permeabilità superficiale delle diverse unità geologiche presenti, distinguendo tra substrato roccioso e depositi superficiali.

3.2.1 Acque superficiali

Il principale corso d'acqua che interessa il territorio comunale è il fiume Serio che scorre, nel tratto compreso tra il confine con Nembro e lo svincolo della Strada Provinciale, in direzione NNE-SSW mentre a sud dello svincolo, assume un andamento N-S.

Il Serio, a causa dell'intensa antropizzazione a cui le aree limitrofe al corso d'acqua sono state sottoposte negli ultimi decenni, ha subito modifiche importanti che hanno provocato anche restringimenti della sezione naturale. Tra Alzano L.do e Villa di Serio, infatti, il fiume scorreva

all'interno di un alveo piuttosto ampio, suddividendosi in numerosi rami che racchiudevano tra loro isole e barre fluviali anche di grande estensione, prima di restringersi in un unico canale stretto tra ripide pareti di ceppo, come è ancora visibile all'altezza di Scanzo. Ad oggi è possibile riconoscere solo uno degli antichi rami che taglia l'ansa del fiume Serio in prossimità dello svincolo della Strada provinciale che è stato rimodellato attraverso la realizzazione di argini in terra per essere utilizzato come canale scolmatore che si attiva in concomitanza di eventi di piena importanti.

A tale proposito sono da segnalare gli interventi di riqualificazione e di miglioramento del deflusso delle acque in caso di piena realizzati attraverso riezionatura ed allargamento dell'alveo e rimodellamento morfologico delle scarpate dei seguenti tratti:

- confluenza del T. Gavarnia nel Serio e traversa Borgogna;
- ponte stradale di collegamento tra Alzano L.do e Villa di Serio (attualmente utilizzato come pista ciclabile).

Il secondo in ordine d'importanza, è il torrente Gavarnia, affluente di sinistra idrografica del fiume Serio nel quale confluisce in corrispondenza del settore settentrionale del territorio comunale, al confine con il comune di Nembro.

Il bacino idrografico di estensione pari a circa 5.61 km², nasce presso le Bocche del Gavarno nei pressi del Colle dei Pasta (688.12 m s.l.m.), propaggine del monte Misma in territorio di Scanzorosciate. Il suo corso si sviluppa inizialmente nel territorio di Gavarno Vescovado (frazione di Scanzorosciate), mentre nella porzione mediana e terminale esso segna il confine tra i comuni di Nembro a nord-est e Villa di Serio a sud-ovest.

L'assetto geomorfologico del bacino risulta fortemente influenzato non solo dalle caratteristiche litologiche e tettoniche locali, ma anche dagli interventi antropici che si sono susseguiti nel tempo. Da evidenziare in particolare:

- i tratti di alveo in sovralluvionamento nel settore al confine Scanzorosciate, di cui il più importante interessa un significativo tratto a monte della tombinatura della ditta Coverlac; secondo le testimonianze risulta che il materiale sia stato depositato nel corso dell'ultimo importante evento alluvionale, avvenuto il 24 maggio 2019.
- i fenomeni di sovralluvionamento nel tratto compreso tra il cimitero di Gavarno ed il ponte di via Cattaneo, dove il corso d'acqua fa da confine tra l'abitato di Villa di Serio a sud e quello di Nembro a nord.

A questi fenomeni si aggiungono anche gli elementi antropici che interferiscono con il corso d'acqua. Rimandando per i dettagli al successivo § 3.4 dove si riportano le considerazioni di carattere idrologico-idraulico effettuate nell'ambito dello studio:

“STUDIO DI FATTIBILITÀ FINALIZZATO ALLA VALUTAZIONE TECNICO-ECONOMICA DEGLI INTERVENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DEL TORRENTE GAVARNIA NEI COMUNI DI NEMBRO, SCANZOROSCIATE E VILLA DI SERIO” (ing. Fenaroli- Geol. Pecchio, novembre 2022).

nel seguito si ritiene importante evidenziare le seguenti zone critiche:

- il tratto tombinato in corrispondenza del piazzale della ditta Officine della Gavarnia che risulta sottodimensionato;

- il ponticello situato immediatamente a monte del deposito legname e destinato alla viabilità locale, in condizioni di forte ammaloramento;
- la forte canalizzazione (con sponde verticali rivestite in cls) a cui il torrente è soggetto nel tratto compreso tra l'abitato della frazione Rinnovata ed il fiume Serio.

La rete idrografica relativa ai corsi d'acqua minori, si sviluppa in corrispondenza del settore collinare; in generale si tratta di corsi d'acqua brevi, poco ramificati, con andamento prevalentemente rettilineo. L'unica eccezione è rappresentata dal torrente Scapla la cui valle si insinua profondamente tra la dorsale collinare del Monte del Roccolo ed il crinale di Cascinetto Pigna, spingendo la sua testata a ridosso dello spartiacque con le conche di Rosciate e di Negrone. Allo sbocco in pianura presenta una conoide quiescente di modeste dimensioni e forma simmetrica, il cui apice è situato in corrispondenza dell'imbocco del sentiero che conduce al M.te del Roccolo.

Il ramo principale, la cui sezione si presenta a tratti piuttosto ridotta da muri e da riporti artificiali, scorre, per buona parte a lato della strada che risale la valle assumendo, nel tratto terminale, un andamento E-O. Esso raccoglie le acque dalle pendici collinari attraverso una serie di corsi d'acqua minori e da una fitta rete di canali di scolo di origine antropica o comunque oggetto di sistemazione da parte dell'uomo.

Una volta uscito dall'ambito collinare ad una quota di circa 310 m s.l.m., il torrente Scapla scorre a lato della strada comunale di via Valeria secondo un percorso planimetrico particolarmente tortuoso, caratterizzato anche dalla presenza anche di tratti "in curva". In corrispondenza di via Caselle, dopo aver ricevuto le acque provenienti da uno scaricatore di piena della fognatura comunale, viene intubato per un breve tratto per poi ritornare a cielo aperto fino a via Kennedy, dove viene recapitato nella Roggia Borgogna. Un recente studio commissionato dal Consorzio di Bonifica, ha evidenziato che le criticità idrauliche nel tratto a valle di via Caselle, sono connesse al principalmente al funzionamento non ottimale del sistema di scarico dello Scapla nella roggia Borgogna.

Si evidenzia infine che, in considerazione delle caratteristiche morfologiche e geologiche del settore collinare di Villa di Serio, tutti i corsi d'acqua presenti, pur risultando asciutti per buona parte dell'anno, hanno una risposta pressoché immediata alle precipitazioni piovose intense.

Rispetto agli elementi idrografici di natura antropica, si evidenzia la presenza:

- del *Canale scolmatore F. Serio*. Realizzato in corrispondenza del paleoalveo del F. Serio che "taglia" l'ansa principale del fiume in prossimità dello svincolo della Strada Provinciale, si attiva in concomitanza di eventi alluvionali importanti del corso d'acqua.
- di *opere di difesa idraulica* che caratterizzano non solo la sponda del Serio (in modo quasi continuo), ma anche il torrente Gavarnia e la valle Scapla.
- della *Roggia Borgogna*, canale artificiale gestito dal Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca e nel tratto di attraversamento dell'area urbanizzata di Villa di Serio, risulta coperto.
- del *canale di gronda*, opera per la regimazione delle acque di scolo superficiale provenienti dal versante del Monte Roccolo-Monte Bastia e destinato al convogliare le acque verso il fiume Serio. Il punto di scarico è posto in corrispondenza del settore meridionale del territorio comunale, al confine con Scanzorosciate.

- delle *tombinature* in genere presenti in corrispondenza della piana alluvionale, prima dello sbocco nel Serio. Per quanto riguarda il T. Gavarnia i tratti intubati riguardano l'alveo principale e sono localizzati in corrispondenza di siti industriali o nuclei storici (ad es Piazza Rinnovata nella omonima località)

3.2.2 Elementi idrogeologici

Tra gli elementi idrogeologici si segnala la presenza:

- di *sorgenti non captate* in corrispondenza del versante settentrionale della Valle Scapla. Si tratta di scaturigini di tipo temporaneo che in genere si attivano in concomitanza di eventi meteorici intensi;
- della sola zona di rispetto (definita con criterio geometrico), di un pozzo ad uso idropotabile presente sul territorio comunale di Scanzorosciate. Si evidenzia a questo proposito che l'approvvigionamento idrico del comune di Villa di Serio è garantito dall'Acquedotto Pianura Bergamasca; questo comporta l'assenza all'interno del territorio comunale di sorgenti o pozzi captati ad uso idropotabile.
- di *zona di ristagno d'acqua* per effetto di emergenze idriche diffuse e/o per la bassa permeabilità dei terreni stessi, localizzate al passaggio tra zona collinare e di pianura.

3.2.3 Stima della permeabilità superficiale di rocce e terreni

La valutazione di massima della permeabilità delle coperture e del substrato roccioso ha consentito il riconoscimento delle seguenti classi:

- terreni con permeabilità elevata $K > 10^{-3}$ m/s. A questa classe appartengono i sedimenti alluvionali attuali e recenti del Serio ed i depositi antropici situati lungo la sponda del Serio. Si tratta di un'ampia fascia sede di un acquifero collegato al fiume che comunque risulta poco sfruttato dal punto di vista idrogeologico; sono presenti infatti solo 2 pozzi utilizzati ad uso antincendio ed igienico-sanitario.
- terreni con permeabilità media $10^{-3} < K < 10^{-6}$ m/s. Comprendono depositi alluvionali più antichi del Serio e le conoidi presenti allo sbocco delle valli Scapla e Cedrina. Si tratta in genere di materiali ghiaioso-sabbiosi in cui possono essere presenti anche intercalazione di livelli più fini di natura limosa ed argillosa.
- Terreni con permeabilità bassa $K < 10^{-6}$ m/s. La classe comprende i terreni con forte componente limo-sabbiosa e/o argillosa, come quelli appartenenti alla Formazione di Torre Boldone (che segnano il passaggio tra la collina ed il fondovalle) e i depositi eluviali e eluvio-colluviali.

Rispetto invece alle formazioni costituenti il substrato roccioso, le classi di permeabilità riconosciute risultano le seguenti:

- rocce con permeabilità medio-bassa $10^{-4} < K < 10^{-6}$ m/s. Questo grado di permeabilità è stato assegnato alle rocce calcareo-marnose, stratificate appartenenti alla Formazione del Sass de la Luna che affiora diffusamente in corrispondenza del settore collinare del territorio comunale.
- rocce con permeabilità bassa $K < 10^{-6}$ m/s. Comprendono le rocce appartenenti alla Formazione di Sorisole che comprende più litozone, tutte caratterizzate da una permeabilità bassa.

Nella carta idrogeologica di Tav. 3, redatta in scala 1:5.000 sono riportate, oltre alle classi di permeabilità descritte in precedenza, anche i principali elementi di carattere idrografico ed idrogeologico riconosciuti sul territorio comunale ed in particolare:

- la rete idrografica naturale distinta, secondo le indicazioni riportate nel documento di Polizia Idraulica, in Reticolo idrografico principale e minore. Nell'elaborato cartografico si riporta anche la traccia di un antico paleoalveo del Serio, riconosciuta in prossimità dello svincolo della strada Provinciale.
- gli elementi idrografici di tipo antropico, tra cui:
 - il canale scolmatore del F. Serio;
 - il canale di gronda;
 - le rogge ed i canali idroelettrici;
 - le opere di difesa (gabbioni, scogliere, ecc);
 - le tombinature ed i manufatti di raccolta acque meteoriche;
- gli elementi di tipo idrogeologico, che comprendono:
 - le sorgenti non captate;
 - il pozzo ad uso idropotabile presente sul territorio comunale di Scanzorosciate e la cui fascia di rispetto (definita con criterio geometrico) ricade, per una porzione limitata, in Comune di Villa di Serio;
 - i pozzi ad uso antincendio ed igienico-sanitario;
 - le zone soggette a ristagno.
- le criticità di carattere idraulico riconosciute sul territorio comunale e derivanti principalmente dai rilievi in sito effettuati nel corso del presente studio e da informazioni raccolte durante le interviste gli abitanti.
 - zone soggette a sovralluvionamento;
 - zone potenzialmente soggette a occlusioni d'alveo, con indicazione dei possibili percorsi delle acque non incanalate.

3.2.4 Elementi idrogeologici derivanti dal PTUA 2016

Dall'analisi delle informazioni contenute nel PTUA 2016 relativamente agli aspetti riguardanti sia l'identificazione dei Complessi idrogeologici regionali, sia la loro classificazione (vedi in particolare

ELABORATO 2:
CARATTERIZZAZIONE MONITORAGGIO
E CLASSIFICAZIONE DEI CORPI IDRICI
SOTTERRANEI – PTUA 2016), è emerso
che nel territorio di Villa di Serio
insistono i seguenti subcomplessi
idrogeologici:

- -Idrostruttura Sotterranea Intermedia (ISI);
- Idrostruttura Sotterranea Profonda (ISP);

Complessi idrogeologici	Subcomplessi idrogeologici
Depositi Quaternari	ISS Idrostruttura Sotterranea Superficiale
	ISI Idrostruttura Sotterranea Intermedia
	ISP Idrostruttura Sotterranea Profonda
	ISF Idrostruttura Sotterranea di Fondovalle
Formazioni Carbonatiche ed Unità Associate	DQ Depositi Quaternari dei Bordi Pedemontani Alpino e Appenninico
	FC Formazioni Carsiche
	FCL Formazioni Carsiche Localizzate
Formazioni Terrigene Cretacico-Neogeniche	FCS Formazioni Carbonatiche e Unità Associate, Sterili
	FTA Formazioni Terrigene Appenniniche
Basamenti	FTP Formazioni Terrigene Prealpine
Basamenti Metamorfici, Corpi Magmatici e Rocce Clastiche Associate	BM Basamenti Metamorfici e Corpi Magmatici
	CAV Conglomerati, Arenarie e Vulcaniti Sudalpine

che, come indicato nella tabella riportata a lato, fanno parte entrambe del complesso idrogeologico presente all'interno dei depositi Quaternari. Tale complesso caratterizza i settori della pianura lombarda e tutti quelli di raccordo tra questi ultimi e gli edifici montuosi sudalpini ed appenninici.

