

**Hattusas s.r.l.** consulenze e servizi nel vasto campo della geologia e dell'ambiente – rilevazioni gas radon e inquinamento indoor



sede legale: Via Roma, 37 – 24060 – Castelli Calepio (BG)  
sede operativa: Via Vespucci, 47 – 24050 – Grassobbio (BG)  
tel. 035 4425112  
e-mail: info@hattusas.it  
PEC: info@pec.hattusas.it  
WEB: www.hattusas.it

## COMUNE DI MONASTEROLO DEL CASTELLO



### AGGIORNAMENTO DELLO STUDIO GEOLOGICO COMUNALE CARTA PAI/PGRA (d.g.r. 6738/2017)

Recepimento dello studio di sottobacino del fiume Cherio e affluenti e del  
Progetto AdBPo di Variante al PAI  
Aggiornamento alla d.g.r. 7564/2022 (“sinkhole”)

### RELAZIONE TECNICA Norme di Attuazione

revisione a seguito del parere di Regione Lombardia RL\_RLAOOZ1\_2023\_3320

Zanica (Bg), 21 Settembre 2023 (16 giugno 2022)

Dott. Geol. Andrea Gritti  
Iscrizione Ordine dei Geologi della Lombardia n. 1461

Dott. Geol. Fabio Massimo Plebani  
Iscrizione Ordine dei Geologi della Lombardia n. 884

• **Documento di controllo e di sintesi**

<b>Lavoro:</b>	\\hazannu\archivio\1_HATTUSAS\HA_1_2022_01_01_002_MON ASTEROLO_dC-Amm-Com_Studio-geologico_GEO_RELAZIONI\002_22_MONASTEROLO-DEL-CASTELLO_aggiornamento-studio-geologico_rev01.docx
<b>Stato:</b>	Bozza
<b>Responsabile di progetto:</b>	Fabio Plebani
<b>Responsabile interno</b>	Fabio Plebani
<b>Titolo:</b>	Aggiornamento dello studio geologico comunale
<b>Autore/i e coordinatori documento:</b>	Fabio Plebani
<b>Cliente:</b>	Comune di Monasterolo del Castello
<b>Contatto clienti:</b>	geom. Roberto Micheli
<b>Data di emissione:</b>	
<b>No. di copie:</b>	1 PDF
<b>Numero pagine:</b>	156 + allegati
<b>Ultima stampa:</b>	
<b>Ultimo salvataggio:</b>	
<b>Trasmissione:</b>	Email
<b>Ulteriori informazioni:</b>	rivisto e aggiornato a seguito parere di RL RL_RLAOOZ1_2023_3320 pervenuto in data 11/07/2023. Si allegano le relazioni precedenti, nelle parti che mantengono ancora la validità.

•

<b>Relazione di sintesi</b>	
<b>Parole chiave</b>	Monasterolo del Castello, studio geologico comunale, d.g.r. 2616/2011, d.g.r. 6738/2017, PGRA, d.g.r. 7564/2022, sinkhole
<b>Riassunto</b>	

•

<b>Garanzia di qualità</b>					
<b>Autore</b>	<b>Revisione tecnica</b>	<b>Edito</b>	<b>Versione documento</b>	<b>Approvato per emissione</b>	
				<b>Date</b>	<b>Firma</b>
Fabio Plebani	Andrea Gritti		WC00	26/09/2023	AG

## INDICE

1.0	PREMESSA .....	7
2.0	LO STUDIO GEOLOGICO VIGENTE .....	9
3.0	LE MODIFICHE PROPOSTE .....	13
3.1	Adeguamento cartografico .....	13
3.2	Direttiva Alluvioni (2007/60/CE), revisione 2022.....	13
3.3	Adeguamento PAI-PGRA: ambito RSCM .....	17
3.4	Adeguamento PAI-PGRA: ambito RP.....	20
3.4.1	Studio Idrogeologico, idraulico e ambientale a scala di sottobacino idrografico del fiume Cherio e affluenti (Taccolini e al., 2018) .....	21
3.4.2	Il fiume Cherio: principali criticità .....	24
3.4.3	Aree di pericolosità idraulica e aggiornamento delle fasce fluviali.....	27
3.5	Adeguamento cartografico .....	29
3.6	Integrazione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio relativamente al tema “sinkhole e cavità sotterranee”.....	30
4.0	REVISIONE DELLE CLASSI DI FATTIBILITA’ IN LOC. VALLE DEL GRINO A SEGUITO DELLA REALIZZAZIONE DI OPERE DI PROTEZIONE.....	40
4.1	Informazioni preliminari.....	40
4.2	Normative di riferimento per lo studio di dettaglio dell’area .....	40
4.3	Cenni metodologici .....	42
4.4	Quadro documentale di riferimento e ricognizione dei dissesti allo stato attuale.....	43
4.4.1	Autorità di Bacino del Fiume Po (L. 183/89) .....	43
4.4.2	Inventario dei Fenomeni Franosi della Regione Lombardia .....	44
4.4.3	Studio geologico di supporto al P.G.T. ....	45
4.5	Evoluzione del territorio: esame delle ortofoto.....	47
4.6	Lineamenti generali dell’area.....	53
4.6.1	Assetto geologico e geomorfologico.....	53
4.6.2	Caratteristiche idro-meteorologiche: riferimento alle serie storiche .....	55
4.7	Analisi del bacino idrografico .....	58
4.7.1	Descrizione delle opere presenti in alveo .....	58
4.7.2	Analisi morfometrica del bacino .....	61

4.7.3	Valutazione delle portate liquide di piena .....	61
4.8	Analisi del conoide alluvionale.....	64
4.8.1	Condizioni di innesco.....	64
4.8.2	Intensità di pioggia e portata critica per innesco debris flow su conoide alluvionale .....	67
4.8.3	Analisi di moto bidimensionale .....	68
4.8.4	Determinazione della Magnitudo .....	73
4.8.5	Estensione del conoide .....	76
4.8.6	Lunghezza totale percorsa da una colata.....	77
4.8.7	Portata di picco di una colata.....	77
4.8.8	Risultati .....	78
4.9	Zonazione del conoide .....	79
4.9.1	Zonazione della pericolosità sul conoide .....	79
4.9.2	Attività torrentizia prevedibile .....	81
4.9.3	Risultati relativi alla pericolosità del conoide.....	83
4.9.4	Risultati relativi alla attività torrentizia .....	86
4.10	Pericolosità del conoide .....	88
4.11	Opere di mitigazione del rischio.....	90
4.12	Opere di sistemazione e manutenzione del fondo alveo della Valle del Grino.....	91
4.13	Verifiche idrauliche .....	96
4.13.1	Verifica delle sezioni idrauliche allo stato di fatto in condizioni di moto uniforme .....	97
4.14	Discussione dei risultati e conclusioni .....	102
4.15	Proposta di ripermetrazione e modifica della Carta PAI/PGRA e della Carta della Fattibilità geologica .....	103
5.0	NORMATIVA .....	109
5.1	Norme Tecniche di Attuazione relative agli aspetti sismici – zona sismica 3.....	109
5.2	Norme Tecniche di Attuazione relative alla fattibilità geologica per le azioni di piano .....	111
5.3	Norme tecniche di attuazione per le costruzioni in Zona PAI-PGRA.....	122
5.3.1	Aree di perimetrazione PAI .....	123
	Frane: aree interessate da frane attive (Fa) – art. 9 comma 2 .....	123
	Frane: aree interessate da frane quiescenti (Fq) – art. 9 comma 3 .....	124
	Esondazioni: aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità elevata (Eb) – art. 9 comma 6 .....	125

Trasporto di massa sui conoidi: aree di conoide attivo o potenzialmente attivo non protette da opere di difesa e di sistemazione a monte (Ca) – art. 9 comma 7 .....	126
Trasporto di massa sui conoidi: aree di conoidi attivi o potenzialmente attivi parzialmente protette da opere di difesa e di sistemazione a monte (Cp) – art. 9 comma 8.....	127
Trasporto di massa sui conoidi: aree di conoidi non recentemente riattivatisi o completamente protette da opere di difesa (Cn) – art. 9 comma 9 .....	127
5.3.2 Aree di perimetrazione PGRA (Reticolo secondario collinare montano – RSCM).....	128
Aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti (aree P3/H).....	128
Aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti (aree P2/M) .....	130
Aree potenzialmente interessate da alluvioni rare (aree P1/L) .....	130
Aree a rischio idrogeologico molto elevato (PS267). Conoidi: Zona 1 – art. 50 comma 1 e comma 2 ..	131
Aree a rischio idrogeologico molto elevato (PS267). Conoidi: Zona 2 – art. 50 comma 3.....	132
5.3.3 Fasce Fluviali.....	133
Fascia di deflusso della piena (Fascia A) – art. 29 NdA PAI .....	133
Fascia di esondazione (Fascia B) – art. 30 NdA PAI .....	135
Area di esondazione per piena catastrofica (Fascia C) – art. 31 NdA PAI .....	138
5.3.4 Disposizioni inerenti i territori che risultano soggetti ad esondazioni dovute a più cause .....	139
5.3.5 Disposizioni inerenti all’informazione relativa alla pericolosità e al rischio idraulico .....	139
5.3.6 Disposizioni inerenti agli accorgimenti edilizi da adottare per la mitigazione del rischio idraulico	140
5.3.7 Disposizioni inerenti all’asseverazione di congruità delle varianti urbanistiche alla componente geologica del PGT e alla pianificazione sovraordinata .....	142
5.3.8 Disposizioni inerenti agli interventi edilizi.....	142
5.4 Disposizioni concernenti le verifiche del rischio idraulico degli impianti esistenti di trattamento delle acque reflue, di gestione dei rifiuti e di approvvigionamento idropotabile ricadenti in aree interessate da alluvioni, in attuazione degli articoli 19 bis, 38 bis e 62 delle Norme di Attuazione del Piano stralcio per l’assetto idrogeologico (PAI) del bacino del fiume Po.....	143
5.5 Indicazioni per il rispetto del principio di invarianza idraulica.....	144
5.6 Reticolo idrico e norme di polizia idraulica .....	144
5.7 Salvaguardia delle aree di approvvigionamento idropotabile .....	144
5.8 Radiazioni ionizzanti (protezione dal gas radon) .....	145
Riferimenti legislativi e norme tecniche di riferimento .....	146
Limiti delle concentrazioni di gas radon negli edifici .....	148

Applicabilità delle presenti norme.....	148
Modalità di rilevazione delle concentrazioni di gas radon ed organismi di rilevazione .....	150
Modalità di esecuzione della misurazione di concentrazione media annua di attività di radon in aria	151
Contenuto della relazione tecnica di cui all’art. 17 comma 6.....	152
Requisiti minimi dei servizi di dosimetria di cui all’articolo 17, comma 7 .....	153
Schema di Regolamento Edilizio con riferimento alle problematiche relative al gas radon.....	155
6.0 CONCLUSIONI.....	157

## 1.0 PREMESSA

Come previsto dalle normative vigenti, l'Amministrazione Comunale di Monasterolo del Castello ha provveduto, nell'ambito delle proprie prerogative, ad avviare le procedure per la revisione e **l'aggiornamento dello studio geologico comunale relativamente alle aree PAI/PGRA** e conseguentemente alla Carta di fattibilità geologica per le azioni di piano, secondo quanto previsto dalla **d.g.r. 19 giugno 2017 n. X/6738** ("Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del piano di gestione dei rischi di alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza, ai sensi dell'art. 58 delle norme di attuazione del piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI) del bacino del Fiume Po così come integrate dalla variante adottata in data 7 dicembre 2016 con deliberazione n. 5 dal comitato istituzionale dell'autorità di bacino del Fiume Po") e dalla **d.g.r. 26 aprile 2022 n. XI/6314** ("Modifiche ai criteri e indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12 approvati con d.g.r. 2616/2011 e integrati con d.g.r. 6738/2017").

La d.g.r. n. 2616/2011, che detta i criteri per la redazione degli studi geologici comunali, riporta in allegato l'elenco della documentazione che deve essere consultata obbligatoriamente "nella fase iniziale di ricerca storica e bibliografica della componente geologica del PGT": "eventuali difformità con tali elementi di riferimento, devono essere puntualmente motivate". L'allegato è stato aggiornato con d.g.r. n. 6702/2022 ("Aggiornamento 2022 dell'allegato 1 ai criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12 approvati con d.g.r. 30 novembre 2011, n. 2616"), aggiungendo i lavori e gli studi nel frattempo predisposti ed approvati da Regione Lombardia.

Inoltre, le presenti note tecniche (e di conseguenza le cartografie di aggiornamento dello studio geologico) tengono conto e descrivono gli approfondimenti relativi ad una istanza pervenuta al Comune di Monasterolo del Castello in merito alla possibilità di revisione delle classi di fattibilità geologica in un ambito territoriale localizzato, a seguito di uno **studio di**

**dettaglio della pericolosità del conoide alluvionale della Valle del Grino<sup>1</sup>** e in questa sede, seguendo il parere regionale del 1/10/2014, ripreso e riverificato nei contenuti e nelle conclusioni, pur mantenendone complessivamente l'impianto e lo svolgimento degli approfondimenti tecnici, e della realizzazione lungo un tratto di alveo delle opere per la mitigazione del rischio previste nel medesimo studio di dettaglio e nel frattempo eseguite.

\*\*\*

Il presente studio è stato trasmesso in prima istanza in data 14 novembre 2022 dal Comune di Monasterolo del Castello e successivamente, a seguito di ulteriore definizione delle procedure amministrative regionali, in data 9 maggio 2023 (prot. Z1.2023.17093) a Regione Lombardia, Direzione Generale Territorio e Protezione Civile, Urbanistica e Assetto del Territorio, Pianificazione dell'Assetto Idrogeologico, Reticoli e Demanio Idrico, per l'espressione del parere di competenza (RL\_RLAOOZ1\_2023\_3320) con il quale si comunica al Comune che l'aggiornamento "per essere ritenuto conforme ai contenuti della verifica di compatibilità di cui all'art. 18 delle N.d.A. del P.A.I. (...) richiede un adeguamento alle prescrizioni dettagliate" nel parere stesso.

La relazione e le cartografie dello studio geologico sono stati dunque rivisti ed aggiornati alla luce del parere regionale sospensivo, integrandoli con quanto previsto dalla **d.g.r. 7564/2022 relativa ai "sinkhole"** e più in generale alle aree carsiche, peraltro già indicate e cartografate nello studio geologico vigente (2014).<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Lo studio di dettaglio venne redatto in origine nel luglio 2014 ed allegato ad osservazione alla variante 2014 dello studio geologico e del PGT comunale – poi approvato con parere regionale che ha in quella sede rinviato la valutazione del documento tecnico non preventivamente assunto in proprio dal Comune: "È stato inoltre trasmesso a questi uffici copia dello "Studio di dettaglio per la proposta di azionamento del conoide P.A.I. in località Val del grino", redatto dal Dott. Geol. Michele Suardi di Lardirago (PV), datato luglio 2014 e redatto a supporto di una osservazione al P.G.T. Si chiede a codesta Amministrazione quali siano gli intendimenti riguardo a tale osservazione {modifica o meno del quadro del dissesto P.A.I. del territorio comunale, oggetto del presente parere), al fine di indirizzare l'eventuale istruttoria che, così come ora formulata, non è conforme alle procedure e alle tempistiche di approvazione del P.G.T. Si ricorda, a tal proposito, che ai sensi dell'art. 13, comma 7 della l.r. 12/2005, l'unico ente titolato all'esame delle osservazioni al P.G.T. è il Consiglio Comunale" (da parere RL - Protocollo numero 241.2014.0012564 del 01/10/2014).

<sup>2</sup> v. parere Regione Lombardia RL\_RLAOOZ1\_2023\_3320: "A titolo collaborativo, in merito all'individuazione delle aree caratterizzate da carsismo profondo (caratterizzate da inghiottitoi e doline) e della relativa normativa, s'invita a verificare la necessità di aggiornamenti/integrazioni alla luce dell'approvazione della d.g.r. n. 7564/2022 - Integrazione dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT, relativa al tema degli sprofondamenti (sinkhole)".

## 2.0 LO STUDIO GEOLOGICO VIGENTE

Il Comune di Monasterolo del Castello (Provincia di Bergamo), si è dotato di uno studio geologico, redatto a cura del Dott. Geol. Fabio Plebani, fin dall'anno **2002**: comprendeva una relazione tecnica e una serie di carte tematiche, nel rispetto di quanto previsto dall'allora vigente legge regionale 24 novembre 1997, n. 41 *“Prevenzione del rischio geologico, idrogeologico e sismico mediante strumenti urbanistici generali e loro varianti”*; mediante parere del 18 dicembre 2002, prot. Z1.2002.56680, la Regione Lombardia comunicava la conformità dello studio geologico alla d.g.r. 7/6645/2001, allora vigente, pur con alcune prescrizioni che sono state successivamente recepite nella versione definitiva dello studio, nonché con indicazioni operative per la corretta entrata in vigore ed approvazione formale dello studio stesso.

Successivamente, **nell'anno 2012**, l'Amministrazione Comunale ha affidato un nuovo incarico ai Geoll. Fabio Plebani e Andrea Gritti al fine di procedere all'adeguamento del precedente studio geologico del territorio comunale secondo le disposizioni in materia previste dalla l.r. 12/2005 *“per il governo del territorio”* e relativi criteri attuativi (d.g.r. n. 8/1566/2005 e n. 8/7374/2008), con particolare riferimento all'adeguamento dello studio alle disposizioni normative in materia antisismica e alla predisposizione di una nuova Carta del dissesto con legenda uniformata PAI, aggiornata sulla base delle indicazioni contenute nell'Inventario dei dissesti della Regione Lombardia. Nell'occasione, lo studio geologico del 2002 è stato completamente rivisto ed aggiornato: nella relazione tecnica di accompagnamento sono state riprese le descrizioni generali riferite al quadro conoscitivo, comprese le tavole grafiche, mentre le fasi di analisi/valutazione sono state sostituite ed aggiornate sulla base delle – allora - più recenti indicazioni normative. Gli elaborati costitutivi dello studio del 2012, portato a compimento ed approvato definitivamente nel 2014, dunque, hanno sostituito integralmente lo studio geologico del 2002, entrando far parte della documentazione fondamentale del Piano di Governo del Territorio.

Come detto, gli studi iniziati nel 2012 hanno avuto esito formale nell'anno **2014**: con nota prot. Z1.2014.0012564 del 01/10/2014 Regione Lombardia ha espresso parere di conformità

dello studio geologico ai “criteri di attuazione della l.r. 12/2005 in campo geologico e ai contenuti della verifica di compatibilità di cui all’art. 18 delle N.d.A del PAI”.

Successivamente, nell’anno **2016**, a cura dello Studio Associato Hattusas (Dott. Geol. F. Plebani, Dott. Geol. A. Gritti, Dott. Geol. S. Cocchi e Dott. Nat. M. Mutti) è stata proposta una “verifica parziale in seguito a ricognizione cartografica di dettaglio delle aree a rischio idrogeologico molto elevato in loc. Monasterola – Valle Spirola” su segnalazione pervenuta da parte dell’ufficio tecnico comunale, che paventava la presenza nella cartografia di piano approvata di alcune lievi difformità tra i perimetri riportati sulla carta dei dissesti, licenziata da Regione Lombardia nel 2014, e il reale stato del dissesto, così come riportato nella scheda 012-LO-BG di riferimento: con nota RL\_RLAOOZ1\_2016\_1875, anche la rettifica parziale delle delimitazioni PAI in Valle Spirola è stata ritenuta da Regione Lombardia “conforme ai criteri di attuazione della l.r. 12/05 in campo geologico e ai contenuti della verifica di compatibilità di cui all’art. 18 delle N.d.A. del PAI”.

Infine, nel 2017 è stata completata la predisposizione, con i relativi aggiornamenti e adeguamenti previsti dai pareri regionali, dei file .shp della fattibilità geologica e della pericolosità sismica locale per la pubblicazione sui SIT regionale (GeoPortale).

Le cartografie interessate dal presente aggiornamento dovranno essere riadottate e riapprovate nell’ambito dell’iter autorizzativo della variante dello strumento urbanistico, secondo le prescrizioni di cui alla d.g.r. 6314/2022.

**A seguito del presente aggiornamento dovranno essere dunque nuovamente adottati/approvati ex novo i seguenti documenti** (che sostituiranno i vigenti):

- Relazione tecnica illustrativa e normativa, aggiornata con i riferimenti alle nuove direttive in materia di rischio di alluvione e alle nuove procedure di approvazione della componente geologica comunale
- Tavola 4 - Carta dei Vincoli in scala 1:5.000
- Tavola 5 - Carta PSL (Pericolosità Sismica Locale) in scala 1:5.000
- Tavola 6 – Carta di Sintesi in scala 1:5000
- Tavola 7 - Carta della fattibilità geologica in scala 1:5.000
- Tavola 7a - Carta della fattibilità geologica settore Nord in scala 1:2.000

- Tavola 7b - Carta della fattibilità geologica settore Sud in scala 1:2.000
- Tavola 8 - Carta PAI-PGRA in scala 1:5.000

**Mantengono la validità i seguenti documenti, che continuano a far parte dello studio geologico comunale (v. pareri favorevoli di Regione Lombardia):**

- Relazione tecnica allegata all'aggiornamento alla componente sismica (ottobre 2014), con esclusione dell'apparato normativo
- Relazione tecnica per "Rettifica parziale in seguito a ricognizione cartografica di dettaglio delle aree a rischio idrogeologico molto elevato in loc. Monasterola – Valle Spirola" (marzo 2016)
- Tavola 1 - Carta geologica (Plebani-Gritti, 2014)
- Tavola 2 - Carta geomorfologica (Plebani-Gritti, 2014)
- Tavola 3 - Carta idrogeologica (Plebani-Gritti, 2014).

**Mantiene la validità**, pur non facendo parte dello studio geologico, quale elaborato di settore, **lo studio per la determinazione del Reticolo Idrico Minore (R.I.M.)**, finalizzato alla gestione della polizia idraulica per le competenze comunali, approvato da Regione Lombardia nell'anno 2014: ad esso si deve fare riferimento per qualunque indicazione relativamente alle fasce di rispetto e ai vincoli di polizia idraulica, rappresentati indicativamente nella tavola dei vincoli dello studio geologico.

La presente relazione descrive nei particolari le azioni che hanno portato alla redazione delle cartografie e delle normative aggiornate. Per le descrizioni e le informazioni sull'assetto generale e sulle cartografie che ancora mantengono la validità, si rimanda alla documentazione vigente sopra elencata, per le parti che non vengono ad ora modificate.

Come richiesto nel parere regionale, per completezza documentale vengono allegate le precedenti relazioni tecniche e le cartografie, per le parti ancora valide e non modificate dal

presente aggiornamento, nonché eventuali progetti di sistemazione idrogeologica nel frattempo realizzati.<sup>3</sup>

La **d.g.r. 6314/2022**, alla quale si rimanda e che si allega, per la parte di interesse, alla presente relazione, fornisce precise indicazioni in merito alle procedure amministrative che i Comuni devono seguire per l'approvazione e il recepimento delle varianti, tra le altre, alla componente geologica territoriale (v. All. A "Aggiornamento dello schema 2 parte 4 – Procedure di coordinamento dell'attività istruttoria"): si fa nel nostro caso specifico riferimento al **"Caso 1 \_ La componente geologica del PGT contiene proposte di aggiornamento alla cartografia del PAI e PGRA"**.

La proposta di aggiornamento dello studio geologico al PAI/PGRA dovrà essere accompagnata dall'Asseverazione di cui all'Allegato 1 della medesima d.g.r. 6314/2022.

---

<sup>3</sup> v. parere Regione Lombardia RL\_RLAOOZ1\_2023\_3320: "b) è opportuno aggiornare la relazione tecnica e la cartografia di analisi della componente geologica, integrando organicamente le successive relazioni di dettaglio prodotte (incluso l'aggiornamento sismico) e tutti i dati acquisiti nel tempo relativi, ad esempio, alle opere di difesa del suolo realizzate, alle stazioni di monitoraggio e agli eventi di dissesto".

### 3.0 LE MODIFICHE PROPOSTE

#### 3.1 Adeguamento cartografico

Come accennato, una parte importante del lavoro svolto è stato l'adeguamento cartografico delle tavole di sintesi/valutazione e della carta di fattibilità geologica, riportando le informazioni e le elaborazioni sulle basi cartografiche più aggiornate e con una migliore visibilità di tratto e di colore.

Ciò ha comportato naturalmente la sistemazione in primis della carta dei vincoli e, ove necessario, della carta di fattibilità geologica, oltre che, come anche successivamente descritto, della Carta del PAI-PGRA.

#### 3.2 Direttiva Alluvioni (2007/60/CE), revisione 2022

La Direttiva Alluvioni (PGRA), recentemente approvata ed oggi vigente, è stata a sua volta oggetto della d.g.r. n. 6738/2017, che detta le “disposizioni regionali per l'attuazione del Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza (...)”.

Il PGRA è corredato da cartografie di dettaglio, le “mappe della pericolosità” e le “mappe del rischio” disponibili sul GeoPortale di Regione Lombardia, che “rappresentano un aggiornamento ed integrazione del quadro conoscitivo rappresentato negli elaborati del PAI”, di cui i Comuni debbono da subito tenerne conto “in sede di attuazione dei propri strumenti pianificatori e in funzione dei loro successivi aggiornamenti e riesami”.

Nella d.g.r. n. 6738/2017 viene specificato come il Comune di Monasterolo del Castello sia interessato, nel contesto specifico, da aree allagabili in ambito RP (Reticolo Principale di Pianura e di Fondovalle), al quale appartiene il Fiume Cherio, e RSCM (Reticolo Secondario Collinare Montano), al quale appartengono le valli di Torrezzo, Spirola, del Colle, di Clep, di Corno Vadul, Moj e del Grino.

La medesima d.g.r. 6738/2017, peraltro, prescrive che *“nel momento in cui i Comuni procedono all'adeguamento dei propri strumenti urbanistici predispongono una carta PAI-*

*PGRA nella quale tracciano, alla scala dello strumento urbanistico ed utilizzandone la medesima base topografica, tutti gli elementi che derivano dal recepimento alla scala comunale dei contenuti del PAI e del PGRA, incluse le eventuali modifiche proposte, ed in particolare: Fasce fluviali PAI tracciate alla scala dello strumento urbanistico comunale con gli aggiustamenti morfologici eventualmente operati ai sensi dell'art. 27 comma 3 delle N.d.A. del PAI; Aree allagabili sui corsi d'acqua principali, classificate come RP -P3/H, RP-P2/M e RP-P1/L; Aree allagabili su reticolo secondario collinare e montano, classificate secondo la legenda dell'Elaborato 2 del PAI; Altri fenomeni di dissesto (frane, valanghe, RME per frana e valanga) classificati secondo la legenda dell'Elaborato 2 del PAI (...)"*.

Il fiume Cherio e i principali suoi affluenti – che non coinvolgono tuttavia il territorio comunale di Monasterolo del Castello – sono stati interessati da un dettagliato ed approfondito studio idraulico (“Studio idrogeologico, idraulico e ambientale a scala di sottobacino idrografico del fiume Cherio e affluenti”, Taccolini ed al., 2018), recepito da Regione Lombardia, in ottemperanza a quanto previsto ancora dalla d.g.r. 6738/2017, che ha portato alla proposta di delimitazione delle aree allagabili per diversi scenari di pericolosità:

- aree P3 (H nella cartografia), o *aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti;*
- aree P2 (M nella cartografia), o *aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti;*
- aree P1(L nella cartografia), o *aree potenzialmente interessate da alluvioni rare.*

Le proposte di delimitazione delle aree allagabili e dei relativi scenari di pericolosità, derivanti dagli studi di dettaglio, rappresentano un aggiornamento e integrazione del quadro conoscitivo rappresentato negli Elaborati del PAI, senza tuttavia rappresentare la “valutazione più dettagliata delle condizioni di pericolosità e di rischio locali”, svolte secondo le metodologie riportate nell’Allegato 4 della d.g.r. 2616/2011, per le quali sono necessari i dati, peraltro utilizzati nello studio idraulico e citati nella relazione tecnica di accompagnamento, di velocità e di altezza (tiranti) delle acque di esondazione.

Infine, come prescrive la d.g.r. 6738/2017, i Comuni, all’interno delle aree con diversa pericolosità, “entro e non oltre i termini stabiliti dall’art. 5 della l.r. 31/2014 per l’adeguamento del Piano di Governo del Territorio (PGT), **procedono** con il recepimento delle aree allagabili e

*relative norme (incluse quelle di dettaglio derivanti dalla valutazione del rischio svolta sugli edificati esistenti che si trovano a ricadere entro le aree allagabili P3/H e P2/M) nello strumento urbanistico comunale secondo le modalità già definite per le fasce fluviali nelle N.d.A. del PAI nonché nella d.g.r. IX/2616/2011, parte II, paragrafo 5.1, punti 1 e 2. Considerato che per il tracciamento delle aree allagabili si sono utilizzati rilievi LIDAR di elevato dettaglio e che le aree allagabili rappresentano uno step del percorso per l'introduzione delle fasce fluviali, gli aggiustamenti morfologici previsti al comma 3 art. 27 delle N.d.A. del PAI e dalla d.g.r. IX/2616/2011 non sono di norma consentiti o devono essere adeguatamente motivati; (...) il tracciamento alla scala locale dei limiti delle aree allagabili, da effettuarsi sulla medesima base topografica del PGT, sarà consegnato a Regione nell'ambito delle procedure di pubblicazione degli strumenti urbanistici comunali attraverso la carta PAIPGRA (...)"*.

Nel presente studio si è fatto dunque riferimento alle conclusioni dello studio idraulico di dettaglio (Tacolini ed al., 2018) e alla conseguente proposta di delimitazione delle aree PAI/PGRA, riviste e valutate localmente anche alla luce delle condizioni morfologiche e topografiche, recepite senza modifiche in aggiornamento e completamento delle aree già segnalate e rappresentate nella Carta PAI vigente.

La documentazione di riferimento per la c.d. Direttiva Alluvioni comprende, almeno fino all'aggiornamento 2020 disponibile sul GeoPortale di Regione Lombardia, oltre alle Carte della Pericolosità, comprende anche le Carte del Rischio, in cui vengono indicate le potenziali conseguenze negative derivanti da alluvioni per ciascuno dei tre scenari di pericolosità.

Il D.Lgs 49/2010, di recepimento della Direttiva, prevede 4 classi di rischio espresse in termini di:

- numero di abitanti potenzialmente interessati;
- infrastrutture e strutture strategiche;
- beni ambientali, storici e culturali;
- distribuzione e tipologia delle attività economiche;
- presenza di impianti potenzialmente inquinanti ([Allegato I D.Lgs 59/2005](#)) e di aree protette ([Allegato 9 parte III D.Lgs 152/2006](#));

- altre informazioni considerate utili, come le aree soggette ad alluvioni con elevato volume di trasporto solido e colate detritiche o informazioni su fonti rilevanti di inquinamento.

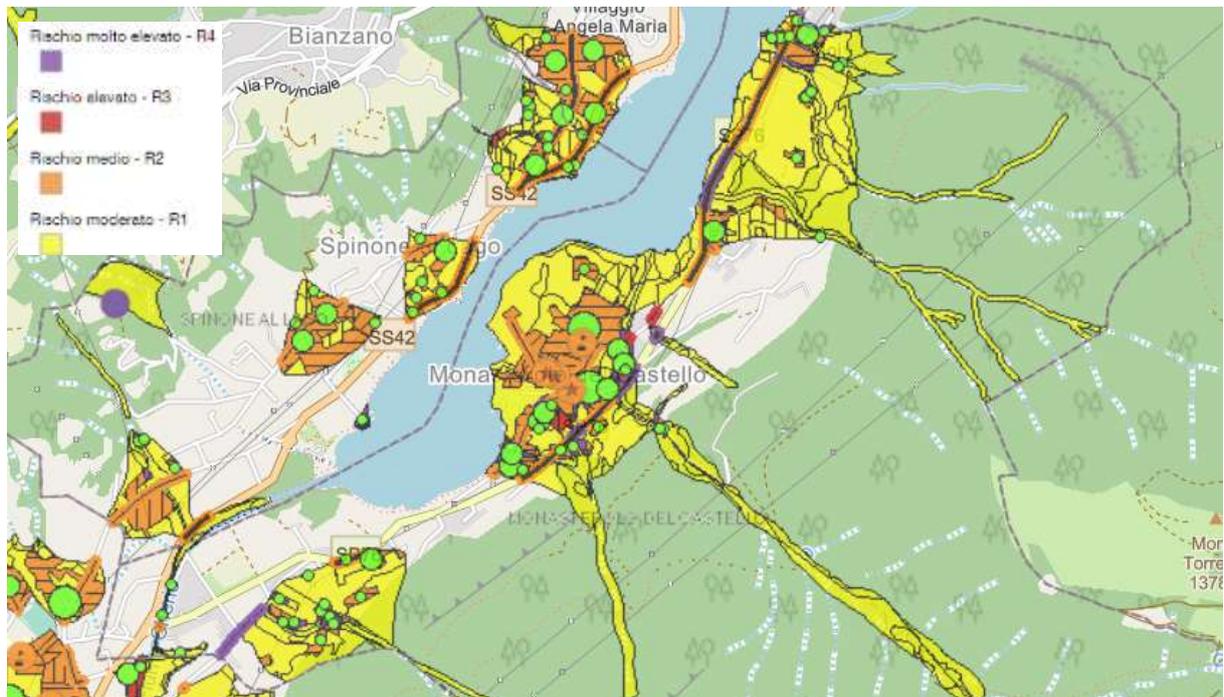


Figura 1 - Direttiva Alluvioni 2007/60/CE - Revisione 2022. Carta delle classi di rischio (GeoPortale Regione Lombardia)



Figura 2 - Direttiva Alluvioni 2007/60/CE - Revisione 2022. Carta delle classi di rischio Monasterolo centro e Cherio-valle del Grino (GeoPortale Regione Lombardia)

La d.g.r. 6738/2017 prevede che, nelle aree allagabili per la piena frequente (P3/H), poco frequente (P2/M) e rara (P1/L), entro le aree che risultano classificate come R4 - rischio molto elevato i Comuni sono tenuti a effettuare una valutazione più dettagliata delle condizioni di pericolosità e rischio locali, secondo le metodologie riportate nell'Allegato 4 alla d.g.r. IX/2616/2011.

**Si ritiene che la richiesta di una valutazione più dettagliata sia stata ottemperata, per quanto riguarda il Cherio, con la proposta (e la relativa approvazione) dello studio idraulico di sottobacino del 2018 ed infine, con la determinazione e delimitazione delle fasce fluviali, mentre per le aree R4 relative al RSCM, di estensione complessivamente limitata, sia sufficientemente cautelativa l'attribuzione alla classe 4 di fattibilità geologica, con la relativa normativa di attuazione o, nel caso dei tratti lungo la viabilità, con opportuni rimandi e precauzioni da prevedere nel Piano Comunale di Protezione Civile<sup>4</sup>.**

Dall'esame delle cartografie delle classi di rischio presenti nel Geoportale di Regione Lombardia si coglie che le classi di rischio più severo R3 e, soprattutto, R4, si trovano in corrispondenza di tratti del reticolo idrografico già rappresentati nel PAI e in gran parte classificati in classe 4 di fattibilità geologica – peraltro confermata – o lungo i tratti stradali che interferiscono con le aree PAI a pericolosità più elevata.

### 3.3 Adeguamento PAI-PGRA: ambito RSCM

L'estensione delle aree a rischio di esondazione lungo il reticolo idrografico RSCM ("Reticolo Secondario Collinare Montano"), rappresentate nella cartografia del PAI, è stata ripresa dagli studi dell'Autorità di Bacino che hanno provveduto alla determinazione, anche cartografica, delle aree di possibile esondazione, rappresentabili nella carta PAI con le sigle Em, Eb, Ee, indicatrici rispettivamente di pericolosità bassa, moderata ed elevata.

---

<sup>4</sup> v. parere Regione Lombardia RL\_RLAOOZ1\_2023\_3320: "Considerato che, come riportato nella Relazione tecnica, la componente geologica viene aggiornata in adeguamento al PGRA secondo le disposizioni contenute nella d.g.r. 6738/2017, si rileva l'assenza della prevista valutazione di dettaglio della pericolosità e del rischio sulle aree classificate a rischio R4 nelle mappe PGRA vigenti, pur essendo state date indicazioni in merito agli accorgimenti da seguire per la mitigazione del rischio sulle aree già edificate, ripresi dall'Allegato 2 ai criteri approvati con d.g.r. 2616/2011".

La Direttiva Alluvioni (PGRA), recentemente approvata ed oggi vigente, è stata a sua volta oggetto della d.g.r. 6738/2017, che detta le “disposizioni regionali per l'attuazione del Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza (...)”.

Il PGRA è corredato da cartografie di dettaglio, le “mappe della pericolosità” e le “mappe del rischio” disponibili sul GeoPortale di Regione Lombardia, che “rappresentano un aggiornamento ed integrazione del quadro conoscitivo rappresentato negli elaborati del PAI”, di cui i Comuni debbono da subito tenerne conto “in sede di attuazione dei propri strumenti pianificatori e in funzione dei loro successivi aggiornamenti e riesami”.

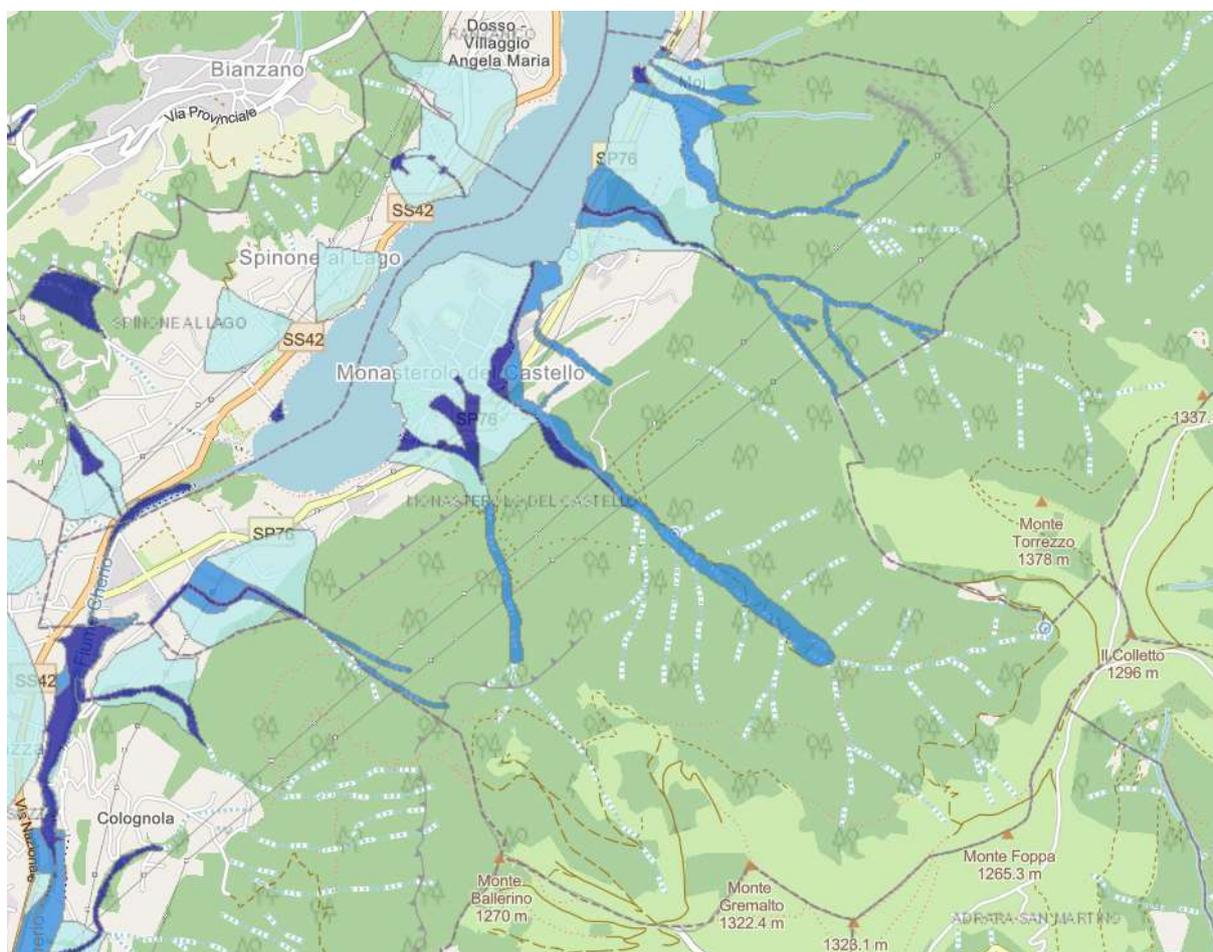


Figura 3 - Direttiva Alluvioni 2007/60/CE, revisione 2022 (Geoportale RL)

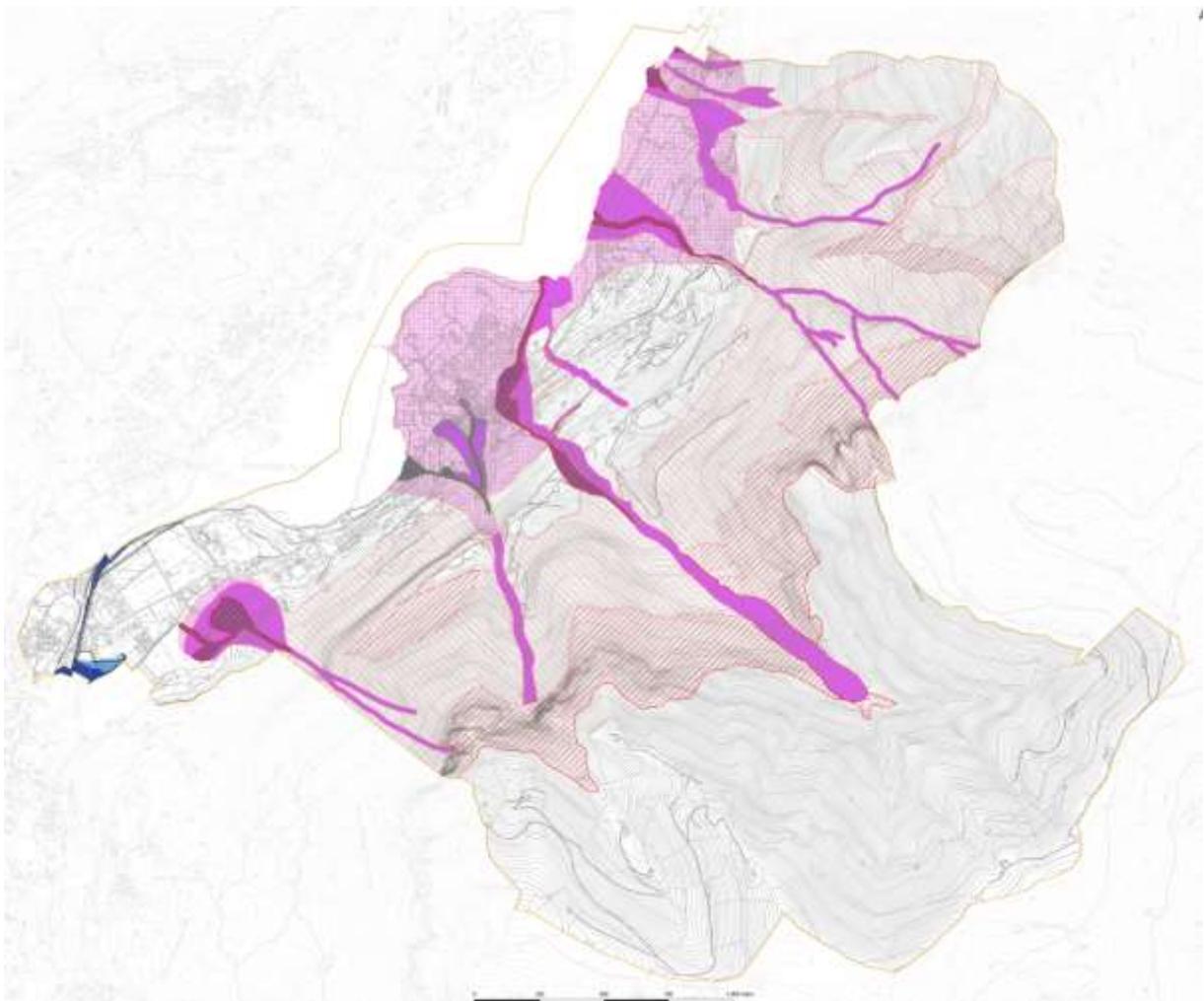
Nella d.g.r. 6738/2017 viene specificato, a proposito del **Reticolo secondario collinare e montano (RSCM)**, che le aree allagabili delimitate nelle mappe di pericolosità del PGRA corrispondono in gran parte alle aree già classificate come Ee, Eb, Em, nell'Elaborato 2 del PAI aggiornato dai Comuni.

