



COMUNE DI BREMBATE DI SOPRA
Provincia di Bergamo

PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

**COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E
SISMICA**

**AI SENSI DEI CRITERI ATTUATIVI DELL'ART. 57
DELLA L.R. 12/2005**

RELAZIONE ILLUSTRATIVA



DOTT. GEOL. CORRADO REGUZZI

Villa d'Almè (BG), febbraio 2025

INDICE

	Pag.
1 PREMESSA	1
2 METODOLOGIA DI INDAGINE	2
FASE DI ANALISI	
3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO	4
3.1 Caratteristiche litologiche	4
3.2 Elementi di pedologia.....	7
4 CARATTERI GEOMORFOLOGICI.....	9
4.1 Criteri di indagine	9
4.2 Ambiti geomorfologici.....	9
4.3 Forme, processi e depositi	10
4.3.1 Forme, processi e depositi legati alla gravità	10
4.3.2 Forme, processi e depositi legati alle acque correnti superficiali.....	10
4.3.3 Forme, processi e depositi di origine antropica	11
4.4 Pendenze	11
5 CARATTERI LITOSTRATIGRAFICI E GEOTECNICI.....	12
5.1 Criteri di indagine	12
5.2 Indagini pregresse.....	13
5.3 Indagini di nuova acquisizione	15
5.3.1 Prove penetrometriche dinamiche DPSH.....	16
5.3.2 MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)	16
5.3.3 Misure di rumore sismico a stazione singola HVSR.....	18
5.4 Zonizzazione litostratigrafica e geotecnica del territorio	18
5.5 Aree con difficoltà di smaltimento o di possibile ristagno delle acque meteoriche.....	19
6 IDROGRAFIA.....	20
6.1 Reticolo idrico minore – Torrente Rino.....	20
6.2 Reticolo idrico principale	20
6.2.1 Fiume Brembo	20
6.2.2 Torrente Lesina e Borgogna.....	24
7 ASSETTO IDROGEOLOGICO	28
7.1 Generalità.....	28
7.2 Permeabilità	28
7.3 Piezometria	29
7.4 Vulnerabilità della falda	29

7.5	Forme, processi ed elementi legati alla presenza delle acque sotterranee	29
7.5.1	Sorgente non captata	29
7.5.2	Elementi antropici	30
8	INDIVIDUAZIONE DELLE AREE A POTENZIALE PRESENZA / EVOLUZIONE DI CAVITA' SOTTERRANEE	31
9	ANALISI DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	34
9.1	Zona sismica di appartenenza	34
9.2	Sismicità storica	34
9.3	Procedura regionale per la valutazione della pericolosità sismica locale	38
9.3.1	Metodologia di lavoro	41
9.4	Analisi sismica di 1° livello	41
9.4.1	Carta della pericolosità sismica locale (PSL)	41
9.5	Analisi sismica di 2° livello	42
9.5.1	Scenario Z3 – Effetti di amplificazione morfologica	43
9.5.2	Scenario Z4 – Effetti di amplificazione litologica	47
9.6	Carta dei fattori di amplificazione nell'intervallo 0,1÷0,5 s	72
9.7	Carta dei fattori di amplificazione nell'intervallo 0,5÷1,5 s	73
10	ANALISI DEL VIGENTE QUADRO DEL DISSESTO E FASCE FLUVIALI E PROPOSTA DI AGGIORNAMENTO CARTA PAI-PGRA	75
10.1	Elementi di dissesto – Elaborato 2 del PAI vigente	76
10.2	Fasce fluviali – Elaborato 8 del PAI	76
10.3	Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)	78
10.3.1	Mappatura delle aree allagabili vigenti	80
10.4	Proposta di aggiornamento aree PAI-PGRA in ambito RSCM	81
FASE DI VALUTAZIONE		
11	VINCOLI	83
11.1	Quadro del dissesto PAI	83
11.2	Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico – Delimitazione fasce fluviali	83
11.3	Vincoli di polizia idraulica	83
11.4	Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile	84
11.5	Vincoli derivanti dal PTR	86
11.6	Vincoli derivanti dal Programma di Tutela e Uso delle Acque – PTUA 2016	86
11.7	Piano Cave provinciale	87
11.8	Geositi	87

12 SINTESI	87
12.1 Criteri.....	87
12.2 Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti - "V"	88
12.3 Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico - "Idr"	88
12.4 Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche - "G"	89
12.5 Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico - "I"	89
FASE DI PROPOSTA	
13 CARTA PAI-PGRA	91
13.1 Proposta di aggiornamento della carta PAI-PGRA	92
14 FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO	93
14.1 Criteri di attribuzione delle classi di fattibilità.....	93
15 ALLEGATI	95
16 ELABORATI CARTOGRAFICI	95

1 **PREMESSA**

Il Piano di Governo del Territorio (PGT) del Comune di Brembate di Sopra è dotato dello studio della componente geologica, idrogeologica e sismica, redatto seguendo quanto disposto dalla Regione Lombardia con propria deliberazione di Giunta n. 8/1566 del 22.12.2005; tale strumento urbanistico è stato approvato con Deliberazione di Consiglio Comunale n. 23 del 14.09.2012 – Pubblicato sul BURL Serie Avvisi e Concorsi n. 45 del 07.11.2012.

L'Amministrazione comunale ha ritenuto opportuno procedere all'aggiornamento e all'adeguamento dello studio della componente geologica a supporto del PGT, incaricando lo scrivente di:

- aggiornare la cartografia geologica secondo le suddivisioni delle unità geologiche riportate nel Progetto CARG predisposto nel 2014 da Regione Lombardia con il Servizio Geologico d'Italia;
- eseguire nuove indagini geognostiche all'interno del territorio comunale per approfondire le conoscenze litostratigrafiche e geotecniche del sottosuolo; nell'ambito di tale attività, sono state inoltre reperite le indagini in sito depositate presso l'ufficio tecnico comunale, eseguite a supporto di interventi edilizi di iniziativa sia pubblica che privata;
- valutare gli aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici e strutturali del territorio comunale legati agli sprofondamenti (sinkhole), così come previsto dalla d.g.r. 15.12.2022 n. XI/7564 "Integrazione dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio relativa al tema degli sprofondamenti (sinkhole) (Art. 57 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12)";
- aggiornare la componente sismica a fronte della nuova classificazione sismica dei Comuni lombardi come riportato nella d.g.r. 11.07.2014 n. X/2129 "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia"; in particolare, è stata effettuata la revisione della carta di pericolosità sismica locale ed è stato svolto l'approfondimento sismico di II livello di cui all'Allegato 5 della d.g.r. 2616/2011;

- recepire le aree allagabili definite dallo studio idraulico effettuato dallo studio Ydros Ingegneria di Bergamo per il torrente Lesina e i suoi affluenti (torrente Rino e Borgogna) redatto ai sensi dell'Allegato 4 della d.g.r. 2616/2011 e datato maggio 2023 ("Mappatura pericolosità idraulica del reticolo idrografico principale del territorio comunale a supporto della redazione del documento semplificato del rischio idraulico"); lo studio tiene conto del progetto che il Comune di Brembate di Sopra sta sviluppando per la mitigazione del rischio idraulico a monte dell'abitato, mediante la realizzazione di un bacino di laminazione lungo il torrente Lesina. Gli elaborati cartografici dello studio di approfondimento individuano pertanto le mappe di pericolosità idraulica sia nelle condizioni di stato di fatto che per lo stato post-intervento; quest'ultima rappresentazione si potrà ritenere valida solo dopo realizzazione e collaudo della suddetta opera di laminazione;
- aggiornare la mappatura del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) e l'Elaborato 2 del PAI, a fronte delle nuove aree di esondazione individuate lungo i torrenti Lesina, Rino e Borgogna;
- aggiornare la carta dei vincoli, di sintesi e di fattibilità geologica per le azioni di piano alla luce delle risultanze degli approfondimenti effettuati (con particolare riferimento all'analisi sismica e idraulica).

2 METODOLOGIA DI INDAGINE

L'aggiornamento della componente geologica, idrogeologica e sismica prevede le seguenti fasi:

- analisi: comporta la raccolta dati integrata con osservazioni di campagna e la predisposizione di apposita cartografia di base e tematica di dettaglio alla scala della base utilizzata per la redazione del PGT (aerofotogrammetrico comunale);
- valutazione: stesura della carta dei vincoli di pertinenza geologica presenti nel comune d'indagine e di una carta di sintesi, che ha lo scopo di fornire, mediante un unico elaborato, un quadro sintetico dello stato del territorio derivante dalle risultanze della precedente fase di analisi;

- proposta: la fase di proposta deriva dalla valutazione incrociata degli elementi contenuti nella carta di sintesi con i fattori ambientali ed antropici propri del territorio in esame. Nell'ambito di tale fase avviene la revisione della carta della fattibilità geologica per le azioni di piano e vengono definite le norme geologiche che dovranno essere riportate integralmente nel Piano delle Regole oltre che nel Documento di Piano del PGT.

Si sottolinea che quanto indicato nella presente relazione illustrativa e negli elaborati cartografici che la accompagnano, non devono in alcun modo essere considerati sostitutivi delle indagini geognostiche e geologico-tecniche di maggior dettaglio previste dal D.M. 17.01.2018 per la pianificazione attuativa e per la progettazione esecutiva di interventi edilizi.

FASE DI ANALISI

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

3.1 Caratteristiche litologiche

L'aggiornamento della cartografia geologica comunale (vedi Tav. 1) è stato fatto sulla base del Foglio 097 Vimercate del progetto CARG, realizzato attraverso una convenzione stipulata tra il Servizio Geologico d'Italia e la Regione Lombardia; nel rilevamento delle coperture quaternarie sono state apportate alcune modifiche nei limiti stratigrafici delle varie formazioni cartografate nel precedente studio geologico e sono state introdotte nuove unità definite sulla base dei criteri allostratigrafici.