Si evidenzia in particolare che:

1. L'Iidrostruttura Sotterranea Intermedia (ISI) è costituita da un sistema di acquiferi multistrato caratterizzati da permeabilità media, sede di acquiferi generalmente confinati, localmente semiconfinati, i cui limiti coincidono:

- con la base dell'Iidrostruttura Sotterranea Superficiale ISS (top);
- con la superficie di separazione dal sottostante ISP (Idrostruttura sotterranea Profonda - bottom, corrispondente alla base del Gruppo Acquifero B);
- con i confini delle idrostrutture di pianura (limiti laterali).

L'ISI comprende corpi idrici di significativo interesse idrogeologico sia da un punto di vista quantitativo sia qualitativo, perché rappresenta un serbatoio idrico per la media e bassa pianura e che, in genere, è meno vulnerabile alle contaminazioni idroveicolate.

2. L'Iidrostruttura Sotterranea Profonda (ISP) è costituita da un sistema di acquiferi multistrato caratterizzati da permeabilità media, sede di acquiferi confinati, i cui limiti coincidono:

- con la base dell'ISS nella parte alta di pianura lombarda medio bassa (top);
- con i confini delle idrostrutture di pianura a N, O e E; a S il limite è solo convenzionale ed indica il termine delle aree di cui si dispone di informazioni dirette (per presenza di perforazioni finalizzate al prelievo idrico);
- il limite basale non è stato definito perché non si dispone di informazioni sufficienti per la sua identificazione

L'ISP, al pari dell'ISI, costituisce corpo idrico di significativo interesse idrogeologico da un punto di vista sia quantitativo sia qualitativo, perché rappresenta il serbatoio idrico dell'alta pianura e che, in genere, è meno vulnerabile alle contaminazioni idroveicolate.

In Tav. 3, sono riportati i limiti corrispondenti ai 2 subcomplessi idrogeologici sopra menzionati.

3.4 Quadro del dissesto con legenda uniformata PAI: proposta di aggiornamento relativa ad esondazioni e dissesti a carattere torrentizio del T. Gavarnia

Le informazioni contenute nella vigente “Carta dei dissesti con legenda PAI”, riguardano sostanzialmente le problematiche di trasporto in massa su conoidi, oggetto di specifico studio di dettaglio effettuato dalla scrivente nell'ambito dell'aggiornamento dello studio geologico comunale dell'ottobre del 2005, e che ad oggi si ritengono ancora valide.

La proposta di aggiornamento descritta nel presente paragrafo, è relativa invece alle problematiche di esondazione del T. Gavarnia il cui bacino imbrifero si sviluppa, nella porzione più settentrionale, nel comune di Scanzorosciate (loc. Gavarno Vescovado frazione di Scanzorosciate) mentre, nelle porzioni mediana e terminale, segna il confine tra i comuni di Nembro a nord-est e Villa di Serio a sud-ovest (Fig. 2).

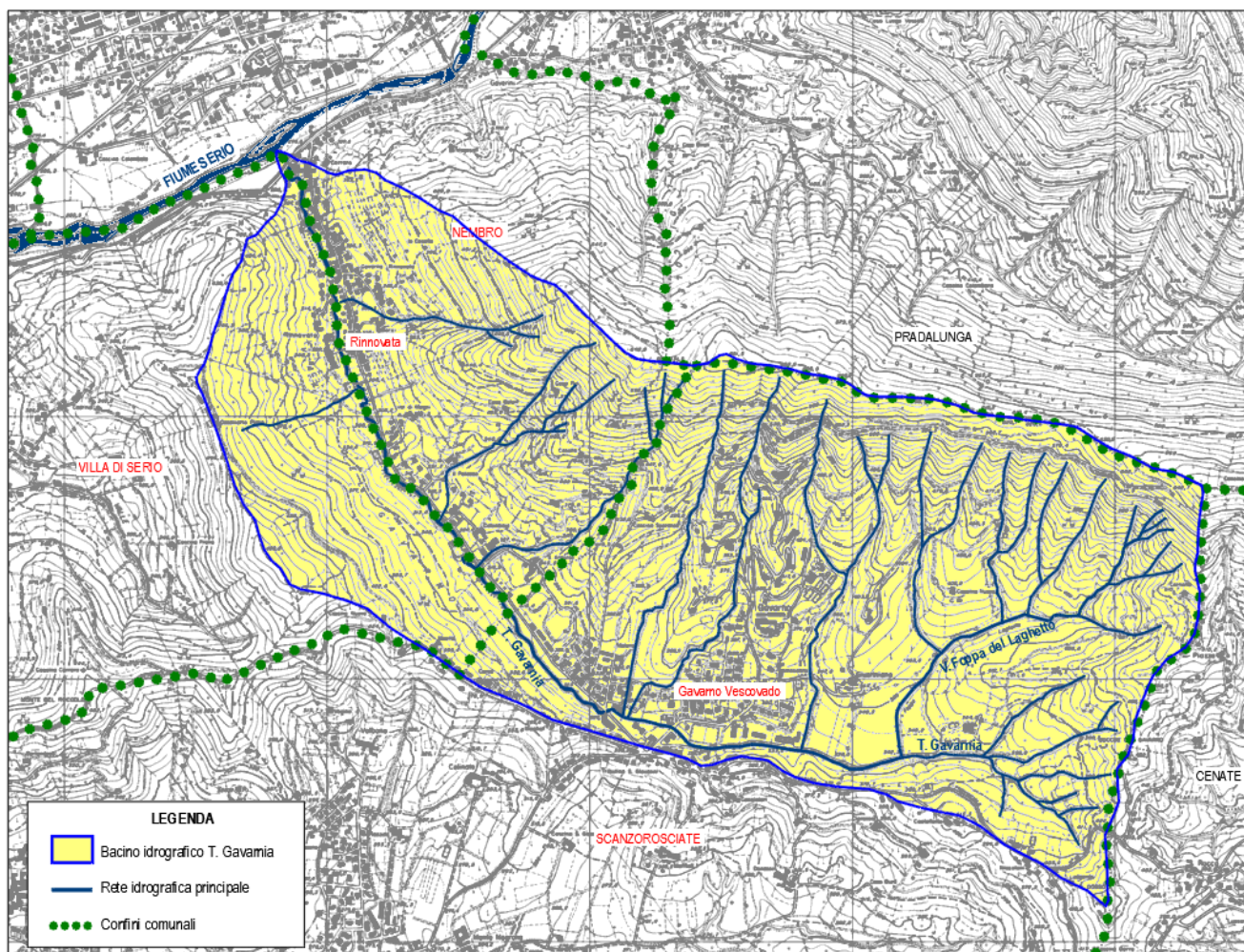


Fig. 2: Inquadramento territoriale del bacino T. Gavarnia

Si precisa in particolare che le considerazioni espone nel seguito derivano dalle risultanze del recente studio promosso da ERSAF Lombardia con il supporto di UTR Bergamo:

“STUDIO DI FATTIBILITÀ FINALIZZATO ALLA VALUTAZIONE TECNICO-ECONOMICA DEGLI INTERVENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DEL TORRENTE GAVARNIA NEI COMUNI DI NEMBRO, SCANZOROSCIATE E VILLA DI SERIO” (ing. Fenaroli- Geol. Pecchio, novembre 2022).

nel seguito denominato “*Studio di fattibilità 2022*”.

In tale documento, propedeutico all’esecuzione di interventi di manutenzione straordinaria lungo il T. Gavarnia per la mitigazione delle problematiche di carattere idraulico, si è proceduto:

- alla ricostruzione storica degli eventi alluvionali più significativi e dei loro effetti sul territorio (con particolare riferimento al recente evento del 24 maggio 2019);
- all’analisi degli aspetti idrologici (caratterizzazione pluviografica del bacino, definizione dei principali parametri morfometrici e stima delle portate di progetto)

per arrivare alla determinazione dei livelli di piena in corrispondenza dei principali manufatti presenti lungo il corso d’acqua (passerelle e ponti) ed al tracciamento delle aree allagabili nel tratto esaminato, con valutazione delle condizioni dei manufatti interferenti.

Si specifica in particolare che gli stessi enti promotori hanno ritenuto tale studio, un valido supporto per le valutazioni sulla pericolosità idraulica del T. Gavarnia a livello pianificatorio.

Rimandando per i dettagli al documento originale, nel seguito si fornisce una sintesi dei risultati ottenuti, facendo particolare riferimento all'ambito di torrente Gavarnia ricadente nel territorio comunale di Villa di Serio.

3.4.1 Analisi storica degli eventi significativi del T. Gavarnia: quadro informazioni desumibili dai documenti di pianificazione comunale e dalle testimonianze raccolte

Le informazioni reperite riguardo agli eventi storici sono state ricavate oltre che da comunicazioni degli Enti istituzionali coinvolti, anche dalle testimonianze dei residenti.

Tali informazioni, di carattere generale, sono poi state integrate esaminando la documentazione prodotta a seguito di vari sopralluoghi effettuati da Regione Lombardia, dai Comuni, e anche attraverso diversi sopralluoghi in sito con i Tecnici comunali e della Protezione Civile, per raccogliere ulteriori informazioni in merito sia alla individuazione delle criticità osservate, sia agli eventuali interventi di Protezione Civile previsti.

Il quadro conoscitivo è stato infine completato anche con varie interviste ai residenti, risultate particolarmente utili per la ricostruzione (anche attraverso l'acquisizione di interessante documentazione fotografica e filmati), dell'evento alluvionale del 24 maggio 2019 che, a detta degli abitanti, risulta essere stato “... il più severo che si ricordi ...”.

Le prime notizie in merito ad eventi alluvionali sul T. Gavarnia risalgono al 1949 e sono state documentate dall' Ing. Mondella, tecnico del Comune di Nembro, nella sua relazione “SISTEMAZIONE ALVEO GAVARNIA ALLA COLOMBERA BASSA” dell'aprile 1950.

In tale documento, oltre a segnalare i danni causati dall'evento avvenuto in località Colombara bassa, all'incirca all'incrocio tra la SP65 e via Colombara in comune di Nembro, si afferma che:

“ nelle ultime alluvioni del 1949, la corrente ha eroso un lunghissimo tratto della via comunale e ha coperto di breccie un lungo tratto appunto nella località segnalata la corrente ha eroso i mappali 2879, 2637, 838, 858, di Nembro ampliando per apporto quella in sponda sinistra (Villa di Serio) ...”

ed inoltre si indica il tipo di intervento previsto per la sistemazione della rete viaria danneggiata:

“... si è previsto di rimettere il torrente nella posizione iniziale scavando sulla sinistra e colmando sulla destra, per brevi tratti almeno per proteggere la strada ...”.

Informazioni sugli eventi alluvionali più recenti sono state raccolte sia dagli operatori del Servizio di Protezione Civile comunale, sia da interviste effettuate ai residenti della zona da cui è risultato che sicuramente il più significativo degli ultimi anni è quello avvenuto nel pomeriggio del 24 maggio 2019 dove, nel giro di non più di mezz'ora, la zona di Gavarno-Rinnovata compresa tra il ponte della SP65 e il ponte di via Cattaneo è stata invasa da acqua, ramaglie e tronchi d'albero che hanno causato notevoli disagi ad aziende, abitazioni private e alla viabilità.

Nel seguito si riportano i fogli 1-3 dell'“ELABORATO E: PGRA-PAI SEGNALAZIONE EVENTI STORICI” dello “Studio di fattibilità 2022” relativi alla porzione di corso d'acqua ricadente nel territorio comunale di Villa di Serio.