Le cartografie disponibili sul GeoPortale di Regione Lombardia, che rappresentano le aree segnalate nel Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA in attuazione della cosiddetta "Direttiva Alluvioni", nella revisione definitiva del 2022) riprendono sostanzialmente, per quanto riguarda il reticolo idrografico (RSCM) le superfici ed i poligoni riconosciuti e descritti nella vigente carta PAI dello studio geologico comunale e riconfermate nella nuova carta PAI-PGRA.

Dalla **d.g.r. 6738/2017** l'ambito territoriale di riferimento per il **"reticolo secondario collinare e montano (RSCM)"** è "quello corrispondente alla parte montana e collinare del territorio regionale già oggetto, a seguito dell'approvazione del PAI, all'obbligo di effettuare le verifiche di compatibilità di cui all'art. 18 delle N.d.A. del PAI e proporre aggiornamenti all'Elaborato 2 del PAI. (...) Le aree allagabili presenti nelle mappe del PGRA per l'ambito territoriale RSCM14 corrispondono infatti in gran parte alle aree già classificate come Ee, Eb, Em, Ca, Cp, Cn nell'Elaborato 2 del PAI aggiornato dai Comuni tramite la procedura di cui all'art. 18 delle N.d.A. del PAI, nonché alle aree a rischio idrogeologico molto elevato di tipo idraulico<sup>15</sup> che ricadono in tale territorio"; le " aree esondabili che sono già individuate nell'Elaborato 2 del PAI mantengono la normativa già vigente, ai sensi dell'articolo 9, commi da 5 a 9 (aree Ee, Eb, Em, Ca, Cp, Cn) e del Titolo IV, per le aree a rischio idrogeologico molto elevato".

Per la descrizione dettagliata della rete idrografica superficiale riferibile al RSCM (reticolo idrografico principale e minore, con l'esclusione del Cherio) si rimanda alla relazione tecnica del 2014, allegata alla presente relazione, nella quale, oltre alla descrizione del reticolo idrografico (Valle di Torrezzo, Valle Spirola, Valle del Colle, Valle di Clep, Valle di Corno Vadul, Valle Moj e Valle del Grino), si forniscono approfondimenti e descrizioni – troppo estese per poterle riportare nella presente relazione – riferite alle "analisi dei rischi connessi al reticolo idrografico", alle "prime valutazioni sulla pericolosità delle conoidi", alla "caratterizzazione

idraulica e geomorfologica delle conoidi”, alla “valutazione del rischio” ed infine alle “considerazioni sul grado di rischio associato a reticolo idrografico minore”: tutto ciò ha trovato riscontro nelle cartografie, in particolare la carta della fattibilità geologica, che non viene modificata nelle linee generali, se non nelle parti per le quali è stato richiesto l’adeguamento alla c.d. “Direttiva Alluvioni” e allo studio di approfondimento del conoide della Valle del Grino.



*Figura 4 - Direttiva Alluvioni 2007/60/CE, proposta di aggiornamento*

### **3.4 Adeguamento PAI-PGRA: ambito RP**

Così come richiesto nel parere di Regione Lombardia<sup>5</sup>, lo studio geologico comunale viene integrato con gli esiti dello studio idraulico di Taccolini ed al. (2018), che approfondisce e verifica, nell'ambito del territorio comunale di Monasterolo del Castello, le condizioni idrauliche del solo torrente Cherio.

Le valli minori, **non interessate dallo studio di sottobacino**, ma comprese nel "reticolo secondario collinare montano" e dunque presenti nella vigente Carta PAI e ora riproposti nella Carta PAI/PGRA, come già accennato sono descritte nella relazione del 2014, qui ripresa in allegato.

#### 3.4.1 Studio Idrogeologico, idraulico e ambientale a scala di sottobacino idrografico del fiume Cherio e affluenti (Taccolini e al., 2018)

Nel 2018, per conto di Regione Lombardia e della Comunità Montana dei Laghi Bergamaschi, è stato predisposto lo "Studio idrogeologico, idraulico e ambientale a scala di sottobacino del fiume Cherio e affluenti", a cura di Studio Taccolini Ingegneri Associati e Studio Majone & Partners Engineering, dal quale si riprendono alcuni stralci cartografici significativi per l'area in oggetto.

L'Atlante planimetrico, con la rappresentazione sintetica delle opere e delle sezioni trasversali di verifica, comprende l'area in esame nel Riquadro RQ\_CI\_01 per quanto riguarda il fiume Cherio.

Per quanto riguarda le finalità del presente studio, si segnala che lo studio idraulico prende in considerazione, a supporto e preliminarmente alla determinazione delle fasce di esondazione, gli attraversamenti, descritti singolarmente da una sezione topografica e dalla verifica della loro compatibilità in funzione dei livelli di piena calcolati.

---

<sup>5</sup> v. parere Regione Lombardia RL\_RLAOOZ1\_2023\_3320: "e) in nessuno degli elaborati (comprese le asseverazioni e gli strati vettoriali) vengono citate né riportate le aree allagabili (ambito RP) e le fasce fluviali relative al Fiume Cherio; le prime introdotte nel 2013 e modificate con la variante d'asta (approvata con decreto Segretario Generale AdB Po n. 48 del 13/04/2022) che ha introdotto altresì la delimitazione delle fasce fluviali"



Figura 5 - Atlante planimetrico fiume Cherio - Quadro d'unione (Tacolini ed al., 2018)

Ciascun attraversamento viene classificato come: adeguato e compatibile (franco idraulico tra intradosso e livello di piena centenario superiore a 1 m); adeguato ma non compatibile (franco idraulico inferiore a 1 m, ma l'intradosso non risulta sommerso; non adeguato e non compatibile (l'intradosso risulta sommerso).

Per quanto riguarda il fiume Cherio sono segnalati n. 2 attraversamenti; per essi è proposta la verifica idraulica, dalla quale risulta per il primo una condizione di "ponte non adeguato e non compatibile", per il secondo una condizione di "ponte adeguato, ma non compatibile":

AT_CI_01	CHERIO	Monasterolo del Castello	LAGO DI ENDINE -PASSEGGIATA MAZZINI - VIA CASTELLO	571343.54	5067672.21
AT_CI_02	CHERIO	Monasterolo del Castello	MONATEROLO D.C. - SP N. 76 - VIA GARIBALDI	570948.88	5067202.2

id	NOME_AT	RETICOLO	COMUNE	FUNZIONAME	COORD_EST	COORD_NORD
1	AT_CI_01	CHERIO	Monasterolo del Castello	Ponte non adeguato e non compatibile	571343.54	5067672.21
2	AT_CI_02	CHERIO	Monasterolo del Castello	Ponte adeguato ma non compatibile	570948.88	5067202.2

Tale condizione sembra incidere significativamente sul rischio di esondazione in destra idrografica, in corrispondenza del tratto di fiume Cherio in Comune di Spinone al Lago, con fenomeni che già con T10 possono cominciare ad interessare i settori altimetricamente più

depressi dell'estesa area non urbanizzata posta in corrispondenza della piana alluvionale, al piede del terrazzo morfologico.

In generale, comunque, la disamina delle carte delle **esondazioni allo stato di fatto**, con tempi di ritorno di 10 anni, 100 e 500 anni, rappresenta, per quanto riguarda il solo Comune di Monasterolo del Castello, potenziali situazioni critiche in aree molto limitate, praticamente corrispondenti all'alveo del corso d'acqua o solo limitrofe ad esso nel settore più a monte.

Le note riassunte di seguito riprendono sostanzialmente le descrizioni del singolo corso d'acqua contenute nel citato "STUDIO IDROGEOLOGICO, IDRAULICO E AMBIENTALE A SCALA DI SOTTOBACINO IDROGRAFICO DEL FIUME CHERIO E AFFLUENTI" (Taccolini ed al., 2018).

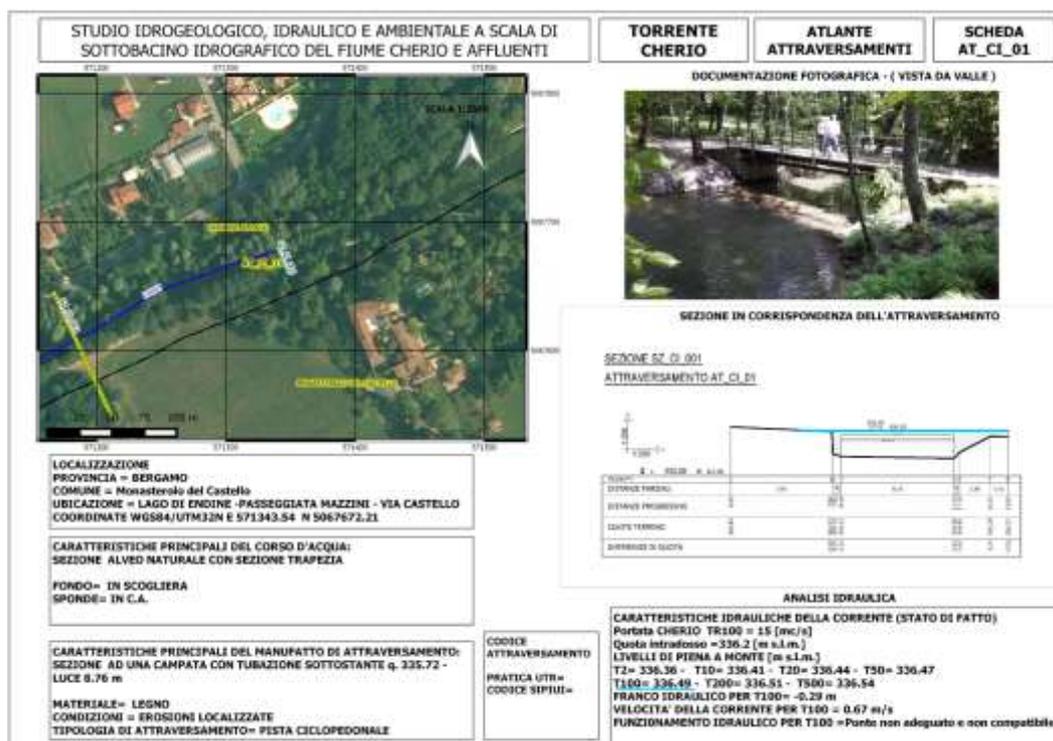


Figura 6 - Scheda attraversamento AT\_CI\_01

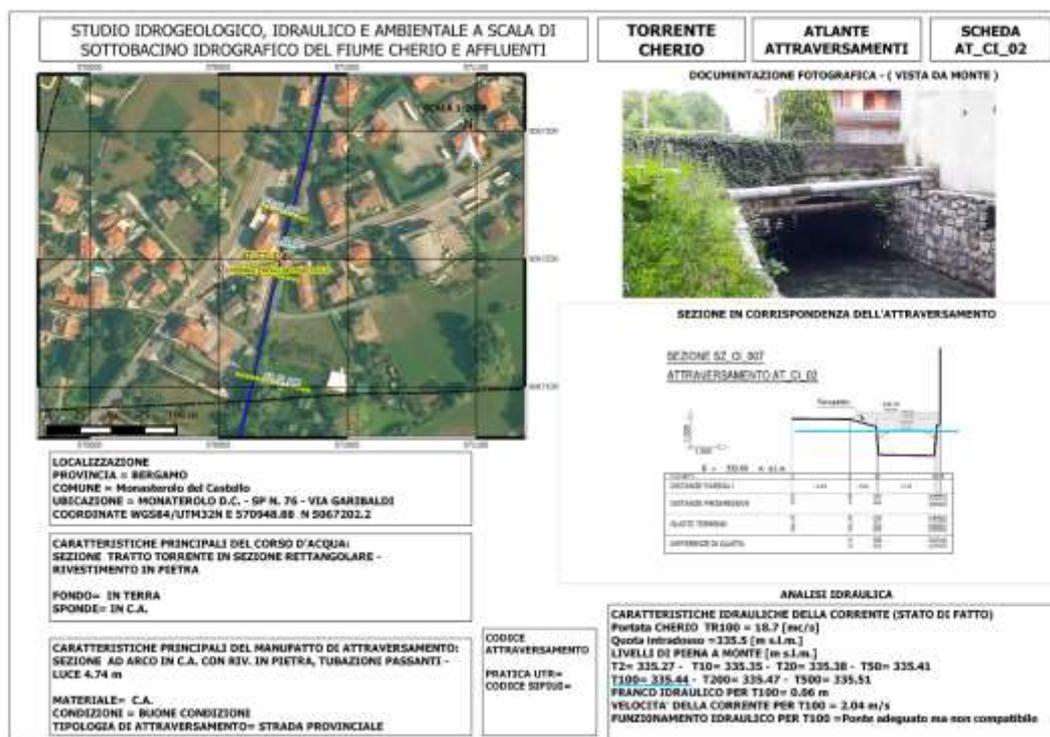


Figura 7 - Scheda attraversamento AT\_CI\_02

### 3.4.2 Il fiume Cherio: principali criticità

Le note riassunte di seguito riprendono sostanzialmente le descrizioni del corso d'acqua contenute nello **“STUDIO IDROGEOLOGICO, IDRAULICO E AMBIENTALE A SCALA DI SOTTOBACINO IDROGRAFICO DEL FIUME CHERIO E AFFLUENTI”** (Taccolini ed al., 2018), nonostante siano riferite soprattutto al bacino idrografico generale, in quanto il tratto di Cherio compreso nel territorio comunale di Monasterolo del Castello, dall'uscita dal lago di Endine al confine con Casazza, si sviluppa per meno di un chilometro, peraltro nel tratto iniziale condiviso con il confinante Comune di Spinone al Lago.

*“Il bacino del fiume Cherio si sviluppa tra la quota più elevata del monte Grione (1380 m s.l.m.) e il punto di confluenza in Oglio (142 m s.l.m.) in territorio di Palosco. La porzione di bacino più settentrionale comprende i laghi di Endine e Gaiano e si estende per circa 36 kmq. La lunghezza complessiva del Cherio è circa 30 km. L'acclività varia da 60÷90% nella fascia montana del bacino a pendenze di 60-70° nella porzione mediana ed inferiore.*

*Il letto del Cherio è prevalentemente ghiaioso-ciottoloso, con una pendenza variabile tra lo 0.5% e l'1.4%. Gli elementi geomorfologici di particolare rilevanza sono costituiti da relitti di meandri abbandonati, residui di antiche aree golenali, da fenomeni erosivi lungo le sponde, da temporanee barre fluviali e da più ordini di terrazzamento.*

*Lungo il corso d'acqua sono presenti opere di sistemazione fluviale realizzate dopo la piena del 1979, e numerosi manufatti tra cui ponti, salti di fondo e traverse.*

*Dal punto di vista idrologico, il bacino del fiume Cherio si può suddividere in due zone distinte: la prima è costituita dal bacino tributario del lago di Endine, chiuso alla foce del lago stesso (località Casazza), con una estensione di poco superiore ai 36 kmq; la seconda zona è costituita dalla somma dei bacini tributari al Cherio stesso, a valle del lago.*

*Il bacino idrografico complessivo, esclusa la porzione che racchiude il Lago di Endine, ha una superficie di circa 117 kmq.*

*La presenza del lago costituisce un elemento idrologico di particolare importanza in quanto l'invaso naturale esercita un elevato effetto di laminazione delle piene. Nella stima delle portate al colmo di piena quindi, a valle dell'abitato di Casazza si può trascurare il contributo del lago, mentre per le sezioni localizzate più a monte predomina il regime di laminazione (...).*

Mentre l'alveo del fiume è stato fortemente e pesantemente interessato, almeno a partire dagli ultimi decenni del secolo scorso, da opere di regimazione che ne hanno fissato sezione, forma e superfici, sia sul fondo che sulle sponde, il tracciato è stato invece precocemente modificato in seguito ad importanti opere di bonifica delle vaste aree paludose e umide ancora presenti all'inizio del sec. XIX allo sbocco del lago di Endine.

Il cosiddetto "drizzagno" del Cherio, realizzato a partire dal 1836, ha "raddrizzato" il percorso del fiume, che al tempo compiva un'ansa verso Spinone, aggirando a monte il dosso di Brione, frazione di Monasterolo del Castello.

*"Dall'analisi idraulica dello stato di fatto è emerso che le maggiori criticità sono legate all'elevato grado di urbanizzazione del territorio dove l'artificializzazione del corso d'acqua e la presenza di molti manufatti interferenti danno luogo a esondazioni che interessano aree più o meno ampie, ad elevata domanda di sicurezza. (...) Il tratto compreso tra il lago d'Endine e*

*l'abitato di Trescore Balneario è caratterizzato da esondazioni diffuse, ma non ampie.”*  
(Tacolini ed al., 2018).



Figura 8 - Carta delle Esondazioni con T10, Fiume Cherio (Riquadro CE\_SDF\_CI\_10\_RQ\_CI\_01 - Taccolini ed al., 2018)



Figura 9 - Carta delle Esondazioni con T100, Fiume Cherio (Riquadro CE\_SDF\_CI\_10\_RQ\_CI\_05 - Taccolini ed al., 2018)

Relativamente al territorio di Monasterolo del Castello, le aree di possibile esondazione del Cherio, facendo riferimento al tempo di ritorno centennale T100, corrispondono sostanzialmente ad una stretta fascia in corrispondenza dell'alveo, relativamente più ampia a monte, su entrambe le sponde, coinvolgendo aree poco o nulla urbanizzate, soprattutto in sponda destra, in Comune di Spinone al Lago.

Solo al margine meridionale, lungo il confine con Casazza, le acque di sgrondo dei versanti formano con T100 danno origine a forme di ristagno ed esondazione nei prati.

### 3.4.3 Aree di pericolosità idraulica e aggiornamento delle fasce fluviali

Lo studio idraulico di sottobacino predisposto da Taccolini ed al. nel 2018, essendo a tutti gli effetti considerato come **studio di approfondimento ai sensi della d.g.r. 6738/2017** "Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del piano di gestione dei rischi di alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza (...)", propone, tra gli elaborati, anche la "proposta di mappatura" delle "aree di pericolosità idraulica", in attuazione della Direttiva Alluvioni e "in accordo con il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni", nonché "a seguito delle nuove modellazioni idrologico-idrauliche condotte per il fiume Cherio", l'aggiornamento delle fasce fluviali "con la stessa metodologia" con la quale è stato predisposto lo "studio di fattibilità dell'Oglio dell'Autorità di Bacino del Po del 2004", base per la successiva proposta di definizione delle fasce fluviali lungo il Cherio presentata all'attenzione degli Enti interessati e della popolazione coinvolta tra il 2021 e il 2022.

Si rimanda allo studio citato per qualsiasi ulteriore approfondimento in merito.

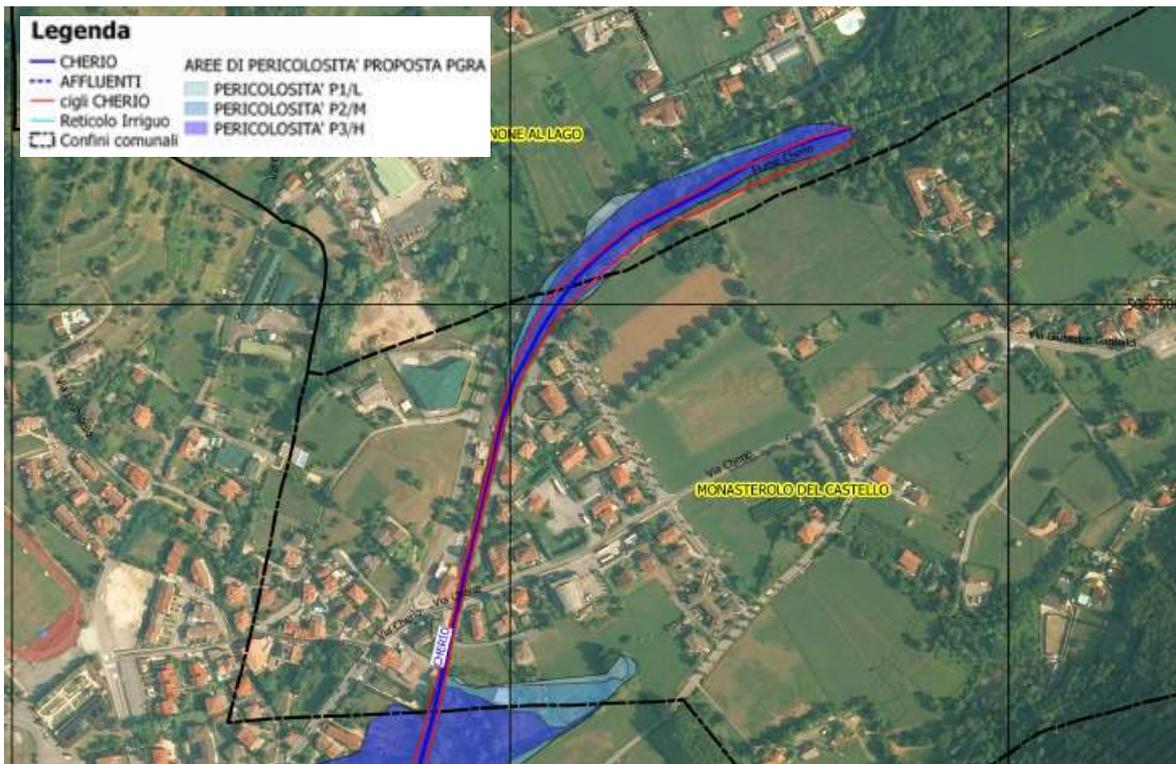


Figura 10 - Stralcio Carta proposta PGRA (Taccolini ed al., 2018)



Figura 11 - Stralcio Carta proposta Fasce PAI (Riquadro RQ\_CI\_01 - Taccolini ed al., 2018)

### 3.5 Adeguamento cartografico

Come descritto, la parte principale del lavoro svolto – oltre alla proposta di ridelimitazione delle classi PAI/PGRA e di Fattibilità geologica sul conoide della Valle del Grino - è stato l'adeguamento cartografico della **tavola PAI (ora PAI/PGRA)** con l'aggiornamento alle nuove disposizioni e ai più recenti studi tecnici ed idraulici (Regione Lombardia e Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po) e conseguentemente della Carta dei Vincoli e della Carta di Fattibilità Geologica.

Anche le **cartografie della Pericolosità Sismica Locale, dei Vincoli e di Sintesi** sono state adeguate in funzione degli aggiornamenti, così come le **classi di Fattibilità geologica**, che sono state localmente riviste in funzione dei nuovi azzonamenti derivanti dall'introduzione delle fasce fluviali e dalla rideterminazione delle aree di pericolosità idraulica del PGRA.

Nell'attribuzione delle classi di fattibilità in corrispondenza delle aree PAI/PGRA (classi di pericolosità P3/H, P2/M, P1/L; aree Ee, Eb, Em; fascia A, B, B di progetto, C) si fa riferimento alle tabelle riassuntive di cui alla d.g.r. 2616/2011.

PERICOLOSITA'/RISCHIO	CLASSI DI FATTIBILITA'	VOCI LEGENDA PAI
H1 su conoide	Classe 1/2 – senza o con modeste limitazioni	Cn – conoide protetta...
H2 su conoide	Classe 2/3 – modeste o consistenti limitazioni	Cn – conoide protetta ...
H3 su conoide	Classe 3 – consistenti limitazioni	Cp – conoide parz. protetta <sup>1</sup> Cn – conoide protetta...
H4 – H5 su conoide	Classe 4 – gravi limitazioni	Ca – conoide attiva non protetta
H1 per crolli, crolli in massa e scivolamenti	Classe 2/3 – modeste o consistenti limitazioni	Fs – frana stabilizzata
H2 per crolli e crolli in massa H2-H3 per scivolamenti	Classe 4/3 – gravi o consistenti limitazioni	Fq – frana quiescente <sup>2</sup>

Figura 12 - Correlazione tra classi di pericolosità, classi di fattibilità geologica e voci della legenda PAI (d.g.r. 2616/2011)

	<b>Classe</b>	<b>norme</b>
Fascia A all'esterno dei centri edificati	4	artt. 29, 38, 38 bis, 38 ter, 39 e 41 N.d.A. del PAI
Fascia B all'esterno dei centri edificati	3	consentiti solo gli interventi previsti dagli artt. 30, 38, 38bis, 38 ter, 39 e 41 delle N.d.A. del PAI
Fasce A e B all'interno dei centri edificati	da attribuire sulla scorta degli studi idraulici per la valutazione del rischio realizzati con il metodo approfondito di cui all'Allegato 4	Fino ad avvenuta valutazione delle condizioni di rischio si applicano anche all'interno dei centri edificati le norme riguardanti le fasce A e B
Territori di fascia C delimitati con segno grafico indicato come "limite e progetto tra la fascia B e la Fascia C"	da attribuire sulla scorta degli studi idraulici per la valutazione del rischio realizzati con il metodo approfondito di cui all'Allegato 4	Fino ad avvenuta valutazione delle condizioni di rischio si applicano le norme riguardanti la fascia B fino al limite esterno della fascia C
Fascia C	Da attribuire in base alle problematiche riscontrate	Da definire nell'ambito dello studio, fermo restando quanto stabilito dall'art. 31 delle N.d.A. del PAI

Figura 13 - classe di fattibilità per le aree ricadenti all'interno delle fasce fluviali

### 3.6 Integrazione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio relativamente al tema "sinkhole e cavità sotterranee"

Con la d.g.r. 15 dicembre 2022 - n. XI/7564, Regione Lombardia ha introdotto tra gli studi per la componente geologica comunale il tema degli sprofondamenti o cavità sotterranee (sinkhole), oggetto di studi specifici soprattutto nelle aree fluvioglaciali dell'Alta Pianura della Provincia di Monza e Brianza (dove sono conosciuti come "occhi pollini"), nonché di una specifica collaborazione con ISPRA (Istituto Superiore per la Ricerca e la Protezione Ambientale), che svolge a livello nazionale attività di ricerca, valutazione e mappatura dei fenomeni di sprofondamento.

I "sinkhole" naturali si formano per cause predisponenti ed innescanti. Si originano in contesti di complesse situazioni geologico-strutturali ed idrogeologiche del territorio che ne costituiscono le condizioni essenziali. Definire quale sia la causa principale è difficile poiché

esse sono molteplici e generalmente concomitanti: nel caso specifico del territorio comunale di Monasterolo del Castello possono essere identificate nella presenza di un substrato carbonatico o costituito da roccia solubile (calcari, dolomie, evaporiti o rocce solfatiche) sottoposto a fenomeni carsici; la presenza di una morfologia del bedrock accidentata, sia a piccola che a grande scala, con macroforme carsiche (doline, uvala, crepacci e grotte) e con cavità carsiche presenti al tetto del substrato (interfaccia suolo/roccia) risultato di processi corrosivi e pedogenetici; la presenza di un reticolo di fratture o faglie che permettano una maggiore circolazione idrica e una notevole erosione meccanica; la presenza di abbondanti acque di circolazione sotterranea (da ISPRA, “Sinkholes e cavità sotterranee”).

A scala locale, nell’ambito del territorio comunale di Monasterolo del Castello sono stati riconosciuti soprattutto **spfondamenti (sinkhole) di origine carsica**: questi fenomeni corrispondono alle **doline** che si originano per fenomeni solamente carsici relativi alla dissoluzione della roccia.

Ulteriore suddivisione di questi fenomeni è stata realizzata in base al meccanismo che provoca la cavità in superficie. I meccanismi a cui sono riconducibili i fenomeni sono i seguenti:

1. la sola dissoluzione o solution
2. la lenta subsidenza o subsidence
3. il crollo o collapse

(da ISPRA, “Sinkholes e cavità sotterranee”).

ISPRA cura la raccolta dei dati e delle informazioni relative ai sinkholes – naturali o antropogenici – e li rappresenta in un database nazionale (<http://sgi.isprambiente.it/sinkholeweb/index.html>), che può essere implementato ed aggiornato inviando segnalazioni sulla presenza di cavità o sprofondamenti.

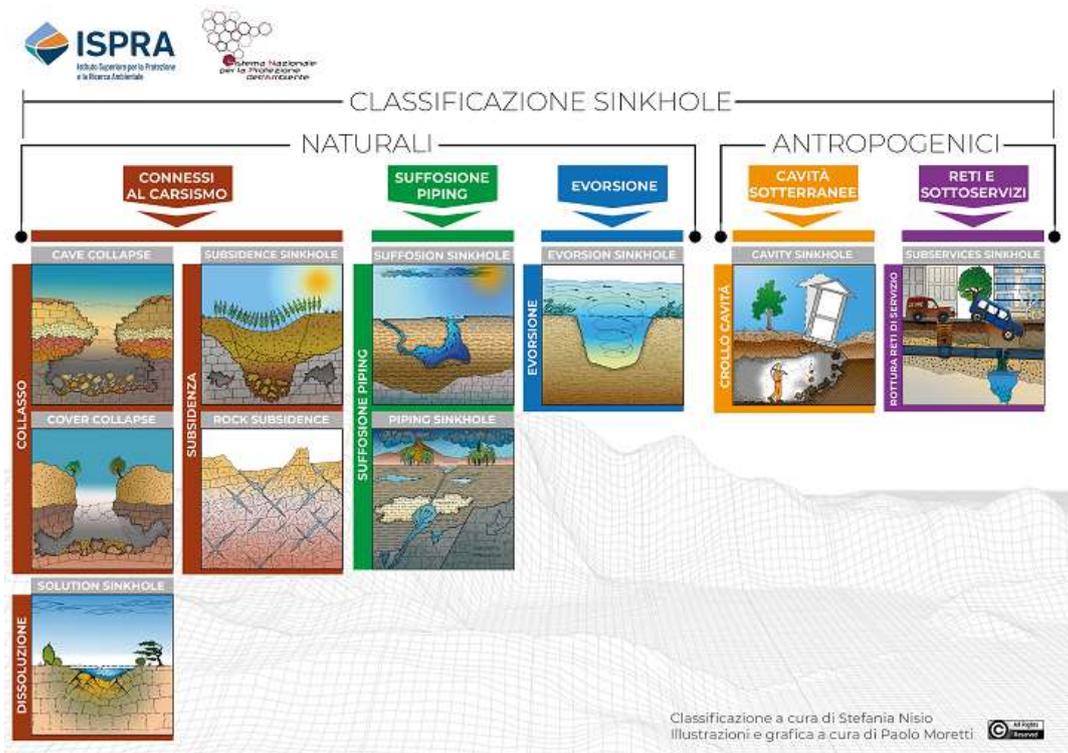


Figura 14 - Classificazione dei sinkholes (ISPRA)

La citata d.g.r. 7564/2022 integra il testo dei “Criteri e indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio” (d.g.r. 2616/2011) e definisce le “Linee guida per l’individuazione delle aree, la valutazione della pericolosità e le indagini sito specifiche” relative agli sprofondamenti (sinkholes), richiedendo che fin dalla fase di analisi si debba tenere conto e rappresentare in cartografia le aree ove siano state riscontrate (sulla base di informazioni dirette e bibliografiche o per predisposizione geologica e geomorfologica) condizioni tali da favorire la presenza o l’innesco di sprofondamenti. Le informazioni e le localizzazioni delle aree “a rischio” di sprofondamento dovranno inoltre essere opportunamente riportate nelle cartografie di analisi/valutazione e nella carta di pericolosità sismica locale, in quanto ad esse viene riconosciuta una “elevata criticità geotecnica potenziale, ovvero (...) possibili condizioni di instabilità, in particolare legata allo sviluppo di fenomeni di cedimento di non sottovalutabile entità”.



Figura 15 - Stralcio da Database Nazionale Sinkhole (ISPRA)

Viene esplicitamente prevista l'opportunità che, "nell'ambito della redazione/aggiornamento della componente geologica del PGT" (...) siano sviluppati studi di approfondimento finalizzati ad una zonazione di maggior dettaglio della pericolosità. Tali studi sono obbligatori qualora le aree individuate interferiscano con l'edificato esistente o in progetto, soprattutto quando sia prevista la realizzazione di nuovi edifici strategici e rilevanti oppure qualora le aree a potenziale presenza/evoluzione di cavità sotterranee interessino l'intero territorio comunale o aree vaste", ovvero, "qualora non vengano realizzati studi di dettaglio in fase di redazione/aggiornamento della componente geologica dei PGT, all'interno delle aree a potenziale presenza/evoluzione di cavità sotterranee deve essere obbligatoriamente prevista nelle norme geologiche di piano la realizzazione, in fase attuativa, delle indagini riportate nell'Allegato B – Fase 3", riprese di seguito nella sezione riferita alle Norme di Attuazione dello studio geologico.

Infine, "nella carta di fattibilità geologica delle azioni di piano, alle aree a potenziale presenza/evoluzione di cavità sotterranee, deve essere attribuita una classe di fattibilità geologica di ingresso "3" (consistenti limitazioni). Tali aree devono essere distinte chiaramente in carta attraverso l'uso di una specifica sottoclasse. In caso sia stata svolta una valutazione di dettaglio della pericolosità potranno essere adottate più sottoclassi o classi

differenti: classe di fattibilità 3, per le aree a minor pericolosità di dettaglio; classe di fattibilità 4 per le aree entro le quali la valutazione di dettaglio della pericolosità abbia evidenziato l'impossibilità di trasformazioni d'uso del suolo".

Per quanto riguarda più specificatamente il territorio comunale di Monasterolo del Castello, il tema legato al carsismo e alla morfologia carsica è stato precocemente trattato già nella redazione dello studio geologico nel 2014: nella relazione tecnica e nella Carta Geomorfologica si dà atto della diffusione di una morfologia carsica superficiale nella zona del Monte Foppa – Monte Torrezzo, Monte Ballerino - Valpiana, con la presenza d'inghiottitoi e doline anche estese; sono interessate le litologie che caratterizzano principalmente le formazioni della Dolomia a Conchodon, del Calcare di Sedrina e del Calcare di Moltrasio, tutte oggetto di un importante carsismo superficiale, probabilmente sviluppato anche in profondità, con numerose doline di discreto sviluppo.

La consultazione del Catasto Speleologico Lombardo ha consentito di identificare alcune grotte e cavità, con sviluppo tale da poter essere recentemente cartografate e segnalate, oltre alla già nota "Stampa di Pagà": Diaolina, Ripido, S vaporub, Genesi.

- |                  |         |           |         |
|------------------|---------|-----------|---------|
| • Stampa di Pagà | q. 910  | SV. 47    | P. 7    |
| • Diaolina       | q. 932  | SV. 21    | P. 5    |
| • Ripido         | q. 1322 | SV. 15    | P. 8,4  |
| • S vaporub      | q. 1117 | SV. 20    | P. 12,6 |
| • Genesi         | q. 1207 | SV. 135,9 | P. 44   |



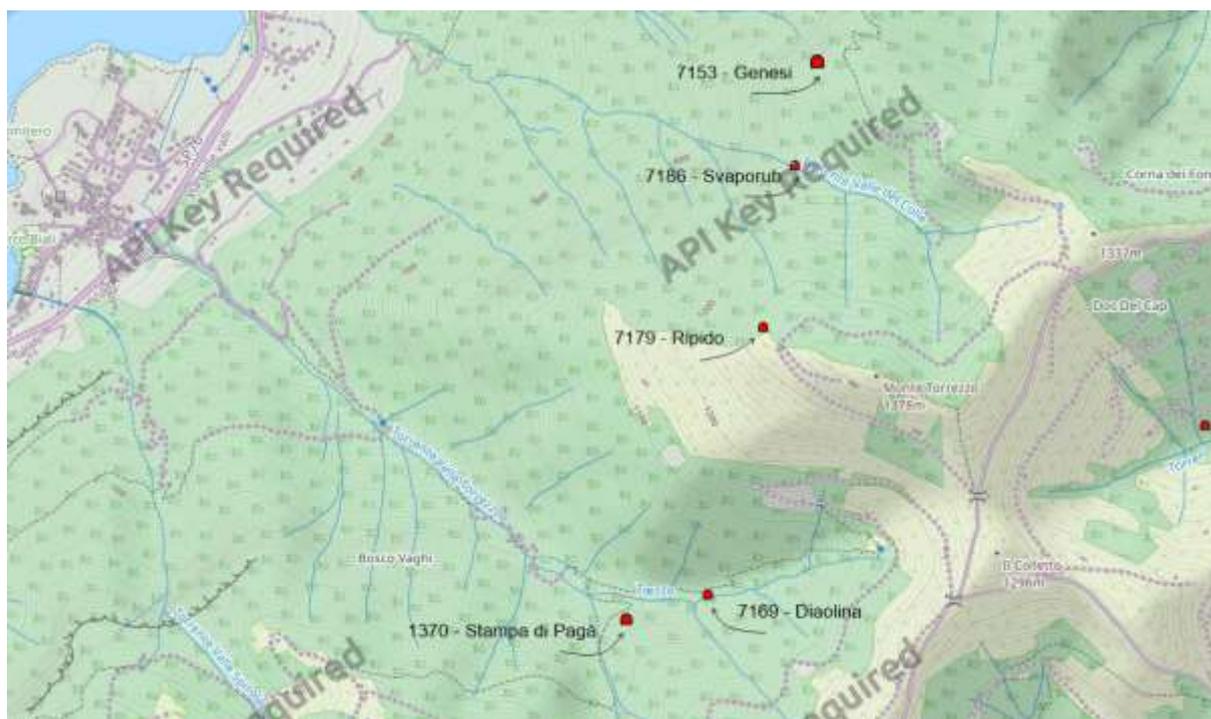


Figura 18 - da Catasto Speleologico Lombardo (Progetto Tu.Pa.Ca.)

L'importanza della morfologia carsica – superficiale e sotterranea – in un ambito territoriale che va ben oltre il Comune di Monasterolo del Castello, ha trovato eco nelle scoperte e negli studi che negli ultimi anni hanno interessato un'area che si estende per oltre 90 kmq tra il Sebino e il lago di Endine, con un lavoro di esplorazione speleologica di gallerie e pozzi che ha preso inizio dalla scoperta, nel 2006 in Comune di Fonteno, della grotta ormai universalmente nota come "Bueno Fonteno": “Grazie al lavoro esplorativo di mappatura delle cavità e sorgenti compiuto sul territorio del Sebino dai 50 speleologi associati, è stato possibile raggiungere il primo importante obiettivo del ritrovamento ed esplorazione della grotta denominata 'Abisso Bueno Fonteno', che ha uno sviluppo di oltre 19 km tra cunicoli e grandi ambienti già cartografati (la più estesa in bergamasca e tra le prime 20 in Italia per lunghezza!) con un dislivello massimo di circa 521 mt. Più in generale sono state censite oltre 100 grotte nell'area del Sebino (...)” ([https://www.comune.fonteno.bg.it/pagine/bueno\\_fonteno/bueno/](https://www.comune.fonteno.bg.it/pagine/bueno_fonteno/bueno/)).



Figura 19 - Limiti del bacino idrogeologico del Sebino occidentale (<https://www.progettosebino.com/il-progetto/>)



20. Visualizzazione delle connessioni idrogeologiche confermate. Il tratteggio rosso indica lo sviluppo della struttura geologica che influenza maggiormente la circolazione sotterranea occidentale (<https://www.progettosebino.com/il-progetto/>)

L'Area carsica del Sebino Occidentale, "priva di rilievi montuosi che superano i 1.400 m di quota, non presenta fenomeni di carsismo superficiale tipici di un carso d'alta quota. Il

territorio e per la maggiore parte ricoperto da suoli e depositi superficiali, che vanno da quota 180 m fino alle creste più elevate (M. Torrezzo, 1378 m), e che spesso nascondono campi solcati e numerose porzioni di terreni ricche di doline e inghiottitoi. Le uniche situazioni in cui il carso viene a nudo sono rappresentate dall'incisione delle forre sui fondivalle e dalle pareti presenti lungo la gran parte della costa dei laghi (Iseo ed Endine). Le valli più importanti, legate ai Comuni di Fonteno, Adrara, Grone, Monasterolo e Tavernola Bergamasca, risultano lunghe, molto incise e percorse da importanti corsi d'acqua che scorrono in lunghe e profonde forre. Tutte coprono un dislivello che parte dai 1.200 m e scende fino alla quota dei laghi. Il paesaggio è anche fortemente caratterizzato da forme legate all'incidenza sul territorio dell'azione glaciale e fluviale, e nelle forre spesso si incontrano "marmitte d'erosione" (Valle della Guerna, Valle del Rino di Tavernola), o forme particolari come il Pozzo Glaciale a Tavernola Bergamasca (LO BG 1016), sulle sponde del Lago d'Iseo. Lungo le creste principali che delimitano l'area a N della Valle di Fonteno, sono presenti calcari affioranti, con piccole forme di campi solcati ed evidente fratturazione (Calcare di Sedrina sul M. Sicolo) con una disposizione a reggipoggio. Nella stessa valle, sono indicate numerose doline di grandi dimensioni, visibili anche sulle Carte Tecniche Regionali alla scala 1:10.000. Lungo diverse linee di spartiacque (Colli di San Fermo, M. Ballerino e M. Gremalto), sono evidenti doline di buone dimensioni. All'interno di diverse fasce boschive, spesso si possono avvistare sprofondamenti e inghiottitoi di varie dimensioni. (...)” (da “Il Catasto Speleologico Lombardo. Progetto Tu.Pa.Ca.).

Le forme carsiche descritte nella relazione tecnica del 2014<sup>6</sup> hanno trovato inoltre rappresentazione nelle cartografie allegare, in particolare la Carta di Sintesi (“aree a potenziale presenza/evoluzione di cavità sotterranee”) e naturalmente la Carta della Fattibilità geologica, nella quale sono inserite come sottoclasse “4i” che comprendono le aree interessate da carsismo superficiale con doline e inghiottitoi.