In particolare, i depositi continentali neogenici-quaternari presenti nel territorio di Brembate di Sopra sono costituiti per lo più da unità fluvioglaciali e alluvionali, come di seguito brevemente descritte (dalla più recente alla più antica):

- Sintema del Po (Pleistocene superiore-Olocene): il sintema del Po è costituito da depositi fluviali rappresentati da alternanze di sabbia e ghiaia fine con matrice limoso argillosa, ghiaia a supporto clastico con matrice sabbiosa e sabbie da grossolane a fini; il sintema del Po affiora nell'alveo del fiume Brembo, nelle piane di esondazione tra la località Ghiaie in Comune di Paladina e il ponte di Briolo e in corrispondenza dei più bassi sistemi di terrazzi che articolano il fondovalle del Brembo.
- Unità del torrente Lesina (Gelasiano-Pleistocene superiore): è costituita da depositi fluviali rappresentati da ghiaie a supporto clastico con matrice da limoso argillosa a sabbiosa argillosa; i ciottoli variano da centimetrici a decimetrici da subspigolosi a subarrotondati, costituiti da calcari e selce con subordinate rocce cristalline e del Verrucano Lombardo. Superiormente le ghiaie sono suturate da limi argillosi massivi. L'unità affiora nella parte occidentale del territorio comunale, in corrispondenza della piana incisa dai torrenti Lesina e Borgogna.
- Unità di Arzenate (Gelasiano-Pleistocene superiore): rappresentata da ghiaie fini con matrice limoso argillosa, con clasti spigolosi subspigolosi

centimetrici di origine locale fortemente alterati. L'unità affiora nella parte occidentale del territorio comunale, in corrispondenza della piana incisa dai torrenti Lesina e Borgogna.

- Supersintema di Lenna (Pleistocene superiore): trattasi di depositi fluvioglaciali rappresentati da ghiaia a prevalente supporto clastico, con matrice sabbiosa o sabbioso limosa; il supporto di matrice può essere presente nelle parti sommitali, pedogenizzate; i ciottoli sono arrotondati e subarrotondati, con dimensioni da centimetriche (prevalenti) a decimetriche. La composizione petrografica è dominata da rocce carbonatiche, con quantità subordinate di rocce terrigene, rocce del basamento e vulcaniti. Localmente, si osservano limi e limi ciottolosi sommitali, di spessore pluridecimetrico (fino ad 1 m), con limite netto, interpretati come facies di esondazione. Il supersintema di Lenna costituisce ristrette piane fluvioglaciali, con ridotto spessore di sedimenti, confinate all'interno della valle del Brembo, con dislivelli variabili tra 6 e 15 m (mediamente 10-12 m) rispetto all'alveo attuale. Si identificano due o più ordini di terrazzi, spaiati, che decorrono da quota 240 m s.l.m. circa (estremo settentrionale dei terrazzi di Brembate Sopra e Valbrembo) a 175 m s.l.m. (terrazzi di Filago e Osio Sotto). Le superfici dei terrazzi sono spesso articolate da modesti terrazzamenti interni di scarsa persistenza longitudinale e da aree leggermente depresse e rilevate, riconducibili a paleoalvei.
- Unità di Ponte San Pietro (Pleistocene medio-superiore): depositi fluvioglaciali costituiti da ghiaie a supporto clastico con matrice sabbiosa e sabbioso limosa, carbonatica. Ciottoli prevalentemente arrotondati, spesso discoidali, con dimensioni prevalenti tra 2 e 10 cm e diametro massimo osservato di 45 cm. La composizione petrografica delle ghiaie è stata valutata con elevate percentuali di rocce carbonatiche e subordinate rocce sedimentarie terrigene e metamorfiche. Alla sommità delle ghiaie possono essere presenti spessori pluridecimetrici (fino ad oltre 1 m) di limi a diffusi ciottoli arrotondati. Tale unità è presente nella parte NE del territorio comunale, in località S. Giuseppe.

- Unità di Bonate (Pleistocene medio-superiore): trattasi di depositi fluvioglaciali costituiti da ghiaie a supporto clastico con matrice sabbiosa, con ciottoli da arrotondati a subspigolosi centimetrici e decimetrici; di provenienza brembana, con prevalenza di carbonati, rocce del basamento, rocce sedimentarie silicee, carbonatiche e vulcaniti. Il limite superiore dell'unità coincide con la superficie topografica, mentre inferiormente poggia su una superficie erosionale che incide il ceppo del Brembo e terrazza il sistema di Brembate. L'unità affiora esclusivamente in sponda destra del fiume Brembo, tra i Comuni di Brembate di Sopra e Filago.
- Sistema di Brembate (Pleistocene medio): l'unità è costituita da: ghiaie a supporto clastico, con matrice prevalentemente limoso argillosa con frazione sabbiosa variabile, con ciottoli ben arrotondati in prevalenza di forme discoidali ed ellissoidali, da centimetrici a decimetrici. Dal punto di vista petrografico, prevalgono i litotipi brembani tipici, quali arenarie, i conglomerati del Verrucano Lombardo, le vulcaniti e le vulcanoclastiti della Formazione di Collio; in genere i carbonati sono scarsi, se non del tutto assenti. L'unità mostra una forte asimmetria nello sviluppo areale tra la sponda destra e sinistra del Brembo. In riva destra costituisce una ristretta fascia, delimitata, fatta eccezione per l'area tra Arzenate e Tresolzio, da una netta scarpata con dislivelli variabili tra 3 (Tresolzio-Sottoriva) e 15 m (Campino-San Giuseppe). In riva sinistra essa forma una fascia più larga e più estesa verso S. Nelle parti più settentrionali sono distinguibili, su entrambe le sponde del Brembo, due sistemi di terrazzi, morfologicamente ben distinti, ma pedologicamente omogenei.
- Ceppo del Brembo (Pleistocene inferiore): conglomerati costituiti da ghiaie a prevalente supporto clastico e conglomerati arenacei, al limite tra supporto clastico e di matrice; ciottoli in genere ben arrotondati e subarrotondati, spesso discoidali. Nella parte più proximale ai rilievi (sbocco della Val Brembana) le ghiaie presentano caratteri di estrema grossolanità, con dimensioni medie dei ciottoli di 25-30 cm e massime superiori al metro; spostandosi verso S e verso SW si assiste a una riduzione del diametro medio a valori attorno al decimetro e, negli affioramenti più distali, centimetrici.

Anche le strutture sedimentarie mostrano variazioni con la latitudine: a N i conglomerati appaiono preferenzialmente organizzati in grossolani strati suborizzontali; più a S prevale una stratificazione incrociata planare più definita e compaiono, con una certa frequenza, lenti e strati arenacei decimetrici, a prevalente stratificazione incrociata planare. La cementazione è marcata nelle parti basali; nei livelli meno o non cementati le rocce carbonatiche sono argillificate o decarbonatate fino a dimensioni di 2-3 cm. Il limite inferiore del ceppo del Brembo è costituito da una superficie marcatamente erosionale, che incide il substrato, la formazione di Tornago ed il conglomerato di Madonna del Castello; superiormente, il limite è segnato da una superficie erosionale che mette a contatto il ceppo del Brembo con il sistema di Brembate, dal supersistema di Lenna e dal sistema del Po. Il Ceppo del Brembo affiora lungo le scarpate che delimitano i terrazzi in sponda destra del Brembo.

In località Cà Derocca sono presenti estese aree ricolmate con materiali di varia provenienza; tali operazioni di reinterro sono riconducibili ad attività estrattive pregresse. Anche l'ambito estrattivo ATEg30, inserito nel vigente piano cave provinciale, è stato solo in parte recuperato: le attività di ripristino non sono ad oggi state completate.

3.2 Elementi di pedologia

La carta pedologica fornisce informazioni utili al fine di valutare l'idoneità di un territorio ad essere utilizzato per le diverse attività umane (agricole, insediative, ricreative, industriali): per tale motivo essa si presenta come strumento fondamentale per la gestione e la pianificazione del territorio.

Gli indicatori di qualità dei suoli sono parametri che descrivono le proprietà chimiche, fisiche e idrologiche dei suoli di maggiore interesse per la rappresentazione cartografica e l'interpretazione a fini applicativi.

Le tipologie di suolo individuate all'interno del territorio comunale di Brembate di Sopra (vedi Tav. 1), secondo la cartografia pedologica alla scala 1:50.000

redatta a scala regionale (fonte base informativa dei suoli riportata nel Geoportale della Regione Lombardia), sono:

Suolo BON1: presentano topsoil costituito da orizzonti con uno spessore medio di 30 cm e colore bruno giallastro scuro, scheletro da scarso a comune e tessitura franco limosa, reazione subacida o neutra, non calcareo. Gli orizzonti profondi sono in genere spessi 35 cm e colori bruni, scheletro da scarso a frequente, tessitura franco sabbiosa (franco argillosa), non calcarei, in genere neutri; substrato a partire da 120 cm, caratterizzato da scheletro abbondante molto piccolo e medio, tessitura sabbiosa; nel substrato inizia la presenza di calcare (benché siano privi di un orizzonte calcico vero e proprio); la saturazione in basi va da bassa ad alta con la profondità. Caratterizzano i terreni nella parte occidentale del territorio comunale.

Suolo BRB1: presentano topsoil costituito da orizzonti spessi in media 30 cm, con colori ridotti (bruno grigiastro molto scuro), scheletro comune molto piccolo e piccolo, tessitura media, alcalini, molto calcarei. Substrato a partire da 30 cm, tessitura grossolana, con scheletro molto abbondante, molto calcareo. Tale tipologia di suolo caratterizza le superfici pianeggianti dei terrazzi fluviali, comprese tra i terrazzi antichi e le fasce inondabili limitrofe ai corsi d'acqua, da cui sono separate da gradini morfologici.