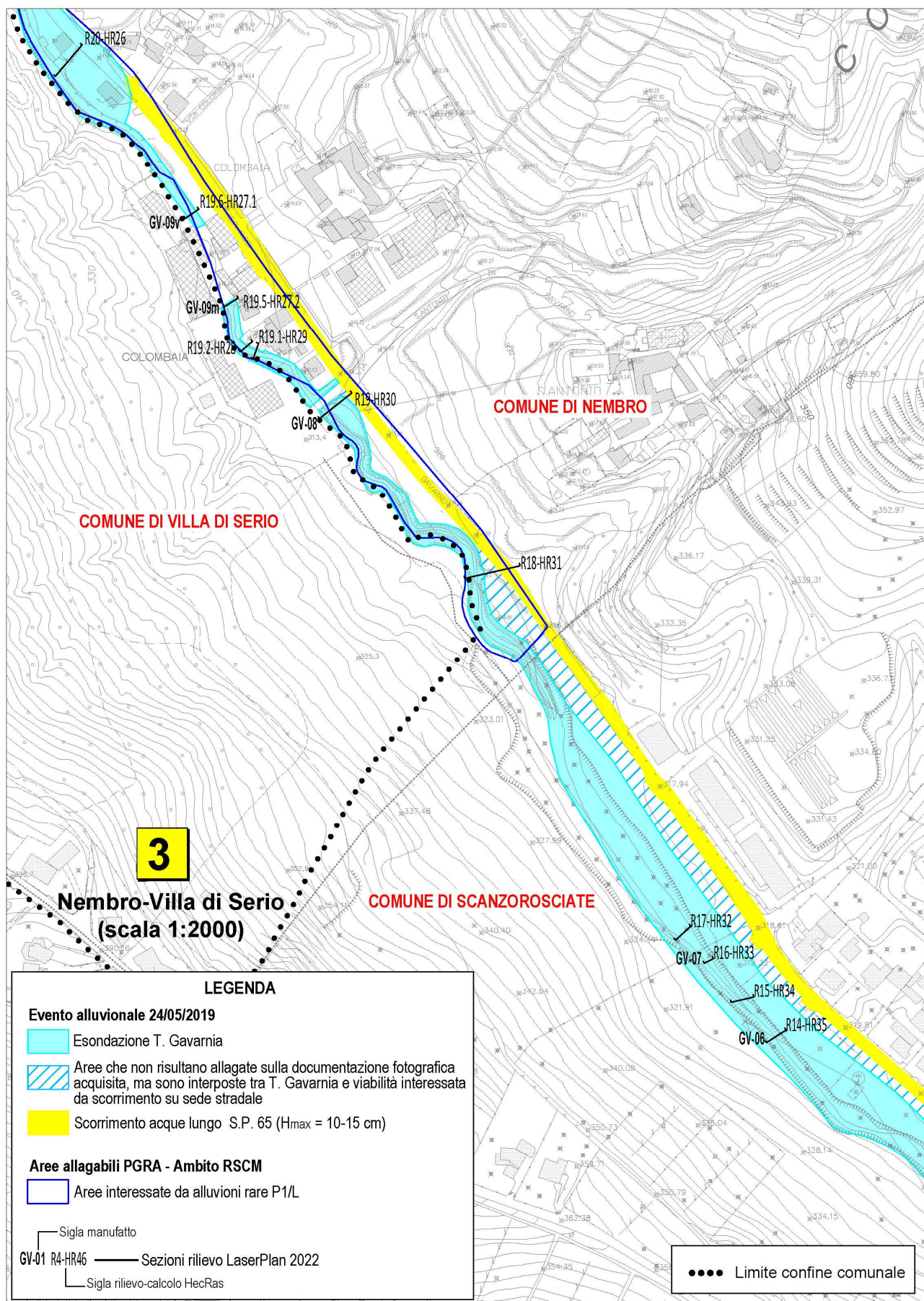


Fig. 3/a: ELABORATO E: PGRA-PAI SEGNALEZIONE EVENTI STORICI - FOGLIO 3

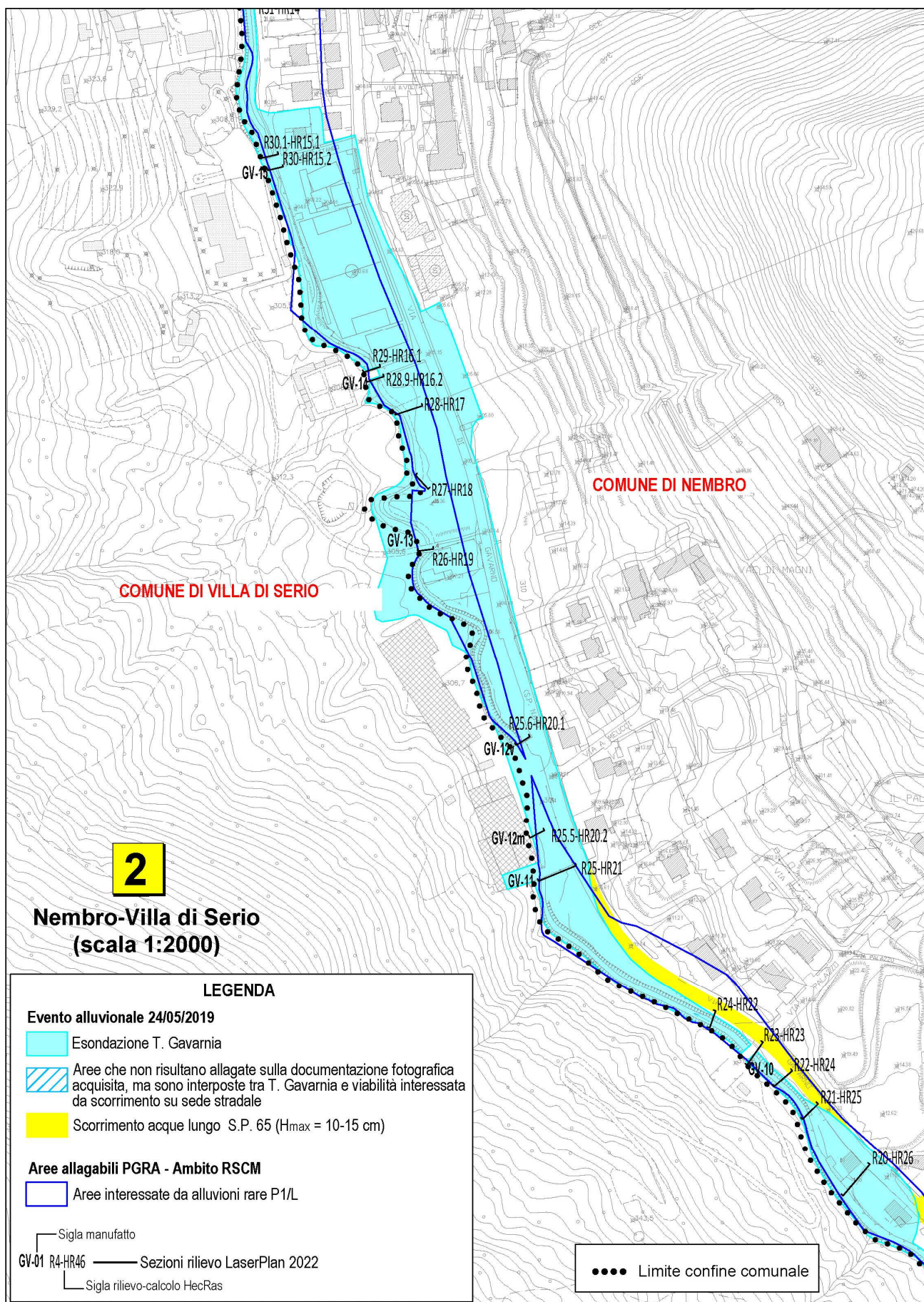


Fig. 3/b: ELABORATO E: PGRA-PAI SEGNALEZIONE EVENTI STORICI - FOGLIO 2

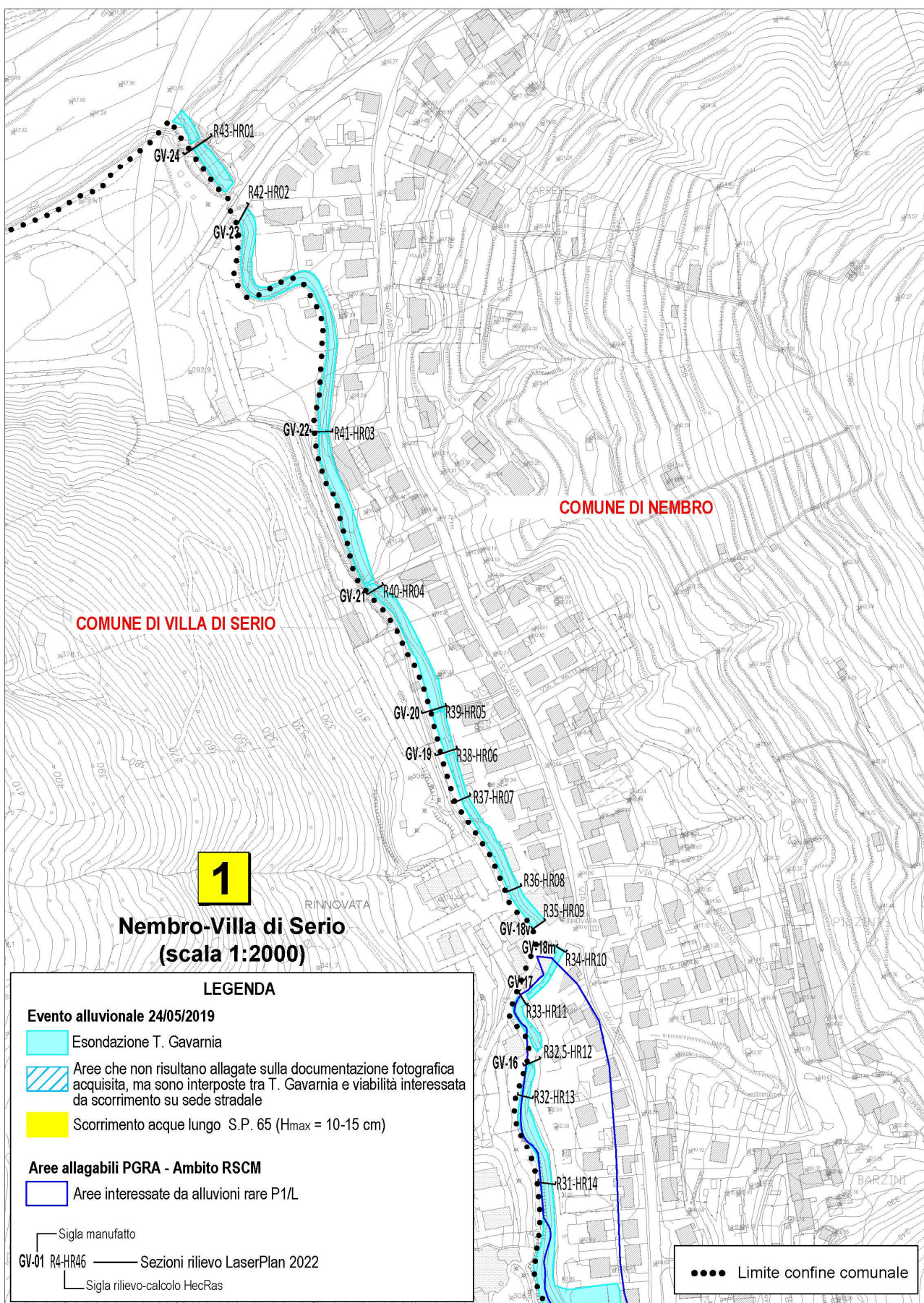


Fig. 3/c: ELABORATO E: PGRA-PAI SEGNALAZIONE EVENTI STORICI - FOGLIO 1

In tali elaborati si riporta la ricostruzione planimetrica dell'evento alluvionale del maggio 2019, distinguendo tra "aree direttamente interessate dall'esondazione" e aree in cui si è verificato lo scorrimento delle acque lungo la SP 65 con altezze non superiori ai 10-15 cm. E' stata poi inserita anche un'ulteriore classificazione per alcune aree sulle quali le testimonianze non hanno consentito di chiarire se sono state allagate oppure no, ma che comunque risultano interposte tra Gavarnia e viabilità provinciale, interessata da scorrimento di acque meteoriche, pur con tiranti limitati.

Come si può notare, il comune di Villa di Serio è stato interessato solo per alcune zone dall'evento alluvionale del maggio 2019. Le principali problematiche sono state individuate:

- immediatamente a monte della ditta Officine della Gavarnia (ponte GV-11), dove il fenomeno di esondazione è stato enfatizzato anche dalla significativa presenza di ramaglie che avrebbe parzializzato la luce del ponte (vedi foto successiva e fig. 3/b).



Comune di Villa di Serio: situazione in corrispondenza del ponte GV-12 delle Officine Gavarnia

Proseguendo verso valle l'esondazione ha interessato, oltre alla strada provinciale, anche il parcheggio a servizio del cimitero ed il centro sportivo/Oratorio in comune di Nembro (Fig. 3/b).

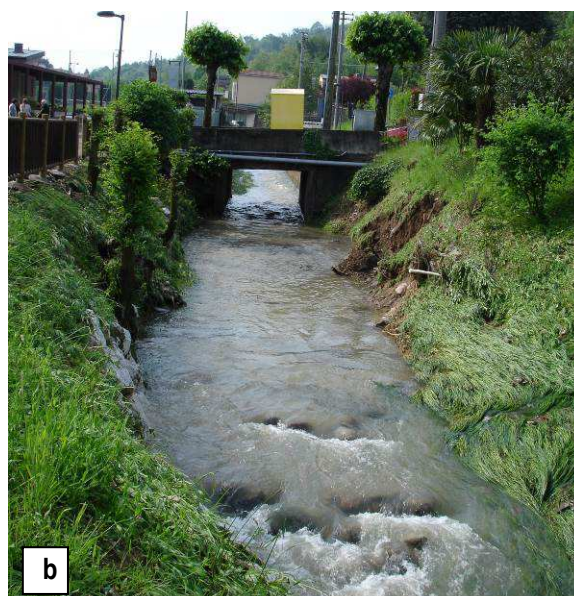
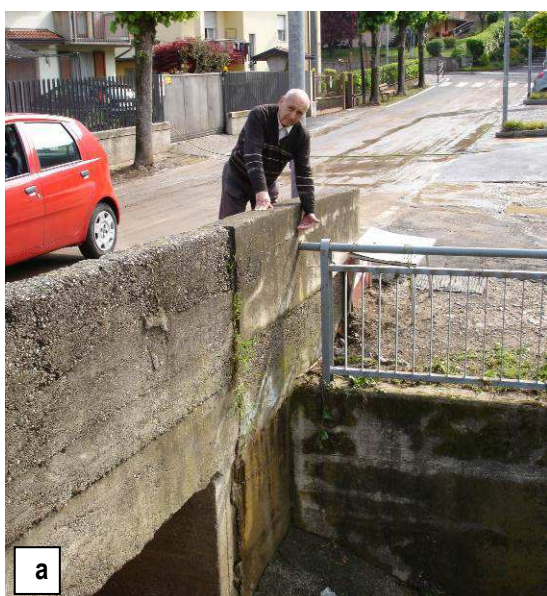


Comune di Nembro: allagamenti zona cimitero (Si precisa che il ponte del cimitero non ha presentato criticità).