---

<sup>6</sup> “Tutte queste rocce sono sensibili, sia pure in misura diversa, all'azione di soluzione del carbonato di calcio da parte delle acque meteoriche e presentano quindi fenomeni sia pur modesti di carsismo soprattutto superficiale, quali doline o, a livello di affioramento, piccoli solchi o fori circolari. Tuttavia, in Val di Torrezzo, circa a quota 880, esiste una vera e propria cavità, aperta nei calcari selciferi, nota come Stampa di Pagà e contraddistinta nel Catalogo delle Grotte del Settore Bergamasco con la sigla Lo Bg 1370; e una cavità di dimensioni modeste, di facile accesso, con un salone lungo circa 40 m e un dislivello tra l'ingresso e il punto più profondo di circa 6 metri: il suo interesse è notevole, in quanto in essa sono stati rinvenuti frammenti di roccia staccatisi dalle pareti e dalla volta, ricchi di fossili”.

L'aggiornamento dello studio geologico relativamente alle indicazioni e prescrizioni di cui alla d.g.r. 7564/2022, avendo già la vigente documentazione elementi utili per la descrizione e la rappresentazione cartografica delle aree interessate dalla presenza di doline e sprofondamenti carsici o potenzialmente soggette ad essi, si limita alla riproposizione/aggiornamento delle aree medesime, eventualmente, ove ritenuto necessario per migliore chiarezza, con una migliore definizione e disegno, riverificando e rivalutando, alla luce del tempo trascorso, la presenza e la dinamica a cui eventualmente possono essere state sottoposte, non ricevendo tuttavia, al momento, oltre alle osservazioni in sito, altre informazioni in merito da parte di cittadini e amministratori.

## 4.0 REVISIONE DELLE CLASSI DI FATTIBILITA' IN LOC. VALLE DEL GRINO A SEGUITO DELLA REALIZZAZIONE DI OPERE DI PROTEZIONE

### 4.1 Informazioni preliminari

Il Comune di Monasterolo del Castello **ha inteso recepire**, valutandola criticamente, un'indagine geologica di dettaglio (v. Premessa) volta alla migliore e più corretta definizione dell'azzonamento e della effettiva area a rischio in corrispondenza del "conoide attivo" (come è stato definito nella versione originale del PAI) della Valle del Grino, in prossimità del confine con il Comune di Casazza, individuandone sia la forma che il reale stato di attività del dissesto.

L'attuale azzonamento del conoide della Valle del Grino deriva da una rivisitazione della perimetrazione iniziale dell'Autorità di Bacino "Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici-delimitazione aree di dissesto" Foglio 098 sez. I- Casazza. Nel 2002, in base alle risultanze dello studio geologico adottato con la l.r. 41/97 (Dr. Geol. Fabio Plebani) il conoide della Valle del Grino, che nel PAI originario era stato "disegnato" e valutato completamente "attivo" sulla base di sole evidenze morfologiche da fotointerpretazione, senza particolari attenzioni al reale stato di attività, è stato ridefinito con maggiore dettaglio, sebbene ancora con qualche semplificazione per quanto riguarda la rappresentazione cartografica, mediante approfondimenti e valutazioni sia morfologiche che numeriche, in una fase tuttavia in cui non erano stati definiti e approvati gli attuali criteri di azzonamento di cui alla d.g.r. n. IX/2616 del 30.11.2011 e relativi allegati.

### 4.2 Normative di riferimento per lo studio di dettaglio dell'area

La d.g.r. 2616/2011, richiamando l'art. 18 delle N.d.A. del PAI, riconosce la possibilità di *"modificare le perimetrazioni delle aree in dissesto (frane, conoidi, esondazioni torrentizie, valanghe come definite dall'art. 9 delle N.d.A) e delle aree a rischio idrogeologico molto elevato (come definite dal Titolo IV delle N.d.A), soprattutto a seguito della realizzazione di interventi di mitigazione del rischio, effettivo e/o potenziale"*, ricordando giustamente, tra l'altro, che *"la realizzazione di opere di difesa deve essere motivata prioritariamente dalla*

*necessità di garantire la sicurezza degli insediamenti esistenti e non da quella di svincolare aree per nuova edificazione, in quanto un aumento del carico insediativo comporta comunque un conseguente aumento del rischio” e che “ la mitigazione del rischio che si consegue con le opere non può essere assoluta, in quanto permarrà sempre presente una quota, per quanto limitata, di rischio residuo, dovuto all’aleatorietà intrinseca nel prevedere i fenomeni di dissesto e la loro evoluzione”*

*Inoltre, “la valutazione regionale sugli studi di dettaglio a supporto delle istanze di ripermetroazione verte unicamente sulla congruità dei criteri adottati nella valutazione della pericolosità rispetto ai presenti criteri: sono pertanto piena responsabilità del Professionista estensore dello studio (attraverso la dichiarazione sostitutiva di Atto di Notorietà di cui all’allegato n. 15<sup>7</sup> ai presenti criteri) le valutazioni operate e le conclusioni tratte”.*

La procedura prevede dunque la predisposizione di studi di dettaglio condotti secondo le metodologie di cui all’Allegato 4 “Procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio di esondazione” della d.g.r. 30 novembre 2011 n. IX/2616, comprendenti la revisione della carta della fattibilità e la nuova perimetrazione con legenda uniformata a quella del P.A.I. per gli ambiti oggetto di modifica.

La correlazione tra classi di pericolosità, classi di fattibilità e voci della legenda P.A.I., relativamente ai soli conoidi alluvionali, viene riportata nella tabella seguente.

<i>Pericolosità/rischio</i>	<i>Classi di fattibilità</i>	<i>Voci legenda PAI</i>
H1 su conoide	Classe 1/2 – senza o con modeste limitazioni	Cn – conoide protetta...
H2 su conoide	Classe 2/3 – modeste o consistenti limitazioni	Cn – conoide protetta...
H3 su conoide	Classe 3 – consistenti limitazioni	Cp – conoide parz. protetta <sup>1</sup> Cn – conoide protetta...
H4 – H5 su conoide	Classe 4 – gravi limitazioni	Ca – conoide attiva non protetta

Tabella 1 – Correlazione tra classi di pericolosità, classi di fattibilità e legenda P.A.I. (d.g.r. 2616/2011).

---

<sup>7</sup> ora all. n. 1 alla d.g.r. XI/6314/2022

### 4.3 Cenni metodologici

La zonazione delle aree è stata effettuata, ai fini della perimetrazione delle stesse, ad una scala di dettaglio adeguata all'applicazione di misure di salvaguardia rivolte ad evitare l'aumento delle condizioni di rischio, cioè a impedire azioni di trasformazione dell'uso del suolo non compatibili con lo stato di dissesto presente.

È peraltro da tenere presente che l'attribuzione puntuale di un livello di rischio e la perimetrazione delle aree alla scala adeguata all'applicazione di misure di limitazione d'uso del suolo, richiede un approfondimento delle informazioni in merito, sia ai processi di dissesto presenti, sia agli effetti degli stessi sui beni esposti. Tale approfondimento corrisponde a una scala di lavoro compresa tra 1:10.000 e 1: 2.000, con necessità di scendere anche a dettagli maggiori per particolari fenomeni.

Lo studio geologico-tecnico dei conoidi alluvionali si basa prioritariamente sul rilievo geologico e geomorfologico di dettaglio, che consente di cartografare i litotipi e le forme caratterizzanti il bacino idrografico. Questa analisi consente di interpretare da un lato le morfologie che caratterizzano il conoide e dall'altro i fenomeni di trasporto in massa o colate detritiche con trasporto di materiale solido, noti come "debris flow" o "debris torrent", che possono avere dato origine a tali forme.

Parallelamente è stata effettuata un'analisi idrologica, sulla base dei dati esistenti, e un'analisi idraulica del bacino idrografico per la stima delle portate di piena e del materiale solido che potenzialmente potrebbe essere preso in carico e trasportato dal torrente (magnitudo).

La zonazione risulta pertanto possibile valutando gli elementi geomorfologici dell'area e le caratteristiche di pericolosità che interessano l'area stessa, definite in base ai metodi (empirici, semi-empirici, statistici, ecc.) ed all'applicazione dei modelli sperimentali maggiormente accreditati in letteratura.

Per determinare lo stato di un conoide si ritiene preferibile valutare, nel loro insieme, tutti quei fattori (geologici, geomorfologici, idrogeologici, di pericolosità, climatici, temporali, ecc.) che concorrono a caratterizzare lo stato del dissesto, non assumendo la data dell'ultima riattivazione come unico parametro discriminante.

È stata valutata dunque la pericolosità geomorfologica dei fenomeni di dissesto sia dai rilievi in campo, sia sulla scorta degli elementi geomorfologici del sito e delle caratteristiche di pericolosità. Sono stati quindi definiti dei livelli di pericolosità che concorrono, unitamente agli altri fattori esaminati nella fase di analisi, a definire l'idoneità all'utilizzazione urbanistica del territorio. L'individuazione delle aree del bacino a rischio, sulle quali attuare la perimetrazione, è stata quindi il risultato di un processo di omologazione e condivisione dei criteri di analisi dei dati conoscitivi disponibili.

L'esito finale dello studio ha consentito una nuova perimetrazione del conoide secondo quanto riportato nella cartografia aggiornata.

#### 4.4 Quadro documentale di riferimento e ricognizione dei dissesti allo stato attuale

##### 4.4.1 Autorità di Bacino del Fiume Po (L. 183/89)

Nella prima redazione dell'Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici l'Autorità di Bacino del Fiume Po aveva presentato un prodotto cartografico, alla scala 1: 50.000, che consentiva una descrizione omogenea della localizzazione delle principali tipologie di dissesto per processi gravitativi, erosivi, torrentizi e valanghivi nei sottobacini, a partire dalla quale successivamente si è proceduto alla identificazione e alla delimitazione delle aree in dissesto in funzione dello stato di pericolosità; le informazioni disponibili sono state reinterpretate a livello cartografico per assicurare l'esatta corrispondenza, per dimensione ed ubicazione, alle fonti originali.

L'insieme di tali informazioni sono state cartografate alla scala 1:25.000.

L'aggiornamento dello studio geologico condotto dagli scriventi nel 2014, approvato da Regione Lombardia e vigente, ha portato, a seguito di "una verifica di compatibilità idraulica ed idrogeologica delle previsioni degli strumenti urbanistici vigenti con le condizioni di dissesto rilevate nella citata cartografia del Piano, attuata con analisi di dettaglio", peraltro basate sullo studio e sugli approfondimenti già condotti e descritti nella prima versione dello studio geologico comunale del 2002, alla ridefinizione dell'azonamento con legenda PAI del conoide della Valle del Grino.



Figura 21 – Azzonamento Pai originario (fonte: Geoportale Regione Lombardia).

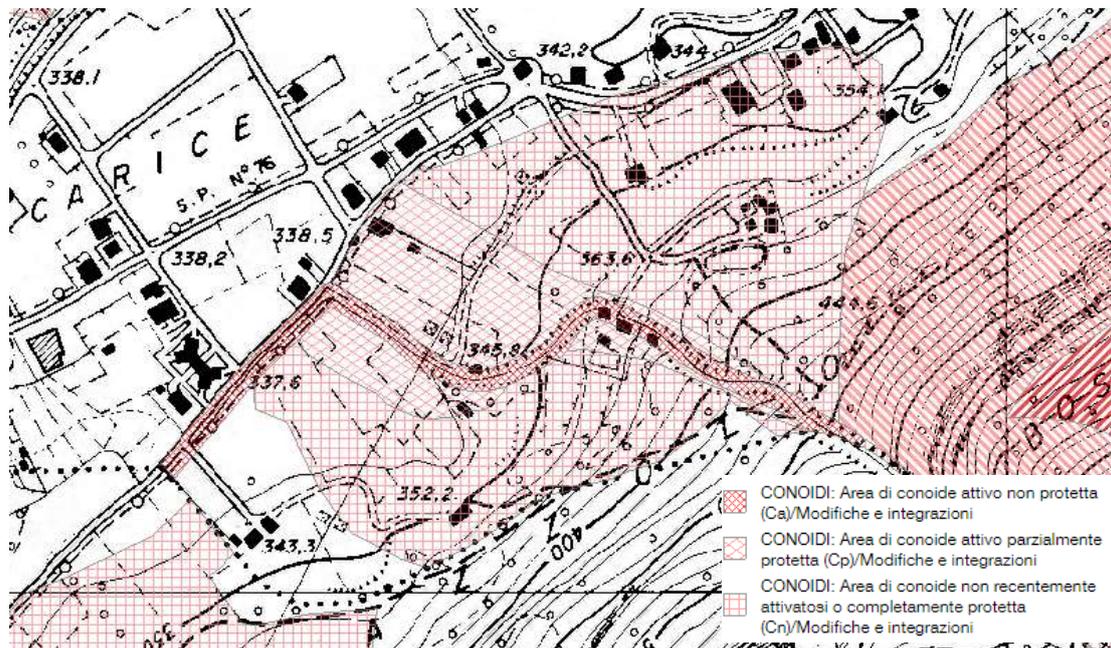
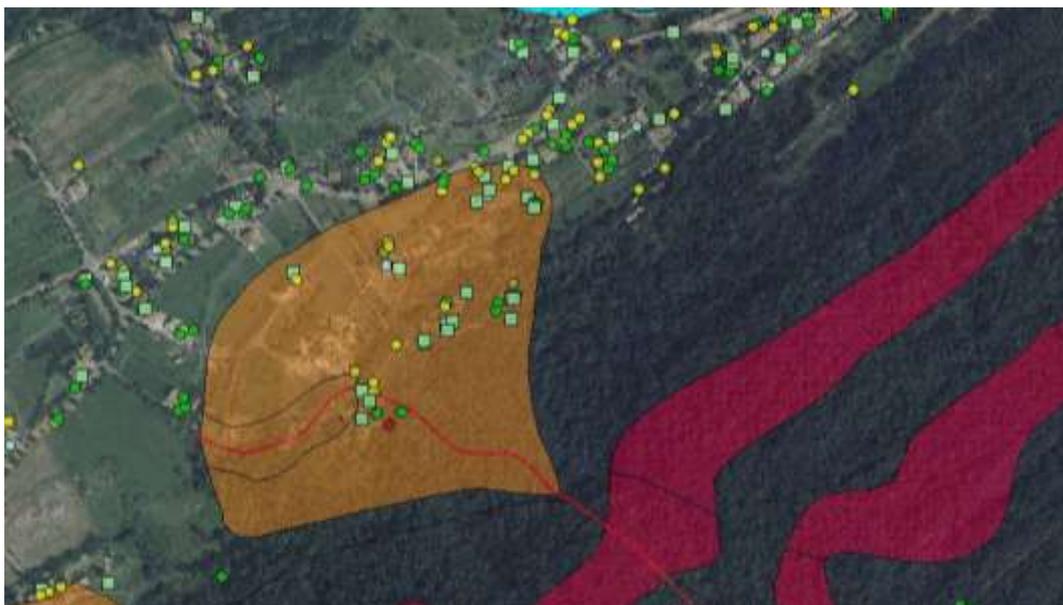


Figura 22- Quadro del dissesto PAI vigente (GeoPortale Regione Lombardia)

#### 4.4.2 Inventario dei Fenomeni Franosi della Regione Lombardia

Indicazioni utili quali riferimenti al contesto sono state tratte dall'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (IFFI).

I dati relativi ai dissesti contenuti nel Progetto IFFI sono costituiti da una componente alfanumerica associata ad una componente geometrica (punti, linee, aree) georeferenziata. Ogni fenomeno è identificato in modo univoco attraverso un proprio ID numerico.



*Figura 23- Estratto Iffi dell'area in esame (Geoportale Regione Lombardia)*

#### 4.4.3 Studio geologico di supporto al P.G.T.

Lo studio geologico di supporto al P.G.T. include il conoide della Valle del Grino prevalentemente nelle classi 4 (fattibilità con gravi limitazioni) e 3 (fattibilità con consistenti limitazioni) di fattibilità geologica, in quanto ricadenti rispettivamente in aree Ca e Cp (classe 4) e Cn (classe 3).

Nella classe 4 di fattibilità geologica ricadono tutte quelle aree per le quali la situazione di alto rischio comporta gravi limitazioni per la modifica della destinazione d'uso delle particelle: dovrà essere di norma esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non la manutenzione ordinaria e straordinaria degli edifici esistenti, manutenzione straordinaria, restauro e risanamento

conservativo, ristrutturazione edilizia in genere per i quali saranno consentiti esclusivamente gli interventi così come definiti dall'Art. l'art. 27.1 della L.R. n. 12/05.

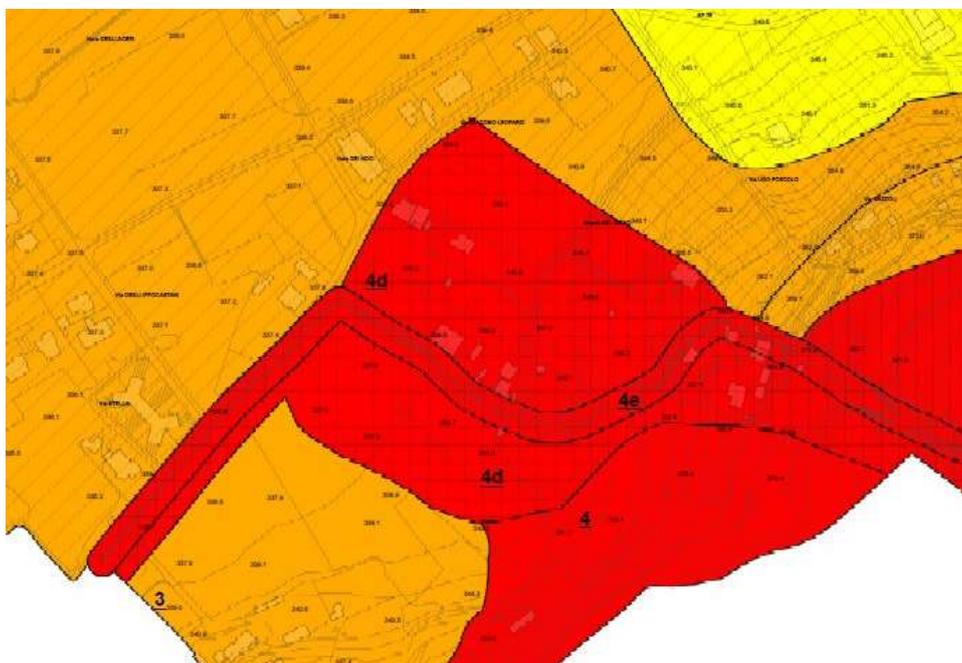


Figura 24 – Stralcio della Carta della fattibilità geologica per le azioni di piano (Gritti-Plebani, 2014).

Oltre alle indicazioni generali per la classe 4, nelle aree Ca (aree P.A.I. classificate come conoide attiva o potenzialmente attiva non protetta da *infrastrutture* di difesa e di sistemazione a monte) si applicano le norme di cui all'art. 9, comma 7, delle NTA del P.A.I.

Si noti, dal confronto con l'azonamento PAI vigente, sopra riportato, che in realtà la classe Ca viene attribuita alla sola ristretta area corrispondente all'alveo attivo, mentre buona parte del settore centrale del conoide lateralmente all'alveo, ricade – dalle verifiche e valutazioni condotte nel 2002 e riprese nel 2014 – in classe Cp, di conoide “parzialmente protetto”, per la quale la stessa d.g.r. 2616/2011 (tab. 2 “correlazione tra classi di Pericolosità, classi di Fattibilità geologica per le azioni di piano e voci di legenda PAI”, sopra riportata) prevede l'inserimento nella classe 3 di Fattibilità geologica, con la specificazione, nelle note alla tabella, che “per le zone ricadenti in H3-classe 3 di fattibilità, l'inserimento in Cp o Cn è lasciato alla valutazione del professionista. Qualora l'area venga inserita in Cp, la norma dell'art. 9, comma 8, delle N.d.A. del PAI prevale, in quanto più restrittiva, su quella di classe 3”.

La scelta del professionista nello studio del 2014, invece che rappresentare l'area "Cp" in classe 3 di Fattibilità geologica con un rimando alle prevalenti norme PAI, come indicato dalla d.g.r. 2616/2011, è stata quella di considerarla in toto e cautelativamente in classe 4 di Fattibilità geologica, applicando – per estensione – quanto invece previsto, sempre alle note alla tabella sopra ricordata, per le aree in classe Fq, alle quali *"può essere attribuita la classe 3 di fattibilità con norma stabilita dal professionista solo nel caso sia stata effettuata la verifica di compatibilità mediante uno studio specifico sull'area e gli interventi edificatori di cui all'art. 9, comma 3, stesso siano consentiti dallo strumento urbanistico"*.

**Il presente studio di approfondimento, qui sostanzialmente ripreso e fatto proprio su quello del luglio 2014<sup>8</sup>, viene dunque inteso come la sopra citata "verifica di compatibilità", anche "a seguito della realizzazione di interventi di mitigazione del rischio, effettivo e/o potenziale".**

#### 4.5 Evoluzione del territorio: esame delle ortofoto

Nel presente capitolo si vuole eseguire una prima analisi geomorfologica preliminare della zona indagata utilizzando le foto aeree (ortofoto) e le cartografie storiche disponibili redatte negli ultimi 65 anni circa: tutto questo permette di valutare l'evoluzione dell'area nel corso del recente passato in modo da fornire un'idea più chiara della dinamica recente.

Le procedure per la zonazione del conoide prevedono che venga effettuata un'analisi storica volta a ricostruire un quadro spaziale e temporale dei fenomeni che interessano il conoide, dando indicazioni – evidentemente se possibile e se disponibili le informazioni - sulla frequenza degli eventi, le variazioni delle caratteristiche dell'alveo e dell'incidenza antropica sul conoide.

---

<sup>8</sup> Lo "Studio di dettaglio per la proposta di azzonamento del conoide PAI in località Val del Grino", a firma del Dott. Geol. Michele Suardi, allegato all'osservazione alla variante urbanistica dello stesso 2014, ritenuto dai sottoscritti e dal Comune di Monasterolo del Castello condivisibile e pertanto recepito nel presente aggiornamento allo studio geologico comunale, è datato luglio 2014 e non vi sono ulteriori studi di dettaglio precedenti ad esso risalenti al 2010, tranne quelli già descritti negli studi geologici comunali del 2002 e del 2014.



*Figura 25 – Ortofoto anno 1954 volo GAI (fonte Geoportale Regione Lombardia).*



*Figura 26 - Ortofoto anno 1975 (fonte Geoportale Regione Lombardia).*



*Figura 27 - Ortofoto anno 1988 (fonte Geoportale Nazionale).*



*Figura 28 - Ortofoto 2003 (fonte Geoportale Regione Lombardia).*



*Figura 29 - Ortofoto anno 2012 (fonte Geoportale R. L.).*



*Figura 30 - Ortofoto anno 2015 (fonte Geoportale R. L.).*



Figura 31 - Ortofoto anno 2018 (fonte Geoportale Regione Lombardia). Nel riquadro l'area di studio



Figura 32 – Foto aerea anno 2022 (fonte Google Maps).

Sono stati consultati gli archivi nazionali, il censimento regionale e gli archivi comunali.

Si è così constatato che **negli anni recenti non sono stati segnalati fenomeni di esondazioni e-o trasporto solido**, tranne che lungo la sottostante strada comunale, ormai nella piana

alluvionale del Cherio, dove il corso d'acqua è stato costretto in un alveo completamente artificializzato.

Il corredo cartografico consultato ha comunque evidenziato una sorta di "evoluzione" del conoide soprattutto per ciò che riguarda l'asta torrentizia che, secondo la cartografia IGM storica di fine sec. XIX, manteneva una linearità residua da monte a valle fino allo sbocco.

A partire dall'ortofoto del 1954 si nota invece chiaramente la doppia curvatura dell'asta, che si è mantenuta fino ad oggi, **senza variazioni**, mentre non è più chiaramente riconoscibile il tracciato rettilineo originario.

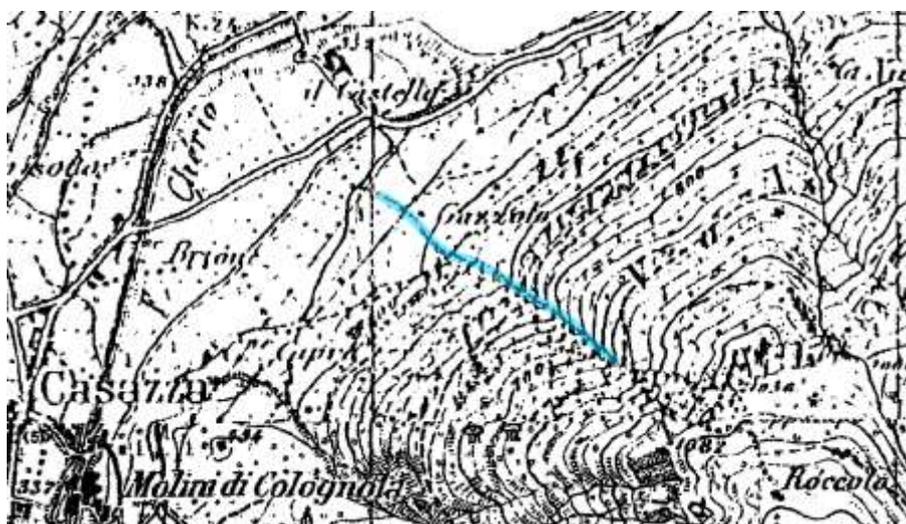


Figura 33 - IGM 1889 (si evidenzia il tracciato dell'alveo)

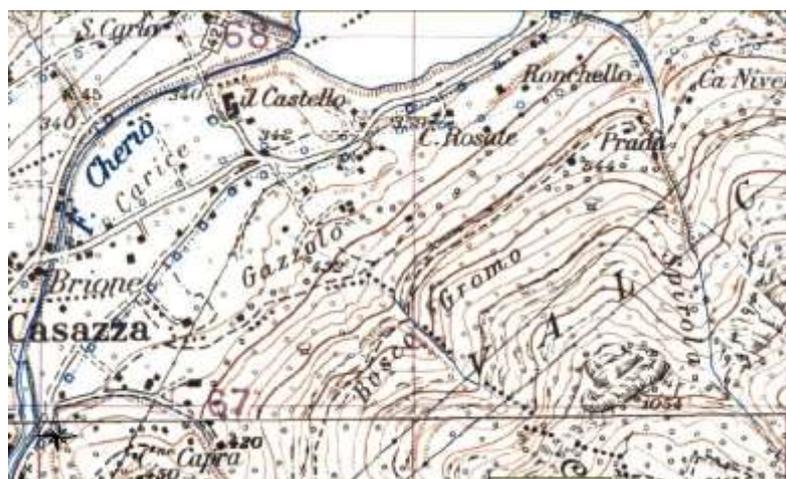


Figura 34- IGM (scala originaria 1:25.000, rilievo del 1955, agg. 1970)

## 4.6 Lineamenti generali dell'area

### 4.6.1 Assetto geologico e geomorfologico

La Valle del Grino, la più meridionale delle valli del Comune di Monasterolo del Castello, simile alle altre per condizioni morfologiche ed idrografiche, sottende un bacino idrografico di limitate dimensioni, ma particolarmente ripido, con falde detritiche alla base della parete rocciosa del Monte Ballerino. Sul conoide, il torrente compie due brusche deviazioni, che creano localmente condizioni di rischio, sebbene **negli anni recenti non siano stati segnalati fenomeni di esondazione**, tranne che lungo la sottostante strada comunale, ormai nella piana alluvionale del Cherio, dove il corso d'acqua è stato costretto in un alveo completamente artificializzato.

Il conoide della valle del Grino è l'unico a non affacciarsi sulla superficie del lago: ai suoi piedi si apre una piana attualmente utilizzata per fini agricoli e residenziali. Il percorso del torrente, sul conoide, compie brusche deviazioni a gomito prima di sfociare sulla piana alluvionale e dirigersi, ormai canalizzato, alla confluenza nel fiume Cherio. A causa della ristrettezza dell'alveo, sono stati segnalati in più occasioni fenomeni di esondazione del torrente, in corrispondenza della piana alluvionale allo sbocco del conoide. Il fenomeno di trasporto solido più recente si è verificato in corrispondenza della sinistra orografica, appena oltre l'ultima curva che l'alveo compie prima di dirigersi verso il fondovalle.

Nella sezione di valle presa in considerazione, le rocce affioranti appartengono a formazioni prevalentemente calcaree, calcareo-marnose e calcareo-dolomitiche depositatesi dal Retico al Lias medio, al passaggio tra Triassico e Giurassico.

La testata della valle si spinge fino a ridosso della parete dolomitica del Monte Ballerino. Sebbene alimentato da un bacino idrografico di non grande dimensione, tuttavia l'alveo torrentizio scende a valle con elevata pendenza, attraversando le falde detritiche accumulate alla base dell'alta parete in Dolomia a Conchodon e, più in basso, delle pareti calcaree intermedie.

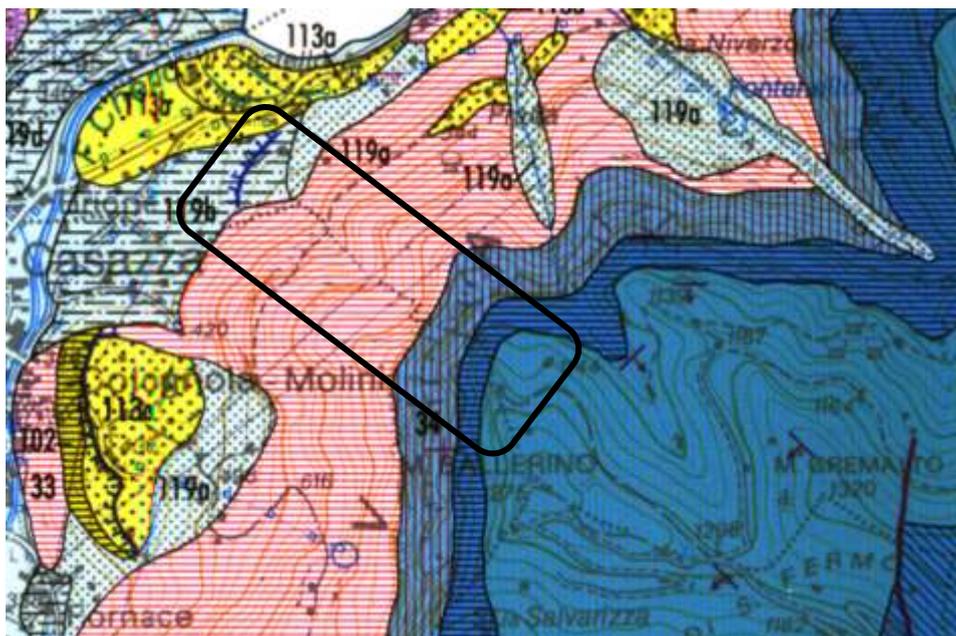


Figura 35 - Carta Geologica della Provincia di Bergamo

Da un punto di vista geologico, in relazione a quanto riportato sulla “Carta geologica della Provincia di Bergamo” (scala 1:50.000, anno 2000), sulla “Carta litologica” e sulla “Carta geologico-tecnica” allegate al P.G.T. (Plebani-Gritti, 2014), l’area oggetto di studio, procedendo da valle verso monte è interessata dalla presenza di depositi di versante di età quaternaria (**Unità Postglaciale, depositi di versante – 119a e depositi di conoide – 119b**), dalle formazioni dei **Calcari di Zu - 33**, della **Dolomia a Conchodon - Corna – 34** (pareti rupestri), **del Calcare di Sedrino – 35** e **del Calcare di Moltrasio – 37** (vetta del Monte Ballerino).

### **Calcare di Zu**

Questa formazione è costituita da calcari micritici, talora marnosi, di colore grigio scuro e nero, a stratificazione ben netta, alternati nella parte inferiore con sottili intercalazioni di argilliti marnose nere e nella parte medio-superiore con grossi banchi di biolititi a coralli. Sono proprio le bancate calcaree più massicce di questa formazione a dare origine a quelle pareti, sottolineate anche dalla vegetazione, che si vedono affiorare dai prati e dai boschi del medio

versante di questo tratto di Val Cavallina. Il limite superiore è molto ben evidente per il diverso risalto morfologico delle due formazioni che mette a contatto e dunque lo si può agevolmente collocare alla base della parete rocciosa che “fascia” con buona continuità le pendici del M. Torrezzo e del M. Ballerino.

### ***Dolomia a Conchodon***

Si tratta di calcari e calcari dolomitici di colore chiaro a stratificazione in grossi banchi o indistinta, con i quali si chiude il ciclo triassico. Essi costituiscono l’alta parete che fa da elemento caratterizzante – dal punto di vista morfologico – di tutto il versante sinistro della Val Cavallina fino a Sud di Colognola di Casazza. Da queste pareti sono frequenti i distacchi di materiale che va ad alimentare le sottostanti fasce di detrito: testimoni di ciò sono le numerose rientranze, talora vere e proprie nicchie di distacco di frane di crollo, che ne segnano la superficie.

### ***Calcari selciferi lombardi (Calcere di Sedrina, Calcere di Moltrasio)***

Con il Giurassico si inizia la deposizione dei calcari, dapprima ancora massicci, poi più sottilmente stratificati, di colore grigio e con liste di selce chiara, del Calcere di Sedrina e successivamente dei calcari scuri a noduli e liste di selce anch’essa scura della formazione del Calcere di Moltrasio.

Questi litotipi affiorano sopra la parete di Dolomia a Conchodon, dando origine a versanti ancora aspri, in parte dirupati, generalmente ricoperti da una fitta vegetazione boschiva.

#### 4.6.2 Caratteristiche idro-meteorologiche: riferimento alle serie storiche

Lo studio del conoide non può prescindere dalle conoscenze relative alla situazione climatologica del territorio per l'importanza più volte dimostrata sia per i tragici eventi che si susseguono con sempre più incalzante frequenza e gravità, sia per gli aspetti legati

all'approvvigionamento idrico e infine per quanto attiene allo smaltimento e regolazione delle acque superficiali anche di utilizzo urbano.

A seguito di ciò si impone seriamente che per ogni territorio, la pianificazione, fin dalle fasi preliminari, faccia riferimento anche alla conoscenza dei valori di temperatura, dei giorni di gelo, dei valori delle precipitazioni medie, minime, massime annue e delle precipitazioni brevi ed intense.

La conoscenza di periodi siccitosi o particolarmente piovosi che possono ricorrere nell'intervallo di una vita umana, può sicuramente costituire un valido supporto per la pianificazione territoriale in tutte le sue sfaccettature.

I dati "storici" disponibili si riferiscono a serie pluriennali di osservazioni, rilevate in stazioni istituite dal Servizio Idrografico del Ministero dei Lavori Pubblici o passate in carico allo stesso nei primi decenni del secolo passato.

Sul territorio di Monasterolo del Castello non hanno mai direttamente operato stazioni di rilevamento dei parametri climatici; alcune di esse tuttavia ricadono nell'ambito del territorio della ex Comunità Montana Valle Cavallina (ora confluita nella Comunità Montana dei Laghi Bergamaschi): per il territorio di Monasterolo del Castello si può fare riferimento alle stazioni di Mologno (Casazza) e Endine.

Altre stazioni, ubicate all'esterno del territorio della ex C.M. Val Cavallina, ma in ambiti non lontani da Monasterolo del Castello, sono quelle di Adrara S. Martino e di Parzanica.

I periodi di osservazione si riferiscono a valori annui mensili.

### ***Precipitazioni***

Dall'esame dell'elenco delle stazioni di rilevazione prima riportato risulta come esse ricadano tutte oltre i confini dell'area oggetto d'indagine; sono state considerate per avere una definizione areale del fenomeno.

Le stazioni sono corredate di un periodo di osservazioni continuo e di durata tale da poter ottenere risultati più che significativi dell'andamento del fenomeno.

La seguente tabella riporta, per ogni stazione, il corrispondente valore della media annua di precipitazioni e la precipitazione massima giornaliera.

	Quota (m)	Inizio	Fine	Anni	Media	Min	Max
Mologno	350	1916	1974	58	1424,9	745,0	2339,0
Endine Gaiano	400	1921	1983	55	1499,2	591,0	3109,0
Cenate Sopra	330	1921	1975	55	1217,9	538,0	2128,0
Adrara S. M.	335	1921	1944	24	1256,7	712,0	2012,0

Dai dati “storici” risulta che la stazione di Cenate Sopra è stata caratterizzata da una piovosità massima giornaliera pari a 140 mm, registrata il 31 agosto 1930; l’annata più piovosa è risultata il 1937 con 2128 mm di pioggia, caduti in 98 giorni, mentre l’annata più asciutta è stata il 1952 con 538 mm di pioggia, caduti in un totale di 56 giorni.

La stazione di Mologno (Casazza) ha avuto una piovosità massima giornaliera pari a 140 mm il giorno 28 agosto 1963; l’annata più piovosa è stato ancora il 1937, con 2339 mm di pioggia, caduti in 110 giorni, mentre l’anno meno piovoso è stato il 1921, con 745 mm di pioggia caduti in 61 giorni.

La stazione di Endine ha registrato una piovosità massima giornaliera pari a 138 mm il 17 ottobre 1960; l’anno più piovoso è stato il 1939, con 3109 mm di pioggia, caduti in 98 giorni.

In tutti i casi i massimi mensili sono concentrati nei mesi di maggio e giugno (140-160 mm), anche se valori elevati di precipitazioni possono riscontrarsi anche tra luglio-agosto (130-150 mm) e ottobre-novembre (120-140 mm); durante i mesi invernali l’entità delle piogge rimane su valori minimi (in media 50-80 mm tra dicembre e febbraio).

Non essendovi, all’interno del bacino del Cherio, stazioni pluviografiche in grado di registrare le piogge intense, ci si deve necessariamente riferire a quanto rilevato per le precipitazioni massime nell’ambito giornaliero per le stazioni di Bergamo, Clusone e Gorno.

Un utile strumento operativo è stato recentemente predisposto dall’Autorità di Bacino del Fiume Po: nell’ambito della “Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica”, l’intero territorio regionale è stato suddiviso in celle che rappresentano la distribuzione spaziale delle precipitazioni intense, ottenute elaborando

tutte le informazioni relative alle stazioni pluviografiche. Per ciascuna cella del reticolo chilometrico di riferimento sono poi stati determinati i “parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni”.

## 4.7 Analisi del bacino idrografico

### 4.7.1 Descrizione delle opere presenti in alveo

Lungo l’asta torrentizia sono state rilevate numerose opere realizzate in tempi diversi: a partire da quota 400 m s.l.m. è presente un piccolo attraversamento in alveo a sezione quadrata con lato di 1,5 metri circa; a monte dello stesso, la morfologia dell’alveo risulta molto articolata a causa della presenza di trovanti anche di cospicue dimensioni. A valle dell’attraversamento, la forma dell’asta torrentizia assume invece una connotazione più regolare e le dimensioni del detrito calano bruscamente.

Alle quote comprese tra 377-385 m s.l.m. l’alveo si presenta in sezione ristretta in parte lastricato con una rasatura in cemento; a quota 365 m s.l.m. poco prima della prima brusca curvatura verso sinistra, l’alveo è intubato per circa 20 di metri, mediante tubazione in cemento a sezione sferica con **diametro di circa 1,5 metri**. In questo settore, in sinistra idrografica è stato realizzato un tratto muro in c.l.s. di circa 30 metri, in appoggio al vecchio argine realizzato in pietrame. A valle del tratto intubato descritto, l’alveo piega bruscamente a sinistra e scende verso valle fino alla quota di 340 m s.l.m., con una serie di basse soglie in massi ciclopici resi solidali mediante cavi in acciaio; in corrispondenza del passaggio della carrareccia poco oltre la piazzola ecologica comunale, l’attraversamento della valle è assicurato da un **tubo in cls con diametro di 1,5 metri**.

Tutti i tratti intubati, nelle fasi del rilievo e fino ai più recenti sopralluoghi si presentavano perfettamente puliti ed efficienti; **il tratto di alveo fino alla via Leopardi, a partire dalla piazzola ecologica, prima dei lavori di rimodellamento eseguiti nel corso dell’anno 2020 risultava fortemente sovralluvionato, con l’argine in sinistra idrografica topograficamente più elevato rispetto all’argine in destra.**



*Figura 36- Tratto d'alveo con lastricatura in cemento*



*Figura 37- Tratto d'alveo intubato a quota 365m s.l.m.*



*Figura 38- Serie di briglie in massi ciclopici lungo l'alveo*



*Figura 39- Alveo a valle della piazzola ecologica prima dei lavori di rimodellamento ed adeguamento della sezione*

#### 4.7.2 Analisi morfometrica del bacino

Le morfologie visibili nell'ambito del bacino idrografico sono riconducibili alle azioni prodotte dalla gravità e dalle acque superficiali, che agiscono su un versante mediamente acclive, costituito da coltri superficiali poggianti su substrato roccioso.

Nel sito in esame si è proceduto al rilevamento geomorfologico finalizzato alla definizione di tutti i processi e fenomeni, associati all'innescio di "debris flow" o "debris torrent".

Sono stati in particolare considerati, ai fini delle analisi e della caratterizzazione del bacino idrografico e del conoide alluvionale, i fenomeni geomorfici associati alla dinamica torrentizia e di versante.

Le caratteristiche morfometriche **del bacino idrografico**, all'apice del conoide, sono:

Superficie	0,282 km <sup>2</sup>
Pendenza media bacino	79%
Lunghezza alveo principale	945 m
Pendenza media alveo principale	36%
Lunghezza totale rete idrografica	950 m
Quota massima bacino	1190 m
Quota media bacino	740 m
Quota minima bacino	365 m

Le caratteristiche morfometriche **del conoide** sono:

Superficie	0,09 km <sup>2</sup>
Pendenza media conoide	27 %
Quota apice conoide	365 m
Lunghezza totale conoide	310 m
Larghezza massima	400 m

#### 4.7.3 Valutazione delle portate liquide di piena

Per il bacino oggetto di studio non sono disponibili serie storiche per condurre un'analisi statistica locale delle piene.



con tempo di ritorno ( $T_r$ ) di almeno 100 anni. L'analisi della pluviometria ha il compito di individuare e caratterizzare in modo statistico gli eventi di pioggia di massima intensità, i quali sono all'origine delle massime portate di piena.

I risultati desunti dal citato Portale Idrologico Regionale forniscono i parametri  $a$  e  $n$  medi relativi ad una parte del territorio in esame, precedentemente suddiviso in singole celle. Da questi valori riportati per ogni cella, è possibile calcolare le altezze di pioggia relative in base ai diversi valori di durata del fenomeno piovoso da considerare in ogni specifico lavoro ed espresso in ore: da questo passaggio è poi possibile ottenere il valore medio della precipitazione sull'area del bacino del torrente in esame.

$a_1$	28,51
$n$	0,3098
$\alpha$	0,30309999
$k$	-0,00419999
$\epsilon$	0,82340002

Figura 41 - Parametri LSPP (ARPA Lombardia per cella di riferimento)

Dalla letteratura idrologica consultata si evince che la curva di possibilità pluviometrica è rappresentata dalla seguente espressione:

$$h=at^n$$

ove:

**h**: altezza della pioggia in mm,

**t**: durata della precipitazione,

**a** ed **n**: parametri caratteristici della curva.

Applicando dunque i parametri sopra riassunti nella formula

$$h = a_1 \cdot w_T \cdot D^n$$

e utilizzando una durata critica pari al tempo di corrivazione (0,23 ore - circa 14 minuti), dove  $w_T = 2,23126$ ,  $a = 28,51$  ed  $n = 0,3098$ , l'intensità di pioggia con  $T_r = 100$  anni nelle successive elaborazioni è pari a **40,27 mm**.