Suolo CAV1: presentano orizzonti superficiali con spessore di 25-45 cm di colore bruno giallastro, scheletro comune, tessitura franco-sabbiosa, molto calcareo, a reazione subalcalina; substrato a partire da 25-45 cm con tessitura sabbiosa, colori bruno grigiastro (10YR-5/2); scheletro abbondante; molto calcareo, a reazione alcalina. Caratterizzano le superfici adiacenti ai corsi d'acqua ed isole fluviali inondabili durante gli eventi di piena ordinaria.

Suolo DER1: presentano orizzonti superficiali con uno spessore medio di 30 cm, colori bruno giallastri scuri - bruno pallidi, scheletro comune, tessitura media (da franca a franca limosa), reazione da neutra a subalcalina, non calcareo. Il subsoil è costituito da orizzonti profondi spessi in media 50 cm, il colore della matrice è bruno-bruno scuro, con scheletro che da comune diviene abbondante intorno ai 100 cm di profondità, tessitura franca argillosa, reazione da subalcalina ad alcalina, non calcareo. Substrato a partire da 150 cm, caratterizzato da scheletro abbondante, calcareo. Sono presenti in corrispondenza dei terrazzi fluviali stabili, delimitati da

scarpate erosive evidenti, a morfologia pianeggiante. Tale tipologia di suolo è presente nella porzione NE del territorio comunale e lungo la superficie del terrazzo fluviale di via Puccini.

Suolo SPT1: presentano topsoil con spessore medio di 40 cm, colore tra bruno scuro e bruno; scheletro scarso, tessitura franco-limosa, non calcareo, a reazione subalcalina. Il subsoil è costituito da una serie di orizzonti profondi, argillici spessi mediamente 30-50cm, a tessitura franco-limosa; scheletro da assente a scarso che diventa abbondante in profondità, colore tra bruno e bruno scuro, non calcareo, a reazione prevalentemente alcalina. Substrato a partire da circa 200cm, non calcareo. Caratterizza la superficie pianeggiante a N-NE del centro abitato, tra il confine comunale con Barzana e via IV Novembre.

4 CARATTERI GEOMORFOLOGICI

4.1 Criteri di indagine

L'indagine geomorfologica si è svolta sulla base di uno specifico rilievo di terreno, supportato dalle rappresentazioni cartografiche disponibili. La carta geomorfologica di tutto il territorio comunale è stata effettuata alla scala 1:5.000 (vedi Tav. 2).

La morfologia del territorio è il risultato della combinazione di diversi fattori geologici (litologia e tettonica), di fattori climatici (precipitazioni, temperature, umidità), di agenti di modellamento superficiale (acque libere e incanalate,) e di una significativa azione antropica che talora ha obliterato i segni originari del territorio.

4.2 Ambiti geomorfologici

Il territorio di Brembate di Sopra presenta un andamento per lo più pianeggiante, leggermente digradante in direzione sud nel settore occidentale del comune, e interrotto da brusche variazioni altimetriche nel settore orientale, per la presenza dei terrazzamenti del fiume Brembo. Nel tratto NE del territorio si individua una sequenza di terrazzi, con scarpate anche superiori ai 10 metri di altezza, che si sviluppano parallelamente al fiume Brembo; in località Derocca l'attività estrattiva ha

modificato la morfologia delle superfici terrazzate, sia in scavo che in riporto, con la conseguente formazione di orli di scarpata di origine antropica di altezza variabile da pochi metri a oltre 10 m.

Le zone di fondovalle solcate dal fiume Brembo sono impostate in depositi alluvionali recenti di poco sopraelevati rispetto al letto attuale, raccordati allo stesso da un terrazzo di primo ordine. Parte di dette aree sono periodicamente allagate in concomitanza di eventi di piena. La loro estensione areale varia spostandosi da monte a valle, condizionata dal marcato controllo litologico e strutturale del solco vallivo principale.

Il corso del fiume Brembo caratterizza fortemente l'assetto territoriale del comune di Brembate di Sopra, l'alveo attivo del Brembo è separato da un ordine di terrazzamenti, a tratti poco riconoscibile, dalla piana alluvionale più prossima al fiume, talora sede di fenomeni esondivi.

L'alveo attivo è impostato su un materasso alluvionale il cui spessore varia in relazione all'andamento del substrato roccioso sepolto; l'evoluzione erosivo-deposizionale ha dato origine, in tale tratto di fondovalle, ad una serie di terrazzi che si sviluppano parallelamente al corso d'acqua.

4.3 Forme, processi e depositi

4.3.1 Forme, processi e depositi legati alla gravità

Sono state individuate le forme, i depositi e i processi legati alla gravità che si riconoscono sui versanti del territorio comunale.

Orlo di scarpata di frana

Con questo simbolo si evidenziano i cigli delle scarpate di frana; in particolare, sul territorio comunale in esame si evidenzia un unico orlo di frana in corrispondenza della scarpata a valle dell'incrocio tra via Gandhi e via Donizetti.

4.3.2 Forme, processi e depositi legati alle acque correnti superficiali

Sono il prodotto di un'erosione diffusa ed incanalata da parte dei corsi d'acqua. L'attuale assetto della porzione orientale del territorio comunale si connota per

l'erosione polifasica esercitata dal fiume Brembo in tempi geologicamente recenti ed attuali che ha delineato un sistema di terrazzi posti a differente quota topografica.

Orlo di terrazzo

Le scarpate che delimitano i terrazzi di origine fluviale costituiscono gli elementi che maggiormente caratterizzano il paesaggio morfologico del territorio di Brembate di Sopra. Separano i diversi ordini di terrazzo e sono impostate in depositi granulari, conglomeratici più o meno cementati; in genere la pendenza delle scarpate si attesta da media a elevata, su un dislivello che può variare da pochi metri fino a oltre i 10 m.

Orlo di scarpata fluviale

Delimita la scarpata fluviale del fiume Brembo.

Orlo di scarpata torrentizia

Sono stati cartografati gli orli di scarpata lungo i torrenti Lesina e Borgogna che presentano continuità e sviluppo verticale di alcuni metri.

4.3.3 Forme, processi e depositi di origine antropica

Sono state mappate sia i depositi sia i manufatti realizzati dall'uomo che interferiscono in maniera significativa con l'ambiente, modellandolo e condizionandolo.

Orlo di scarpata di origine antropica

Sono stati cartografati gli orli delle scarpate antropiche legate all'attività estrattiva svolta nella parte NE del territorio comunale.

Aree estrattive

Sono rappresentate le aree estrattive attive (ATEg30) e quelle cessate, recuperate o sulle quali non sono stati completati gli interventi di recupero ambientale.

4.4 Pendenze

Il modello digitale del terreno regionale (DTM) ha consentito di elaborare una dettagliata carta delle pendenze della superficie topografica. L'utilizzo in

ambiente GIS di tale modello permette una ricostruzione piuttosto dettagliata dell'andamento della superficie topografica del territorio comunale, da cui è possibile derivare diverse informazioni morfometriche, tra cui per l'appunto le pendenze.

Sono state quindi mappate le aree caratterizzate da diversi valori di acclività; gli ambiti così distinti sono stati raggruppati in 5 classi clivometriche:

- classe 1 $< 10^\circ$;
- $10^\circ \leq$ classe 2 $< 20^\circ$;
- $20^\circ \leq$ classe 3 $< 30^\circ$;
- $30^\circ \leq$ classe 4 $< 40^\circ$;
- classe 5 $\geq 40^\circ$.

Dall'osservazione della distribuzione delle diverse classi all'interno del territorio comunale, emerge che:

- la quasi totalità del territorio comunale presenta una pendenza inferiore a 10° ;
- le scarpate che delimitano i terrazzi fluviali sono caratterizzate da una pendenza in genere compresa tra 10° e 20° , a tratti con valori superiori a 20° . Versanti molto ripidi, con acclività oltre i 35° si hanno nel tratto meridionale del fiume Brembo, dove l'alveo scorre incassato tra le pareti di conglomerato (Ceppo del Brembo).

5 CARATTERI LITOSTRATIGRAFICI E GEOTECNICI

5.1 Criteri di indagine

La valutazione delle caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche dei depositi neogenici-quadernari presenti sul territorio comunale, è stata effettuata sulla base dei dati desunti da indagini geologico-tecniche effettuate dallo scrivente nel corso degli anni all'interno del territorio comunale; tali dati sono stati integrati con indagini e dati forniti dall'ufficio tecnico comunale. Per gli approfondimenti sismici previsti nel presente studio, sono stati raccolti, informatizzati ed analizzati tutti i dati di sottosuolo disponibili.

I dati disponibili sono stati integrati con nuove indagini appositamente eseguite, con prove penetrometriche dinamiche DPSH e indagini geofisiche di tipo

MASW e HVSR. L'ubicazione delle nuove indagini ha tenuto conto della distribuzione dei dati delle indagini già disponibili e, oltre che della conformazione geologica e geomorfologica del territorio comunale.

Tutte le indagini sono riportate nella Tav. 3.

I dati a disposizione sono stati utilizzati per definire le unità del sottosuolo, sia qualitativamente (granulometrie e litologie) che quantitativamente, attribuendo dei parametri geotecnici (tramite un range di valori) di prima caratterizzazione. Tali valutazioni sono da ritenersi indicative: l'attribuzione di un intervallo di valori (in genere a favore di sicurezza), per i parametri definiti, tiene conto delle possibili variazioni granulometriche, di consistenza o di fratturazione all'interno della medesima unità.