Comune di Nembro: allagamenti zona oratorio di via Cattaneo il giorno seguente l'alluvione

Al ponte di via Cattaneo al confine tra Nembro (sponda destra) e Villa di Serio (sponda sinistra), l'acqua ha raggiunto il livello indicato nella foto seguente (a) ed a valle, sul in territorio comunale di Villa di Serio, si sono verificati smottamenti lungo la sponda (b).



A valle di via Cattaneo e fino alla confluenza nel Serio, dalle informazioni raccolte per l'evento del 2019, non risulterebbero essersi verificati significativi fenomeni di esondazione.

3.4.2 Sezioni idrologiche di interesse e caratterizzazione pluviografica dei corrispondenti bacini

In considerazione sia delle caratteristiche morfologiche del bacino, sia dello scopo dello “*Studio di fattibilità 2022*” per la definizione delle sezioni idrologiche di interesse si è deciso di focalizzare l'attenzione sul tratto di alveo principale maggiormente urbanizzato e compreso tra la località Gavarno Vescovado (Scanzorosciate) e la confluenza nel Fiume Serio, individuando i seguenti 6 sottobacini significativi (vedi Fig.4):

- 1) sottobacino 01: a monte ponte Campo sportivo Loc. Gavarno Vescovado;
- 2) sottobacino 02: a monte ponte Strada Provinciale SP 65;
- 3) sottobacino 03: a monte ditta Coverlac;
- 4) sottobacino 04: a monte Officine Gavarnia;
- 5) sottobacino 05: a monte ponte oratorio via Cattaneo;
- 6) sottobacino 06: sbocco F.Serio.

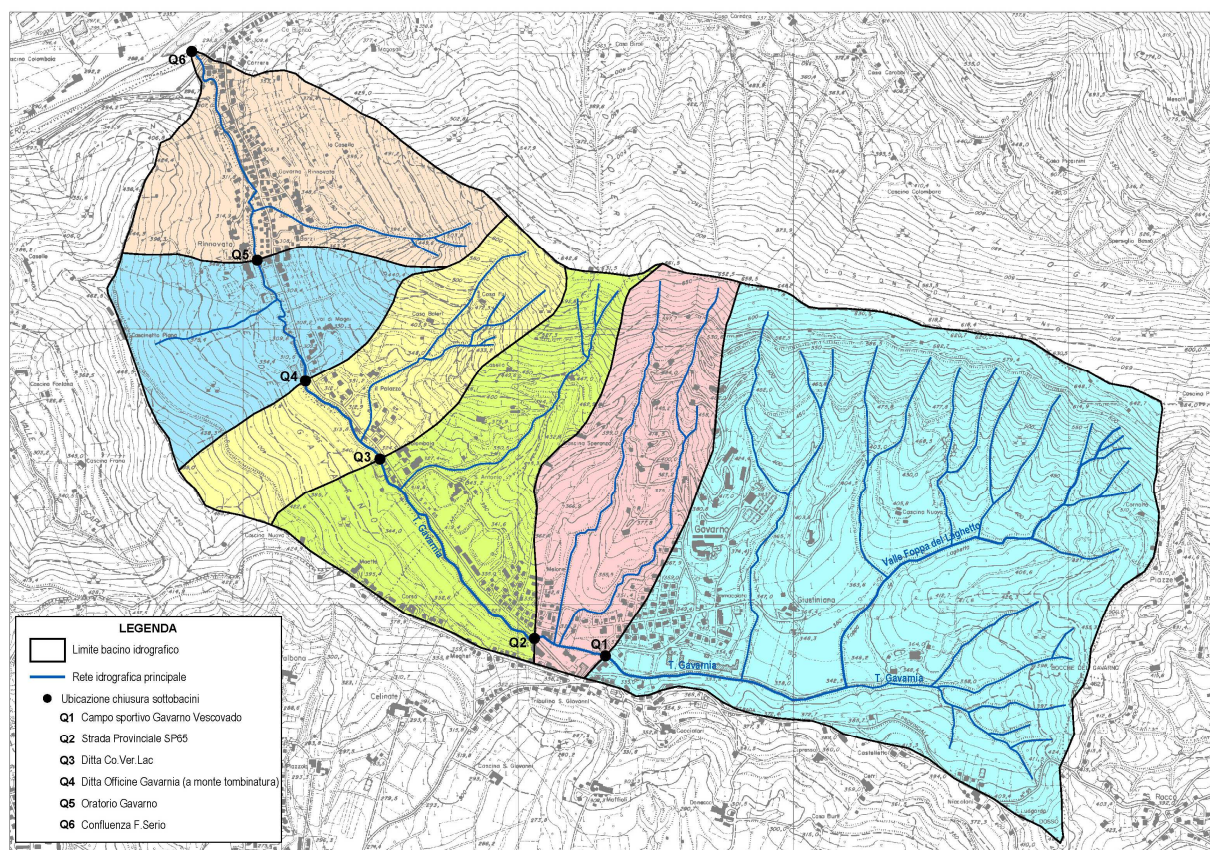


Fig. 4: Suddivisione sottobacini idrografici

Per ciascuno di essi si è provveduto:

- alla caratterizzazione pluviografica, con determinazione delle Linee Segnalazioni di Probabilità Pluviometrica (LSPP) da utilizzare per le successive stime;
- alla ricostruzione dei principali parametri morfometrici ed alla caratterizzazione del coefficiente di deflusso;
- alla stima delle portate di progetto da considerare per la valutazione dei livelli di piena per vari tempi di ritorno.

In particolare, per la caratterizzazione pluviografica del territorio in esame si sono utilizzate le informazioni fornite dall'Atlante Regionale ARPA Lombardia, che caratterizza idrologicamente l'intero territorio lombardo, suddividendolo secondo una griglia di celle a maglia quadrata (lato 1.5 km) e fornendo per ognuna i parametri del modello probabilistico GEV (Generalized Extreme Value) per durate di 1÷24 ore.

Rimandando per i dettagli alla descrizione illustrata nello “*Studio di fattibilità 2022*”, si riportano nella tabella successiva i coefficienti delle Linee Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica (LSPP) determinate per i vari sottobacini secondo la classica espressione:

$$h_T(D) = a_1 w_T D^n = a_T \cdot d^n$$

dove “a” ed “n” sono i coefficienti riportati in tabella, “d” è la durata in ore dell'evento meteorico considerato ed “h” la precipitazione in mm.

BACINI	LSPP – ARPA LOMBARDIA Tempo di ritorno [anni]									
	20		50		100		200		500	
	a	n	a	n	a	n	wT	a	a	n
Gavarnia Bacino Q1 a monte ponte Campo sportivo	50.850	0.3011	59.309	0.3011	65.683	0.3011	72.063	0.3011	80.526	0.3011
Gavarnia Bacino Q2 a monte ponte Strada Provinciale	50.904	0.3008	59.371	0.3008	65.751	0.3008	72.137	0.3008	80.606	0.3008
Gavarnia Bacino Q3 a monte Coverlac	50.948	0.3005	59.423	0.3005	65.808	0.3005	72.198	0.3005	80.674	0.3005
Gavarnia Bacino Q4 a monte Officine Gavarnia	50.965	0.3006	59.443	0.3006	65.830	0.3006	72.223	0.3006	80.702	0.3006
Gavarnia Bacino Q5 a monte ponte oratorio	50.995	0.3006	59.480	0.3006	65.872	0.3006	72.270	0.3006	80.756	0.3006
Gavarnia Bacino Q6 sbocco F.Serio	51.016	0.3007	59.506	0.3007	65.902	0.3007	72.304	0.3007	80.795	0.3007

Nello “*Studio di fattibilità 2022*” si è poi dedicata un'attenzione specifica alla valutazione dell'evento verificatosi il 24 maggio 2019 che risulta particolarmente significativo tanto che diverse testimonianze lo hanno definito come “... il più severo che si ricordi”.

L'analisi delle misure rilevate in corrispondenza dei seguenti pluviometri:

- Bergamo Goisis, Torre Boldone, Stezzano, Mornico (rete regionale ARPA);
- Villa di Serio, Alzano Lombardo, Bergamo stadio, Seriate, Monte Misma, Cenate Sopra (rete del CML - Centro Meteorologico Lombardo, associazione senza scopo di lucro che opera amatorialmente);

ha mostrato che prendendo a principale riferimento i dati relativi alla stazione di Villa di Serio, risulta che alle durate fino a 30 minuti può essere associato un tempo di ritorno compreso tra i 20 ed i 50 anni rispetto alle LSPP basate sui dati dell'atlante ARPA, mentre decresce rapidamente per durate superiori.

Pur ricordando che le valutazioni sulle precipitazioni nelle stazioni disponibili, purtroppo tutte al di fuori del bacino del T. Gavarnia, possono essere estese al bacino in esame solo a prezzo della consapevolezza di una significativa approssimazione della loro validità, nello “*Studio di fattibilità 2022*” si è in definitiva arrivati a concludere che all'evento verificatosi nel maggio 2019 sul bacino

del torrente Gavarnia può almeno orientativamente essere associato un tempo di ritorno compreso tra i 20 e i 50 anni.

3.4.3 Definizione dei principali parametri morfometrici dei sottobacini e caratterizzazione dei rispettivi coefficienti di deflusso

Secondo le metodologie illustrate nello *Studio di fattibilità 2022* i principali parametri rappresentativi dei vari sottobacini considerati risultano essere quelli riportati nella tabella seguente:

Bacini Idrografici considerati	S_{bac} [Km ²]	L_{asta} [Km]	Z_{max} [m s.l.m.]	Z_{min} [m s.l.m.]	Z_{med} [m s.l.m.]	Δz [m]	T_c GIANDOTTI [ore]
Gavarnia Bacino Q1 a monte ponte Campo sportivo	2.49	2.35	688.12	325.00	437.97	112.97	1.16
Gavarnia Bacino Q2 a monte ponte Strada Provinciale	3.13	2.65	688.12	325.00	435.88	110.88	1.31
Gavarnia Bacino Q3 a monte Coverlac	3.88	3.50	688.12	310.00	426.71	116.71	1.52
Gavarnia Bacino Q4 a monte Officine Gavarnia	4.44	3.92	688.12	305.00	425.90	120.90	1.63
Gavarnia Bacino Q5 a monte ponte oratorio	4.96	4.45	688.12	300.00	420.44	120.44	1.77
Gavarnia Bacino Q6 sbocco F.Serio	5.61	5.31	688.12	286.96	416.35	129.40	1.92

dove:

- S_{bac} = superficie del bacino;
- L_{asta} = lunghezza dell'asta principale;
- Z_{min} = quota della sezione di chiusura del bacino;
- Z_{MED} = altitudine media del bacino;
- H = dislivello medio del bacino rispetto alla sezione di chiusura in metri = $(Z_{MED} - Z_o)$
- T_c = Tempo di corrivazione calcolato secondo l'espressione di Giandotti (1934):

$$t_c = (4 S^{0.5} + 1.5 L) / 0.8 H^{0.5} \text{ ore}$$

Per quanto riguarda la valutazione del coefficiente di deflusso sono state considerate le caratteristiche dell'“Uso del suolo” con riferimento alla carta “DUSAF-Regione Lombardia”. Dopo aver associato ad ogni categoria il relativo valore di “coefficiente di deflusso”, attraverso la media ponderata dei valori corrispondenti ad ogni singola porzione di ciascun sottobacino è stato determinato il valore da considerare per il sottobacino stesso:

BACINI IDROGRAFICI	Coefficiente di deflusso C_d
bacino 01	0.420
bacino 02	0.427
bacino 03	0.429
bacino 04	0.426
bacino 05	0.427
bacino 06	0.434

3.4.4 Stima delle portate di progetto

Per acquisire gli elementi necessari alla valutazione di livelli di piena di progetto si è proceduto alla valutazione delle portate al colmo, mediante confronto dei valori risultanti:

- dal calcolo mediante la formula “razionale”;
- dalla ricostruzione degli idrogrammi di piena mediante il modello di corrivazione.

I risultati delle elaborazioni effettuate ed illustrate nei precedenti paragrafi, possono essere sintetizzati nella tabella seguente dove sono presentate sia tutte le valutazioni effettuate su base statistica a partire dalle LSPP derivanti dall’Atlante Regionale ARPA, sia la ricostruzione dell’evento 2019, effettuata considerando le precipitazioni misurate per le stazioni più significative.