**MASSIMA PRECIPITAZIONE PROBABILE in T<sub>c</sub>**

Tr 20	43,2 mm
Tr 50	50,33 mm
<b>Tr 100</b>	<b>55,71 mm</b>
Tr 200	61,09 mm

Figura 42 - Massima precipitazione probabile con diversi tempi di ritorno

Una volta calcolato il tempo di corrivazione e la massima precipitazione probabile è possibile calcolare la **portata di massima piena** per un **tempo di ritorno di 20 – 100 - 200 anni**.

Nel caso specifico è stato utilizzato il Metodo Razionale per cui

$$Q_c = 0.278 \frac{ch_{(t)}S}{T_c}$$

dove:

**Q<sub>c</sub>**: portata al colmo

**C**: è il coefficiente di deflusso adimensionale che tiene conto della capacità filtrante del terreno e che in questo caso è stato calcolato pari a 0,45

**h<sub>t</sub>**: è l'altezza di precipitazione critica relativa al tempo di corrivazione **T<sub>c</sub>** espressa in mm.

Ricorrendo dunque alla formula del Metodo Razionale si sono ricavati i seguenti valori delle portate liquide di piena, facendo riferimento alle valutazioni e alle misure sopra descritte, con chiusura del bacino idrografico posta alla quota 365 m s.l.m. e valori di "a" e "n" presi dalla documentazione predisposta e messa a disposizione nel portale Idrografico di ARPA Lombardia:

**PORTATE DI MASSIMA PIENA in T<sub>c</sub>**

Tr 20	6,65 mc
Tr 50	7,75 mc
<b>Tr 100</b>	<b>8,58 mc</b>
Tr 200	9,41 mc

Figura 43 - Valori di portata calcolati (parametri del Portale Idrografico di ARPA Lombardia), chiusura a quota 365 m

## 4.8 Analisi del conoide alluvionale

### 4.8.1 Condizioni di innesco

È ormai ampiamente noto e accettato che il fenomeno di debris flow è innescato da una improvvisa disponibilità di acqua a seguito di precipitazioni intense ma di breve durata o a disgelo rapido glaciale e/o nivale (Savage,2005), in un materiale già saturato, o prossimo alla saturazione, da precedenti eventi di pioggia.

Le condizioni di innesco possono essere determinate mediante due metodi (criteri): il criterio meteorologico o il criterio fisico.

#### *Criterio meteorologico*

Per la definizione delle soglie di allarme si è fatto ricorso a due parametri pluviometrici fondamentali: l'intensità delle precipitazioni  $I$  espressa in mm/ora e la durata delle precipitazioni  $D$ , espresse in ore. Esistono vari modelli che permettono di determinare le condizioni di stabilità o instabilità del materiale in corrispondenza degli eventi meteorici.

Uno dei modelli più usati è quello proposto da Caine (1980) che identifica la retta critica attraverso la seguente equazione:

$$I=14,82 D^{-0,39}$$

Tale relazione, che esprime un livello di soglia valido a scala mondiale, sembra avere validità anche per i bacini alpini.

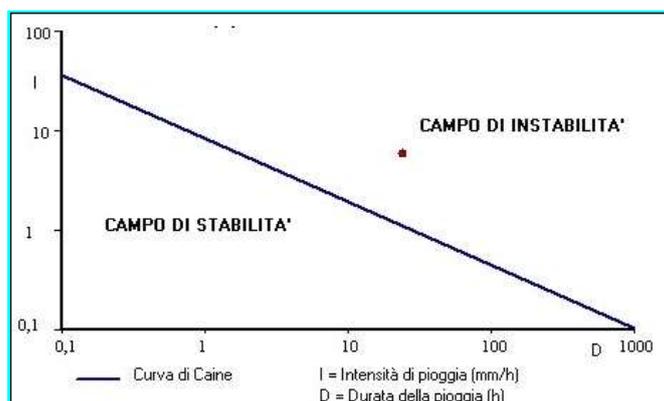


Figura 44 - Modello di Caine

Un modello locale è quello proposto da Ceriani (1994) e valido per la Lombardia, in tal caso la curva di soglia è determinata dalla seguente equazione:

$$I = 2 D^{-0,55}$$

Molto simile alla curva di soglia proposta da Ceriani et al. (1994) per la Lombardia è la curva proposta da Augustoni et al (1996) per il Cantone Ticino (Svizzera).

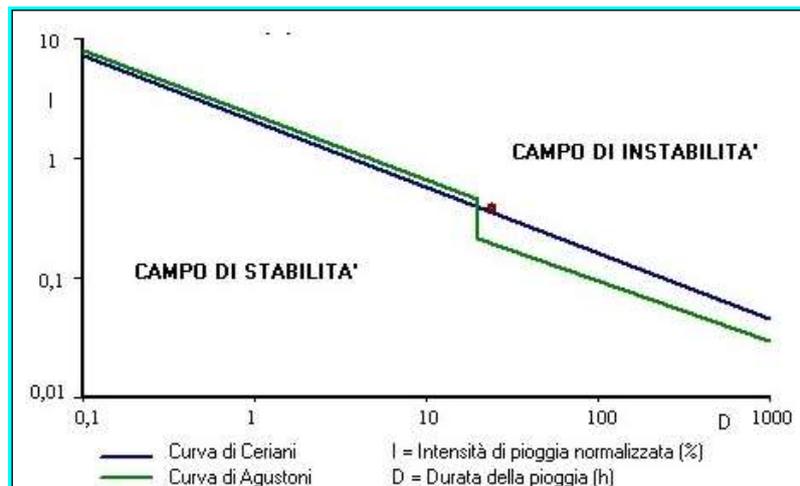


Figura 45 - Modello di Ceriani ed Augustoni

### Criteria fisico

I materiali in sito si mobilitano quando si instaura una condizione di flusso superficiale che induce uno sforzo di taglio superiore alla resistenza intrinseca del materiale. Le condizioni di equilibrio di un ammasso di materiale granulare sono garantite dal rapporto tra componente normale e componente tangenziale delle forze in stabilizzanti, che deve essere inferiore alla tangente dell'angolo d'attrito del materiale stesso.

Nella sua formula completa, tale rapporto è esprimibile dalla formula:

$$I_{pe} = \frac{3,6}{S} \left( \frac{8 g \sin(\theta)}{f} \right)^{1/2} \left\{ C^* \left( \frac{\sigma}{\rho} - 1 \right) \left( \frac{\tan(\phi)}{\tan(\theta)} - 1 \right) - 1 \right\}^{3/2} d_{50}^{-3/2} B$$

Ne risulta che le condizioni di equilibrio e il relativo tipo di movimentazione del terreno corrispondente è rappresentato graficamente dalla figura allegata in funzione dell'inclinazione del pendio. Il diametro dei grani caratteristico considerato è stato posto uguale a 2 cm.

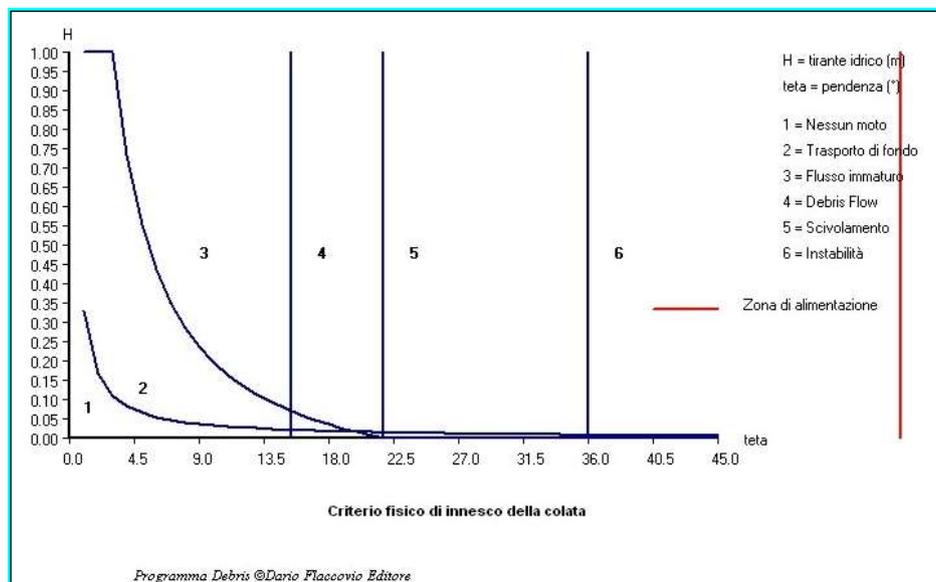


Figura 46 : Criterio fisico della colata

#### 4.8.2 Intensità di pioggia e portata critica per innesco debris flow su conoide alluvionale

L'altezza della lama d'acqua (tirante idrico) che forma a seguito del deflusso può essere stimata dalla relazione di Ikeya (1989) la quale combinata con l'equazione di Takahashi che esprime lo stato di equilibrio fra la resistenza al taglio e la forza di taglio in un materiale granulare permette di calcolare l'intensità di pioggia che soddisfa i requisiti per lo sviluppo del debris flow:

$$\frac{g h_0 \rho \sin(\theta) + C^* a_L g \sigma \sin(\theta) + (1 - C^*) a_L g \rho \sin(\theta)}{C^* a_L g \sigma \cos(\theta) - C^* a_L g \rho \cos(\theta)} \leq \tan(\phi)$$

dove

$\sigma$  = peso specifico dei grani [g/cm<sup>3</sup>]

$\rho$  = peso specifico dell'acqua [g/cm<sup>3</sup>]

$\Phi$  = angolo di attrito dei grani [°]

C\*= concentrazione volumetrica massima dei grani

D50= diametro caratteristico dei grani [m]

I risultati della formula indicata vanno logicamente considerati come indicativi, benché diano un grado di precisione realistico.

Una volta calcolato il Tempo di Corrivazione Tc (0,23h = 14') viene determinata la portata massima liquida iniziale (8,58 mc/s con T100), la quale a sua volta viene confrontata con la portata critica necessaria all'innesco del debris flow, in accordo con le ipotesi di Schoklitsch. Quest'ultimo ha proposto una formula empirica per il calcolo del trasporto solido dei torrenti di montagna, che individua un valore di portata liquida iniziale di soglia al di sopra della quale si attivano i movimenti di trascinamento di particelle solide nell'alveo:

$$Q_{cr} = \frac{0,6 B d_{50}^2}{S^{7/6}}$$

con

Qcr = portata liquida critica [ m<sup>3</sup>/s]

B= larghezza media attiva dell'asta nella zona di innesco [m]

d50=diametro medio dei grani del materiale nella zona di alimentazione della colata [m]

S= superficie del bacino [Km]

Le condizioni di innesco risultanti dalle elaborazioni precedenti sono le seguenti:

- Portata massima iniziale: 8.58 mc/s
- Portata critica per l'innesco 0.05 mc/s
- Altezza della lama d'acqua nella sezione d'innesco: 51.5 cm
- Intensità critica di pioggia: 32 mm/h

#### 4.8.3 Analisi di moto bidimensionale

L'analisi del moto bidimensionale è stata effettuata confrontando i risultati dell'applicazione della teoria di Takahashi e della teoria dell'onda cinematica.

#### *La teoria di Takahashi*

Se consideriamo una miscela di liquido e solido a riposo su un letto rigido e ipotizziamo che la stessa venga assoggettata a uno sforzo di taglio T, fino a quando tale sforzo è inferiore alla resistenza massima del materiale non si ha condizione di modo. Per determinare la zona arresto di una colata esistono in letteratura varie formule. Questa distanza teoria può essere determinata una volta calcolata la velocità della colata e la sua altezza nel tratto di scorrimento mediante la seguente formula:

$$x_L = \frac{V^2}{G}$$

La formulazione più semplice per il calcolo dei valori di V e G è stata fornita da Takahashi e Yoshida (1979):

$$V = u_u \cos(\theta_u - \theta) \left[ 1 + \frac{g h_u \cos(\theta)}{2 u_u^2} \right]$$

$$G = g [S_f \cos(\theta) - \sin(\theta)]$$

Il pedice “u” si riferisce al ramo di monte del percorso della colata; Sf indica una pendenza d’attrito costante.

Takahashi in una formulazione successiva (1991) fornisce un’equazione completa per il calcolo della distanza d’arresto:

$$V = u_u \cos(\theta_u - \theta) \left\{ 1 + \frac{[(\sigma - \rho_m) C_u k_a + \rho_m] \cos(\theta_u) g H_u}{2 [(\sigma - \rho_m) C_u + \rho_m] u_u^2} \right\}$$

$$G = \frac{(\sigma - \rho_m) g C_u \cos(\theta) \tan(\alpha)}{(\sigma - \rho_m) C_u + \rho_m} - g \sin(\theta)$$

dove

$\rho_m$  è la densità del fluido interstiziale costituito dalla miscela “acqua-particelle “ in sospensione.

La velocità secondo Takahashi vale:

$$u_u = k \sqrt{g H \sin(\theta)}$$

dove K è una costante di proporzionalità che assume in genere un valore compreso fra 1,5 e 2.

I risultati ottenuti sono i seguenti e l'elaborazione è schematizzata nel grafico successivo.

Metodo	Distanza di arresto
Takahashi	92 m
Takahashi e Yoshida	101 m

L'inizio della deposizione del debris flow coincide con l'ultimo vertice del pendio.

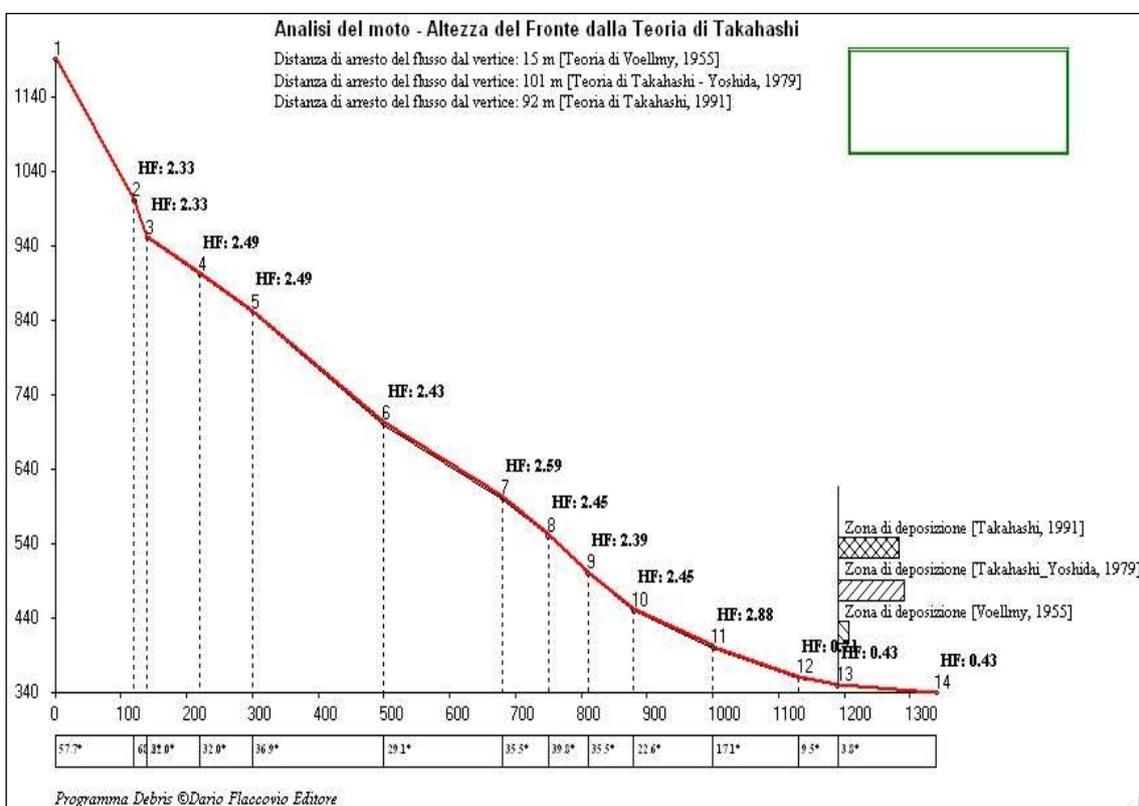


Figura 47 - Analisi del moto Teoria di Takahashi, distanza di arresto del flusso dal vertice

### La teoria dell'onda cinematica

Questa teoria parte dalla constatazione che il comportamento di una colata di detrito è apparentemente simile a quello di un fluido. Arattano e Sauvage (1922) hanno proposto un modello di simulazione che si rifà alla teoria dell'onda cinematica.

Si giunge a determinare le equazioni parametriche che individuano la posizione del fronte della colata detritica nel tempo.

La colata secondo questo metodo inizia a deposita il materiale ad una quota di 360 metri s.l.m. e considera una distanza di arresto pari a 105 metri.

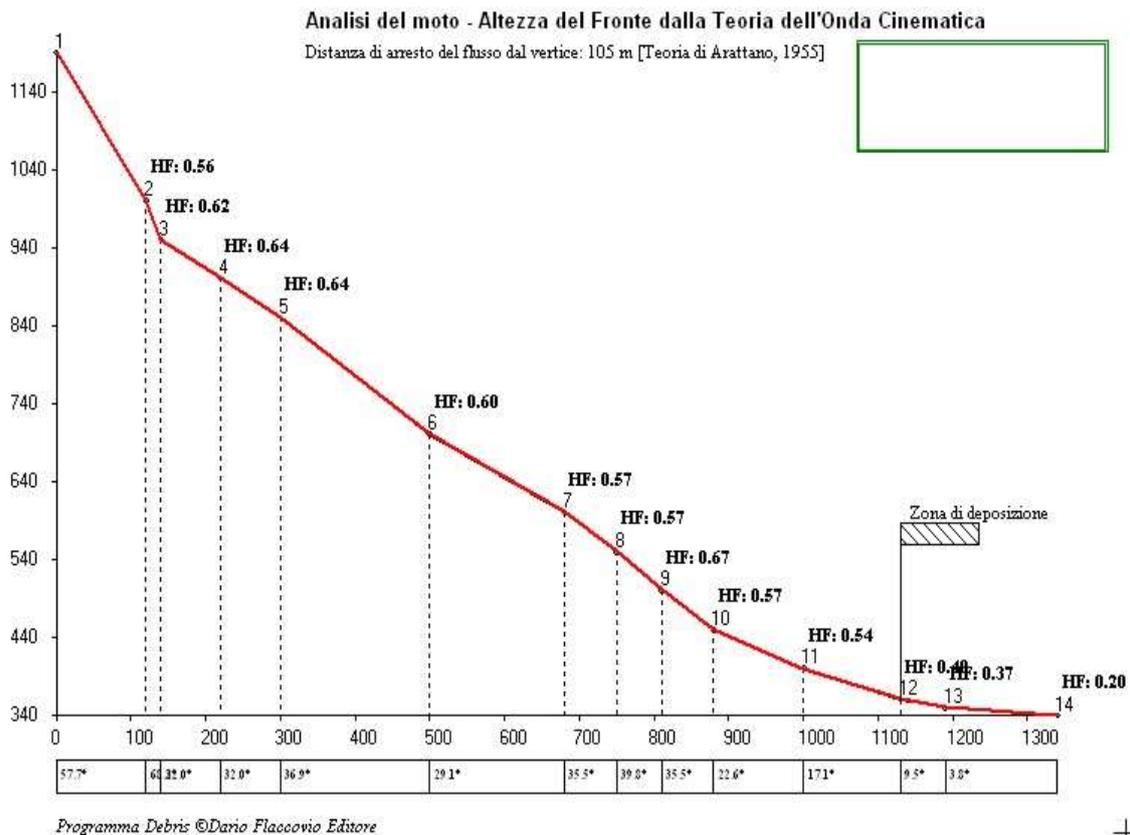


Figura 48 - Analisi del moto Teoria dell'Onda cinematica, distanza di arresto del flusso dal vertice

È stato infine possibile confrontare i risultati ottenuti con i due metodi, schematizzati attraverso i due schemi allegati. Il primo confronta le altezze del fronte della colata, calcolate con le due teorie, con il progredire della stessa lungo il canale di flusso.

Il secondo grafico confronta i risultati sulla velocità della colata. Oltre alle velocità calcolate in accordo alle teorie di Takahashi e Arattano, sono visualizzati anche i valori di velocità calcolati con altre formule presenti in letteratura.

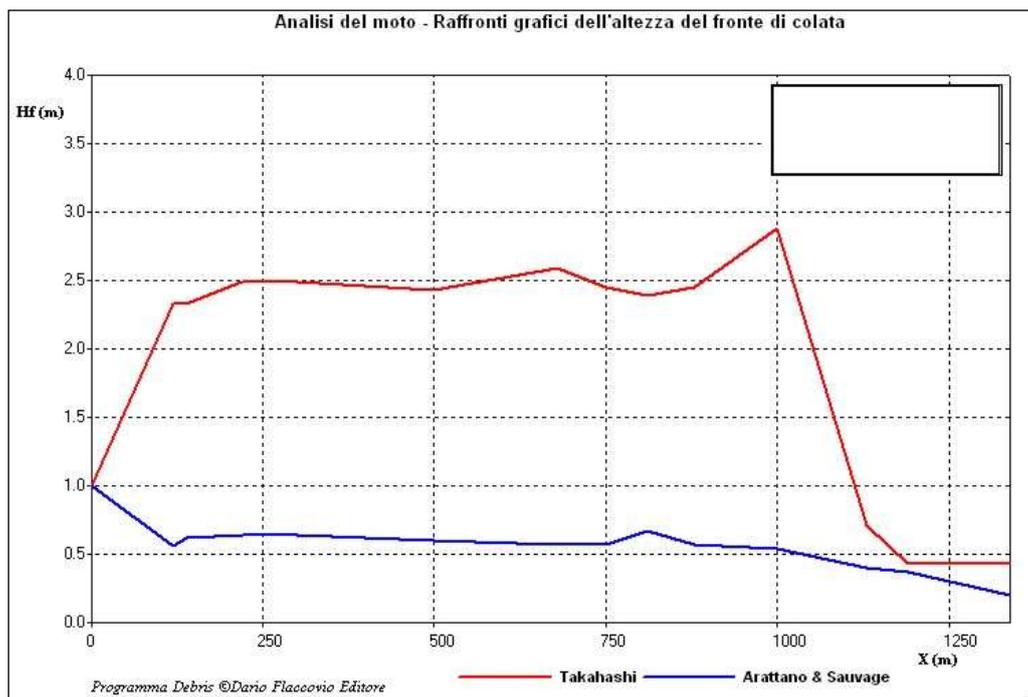


Figura 49 - Analisi del moto: raffronti

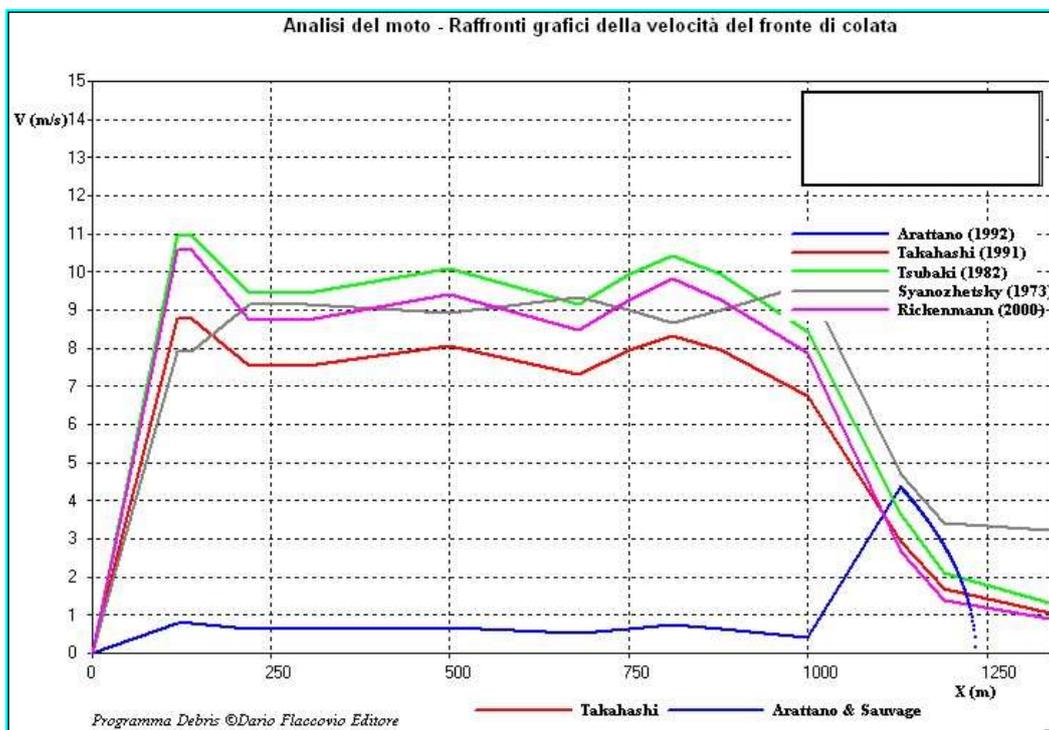


Figura 50 - Analisi del moto: raffronti

#### 4.8.4 Determinazione della Magnitudo

La magnitudo M, cioè il volume massimo di materiale detritico posto in movimento durante un evento di trasporto di massa su conoide, è un dato di difficile quantificazione, ma ha una fondamentale importanza per la stima e la perimetrazione delle aree con diverso grado di pericolosità.

Utili considerazioni sul tipo di trasporto a cui può essere soggetto il conoide vengono dal raffronto tra la pendenza media del conoide ed il numero di Melton IM.

Quest'ultimo è un indice indicativo delle condizioni di rilievo e dell'acclività del bacino, calcolato dalla:

$$I_M = \frac{H_{\max} - H_0}{S^{0,5}}$$

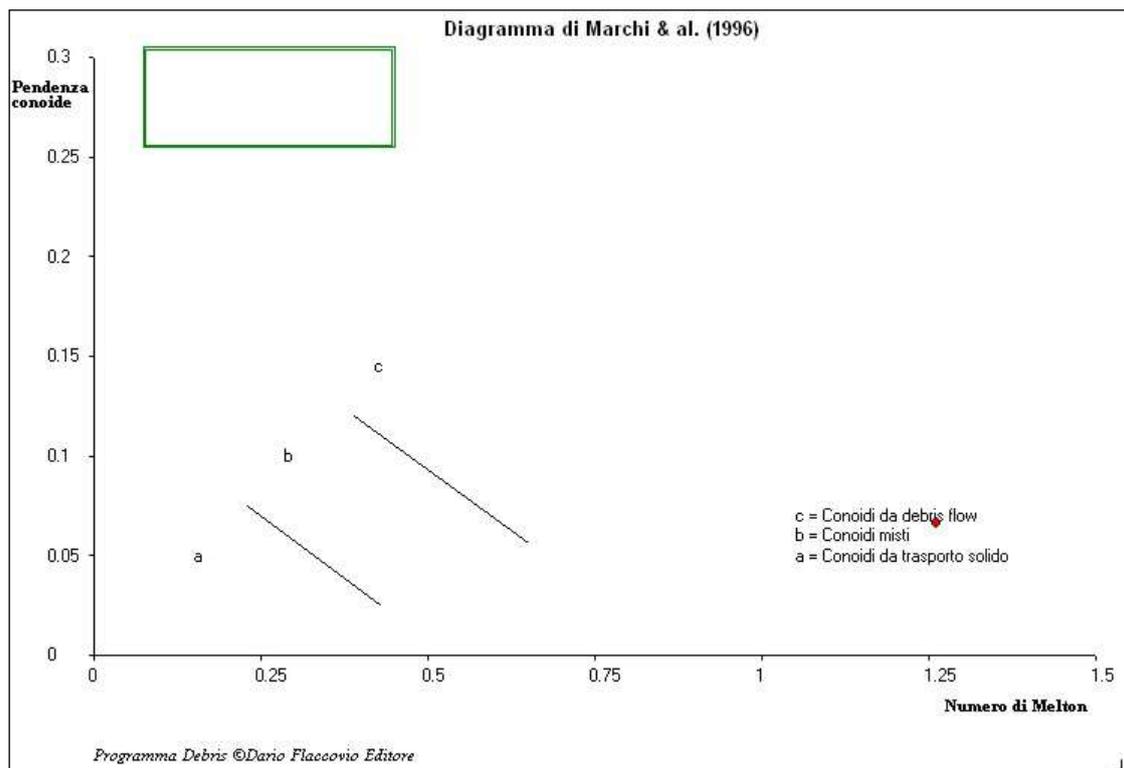


Figura 51 - Diagramma di Marchi

Il valore di magnitudo è puramente indicativo e basato solo su stime del possibile spessore del materiale in alveo; pertanto è stato effettuato un calcolo della magnitudo considerando le metodologie presenti in bibliografia.

Le formule di calcolo più usate sono:

Metodo di Takey

$$M = 13.600 S^{0,61}$$

Metodo di Kronfellnr – Kraus

$$M = k S i$$

Metodo di Ikeya

$$M = 18.000 S^{0,5} Q^{0,5}$$

Metodo di Rickemann – Zimmermann

$$M = (110 - 2,5 J_c) L \quad \text{per } 15 < J_c < 40$$

$$M = (6,4 J_c - 23) L \quad \text{per } 7 < J_c < 15$$

Metodo di Marchi – Tecca

$$M = 70.000 S$$

Metodo di Bottino et al.

$$M = 21.241 S^{0,28}$$

Metodo di D'Agostino et al.

$$M = 29.100 S^{0,67}$$

$$M = 39 S i^{1,5} IG IT^{-0,3}$$

Metodo di Turconi et al.

$$M = \frac{S \tan(\theta) H r (n + 1) e^f}{1000}$$

Metodo di Ceriani et al.

$$M = K S I_M^{0,8} i \left( \frac{1}{IF} \right)^2$$

Metodo di Bianco – Franzì

$$M = 14.000 S i^{(1,5-i)} IG^{(1+0,1 IG)} \pm 13.000 S^{0,6}$$

Metodo di D'Agostino - Marchi

$$M = 70 S i^{1,28} IG$$

con

M = magnitudo

i = pendenza media dell'asta

k = fattore di torrenzialità

S = area del conoide chiusa all'apice

Q = portata di picco della frazione liquida

Jc = pendenza media del conoide (%)

L= lunghezza dell'alveo (m)

na = fattore adimensionale

Vr = valore di riferimento del volume solido specifico per unità di area.

IG = indice geologico (1,5 per il sito in esame)

IT= indice di trasporto (1 per il sito in esame)

H= spessore medio del materiale mobilitato

Tan (θ)= pendenza media del bacino

IF= indice di frana (2 per il sito in esame)

L'analisi dei risultati permette di effettuare la media considerando solo le metodologie ritenute più valide.

Metodo	Magnitudo (m <sup>3</sup> )
Takey	7292
Kronfellnr – Kraus	46242
Ikeya	9353
Rickemann – Zimmermann	11962
Marchi – Tecca	25200
Bottino et al.	15956

D'Agostino et al.	21189
Turconi et al.	3155
Ceriani et al.	15436
Bianco – Franzi	8729
D'Agostino - Marchi	14780
<b>VALORE MEDIO</b>	<b>16300</b>

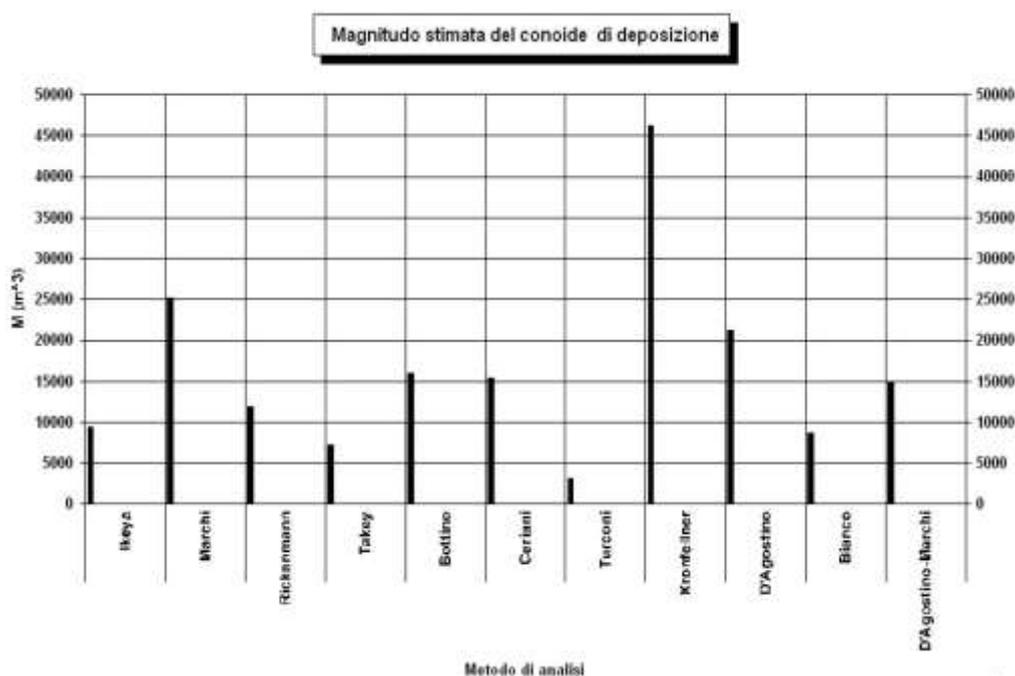


Figura 52 - Raffronto fra i diversi metodi di determinazione della magnitudo

#### 4.8.5 Estensione del conoide

Dalla magnitudo della colata è possibile determinare le aree di massima esondazione del conoide mediante la formula di Iverson, Shilling e Vallance (1997):

$$AT = 0,05 M^{2/3}$$

$$AP = 200 M^{2/3}$$

dove

AT = area della sezione di flusso nella zona di accumulo [m<sup>2</sup>]

AP = area inondata in pianta [m<sup>2</sup>]

Il modello di Iverson et al., il cui utilizzo è raccomandato da Regione Lombardia, è derivato dall'analisi geometrica e cinematica delle colate di fango sviluppatesi sui fianchi di vulcani costituiti da depositi piroclastici. Quindi non andrebbe applicata alle colate di detrito vere e proprie.

#### 4.8.6 Lunghezza totale percorsa da una colata

Un altro fattore da tenere in grande considerazione è la lunghezza totale percorsa dalla colata la quale può essere stimata dalla relazione proposta da Rickenmann (1999) a partire dalla magnitudo della colata M e dalla differenza di quota H tra la quota massima e la quota minima del percorso della colata:

$$L_{TOT} = 1,9 M^{0,16} H^{0,83}$$

Con un valore massimo dato dalla:

$$L_{TOT} = 5 M^{0,16} H^{0,83}$$

#### 4.8.7 Portata di picco di una colata

La valutazione della portata di picco è importante per valutare la capacità dell'alveo di contenere il flusso della colata o la capacità di smaltimento del flusso in una sezione critica, ad esempio sotto un ponte.

Mizuyama (1992) fornisce la seguente equazione:

$$Q_p = 0,135 M^{0,78}$$

che dà risultati simili alla formula proposta da Rickenmann (1999)

$$Q_p = 0,1 M^{0,833}$$

Con  $Q_p$  espresso in  $m^3/s$ .

Un'altra espressione deriva dall'analisi di dati canadesi (Bovis & Jacob, 1999):

$$Q_p = 0,04 M^{0,9}$$

Le tre relazioni portano a risultati molto simili come si può osservare dalla figura sottostante.

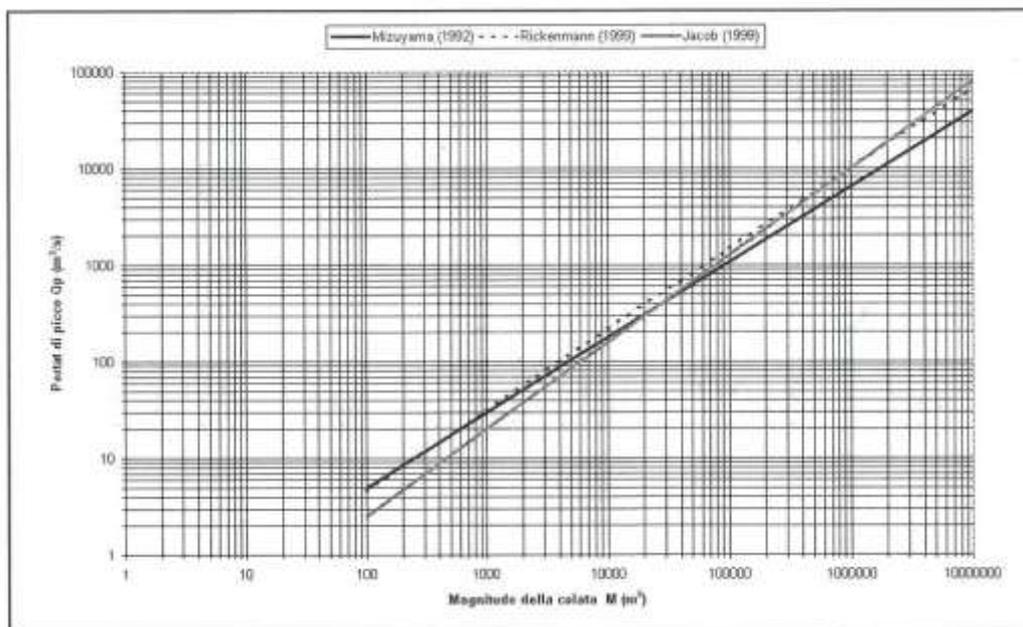


Figura 53 - Confronto risultati calcolo della magnitudo con i diversi metodi

#### 4.8.8 Risultati

I risultati delle elaborazioni sono i seguenti:

- Area della sezione di deflusso = 50 m<sup>2</sup>
- Area inondata = 12.645 m<sup>2</sup>

Ipotizzando il conoide con forma triangolare avremo:

- Altezza media del detrito = 1,29 m
- Larghezza alla base del conoide = 112 m
- Lunghezza del conoide = 224 m

I parametri caratteristici del conoide risultano essere i seguenti:

- Inizio deposizione della colata = 1190 m (indica il valore in metri dell'inizio della zona di deposizione calcolato a partire dalla coordinata zero di ascissa del pendio modellato, calcolato dalla teoria di Takahashi (1991).
- Lunghezza del conoide = 275 - 458 m (indica il valore in metri della lunghezza teorica del conoide, calcolata dalla relazione di Rickenman (1995).
- Portata di picco della colata = 276 mc/s (indica il valore della portata di picco del conoide, valore intermedio fra le portate calcolate con le teorie di Mizuyama (1992), di Rickenman (1999). E di Bovis & Jacob (1999).

#### 4.9 Zonazione del conoide

Uno dei metodi più utilizzati per valutare il grado di pericolosità è quello tipicamente geomorfologico proposto da Aulitzky (1982), basato fondamentalmente sulla dimensione del materiale trasportato, sullo spessore della colata detritica, sull'acclività del conoide, sulla copertura vegetale dominante, sulla morfologia e sulle caratteristiche del flusso in alveo. Il metodo prevede, per ogni zona omogenea da indagare, una risposta, in toto o parziale, a sei quesiti finalizzati all'individuazione nell'area del conoide di quelle zone a maggior grado di pericolo locale e a cinque quesiti relativi all'individuazione del tipo di attività torrentizia da prevedere. Il rapporto fra il punteggio totale e il numero delle domande evase fornisce il grado di rischio della zona analizzata.

##### 4.9.1 Zonazione della pericolosità sul conoide

###### 1 – Dimensione massima del materiale trasportato eroso di recente

	PUNTEGGIO
Superiore a 1 m <sup>3</sup>	4
Fra 0,2 e 1 m <sup>3</sup>	3
Fra 0,01 e 0,2 m <sup>3</sup>	2
Inferiore a 0,01 m <sup>3</sup>	1

2 – Massimo spessore del singolo strato di deposito riconoscibile, differenziato dall'orizzonte umifero o da uno strato con struttura differente

	PUNTEGGIO
Superiore a 1 m	4
Fra 0,5 e 1 m	3
Fra 0,1 e 1 m	2
Inferiore a 0,1 m	1

3 – Pendenza del conoide

	PUNTEGGIO
Superiore al 15%	4
Fra il 7% ed il 15%	3
Fra il 2% ed il 7%	2
Inferiore al 2%	1

4 - Copertura vegetale attuale del conoide

	PUNTEGGIO
Vegetazione rustica, colonizzatrice del suolo del conoide, come consorzi a ontano - salici - tamerici su substrato grossolano, fino a specie anemofile come larici - pini - abeti	4
Successione evoluta fino a formazioni coetanee formate in prevalenza da pini, abeti, larici, betulle	3
Predominanza di prati e pascoli rispetto ai campi, localmente muretti di massi o terrazzamenti	2
Prevalenza di campi senza muretti di sassi o terrazzamenti, presenza di pochi e piccoli sassi nel terreno	1

Relativamente alla copertura vegetale del suolo, punteggi integrativi, o sostitutivi alla domanda n.4 possono essere dati applicando la seguente tabella:

	PUNTEGGIO
Aree urbanizzate, infrastrutture, greti di torrente	0
Seminativi	1
Praterie	2
Praterie non utilizzate, praterie rupicole, prato e/o pascoli, tutte le tipologie da alberi a medio ed alto fusto	3
Aineti planiziali e montani, abetine, arbusteti subalpini, boscaglie pionere di invasione, cespuglietti e cespuglietti pascolabili, formazioni legnose riparie, rimboschimenti, robinieti, rocce e macereti	4

5 - Morfologia del terreno nelle aree della conoide soggette ad erosione

	PUNTEGGIO
Creste di detrito e canali erosivi con blocchi grossolani a segnalazione d'alta velocità della colata	4
Forme di deposito poco definite create dallo spogliamento della colata e a causa della sua rideposizione	3
Superfici elevate al di sopra del torrente inciso nel conoide che potrebbero essere investite dalla colata solo in caso di ostruzione dell'alveo e blocco del deflusso	2
Superfici molto elevate sull'incisione torrentizia non raggiungibili dalla colata attuale	1

## 6 – Condizioni del deflusso nell'area della conoide

	PUNTEGGIO
Presenza di ostacoli nella tratta interessata che possono impedire il libero deflusso a monte, lateralmente o a valle del punto studiato, quali ponti, canali a sezione insufficiente, restringimenti, sbarramenti, etc., che possono indurre l'abbandono del letto anche per colate di piccola entità	4
Idem, ma solo ostruzioni a causa di grossi massi e sbarramenti di tronchi possono forzare l'abbandono del canale	3
Assenza di ostacoli significativi ma canale poco inciso	2
Assenza di ostacoli significativi e canale ben formato che può facilmente far scorrere la colata	1

In funzione dei punteggi dei gruppi di domande divisi per il numero delle risposte, si può ricadere in una delle classi di pericolosità descritte di seguito.