5.2 Indagini pregresse

I dati raccolti si riferiscono a:

- n. 39 prove penetrometriche dinamiche DPSH;
- n. 4 sondaggi a carotaggio continuo;
- n. 9 pozzi con stratigrafia.
- n. 4 trincee esplorative;
- n. 3 indagini geofisiche in foro tipo Down-Hole;
- n. 6 stendimenti sismici con metodologia MASW;
- n. 6 prove di sismica passiva con metodologia HVSR;

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH	
n. prove	Località
4	Via XXIV Maggio
4	Complesso ex colonia elioterapica
4	Scuola primaria Albert Sabin
4	Campo sportivo comunale "B"
2	Via delle Rose
5	Piazza Vittorio Veneto
4	Via San Zenone
4	Area a monte di via delle Viole
1	Via Peter Paul Rubens
3	Via Damiano Chiesa
1	Via Rampinelli
1	Piazza Trieste
1	Via Ravasio
1	Via IV Novembre

SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO	
n. sondaggi	Località
1	Via alle Cave
1	Scuola primaria Albert Sabin
1	Via San Zenone
1	Campo sportivo via Caduti e Dispersi

POZZI CON STRATIGRAFIA	
n. stratigrafie	Località
2	Complesso ex colonia elioterapica
1	Loc. Sottoripa – via Brembo
2	Via IV Novembre
1	Piazza Trieste
2	Via Marconi – Philco Italia Spa
1	Via Donizetti – Ready Line S.r.l.

TRINCEE ESPLORATIVE	
n. stratigrafie	Località
4	Orti comunali via Derocca

DOWN HOLE	
codice indagine	Località
DH1	Via Morlotti
DH2	Via Palestro
DH3	Via Antonio Vivaldi

MASW	
n. stendimenti	Località
1	Via XXIV Maggio
1	Complesso ex colonia elioterapica
1	Scuola primaria Albert Sabin
1	Campo sportivo comunale "B"
1	Via delle Rose
1	Piazza Vittorio Veneto

HVSr	
n. prove	Località
1	Via XXIV Maggio
1	Complesso ex colonia elioterapica
1	Campo sportivo comunale "B"
1	Piazza Vittorio Veneto
1	Via San Zenone

5.3 Indagini di nuova acquisizione

Nell'ambito dell'aggiornamento della componente geologica del PGT comunale, è stata effettuata dallo scrivente una campagna di indagini in sito finalizzata a completare il quadro litostratigrafico, geotecnico e geofisico ricostruito sulla base delle indagini pregresse effettuate all'interno del territorio in esame, andando ad investigare il terreno in aree significative non coperte da altre indagini svolte in precedenza.

Nel dettaglio sono state eseguite n. 6 prove penetrometriche dinamiche DPSH e n. 10 indagini geofisiche con metodologia MASW a cui sono state associate altrettante prove di sismica passiva a stazione singola (metodo HVSr). I dati raccolti, unitamente a quelli esistenti, forniscono un quadro completo dell'assetto litostratigrafico, geotecnico e geofisico del sottosuolo del territorio in esame.

5.3.1 Prove penetrometriche dinamiche DPSH

L'attrezzatura con cui sono state eseguite le prove penetrometriche dinamiche standard DPSH – ISSMFE, ha le seguenti caratteristiche:

- peso del maglio: 63,5 kg
- altezza di caduta: 75 cm
- lunghezza aste: 1,0 m
- diametro aste: 32 mm
- diametro della punta conica: 50,5 mm
- angolo della punta: 90°
- penetrazione standard: 20 cm

I valori e le relative profondità per l'avanzamento della punta sono riportati negli allegati. Lo 0,0 delle prove coincide con la quota del piano campagna esistente.

È stato controllato che le aste girassero liberamente durante l'avanzamento e non presentassero punti di attrito con le pareti del foro.

Nella seguente tabella è riportata l'ubicazione delle singole prove effettuate e la profondità di indagine raggiunta dal piano campagna esistente nel punto di esecuzione della prova.

n. prova penetrometrica dinamica DPSH	Località	Profondità di indagine (m da p.c.)
PP1	Via Malpensata	6,6
PP2	Via San Zenone	8,6
PP3	Via Europa	7,6
PP4	Via Ugo Foscolo	9,6
PP5	Via alle Cave	14,6
PP6	Via Antonio Vivaldi	2,2

5.3.2 MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

Localizzazione e caratteristiche geometriche degli stendimenti

Gli stendimenti MASW eseguiti presentano le seguenti caratteristiche:

MASW	Ubicazione	Lunghezza stendimento (m)	n. geofoni	Distanza intergeofonica (m)	Off-sets sorgenti (dagli estremi dello stendimento) (m)	
					Geofono 1	Geofono 24
1	Via Malpensata	46	24	2	2	10
2	Via San Zenone	46	24	2	2	10
3	Via Europa	46	24	2	2	10
4	Via Ugo Foscolo	46	24	2	2	10
5	Via alle Cave	46	24	2	2	10
6	Via Antonio Vivaldi	46	24	2	2	10
7	Via Terzi di Sant'Agata	46	24	2	2	10
8	Via Ravasio	46	24	2	2	10
9	Via Brembo	46	24	2	2	10
10	Via Damiano Chiesa	46	24	2	2	10

Calcolo delle $V_{s_{eq}}$

A fronte del profilo delle V_s ricavato mediante le prove MASW effettuate dallo scrivente sul territorio comunale o reperite da indagini pregresse, considerato a partire dal piano campagna, è possibile ricavare il valore della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s_{eq}}$ definita dall'espressione:

$$V_{s_{eq}} = H / (\sum_{i=1, N} h_i / V_i)$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (m/s) dello strato i – esimo, per un totale di N strati, e H è la profondità del substrato definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzato da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s_{eq}}$ è definita dal parametro $V_{s_{30}}$, ottenuto ponendo $H = 30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

La determinazione del valore di $V_{s_{eq}}$ consente di definire la categoria di sottosuolo secondo il D.M. 17.01.2018, così come riportato nella seguente tabella.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tab. 3.2.II NTC 2018 – Categorie di sottosuolo

5.3.3 Misure di rumore sismico a stazione singola HVSR

Ubicazione

Le prove HVSR sono state accoppiate alle MASW sopra descritte; la numerazione è pertanto la medesima di quella attribuita alle MASW. Ciascuna prova è stata effettuata in prossimità del centro dello stendimento MASW. Il rumore sismico è stato registrato per non meno di 20 minuti circa in condizioni di assenza di vento e pioggia.

I risultati ottenuti dalle prove sono riportati nei successivi paragrafi.

5.4 Zonizzazione litostratigrafica e geotecnica del territorio

Il territorio comunale è stato suddiviso in aree costituite da terreni granulometricamente omogenei, ai quali sono stati associati valori (range) dei principali parametri geotecnici (peso di volume secco, l'angolo d'attrito e il modulo elastico). Si tratta di parametri indicativi, utili per un inquadramento preliminare delle caratteristiche geotecniche dei terreni presenti sul territorio comunale.

Sono state distinte le seguenti unità litotecniche:

- Ghiaia e sabbia contenente ciottoli a supporto granulare; conglomerato; consistenza buona-elevata
Peso di volume naturale: $\gamma = 18 \div 19,5 \text{ kN/m}^3$
Angolo di attrito drenato $\phi' = 30^\circ \div 36^\circ$
Modulo elastico $E_s = 11.700 \div 34.500 \text{ kPa}$
- Ghiaia con matrice limoso argillosa; consistenza media
Peso di volume naturale: $\gamma = 17 \div 17,5 \text{ kN/m}^3$
Angolo di attrito drenato $\phi' = 28^\circ \div 30^\circ$
Modulo elastico $E_s = 8.400 \div 10.000 \text{ kPa}$
- Ghiaia con matrice sabbiosa e sabbioso limosa; consistenza media
Peso di volume secco $\gamma_d = 17 \div 17,5 \text{ kN/m}^3$
Angolo di attrito drenato $\phi' = 29^\circ \div 31^\circ$
Modulo elastico $E_s = 10.000 \div 16.600 \text{ kPa}$
- Riporto: materiali riportati (non in posto), con granulometria e composizione varia
data la variabilità di questi materiali e in assenza di prove geotecniche, non vengono forniti parametri geotecnici

5.5 Aree con difficoltà di smaltimento o di possibile ristagno delle acque meteoriche

La piana in destra idrografica del torrente Borgogna e quella in destra del torrente Lesina al confine con il Comune di Barzana, sono soggette a problemi legati alla difficoltà di smaltimento delle acque meteoriche. In concomitanza di eventi meteorici intensi e prolungati, le acque meteoriche ruscellano sulla superficie del terreno, incanalandosi lungo linee preferenziali di scorrimento quali strade, avvallamenti naturali e/o legati alle pratiche agricole), andando a determinare fenomeni di accumulo nelle aree urbanizzate, con conseguente rischio di allagamento dei piani terra e degli interrati.

6 IDROGRAFIA

6.1 Reticolo idrico minore – Torrente Rino

Il torrente Rino appartiene al Reticolo Idrico Minore comunale.

Il bacino idrografico del torrente Rino è situato a cavallo tra i comuni di Palazzago, Barzana e Mapello, con una piccola porzione all'interno del comune di Brembate di Sopra, nei pressi della località Prezzate, al confine con Mapello.

Di particolare rilievo è la presenza di un manufatto partitore in comune di Mapello, a monte dell'abitato, in cui il corso d'acqua viene diviso in due rami.

Il ramo principale, "ovest" (ossia quello che raccoglie le portate di magra) scorre in direzione sud-ovest attraverso l'abitato della località Prezzate, all'interno della quale viene tombinato per un tratto di circa 400 m. Il ramo secondario ("est"), scorre verso Brembate di Sopra dove raccoglie l'unico affluente di rilievo, in sponda sinistra, proveniente da Barzana. Dopo un breve tratto tombinato (120 m) il ramo est si ricongiunge con il ramo ovest a valle dell'abitato della località Prezzate, al confine tra Mapello e Brembate di Sopra.

Da qui il Rino scorre in direzione sud e poi ovest fino alla foce nel Lesina, avendo coperto una lunghezza totale di circa 4,4 km, drenando un bacino di circa 3,24 km².