Q [mc/s]	ietogr. Costante								ietogr. Triangolare								ietogr. Chicago							
	Tempo di ritorno (anni)								Tempo di ritorno (anni)								Tempo di ritorno (anni)							
	2	5	10	20	50	100	200	500	2	5	10	20	50	100	200	500	2	5	10	20	50	100	200	500
B1	6.8	9.3	11.0	12.6	14.7	16.3	17.9	19.9	9.2	12.5	14.8	16.9	19.8	21.9	24.0	26.8	9.5	13.0	15.3	17.5	20.4	22.6	24.8	27.7
B2	7.9	10.8	12.8	14.6	17.1	18.9	20.7	23.2	10.6	14.5	17.1	19.6	22.8	25.3	27.8	31.0	11.4	15.6	18.4	21.0	24.6	27.2	29.8	33.3
B3	8.7	11.9	14.1	16.1	18.8	20.9	22.9	25.6	12.0	16.4	19.3	22.1	25.8	28.6	31.4	35.0	13.6	18.6	22.0	25.2	29.4	32.5	35.7	39.9
B4	9.6	13.1	15.4	17.7	20.6	22.9	25.1	28.0	13.0	17.7	20.9	24.0	28.0	31.0	34.0	38.0	14.8	20.2	23.9	27.4	31.9	35.3	38.8	43.3
B5	10.0	13.7	16.2	18.5	21.6	23.9	26.3	29.4	13.8	18.9	22.3	25.6	29.9	33.1	36.3	40.5	15.9	21.8	25.7	29.5	34.4	38.1	41.8	46.7
B6	10.8	14.8	17.5	20.1	23.4	25.9	28.4	31.8	15.2	20.8	24.5	28.1	32.7	36.3	39.8	44.4	17.8	24.4	28.8	33.0	38.5	42.6	46.8	52.3

Q [mc/s]	Razionale con ragguglio								CML-Villa di Serio	CML-Alzano Lombardo	ARPA-Torre Boldone	CML-Villa di Serio	CML- Alzano	ARPA- Torre
	Tempo di ritorno (anni)								EVENTO 18:40 24.05.2019 con misure "originali"			EVENTO 18:40 24.05.2019 con misure "ragguagliate"		
	2	5	10	20	50	100	200	500						
B1	6.9	9.4	11.1	12.7	14.8	16.4	18.0	20.1	17.3	15.0	13.5	16.4	14.2	12.8
B2	8.0	11.0	12.9	14.8	17.3	19.1	21.0	23.5	20.2	17.5	16.1	19.2	16.6	15.2
B3	9.0	12.3	14.5	16.6	19.4	21.5	23.6	26.3	23.3	20.3	19.0	22.0	19.2	17.9
B4	9.7	13.3	15.7	18.0	21.0	23.3	25.5	28.5	24.8	21.3	20.1	23.4	20.1	19.0
B5	10.3	14.0	16.5	19.0	22.1	24.5	26.9	30.0	26.4	22.5	21.8	24.9	21.3	20.6
B6	11.2	15.3	18.0	20.7	24.1	26.7	29.3	32.7	29.1	24.5	24.0	27.5	23.1	22.7

Va infine specificato che per le successive analisi idrauliche si è scelto di far riferimento alle portate determinate considerando lo ietogramma “triangolare”.

3.4.5 Analisi idraulica

Per la ricostruzione della geometria dell'alveo del T.Gavarnia, sono state utilizzate le 47 sezioni trasversali rilevate in corrispondenza dei punti critici e dei principali manufatti (ponti, tombinature). Per il dettaglio della loro geometria rimanda all'ELABORATO B2-RILIEVO TOPOGRAFICO: SEZIONI TRASVERSALI dello studio originale

Per il calcolo delle massime altezze idriche, come usuale nella normale pratica della modellazione matematica in campo idraulico, si è fatto riferimento alla condizione di moto permanente, ipotizzando per ogni sezione di calcolo un valore della portata pari alla massima di progetto, considerando accettabile simulare il comportamento idraulico del corso d'acqua durante il passaggio di un'onda di piena (moto vario) come una successione di fasi di moto permanente a portata costante per ciascuna di esse.

Le verifiche idrauliche sono state effettuate mediante l'ausilio del *software HecRAS 6.3.1* che consente il calcolo dell'andamento dei profili di rigurgito in moto permanente gradualmente variato

in alvei naturali o canali artificiali e la valutazione degli effetti sulla corrente dovuti all'interazione con ponti, tombinature, briglie, stramazzi, aree golenali, ecc.

Rimandando alla letteratura specialistica per i dettagli di tale codice di calcolo (oggetto di una copiosa bibliografia descrittiva), è però importante sottolineare che per l'applicazione al caso in esame ci si è basati sulle seguenti determinazioni:

1. la geometria dell'alveo è stata ricostruita partendo dalle risultanze del succitato rilievo topografico mediante il quale è stata determinata la geometria di 47 sezioni trasversali rappresentative del tratto di interesse.
2. come scabrezza caratteristica della sezione di deflusso, considerate le caratteristiche morfologiche dell'alveo e delle sponde, si è adottato in generale un coefficiente di scabrezza $n = 0.030$ (k di Strickler = 33) per l'alveo; per le porzioni fuori alveo si è invece considerato $n = 0.050$ (k di Strickler = 20);

I risultati della modellazione matematica sono illustrati nello “*Studio fattibilità 2022*” - ALLEGATO B “ELABORATI CODICE DI CALCOLO HEC-RAS” dove sono riportate sia le tabelle con i risultati in tutte le sezioni di calcolo e le varie portate considerate, sia i profili longitudinali e le sezioni trasversali con i livelli calcolati per le portate con $Tr=20$ e 100 anni.

Nel seguito si riporta una tabella riepilogativa relativamente ai manufatti presenti nel territorio comunale di Villa di Serio:

CODICE sezione MONTE	sigla	ubicazione	Z intradosso [m slm]	Tr=100 anni					Z intradosso 2/3 luce [m slm]	Fr100 su 2/3 luce
				portata [m ³ /s]	liv monte [m slm]	franco [m]	velocità [m/s]	funzionalità idraulica		
30.00	GV-08	Ponte CO.VER.LAC. (Nembro-Villa di Serio)	315.33	28.02	315.61	-0.28	1.65	NON_adequato - NON_compatibile	----	----
27.20	GV-09	Copertura CO.VER.LAC. (Nembro-Villa di Serio)	313.29	28.37	313.70	-0.41	1.76	NON_adequato - NON_compatibile	----	----
23.00	GV-10	Ponte accesso galleria ANAS (Nembro-Villa di Serio)	310.91	29.92	311.22	-0.31	1.82	NON_adequato - NON_compatibile	----	----
21.00	GV-11	Ponticello Offic.Gavarnia (Nembro-Villa di Serio)	308.72	30.97	309.61	-0.89	1.17	NON_adequato - NON_compatibile	----	----
20.20	GV-12	Copertura uso parcheggio Offic.Gavarnia (Nembro- Villa di Serio)	308.22	31.09	309.23	-1.01	2.28	NON_adequato - NON_compatibile	----	----
19.00	GV-13	Ponticello privato a valle deposito legname (Nembro-Villa di Serio)	306.16	31.89	306.82	-0.66	2.05	NON_adequato - NON_compatibile	----	----
16.20	GV-14	Ponte cimitero (Nembro- Villa di Serio)	306.42	32.47	304.86	1.56	2.39	adequato - compatibile	----	----
15.20	GV-15	Ponte via Cattaneo- Oratorio (Nembro-Villa di Serio)	303.27	33.06	304.61	-1.34	1.61	NON_adequato - NON_compatibile	----	----
12.00	GV-16	Ponteprivato (Nembro-Villa di Serio)	301.77	33.74	301.62	0.15	3.56	NON_adequato - compatibile	----	----
11.00	GV-17	Passerella n.1 pista ciclopeditone (Nembro- Villa di Serio)	302.17	33.90	301.17	1.00	3.27	adequato - compatibile	----	----
10.00	GV-18	Tombinatura P.zza Rinnovata (Nembro-Villa di Serio)	300.57	34.04	300.45	0.12	3.96	NON_adequato - compatibile	----	----
6.00	GV-19	Passerella privata (Nembro-Villa di Serio)	297.53	34.57	298.40	-0.87	2.84	NON_adequato - NON_compatibile	----	----
5.00	GV-20	Passerella privata (Nembro-Villa di Serio)	297.34	34.67	297.71	-0.37	2.71	NON_adequato - NON_compatibile	----	----
4.00	GV-21	Ponte pedonale Barcella R. (Nembro-Villa di Serio)	298.61	34.99	296.43	2.18	3.43	adequato - compatibile	----	----
3.00	GV-22	Passerella n. 2 pista ciclopeditone (Nembro- Villa di Serio)	297.85	35.37	294.26	3.59	4.81	adequato - compatibile	----	----
2.00	GV-23	Ponte SP66 (Nembro-Villa di Serio)	293.57	36.06	293.59	-0.02	1.63	NON_adequato - NON_compatibile	293.17	-0.42
1.00	GV-24	Passerella n.3 pista ciclopeditone (Nembro- Villa di Serio)	294.32	36.25	288.37 290.43	5.95 3.89	6.50 ---	adequato - compatibile	----	----

3.4.5 Tracciamento delle aree allagabili, definizione della pericolosità idraulica

Nell'ambito dello “Studio di fattibilità 2022” si è infine proceduto al tracciamento delle aree allagabili, con riferimento a 3 diversi scenari (Tempi di ritorno $T=20$, 100 e 200 anni), combinando i livelli derivanti dalla modellazione matematica effettuata con i dati plano-altimetrici disponibili (aerofotogrammetrici comunali scala 1:2000 e rilievi topografici), anche procedendo ad opportune considerazioni sulla congruenza tra le “quote rilievo” e le “quote fotogrammetrico”.

Rimandando per il dettaglio all'Atlante dello “Studio di fattibilità 2022”- ELABORATO F: AREE ALLAGABILI TR 20, 100 E 200 ANNI nel seguito sono descritte, procedendo da monte verso valle, le principali risultanze con particolare riferimento ai tratti maggiormente critici nel territorio comunale di Villa di Serio.

Nella Fig. 5/a, relativa al tratto al confine con il comune di Scanzorosciate, si evidenzia che:

- per tempi di ritorno ventennali la piena si mantiene sostanzialmente entro le sponde;
- per Tr pari a 100 e 200 anni il livello di piena interessa significativamente la sponda destra (lato Nembro), mentre sulla sponda opposta (lato villa di Serio), interessa solo alcuni edifici ed attività produttive presenti in località Colombaia;

Procedendo verso valle (Fig. 5/b), si segnala il tratto compreso tra la ditta “Officine della Gavarnia” ed il ponte di via Cattaneo in prossimità dell'oratorio, dove:

- per Tr = 20 anni risultano in pressione i ponti GV-13 e GV-15 e si producono estesi allagamenti delle porzioni più pianeggianti presenti a monte del ponte del Cimitero e del campo sportivo dell'oratorio.
- per Tr = 100 e 200 anni si verificano esondazioni più significative con sormonto dei manufatti presenti in questo tratto, ad eccezione del ponte del Cimitero (GV-14); l'area interessata si sviluppa prevalentemente comune di Nembro coinvolgendo completamente la strada provinciale, il parcheggio in prossimità delle scuole, l'oratorio ed alcuni edifici appena a valle di via Cattaneo.

Nel tratto compreso tra via Cattaneo e la confluenza nel F. Serio (Fig. 5/c), i calcoli non evidenziano criticità particolari ed i livelli di piena considerati risultano sostanzialmente all'interno delle sponde.

Da segnalare solo:

- il possibile interessamento, per piene centennali, di una porzione limitata della pista ciclabile in corrispondenza del manufatto GV-21;
- l'allagamento risultante in sponda destra tra i manufatti GV-18 e GV-21, dove i livelli indicano esondazioni per Tr=200 anni;
- il funzionamento in pressione del manufatto di attraversamento della SP66 (GV-23) per Tr pari a 100 anni.