### Zonazione delle pericolosità sul conoide

PUNTEGGIO	PERICOLOSITA'
>2,6	Elevata
2,6 – 1,6	Media
< 1,6	Bassa

#### 4.9.2 Attività torrentizia prevedibile

## 7 – Danni causati nel territorio da eventi passati

	PUNTEGGIO
Considerevoli disastri e vittime nella zona abitata e nelle zone limitrofe al torrente	4
Solo danni materiali senza completa distruzione delle costruzioni	3
Distruzione solo a danno di strutture in prossimità del torrente	2
Solo danni materiali a strutture in prossimità del torrente	1

8 – Precipitazione giornaliera massima potenziale considerando l'altezza media del bacino e una serie decennale di dati

	PUNTEGGIO
Più di 200 mm o più di 2 mm/minuto per almeno un'ora	4
Tra 150 mm e 200 mm o tra 1,5 e 2 mm/minuto per almeno un'ora	3
Tra 100 mm e 150 mm o tra 1,0 e 1,5 mm/minuto per almeno un'ora	2
Meno di 100 mm o meno di 1 mm/minuto per un'ora	1

9 – Volume potenziale della colata nell'area sorgente

	PUNTEGGIO
La sorgente è posta direttamente sopra il conoide, l'asta ha pendenze superiori a 12°, il volume mobilitabile è superiore a 100.000 m <sup>3</sup>	4
La sorgente è separata dal conoide da una gola molto acclive ma incapace di arrestare la colata, il volume mobilitabile è compreso tra 10.000 e 100.000 m <sup>3</sup>	3
Il tratto di monte del conoide si presenta pianeggiante e può servire come zona di deposito, il volume mobilitabile è compreso tra 1.000 e 10.000 m <sup>3</sup>	2
Il tratto a monte del conoide è pianeggiante o il massimo volume mobilitabile è inferiore a 1.000 m <sup>3</sup>	1

10 – Trasporto di vegetazione all'interno della colata o della piena

	PUNTEGGIO
Interi tratti di foresta matura possono essere convogliati nella colata o nella piena	4
Singoli tronchi di foresta matura possono essere convogliati nella colata o nella piena	3
Il letto del torrente può essere raggiunto solo da ceppi e tronchi di legname	2
La colata può trasportare solo alberi piccoli e giovani	1

11 – Materiale nel bacino idrografico

	PUNTEGGIO
Roccia compatta senza copertura, terreno sabbioso ciottoloso con prevalenza di fine, morena	4
Scisti argillosi o mamosi, suolo alterato in superficie, detriti colluviali ghiaiosi-sabbiosi	3
Rocce fratturate, sabbia e ghiaia pulite	2
Rocce molto fratturate, rocce carsiche, terreno superficiale di alta permeabilità	1

In funzione dei punteggi dei gruppi di domande divisi per il numero delle risposte, si può ricadere in una delle classi di pericolosità descritte di seguito.

### Attività torrentizia prevedibile

PUNTEGGIO	PERICOLOSITA'
>2,7	Colata di fango
2,7 – 1,9	Trasporto solido ghiaioso
< 1,9	Piena torrentizia

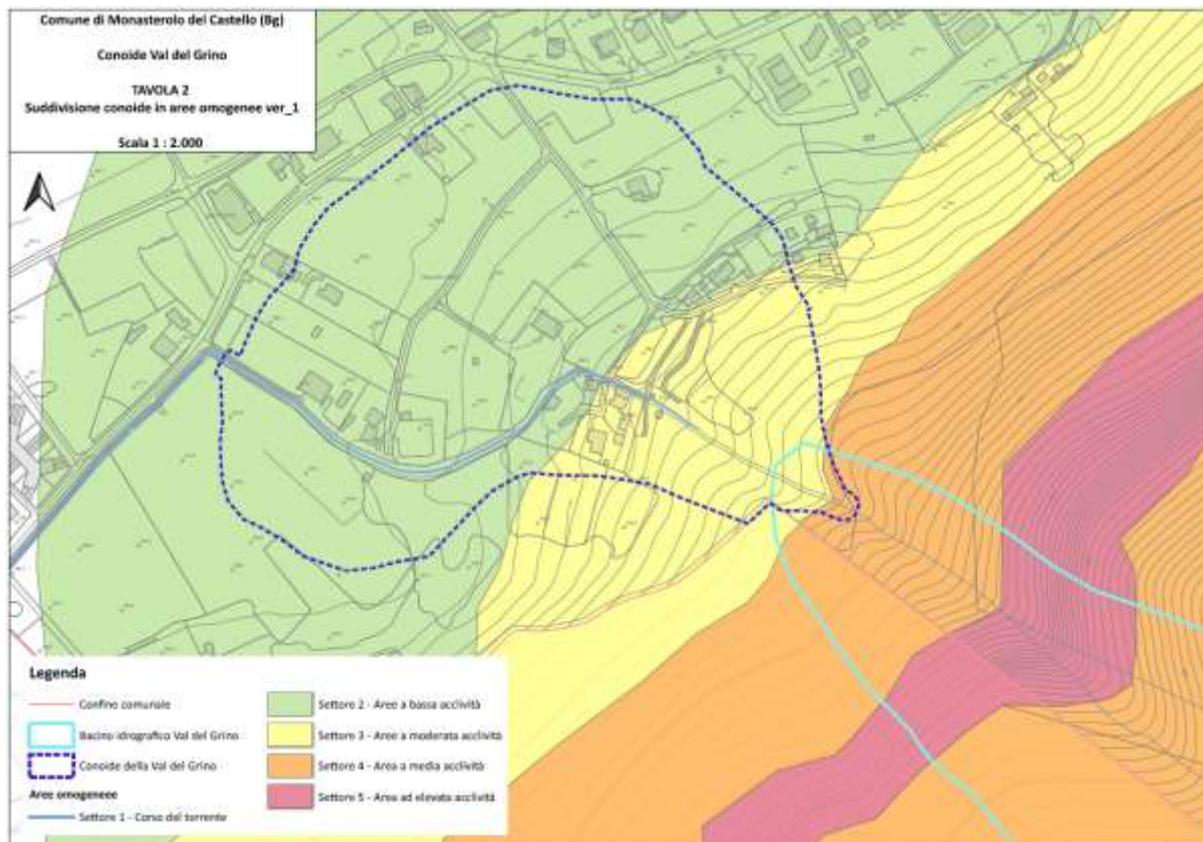


Figura 54 – Settori omogenei del conoide

#### 4.9.3 Risultati relativi alla pericolosità del conoide

Per la valutazione della **pericolosità locale** è stata effettuata una suddivisione del conoide a partire dalla base topografica 1:2000; sono stati delimitati alcuni settori, non a uguale area, ma che individuano le medesime caratteristiche morfologiche topografiche (v. Tav. 2VdG “Aree omogenee”).

Di seguito è riportato per ciascun settore l'applicazione della metodologia di Aulitzky; solo i settori 1, 2 e 3 tuttavia, sono inequivocabilmente riferibili all'area di conoide; il settore 4, all'apice del conoide, è solo marginalmente interessato. Non viene considerato il settore 5 in quanto completamente esterno al conoide.

*Domanda n°1 – Dimensione massima del materiale trasportato/eroso presente sulla conoide:*

SETTORE	RISPOSTA	PUNTI
1	fra 0,01 e 0,2 m <sup>3</sup>	2
2	inferiore a 0,01 m <sup>3</sup>	1
3	fra 0,01 e 0,2 m <sup>3</sup>	2
4	fra 0,2 e 1 m <sup>3</sup>	3

*Domanda n°2 – Massimo spessore del singolo strato di deposito*

SETTORE	RISPOSTA	PUNTI
1	Superiore a 1 m	4
2	inferiore a 0,1 m	1
3	inferiore a 0,1 m	1
4	fra 0,1 e 1 m	2

*Domanda n°3 – Pendenza del conoide*

SETTORE	RISPOSTA	PUNTI
1	fra il 7% e il 15% (11%)	3
2	fra il 7% e il 15% (media 14%)	3
3	superiore al 15% (media 42%)	4
4	superiore al 15% (> 60%)	4

La pendenza media del conoide, nei diversi "settori omogenei" è stata rivista e ricavata grazie ad elaborazioni dal portale cartografico di Regione Lombardia con la funzione "profilo altimetrico" ed "esporta profilo" con le relative quote e distanze, relative a sezioni tipo<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup> v. parere RL\_RLAOOZ1\_2023\_3320: "per maggior chiarezza, nella zonazione della pericolosità del conoide, risulta utile esplicitare la differenza tra le zone individuate con media/moderata acclività ed elevata acclività, attribuite entrambe al settore 4 e, nell'applicazione del metodo Aulitzky, verificare i dati inseriti nella tabella, di cui alla "domanda n. 3 – pendenza del conoide", nei diversi settori".

Escludendo il settore 1, che corrisponde sostanzialmente all'alveo attivo, il settore 2 è risultato quello più articolato ed esteso, per il quale sono state considerate più sezioni rappresentative, che hanno dato una pendenza media pari al 13,6%, con un massimo, preso lungo la direzione in continuità con il tratto rettilineo da monte, di circa il 15%. Più regolari gli esiti in corrispondenza dei settori 3 e 4, dove più uniformi sono le pendenze, mediamente più elevate, e le morfologie.

*Domanda n°4 – Copertura vegetale attuale del conoide*

SETTORE	RISPOSTA	PUNTI
1	(...) greti di torrente (tab. 4.1)	0
2	Predominanza di prati e pascoli (...)	2
3	(...) tutte le tipologie di alberi a medio ed alto fusto (tab. 4.1)	3
4	(...) tutte le tipologie di alberi a medio ed alto fusto (tab. 4.1)	3

Relativamente agli aspetti relativi alla “domanda n. 4”, la revisione della procedura a seguito del parere regionale, nonostante non vi siano in essa contenuti rilievi rispetto alla “copertura vegetale del conoide”, si ritiene che alcune voci della tabella “sostitutiva” siano più adeguate alla situazione realmente riscontrata in sito: tali voci sono indicate in tabella con la sigla 4.1.

*Domanda n°5 – Morfologia del terreno*

SETTORE	RISPOSTA	PUNTI
1	(...) canali erosivi con blocchi grossolani ...	4
2	Superfici elevate al di sopra del torrente inciso nel conoide che potrebbero essere investite dalla colata solo in caso di ostruzione dell'alveo e blocco del deflusso	3
3	/	/
4	/	/

*Domanda n°6 – Condizioni di deflusso nell'area della conoide*

SETTORE	RISPOSTA	PUNTI
1	Presenza di ostacoli (...) che possono impedire il libero deflusso (...)	4
2	/	/
3	/	/
4	/	/

#### **Tabella riassuntiva**

SETTORE	TOTALE PUNTI	N° DOMANDE RISPOSTE	INDICE DI PERICOLO LOCALE	PERICOLOSITA'
1	17	6	2,8	Elevata
2	10	5	2	Media
3	10	4	2,5	Media
4	12	4	3	Elevata

La classificazione del conoide secondo Aulitzky ha permesso di evidenziare che le aree a maggiore pericolosità sono il settore ristretto in corrispondenza del torrente e le aree a monte, nei settori più alti e all'apice del conoide; più bassa, al contrario, la pericolosità nelle porzioni laterali, più esterne e più distali dall'asse del torrente.

#### 4.9.4 Risultati relativi alla attività torrentizia

Per quanto riguarda l'**attività torrentizia** i risultati sono i seguenti:

##### *Domanda n°7 – Danni causati nel territorio da eventi passati:*

SETTORE	RISPOSTA	PUNTI
1	Solo danni materiali a strutture in prossimità del torrente	1
2	/	/
3	/	/
4	/	/

Non risultano segnalazioni di danni o criticità occorse negli anni passati; sono stati osservati danni solo alle opere realizzate all'interno dell'alveo (soglie in massi ed erosioni localizzate in corrispondenza dei solettoni di fondo) o lateralmente alle sponde in occasione di piene ordinarie.

Non sono state ritrovate informazioni relative a date o eventi critici particolari, purtuttavia l'intero corso d'acqua in ambito di conoide è accompagnato da argini, più alti nel tratto tra il tombotto e il ponte di strada del Grino, meno pronunciati, a causa delle condizioni di sovralluvionamento precedenti ai lavori di svaso e ricalibratura delle sezioni idrauliche, tra il medesimo ponte di strada del Grino e la strada comunale (via Leopardi).

Le uniche segnalazioni di qualche rilievo, peraltro raccolte verbalmente dagli Amministratori comunali e dall'Ufficio Tecnico, riguardano episodi di esondazione ed alluvionamento della citata via Leopardi, in un tratto in cui l'alveo del torrente è stato artificializzato e ristretto, al di fuori tuttavia dell'ambito tipico del conoide alluvionale.

*Domanda n°8 – Precipitazione giornaliera massima*

SETTORE	RISPOSTA	PUNTI
1	Tra 100 mm e 150 mm	2
2	Tra 100 mm e 150 mm	2
3	Tra 100 mm e 150 mm	2
4	Tra 100 mm e 150 mm	2

*Domanda n°9 – Volume potenziale della colata nell'area sorgente*

SETTORE	RISPOSTA	PUNTI
1	Sorgente separata dal conoide da una gola molto acclive; volume mobilitabile tra 10000 e 100000 m <sup>3</sup>	3
2	/	/
3	/	/
4	/	/

*Domanda n°10 – Trasporto di vegetazione all'interno della colata o della piena*

SETTORE	RISPOSTA	PUNTI
1	Il letto del torrente può essere raggiunto solo da ceppi e tronchi di legname	2
2	Solo alberi piccoli e giovani	1
3	Solo alberi piccoli e giovani	1
4	Solo alberi piccoli e giovani	1

*Domanda n° 11 – Materiale nel bacino idrografico*

SETTORE	RISPOSTA	PUNTI
1	Rocce fratturate, sabbia e ghiaia	2
2	Rocce fratturate, sabbia e ghiaia	2
3	Rocce fratturate, sabbia e ghiaia	2
4	Rocce fratturate, sabbia e ghiaia	2

**Tabella riassuntiva**

SETTORE	TOTALE PUNTI	N° DOMANDE RISPOSTE	INDICE DI PERICOLO LOCALE	PERICOLOSITA'
1	10	5	2	Trasporto solido ghiaioso
2	5	3	1,7	Piena torrentizia
3	5	3	1,7	Piena torrentizia
4	5	3	1,7	Piena torrentizia

**4.10 Pericolosità del conoide**

La pericolosità di base del conoide valutata con la metodologia Aulitzky è stata riesaminata e rivalutata alla luce delle evidenze effettivamente riscontrate in sito e delle informazioni raccolte con il rilievo geomorfologico di terreno.

I risultati di tale esame hanno portato alla conclusione che il conoide è attivo naturalmente in corrispondenza dell'alveo, caratterizzato da evidenti segni di sovralluvionamento per trasporto solido – peraltro confinato nello stesso alveo – e potenzialmente nella sua parte centrale, dove all'altezza della quota 365 s.l.m. appena prima di una brusca curvatura dell'alveo, una eventuale colata potrebbe fuoriuscire lungo la massima pendenza verso valle.

Una colata di entità minore potrebbe coinvolgere le aree collocate ai lati del letto del torrente principale prevalentemente in sinistra orografica in corrispondenza dell'ultimo tratto a curva prima dell'immissione nel recettore: peraltro tale assunto viene sostenuto solo da evidenze morfologiche in sito (un lobo con ghiaie e ciottoli caratterizzato da una colonizzazione arborea, comunque ad alto fusto e consolidata, che lascia intravedere il substrato litologico grossolano), senza essere in alcun modo documentato da informazioni bibliografiche o da segnalazioni da parte dei residenti o degli amministratori comunali; sebbene non vi siano, come detto, evidenze cartografiche e/o documentali, potrebbe essere

plausibile che la doppia arginatura presente lungo l'alveo possa rimandare a tale evento, del quale non si hanno informazioni e che potrebbe risalire comunque ad un'epoca precedente al 1954 (la foto aerea riporta una macchia boscata – tra i prati prevalenti – proprio in corrispondenza del lobo morfologico interpretato come “rotta” di esondazione).

Le aree più distali del conoide non sembra possano essere coinvolte dalle colate detritiche e ad ogni modo solo in maniera molto limitata in termini di volumi d'acqua, di materiale depositato, di velocità e di tiranti.

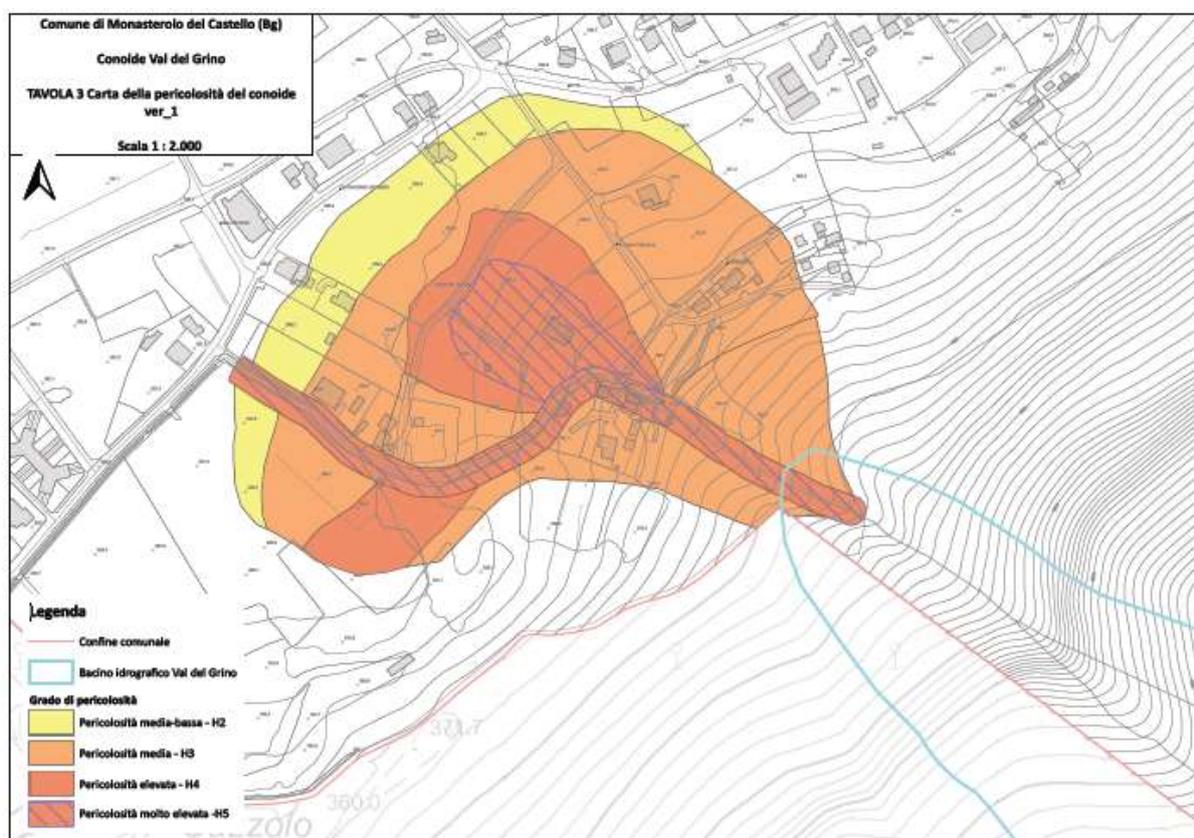


Figura 55 - Classi di pericolosità sul conoide alluvionale della Valle del Grino

Le informazioni raccolte, le osservazioni in sito e l'applicazione della metodologia per l'azonamento della pericolosità, richiamando anche quanto descritto nel precedente studio del 2014, valutate e confrontate nell'insieme, hanno permesso di realizzare la “Carta della pericolosità del conoide”.

La pericolosità è stata suddivisa nelle seguenti classi:

- **Pericolosità molto elevata (“molto alta” H5):** comprende l’alveo attuale con le sue pertinenze (argini ed opere di protezione laterale) ed eventuali direzioni di deflusso potenzialmente riattivabili in caso di piena (in continuità con la principale direttrice dell’alveo da monte, come rappresentato nelle cartografie più datate), soprattutto in caso di occlusione da trasporto solido del tombotto di quota 365.
- **Pericolosità elevata (“alta” H4):** aree esterne all’alveo attivo e alle aree classificate come a “pericolosità molto elevata” con alta probabilità di essere interessate da fenomeni di erosione di sponda e di trasporto in massa e/o di trasporto solido con deposizione di ingenti quantità di materiale solido, con danneggiamento di opere e manufatti.
- **Pericolosità media (H3):** area con moderata probabilità di essere esposta a fenomeni alluvionali (esondazione) e a erosioni di sponda. Si possono avere deflussi con tiranti idrici ridotti e trasporto di materiali sabbioso-ghiaiosi.
- **Pericolosità bassa (H2):** aree con bassa probabilità di essere esposte a fenomeni alluvionali.

#### 4.11 Opere di mitigazione del rischio

Lo studio di dettaglio del conoide alluvionale del torrente della Valle del Grino proposto nel luglio 2014 e qui sostanzialmente ripreso, nella sua versione originale comprendeva una serie di indicazioni volte al miglioramento delle condizioni idrauliche del tratto finale dell’alveo, grosso modo tra la piazzola ecologica e la via Leopardi, consistenti nella realizzazione di opere di consolidamento dell’argine in destra idrografica e un complessivo “alleggerimento” del fondovalle con l’asportazione del materiale sovralluvionato<sup>10</sup>.

---

<sup>10</sup> “A sostegno della proposta di ri-delimitazione PAI del conoide della valle del Grino, contenuta nel presente studio si ritiene indispensabile realizzare una serie di opere tese al miglioramento delle condizioni idrauliche del tratto finale dell’alveo. Le opere consisteranno in un consolidamento del settore orografico destro per una lunghezza indicativa di 30 metri, mediante la realizzazione di una palificata di sostegno semplice e da operazioni

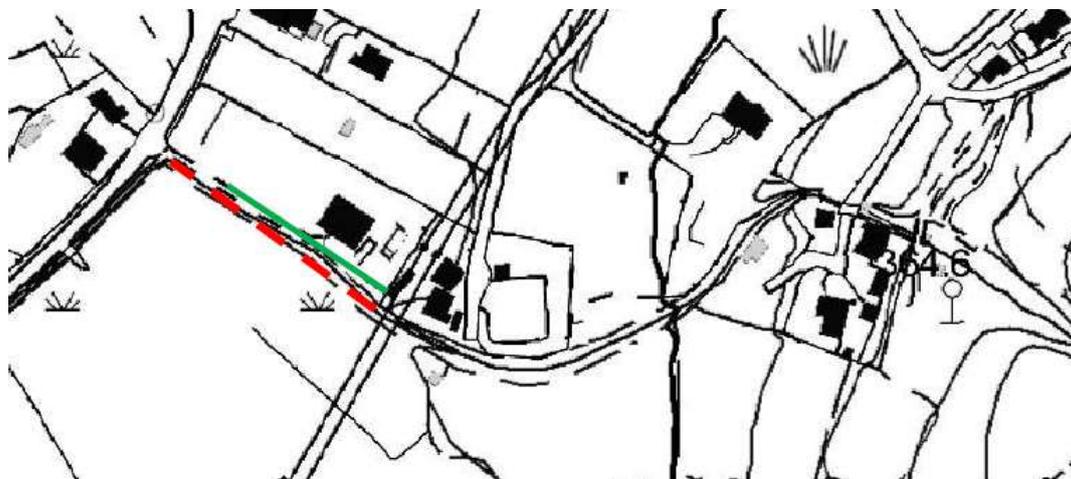


Figura 56 - Individuazione delle opere da proposta di ridelimitazione: tratteggio rosso, rimodellamento fondo alveo; tratto verde, argine da consolidare (M. Suardi, luglio 2014)

L'esecuzione di tali opere avrebbe potuto portare ad una ridelimitazione degli azzonamenti delle cartografie del PAI (ora PAI/PGRA) e della Fattibilità geologica<sup>11</sup>.

#### 4.12 Opere di sistemazione e manutenzione del fondo alveo della Valle del Grino

Nel gennaio 2020, su incarico dell'Amministrazione Comunale di Monasterolo del Castello (Bg), è stato predisposto – a cura dei sottoscritti Geoll. F. Plebani e A. Gritti - il progetto definitivo-esecutivo per l'esecuzione di opere e interventi di manutenzione del tratto terminale dell'alveo della Valle del Grino, funzionale al recupero della piena funzionalità idraulica della stessa, dopo i danni subiti a seguito delle forti precipitazioni dell'ottobre/novembre 2018, per il quale è stato riconosciuto un finanziamento pari al 90% da parte di Regione Lombardia.

---

di alleggerimento del fondo alveo, con la rimozione di uno spessore di detrito pari a circa 1 metro, predisponendo ulteriori 2 soglie in massi ciclopici del tutto simili a quelle già presenti, in grado di assicurare la stabilizzazione del profilo di fondo del tratto di alveo oggetto d'intervento" (geol. M. Suardi, luglio 2014)

<sup>11</sup> "La presente proposta di revisioni delle classi e relativa fattibilità potrà divenire effettivamente operativa solo all'indomani della realizzazione e collaudo delle opere descritte nel relativo capitolo" (geol. M. Suardi, luglio 2014)

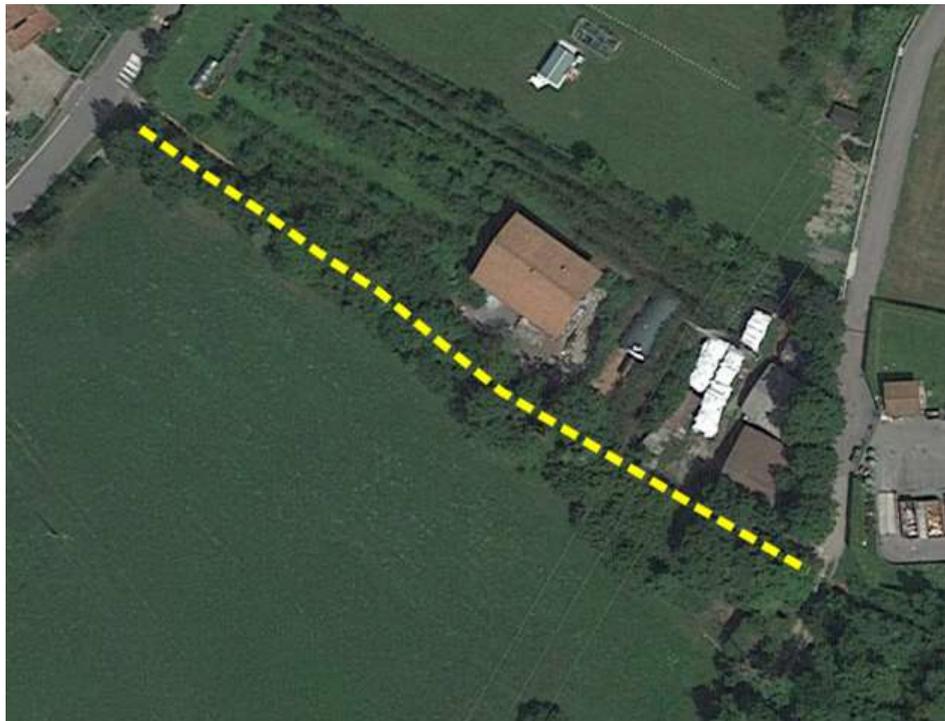


Figura 57 - Tratto della Valle del Grino interessato dalle operazioni di rimodellamento del fondo alveo

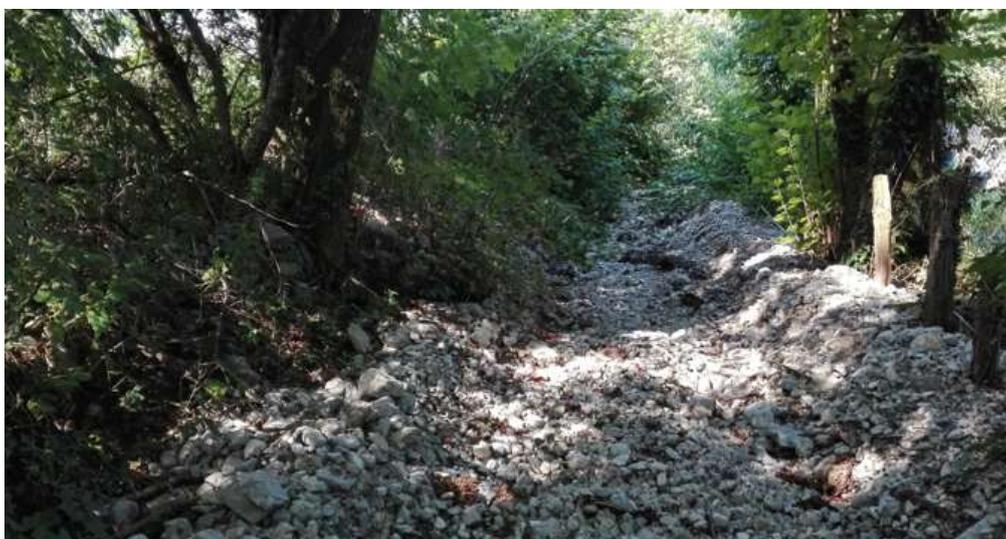


Figura 58 - Valle del Grino. Alveo sovralluvionato (ante lavori di sistemazione e adeguamento delle sezioni idrauliche)

**Le analisi preliminari a supporto della progettazione degli interventi, confermando gli assunti degli studi precedenti, hanno dimostrato che nelle condizioni rilevate il tratto**

**d'alveo a valle dell'attraversamento presso la piazzola ecologica comunale, la maggior parte delle sezioni idrauliche in effetti non risultavano sufficienti a contenere la portata stimata con tempo di ritorno pari a 100 anni (8,58 mc/s).**

	pendenza stato di fatto (%)	portata limite in base a luce sezione attuale (mc/sec)	portata di riferimento con T100 (mc/sec)	possibile direzione di esondazione
sezione 1	3,9	11	8,58	-
sezione 2	3,9	4,64	8,58	destra
sezione 3	5,2	1,85	8,58	sinistra
sezione 4	5,8	1,39	8,58	destra
sezione 5	7,7	2,28	8,58	destra/sinistra
sezione 6	6,9	1,56	8,58	destra
sezione 7	5,9	1,37	8,58	destra
sezione 8	3,9	9,9	8,58	-

*Figura 59 - Verifica delle sezioni antecedentemente ai lavori di sistemazione dell'anno 2020 (da relazione tecnica progetto definitivo-esecutivo)*

La finalità della proposta progettuale del 2020 è derivata dalla necessità di ripristinare per quanto possibile l'efficienza idraulica delle sezioni della Valle del Grino a valle del ponticello sulla "strada del Grino" a q. 340 e, a monte dello stesso, liberare l'alveo dalla vegetazione arbustiva e infestante che ne restringeva o occupava le sezioni e provvedere alla manutenzione e sistemazione delle vecchie soglie in massi, realizzando inoltre interventi di consolidamento degli argini spondali per la messa in sicurezza delle aree e dei fabbricati in destra idrografica.

In generale, le operazioni sono consistite: nella realizzazione di opere di rimodellamento dell'alveo del torrente al fine di migliorarne l'efficienza idraulica e permettere il transito delle portate di piena, ripristinando le minime condizioni di sicurezza; nella sistemazione e manutenzione delle soglie in massi esistenti lungo il fondovalle; nella realizzazione di una difesa in gabbioni metallici in sponda destra, a valle del ponticello di via del Grino, e di un breve tratto di scogliera in massi ciclopici allo sbocco del tratto intubato a monte.

In particolare, le operazioni di rimodellamento hanno portato alla formazione di una sezione a forma grosso modo trapezoidale, fino a portare la larghezza dell'alveo ad almeno 1,50 m ed un'altezza utile di almeno 1,30 m, regolarizzando la pendenza longitudinale su valori

all'incirca compresi tra il 4% e il 6%: in questo modo le sezioni così ampliate, purché mantenute nelle medesime condizioni di efficienza e dunque costantemente monitorate e mantenute libere da detriti e da vegetazione, a differenza delle condizioni precedenti ai lavori, come descritto, possono smaltire una portata liquida in ogni punto superiore alla portata centennale di riferimento (> 8,58 mc/s).

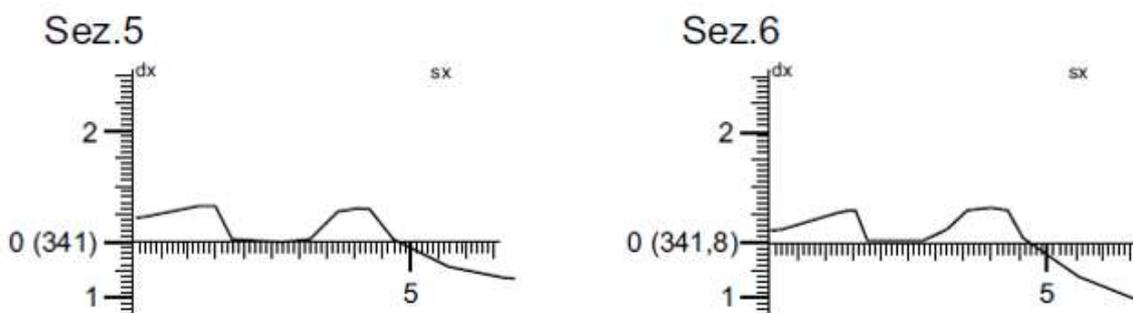


Figura 60 - Sezioni stato di fatto ante interventi (da Progetto definitivo-esecutivo, anno 2020)

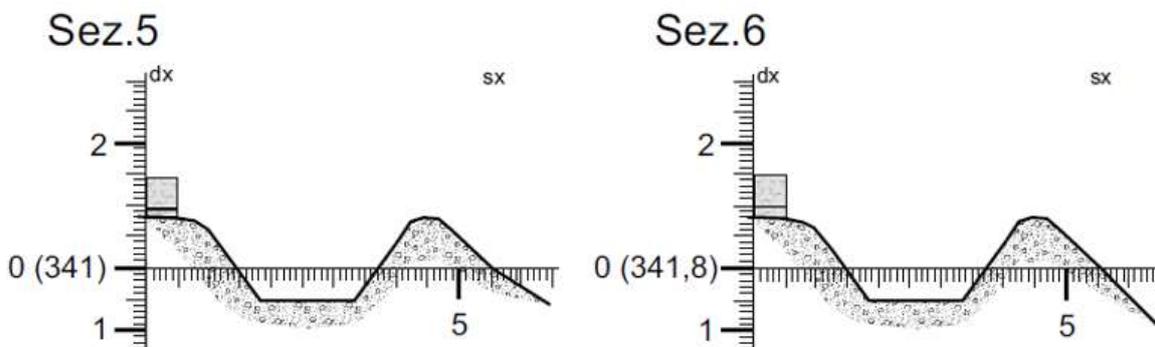
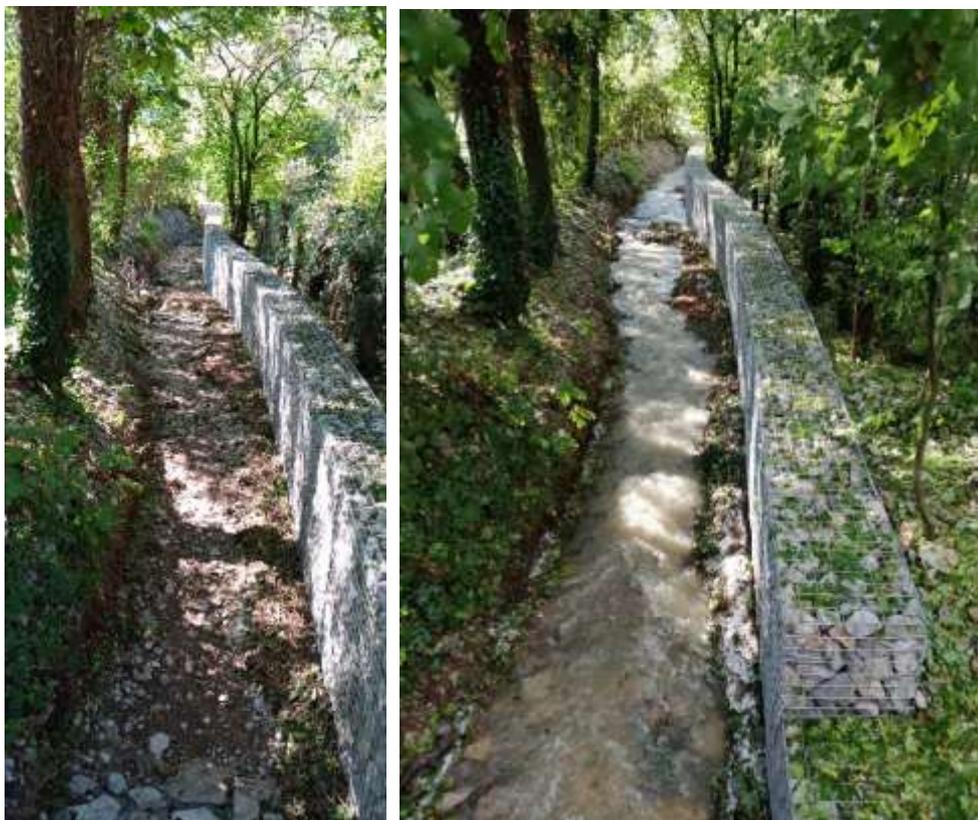


Figura 61 - Sezioni post interventi (da Progetto definitivo-esecutivo, anno 2020)

Le opere, regolarmente approvate dagli enti competenti, sono state realizzate e completate nell'agosto 2020 sostanzialmente nel rispetto delle proposte progettuali in funzione delle condizioni topografiche e morfologiche riscontrate, come risulta dal "Certificato di ultimazione dei lavori" in data 13/08/2020 e dal "Certificato di regolare esecuzione" redatto in data 10/09/2020.



*Figura 62 - Lavori in corso lungo la Valle del Grino (anno 2020)*



*Figura 63 - Valle del Grino a lavori conclusi: a sinistra 31/08/2020, a destra 01/09/2020*

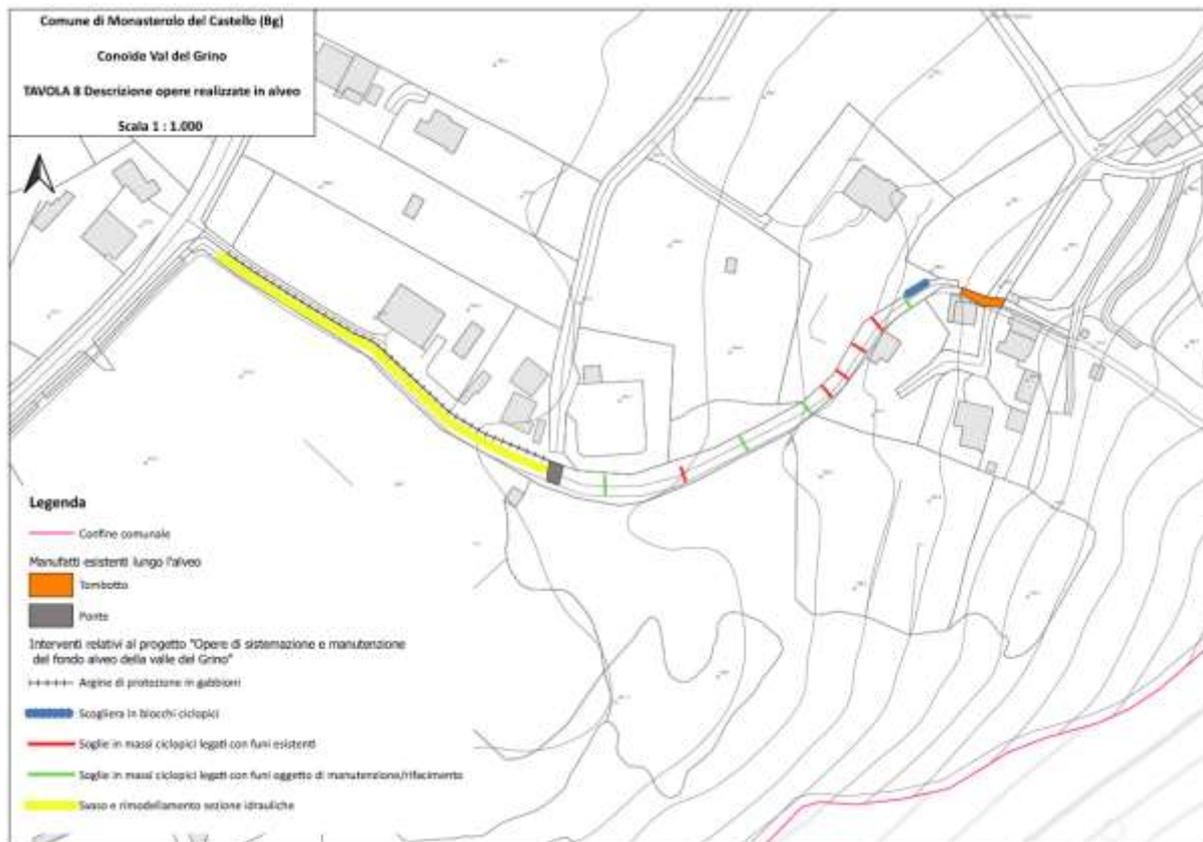


Figura 64 - Opere realizzate e/o sottoposte a manutenzione in occasione dei lavori del 2020

#### 4.13 Verifiche idrauliche

A completamento degli approfondimenti sulle condizioni e sullo stato di fatto dell'alveo del torrente della valle del Grino sono state condotte le verifiche idrauliche del tombotto di q. 365 e del ponticello sulla "strada del Grino"<sup>12</sup>

Le valutazioni e l'esame delle condizioni topografiche del sito sono state condotte specificatamente sulla base della documentazione bibliografica e progettuale e di osservazioni e rilievi topografici speditivi (mediante triplometro) condotti direttamente in loco.

<sup>12</sup> parere RL\_RLAOOZ1\_2023\_3320: "...alle tombature e agli attraversamenti di cui va data, altresì, una valutazione di compatibilità idraulica".

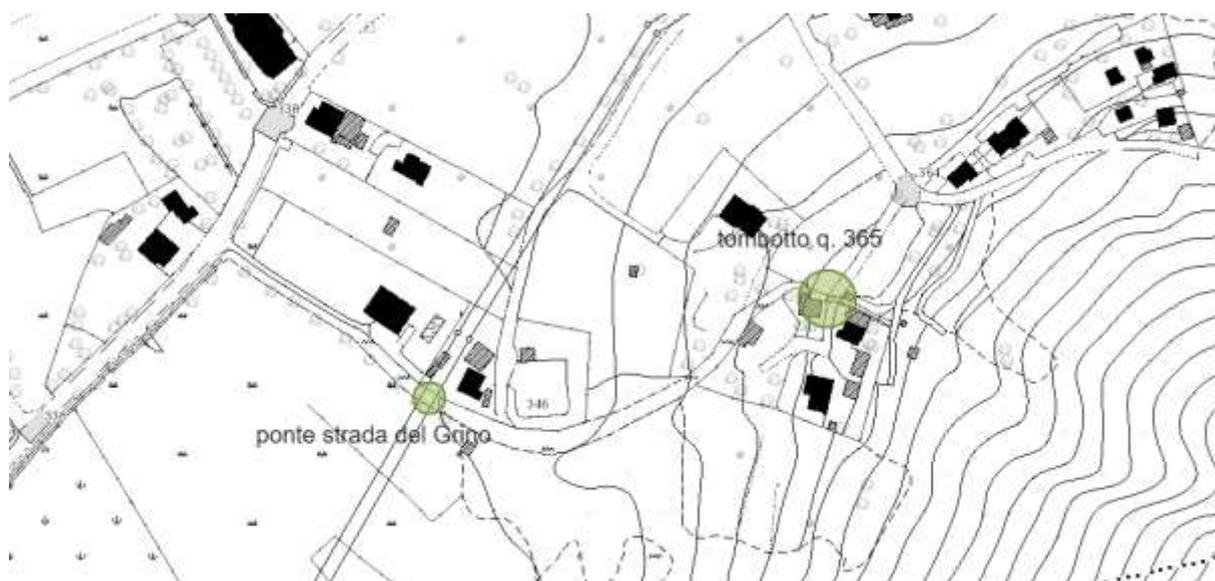


Figura 65 - I due manufatti oggetto di verifica idraulica

Le sezioni idrauliche rilevate alle sezioni dei tratti di RIM interessati, sono state verificate in funzione della portata di piena con T100, a sua volta determinata a seguito di uno studio di approfondimento del bacino idrografico, di si è dato conto nel paragrafo relativo all' "analisi del bacino idrografico", con determinazione della portata di piena con T100 = 8,58 mc/s.