6.2 Reticolo idrico principale

6.2.1 Fiume Brembo

Il fiume Brembo scorre lungo il confine orientale del territorio comunale di Brembate di Sopra; procedendo da Cà Derocca verso valle, l'alveo presenta una larghezza di 70-80 m circa per una lunghezza di 1,5 km, delimitato da sponde a media pendenza impostate entro materiale sciolto, alluvionale, aventi uno sviluppo verticale di pochi metri, variabile da nord a sud tra i 6,0 e i 3,0 m circa. La scarpata in destra idrografica delimita l'ampio terrazzo fluviale di via Brembo, caratterizzato da una superficie topografica con quote leggermente digradanti verso sud, occupato da aree verdi a fruizione pubblica, da un edificio di proprietà comunale (ex Colonia elioterapica) e da pochi altri edifici privati; verso ovest, il terrazzo fluviale termina in

corrispondenza del piede della scarpata che delimita il pianalto su cui sorge l'abitato di Brembate di Sopra, sopraelevato di circa 30-40 m. La sponda sinistra si raccorda invece con la piana delle Ghiaie di Valbrembo, in parte occupata dall'aeroporto privato.

Nel tratto compreso tra Briolo e Ponte San Pietro, la larghezza della sezione dell'alveo si riduce a 30 m circa, su una lunghezza di 1,3 km circa; a valle del ponte di Briolo il corso d'acqua scorre con un andamento rettilineo, delimitato da pareti verticali di conglomerato cementato (Ceppo del Brembo), di altezza compresa tra i 15 e 20 m circa. In tale tratto sono presenti diversi attraversamenti (ponti, passerelle) ed è presente una traversa in alveo all'altezza dell'area industriale-artigianale-productiva di via Legler.

Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Brembo nel tratto da Lenna alla confluenza in Adda

In adempimento alla d.g.r. 6702 del 18.07.2022 "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 all'art. 57 della l.r. 11 marzo 2005 approvati con d.g.r. 30 novembre 2011 n. 2616", è stato preso in esame lo studio di fattibilità per la sistemazione idraulica del fiume Brembo redatto nel 2004 dall'Autorità di Bacino del Fiume Po.

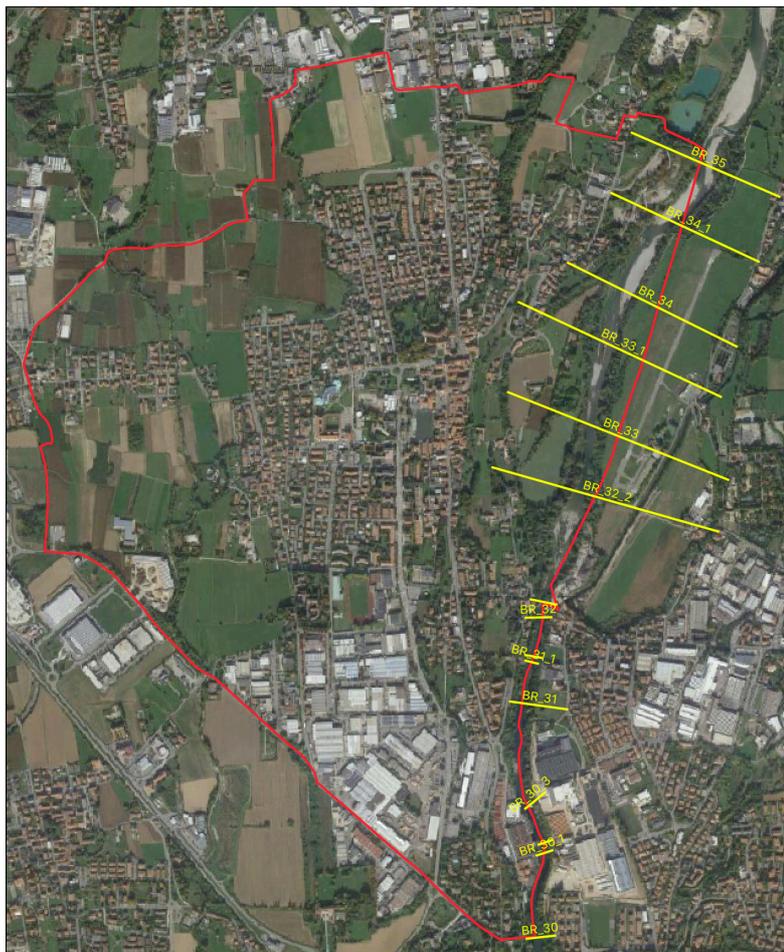
Portate al colmo di piena nelle sezioni di interesse

La portata media annua nel trentennio 1940-1970 è stata di 31 m³/s; tale portata scende fino a 8 m³/s, mediamente, nei periodi di magra; dalle registrazioni disponibili si ricavano valori delle portate al colmo delle massime onde di piena annuali compresi tra 206 e 908 m³/sec.

In particolare per il calcolo della portata alla stazione di chiusura in località ponte di Briolo, gli idrogrammi di livello delle onde di piena campionate sono stati trasformati in idrogrammi di portata. Le serie pubblicate sono state integrate con le informazioni desumibili dalla raccolta dati sugli idrogrammi di piena storici (previo accurato controllo dell'attendibilità degli stessi) e da quella svolta con specifico riferimento alle portate massime annuali. Si riportano di seguito le portate al colmo al variare del tempo di ritorno.

Fiume Brembo – Ponte di Briolo	
Tempo di ritorno T (anni)	Portata al colmo (m ³ /s)
20	954
100	1.379
200	1.594
500	1.914

Gli involuppi delle quote del pelo libero e le caratteristiche idrauliche della corrente, hanno permesso di calcolare la quota del pelo libero dell'acqua alle diverse progressive, lungo l'asta del fiume Brembo nel tratto che attraversa il comune di Brembate di Sopra. Si riporta di seguito l'ubicazione delle sezioni idrauliche di riferimento e la tabella con le portate al colmo di piena calcolate per i diversi tempi di ritorno.



Sezioni idrauliche

Sezione	Progr. km	Tempo di ritorno	Quota di piena (m s.l.m.)
		20	226,34
BR_35	51,56	200	229,03
		500	230,35
		20	225,79
BR_34_1	51,87	200	228,81
		500	230,25
		20	225,35
BR_34	52,13	200	228,81
		500	230,25
		20	225,28
BR_33_1	52,34	200	228,80
		500	230,25
		20	225,21
BR_33	52,64	200	228,80
		500	230,25
		20	225,21
BR_32_2	52,89	200	228,79
		500	230,24
		20	223,50
BR_32	53,37	200	225,98
		500	227,04
		20	223,47
BR_31_2	53,51	200	225,89
		500	226,93
		20	223,25
BR_31_1	53,53	200	225,53
		500	226,49
		20	222,80
BR_31	53,68	200	224,97
		500	225,92
		20	221,87
BR_30_3	54,06	200	223,81
		500	224,65
		20	220,18
BR_30_2	54,20	200	222,54
		500	223,33
		20	220,25
BR_30_1	54,24	200	222,68
		500	223,52
		20	220,15
BR_30	54,55	200	222,53
		500	223,33

Aree allagabili

In base all'analisi idraulica effettuata nello studio 2004, emerge che:

- il comparto produttivo ex cava di Brembate di Sopra in sponda destra del fiume Brembo, in località Ca Derocca, risulta allagabile per eventi con tempo di ritorno di 200 anni;
- alcuni degli attraversamenti a valle del ponte di Briolo hanno delle luci insufficienti a consentire il deflusso a superficie libera, contribuendo notevolmente ad aumentare le perdite di carico. I ponti alle sez. BR_31_2 e BR_30_2 sono caratterizzati da un deflusso in pressione (per T= 200 e 500 anni), mentre il ponte alla sez.31_1 risulta addirittura sormontato anche dalla piena con tempo di ritorno di 200 anni. Questo brusco restringimento e la presenza di un elevato numero di "ostacoli" in alveo causa l'allagamento dell'area compresa tra le sezioni BR_35 e BR_32_1, dove si hanno dei numeri di Froude mediamente di 0,2-0,3 e velocità inferiori 1 m/s.

6.2.2 Torrente Lesina e Borgogna

Il tratto di torrente Lesina sul territorio di Brembate di Sopra appartiene al Reticolo Idrico Principale (BG010); il corso d'acqua si estende dalla SP175, al confine tra Barzana e Almenno San Bartolomeo e attraversa l'abitato di Brembate di Sopra in direzione S-SW, fino al confine con Ponte San Pietro. Poco più a valle dell'attraversamento di via San Zenone, l'alveo riceve le acque del torrente Borgogna, affluente destro; al limite meridionale del territorio comunale, confluisce anche il torrente Rino.

Il tratto di torrente Borgogna (o Bregogna) sul territorio di Brembate di Sopra appartiene al Reticolo Idrico Principale (BG011).

Si origina dal versante meridionale del monte Linzone, in comune di Palazzone. Il torrente scorre verso sud-est, ricevendo numerosi affluenti fino a Brembate di Sopra, dove sfocia nel Lesina alla quota di circa 255 m s.l.m.

Studi idraulici fino al 2017

Regione Lombardia, il Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca e l'Unione dei Comuni territorialmente ricadenti nel bacino idrografico dei torrenti Lesina e Borgogna, vista la frequenza e l'intensità degli eventi di piena dei suddetti

corsi d'acqua, nel 2010 hanno commissionato uno specifico studio idraulico. Le risultanze di tale studio denominato "Studio idrogeologico e progettazione preliminare a scala di sottobacino idrografico dei Torrenti Lesina e Bregogna e affluenti", hanno portato all'individuazione di alcune criticità e di alcuni interventi di mitigazione della pericolosità idraulica dei due corsi d'acqua, dei quali il più rilevante è la realizzazione di una vasca di laminazione di circa 250.000 m³ localizzata a sud del territorio di Brembate di Sopra, a difesa dell'abitato di Ponte San Pietro. Lo studio individua inoltre alcune criticità idrauliche all'interno dell'abitato di Brembate di Sopra, nel tratto urbano del t. Lesina, in corrispondenza di via IV Novembre e nel tratto a valle del centro storico, in corrispondenza del ponte di via San Zenone.