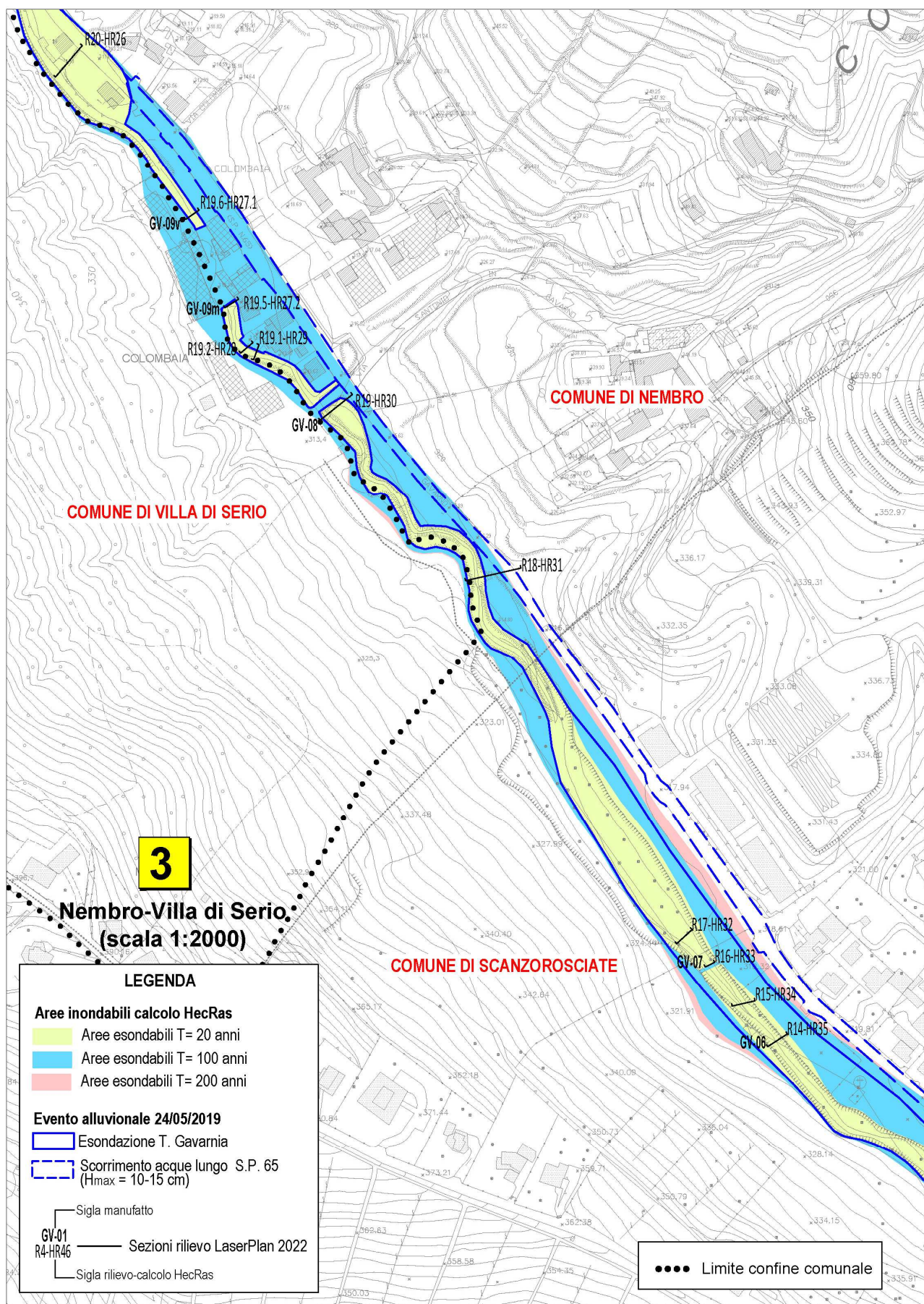


Fig. 5/a: ELABORATO F: AREE ALLAGABILI TR 20, 100 E 200 ANNI - FOGLIO 3

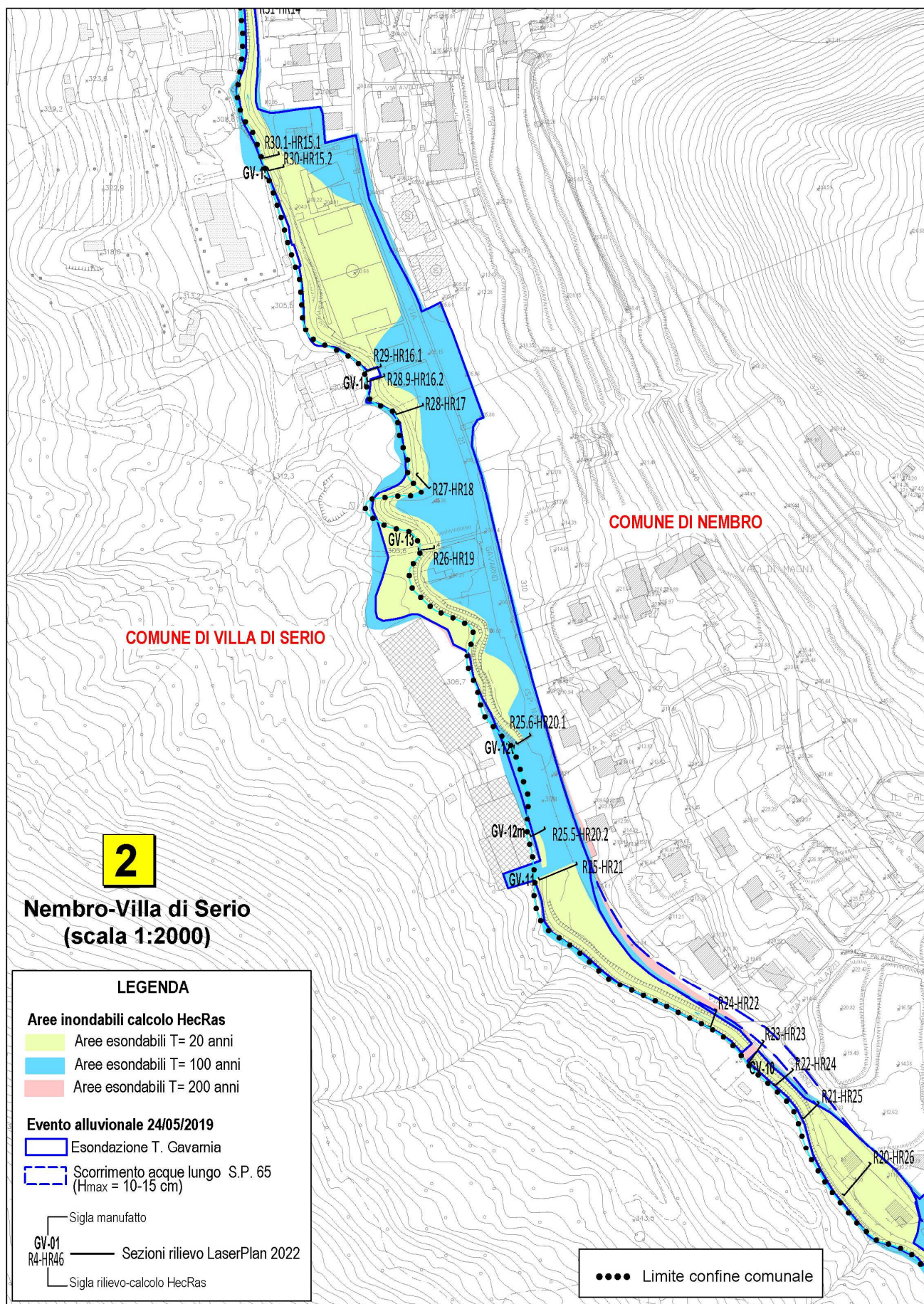


Fig. 5/b: ELABORATO F: AREE ALLAGABILI TR 20, 100 E 200 ANNI- FOGLIO2

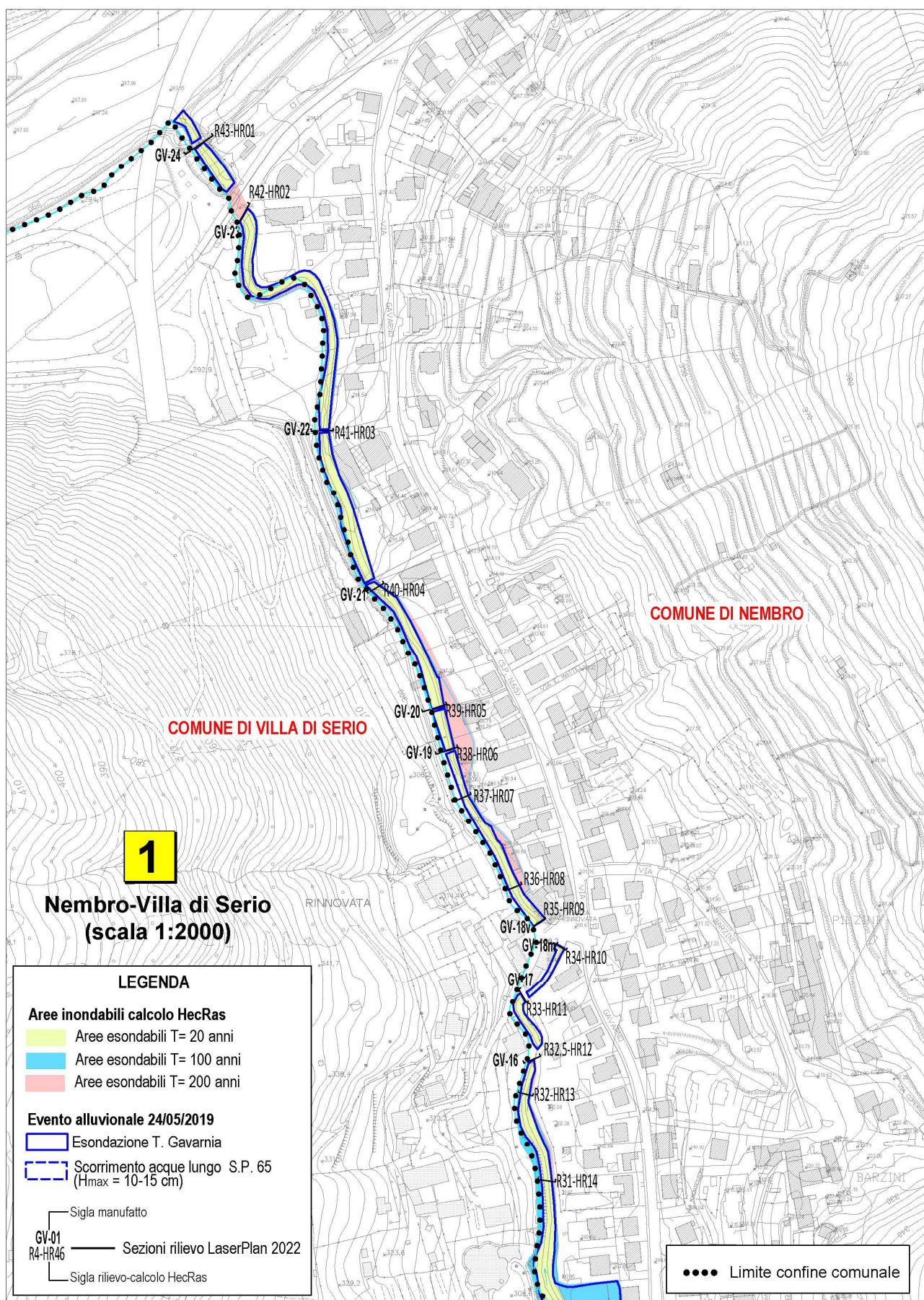


Fig. 5/c: ELABORATO F: AREE ALLAGABILI TR 20, 100 E 200 ANNI- FOGLIO1

Si sottolinea infine, che dal confronto tra la mappatura derivante dai calcoli e la ricostruzione dell'evento alluvionale del maggio 2019 (indicata con linea blu nelle figure precedenti), si conferma l'eccezionalità di quanto accaduto nel 2019.

Bisogna peraltro sottolineare, al di là dell'intensità delle precipitazioni (per le quali si è stimato un tempo di ritorno $Tr = 20 \div 50$ anni), che le testimonianze concordano nell'attribuire un ruolo significativo al fenomeno del trasporto solido (sia litoide che flottante) ed alla abbondante presenza di vegetazione nella sezione di deflusso.

Per quanto riguarda la pericolosità idraulica si ritiene che una ragionevole valutazione possa essere effettuata con riferimento alle aree allagabili ed alle classi del PGRA:

P3/High (scenario frequente) aree allagabili $Tr = 20$ anni
P2/Medium (scenario poco frequente) aree allagabili $Tr = 100$ anni
P1/Low (scenario raro)..... aree allagabili $Tr = 200$ anni

Le aree allagabili corrispondenti a tali classi sono state riportate sia nella *Carta dei Vincoli* (Tav. 4), sia nella “*Carta PAI-PGRA*” (Tav.9)

3.5 Quadro del dissesto con legenda uniformata PAI: proposta di aggiornamento relativa alle aree in dissesto per fenomeni franosi

La proposta di aggiornamento descritta nel presente paragrafo, è relativa alle problematiche di dissesto inserite nell'Inventario dei Fenomeni Franosi IFFI e confermate anche nei recenti sopralluoghi effettuati nel corso della stesura del presente Studio Geologico (si veda in particolare la *Tav.2: carta geomorfologica*).

Si tratta di zone dove vi è la possibilità di distacchi di blocchi isolati da pareti rocciose. Tali fenomeni sono favoriti dalla accentuata fessurazione delle masse rocciose, dall'azione meccanica delle piante, dall'elevata pendenza dei versanti, nonché dall'azione antropica legata ad antiche attività di cava.

A Villa di Serio il fenomeno è limitato al versante settentrionale del comune, a monte di via Kennedy all'altezza della centrale Italgen e nell'area di cava abbandonata presente alla base del monte Bastia, al confine con Scanzorosciate.

Tali aree, classificate come *zone di frana attiva Fa* sono state riportate sia nella *Carta dei Vincoli* (Tav. 4), che nella “*Carta PAI-PGRA*” (Tav.9)

4. FASE DI SINTESI/VALUTAZIONE

4.1 Carta dei VINCOLI

Nella “Carta dei vincoli”, redatta seguendo le indicazioni contenute al punto 2.1 della D.G.R. IX/2616/2011, viene riportata la sintesi dei vincoli di carattere geologico e di pericolosità presenti in ambito comunale.

Nell’elaborato cartografico di Tav. 4 redatto a scala 1:5.000 per l’intero territorio comunale, sono stati riconosciuti i vincoli descritti nei successivi paragrafi.