#### 4.13.1 Verifica delle sezioni idrauliche allo stato di fatto in condizioni di moto uniforme

Una volta noto il valore della portata con tempo di ritorno pari a 100 anni, è possibile procedere con la verifica della funzionalità idraulica di una sezione rappresentativa dello stato di fatto.

La portata che defluisce per una determinata sezione d'alveo è fornita dalla relazione:

$$Q \text{ (mc/s)} = A \times v_m$$

dove:

A (mq)      area della sezione trasversale dell'alveo  
v<sub>m</sub> (m/s)    velocità media della corrente

Assumendo il criterio del moto uniforme, cioè immaginando che la linea piezometrica abbia la stessa inclinazione dell'alveo nella direzione della corrente, criterio valido in corsi d'acqua

a debole pendenza, la velocità media di deflusso della corrente può essere espressa dalla relazione:

$$V = c \sqrt{R_i p}$$

dove:

- c           coefficiente di attrito  
 R<sub>i</sub>       raggio idraulico = A / Perimetro bagnato  
 i (%)      pendenza dell'alveo nel tratto considerato

Il coefficiente di attrito, necessario per la stima della velocità, si ricava dalla formula:

$$c = \frac{100 \sqrt{R_i}}{m + \sqrt{R_i}}$$

dove:

- m           coefficiente di scabrosità di Kutter

NATURA DELLE PARETI	γ	m
1. Pareti di cemento perfettamente lisciate o di tavole piallate o tubazioni di eternit . . . . .	0,06	0,12
2. Pareti di cemento lisciate o di tavole piallate o tubazioni di acciaio senza saldatura . . . . .	0,10	0,15
3. Pareti di intonaco ordinario, grès ceramico, lamiera sottile con chiodature poco sporgenti, ghisa nuova . . . . .	0,16	0,20
4. Tubazioni in cem. lisciate, con diametro > 0,40 m, o tubazioni in lamiera con molte chiodature . . . . .	0,18	—
5. Calcestruzzo piano, tubi di cem. con giunture frequenti, ghisa in servizio corrente . . . . .	0,23	0,25
6. Pareti in cem. non bene lisciate, o pareti di tavole grezze, o di muratura ordinaria molto accurata, o in terra molto regolare, o tubi di ghisa in servizio da molti anni, o tubi in lamiera con moltissime chiodature . . . . .	0,36	—
7. Pareti di cemento male lisciate, o di pietrame ordinario	0,46	0,55
8. Terra irregolare, calcestruzzo grezzo o vecchio, cement-gun, ghisa vecchia . . . . .	0,85	0,75
9. Canali in terra con lievi depositi di sabbia sul fondo, o con pareti di muratura in cattive condizioni, o con pareti metalliche o rivestite di lamiera con chiodatura ordinaria	1,00	1,25
10. Terra a sez. irregolare con erbe sporgenti, fiumi naturali in letto regolare . . . . .	1,30	1,75
11. Canali in terra in cattive condizioni, vegetazione sul fondo e sulle sponde, o depositi irregolari di massi e ghiaia .	1,75	2,50
12. Canali di terra in abbandono, con sezione quasi interamente ostruita dalla vegetazione, o corsi naturali con alveo in ghiaia . . . . .	2,30	3,00

Figura 66. Valore del parametro di scabrezza per diverse tipologie d'alveo

Come previsto dalle norme in materia, la sezione dovrebbe garantire il deflusso della portata di massima piena liquida con tempo di ritorno pari a 100 anni.

### Tombotto q. 635

Ricorrendo alla formula del Metodo Razionale si sono ricavati preliminarmente i seguenti valori delle portate liquide di piena, facendo riferimento alle valutazioni e alle misure sopra descritte, con chiusura del bacino idrografico posta all'altezza del medesimo tombotto e valori dei parametri climatici presi dalla documentazione predisposta e messa a disposizione dall'Autorità di Bacino e da Regione Lombardia.

Il valore del coefficiente "m" di Kutter è stato posto cautelativamente **pari a 0,55** (Pareti di cemento male liscio, ...) in considerazione della lunghezza del tratto tombinato.

Tali valori sono stati adottati per la verifica del tombotto e della capacità a smaltire le portate liquide con tempo di ritorno pari ad almeno 100 anni.

	h(t) oraria	Portate al colmo	riferimento a PGRA
Tr = 50 anni	50,33 mm	<b>7,75 mc/sec</b>	"piena frequente" P3/H
Tr = 100 anni	55,71 mm	<b>8,58 mc/sec</b>	
Tr = 200 anni	61,09 mm	<b>9,41 mc/sec</b>	"piena poco frequente" P2/M

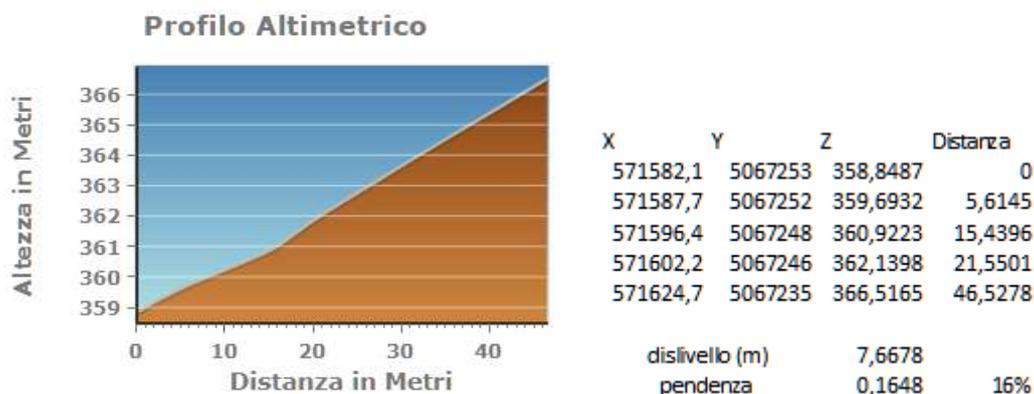


Figura 67 - Determinazione della pendenza dell'alveo in corrispondenza del tombotto q. 365 (da GeoPortale R.L.)

Le pendenze dell'alveo nei tratti considerati entrano in gioco nella valutazione delle velocità della corrente: a titolo cautelativo è stato assunto un **valore di pendenza del 15%**.

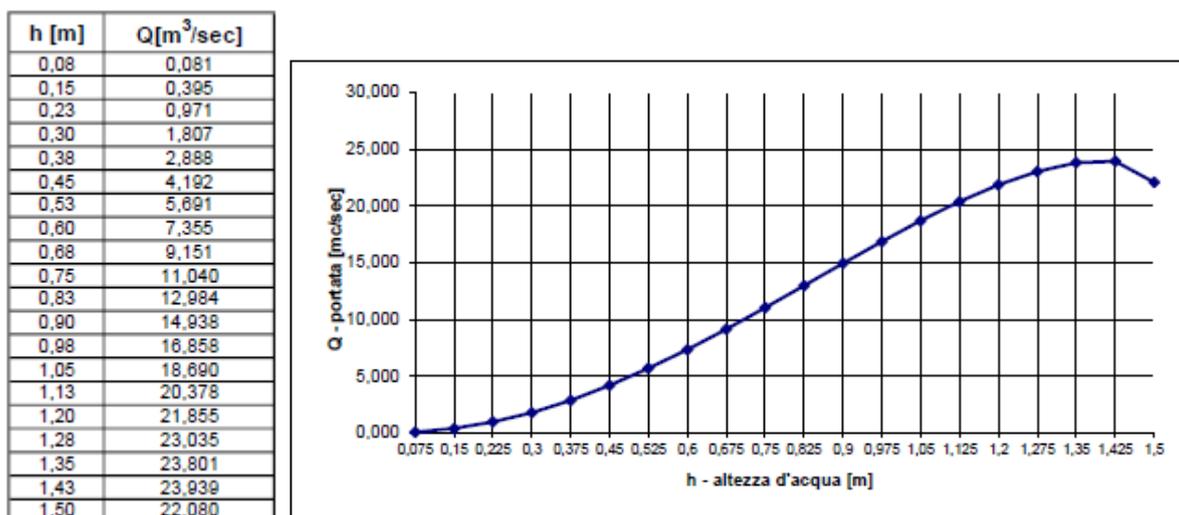


Figura 68 - Verifica della condotta\_tombotto q. 365 - Grafico portata-altezza

Una volta stabilite le caratteristiche geometriche della condotta in cls nel tratto di RIM considerato, è stato possibile procedere alla verifica idraulica della stessa.

Rispettando dunque le quote e le dimensioni della tubazione di progetto (sezione circolare con diametro 1,50 m), risolvendo la formula, ne deriva che la sezione idraulica della tubazione stessa, assumendo cautelativamente un grado di riempimento pari al 44% (h = 0,66 m), appare in grado di smaltire la portata liquida di massima piena - circa 8,78 mc/s > 8,58 mc/s - riferita al tempo di ritorno T100.

### **Ponte strada del Grino**

Ricorrendo alla formula del Metodo Razionale si sono ricavati preliminarmente i seguenti valori delle portate liquide di piena, facendo riferimento alle valutazioni e alle misure sopra descritte, con chiusura del bacino idrografico posta all'altezza del medesimo tombotto e valori dei parametri climatici presi dalla documentazione predisposta e messa a disposizione dall'Autorità di Bacino e da Regione Lombardia.

Il valore del coefficiente “m” di Kutter è stato posto cautelativamente **pari a 0,25** (Calcestruzzo piano, tubi di cemento con giunture frequenti, ...), secondo quanto visibile sul posto e della limitata lunghezza della condotta in cls, ancora in buone condizioni.

Tali valori sono stati adottati per la verifica del ponticello e della capacità a smaltire le portate liquide con tempo di ritorno pari ad almeno 100 anni.

	h(t) oraria	Portate al colmo	riferimento a PGRA
Tr = 50 anni	50,33 mm	<b>7,75 mc/sec</b>	“piena frequente” P3/H
Tr = 100 anni	55,71 mm	<b>8,58 mc/sec</b>	
Tr = 200 anni	61,09 mm	<b>9,41 mc/sec</b>	“piena poco frequente” P2/M

Le pendenze dell’alveo nei tratti considerati entrano in gioco nella valutazione delle velocità della corrente: è stato assunto un **valore di pendenza del 6%**.

Una volta stabilite le caratteristiche geometriche della condotta in cls nel tratto di RIM considerato, è stato possibile procedere alla verifica idraulica della stessa.

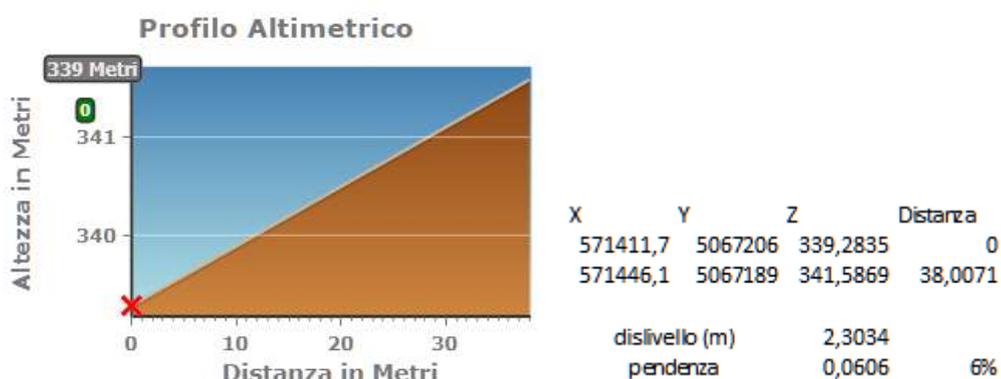


Figura 69 - Determinazione della pendenza dell'alveo in corrispondenza del ponte strada del Grino (da GeoPortale R.L.)

Rispettando dunque le quote e le dimensioni della tubazione di progetto (sezione circolare con diametro 1,50 m), risolvendo la formula, ne deriva che la sezione idraulica della tubazione stessa, assumendo cautelativamente un grado di riempimento pari al 48% (h = 0,72 m), appare in grado di smaltire la portata liquida di massima piena - circa 8,78 mc/s > 8,58 mc/s - riferita al tempo di ritorno T100.

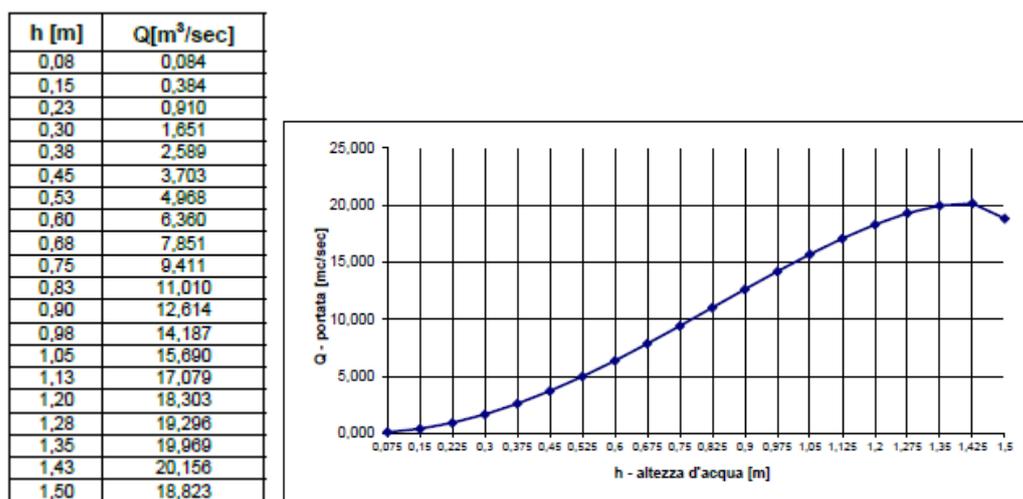


Figura 70 - Verifica del ponte strada del Grino - Grafico portata-altezza

#### 4.14 Discussione dei risultati e conclusioni

Lo studio effettuato per la delimitazione delle aree a diverso grado di pericolosità sul conoide alluvionale della Valle del Grino, peraltro confermate dagli approfondimenti a supporto del progetto delle opere di manutenzione e sistemazione del tratto terminale a monte della via Leopardi, ha posto in evidenza un significativo grado di pericolo oggettivo in corrispondenza di alcuni settori particolari: allo sbocco della valle all'apice del conoide e naturalmente lungo l'asta del torrente; in quest'ultimo caso, tuttavia, grazie alla realizzazione di opere d'argine in gabbioni e all'adeguamento delle sezioni idrauliche, anche mediante asportazione e rideposizione dei materiali alluvionali, **è stato possibile abbattere drasticamente il grado di pericolo almeno nel tratto tra l'attraversamento alla piazzola ecologica comunale e la viabilità comunale, mantenendo criteri di sicurezza adeguati.**

Dallo studio complessivo emerge comunque la necessità, oltre che di una accurata opera di manutenzione delle opere poste a difesa, anche della pulizia/manutenzione dell'alveo, nonché il monitoraggio delle condizioni di stabilità/instabilità dei versanti e delle fasce detritiche all'interno del bacino idrografico di alimentazione, la cui mobilitazione potrebbe avere effetti importanti sull'innesco di una colata detritica la cui direzione naturale coinciderebbe con l'asse vallivo del tratto montano, esondando, qualora il flusso detritico provocasse l'ostruzione del tombotto (altrimenti adeguato a lasciar defluire la portata liquida

centennale), sul sottostante cono di deiezione, seguendo l'asse ancora rappresentato nelle cartografie antecedenti il 1954.

#### 4.15 Proposta di ripermetrazione e modifica della Carta PAI/PGRA e della Carta della Fattibilità geologica

Le indicazioni tecniche vigenti, contenute nella Deliberazione di Giunta regionale 30 novembre 2011 – n. IX/2616 “Aggiornamento dei ‘Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell’art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12’, approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28 maggio 2008, n. 8/7374”, pubblicata sul BURL n. 50 Serie ordinaria del 15 dicembre 2012., prevedono che le modifiche alle classi di fattibilità geologica e alle aree di esondazione del PAI debbano seguire le indicazioni di cui all’All. 4 della citata d.g.r..

Dunque, sulla base delle considerazioni sopra espresse, dall'esame della documentazione esistente, dalle osservazioni in loco e dai rilievi su terreno eseguiti per l'occasione, nonché dei risultati degli approfondimenti indicati dalla d.g.r. 2616/2011 per la “valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio da esondazione” e specificatamente rivolta alla pericolosità generata da potenziali esondazioni dall'alveo della Valle del Grino sul conoide alluvionale, si è giunti per l'area oggetto di studio, con riferimento alle disposizioni ed indicazioni generali contenute nella Parte 3 della citata delibera, oggetto del precedente capitolo 4.2, alla proposta di ripermetrazione e la conseguente ridelimitazione della classe di fattibilità geologica sul conoide alluvionale e alla modifica delle aree PAI, **sulla base delle considerazioni e delle conclusioni descritte nei capitoli precedenti, nonché in seguito alla realizzazione delle opere di mitigazione del rischio in esso previste.**

Si propone pertanto, sulla base delle considerazioni sopra esposte, **l'attribuzione delle aree indicate nell'allegata cartografia alle classi di fattibilità geologica e agli azionamenti PAI/PGRA** secondo gli schemi e le indicazioni contenute nella d.g.r. 2616/2011.

PERICOLOSITA'/RISCHIO	CLASSI DI FATTIBILITA'	VOCI LEGENDA PAI
H1 su conoide	Classe 1/2 – senza o con modeste limitazioni	Cn – conoide protetta...
H2 su conoide	Classe 2/3 – modeste o consistenti limitazioni	Cn – conoide protetta ...
H3 su conoide	Classe 3 – consistenti limitazioni	Cp – conoide parz. protetta <sup>1</sup> Cn – conoide protetta...
H4 – H5 su conoide	Classe 4 – gravi limitazioni	Ca – conoide attiva non protetta

Figura 71 - Correlazione tra classi di Pericolosità, classi di Fattibilità geologica per le azioni di piano e voci della legenda PAI (da d.g.r. 2616/2011)

Dalle osservazioni effettuate in sito e dalle analisi eseguite appare evidente come una buona parte del conoide risulti essere protetto (Cn) o parzialmente protetto (Cp).

Il settore ad elevato rischio (Ca) risulta essere limitato all'impluvio del torrente, ad un settore in sinistra idrografica, ma soprattutto lungo la fascia centrale compresa tra 365-340 m s.l.m., dove a causa del restringimento dell'alveo si potrebbero creare le condizioni, in caso di evento critico, di un trasporto in massa di materiale tale da fuoriuscire e invadere i settori a valle, in corrispondenza con l'asse dell'impluvio a monte dell'apice del conoide stesso.

Le risultanze dello studio permettono, pertanto, di proporre una **nuova delimitazione PAI/PGRA** del conoide, che viene classificato con pericolosità pari ad H5 in corrispondenza del corso d'acqua e lungo i settori a valle della prima curvatura dell'asta torrentizia ed H4 lungo la sinistra orografica presso la seconda curvatura, nel rispetto anche delle evidenze geomorfologiche: tutte queste aree vengono classificate come Ca (P3/H); le aree classificate come Cp (P2/M) riguardano le ampie porzioni laterali; infine le aree classificate Cn (P1/L) vengono riferite al settore più distale prossimo alla viabilità comunale (via G. Leopardi, che è comunque esterna all'area di conoide).

La proposta di ridelimitazione PAI/PGRA sul conoide della Valle del Grino è accompagnata anche dalla proposta di azionamento delle classi di fattibilità, anche alla luce delle condizioni delle opere **di adeguamento delle sezioni idrauliche e dell'argine in destra idrografica** e alle certificazioni che ne hanno a suo tempo determinato la regolare esecuzione, nel rispetto delle premesse progettuali.

Le analisi, le verifiche e i controlli in sito hanno dunque giustificato la proposta di ridelimitazione.

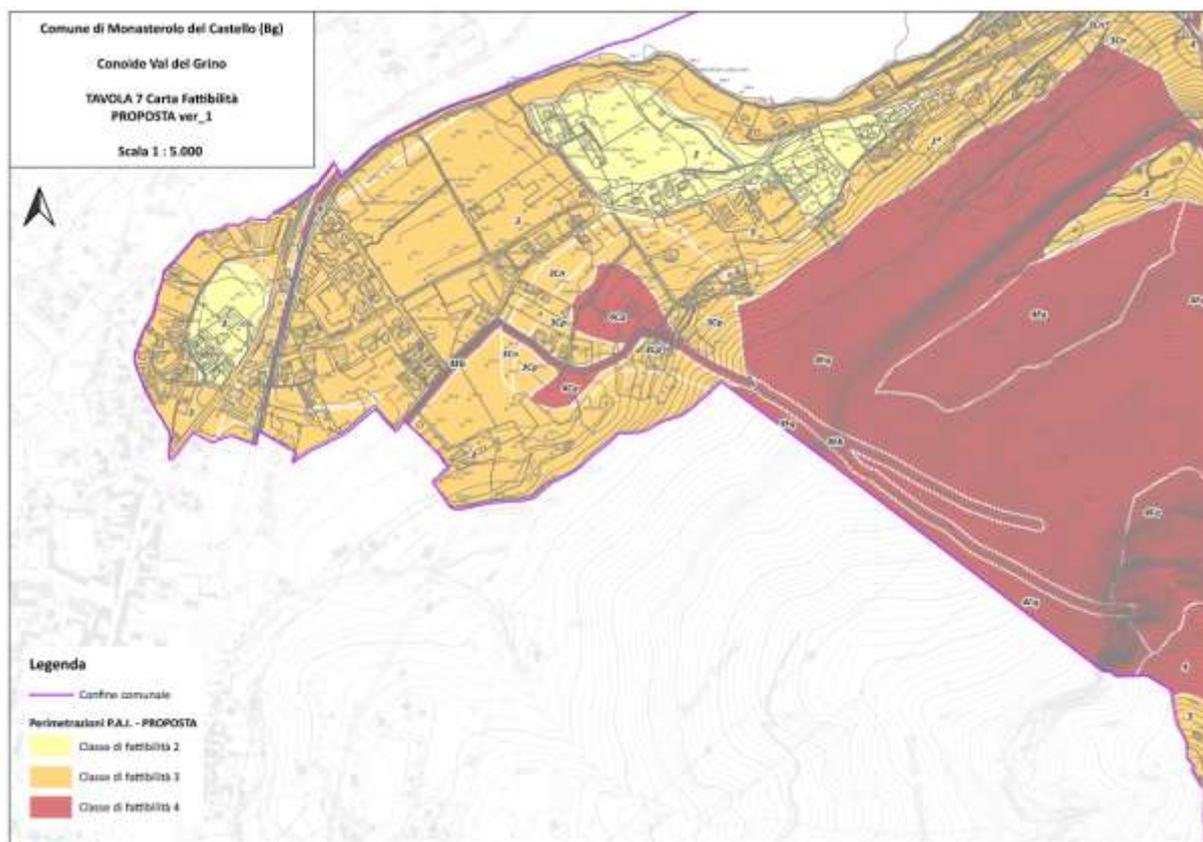


Figura 72 – Carta della Fattibilità geologica – Proposta di variante

La d.g.r. 2616/2011 sottolinea che *“sono responsabilità del Comune, una volta recepita la nuova ripermetrazione all’interno dello strumento urbanistico, sia le scelte in merito all’utilizzo del suolo nelle aree non più vincolate, sia la gestione del rischio in tali aree nel Piano di Emergenza comunale; per gli interventi finanziati e realizzati dal Comune (anche con l’eventuale concorso di soggetti privati) è responsabilità dello stesso e dei soggetti beneficiari dell’intervento, anche tramite accordi specifici da definirsi di caso in caso, il mantenimento nel tempo delle condizioni assunte a base della proposta di ripermetrazione stessa (eventuale monitoraggio, controlli periodici sull’efficienza delle opere, manutenzioni, ecc), e l’adozione, se del caso, di tutte le misure atte alla salvaguardia della pubblica incolumità”*.

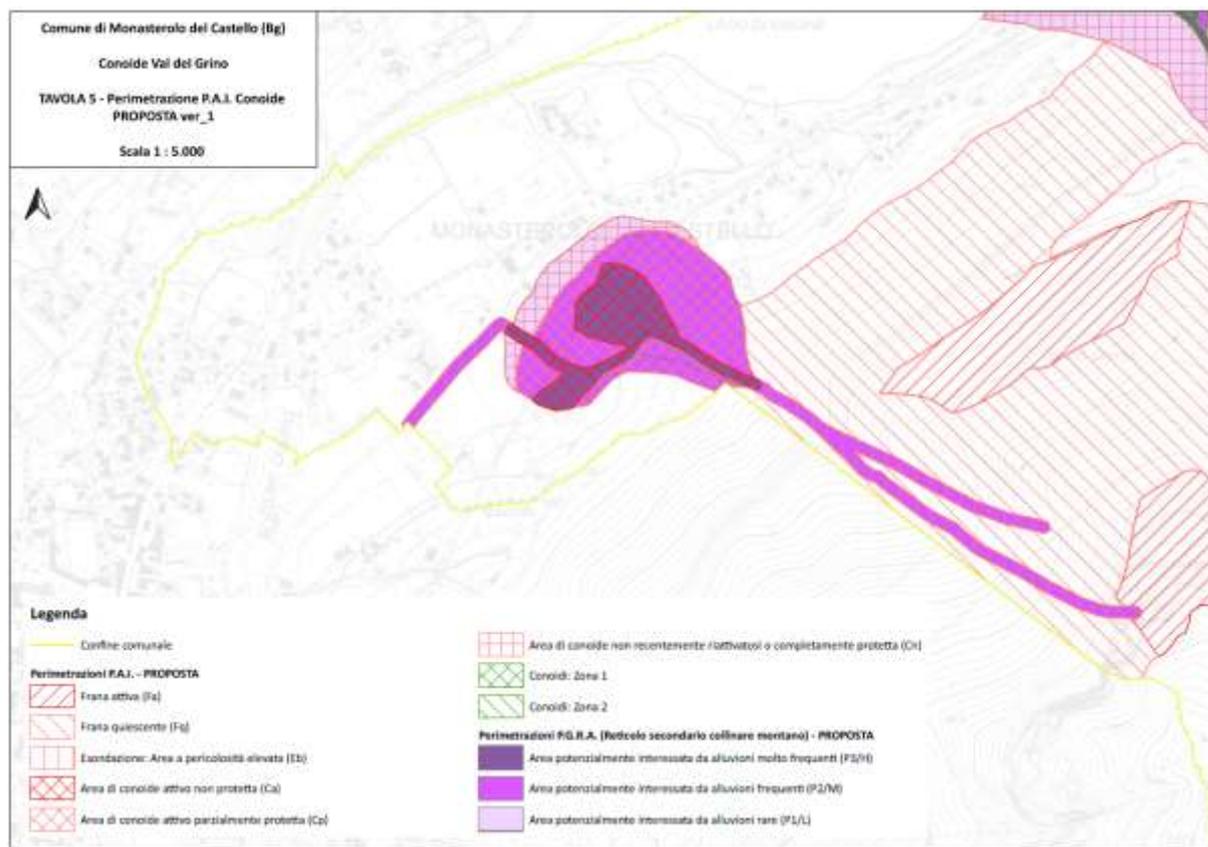


Figura 73 - Carta PAI/PGRA. Proposta di variante.

Il proprietario o i proprietari delle aree in essa comprese devono comunque essere edotti di appartenere a classi di fattibilità geologica in ogni caso fortemente limitative, con la necessità, preliminarmente a qualsiasi intervento, di provvedere agli indispensabili approfondimenti tecnici, di volta in volta determinati in base alle operazioni previste.

Secondo quanto suggerito dalle linee guida regionali in merito alla redazione degli studi geologici a carattere territoriale (d.g.r. 2616/2011), infine, si ricorda che i “Comuni sono tenuti ad informare i soggetti attuatori delle previsioni dello strumento urbanistico sulle limitazioni derivanti dalla classificazione di fattibilità assegnata, nell’ambito della componente geologica del proprio strumento urbanistico, con specifico riferimento alle relative norme geologiche contenute nel Piano delle Regole del P.G.T.. Provvedono altresì ad inserire nel certificato di destinazione urbanistica, previsto dalle vigenti disposizioni di legge, la classificazione del territorio in funzione del dissesto, come contenuto nella Carta del dissesto con legenda

uniformata a quella del PAI (...). Ai sensi dell'art. 18, comma 7 delle Norme di Attuazione del PAI, l'Amministrazione deve richiedere ai soggetti interessati la sottoscrizione di un atto liberatorio che escluda ogni responsabilità dell'amministrazione pubblica in ordine ad eventuali danni a cose e a persone comunque derivanti da dissesti segnalati e a valutare l'opportunità di sottoscrivere una polizza assicurativa a tutela del rischio”.

Si ricorda infine che le presenti note e lo studio per la ridelimitazione delle classi di fattibilità geologica hanno valenza generale di pianificazione e non sostituiscono i necessari approfondimenti previsti dalle normative vigenti in materia di edilizia, per gli aspetti geologici, geotecnici, strutturali e sismici preliminari alla progettazione, che potrebbero indicare anche interventi di mitigazione del rischio residuo.

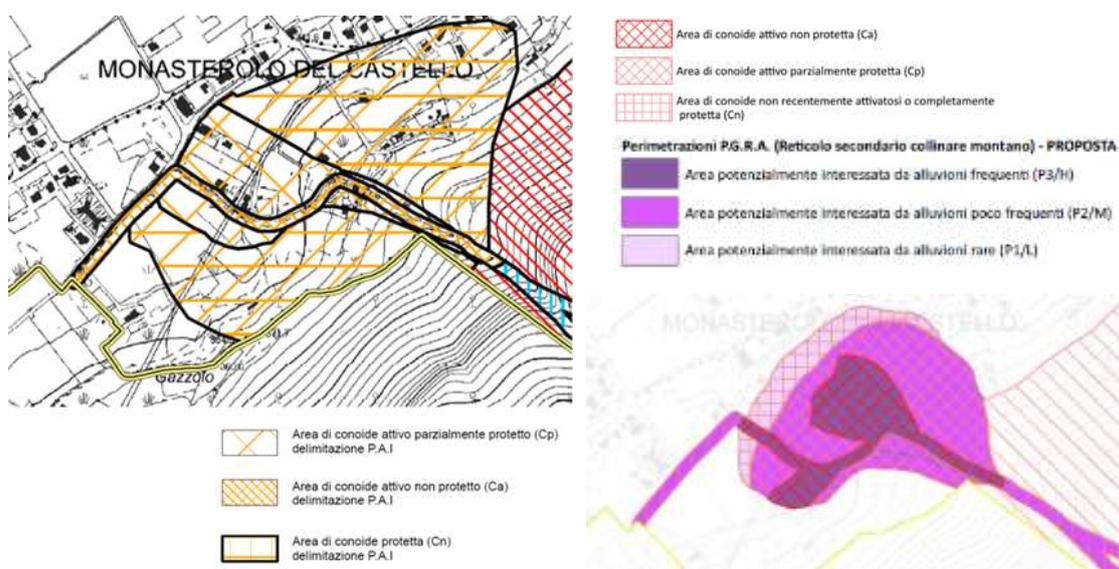


Figura 74 - Carta PAI vigente (2014) e proposta (2022)

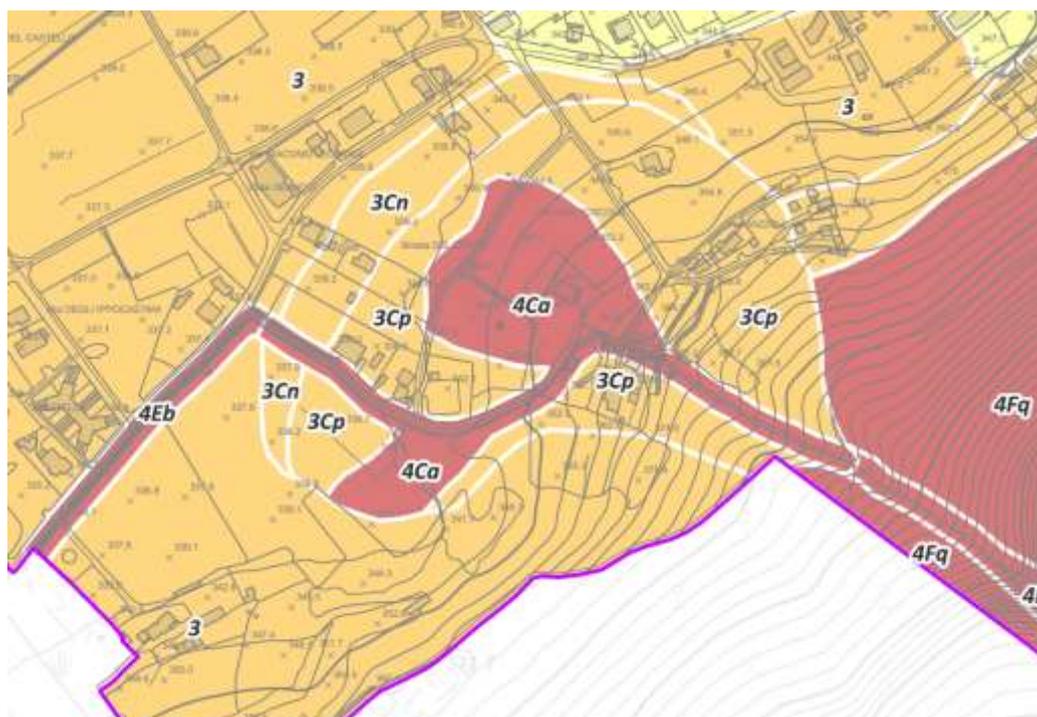
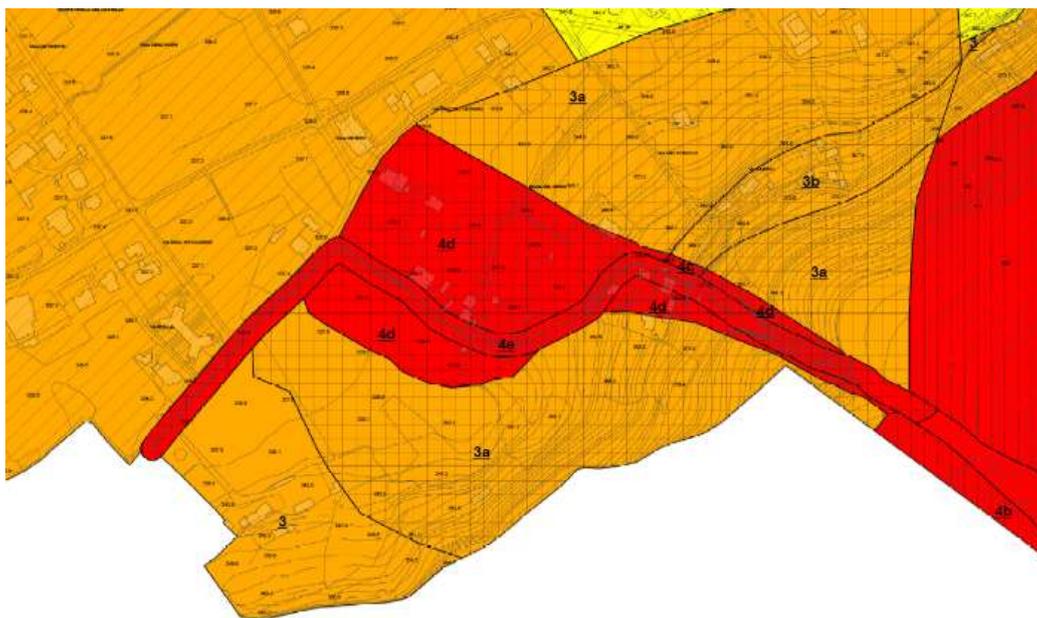


Figura 75 - Carta della Fattibilità geologica vigente (2014) e proposta (2022)

## 5.0 NORMATIVA

### 5.1 Norme Tecniche di Attuazione relative agli aspetti sismici – zona sismica 3

Per il territorio comunale di Monasterolo del Castello, relativamente all’urbanizzato di fondovalle, il confronto tra i valori di Fa ottenuti dalla valutazione di 2° livello ed i valori di soglia, adottando quanto previsto dall’Allegato 5 dei “Criteri ed Indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di Governo del Territorio, in attuazione dell’art. 57 della l.r. 12/2005”, ha consentito di verificare che generalmente **i valori di Fa di sito non sono superiori a Fa soglia definito per il territorio in esame e per il tipo di suolo considerato, pertanto la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione del sito e quindi va applicato lo spettro previsto dalla normativa e la classe sismica attuale** (si rimanda a questo proposito alle valutazioni dettagliatamente descritte nella Relazione di accompagnamento dello studio geologico vigente, anno 2014); non si escludono naturalmente variazioni dello schema generale in situazioni più localizzate.

ISTAT	Provincia	Comune	Zona Sismica	AgMax
03016119	BG	GRONE	3	0,126389

Figura 76 - Zona sismica e AgMax (d.g.r. 2129/2014)

PR	CM	COMUNE	INTERVALLO	Valori soglia			
				B	C	D	E
16	137	MONASTEROLO DEL CASTELLO	0.1 - 0.5	1,4	1,8	2,2	2,0
16	137	MONASTEROLO DEL CASTELLO	0.5 - 1.5	1,7	2,4	4,2	3,1

Figura 77 - Analisi sismica: soglie Lombardia da dgr 7374/2008

***In fase di progettazione si dovranno adottare i riferimenti normativi previsti per la Zona sismica 3 e si dovranno prevedere gli approfondimenti sismici di 2° livello, compresi gli edifici***

**strategici e rilevanti così come individuati dal Decreto n. 19904 del 21 novembre 2003, al di fuori del centro abitato e delle perimetrazioni di cui alla carta di fattibilità geologica/sismica.**

Zona sismica	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1° livello Fase pianificatoria	2° livello Fase pianificatoria	3° Livello Fase progettuale
2- 3	Obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree inedificabili	Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato > valore di soglia comunale. Nelle zone PSL Z1, Z2 e Z5

Figura 78 - Livelli di approfondimento (d.g.r. 2616/2011)

Si evidenzia che sulla base dei risultati emersi per la valutazione degli effetti di sito di amplificazione sismica per tutte le condizioni geologiche e geomorfologiche considerate ed estrapolabili all'urbanizzato di Monasterolo del Castello (applicazione del 2° Livello) sono emerse condizioni geologiche, strutturali e morfologiche che non comportano un incremento del rischio sismico.

**Il 2° livello, implementato in presenza dello scenario Z3 (amplificazioni topografiche) e Z4 (amplificazioni litologiche), è obbligatorio per le aree che interferiscono con l'edificato/edificabile.** L'applicazione del 2° livello consente l'individuazione delle aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale (Fa calcolato superiore a Fa di soglia comunali. Per queste aree si dovrà procedere alle indagini ed agli approfondimenti di 3° livello o, in alternativa, utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, con il seguente schema:

- anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della categoria di suolo C; nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D;
- anziché lo spettro della categoria di suolo C si utilizzerà quello della categoria di suolo D;
- anziché lo spettro della categoria di suolo D si utilizzerà quello della categoria di suolo E.

**Per le aree a pericolosità sismica locale caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione (zone Z1 e Z2 della Tabella 1 dell'Allegato 5 – d.g.r. 2616/2011) non è prevista l'applicazione degli studi di 2° livello, ma il passaggio diretto a quelli di 3° livello**

**Relativamente alle aree compresi in scenari di Pericolosità Sismica Locale dovranno essere realizzate, in fase di progettazione e in base alle valutazioni in merito del professionista incaricato con specifica competenza tecnica, apposite indagini geognostiche al fine di definire la categoria di sottosuolo (in particolare la profondità del bedrock sismico), il periodo proprio di oscillazione del sito e realizzare le analisi di secondo livello.**

Si ritiene che il grado di attendibilità delle valutazioni eseguite, sulla base di dati geotecnici disponibili, sia MEDIO, secondo le indicazioni per la valutazione del grado di giudizio previste dalla normativa.

Su tutto il territorio comunale, come previsto dalla suindicata normativa antisismica (Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri N. 3274 del 20 Marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"), si dovrà prevedere l'applicazione delle norme tecniche specifiche previste per la ZONA 3.

In ogni caso, per ogni specifico intervento di nuova edificazione o di particolare complessità, dovrà essere determinata localmente la classificazione dei terreni ed il relativo fattore di amplificazione, da confrontare con i risultati delle presenti note generali.

## 5.2 Norme Tecniche di Attuazione relative alla fattibilità geologica per le azioni di piano

Le presenti normative dovranno essere integralmente comprese negli strumenti urbanistici comunali.

La Carta della Fattibilità geologica per le azioni di piano fornisce indicazioni relative alle limitazioni e destinazioni d'uso del territorio.

**La normativa prescrive inoltre che prima dell'adozione del nuovo strumento urbanistico comunale (PGT) debba essere ottenuto il parere della Regione Lombardia sull'aggiornamento della Carta dei dissesti con legenda uniformata PAI/PGRA e che anche il**

**precedente studio geologico venga nuovamente adottato contestualmente al Piano di Governo del Territorio, ai sensi della l.r. 12/2005.**

Per quanto riguarda il territorio di Monasterolo del Castello, la specifica conoscenza dei caratteri del territorio porta ad escludere la presenza di aree classificate in classe di fattibilità 1.

La carta della Fattibilità geologica per le azioni di piano in particolare fornisce utili indicazioni in ordine alla destinazione d'uso, alle cautele generali da adottare per gli interventi, agli studi ed alle indagini da effettuare per gli approfondimenti del caso, ed infine alle opere necessarie per la riduzione ed il controllo del rischio geologico ed idrogeologico.

Ai sensi delle normative vigenti, si specifica che le indagini e gli approfondimenti prescritti per le classi di fattibilità 2, 3 e 4 (limitatamente ai casi consentiti) devono essere realizzati **prima della progettazione degli interventi** in quanto propedeutici alla pianificazione dell'intervento e alla progettazione stesse.