Nel 2016 il comune di Brembate di Sopra ha incaricato lo studio di ingegneria Ydros di Bergamo di redigere uno studio idraulico di fattibilità sul proprio territorio, finalizzato alla "caratterizzazione dei fenomeni alluvionali del torrente Lesina interessanti il centro abitato di Brembate di Sopra e definizione preliminare di interventi atti alla loro mitigazione". Lo studio, corredato di modello idrologico e idraulico, analizza con maggior dettaglio le criticità idrauliche, già individuate dallo studio regionale.

Nel novembre 2017 è stato definito un primo lotto funzionale (stralcio del quadro di interventi), denominato "Mitigazione delle problematiche di pericolosità idraulica del Torrente Lesina nell'abitato", costituito da uno specifico progetto definitivo-esecutivo, la cui attuazione è interamente coperta da un finanziamento di Regione Lombardia; il progetto prevede la realizzazione di una vasca di laminazione, in linea lungo il torrente Lesina, posta in un'area verde extraurbana nella zona di via Palestro, a monte dell'abitato di Brembate di Sopra. La realizzazione di tale intervento determina una modifica delle perimetrazioni delle aree allagabili lungo il tracciato del torrente Lesina.

Studio idraulico 2023 - "Mappatura della pericolosità idraulica dei torrenti Lesina, Borgogna e Rino"

Lo studio 2023 riporta la mappatura delle aree esondabili dei torrenti Lesina, Borgogna e Rino, riferiti a eventi con tempi di ritorno di 20, 100 e 500 anni.

L'analisi idraulica è stata effettuata utilizzando il software HEC-RAS 6.2, applicando una modellazione di tipo bidimensionale; il modello digitale del terreno per l'ambito di studio utilizza un rilievo effettuato con drone, accoppiato ai rilievi

strumentali con stazione totale e GPS degli attraversamenti del corso d'acqua. Il modello è stato integrato con informazioni prese dallo studio idraulico del 2010 e dalla carta tecnica comunale di Brembate di Sopra. Sono stati considerati eventi con tempi di ritorno di 20, 100 e 500 anni.

Nelle simulazioni idrauliche sono stati utilizzati gli idrogrammi riferiti a due sezioni di controllo poste a monte del territorio di Brembate di Sopra, ossia l'attraversamento di via Ruggeri per il torrente Lesina, e l'attraversamento della SP175 (al confine con Barzana) per il Borgogna.

Sono state utilizzate le portate di piena determinate nello studio di fattibilità di aprile 2016 "Caratterizzazione dei fenomeni alluvionali del Torrente Lesina interessanti il centro abitato di Brembate di Sopra e definizione preliminare di interventi atti alla loro mitigazione", successivamente aggiornate nello sviluppo del progetto definitivo "Interventi di mitigazione delle problematiche di pericolosità idraulica del torrente Lesina: bacino di laminazione a monte abitato".

In base alle analisi idrauliche effettuate, per tempi di ritorno di 20, 100 e 500 anni, nelle condizioni di stato di fatto dei luoghi, emergono le seguenti criticità:

- a monte di via Palestro si hanno modesti fenomeni di esondazione in sponda sinistra del Lesina, con tiranti inferiori a 10 cm, mentre in destra il tirante raggiunge i 30-40 cm poco più a valle della tombinatura di via Ruggeri;
- il torrente Lesina esonda a monte dell'attraversamento all'incrocio con via Carducci e lungo la via IV Novembre e in via Erbarola, con tiranti tra i 10 e i 20 cm;
- poco più a valle del confine comunale con Barzana, il torrente Borgogna esonda interessando aree agricole e parte dell'area edificata (tirante in genere ≤ 10 cm); esonda anche in corrispondenza dell'attraversamento di via IV Novembre (in sinistra, il tirante si attesta tra 10 e 50 cm);
- in corrispondenza dell'attraversamento di via San Zenone, si verificano fenomeni di esondazione in corrispondenza del ponte esistente, per insufficienza idraulica del manufatto (in destra, a monte del monte, si ha un tirante di 50 cm); a valle del ponte, le simulazioni idrauliche per T500 individuano un'ampia area di esondazione (tirante ≤ 10 cm) a ricomprendere le aree

agricole comprese tra via Cascinetto e via Lesina, a monte dell'area industriale-artigianale-produttiva di Brembate di Sopra;

- le aree circostanti il tratto del torrente Lesina, compreso tra la confluenza con il Borgogna e il Rino, sono soggette ad allagamento con tiranti che raggiungono il valore massimo di 1 m circa; tale fenomeno coinvolge alcuni edifici artigianali-produttivi collocati tra via Lesina e via Marconi.

Gli studi idraulici indicano che la realizzazione della vasca di laminazione sul t. Lesina mitigherà le criticità idrauliche individuate lungo via IV Novembre e via Erbarola per eventi di piena con tempo di ritorno di 20 anni.

Non essendo ancora stato realizzato il progetto, tali risultanze non vengono considerate ai fini della definizione della carta di fattibilità geologica per le azioni di piano; si procederà ad un aggiornamento dello studio geologico utilizzando le risultanze del collaudo dell'opera.

Per una disamina più approfondita dell'analisi idrologica e idraulica effettuata, si rimanda alla documentazione completa allegata alla presente relazione illustrativa.

Aree potenzialmente esondabili definite su base morfologica

Trattasi di due aree derivanti dall'estensione sul Comune di Brembate di Sopra delle aree di potenziale esondazione individuate lungo i torrenti Lesina e Borgogna dallo studio geologico del PGT del Comune di Barzana. Il tirante è in genere dell'ordine di pochi centimetri, considerando la distribuzione della lama d'acqua su un'area così estesa.

Una terza area è stata individuata in destra idrografica del torrente Lesina, tra via Erbarola e via Tresolzio, legata alla possibilità che possano verificarsi fenomeni di esondazione vista la particolare conformazione dell'alveo (tratto in curva, con cambio netto di direzione, da N-S a E-W).

Si riportano nella Tav. 5 le aree esondabili individuate lungo i torrenti Lesina, Borgogna e Rino.

7 ASSETTO IDROGEOLOGICO

7.1 Generalità

Nel territorio comunale si riconosce un acquifero superficiale costituito da ghiaie sciolte miste a sabbia, conglomerato e frazioni fini. Queste ultime tendono ad essere in percentuale rilevante in alcuni settori del comune, soprattutto in quello occidentale, dove le stratigrafie di alcuni pozzi mostrano la presenza per i primi 20 m di ghiaia grossolana con ciottoli o trovanti, annegati in abbondante matrice limoso argillosa.

L'acquifero superficiale si estende nei depositi alluvionali e fluvioglaciali sciolti o cementati del Pleistocene. La presenza di conglomerato è testimoniata dalle stratigrafie di tutti i pozzi: lo strato conglomeratico continuo è presente a profondità variabile tra circa 15 m e 30 m da p.c., frequentemente preceduto da lenti di conglomerato di spessore metrico. A letto di tale orizzonte è presente uno strato di argille o marne giallastre che rappresenta la base dell'acquifero superficiale.

Al di sotto si ha il basamento litoide costituito da calcareniti e arenarie alternate a marne e calcilutiti. Le formazioni rocciose stratificate costituiscono un secondo acquifero, confinato e con parametri idrogeologici specifici e differenti da quello superficiale. Non si hanno informazioni specifiche del secondo acquifero: non sono note le possibili condizioni di artesianità né di eventuale comunicazione con l'acquifero superficiale.

7.2 Permeabilità

La permeabilità dei depositi costituenti il primo sottosuolo del territorio di Brembate di Sopra è stata valutata sulla base delle caratteristiche litologiche e granulometriche dei terreni presenti, anche sulla base di dati disponibili da indagini in sito realizzate sul territorio comunale (e fornite dall'Amministrazione). Nella Tav. 4 sono state distinte le aree sulla base delle caratteristiche di permeabilità dei depositi sciolti superficiali.

Le classi di permeabilità attribuite, sono:

- classe 1: terreni con permeabilità da elevata a buona (depositi a supporto clastico ghiaioso sabbiosi; conglomerato del Ceppo del Brembo);

- classe 2: terreni con permeabilità da media a bassa (depositi costituiti da ghiaie a supporto clastico, con matrice prevalentemente limoso argillosa);
- classe 3: terreni con permeabilità da media a buona (depositi costituiti da ghiaie a supporto clastico, con matrice prevalentemente sabbiosa o sabbioso limoso).

7.3 Piezometria

Nel territorio di Brembate di Sopra la falda si muove da NNE a S-SW; il livello piezometrico varia da nord a sud tra le quote di 222,5 e 205,0 m s.l.m. (ricostruzione delle curve isopiezometriche desunte dal Geoportale della Regione Lombardia).

7.4 Vulnerabilità della falda

La falda freatica nell'ambito del pianalto di Brembate di Sopra è posta a profondità prossime a 30 m, ricoperta da alluvioni ghiaiose con matrice fine, spesso abbondante soprattutto nella parte più superficiale. La permeabilità di tali terreni è medio-bassa; ne deriva una condizione di bassa vulnerabilità del primo acquifero.

Una situazione molto diversa si ha in corrispondenza del terrazzo fluviale inferiore del fiume Brembo, dove la falda è posta a pochi metri di profondità dal piano campagna, contenuta entro i depositi alluvionali di fondovalle, costituiti da ghiaie e conglomerato a buona-elevata permeabilità.

L'acquifero profondo, captato dai pozzi idropotabili di via Brembo, risulta impostato nel substrato roccioso ed è suturato da un orizzonte di argilla che ne determina il confinamento ed una protezione idrogeologica.

7.5 Forme, processi ed elementi legati alla presenza delle acque sotterranee

7.5.1 Sorgente non captata

Sono segnalate le emergenze idriche naturali, non captate. Tali emergenze sono localizzate al piede della scarpata che delimita ad est il pianalto su cui sorge l'abitato di Brembate di Sopra. Alcune di queste emergenze alimentano un piccolo

fosso – non facente parte del Reticolo Idrico Minore comunale – che scorre all'interno del terrazzo fluviale inferiore del fiume Brembo ed alimenta un laghetto con superficie ridotta, la cui origine è legata a pregressa attività estrattiva.