4.1.1 Vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino ai sensi della L. 183/89

I vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino, effettivamente presenti nel comune di Villa di Serio, sono i seguenti:

a) Fasce fluviali: viene riportata la delimitazione delle fasce, così come definite dall’elaborato 8 del PAI:

- Limite di Fascia A;
- Limite di Fascia B;
- Limite di Fascia C

Si precisa che i limiti derivano dal “ritracciamento”, effettuato nell’ambito dell’adeguamento dello Studio geologico dell’ottobre 2005, delle fasce prodotte dall’Autorità di Bacino, alla scala dello strumento urbanistico comunale (ai sensi Allegato 1 della direttiva PAI).

b) Quadro del dissesto PAI: comprende le seguenti tematiche previste al Titolo I delle NdA del PAI, distinte in:

b.1) Aree in frana:

- Area di frana attiva *Fa*;

Tali aree interessano la porzione di versante a monte di via Kennedy in direzione del confine con Nembro e l’area di cava abbandonata presente alla base del M. Bastia, al confine con Scanzorosciate.

b.2) Esondazioni e dissesti morfologici a carattere torrentizio:

- Area a pericolosità molto elevata *Ee*;
- Area a pericolosità elevata *Eb*;
- Area a pericolosità elevata *Em*;

Riguardano il torrente Gavarnia e derivano dalle valutazioni di pericolosità idraulica effettuate nell’ambito dello “STUDIO DI FATTIBILITA’ FINALIZZATO ALLA VALUTAZIONE TECNICO-ECONOMICA DEGLI INTERVENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DEL TORRENTE GAVARNIA NEI COMUNI DI NEMBRO, SCANZOROSCIATE E VILLA DI SERIO” (ing. Fenaroli- Geol. Pecchio, novembre 2022). Per i dettagli si rimanda al § 3.4 dove è riportata una sintesi delle risultanze di tale studio.

b.2) Trasporto in massa su conoidi:

- Area di conoide attiva non protetta *Ca*;

- Area di conoide attiva non recentemente riattivatosi o completamente protetta Cn

Riguarda la conoide del torrente Scapla e riporta le risultanze effettuate dalla scrivente nell'ambito dell'adeguamento dello Studio geologico dell'ottobre 2005.

c) Piano di Gestione del Rischio Alluvioni – PGRA ai sensi del Titolo V delle NdA del PAI, in cui, relativamente al territorio comunale di Villa di Serio, sono stati individuati i seguenti “ambiti territoriali”:

c.1) Reticolo Principale di pianura e di fondovalle (RP):

- Area interessate da alluvioni frequenti (aree P3/H);
- Area interessate da alluvioni poco frequenti (aree P2/M);
- Area interessate da alluvioni rare (aree P1/L);

c.2) Reticolo Secondario Collinare e Montano (RSCM):

- Area interessate da alluvioni frequenti (aree P3/H);
- Area interessate da alluvioni poco frequenti (aree P2/M);
- Area interessate da alluvioni rare (aree P1/L);

4.1.2 Vincoli di Polizia idraulica

Per i vincoli di polizia idraulica presenti sul reticolo idrico principale e minore comunale si deve fare riferimento alle indicazioni contenute nel documento:

“Reticolo idrografico minore: relazione generale e Norme di Piano” Comune di Villa Di Serio, (COMUNITÀ MONTANA VALLE SERIANA, novembre 2012)”

Nel febbraio 2017, nell'ambito dei lavori di ampliamento del cimitero in località Gavarno, si è proceduto all'aggiornamento del tratto terminale del reticolo minore classificato come “L-L1”. Tale adeguamento, approvato dagli enti competenti, ha comportato una revisione parziale delle tavole allegate al documento di polizia idraulica e dello Studio Geologico comunale.

4.1.3 Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile

Per quanto riguarda le aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile, è importante evidenziare che l'approvvigionamento idrico nel territorio comunale di Villa di Serio viene garantito dall'Acquedotto Pianura Bergamasca; questo comporta l'assenza all'interno del territorio comunale di sorgenti o pozzi captati ad uso idropotabile.

E' comunque presente un pozzo ad uso idropotabile in comune di Scanzorosciate la cui fascia di rispetto (definita con criterio geometrico), ricade anche se per una minima porzione, all'interno del comune di Villa di Serio.

4.1.4 Vincoli di protezione delle aree di ricarica delle idrostrutture intermedie e profonde

Come indicato nel precedente § 3.2.4, nell'ambito del PTUA 2016 sono state individuate all'interno del territorio comunale di Villa di Serio (vedi Tav.4), le aree di ricarica dell'Idrostruttura Sotterranea intermedia (ISI) e Profonda (ISP).

Per quanto riguarda i vincoli normativi presenti in tali aree si rimanda alle indicazioni contenute nelle NORME GEOLOGICHE DI PIANO.

4.2 Carta di sintesi

La “Carta di Sintesi” costituisce il documento riassuntivo delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio rappresentato per aree omogenee dal punto di vista della pericolosità/vulnerabilità riferita allo specifico fenomeno che le genera.

In Tav. 5 è riportato l’elaborato cartografico redatto a scala 1:5000 e relativo all’intero territorio comunale.

Secondo le indicazioni contenute al punto 2.2 della DGR IX/2616/2011, a partire dalle seguenti categorie principali:

- Aree pericolose dal punto di vista dell’instabilità dei versanti reali o potenziali;
- Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico;
- Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico;
- Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche.

sono state riconosciute le sottocategorie riportate nella tabella seguente.

A - Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti	sigla
Aree soggette a crolli di massi, anche potenziali (distacco e accumulo).	AA
Aree in erosione accelerata (calanchi, ruscellamento in depositi superficiali o rocce deboli)	AB
Aree interessate da trasporto in massa e flusso di detrito su conoide	AC_Ca
Aree a pericolosità potenziale legata a possibilità di innesco di colate in detrito e terreno valutate o calcolate in base alla pendenza e alle caratteristiche geotecniche dei terreni	AD_Cn
Aree a pericolosità potenziale legate alla presenza di terreni a granulometria fine (limi e argille) su pendii inclinati, comprensive delle aree di possibile accumulo	AE
Aree estrattive attive o dismesse non ancora recuperate	AF
Pendii con pendenza superiore a 20° in presenza di coltri colluviali o spessori consistenti di suolo	At
Pendii con pendenza superiore a 30° in presenza di rocce deboli	Ar

dove, con la sigla:

- **AA** sono indicate le aree soggette a distacchi di blocchi (anche potenziali) dalle pareti rocciose, localizzate lungo il tratto di versante settentrionale del comune, a ridosso di via Kennedy; in questa classe sono state inserite anche le cave di materiali lapidei, ormai da tempo abbandonate, presenti a monte via Kennedy e sul versante boscato al confine con Scanzorosciate.
- **AB** sono rappresentate le aree soggette a fenomeni di erosione accelerata riconosciute sia lungo le valli secondarie, sia lungo i versanti collinari e riconducibili allo scorrimento disordinato delle acque superficiali. Interessano in particolare la fascia collinare adibita a vigneto in Valle Scapla, ed il settore pedecollinare a monte di via Delle Ripe e via Moscatelli dove tali fenomeni sono connessi anche al passaggio, nelle colture a vigneto, ad una sistemazione a “rittocchino” (con filari disposti secondo la linea di massima pendenza) per facilitare le lavorazioni.
- **AC_Ca** sono aree a pericolosità H4-H5 in corrispondenza del conoide T. Scapla (Conoide attiva non protetta Ca);

- *AD_Cn* sono aree a pericolosità H3 in corrispondenza del conoide T. Scapla (Conoide protetta Cn);
- *AE* sono rappresentate le aree caratterizzate dalla presenza di terreni a granulometria fine che possono dare origine a fenomeni di soliflusso e/o erosione laminare e ruscellamento diffuso.
- *AF* vengono segnalate alcune piccole cave di materiali lapidei, ormai da tempo abbandonate, concentrate in particolare sul versante boscato settentrionale e al confine con Scanzorosciate e a monte di via Kennedy.
- “*At*” e “*Ar*” aree in cui, pur non avendo riconosciuto fenomeni specifici di dissesto né attivi né quiescenti, le condizioni morfologiche e/o litologiche suggeriscono la necessità di prestare attenzione in fase di edificazione.

B - Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico	sigla
Aree ad elevata vulnerabilità dell'acquifero sfruttato ad uso idropotabile e/o del primo acquifero	BA
Aree a bassa soggiacenza della falda o con presenza di falde sospese	BB
Aree interessate da carsismo profondo (inghiottitoi, doline)	BC

In particolare, la categoria individua con la sigla:

- *BA* un'area, di estensione molto limitata, presente al limite orientale del territorio comunale e corrispondente alla fascia di rispetto di un pozzo ad uso idropotabile presente nel comune di Scanzorosciate.
- *BB* alcune zone presenti nel settore di raccordo tra ambito collinare e montano dove si è verificata la presenza di ristagni d'acqua;
- *BC* le aree interessate da carsismo presenti sul tratto collinare a sud della Cascina Pigna.

C - Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico	sigla
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	CA
	CA_FasciaA
	CA_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	CB_FasciaB
	CB_Eb
Aree potenzialmente interessate da flussi di detrito in corrispondenza dei conoidi pedemontani di raccordo collina-pianura	CC_Cn
aree interessate, durante eventi meteorici intensi, da scorrimento acque provenienti dall'area collinare, lungo la rete stradale comunale	CD

Rispetto alle aree vulnerabili dal punto di vista idraulico, sono state riconosciute le seguenti categorie:

- *CA*: aste torrentizie dei corsi d'acqua presenti in ambito collinare;
- *CA_Fascia A*: aree interessate da alluvioni frequenti (P3/H) lungo l'asta del fiume Serio;
- *CA_Ee*: aree interessate da alluvioni frequenti (P3/H) lungo l'asta del torrente Gavarnia;
- *CB_Fascia B*: aree interessate da alluvioni poco frequenti (P2/M) lungo l'asta del fiume Serio;
- *CB_Eb*: aree interessate da alluvioni poco frequenti (P2/M) lungo l'asta del torrente Gavarnia;

- *CC_Cn*: aree a pericolosità H1+H2 in corrispondenza del conoide T. Scapla;
- *CD*: criticità di carattere idraulico individuate, nel corso di eventi meteorici recenti (in particolare maggio 2019), in corrispondenza della rete viaria comunale.

D - Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche	sigla
aree di possibile ristagno, torbose e paludose	DA
aree prevalentemente limo-argillose con limitata capacità portante	DB
aree con consistenti disomogeneità tessiturali verticali e laterali	DC
aree con riporti di materiale, aree colmate	DD

Comprende sostanzialmente le aree in cui si è individuata la presenza di:

- depositi con caratteristiche geotecniche scadenti (*DB*) corrispondenti alle alluvioni antiche terrazzate presenti in corrispondenza della fascia pedecollinare ed ai depositi eluvio-colluviali affioranti in corrispondenza del settore collinare. Localmente in queste zone si associano anche problematiche legate al ristagno di acque provenienti dalla collina (*DA*)
- aree con consistenti disomogeneità tessiturali (*DC*), individuate in corrispondenza delle conoidi;
- aree in cui si è verificata la presenza di riporti (*DD*). Si sono osservati accumuli localizzati di inerti, diffusi un po' in tutto il territorio comunale da ricondurre a “discariche temporanee di inerti”; decisamente più importanti e consistenti sono invece gli accumuli depositati negli anni lungo le rive del Serio e sul terrazzo alluvionale verso Villa di Serio.

5. FASE DI PROPOSTA

La fase di proposta è definita attraverso l'individuazione della Fattibilità geologica delle azioni di piano e delle conseguenti Norme geologiche di Piano, mediante modalità standardizzate di assegnazione della classe di fattibilità agli ambiti omogenei per pericolosità geologica e geotecnica, nonché per vulnerabilità idraulica ed idrogeologica individuati nella fase di sintesi.

Nella fase di proposta è ricompresa anche la definizione del quadro del dissesto con legenda uniformata a quella del PAI, al fine di aggiornare l'elaborato 2 del PAI.

5.1 Fattibilità geologica e delle azioni di Piano

5.1.1 Aspetti metodologici per la definizione della Fattibilità geologica

La “Carta di fattibilità geologica e delle azioni di Piano” deriva dalla valutazione incrociata degli elementi contenuti nella cartografia tematica, dei fattori geo-ambientali, territoriali, antropici e dei vincoli fisico-ambientali riportati nello strumento urbanistico. Essa è stata redatta per l'intero territorio comunale, a scala 1:5000 (Tav. 6) e 1:2500 (Tavv. 7a/b); inoltre, al fine di consentire l'aggiornamento del mosaico della fattibilità geologica nel Geoportale Regionale, è stata prodotta anche in scala 1:15000 (Tav. 8), utilizzando come base la Carta Tecnica Regionale.

Lo scopo di questo elaborato è quello di fornire al Pianificatore uno strumento che visualizzi in modo immediato la vocazione del territorio sia ai fini edilizi, sia per la realizzazione di opere di urbanizzazione indicando, in particolare, le condizioni alle quali questo processo può avvenire, nel rispetto del contesto geo-ambientale. La classificazione del territorio fornisce quindi indicazioni generali in merito alle cautele da adottare per gli interventi, per gli studi e le indagini di approfondimento da effettuare ed alle necessità di controllo dei fenomeni.