Copia delle indagini effettuate e della relazione geologica di supporto deve essere consegnata, congiuntamente alla restante documentazione, in sede di presentazione dei Piani attuativi (l.r. 12/05, art. 14) o in sede di richiesta del permesso di costruire (l.r. 12/05, art. 38)

Si ricorda ancora che gli studi condotti nell'attuazione della ex l.r. 41/97 e della l.r. 12/2005 e dei "criteri relativi alla componente geologica nella pianificazione comunale", **non devono essere in alcun modo sostitutivi, anche se le possono comprendere, delle indagini geognostiche e geofisiche di maggior dettaglio prescritte dalla normativa vigente in materia di edilizia sia per la pianificazione attuativa che per la progettazione esecutiva (Norme Tecniche per le costruzioni).**

Seguendo le indicazioni riportate nei criteri approvati e proposti dalla Regione Lombardia, sono state individuate dal punto di vista delle condizioni e delle situazioni geologiche tre classi di fattibilità, che sono riconoscibili per numero e colore sulla carta che costituisce parte integrante della normativa del Piano di Governo del Territorio, unitamente alle norme specifiche del PAI/PGRA (Piano di Assetto Idrogeologico), del Reticolo Idrico Minore e dell'Invarianza idraulica e idrologica.

In generale, per quanto riguarda i corsi d'acqua appartenenti al Reticolo Secondario Collinare Montano (RSCM), le aree esondabili che sono già individuate nell'Elaborato 2 del PAI (Valle del Grino, Valle del Colle, Valle Clep, Valle Moj) mantengono la normativa già vigente, ai sensi dell'articolo 9, commi da 5 a 9 (aree Ee, Eb, Em, qualora presenti); le aree allagabili presenti nell'ambito RSCM che non derivano dall'Elaborato 2 del PAI, ma dall'aggiornamento PAI/PGRA, sono assoggettate alle norme di cui all'articolo 9 delle N.d.A. del PAI, ed in particolare: a) nelle aree interessate da alluvioni frequenti (aree P3/H), vigono le limitazioni e prescrizioni stabilite dall'art 9, comma 5, per le aree Ee; b) nelle aree interessate da alluvioni poco frequenti (aree P2/M), vigono le limitazioni e prescrizioni stabilite dall'art 9, comma 6 per le aree Eb; c) nelle aree interessate da alluvioni rare (aree P1/L), vigono le limitazioni e prescrizioni stabilite dall'art 9, comma 6bis per le aree Em.

Lungo il fiume Cherio, appartenente al Reticolo Principale (RP), sono state definitivamente approvate le fasce fluviali, pertanto il riferimento normativo è quello ad esse relativo; le perimetrazioni delle aree allagabili non sostituiscono le fasce fluviali, ma rappresentano un aggiornamento ed una integrazione tracciata principalmente in base ai livelli idrici corrispondenti alle tre piene di riferimento considerate, utilizzando rilievi topografici di dettaglio ed aggiornando i livelli di piena e le portate (v. d.g.r. 6738/2017).

### **Classe 2 – Fattibilità con modeste limitazioni**

**In questa classe ricadono le aree nelle quali sono state rilevate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti d'indagine e accorgimenti tecnico-costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa.**

Si ritiene che per tutte le aree di Classe 2 sulle quali è prevista una consistente modificazione della destinazione d'uso o la costruzione di nuovi insediamenti, debbano essere richieste da parte dell'Amministrazione Comunale indagini geologiche-geotecniche ed eventualmente geofisiche con diversi livelli di approfondimento a seconda della situazione locale; l'indagine geologico-geotecnica sarà comunque obbligatoria nel caso di P.I.I., P.I.P.,

piani urbanistici particolareggiati o attuativi in genere, strade, insediamenti industriali, opere pubbliche. Tali indagini dovranno evidenziare, sulla base della tipologia d'intervento, i mutui rapporti con la geologia, con la geomorfologia e l'idrogeologia del sito oltre al buon governo delle acque di scorrimento superficiale; dovranno inoltre fornire la caratterizzazione sismica del sito, secondo quanto previsto dalla normativa tecnica in materia.

Si dovranno valutare pertanto le interferenze prodotte da eventuali scavi e/o riporti nei confronti della stabilità locale e generale del pendio ed in relazione al grado di permeabilità dei terreni, dovranno essere opportunamente valutati e dimensionati i sistemi di drenaggio, di raccolta e di smaltimento delle acque superficiali, facendo attenzione ad evitare lo scarico nel sottosuolo di agenti inquinanti.

Le suddette indagini, sulla base dell'entità dell'intervento e a discrezione del professionista incaricato, potranno essere costituite o da una semplice relazione geologica o richiedere specifici approfondimenti geotecnici attraverso l'effettuazione di prove penetrometriche in sito, sondaggi diretti, indagini geofisiche, analisi geostrutturali degli ammassi rocciosi potenzialmente instabili, ecc.; l'area di studio si dovrà estendere per un intorno significativo rispetto all'intervento edificatorio proposto.

In ogni caso, anche per interventi di piccola entità, l'Amministrazione Comunale potrà chiedere la relazione geologica se riterrà che l'intervento possa interferire significativamente con edifici vicini o con le condizioni geologiche locali.

Si ritiene opportuno, per la realizzazione di qualsiasi nuovo edificio, mantenere una distanza di sicurezza di almeno 10 metri dal ciglio di scarpate morfologiche (escluso il reticolo idrografico, soggetto a specifica normativa): in questo caso si ritiene necessaria la predisposizione di verifiche di stabilità della scarpata sottostante che tengano in considerazione l'applicazione del sovraccarico che comporta la realizzazione dell'edificio.

Nel caso in cui la realizzazione delle opere comporti la formazione di un fronte di scavo a monte e/o ai lati (es: realizzazione di un edificio su un pendio inclinato, esecuzione di box e di locali interrati in fregio a edifici esistenti e/o di vecchia costruzione), si ritiene necessaria la predisposizione di verifiche di stabilità del pendio in relazione alla realizzazione del fronte di scavo previsto. Questo per predisporre un progetto adeguato in merito alle opere di sostegno

necessarie evitando così che l'esecuzione di scavi in prossimità di edifici esistenti possano indurre lesioni nelle strutture adiacenti.

#### **Sottoclasse 2a e aree PAI/PGRA**

Nei casi in cui nella Carta PAI/PGRA siano comprese aree Cn che ricadono nella Classe 2 di fattibilità geologica (**sottoclasse 2a**), si rimanda per esse all'art. 9 delle N.d.A. del PAI: queste ultime verranno considerate prevalenti, nel caso fossero più restrittive, su quelle delle classi di fattibilità attribuite.

#### **Sottoclasse 2b: aree con problematiche di tipo geologico-geotecnico ("con scadenti caratteristiche geotecniche").**

In questa sottoclasse ricadono le aree dove potrebbero essere presenti terreni prevalentemente limoso-argillosi con spessori significativi, mediamente caratterizzati da ridotti valori di capacità portante, da cedimenti, dalla presenza di falde sospese o dalla predisposizione all'instabilità e allo scivolamento dei fronti di scavo.

In queste aree si prescrive, a discrezione del geologo che se ne assume la responsabilità in funzione delle condizioni riscontrate e delle informazioni pregresse, l'esecuzione di indagini geognostiche (geotecniche e geofisiche in particolare; eventualmente analisi di laboratorio), in numero e tipologia commisurate all'entità dell'intervento e comunque idonee a fornire una dettagliata ricostruzione delle condizioni stratigrafiche locali, nonché funzionali alla determinazione dei principali parametri per la caratterizzazione geotecnica sia dei terreni a comportamento granulare che dei terreni a comportamento coesivo.

#### **Classe 3 – Fattibilità con consistenti limitazioni**

**La Classe 3 comprende zone in cui 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.**

Il professionista dovrà, in alternativa:

- se dispone fin da subito di elementi sufficienti, definire puntualmente per le eventuali previsioni urbanistiche le opere di mitigazione del rischio da realizzare e le specifiche costruttive degli interventi edificatori, in funzione della tipologia del fenomeno che ha generato la pericolosità/vulnerabilità del comparto;
- se non dispone di elementi sufficienti, definire puntualmente i supplementi di indagine relative alle problematiche da approfondire, la scala e l'ambito territoriale di riferimento e la finalità degli stessi, al fine di accertare la compatibilità tecnico-economica degli interventi con le situazioni di dissesto in atto o potenziale e individuare di conseguenza le prescrizioni di dettaglio per poter procedere o meno all'edificazione.

### ***Prescrizioni generali***

L'utilizzo di queste zone sarà necessariamente subordinato alla realizzazione di **indagini dettagliate** finalizzate all'acquisizione di una maggiore conoscenza geologico-tecnica dell'area e del suo intorno, mediante campagne geognostiche, prove in situ e/o di laboratorio, nonché mediante studi specifici di varia natura (geofisici, idrogeologici, idraulici, ambientali, pedologici, ecc.), qualora ritenuti necessari in funzione delle criticità riscontrate in sito. Ciò dovrà consentire di precisare le idonee destinazioni d'uso, le volumetrie ammissibili, le tipologie costruttive più opportune, nonché le necessarie opere di sistemazione ed eventualmente di bonifica, la caratterizzazione sismica del sito. Per l'edificato esistente dovranno essere fornite indicazioni in merito alle indagini da eseguire per la progettazione – qualora necessario – e/o la realizzazione delle opere di difesa, sistemazione idrogeologica e degli eventuali interventi di mitigazione degli effetti negativi indotti dall'edificato. Potranno essere inoltre predisposti idonei sistemi di monitoraggio geologico che permettano di tenere sotto controllo l'evoluzione dei fenomeni in atto o indotti dall'intervento.

Nel caso di problematiche di tipo idraulico, gli studi saranno necessari non solo in corrispondenza dei principali corsi d'acqua, ma anche dei corsi d'acqua minori, soprattutto qualora nel passato abbiano manifestato significative forme di dissesto nel bacino idrografico sotteso e/o fenomeni di esondazione e di erosione.

Il risultato delle indagini condotte dovrà valutare la compatibilità dell'intervento edificatorio e gli effetti che esso può avere in relazione alle caratteristiche del sito.

Gli interventi di bonifica idraulica o idrogeologica dovranno, ove e per quanto possibile, essere eseguiti con tecniche di bioingegneria forestale.

Pur tenendo conto del fatto che sarebbe opportuno limitare nuovi consistenti insediamenti nelle aree appartenenti alla Classe 3, si ribadisce che le relazioni geologiche e geologico-tecniche andranno eseguite sui nuovi fabbricati, sui fabbricati esistenti oggetto di significativi interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, che comportino un aumento del carico insediativo, e comunque su tutti quegli interventi che presentino un significativo impatto sul territorio (es. viabilità, reti tecnologiche, ecc.).

Si ritiene opportuno, per la realizzazione di qualsiasi nuovo edificio, mantenere una distanza di sicurezza di almeno 10 metri dal ciglio di scarpate morfologiche (escluso il reticolo idrografico, soggetto a specifica normativa): in questo caso si ritiene necessaria la predisposizione di verifiche di stabilità della scarpata sottostante che tengano in considerazione l'applicazione del sovraccarico che comporta la realizzazione dell'edificio.

Nel caso in cui la realizzazione delle opere comporti la formazione di un fronte di scavo a monte e/o ai lati (es: realizzazione di un edificio su un pendio inclinato, esecuzione di box e di locali interrati in fregio a edifici esistenti e/o di vecchia costruzione), si ritiene necessaria la predisposizione di verifiche di stabilità del pendio in relazione alla realizzazione del fronte di scavo previsto. Questo per predisporre un progetto adeguato in merito alle opere di sostegno necessarie evitando così che l'esecuzione di scavi in prossimità di edifici esistenti possano indurre lesioni nelle strutture adiacenti.

### **Classe 3 e aree PAI/PGRA (sottoclassi 3a, 3b, 3c e 3d)**

Nei casi in cui in classe 3 della Carta di fattibilità geologica siano comprese aree che nella Carta PAI/PGRA sono definite **“fascia fluviale B - classe di pericolosità idraulica su reticolo principale RP – P2/M” (sottoclasse 3a)** e **“fascia fluviale C - classe di pericolosità idraulica su reticolo principale RP – P1/L” (sottoclasse 3b)**, si rimanda per esse rispettivamente agli artt. 30 e 31, Titolo II, delle N.d.A. del PAI, riprese integralmente nelle presenti norme nella sezione

riferita alle “Fasce fluviali”: queste ultime verranno considerate prevalenti, nel caso fossero più restrittive, su quelle delle classi di fattibilità attribuite.

Nei casi in cui in classe 3 della Carta di fattibilità geologica siano comprese aree che nella Carta PAI/PGRA sono definite come **“area di conoide attivo parzialmente protetta Cp” (sottoclasse 3c)** e **“area di conoide non recentemente attivatosi o completamente protetta Cn (sottoclasse 3d)”** si rimanda per esse all'art. 9 delle N.d.A. del PAI: queste ultime verranno considerate prevalenti, nel caso fossero più restrittive, su quelle delle classi di fattibilità attribuite.

I progetti per nuovi interventi, nuove opere e nuove attività consentiti nelle aree a rischio idraulico (es. edifici, infrastrutture, opere di urbanizzazione, opere di sistemazione idrogeologica e messa in sicurezza dei siti) che ricadano nella Classe 3 di fattibilità geologica sono accompagnati da uno studio di compatibilità idraulica e dalla verifica che gli interventi proposti non aumentino le attuali condizioni di rischio e non siano pregiudizievoli all'eliminazione delle situazioni di rischio.

#### **Sottoclasse 3e: aree soggette a rischio di caduta massi**

Nelle aree indicate con il simbolo **3e**, in genere sottoposte a pareti rocciose o a versanti particolarmente acclivi e dirupati, oltre alle prescrizioni generali, dovranno essere anche verificate le reali condizioni del sito in rapporto al rischio di caduta massi dai versanti soprastanti, con opportune indagini e metodologie che comportino la proposta/progettazione di opere di mitigazione del rischio, di protezione (in questo caso da eseguire prima delle strutture che prevedano lo stazionamento di persone) o comunque ne giustificano la non necessità.

#### **Sottoclasse 3f: aree con scadenti caratteristiche geotecniche (problematiche di tipo geologico-geotecnico)**

In questa sottoclasse ricadono aree nelle quali è stata riscontrata la presenza di terreni fini, poco addensati o prevalentemente limoso-argillosi con spessori significativi, che potrebbero essere caratterizzati da ridotti valori di capacità portante, da importanti cedimenti, dalla

presenza di falde sospese o dalla predisposizione all'instabilità e allo scivolamento dei fronti di scavo. In queste aree si prescrive l'esecuzione di approfondite indagini geognostiche (geotecniche e geofisiche in particolare; eventualmente analisi di laboratorio), in numero e tipologia commisurate all'entità dell'intervento e comunque idonee a fornire una dettagliata ricostruzione delle condizioni stratigrafiche locali, nonché funzionali alla determinazione dei principali parametri per la caratterizzazione geotecnica sia dei terreni a comportamento granulare che dei terreni a comportamento coesivo.

### **Sottoclasse 3g: instabilità dei versanti e acclività**

In tale sottoclasse ricade l'intero settore montano e pedemontano, in cui è possibile che qualsiasi intervento possa alterare le condizioni di equilibrio del pendio, inducendo fenomeni d'instabilità. Si prescrivono indagini e valutazioni puntuali volte a determinare le condizioni di stabilità del pendio e/o dei fronti di scavo ante e post operam, mediante l'esecuzione di indagini geognostiche e/o, a discrezione e su responsabilità del professionista in funzione dello stato di fatto e delle previsioni progettuali, rilievi geomeccanici che possano fornire indicazioni, all'interno di una relazione tecnica predisposta ai sensi delle normative vigenti, per la messa in opera, qualora e dove necessario, di interventi per il consolidamento e/o la mitigazione del rischio di instabilità dei fronti di scavo e delle strutture sia di fondazione che in alzato.

### **Classe 4 – Fattibilità con gravi limitazioni**

**In questa classe ricadono tutte quelle aree per le quali la situazione di alto rischio comporta gravi limitazioni per la modifica della destinazione d'uso delle particelle.**

L'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso. Deve essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, 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. 27, comma 1, lettere a), b) e c) della l.r. 12/2005, senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo. Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica<sup>13</sup>.

Si segnala che in generale gli aspetti edilizi e paesaggistici relativi all'interpretazione e/o definizione della tipologia di intervento, non vengono risolti nell'ambito della componente geologica, ma da interpretazioni più specificatamente urbanistiche e dunque dell'Ufficio Tecnico comunale.

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 e, nel caso delle cavità o morfologie carsiche, con le eventuali problematiche connesse alla circolazione idrica sotterranea.

Nei casi in cui in classe 4 della Carta di fattibilità geologica siano comprese aree che nella Carta PAI/PGRA sono definite **"fascia fluviale A - classe di pericolosità idraulica su reticolo**

---

<sup>13</sup> Si riportano le definizioni di cui all'art. 3 del d.p.r. 380/2001 e s.m.i. relative alle opere consentite dalla d.g.r. 2616/2011 in classe di fattibilità geologica 4 (§ 3.1.4): "

a) "interventi di manutenzione ordinaria", gli interventi edilizi che riguardano le opere di riparazione, rinnovamento e sostituzione delle finiture degli edifici e quelle necessarie ad integrare o mantenere in efficienza gli impianti tecnologici esistenti;

b) "interventi di manutenzione straordinaria", le opere e le modifiche necessarie per rinnovare e sostituire parti anche strutturali degli edifici, nonché per realizzare ed integrare i servizi igienico-sanitari e tecnologici, sempre che non alterino la volumetria complessiva degli edifici e non comportino mutamenti urbanisticamente rilevanti delle destinazioni d'uso implicanti incremento del carico urbanistico. Nell'ambito degli interventi di manutenzione straordinaria sono ricompresi anche quelli consistenti nel frazionamento o accorpamento delle unità immobiliari con esecuzione di opere anche se comportanti la variazione delle superfici delle singole unità immobiliari nonché del carico urbanistico purché non sia modificata la volumetria complessiva degli edifici e si mantenga l'originaria destinazione d'uso. Nell'ambito degli interventi di manutenzione straordinaria sono comprese anche le modifiche ai prospetti degli edifici legittima-mente realizzati necessarie per mantenere o acquisire l'agibilità dell'edificio ovvero per l'accesso al-lo stesso, che non pregiudichino il decoro architettonico dell'edificio, purché l'intervento risulti con-forme alla vigente disciplina urbanistica ed edilizia e non abbia ad oggetto immobili sottoposti a tu-tela ai sensi del Codice dei beni culturali e del paesaggio di cui al decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42.

c) "interventi di restauro e di risanamento conservativo", gli interventi edilizi rivolti a conservare l'organismo edilizio e ad assicurarne la funzionalità mediante un insieme sistematico di opere che, nel rispetto degli elementi tipologici, formali e strutturali dell'organismo stesso, ne consentano anche il mutamento delle destinazioni d'uso purché con tali elementi compatibili, nonché conformi a quelle previste dallo strumento urbanistico generale e dai relativi piani attuativi. Tali interventi comprendono il consolidamento, il ripristino e il rinnovo degli elementi costitutivi dell'edificio, l'inserimento degli elementi accessori e degli impianti richiesti dalle esigenze dell'uso, l'eliminazione degli elementi estranei all'organismo edilizio (...)"

**principale RP – P3/H” (sottoclasse 4a)**, si rimanda per esse all’art. 29, Titolo II, delle N.d.A. del PAI: queste ultime verranno considerate prevalenti, nel caso fossero più restrittive, su quelle delle classi di fattibilità attribuite.

Nei casi in cui in classe 4 della Carta di fattibilità geologica siano comprese aree che nella Carta PAI/PGRA sono definite come **“aree di frana attiva Fa” (sottoclasse 4b)**, **“aree di conoide attivo non protetto Ca” (sottoclasse 4c)**, **“aree di frana quiescente Fq” (sottoclasse 4d)**, **“aree di conoide attivo parzialmente protetto Cp” (sottoclasse 4e)** e **“aree di pericolosità esondativa elevata Eb” (sottoclasse 4f)**, si rimanda per esse all’art. 9 delle N.d.A. del PAI: queste ultime verranno considerate prevalenti, nel caso fossero più restrittive, su quelle delle classi di fattibilità attribuite.

Nei casi in cui in classe 4 della Carta di fattibilità geologica siano comprese aree che nella Carta PAI/PGRA sono definite come **“aree a rischio idrogeologico molto elevato, Zona 1” (sottoclasse 4g)** e **“aree a rischio idrogeologico molto elevato, Zona 2” (sottoclasse 4h)**, si rimanda per esse all’art. 50, Titolo IV, delle N.d.A. del PAI: queste ultime verranno considerate prevalenti, nel caso fossero più restrittive, su quelle delle classi di fattibilità attribuite.

**La distinzione della classe 4 nelle diverse sottoclassi è puramente indicativa e richiama i diversi gradi di pericolosità geologica, idrogeologica o idraulica, per le quali valgono in ogni caso le prescrizioni generali sopra descritte.**

#### **Sottoclasse 4i: problematiche legate al carsismo**

Si indicano le aree in particolare soggette a limitazioni per la presenza di diffuse ed importanti forme carsiche, nelle quali le attenzioni sono dovute relativamente al divieto di dispersione di acque reflue (se non convenientemente trattate ed analizzate).

*In tale classe ricadono anche, sebbene non rappresentate in cartografia per la loro posizione isolata e puntuale, le grotte segnalate nel Catasto Speleologico Lombardo – Progetto Tu.Pa.Ca:*

- 1370 Stampa di Pagà
- 7169 Diaolina
- 7179 Ripido
- 7186 S vaporub

- *7153 Genesi.*

Nelle aree classificate come sottoclasse 4i sono di norma vietate le seguenti attività o destinazioni:

- Dispersione ovvero immissione in fossi non impermeabilizzati di reflui, fanghi e liquami anche se depurati
- Accumulo di concimi organici
- Spandimento di pesticidi e fertilizzanti
- Aperture di cave o pozzi
- Discariche di qualsiasi tipo anche se controllate
- Stoccaggio di reflui, prodotti, sostanze chimiche pericolose, sostanze radioattive
- Centri di raccolta, demolizione e rottamazione autoveicoli
- Impianti di trattamento rifiuti
- Pascolo e stazzo di bestiame che ecceda i 170 chilogrammi per ettaro di azoto presente negli effluenti, al netto delle perdite di stoccaggio e distribuzione. È comunque vietata la stabulazione di bestiame nella zona di rispetto ristretta
- Pozzi perdenti; per quelli esistenti si adottano dove possibile le misure per il loro allontanamento.

### 5.3 Norme tecniche di attuazione per le costruzioni in Zona PAI-PGRA

Il presente studio, che ha per oggetto l'intero territorio comunale, contiene in sé anche la proposta di perimetrazione delle aree a rischio indicate nell'elaborato del PAI/PGRA, soggette a specifica normativa che si sovrappone e/o sostituisce quella relativa alla fattibilità geologica (riferita al Piano di Assetto Idrogeologico – PAI - approvato dall'Autorità di Bacino del Fiume Po, ed integrata con le norme di gestione delle nuove perimetrazioni del PGRA – “Direttiva Alluvioni” – applicate al “reticolo secondario collinare e montano” (RSCM), e delle fasce fluviali – applicate al “reticolo principale” (RP, fiume Cherio), come richiesto dalla D.g.r. 19 giugno 2017 - n. X/6738).

Per chiarezza si riportano le norme vigenti per le aree a rischio alluvione relative al reticolo secondario collinare e montano RSCM e alle fasce fluviali relative al reticolo principale RP (v. d.g.r. 19 giugno 2017 - n. X/6738 e Norme di Attuazione del PAI<sup>14</sup>).

In generale si faccia riferimento, in tutte le aree soggette a rischio idraulico per le quali le presenti norme richiedono specifici approfondimenti tecnici di tipo idrologico-idraulico-idrogeologico e verifiche del grado di rischio, al capitolo 4 della citata d.g.r. 19 giugno 2017 - n. X/6738 (**“Disposizioni relative all’edificato esistente esposto al rischio”**) e al documento **“EDIFICI IN AREE A RISCHIO ALLUVIONE. COME RIDURNE LA VULNERABILITA’”**, redatto a cura dell’Autorità di Bacino del Fiume Po e dell’Università degli Studi di Pavia (febbraio 2009).

### 5.3.1 Aree di perimetrazione PAI

*Frane: aree interessate da frane attive (Fa) – art. 9 comma 2*

Fatto salvo quanto previsto dall’art. 3 ter del D.L. 12 ottobre 2000, n. 279, convertito in L. 11 dicembre 2000, n. 365, nelle aree Fa sono esclusivamente consentiti:

- gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- gli interventi di manutenzione ordinaria degli edifici, così come definiti alla lettera a) dell’art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457<sup>15</sup>;
- gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d’uso che comportino aumento del carico insediativo;
- gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche o di interesse pubblico e gli interventi di consolidamento restauro conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
- le opere di bonifica, di sistemazione e di monitoraggio dei movimenti franosi;

---

<sup>14</sup> Si verifichino, ove non siano state specificate le s.m.i., i rimandi alle normative di riferimento, qualora aggiornate e modificate successivamente alla pubblicazione della documentazione e delle indicazioni riportate.

<sup>15</sup> Articolo “implicitamente” abrogato dall’art. 3 del d.P.R. n. 308/2001 (v. nota 1)

- le opere di regimazione delle acque superficiali e sotterranee;
- la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto dello stato di dissesto in essere.

*Frane: aree interessate da frane quiescenti (Fq) – art. 9 comma 3*

Nelle aree Fq, oltre agli interventi di cui al precedente comma 2, sono consentiti:

- gli interventi di manutenzione straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo, così come definiti alle lettere b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457<sup>16</sup>, senza aumenti di superficie e volume;
- gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per adeguamento igienico- funzionale;
- gli interventi di ampliamento e ristrutturazione di edifici esistenti, nonché di nuova costruzione, purchè consentiti dallo strumento urbanistico adeguato al presente Piano ai sensi e per gli effetti dell'art. 18, fatto salvo quanto disposto dalle alinee successive;
- la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue e l'ampliamento di quelli esistenti, previo studio di compatibilità dell'opera con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente; sono comunque escluse la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D. Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22<sup>17</sup>. È consentito l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi dello stesso D.Lgs. 22/1997 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 del D.Lgs. 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione

---

<sup>16</sup> Articolo "implicitamente" abrogato dall'art. 3 del d.P.R. n. 308/2001 (v. nota 1)

<sup>17</sup> abrogato dall'articolo 264 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, ora vigente

può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dalla autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti a tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del suddetto decreto legislativo.

*Esondazioni: aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità elevata (Eb) – art. 9 comma 6*

Nelle aree Eb, oltre agli interventi di cui al precedente comma 5<sup>18</sup>, sono consentiti:

- gli interventi di ristrutturazione edilizia, così come definiti alla lettera d) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457<sup>19</sup>, senza aumenti di superficie e volume;
- gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per adeguamento igienico funzionale;
- la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue;
- il completamento degli esistenti impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti a tecnologia complessa, quand'esso risultasse indispensabile per il raggiungimento dell'autonomia degli ambiti territoriali ottimali così come individuati dalla pianificazione

---

<sup>18</sup>L'art. 9 comma 5 delle Norme PAI recita: "Fatto salvo quanto previsto dall'art. 3 ter del D.L. 12 ottobre 2000, n. 279, convertito in L. 11 dicembre 2000, n. 365, nelle aree Ee sono esclusivamente consentiti: gli interventi di demolizione senza ricostruzione; gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo degli edifici, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457; gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo; gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche e di interesse pubblico e di restauro e di risanamento conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela; i cambiamenti delle destinazioni culturali, purché non interessanti una fascia di ampiezza di 4 m dal ciglio della sponda ai sensi del R.D. 523/1904; gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica; le opere di difesa, di sistemazione idraulica e di monitoraggio dei fenomeni; la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili e relativi impianti, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto delle condizioni idrauliche presenti; l'ampliamento o la ristrutturazione degli impianti di trattamento delle acque reflue; l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 dello stesso D.Lgs. 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dalla autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti a tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del suddetto decreto legislativo". N.b. I riferimenti normativi possono essere stati aggiornati.

<sup>19</sup> Articolo "implicitamente" abrogato dall'art. 3 del d.P.R. n. 308/2001 (v. nota 1)

regionale e provinciale; i relativi interventi di completamento sono subordinati a uno studio di compatibilità con il presente Piano validato dall'Autorità di bacino, anche sulla base di quanto previsto all'art. 19 bis.

*Trasporto di massa sui conoidi: aree di conoide attivo o potenzialmente attivo non protette da opere di difesa e di sistemazione a monte (Ca) – art. 9 comma 7*

Fatto salvo quanto previsto dall'art. 3 ter del D.L. 12 ottobre 2000, n. 279, convertito in L. 11 dicembre 2000, n. 365, nelle aree Ca sono esclusivamente consentiti:

- gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo degli edifici, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457<sup>20</sup>;
- gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;
- gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche e di interesse pubblico e di restauro e di risanamento conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
- i cambiamenti delle destinazioni colturali, purché non interessanti una fascia di ampiezza di 4 m dal ciglio della sponda ai sensi del R.D. 523/1904;
- gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;
- le opere di difesa, di sistemazione idraulica e di monitoraggio dei fenomeni;
- la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono

---

<sup>20</sup> Articolo "implicitamente" abrogato dall'art. 3 del d.P.R. n. 308/2001 (v. nota 1)

comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto delle condizioni idrauliche presenti;

- l'ampliamento o la ristrutturazione degli impianti di trattamento delle acque reflue.

*Trasporto di massa sui conoidi: aree di conoidi attivi o potenzialmente attivi parzialmente protette da opere di difesa e di sistemazione a monte (Cp) – art. 9 comma 8*

Nelle aree Cp, oltre agli interventi di cui al precedente comma 7, sono consentiti:

- gli interventi di ristrutturazione edilizia, così come definiti alla lettera d) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457<sup>21</sup>, senza aumenti di superficie e volume;
- gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per adeguamento igienico funzionale;
- la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue.

*Trasporto di massa sui conoidi: aree di conoidi non recentemente riattivatisi o completamente protette da opere di difesa (Cn) – art. 9 comma 9*

Nelle aree Cn compete alle Regioni e agli Enti locali, attraverso gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti, tenuto anche conto delle indicazioni dei programmi di previsione e prevenzione ai sensi della L. 24 febbraio 1992, n. 225. Gli interventi ammissibili devono in ogni caso essere soggetti ad uno studio di compatibilità con le condizioni del dissesto validato dall'Autorità competente.

Nelle aree **Cn e Cp** più prossime al corso d'acqua (**sottoclassi 3c\_Cp e 3d\_Cn** nella Carta della fattibilità geologica) oltre al rispetto delle vigenti norme di legge il progetto, relativamente al rischio idrologico/idraulico, con livello di dettaglio definito dal professionista – che se ne assume la responsabilità - in funzione della collocazione dell'area o del fabbricato, dovrà contenere l'analisi relativa a:

---

<sup>21</sup> Articolo "implicitamente" abrogato dall'art. 3 del d.P.R. n. 308/2001 (v. nota 1)

- possibile interazione della proposta d'intervento con l'assetto idrologico ed idrogeologico del sito, mediante uno studio che verifichi la quota di eventuale inondabilità del lotto in relazione alla piena di riferimento e l'interazione tra l'intervento e la circolazione idrica sotterranea e che descriva le metodologie per la messa in sicurezza delle opere previste.
- la valutazione della possibile evoluzione territoriale e degli interventi attivi e/o passivi proponibili al fine di mitigare il rischio
- la progettazione dei fabbricati in modo da limitare l'apertura di ingressi e/o finestre perpendicolarmente al flusso principale della corrente, senza locali interrati nelle zone prospicienti i corsi d'acqua in modo da non comportare l'accumulo delle eventuali acque di esondazione.

Nelle aree Cn più lontane dall'asse idrologico, caratterizzate da grado di rischio per flussi di detrito ulteriormente più ridotto, sono consentite tutte le tipologie di intervento subordinandole ad uno specifico studio geologico/geotecnico/idrogeologico, anche con riferimento alle prescrizioni generali delle classi di fattibilità geologica. Tutte le opere ammesse comunque devono essere realizzate in ottemperanza alle prescrizioni di cui alle NTC2018 e successivi aggiornamenti/modifiche.

### 5.3.2 Aree di perimetrazione PGRA (Reticolo secondario collinare montano – RSCM)

#### *Aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti (aree P3/H)*

Nelle aree interessate da alluvioni molto frequenti (aree P3/H), vigono le limitazioni e prescrizioni stabilite dall'art 9, comma 5, per le aree Ee:

“Fatto salvo quanto previsto dall'art. 3 ter del D.L. 12 ottobre 2000, n. 279, convertito in L. 11 dicembre 2000, n. 365, nelle aree Ee sono esclusivamente consentiti:

- gli interventi di demolizione senza ricostruzione;

- gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo degli edifici, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457<sup>22</sup>;
- gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;
- gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche e di interesse pubblico e di restauro e di risanamento conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
- i cambiamenti delle destinazioni colturali, purché non interessanti una fascia di ampiezza di 4 m dal ciglio della sponda ai sensi del R.D. 523/1904;
- gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;
- le opere di difesa, di sistemazione idraulica e di monitoraggio dei fenomeni;
- la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili e relativi impianti, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto delle condizioni idrauliche presenti;
- l'ampliamento o la ristrutturazione degli impianti di trattamento delle acque reflue;
- l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 dello stesso D.Lgs. 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dalla autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti a tecnologia complessa, previo studio di

---

<sup>22</sup> Articolo "implicitamente" abrogato dall'art. 3 del d.P.R. n. 308/2001 (v. nota 4)

compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del suddetto decreto legislativo.”

*Aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti (aree P2/M)*

Nelle aree interessate da alluvioni poco frequenti (aree P2/M), vigono le limitazioni e prescrizioni stabilite dall'art 9, comma 6, per le aree Eb:

“Nelle aree Eb, oltre agli interventi di cui al precedente comma 5, sono consentiti:

- - gli interventi di ristrutturazione edilizia, così come definiti alla lettera d) dell'art. 31 della L. agosto 1978, n. 457<sup>23</sup>, senza aumenti di superficie e volume;
- - gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per adeguamento igienico funzionale;
- - la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue;
- - il completamento degli esistenti impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti a tecnologia complessa, quand'esso risultasse indispensabile per il raggiungimento dell'autonomia degli ambiti territoriali ottimali così come individuati dalla pianificazione regionale e provinciale; i relativi interventi di completamento sono subordinati a uno studio di compatibilità con il presente Piano validato dall'Autorità di bacino, anche sulla base di quanto previsto all'art. 19 bis.”

*Aree potenzialmente interessate da alluvioni rare (aree P1/L)*

Nelle aree interessate da alluvioni rare (aree P1/L), vigono le limitazioni e prescrizioni stabilite dall'art 9, comma 6bis, per le aree Em:

“Nelle aree Em compete alle Regioni e agli Enti locali, attraverso gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti, tenuto anche conto delle indicazioni dei programmi di previsione e prevenzione ai sensi della

---

<sup>23</sup> Articolo “implicitamente” abrogato dall'art. 3 del d.P.R. n. 308/2001 (v. nota 4)

L. 24 febbraio 1992, n. 225. Gli interventi ammissibili devono in ogni caso essere soggetti ad uno studio di compatibilità con le condizioni del dissesto validato dall'Autorità competente.”

**Per esse valgono le disposizioni di cui al precedente capitolo 5.3.1.** in quanto coincidenti sostanzialmente con le aree “Cn” di conoide attiva protetta o non recentemente riattivate.

Inoltre, in generale, nelle aree comprese in P1/L che risultano classificate come R4 – rischio molto elevato (v. GeoPortale Regione Lombardia): “(...) è facoltà del Comune applicare, anche all’interno degli edificati esistenti, le norme riguardanti le aree P3/H e P2/M (Aree Ee ed Eb) o richiedere che gli interventi edilizi siano supportati da uno studio di compatibilità idraulica che utilizzi come dati tecnici di input tutte le informazioni del PGRA. Detto studio può essere omesso per gli interventi edilizi che non modificano il regime idraulico dell’area allagabile, accompagnando il progetto da opportuna asseverazione del progettista (es. recupero di sottotetti, interventi edilizi a quote di sicurezza)”, fino al recepimento nello strumento urbanistico comunale dello studio comunale per la valutazione dettagliata delle condizioni di pericolosità e rischio locali.

*Aree a rischio idrogeologico molto elevato (PS267). Conoidi: Zona 1 – art. 50 comma 1 e comma 2*

Nella porzione contrassegnata come ZONA 1 delle aree di cui all’Allegato 4.1 all’Elaborato 2 di Piano, sono esclusivamente consentiti:

1. - gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, così come definiti alle lettere a), b), c) dell’art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457, senza aumenti di superficie e volume, salvo gli adeguamenti necessari per il rispetto delle norme di legge;
- le azioni volte a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità con riferimento alle caratteristiche del fenomeno atteso. Le sole opere consentite sono quelle rivolte al consolidamento statico dell’edificio o alla protezione dello stesso;
- gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria relativi alle reti infrastrutturali;

- gli interventi volti alla tutela e alla salvaguardia degli edifici e dei manufatti vincolati ai sensi del D.Lgs. 29 ottobre 1999 n. 490 e successive modifiche e integrazioni, nonché di quelli di valore storico-culturale così classificati in strumenti di pianificazione urbanistica e territoriale vigenti;

- gli interventi per la mitigazione del rischio idrogeologico e idraulico presente e per il monitoraggio dei fenomeni;

- la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto dello stato di dissesto in essere.

2. Per gli edifici ricadenti nella ZONA 1 già gravemente compromessi nella stabilità strutturale per effetto dei fenomeni di dissesto in atto sono esclusivamente consentiti gli interventi di demolizione senza ricostruzione e quelli temporanei volti alla tutela della pubblica incolumità.

*Aree a rischio idrogeologico molto elevato (PS267). Conoidi: Zona 2 – art. 50 comma 3*

Nella porzione contrassegnata come ZONA 2 delle aree di cui all'Allegato 4.1 all'Elaborato di Piano sono esclusivamente consentiti, oltre agli interventi di cui ai precedenti commi:

- gli interventi di ristrutturazione edilizia, così come definiti alla lettera d) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457;

- gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti unicamente per motivate necessità di adeguamento igienico-funzionale, ove necessario, per il rispetto della legislazione in vigore anche in materia di sicurezza del lavoro connessi ad esigenze delle attività e degli usi in atto;

- la realizzazione di nuove attrezzature e infrastrutture rurali compatibili con le condizioni di dissesto presente; sono comunque escluse le nuove residenze rurali;

- gli interventi di adeguamento e ristrutturazione delle reti infrastrutturali.

### 5.3.3 Fasce Fluviali

Si fa riferimento in generale alle disposizioni di cui al Titolo II “Norme per le fasce fluviali”, Parte I “Natura, contenuti ed effetti del Piano per la parte relativa all’estensione delle fasce fluviali” delle Norme di Attuazione del Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico (PAI) – Autorità di bacino del Fiume Po.

#### ***Fascia di deflusso della piena (Fascia A) – art. 29 NdA PAI***

Nella Fascia A si persegue l’obiettivo di garantire le condizioni di sicurezza assicurando il deflusso della piena di riferimento, il mantenimento e/o il recupero delle condizioni di equilibrio dinamico dell’alveo, e quindi favorire, ovunque possibile, l’evoluzione naturale del fiume in rapporto alle esigenze di stabilità delle difese e delle fondazioni delle opere d’arte, nonché a quelle di mantenimento in quota dei livelli idrici di magra.

Nella Fascia A sono vietate:

- a) le attività di trasformazione dello stato dei luoghi, che modifichino l’assetto morfologico, idraulico, infrastrutturale, edilizio, fatte salve le prescrizioni dei successivi articoli;
- b) la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e di recupero dei rifiuti, l’ampliamento degli stessi impianti esistenti, nonché l’esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22, fatto salvo quanto previsto al successivo comma 3, let. l);
- c) la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue, nonché l’ampliamento degli impianti esistenti di trattamento delle acque reflue, fatto salvo quanto previsto al successivo comma 3, let. m);
- d) le coltivazioni erbacee non permanenti e arboree, fatta eccezione per gli interventi di bioingegneria forestale e gli impianti di rinaturazione con specie autoctone, per una ampiezza di almeno 10 m dal ciglio di sponda, al fine di assicurare il mantenimento o il ripristino di una fascia continua di vegetazione spontanea lungo le sponde dell’alveo inciso, avente funzione di stabilizzazione delle sponde e riduzione della velocità della corrente;

- e) la realizzazione di complessi ricettivi all'aperto;
- f) il deposito a cielo aperto, ancorché provvisorio, di materiali di qualsiasi genere.

Sono per contro consentiti:

- a) cambi colturali, che potranno interessare esclusivamente aree attualmente coltivate;
- b) gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;
- c) le occupazioni temporanee se non riducono la capacità di portata dell'alveo, realizzate in modo da non arrecare danno o da risultare di pregiudizio per la pubblica incolumità in caso di piena;
- d) i prelievi manuali di ciottoli, senza taglio di vegetazione, per quantitativi non superiori a 150 m<sup>3</sup> annui;
- e) la realizzazione di accessi per natanti alle cave di estrazione ubicate in golena, per il trasporto all'impianto di trasformazione, purché inserite in programmi individuati nell'ambito dei Piani di settore;
- f) i depositi temporanei conseguenti e connessi ad attività estrattiva autorizzata ed agli impianti di trattamento del materiale estratto e presente nel luogo di produzione da realizzare secondo le modalità prescritte dal dispositivo di autorizzazione;
- g) il miglioramento fondiario limitato alle infrastrutture rurali compatibili con l'assetto della fascia;
- h) il deposito temporaneo a cielo aperto di materiali che per le loro caratteristiche non si identificano come rifiuti, finalizzato ad interventi di recupero ambientale comportanti il ritombamento di cave;
- i) il deposito temporaneo di rifiuti come definito all'art. 6, comma 1, let. m), del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22;
- j) l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 dello stesso D.Lgs. 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento

della capacità residua derivante dalla autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti a tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del suddetto decreto legislativo;

- k) l'adeguamento degli impianti esistenti di trattamento delle acque reflue alle normative vigenti, anche a mezzo di eventuali ampliamenti funzionali.

Gli interventi consentiti debbono assicurare il mantenimento o il miglioramento delle condizioni di drenaggio superficiale dell'area, l'assenza di interferenze negative con il regime delle falde freatiche presenti e con la sicurezza delle opere di difesa esistenti.

Entro i limiti della Fascia A valgono le prescrizioni della Classe 4 di fattibilità geologica.

#### ***Fascia di esondazione (Fascia B) – art. 30 Nda PAI***

Nella Fascia B si persegue l'obiettivo di mantenere e migliorare le condizioni di funzionalità idraulica ai fini principali dell'invaso e della laminazione delle piene, unitamente alla conservazione e al miglioramento delle caratteristiche naturali e ambientali.

Nella Fascia B sono vietati:

- a) gli interventi che comportino una riduzione apprezzabile o una parzializzazione della capacità di invaso, salvo che questi interventi prevedano un pari aumento delle capacità di invaso in area idraulicamente equivalente;
- b) la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e di recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, nonché l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22, fatto salvo quanto previsto al precedente art. 29, comma 3, let. I);
- c) in presenza di argini, interventi e strutture che tendano a orientare la corrente verso il rilevato e scavi o abbassamenti del piano di campagna che possano compromettere la stabilità delle fondazioni dell'argine.