7.5.2 Elementi antropici

Pozzo

Sono stati cartografati i pozzi presenti all'interno del territorio comunale, distinguendoli in base all'uso (potabile pubblico, industriale, antincendio, aree verdi, pompa di calore, in disuso).

Siti contaminati

In via Caduti e Dispersi dell'Aeronautica è presente un sito contaminato, con codice identificativo BG038.0001 per accertata presenza di cromo esavalente in falda, derivante dall'attività industriale della ditta Ready Line srl

Il sito è oggetto di indagini tecniche integrative con investigazione di falda e terreni, ai sensi del D. Lgs. 152/2006.

Dal database dei siti contaminati AGISCO, risulta presente sul territorio comunale un secondo sito, con codice identificativo BG038.0005, in località Derocca; trattasi dell'area occupata dall'ATEg30 in cui sono in corso interventi di bonifica per accertata inidoneità dei materiali di riempimento impiegati per il recupero ambientale.

Rete fognaria

Sono riportati il collettore comunale e quello consortile così come individuati dal rilievo effettuato nel 2009 (ultimo documento disponibile) dallo studio di ingegneria Ydros per conto dell'amministrazione comunale.

Scarico in corpo idrico superficiale

Sono stati riportati gli sfioratori e gli scarichi industriali presenti all'interno del territorio comunale, come indicati nella carta degli scarichi del Geoportale della Provincia di Bergamo.

Traversa

Lungo il fiume Brembo è presente una traversa poco più a monte dell'ex comparto Legler.

Condotta di derivazione delle acque superficiali

In sponda destra della traversa sul Brembo è presente una condotta di derivazione delle acque superficiali.

Attraversamenti

Sono state individuati ponti, passerelle, passerelle di reti tecnologiche e guadi insistenti sulla rete idrografica comunale.

Opere di difesa spondale

Lungo la rete idrografica sono state individuate le principali opere di difesa spondale.

Argine in gabbioni

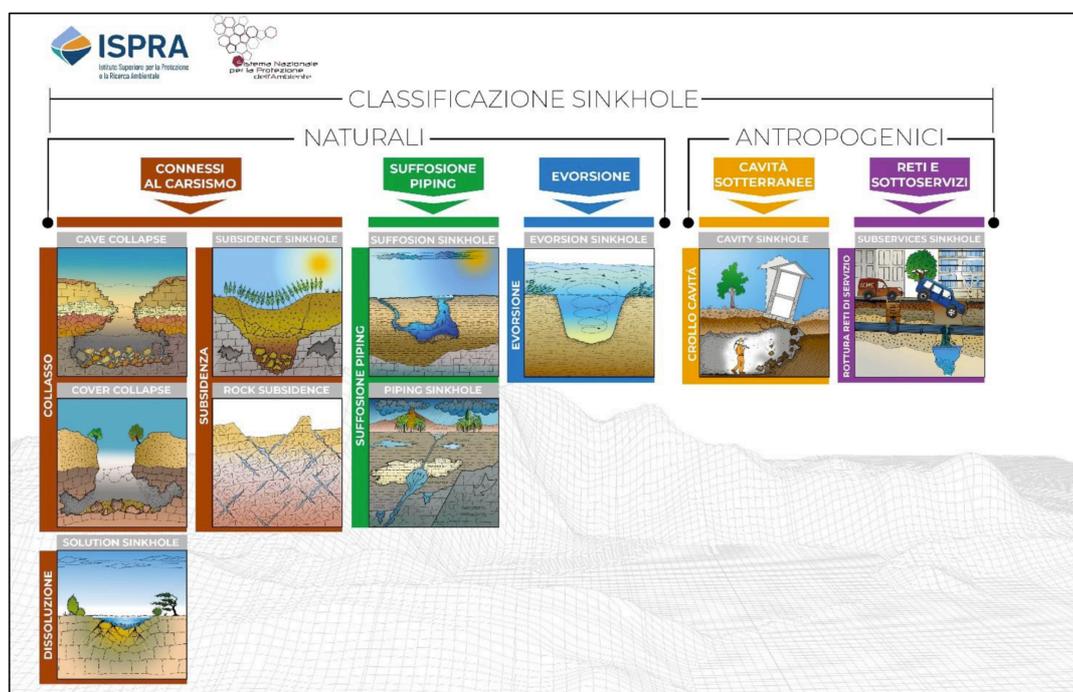
A est dell'edificio comunale dell'ex Colonia elioterapica, è presente un argine costituito da gabbioni a sacco, in precarie condizioni per vetustà, oggetto di interventi di ripristino della funzionalità idraulica, finanziati con i fondi del PNRR.

8 INDIVIDUAZIONE DELLE AREE A POTENZIALE PRESENZA / EVOLUZIONE DI CAVITÀ SOTTERRANEE

Con la finalità di migliorare la conoscenza in tema di prevenzione dei rischi geologici, idrogeologici e sismici nella pianificazione territoriale, in attuazione dell'art. 55 "Attività regionali per il governo delle acque, la difesa del suolo e la prevenzione dei rischi geologici, idrogeologici e sismici" della l.r. 12/2005 "Legge per il governo del territorio", anche attraverso l'implementazione del "Quadro regionale delle conoscenze sulla difesa del suolo e sul demanio idrico fluviale" di cui all'art. 6 della l.r. 4/2016 "Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d'acqua", Regione Lombardia ha integrato i criteri attuativi dell'art. 57 della l.r. 12/2005 con indicazioni e linee guida relative all'analisi delle forme di dissesto denominate "sinkhole", sprofondamenti generati da cavità sotterranee di origine naturale o antropica oppure da condizioni geologico-stratigrafiche favorevoli al loro sviluppo o evoluzione (d.g.r. XI/7564 del 15.12.2022).

La d.g.r. XI/7564/2022 indica che, se nel territorio in esame si sono verificati in passato eventi di dissesto legati a fenomeni di sprofondamento (sinkhole), o in presenza nel sottosuolo di condizioni favorevoli alla loro formazione/evoluzione (cause predisponenti e innescanti), andranno individuate e adeguatamente normate le aree con condizioni favorevoli alla formazione/evoluzione di fenomeni di sprofondamento.

I sinkhole possono essere naturali o antropogenici, ISPRA ne ha proposta una classificazione, di seguito sintetizzata:



Classificazione sinkhole secondo ISPRA

Le cause predisponenti sono determinate da complesse situazioni geologico-strutturali ed idrogeologiche del territorio, come di seguito elencate a titolo esemplificativo; eventi perturbativi possono causare l'evoluzione in dissesti anche importanti.

Tra le cause predisponenti vi sono, ad esempio:

- aree carsiche;

- aree con presenza di litotipi potenzialmente soggetti a fenomeni di dissoluzione (depositi evaporitici);
- aree con condizioni favorevoli allo sviluppo di occhi pollini;
- siti minerari/aree interessate da attività estrattive passate;
- siti archeologici;
- aree individuate da indagini stratigrafiche preesistenti o indagini geognostiche realizzate ad hoc con presenza di livelli/orizzonti a scadenti caratteristiche geotecniche, oppure con cavità vere e proprie, a profondità potenzialmente interferenti con le fondazioni (o anche superiore);
- aree con evidenze di variazioni plano-altimetriche del suolo, ove si sono osservate lesioni/cedimenti negli edifici, nei sottoservizi e nelle sovrastrutture e ove si sono verificati eventi di sprofondamento progressivi.

Dalla consultazione delle banche dati tematiche disponibili (Database Nazionale Sinkhole Naturali del Servizio Geologico d'Italia; mappa della suscettività al fenomeno degli occhi pollini, Geoiffi), non è emersa la presenza di fenomeni di sprofondamento nel territorio comunale di Brembate di Sopra, né sono state riferite testimonianze di manifestazioni superficiali di sprofondamento e/o di altri eventi suscettibili di interesse e meritevoli di approfondimenti tecnici (es. lesioni negli edifici esistenti non riconducibili a deficit strutturali).

Le registrazioni interferometriche disponibili per il territorio di Brembate di Sopra, tratte dal Geoportale di Regione Lombardia, non si rilevano anomalie concentrate o aree particolarmente interessate da subsidenza.

In fase pianificatoria per il territorio comunale di Brembate di Sopra sono state analizzate le evidenze morfologiche ed idrogeologiche legate alla potenziale presenza di doline e cavità sotterranee, effettuata una ricerca storica e documentale presso le banche dati disponibili, studiati i documenti di pianificazione e le indagini pregresse disponibili, analizzata la pericolosità sismica e quindi sintetizzate le informazioni acquisite. L'analisi effettuata non ha riscontrato evidenze morfologiche od idrogeologiche riconducibili alla presenza di fenomeni gravitativi profondi o evolutivi del sistema: non sono state rilevate evidenze di una dinamica morfologica attiva (movimenti superficiali, edifici lesionati).