Per la redazione della Carta di fattibilità si è fatto riferimento alle indicazioni contenute nella DGR IX/2616/2011, che prevede modalità standardizzate di assegnazione della classe ad ambiti omogenei per grado di pericolosità. Al fine di garantire omogeneità e obiettività nelle valutazioni di merito tecnico, la norma prevede che la fattibilità sia desunta dalla carta di sintesi, attraverso l'incrocio delle diverse problematiche riconosciute sul territorio. In particolare, sono previste 2 diverse fasi:

- Fase 1: in cui a ciascun poligono individuato nella carta di sintesi, in base ai fattori di pericolosità/vulnerabilità individuati sul territorio, viene attribuita una classe di “fattibilità di ingresso” riportata nella tabella 1 (vincoli di natura prettamente geologica) e 1bis (ambiti ricadenti entro le fasce fluviali e le aree in dissesto PAI), della DGR IX/2616/2011 punto 3.2;
- Fase 2: dove il professionista, in base a valutazioni tecniche specifiche, può aumentare o diminuire il valore della classe di ingresso.

Relativamente al territorio comunale di Villa di Serio, alle diverse categorie individuate nella Carta di Sintesi (§ 4.2), sono state associate le classi di fattibilità riportate nella tabella seguente.

A - Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti	sigla	classe ingresso	classe Fattibilità
Aree soggette a crolli di massi (distacco e accumulo).	AA	4	4
Aree in erosione accelerata (calanchi, ruscellamento in depositi superficiali o rocce deboli)	AB	4	4
Aree interessate da trasporto in massa e flusso di detrito su conoide	AC_Ca	4*	4*
Aree a pericolosità potenziale legata a possibilità di innesco di colate in detrito e terreno valutate o calcolate in base alla pendenza e alle caratteristiche geotecniche dei terreni	AD_Cn	3	3
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)	AE	3	3
Aree estrattive attive o dismesse non ancora recuperate	AF	3	4
Pendii con pendenza superiore a 20° in presenza di coltri colluviali o spessori consistenti di suolo	STA_t	----	3
Pendii con pendenza superiore a 30° in presenza di rocce deboli	STA_r	----	3
B - Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico	sigla		
Aree ad elevata vulnerabilità dell'acquifero sfruttato ad uso idropotabile e/o del primo acquifero	BA	3	3
Aree a bassa soggiacenza della falda o con presenza di falde sospese	BB	3	3
Aree interessate da carsismo profondo (inghiottitoi, doline)	BC	4	4
C - Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico	sigla		
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	CA	4	4
	CA_FasciaA		
	CA_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	CB_FasciaB	3	3
	CB_Eb		
aree potenzialmente interessate da flussi di detrito in corrispondenza dei conoidi pedemontani di raccordo collina-pianura	CC_Cn	3	3
aree interessate, durante eventi meteorici intensi, da scorrimento acque provenienti dall'area collinare, lungo la rete stradale comunale	CD	----	3
D - Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche	sigla		
aree di possibile ristagno, torbose e paludose	DA	3	3
aree prevalentemente limo-argillose con limitata capacità portante	DB	3	3
aree con consistenti disomogeneità tessiture verticali e laterali	DC	3	3
aree con riporti di materiale, aree colmate	DD	3	3

(*) classe di fattibilità non modificabile

Si specifica che le classi di fattibilità individuate, corrispondono tutte alle “classi di ingresso” definite dalla normativa, ad eccezione della categoria “AF-Aree estrattive attive e dismesse non ancora recuperate”, dove si è deciso di incrementare la classe di ingresso, passando da 3 a 4.

Le aree esterne alle classi 3 e 4 descritte nella tabella precedente, sono state inserite in classe 2, individuando le seguenti categorie:

C - Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico	sigla	classe ingresso	classe Fattibilità
Aree interessate da alluvioni rare	FasciaC	----	2

D - Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche	sigla		
Aree di fondovalle ed aree collinari che presentano substrato roccioso affiorante o subaffiorante con acclività fino a 30°. In queste zone è possibile la presenza di terreni con caratteristiche scadenti di spessore limitato e di fenomeni risivi di modesta entità.	DC*	----	2

In sintesi, nella carta di fattibilità redatta per il territorio comunale di Villa di Serio sono state riconosciute 3 classi di pericolosità/vulnerabilità: classe 2, 3 e 4 mentre la classe 1 non è presente in ambito comunale.

Si precisa inoltre che se in un'area omogenea per pericolosità/vulnerabilità, si è riconosciuta la presenza contemporanea di più fenomeni, ad essa è stato attribuito il valore più restrittivo di classe di fattibilità e sono state indicate le sigle riferite ai vari fenomeni presenti.

5.1.2 Classi di Fattibilità geologica adottate per il territorio di Villa di Serio

Le caratteristiche specifiche di ciascuna classe sono illustrate nel seguito; esse sono comunque riportate anche sugli elaborati cartografici relativi alla CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO.

Si sottolinea comunque che la fattibilità di qualsiasi intervento e le modalità esecutive che lo regolamentano, non sono definite dalla sola Carta di Fattibilità, dove la normativa prevede che siano riportate le sole indicazioni riguardanti le problematiche geologiche, geotecniche ed idrauliche, ma dipendono anche da quanto individuato nella CARTA DEI VINCOLI, dove sono indicati anche altri elementi importanti quali i vincoli di Polizia idraulica e quelli relativi alle aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile.

Il dettaglio degli approfondimenti da effettuare e delle prescrizioni costruttive per gli interventi edificatori in funzione

- della classe di Fattibilità (vedi CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO);
- del vincolo riguardante l'area specifica (vedi CARTA DEI VINCOLI)

è poi specificato nelle **NORME GEOLOGICHE DI PIANO**.

Classe 2: Fattibilità con modeste limitazioni (colore giallo)

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso del suolo a scopo edificatorio che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine ed accorgimenti tecnico-costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa.

Nel territorio di Villa di Serio per la classe 2 sono state riconosciute le seguenti sottoclassi:

Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico

Fascia C Aree interessate da alluvioni rare (P1/L) lungo l'asta del F.Serio (RP-PGRA e Fascia A del PAI)

Aree vulnerabili dal punto di vista geotecnico

DB* Aree di fondovalle ed aree collinari che presentano substrato roccioso affiorante o subaffiorante con acclività fino a 30°. In queste zone è possibile la presenza di terreni con caratteristiche scadenti di spessore limitato e di fenomeni rovisi i modesta entità.

Classe 3: Fattibilità con consistenti limitazioni (colore arancione)

La classe comprende le zone 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, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa. Nel territorio di Villa di Serio sono presenti le seguenti sottoclassi:

CLASSE 3 - FATTIBILITA' CON CONSISTENTI LIMITAZIONI

La classe comprende le zone 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, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa.

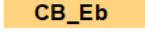
Aree pericolose dal punto di vista della stabilità dei versanti

-  **AD_Cn** Aree a pericolosità potenziale legata a possibilità di innesco di colate in detrito e terreno valutate o calcolate in base alla pendenza e alle caratteristiche geotecniche dei terreni
-  **AE** Aree a pericolosità potenziale legate alla presenza di terreni a granulometria fine (limi e argille) su pendii inclinati, comprensive delle aree di possibile accumulo
-  **AF** Aree estrattive attive o dismesse non ancora recuperate
-  **At_Ar** Aree in cui, pur non avendo riconosciuto fenomeni specifici di dissesto né attivi né quiescenti, le condizioni morfologiche e/o litologiche suggeriscono la necessità di prestare attenzione in fase di edificazione

Aree pericolose dal punto di vista idrogeologico

-  **BA** Aree ad elevata vulnerabilità dell'acquifero sfruttato ad uso idropotabile e/o del primo acquifero
-  **BB** Aree con bassa soggiacenza della falda o presenza di falde sospese

Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico

-  **CB_Fascia B** Aree interessate da alluvioni poco frequenti (P2/M) lungo l'asta del F.Serio (RP-PGRA e Fascia B del PAI)
-  **CB_Eb** Aree a pericolosità elevata (P2/M) presenti lungo l'asta del T.Gavarnia (RSCM-PGRA e area Eb del PAI)
-  **CC_Cn** Aree interessate da flussi di detrito in corrispondenza di conoidi pedemontanearee
-  **CD** Aree di pianura interessate durante eventi meteorici intensi da scorrimento di acque provenienti dalla zona collinare, lungo la rete viaria comunale

Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche

-  **DA** Aree di possibile ristagno, torbose e paludose
-  **DB** aree prevalentemente limo-argillose con limitata capacità portante
-  **DC** Aree con consistenti disomogeneità tessiture verticali e laterali
-  **DD** Aree con riporti di materiale, aree colmate

Classe 4: Fattibilità con gravi limitazioni (colore rosso)

Per questa classe, l'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso a scopo edificatorio del suolo.

Deve essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, ivi comprese quelle interrato, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti sono consentite esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 3 del DPR 380/2001, senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo. Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica.

In base ai contenuti dello studio, possono essere desunte indicazioni per l'attuazione delle opere di sistemazione idrogeologica e, per i nuclei abitati esistenti, quando non è strettamente necessario provvedere al loro trasferimento, dovranno essere fornite indicazioni da impiegarsi per la redazione/integrazione di piani di emergenza; inoltre, se il caso, dovranno essere fornite indicazioni per la predisposizione di sistemi di monitoraggio geologico che permettano di tenere sotto controllo l'evoluzione dei fenomeni in atto.

Eventuali infrastrutture pubbliche e 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. A tal fine, alle istanze per l'approvazione da parte dell'autorità comunale, deve essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.

Nel territorio di Villa di Serio per la classe 4 sono state riconosciute le seguenti sottoclassi:

Aree pericolose dal punto di vista della stabilità dei versanti

- AA** Aree soggette a crolli di massi (anche potenziali)
- AB** Aree in erosione accelerata (calanchi, ruscellamento in depositi superficiali o rocce deboli)
- AC_Ca** Aree interessate da trasporto in massa e flusso di detrito su conoide

Aree pericolose dal punto di vista idrogeologico

- BC** Aree interessate da carsismo profondo (inghiottitoi, doline)

Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico

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

- CA** Aste torrentizie dei corsi d'acqua presenti in ambito collinare
- CA_Fascia A** Aree interessate da alluvioni frequenti (P3/H) lungo l'asta del F.Serio (RP-PGRA e Fascia A del PAI)
- CA_Ee** Aree a pericolosità molto elevata (P3/H) presenti lungo l'asta del T.Gavarnia

Si precisa che, per il tracciamento delle aree interessate da alluvioni in corrispondenza del fiume Serio "CA_Fascia A", si è fatto riferimento alla DGR X/6738 del 19/06/2017 riguardante le norme previste dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni – PGRA e, più in particolare, alle indicazioni contenute al punto 3.1.4: *Disposizione per i corsi d'acqua GIA' interessati nella pianificazione di bacino vigente dalla delimitazione delle fasce fluviali*, dove si specifica che:

1. le aree allagabili individuate dal PGRA
 "... NON sostituiscono le fasce fluviali ma rappresentano un aggiornamento e una integrazione...",
2. "...fino all'adozione delle specifiche varianti PAI a scala di asta fluviale (e delle relative norme di salvaguardia) che porteranno alla revisione delle fasce fluviali vigenti, entrambe le perimetrazioni restano in vigore. In caso di sovrapposizione deve essere applicata la classificazione e di conseguenza la norma più restrittiva."

Come previsto dalla normativa vigente, nella Carta di fattibilità, sono state sovrapposte, con apposito retino "trasparente", le aree soggette ad amplificazione sismica locale (PSL), desunte dall'analisi della risposta sismica locale effettuata nell'ambito dello studio:

"Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito, finalizzata alla definizione dell'aspetto sismico nel piano di governo del territorio, dr. geoll. M. Pecchio-G. Nozza, marzo 2011"

e che si ritengono ancora valide ai fini pianificatori.

5.2 Carta PAI-PGRA

Nella DGR IX/2616/2011 si prevede l'obbligo della redazione del quadro del dissesto con legenda uniformata PAI (Elaborato 2). Tale cartografia, redatta utilizzando come base cartografica la Carta Tecnica Regionale in scala 1:5.000, deve contenere la rappresentazione delle aree in dissesto conformemente alle Tavole di delimitazione delle aree in dissesto del PAI.

In particolare per la correlazione tra classi di Pericolosità, classi di fattibilità e voci della legenda PAI, si è fatto riferimento ai contenuti della tabella 2 riportata al punto 3.2 della DGR IX/2616/2011.

Nel seguito sono indicate le tipologie di dissesto identificate nel territorio comunale di Vila di Serio.

QUADRO DEL DISSESTO CON LEGENDA UNIFORMATA PAI (Titoli I NdA PAI)		
Esondazioni e dissesti morfologici a carattere torrentizio		
	Fa	Aree di frana attiva Fa
Esondazioni e dissesti morfologici a carattere torrentizio		
	Ee	Aree a pericolosità molto elevata
	Eb	Aree a pericolosità elevata
	Em	Aree a pericolosità molto elevata
Trasporto in massa su conoidi		
	Ca	Area di conoide attiva non protetta
	Cn	Area di conoide attiva non recentemente riattivatosi o completamente protetta
FASCE FLUVIALI (Elaborato 8 del PAI)		
		Limite Fascia A
		Limite Fascia B
		Limite Fascia C
PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI - PGRA (Titolo VNdA PAI)		
Reticolo Principale (RP)		
	P3/H	Area interessate da alluvioni frequenti
	P2/M	Area interessate da alluvioni poco frequenti
	P1/L	Area interessate da alluvioni rare
Reticolo Secondario Collimare Montano (RSCM)		
	P3/H	Area interessate da alluvioni frequenti
	P2/M	Area interessate da alluvioni poco frequenti
	P1/L	Area interessate da alluvioni rare