Sono per contro consentiti, oltre agli interventi di cui al precedente comma 3 dell'art. 29:

- a) gli interventi di sistemazione idraulica quali argini o casse di espansione e ogni altra misura idraulica atta ad incidere sulle dinamiche fluviali, solo se compatibili con l'assetto di progetto dell'alveo derivante dalla delimitazione della fascia;
- a) gli impianti di trattamento d'acque reflue, qualora sia dimostrata l'impossibilità della loro localizzazione al di fuori delle fasce, nonché gli ampliamenti e messa in sicurezza di quelli esistenti; i relativi interventi sono soggetti a parere di compatibilità dell'Autorità di bacino ai sensi e per gli effetti del successivo art. 38, espresso anche sulla base di quanto previsto all'art. 38 bis;
- b) la realizzazione di complessi ricettivi all'aperto, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente;
- c) l'accumulo temporaneo di letame per uso agronomico e la realizzazione di contenitori per il trattamento e/o stoccaggio degli effluenti zootecnici, ferme restando le disposizioni all'art. 38 del D.Lgs. 152/1999 e successive modifiche e integrazioni;
- d) il completamento degli esistenti impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti a tecnologia complessa, quand'esso risultasse indispensabile per il raggiungimento dell'autonomia degli ambiti territoriali ottimali così come individuati dalla pianificazione regionale e provinciale; i relativi interventi sono soggetti a parere di compatibilità dell'Autorità di bacino ai sensi e per gli effetti del successivo art. 38, espresso anche sulla base di quanto previsto all'art. 38 bis.

Gli interventi consentiti debbono assicurare il mantenimento o il miglioramento delle condizioni di drenaggio superficiale dell'area, l'assenza di interferenze negative con il regime delle falde freatiche presenti e con la sicurezza delle opere di difesa esistenti.

Inoltre, tutte le nuove attività, opere e sistemazioni e tutti i nuovi interventi consentiti nelle aree a rischio idraulico che ricadano nella Fascia B e a tergo della fascia B di progetto (e nella sottoclasse 3a di fattibilità geologica), devono essere tali da non superare mai il livello di rischio sostenibile nella situazione attuale del territorio. Devono essere quindi tali da:

- migliorare o comunque non aggravare o peggiorare le condizioni di funzionalità idraulica;

- non costituire in nessun caso un fattore di aumento del rischio idraulico, né localmente né nei territori a valle o a monte, producendo significativi ostacoli al normale libero deflusso delle acque ovvero causando una riduzione significativa della capacità di invaso delle aree interessate;
- non costituire un elemento pregiudizievole all'attenuazione o all'eliminazione delle specifiche cause di rischio esistenti;
- non pregiudicare le eventuali sistemazioni idrauliche definitive né la realizzazione degli interventi previsti dalla pianificazione di bacino o dagli strumenti di programmazione provvisoria e urgente;
- garantire condizioni adeguate di sicurezza durante la permanenza del cantiere, in modo che i lavori si svolgano senza creare, neppure temporaneamente, un ostacolo significativo al regolare deflusso delle acque, un significativo aumento del livello di rischio o del grado di esposizione al rischio esistente;
- evitare la realizzazione di piani interrati o seminterrati non dotati di sistemi di autoprotezione e idonei accorgimenti edilizi;
- evitare un uso che preveda la presenza continuativa di persone nei piani interrati o seminterrati, dotati di sistemi di autoprotezione e idonei accorgimenti edilizi;
- realizzare, preferibilmente, le superfici abitabili, le aree sede dei processi industriali, degli impianti tecnologici e degli eventuali depositi di materiali ad una quota di circa 30 cm superiore rispetto all'attuale reticolo stradale di riferimento;
- progettare e realizzare le trasformazioni consentite con modalità compatibili, senza danni significativi, con la sommersione periodica, utilizzando tecnologie costruttive che permettano alle strutture di resistere a pressioni idrodinamiche e materiali per costruzione poco danneggiabili al contatto con l'acqua;
- progettare gli interventi in modo da favorire il deflusso/infiltrazione delle acque di esondazione, evitando interventi che comportino l'aggravio delle condizioni di pericolosità/rischio per le aree circostanti (ad esempio, limitare allineamenti di grande lunghezza nel senso dello scorrimento delle acque, che potrebbero indurre la creazione di canali di scorrimento a forte velocità);

- prevedere misure per facilitare l'evacuazione di persone e beni verso l'esterno o verso i piani superiori in caso di inondazione, quali uscite di sicurezza situate e dimensionate in modo idoneo.
- impiegare modalità esecutive tali da limitare per quanto possibile l'impermeabilizzazione superficiale del suolo, controllando la ritenzione temporanea delle acque attraverso adeguate reti di regimazione e di drenaggio e comunque nel rispetto delle normative vigenti in materia di invarianza idraulica e idrologica;
- impiegare, ove possibile, tecniche a basso impatto ambientale e tecniche di ingegneria naturalistica.

Per tutte le nuove costruzioni previste si consiglia di non realizzare locali interrati, qualunque destinazione essi abbiano e, per gli edifici esistenti, la dismissione degli interrati qualora presenti o la mitigazione del rischio idraulico mediante la messa in opera degli accorgimenti di cui al successivo paragrafo che titola "Disposizioni inerenti gli accorgimenti edilizi da adottare per la mitigazione del rischio" e al documento "EDIFICI IN AREE A RISCHIO DI ALLUVIONE COME RIDURNE LA VULNERABILITÀ" redatto a cura dell'Autorità di bacino del Fiume Po e dell'Università degli Studi di Pavia (febbraio 2009).

### ***Area di esondazione per piena catastofica (Fascia C) – art. 31 Nda PAI***

Nella Fascia C si persegue l'obiettivo di integrare il livello di sicurezza alle popolazioni, mediante la predisposizione prioritaria da parte degli Enti competenti ai sensi della L. 24 febbraio 1992, n. 225 e quindi da parte delle Regioni o delle Province, di Programmi di previsione e prevenzione.

Compete agli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti per i territori ricadenti in fascia C, secondo quanto indicato nel successivo paragrafo.

In generale, nelle aree comprese in Fascia C, si deve opportunamente verificare, con le modalità, il dettaglio e il livello di approfondimento stabiliti dal professionista tecnico che ne assume la responsabilità, che gli interventi proposti siano idraulicamente compatibili con le

classi di riferimento, che non aumentino le attuali condizioni di rischio e non siano pregiudizievoli all'eliminazione delle situazioni di rischio idraulico; detto studio “può essere omesso per gli interventi edilizi che non modificano il regime idraulico dell’area allagabile, accompagnando il progetto da opportuna asseverazione del progettista (es. recupero di sottotetti, interventi edilizi a quote di sicurezza)” (v. d.g.r. 6738/2017).

#### 5.3.4 Disposizioni inerenti i territori che risultano soggetti ad esondazioni dovute a più cause

Sui territori allagabili per più fenomeni per i quali si sovrappongono più normative, vige la norma più restrittiva.

Si rimarca, per queste situazioni, la necessità di svolgere analisi di maggior dettaglio per valutare l’effetto di fenomeni concomitanti e di trattarle adeguatamente nei Piani di Emergenza Comunali.

#### 5.3.5 Disposizioni inerenti all’informazione relativa alla pericolosità e al rischio idraulico

I Comuni provvedono a inserire nelle certificazioni di cui all’art. 5 comma 2 lettera d del d.p.r. 6 giugno 2001, n. 380, anche le classificazioni di pericolosità e di rischio derivanti dagli aggiornamenti al PAI prodotti dal PGRA nonché dalle presenti disposizioni normative.

In analogia con quanto previsto all’art. 18, comma 7 delle N.d.A. del PAI, i soggetti attuatori di interventi sono tenuti a sottoscrivere un atto liberatorio che escluda ogni responsabilità dell’Amministrazione pubblica in ordine a eventuali futuri danni a cose e a persone comunque derivanti dai fattori di pericolosità idraulica e idrogeologica segnalati nelle certificazioni di cui sopra. I Comuni istituiscono un registro degli atti liberatori, aggiornato e reso pubblico secondo modalità stabilite dagli stessi Comuni. La Regione si riserva la possibilità di chiedere copia di tale registro.

### 5.3.6 Disposizioni inerenti agli accorgimenti edilizi da adottare per la mitigazione del rischio idraulico

Le aree caratterizzate da livelli di rischio idraulico e idrologico pari a **R4 e comunque alla classe 4 di fattibilità geologica per le azioni di piano** sono da ritenersi incompatibili con qualunque tipo di urbanizzazione e in esse dovranno essere escluse nuove edificazioni. Le aree caratterizzate da livelli di rischio idraulico pari a **R3 e comunque alla classe 3 di fattibilità geologica per le azioni di piano**, possono ritenersi compatibili con l'urbanizzazione a seguito di approfondimenti delle conoscenze idrologiche e idrauliche relative al grado di rischio di esondazione e/o della realizzazione di opere di mitigazione del rischio o mediante accorgimenti costruttivi che impediscano danni a beni e strutture e/o che consentano la facile e immediata evacuazione dell'area inondabile da parte di persone e beni mobili; si dovrà verificare che la realizzazione delle stesse non interferisca negativamente con il deflusso e con la dinamica del corso d'acqua.

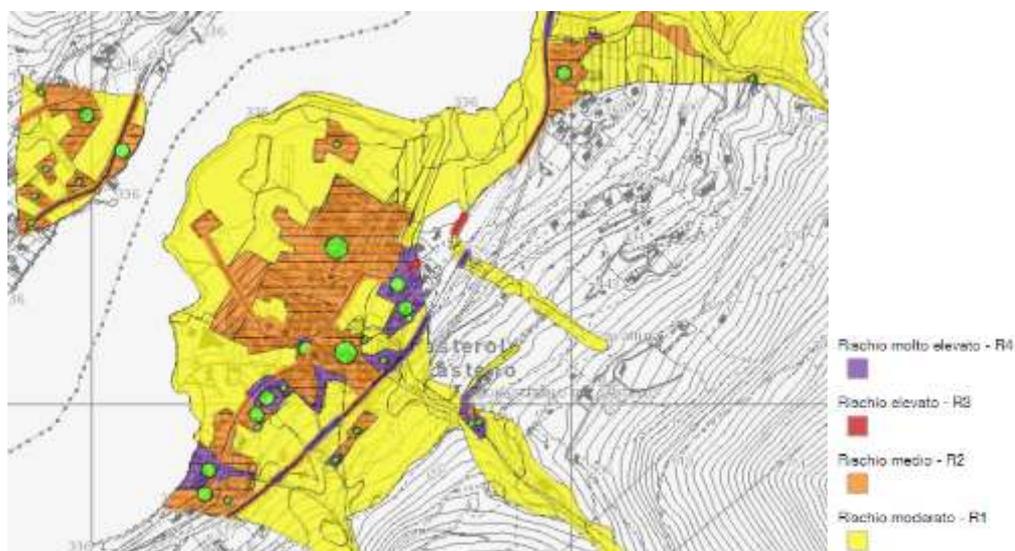


Figura 79 - Direttiva Alluvioni 2007/60/CE - Revisione 2020 – Stralcio Carta del Rischio (Geoportale Regione Lombardia)

Di seguito si elencano, a titolo di esempio e senza pretesa di esaustività, alcuni dei possibili accorgimenti, validi anche per l'edificato esistente esposto al rischio, che dovranno essere

presi in considerazione per la mitigazione del rischio e da indicare quali prescrizioni al fine di garantire la compatibilità degli interventi di trasformazione territoriale.

Misure per evitare il danneggiamento dei beni e delle strutture:

- realizzare le superfici abitabili, le aree sede dei processi industriali, degli impianti tecnologici e degli eventuali depositi di materiali sopraelevate rispetto al livello della piena di riferimento;
- realizzare le aperture degli edifici situate al di sotto del livello di piena a tenuta stagna; disporre gli ingressi in modo che non siano perpendicolari al flusso principale della corrente;
- progettare la viabilità minore interna e la disposizione dei fabbricati così da limitare allineamenti di grande lunghezza nel senso dello scorrimento delle acque, che potrebbero indurre la creazione di canali di scorrimento a forte velocità;
- progettare la disposizione dei fabbricati in modo da limitare la presenza di lunghe strutture trasversali alla corrente principale;
- favorire il deflusso/assorbimento delle acque di esondazione, evitando interventi che ne comportino l'accumulo.

Misure atte a garantire la sicurezza di piani interrati e seminterrati:

- pareti perimetrali, pavimenti e solette realizzati a tenuta d'acqua;
- verifica presenza di scale/rampe interne di collegamento tra il piano dell'edificio potenzialmente allagabile e gli altri piani;
- impianti elettrici realizzati con accorgimenti tali da assicurare la continuità del funzionamento anche in caso di allagamento;
- aperture con sistemi di chiusura a tenuta stagna e/o provviste di protezioni idonee;
- rampe di accesso provviste di particolari accorgimenti tecnico-costruttivi (dossi, sistemi di paratie, etc.) per impedire l'ingresso dell'acqua;
- sistemi di sollevamento delle acque da ubicarsi in condizioni di sicurezza idraulica.

Misure atte a garantire la stabilità delle fondazioni:

- opere drenanti per evitare le sottopressioni idrostatiche nei terreni di fondazione;
- opere di difesa per evitare i fenomeni di erosione delle fondazioni superficiali;

- fondazioni profonde per limitare i fenomeni di cedimento o di rigonfiamento di suoli coesivi.

Misure per facilitare l'evacuazione di persone e beni in caso di inondazione:

- uscite di sicurezza situate sopra il livello della piena di riferimento aventi dimensioni sufficienti per l'evacuazione di persone e beni verso l'esterno o verso i piani superiori;
- vie di evacuazione situate sopra il livello della piena di riferimento.

Utilizzo di materiali e tecnologie costruttive che permettano alle strutture di resistere alle pressioni idrodinamiche

Utilizzo di materiali per costruzione poco danneggiabili al contatto con l'acqua.

Per l'individuazione delle misure di riduzione della vulnerabilità può essere utilizzato come riferimento il documento "EDIFICI IN AREE A RISCHIO DI ALLUVIONE COME RIDURRE LA VULNERABILITÀ", redatto a cura dell'Autorità di bacino del Fiume Po e dell'Università degli Studi di Pavia (febbraio 2009).

5.3.7 Disposizioni inerenti all'asseverazione di congruità delle varianti urbanistiche alla componente geologica del PGT e alla pianificazione sovraordinata

Tutte le varianti urbanistiche adottate dopo la data di pubblicazione sul BURL delle presenti disposizioni, devono essere corredate da un'asseverazione di congruità delle varianti stesse con la componente geologica del PGT e con le nuove limitazioni derivanti dal PGRA, dalla variante normativa al PAI e dalle disposizioni regionali conseguenti, seguendo il nuovo schema di asseverazione riportato in **Allegato 1 della d.g.r. 26/04/2022 n. XI/6314** "Modifiche ai criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12 approvati con d.g.r. 2616/2011 e integrati con d.g.r. 6738/2017".

5.3.8 Disposizioni inerenti agli interventi edilizi

Nella modulistica edilizia unificata, laddove è previsto che si dichiari che l'intervento è compatibile con le limitazioni derivanti dalla classe di fattibilità geologica e relativa normativa assegnata nel PGT, fino all'adeguamento dello stesso occorre dichiarare anche la compatibilità dell'intervento con le limitazioni derivanti dal PGRA, dalla variante normativa al PAI e dalle disposizioni regionali conseguenti.

5.4 Disposizioni concernenti le verifiche del rischio idraulico degli impianti esistenti di trattamento delle acque reflue, di gestione dei rifiuti e di approvvigionamento idropotabile ricadenti in aree interessate da alluvioni, in attuazione degli articoli 19 bis, 38 bis e 62 delle Norme di Attuazione del Piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI) del bacino del fiume Po.

La d.g.r. 18 giugno 2018 – n. XI/239, alla quale si rimanda, in attuazione del PGRA e della Variante al PAI – Integrazioni all'Elaborato 7 (Norme di Attuazione), prescrive opportune verifiche del rischio idraulico per gli impianti esistenti che ricadono nelle aree allagabili (aree Ee o Eb del PAI, aree P3/H e P2/M ovunque cartografate del PGRA) individuate nelle mappe di pericolosità del PGRA, a carico dei proprietari degli impianti o i soggetti gestori, nel caso in cui essi non coincidano con i proprietari:

- a) impianti di gestione rifiuti che effettuano operazioni di stoccaggio e trattamento rifiuti ai sensi dell'art. 183 del d.lgs 152/06 (operazioni da D1 a D15, da R1 a R13); autodemolitori di cui al d.lgs 209/2003;
- b) impianti in cui si svolgono le attività di lavorazione e trasformazione inerti e di confezionamento conglomerati;
- c) impianti di trattamento delle acque reflue urbane di potenzialità superiore ai 2000 abitanti equivalenti;
- d) impianti di captazione e trattamento di acque destinate ad uso potabile compresi impianti/locali tecnici a servizio delle reti di adduzione e distribuzione di acqua ad uso potabile.

Le verifiche del rischio idraulico e i conseguenti progetti di riduzione del rischio devono essere svolti in coerenza con le metodologie di cui alle seguenti direttive e linee guida, in relazione all'ambito territoriale in cui ricade l'impianto:

*Ambito territoriale RSCM del PGRA ed aree Ee ed Eb del PAI*

- Direttiva 1 del PAI *“Direttiva per la riduzione del rischio idraulico degli impianti di trattamento delle acque reflue e delle operazioni di smaltimento e recupero rifiuti ubicati nelle fasce fluviali A e B e nelle aree in dissesto idrogeologico Ee ed Eb”*;
- Metodologie contenute nell'Allegato 4 alla d.g.r. 2616/2011 *“Procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio da esondazione”*;

## 5.5 Indicazioni per il rispetto del principio di invarianza idraulica

Si richiama a tale proposito il rispetto dei principi e delle indicazioni contenute nel regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7 “Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)” entrato in vigore il 28 novembre 2017, con le modifiche e le integrazioni introdotte da:

- r.r. 29 giugno 2018, n. 7, entrato in vigore il 4 luglio 2018;
- r.r. 19 aprile 2019, n. 8, entrato in vigore il 25 aprile 2019;
- l.r. 26 novembre 2019, n. 18, entrata in vigore il 11 dicembre 2019.

## 5.6 Reticolo idrico e norme di polizia idraulica

Si richiama il “Regolamento per l'esercizio della polizia idraulica sul reticolo idrografico minore” allegato allo studio comunale per la “Determinazione del reticolo idrico minore” approvato con parere favorevole da Regione Lombardia (Sede Territoriale di Bergamo, ora U.T.R.).

## 5.7 Salvaguardia delle aree di approvvigionamento idropotabile

Si richiamano le normative nazionali e regionali in materia, che prescrivono in corrispondenza di ciascuna captazione, la presenza di una ristretta “zona di tutela assoluta” (raggio 10 m dal punto di captazione) e di una “zona di rispetto” (raggio 200 m, qualora non diversamente specificato a seguito di indagini idrogeologiche approfondite), ciascuna sottoposta a specifiche disposizioni:

- DPR 236/88
- D.lgs. n.152/1999
- D.lgs. n.258/2000, art. 5 comma 4
- D. Lgs. 152/2006, Titolo III, Capo I, Art. 94.
- d.g.r. n. 6/15137/1996 (Regione Lombardia)
- d.g.r. 7/12693/2003 (Regione Lombardia).

## 5.8 Radiazioni ionizzanti (protezione dal gas radon)

Le presenti note costituiscono aggiornamento della sezione relativa al “gas radon” già presente nella relazione tecnica dello studio geologico 2014<sup>24</sup>, alla luce della pubblicazione di più recenti normative in materia, sia a livello nazionale che regionale.

Si richiama in particolare il DECRETO LEGISLATIVO 31 luglio 2020, n. 101 (“Attuazione della direttiva 2013/59/Euratom, che stabilisce norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall’esposizione alle radiazioni ionizzanti, e che abroga le direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom e 2003/122/Euratom e riordino della normativa di settore in attuazione dell’articolo 20, comma 1, lettera a), della legge 4 ottobre 2019, n. 117”) che, tra i principi dell’art. 1, “stabilisce norme di sicurezza al fine di proteggere le persone dai pericoli derivanti dalle radiazioni ionizzanti”, riferite, tra l’altro, “all’esposizione dei lavoratori o di individui della popolazione al radon in

---

<sup>24</sup> “Il Rischio Radon è dunque in definitiva un Rischio eminentemente Geologico e le aree di rischio, per fini di pianificazione urbanistico-territoriale, dovrebbero essere perimetrare non tanto o non solo su valutazioni indoor, ma anche su indicatori geologici e possibilmente corredate da misure di Radon nel suolo.” (da Relazione Studio geologico 2014)

ambienti chiusi, all'esposizione esterna dovuta ai materiali da costruzione e ai casi di esposizione prolungata dovuta agli effetti di un'emergenza o di un'attività umana del passato" (art. 2, comma 1, lett. g).

All'art. 12 (*Livelli di riferimento radon (direttiva 59/2013/EURATOM, articolo 7, articolo 54, comma 1, 74, comma 1; decreto legislativo 17 marzo 1995, n. 230, allegato I -bis , punto 4 lettera a) )* ) si fissano i livelli massimi di riferimento nelle diverse situazioni: livelli massimi di riferimento per le abitazioni e i luoghi di lavoro, espressi in termini di valore medio annuo della concentrazione di attività di radon in aria, sono di seguito indicati:

**a) 300 Bq m<sup>-3</sup> in termini di concentrazione media annua di attività di radon in aria per le abitazioni esistenti;**

**b) 200 Bq m<sup>-3</sup> in termini di concentrazione media annua di attività di radon in aria per abitazioni costruite dopo il 31 dicembre 2024;**

**c) 300 Bq m<sup>-3</sup> in termini di concentrazione media annua di attività di radon in aria per i luoghi di lavoro.**

Le disposizioni di cui al D.lgs. 101/2020 si applicano:

- ai luoghi di lavoro sotterranei; luoghi di lavoro in locali semisotterranei o situati al piano terra; specifiche tipologie di luoghi di lavoro identificate nel Piano Nazionale d'azione per il radon; stabilimenti termali (art. 16, comma 1);
- agli immobili adibiti ad uso abitativo aventi locali situati al pianterreno o a un livello semi sotterraneo o sotterraneo (art. 19, comma 1).

### ***Riferimenti legislativi e norme tecniche di riferimento***

- Direttiva Europea n. 2013/59/Euratom del 5 dicembre 2013 che stabilisce norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti, e che abroga le direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom e 2003/122/Euratom

- D.lgs. n. 101/2020, “Attuazione della direttiva 2013/59/Euratom, che stabilisce norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall’esposizione alle radiazioni ionizzanti, e che abroga le direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom e 2003/122/Euratom e riordino della normativa di settore in attuazione dell’articolo 20, comma 1, lettera a), della legge 4 ottobre 2019, n. 117”
- DDG Regione Lombardia n. 12678 del 21.12.2011, “Linee guida per la prevenzione delle esposizioni al gas radon in ambienti indoor”
- l.r. 3 marzo 2022 n. 3, “Modifiche al Titolo VI della l.r. 30 dicembre 2009, n.33 (Testo unico delle leggi regionali in materia di sanità) e alla l.r. 10 marzo 2017, n.7 (Recupero dei vani e locali seminterrati esistenti), in attuazione del d.lgs. 31 luglio 2020, n.101 (Attuazione della direttiva 2013/59/Euratom, che stabilisce norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti, e che abroga le direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom e 2003/122/Euratom e riordino della normativa di settore in attuazione dell'articolo 20, comma1, lettera a), della legge 4 ottobre 2019, n.117)”
- d.g.r. n. XII/508 del 26/06/2023, “Prima individuazione delle aree prioritarie a rischio radon in Lombardia ai sensi dell’articolo 11 comma 3 D.Lgs. 101 del 31 luglio 2020”, con allegati
- Conferenza dei Presidenti delle Regioni e delle Provincie Autonome di Trento e Bolzano “Linee guida per le misure di concentrazione di radon in aria nei luoghi di lavoro sotterranei”,
- APAT “Linee guida per le misure di radon in ambienti residenziali”,
- Giunta Regionale, Direzione Generale Sanità, “Prevenzione delle esposizioni al gas radon in ambienti indoor. Integrazione dei Regolamenti Comunali Edilizi
- Nota ASL Bergamo n. U0015410/III.7.22.

### ***Limiti delle concentrazioni di gas radon negli edifici***

Nell'edilizia a destinazione produttiva e/o residenziale il riferimento per le concentrazioni di gas indoor è il **D.lgs. n. 101/2020**, che suggerisce livelli massimi di riferimento di 300 Bq/mc (200 Bq/mc per le abitazioni costruite dopo il 2024), espressi in termini di valore medio annuo.

### ***Applicabilità delle presenti norme***

Le presenti disposizioni sono obbligatorie per tutti gli interventi di nuova costruzione, nonché per gli interventi relativi al patrimonio edilizio esistente (interventi di ristrutturazione edilizia, di restauro e risanamento conservativo, manutenzione straordinaria) destinati in qualsiasi modo alla permanenza di persone (abitazioni, insediamenti produttivi, commerciali, di servizio, ecc.), in modo da assicurare criteri e sistemi di progettazione e costruzione tali da eliminare o mitigare a livelli di sicurezza l'esposizione della popolazione al gas radon.

Per garantire il rispetto dei limiti riportati è necessario adottare alcuni accorgimenti costruttivi, che possono variare in funzione delle caratteristiche morfologiche e litologiche del sito, nonché della tipologia di edificio e dalle specifiche esigenze degli occupanti.

Il riferimento per tali accorgimenti costruttivi è costituito dal Decreto regionale DDG 12678 del 21.12.2011 "Linee guida per la prevenzione delle esposizioni a gas radon negli ambienti indoor" ed eventuali s.m.i..

La scelta delle tipologie e modalità di intervento, o la non necessità delle stesse, dovrà essere decisa in funzione dei risultati di specifiche campagne di indagine e di rilevamento delle concentrazioni di gas radon, eseguite secondo le indicazioni generali descritte nel successivo comma. L'esito delle indagini eseguite, i lavori eventualmente resisi necessari per la mitigazione del rischio, nonché la verifica di efficacia delle misure adottate, mediante determinazione delle concentrazioni residue ad intervento ultimato e prima dell'occupazione dei fabbricati, dovranno essere descritti in una relazione tecnica corredata da idonea documentazione volta ad illustrare gli esiti delle misure.

La verifica dell'efficacia delle misure adottate – o la non necessità delle stesse – andrà certificata dal committente, dal progettista e dal direttore dei lavori, accompagnata dalla documentazione sopra richiamata, in fase di progetto e/o prima del rilascio dell'abitabilità/agibilità dell'edificio.

In generale, nei locali di abitazione e in particolare nelle zone notte, dovrà essere evitato l'uso di materiali costruttivi e di finitura contenenti significative concentrazioni di radionuclidi naturali, quali tufi, graniti, sieniti, basalti, pozzolane, .... Della salubrità dei materiali adottati nella costruzione edilizia (compreso il contenuto di radionuclidi) sono ritenuti responsabili il progettista e il direttore dei lavori.

Ulteriori e maggiori specificazioni sono alla base dell'emanazione della d.g.r. 508/2023 con l'identificazione delle aree prioritarie da parte di ARPA Lombardia, peraltro insufficienti a tenere conto delle reali situazioni riscontrate anche in Comuni non preventivamente inseriti nell'elenco.

Dalla Relazione di ARPA posta a base del provvedimento normativo regionale si rileva che *“Nei comuni identificati come area prioritaria dovrà essere attuato quanto previsto dal Decreto, sia per i luoghi di lavoro (artt. 16 e 17) che per le abitazioni (art. 19). In particolare, i primi adempimenti cui dare seguito dopo la pubblicazione dell'elenco nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana sono riportati di seguito:*

*- Luoghi di lavoro: l'esercente provvede, nei luoghi di lavoro situati in locali semi-sotterranei o situati al piano terra, ad effettuare la misurazione della concentrazione media annua di attività di radon in aria entro 18 mesi dalla pubblicazione nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana dell'elenco dei comuni in area prioritaria. Le misurazioni devono essere effettuate avvalendosi di servizi di dosimetria riconosciuti ai sensi dell'articolo 155 del Decreto ovvero, nelle more dei riconoscimenti, avvalendosi di organismi idoneamente attrezzati, vale a dire di servizi che soddisfino i requisiti minimi indicati nell'allegato II del Decreto 14. L'esito delle misurazioni deve essere attestato, valutato e gestito nel rispetto di quanto stabilito negli artt. 17 e 18 del Decreto cui si rimanda per ogni ulteriore approfondimento.*

*- Abitazioni: la Regione promuove, nelle aree prioritarie, campagne e azioni per incentivare i proprietari di immobili adibiti ad uso abitativo, aventi locali situati al pianterreno o a un livello semi sotterraneo o sotterraneo, a effettuare la misura della concentrazione di radon avvalendosi dei servizi di cui all'articolo 155, o intraprendono specifici programmi di misurazione. La Regione provvede altresì nelle aree definite prioritarie a intraprendere specifici programmi di misurazione della concentrazione di radon nell'ambiente chiuso per il patrimonio di edilizia residenziale pubblica, provvedendo conseguentemente all'adozione di misure correttive. Nel caso in cui le misurazioni all'interno di abitazioni esistenti presentino una concentrazione media annua di attività di radon in aria superiore al livello di riferimento per gli edifici di nuova costruzione (200 Bq/m<sup>3</sup>), la Regione promuove e monitora l'adozione di misure correttive in attuazione del principio di ottimizzazione.*

*Ai fini della riduzione del rischio di esposizione dei lavoratori e della popolazione assume particolare importanza l'adozione generalizzata di interventi volti a ridurre l'esposizione al gas radon sia negli edifici esistenti che in quelli di nuova costruzione mediante la realizzazione di misure di prevenzione e mitigazione dell'ingresso e delle concentrazioni di radon negli edifici.*

*Nelle more dell'entrata in vigore di quanto stabilito in attuazione del Piano nazionale d'azione per il radon, resta valido ai sensi della L.R. 3/2022 15 (art. 66 septiesdecies e art. 3) l'obbligo posto in capo ai comuni di integrare i regolamenti edilizi comunali con norme tecniche specifiche per la protezione dall'esposizione al gas radon in ambienti chiusi nonché il riferimento alle «Linee guida per la prevenzione delle esposizioni al gas radon in ambienti indoor», approvate sulla base di indicazioni tecniche internazionali con decreto dirigenziale n. 12678 del 21 dicembre 2011, che costituiscono un valido strumento operativo per i Comuni, per i progettisti e per i costruttori edili, fornendo indicazioni e suggerimenti riguardanti la realizzazione di nuovi edifici radon resistenti e le soluzioni tecniche da adottare per ridurre l'esposizione al gas radon nel caso di edifici esistenti, in raccordo con gli interventi finalizzati al risparmio energetico”.*

### **Modalità di rilevazione delle concentrazioni di gas radon ed organismi di rilevazione**

La descrizione e l'indicazione delle modalità di rilevazione del gas radon sono contenute e riassunte della DDG n. 12678/2011 della Regione Lombardia, a cui si fa più completo riferimento, o nelle Normative tecniche nazionali predisposte in attuazione del D. lgs. 101/2020.

Le misure di concentrazione di radon in aria indoor sono essenziali per valutare l'esposizione delle persone che frequentano o abitano i locali; tali misurazioni sono relativamente semplici da realizzare, ma devono essere realizzate secondo protocolli standardizzati affinché i risultati siano affidabili, confrontabili e riproducibili.

Una indicazione in tal senso è fornita dall'art. 15 del D. lgs, 101/2020 e dall'Allegato II che ad esso si richiama (Sezione I, punti 3 e 4).

***Modalità di esecuzione della misurazione di concentrazione media annua di attività di radon in aria***

Ai fini della misurazione della concentrazione media annua di attività di radon in aria, devono essere impiegati dispositivi di misurazione per un intero anno solare, mediante uno o più periodi di campionamento consecutivi, utilizzando metodiche di misura riferibili a norme tecniche nazionali o internazionali. Nell'ambito del Piano nazionale d'azione per il radon potranno essere definite ulteriori modalità di misurazione valide ai fini della determinazione della concentrazione media annua di attività di radon in aria.

L' esercente o l' occupante in caso di abitazioni è responsabile della corretta gestione dei dispositivi di misurazione durante i periodi di campionamento.

Ciascun dispositivo di misurazione deve essere univocamente associato ad un punto di misurazione.

Per i luoghi di lavoro, le misurazioni vanno eseguite in tutti i locali separati del luogo di lavoro. In caso di un elevato numero di locali analoghi in termini strutturali, d'uso e di ventilazione, è possibile effettuare misurazioni su un campione ridotto, comunque non

inferiore al 50%. Nel caso in cui si riscontri il superamento del livello di riferimento almeno in un locale, le misurazioni dovranno essere estese a tutti gli altri ambienti non misurati.

Per locali con una superficie inferiore o uguale a 100 mq, è necessario identificare almeno un punto di misurazione ogni 50 mq o frazione. Per locali di dimensioni maggiori di 100 mq è necessario identificare almeno un punto di misurazione ogni 100 mq o frazione.

Nel caso di tunnel, sottovie, catacombe, grotte e metropolitane e altri luoghi individuati dal Piano nazionale d'azione per il radon, le misurazioni devono essere eseguite referenzialmente nelle posizioni ove solitamente stazionano gli operatori. In questi casi devono altresì essere adottate tecniche di misurazione adeguate alle condizioni microclimatiche degli ambienti.

Per le abitazioni, le misurazioni vanno eseguite almeno in un locale privilegiando i piani più bassi dell'abitazione stessa, i locali con più alto fattore di occupazione quali ad esempio le camere da letto.

***Contenuto della relazione tecnica di cui all'art. 17 comma 6.***

- a) intestazione del servizio di dosimetria che rilascia la relazione;
- b) identificazione univoca del documento (numero o codice progressivo e data);
- c) dati anagrafici del committente (con codice fiscale o partita iva) e indirizzo;
- d) identificazione univoca del punto di misura, con l'indicazione del locale e del piano (interrato, seminterrato, piano terra, piano rialzato, ecc.);
- e) associazione univoca dei punti di misurazione con il dispositivo di misurazione;
- f) tecnica di misurazione utilizzata con eventuali riferimenti a norme nazionali o internazionali;
- g) indicazione delle date di inizio e fine campionamento di ogni dispositivo di misurazione;
- h) risultato in termini di concentrazione media annua di attività di radon in aria per ogni punto di misurazione con l'incertezza estesa associata;

*Hattusas s.r.l.*

i) eventuali note relative ai risultati;

j) firma del responsabile della misurazione e del responsabile del rilascio dei risultati.”

Per quanto riguarda i “requisiti minimi” degli organismi “idoneamente attrezzati” ad eseguire le misure di concentrazione del gas radon, a loro volta sono elencati nella Sezione I, punto 5, dell’Allegato II.

***Requisiti minimi dei servizi di dosimetria di cui all’articolo 17, comma 7***

Nelle more del riconoscimento di idoneità di cui all’articolo 155, i servizi di dosimetria devono possedere seguenti requisiti minimi:

a) denominazione, codice fiscale, indirizzo ed eventuale indirizzo WEB

b) individuazione del responsabile tecnico con formazione professionale adeguata ed esperienza documentata in materia di almeno due anni;

c) individuazione delle persone abilitate ad eseguire le misure;

d) indicazione sui metodi di misurazione con riferimento a norme internazionali o nazionali o sui metodi sviluppati dal laboratorio e sottoposti a validazione;

e) certificato di taratura con indicazione della riferibilità a campioni primari;

f) programma di controllo di qualità misure del metodo di misurazione impiegato;

g) assicurazione della qualità dei risultati anche attraverso la partecipazione a programmi idonei di confronti interlaboratori;

h) adozione di procedure e istruzioni scritte per i metodi di misurazione, comprese quelle per le tarature e il controllo di qualità.”

**Le tipologie disponibili per le misurazioni** sono i rivelatori a tracce, gli elettretti, i rivelatori a carbone attivo, i rivelatori ad integrazione elettronica e il monitor in continuo che si differenziano per il tipo di informazione fornita: alcuni rivelatori misurano la concentrazione

media di radon del periodo misurato, altri permettono di monitorare l'andamento temporale della concentrazione di radon, in genere su tempi più limitati.

Una distinzione tra le tipologie si basa sulla durata della misurazione: si definiscono short term, cioè a breve termine, le rilevazioni che effettuano misure di qualche giorno e long term quelle su lungo periodo (almeno qualche mese).

Le misure short-term sono adatte a dare una prima e immediata indicazione sulla concentrazione di gas presente in un ambiente, con il limite che tale concentrazione si riferisce al solo periodo di effettuazione della misura e quindi fortemente influenzata dai numerosi parametri, soprattutto meteorologici e stagionali; si dovrebbe infatti evitare di eseguire misure di questo tipo in condizioni particolari (per es. in presenza di forte vento, piogge intense e prolungate, ghiaccio...). Questo tipo di misurazione deve comunque essere eseguita generalmente in condizioni peggiorative, con riduzione di ricambi d'aria e degli accessi ai locali, in modo da consentire la rilevazione delle concentrazioni massime presenti. Le misure short-term sono utili quando si vuole conoscere l'efficacia di interventi di mitigazione con misure ex ante ed ex post e quelle effettuate con monitor in continuo sono utilmente impiegate per fornire informazioni quantitative e di efficacia sulle variazioni temporali delle concentrazioni di radon in un ambiente quando siano stati attivati sistemi di ricambio d'aria che necessitano di temporizzazione.

Le misurazioni a lungo termine, eseguite in normali condizioni di utilizzo e di ventilazione dei locali, sono quelle più adatte a determinare la concentrazione di radon presente in un ambiente.

Per valutare la concentrazione media annua di radon in un locale, è preferibile quindi eseguire due misure semestrali consecutive, una in periodo invernale ed una in periodo estivo al fine di tener conto della variabilità stagionale e delle diverse condizioni meteorologiche.

La scelta del metodo di misura deve quindi essere fatta in funzione dell'obiettivo, del tipo di informazione desiderata e del tempo a disposizione.

### **Schema di Regolamento Edilizio con riferimento alle problematiche relative al gas radon**

Regione Lombardia raccomanda dunque di integrare i Regolamenti Edilizi comunali con norme specifiche relative alle radiazioni ionizzanti e al gas radon indoor, fornendo uno specifico contributo, che può essere preso quale utile riferimento, all'interno del tavolo di lavoro per la predisposizione del cosiddetto "Regolamento Edilizio Metropolitan" (REM) che potrebbe essere efficacemente esteso all'intero territorio regionale.

*"Art. ....: Prescrizioni costruttive per l'adozione di misure di prevenzione del rischio di gas radon*

*1. Per gli interventi atti a contenere le concentrazioni medie annue negli ambienti confinati, va fatto riferimento alle "Linee Guida per la prevenzione delle esposizioni al gas radon in ambienti indoor" approvate con decreto della Direzione Generale Sanità della Regione Lombardia n. 12678 del 21/12/2011 e ss.mm.ii.*

*2. Le misure per la progettazione di interventi per la prevenzione e mitigazione dall'esposizione al gas concentrazioni di radon presenti negli edifici destinati ad attività lavorative sono effettuate nel rispetto della normativa vigente in materia (D.Lgs. 230/95 e ss.mm.ii.) e delle norme tecniche per la sua applicazione.*

*3. In assenza di "organismi riconosciuti" cioè abilitati allo svolgimento delle misure, è raccomandabile che esse vengano eseguite almeno da "organismi idoneamente attrezzati" (secondo le Linee guida per lo svolgimento di misure di radon nei luoghi di lavoro sotterranei – Conferenza Stato Regioni –2003), con metodiche e modalità descritte nelle guide tecniche disponibili (p.e. la serie delle UNI ISO-11665). Gli esiti delle misure, in attesa del recepimento della Direttiva 59/2013 nella normativa ita-liana, dovranno rispettare il livello di riferimento per la concentrazione media annua di radon indoor previsto dalla direttiva stessa, cioè 300 Bq/m<sup>3</sup>.*

*4. Tutte le opere di nuova costruzione, nonché gli interventi sul patrimonio edilizio esistente comportanti la demolizione con ricostruzione, la ristrutturazione integrale di edifici, la ristrutturazione e la manutenzione straordinaria ed i cambi d'uso con opere che coinvolgano*

*le strutture di locali a contatto, anche parziale, con il terreno, qualora i medesimi siano da destinare in qualsiasi modo alla permanenza di persone, sono progettati e realizzati con criteri costruttivi tali da conseguire la riduzione dell'esposizione al radon nonché il rispetto dei limiti normativi.*

*5. Nei nuovi edifici va garantita anche l'uniforme ventilazione dei locali posti al piano cantina o del vespaio aerato. Altresì, deve essere adottata almeno una soluzione co-struttiva finalizzata al contenimento dell'accumulo di radon all'interno dei locali e, ove tecnicamente realizzabile, deve essere prevista la possibilità di installare sistemi di rimozione, qualora si rendessero necessari, successivamente alla realizzazione dei lavori.*

*6. La tipologia e la complessità delle soluzioni da adottare tiene conto delle informazioni al momento disponibili sulla probabilità di avere elevate concentrazioni di radon in-door nel territorio considerato, pubblicate sul sito web di ARPA Lombardia. È fatta salva la predisposizione dell'attestazione prevista dall'art. 3 comma 3 della L.R. 7/2017 e ss.mm.ii."*

## 6.0 CONCLUSIONI

Il presente studio costituisce l'aggiornamento dello studio geologico per il territorio di comunale di Monasterolo del Castello, resosi opportuno in occasione di una variante urbanistica del PGT e per il recepimento delle indicazioni contenute nella c.d. "Direttiva Alluvioni" (di cui alla d.g.r. 6738 del 19/6/2017) e della recente d.g.r. 26/04/2022 n. XI/6314, con particolare riferimento, rispetto a quest'ultima, all'Allegato A, Schema 2 Caso 1 "La componente geologica del PGT contiene proposte di aggiornamento alla cartografia del PAI e del PGRA": nello specifico, l'aggiornamento del PAI/PGRA è relativo soprattutto alla proposta di ridelimitazione del conoide della Valle del Grino, come è stato fatto e descritto nei paragrafi precedenti, sulla base di osservazioni e studi ai sensi delle normative vigenti in materia.

Il lavoro contemplato ha previsto l'esame della documentazione esistente, la ricognizione storica sugli eventi di criticità idrogeologica, la valutazione delle condizioni attuali di rischio in alcuni comparti del territorio comunale e l'effettuazione di puntuali rilievi di dettaglio nelle situazioni per le quali si è ritenuto di valutare l'eventualità di una ripermimetrazione delle classi di fattibilità geologica.

Grassobbio, 16 giugno 2022 – 21 settembre 2023

  
Dott. Geol. Andrea Gritti  
Iscrizione Ordine dei Geologi della Lombardia n. 1461

  
Dott. Geol. Fabio Massimo Plebani  
Iscrizione Ordine dei Geologi della Lombardia n. 884