9 ANALISI DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

9.1 Zona sismica di appartenenza

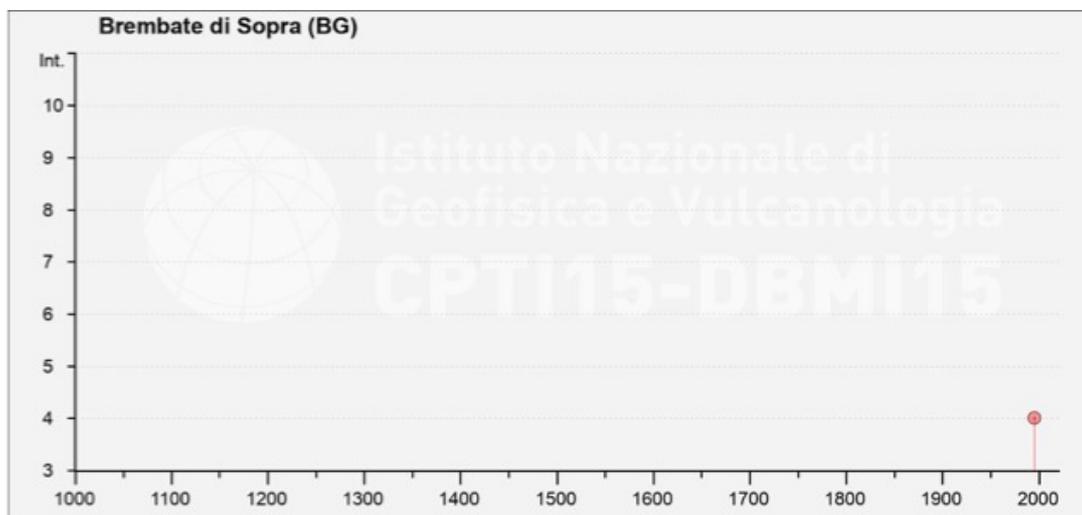
La Giunta regionale con D.g.r. n. 2129 dell'11.07.2014 in linea con le disposizioni ministeriali, ha rideterminato il livello di classificazione sismica dei comuni lombardi portando i Comuni in Zona 4 alla Zona 3 e quelli in Zona 3 alla Zona 2. Con D.g.r. n. 2489 del 10.10.2014 si è differito di un anno l'entrata in vigore per l'adeguamento del D.p.r. 380/2001; al fine di allineare la nuova zonazione con la l.r. 33/2015 n. X/4144 del 08.10.2015, si è ulteriormente spostato il termine per l'entrata in vigore della nuova classificazione sismica regionale. La nuova classificazione è entrata in vigore solo il 10 aprile 2016 contemporaneamente all'uscita dalla D.g.r. 5001 del 30.03.2016 – Linee di indirizzo e coordinamento delle funzioni trasferite.

A fronte della suddetta zonazione, il Comune di Brembate di Sopra passa dalla zona sismica 4, come riportato nello studio geologico precedente, alla zona sismica 3, con un valore di a_{gmax} uguale a 0,097113.

9.2 Sismicità storica

I dati riferiti alla sismicità storica per il territorio comunale di Brembate di Sopra sono stati estratti dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P., Antonucci A. (2021). Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 3.0.) redatto dall'Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia (INGV).

Si riportano di seguito gli eventi sismici a partire dal 1000 al 2020 estratti dal catalogo sopra richiamato.



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
NF	1991	11	20	01	54	1	Grigioni, Vaz	468	6	4.70
4	1995	10	29	13	00	2	Lago d'Iseo	408	5-6	4.35

EQs numero di eventi riportati
 NMDP è il numero di Microseismic Data Point
 Io è l'intensità epicentrale
 Mw è la magnitudo momento

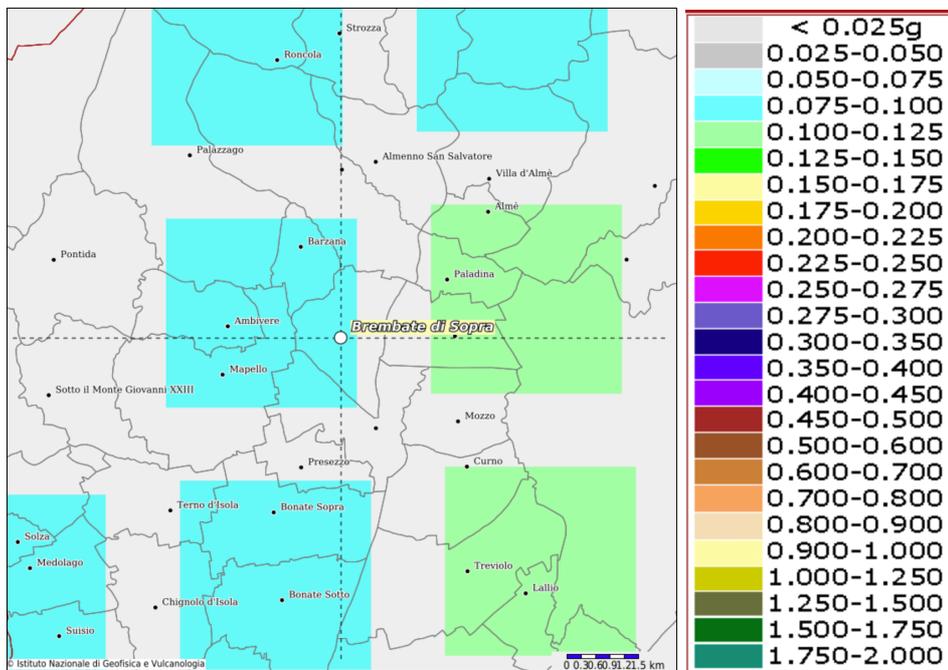
Dall'analisi dei dati sopra riportati, emerge che l'ambito territoriale in esame è stato interessato nel 1991 e nel 1995 da terremoti con una magnitudo momento di 4,35 e 4,70.

Per ottenere ulteriori elementi di riferimento in merito al sisma di riferimento per l'ambito in esame, è stata considerata anche la mappa di pericolosità sismica redatta dall'INGV per l'intero territorio nazionale; tale mappa tramite la disaggregazione della pericolosità sismica, consente di valutare i contributi che diverse sorgenti sismogenetiche poste a distanza definita R e capaci di generare terremoti di magnitudo M, determinano sulla pericolosità del sito.

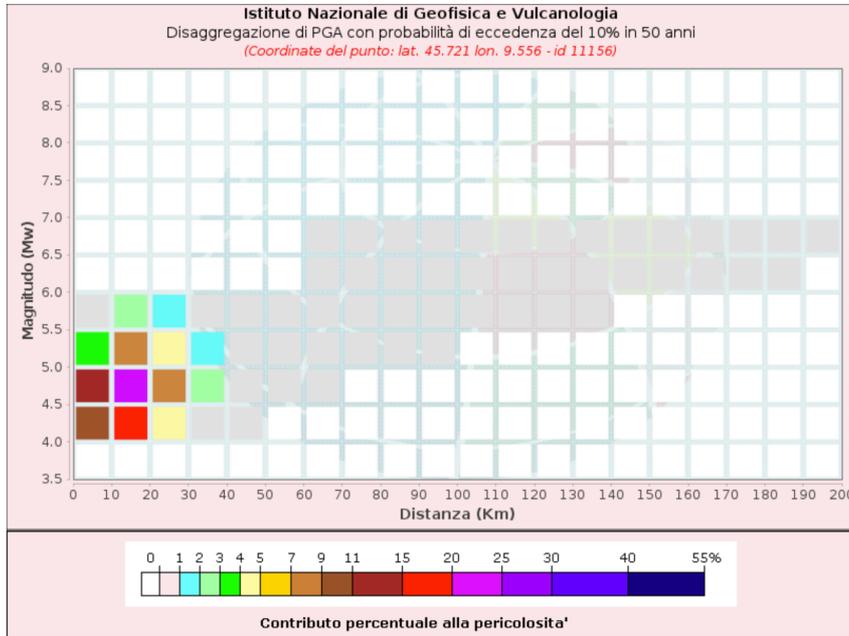
L'analisi è stata condotta facendo riferimento ai nodi di una griglia che ha suddiviso tutto il territorio nazionale, per ognuno dei quali sono a disposizione i valori disaggregati del valore di ag con probabilità di eccedenza del 10% nell'arco di 50 anni. Attraverso l'inserimento delle coordinate del sito è possibile evidenziare la mappa di pericolosità nell'ambito indagato ed i relativi nodi di riferimento. Si fornisce

il valore di PGA specifico per il sito, calcolato come media ponderata tra i 4 nodi; si fornisce inoltre il terremoto che domina lo scenario di pericolosità, inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso.

Per l'ambito territoriale in esame la mappa di disaggregazione – riportata sotto in stralcio – indica valori di a_g di riferimento compresi tra 0,075 a 0,100 a_g/g , con un contributo percentuale alla pericolosità sismica del 20-25 % per terremoti di magnitudo M tra 4,5-5,0 a distanza epicentrale R di 10-20 km, per $T_r = 475$ anni (il valore medio è di $M = 4,78$ e $R = 17,5$ km).



Stralcio della mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale MPS04-S1 (2004) per il territorio di Brembate di Sopra



Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni
 (Coordinate del punto: lat. 45.721 lon. 9.556 - id 11156)

Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	9.6800	11.3000	3.1300	0.6370	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	15.4000	22.1000	8.2900	2.1200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	4.1700	7.7300	4.0700	1.3600	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.9540	2.3800	1.6900	0.6980	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.1220	0.7280	0.7420	0.3710	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.1570	0.3560	0.2290	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0140	0.1910	0.2560	0.1420	0.0245	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0650	0.1830	0.1460	0.0269	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0133	0.1040	0.1090	0.0216	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0010	0.0491	0.0723	0.0153	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0174	0.0450	0.0103	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0055	0.0274	0.0069	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0013	0.0167	0.0052	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0089	0.0035	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0039	0.0020	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0017	0.0010	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0007	0.0006	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0004	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0008	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.78	17.5	0.8

Grafico e tabella di disaggregazione Tr 475 anni – il grafico rappresenta il contributo percentuale delle possibili coppie di magnitudo-distanza epicentrale alla pericolosità del nodo, rappresentata dal valore di PGA mediana per una probabilità di eccedenza del 10 % in 50 anni

9.3 Procedura regionale per la valutazione della pericolosità sismica locale

La metodologia regionale per la valutazione della pericolosità sismica locale (PSL) prevede tre livelli di approfondimento con grado di dettaglio in ordine crescente: solo i primi due livelli sono obbligatori in fase di pianificazione (secondo la tabella sotto riportata, in funzione della zona sismica di appartenenza); il terzo livello di approfondimento è obbligatorio in fase di progettazione sia quando con il 2° livello si dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di amplificazione, sia per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione.

Il 2° livello di approfondimento potrà essere implementato tramite la realizzazione di nuove schede che ampliaranno il campo di applicazione delle procedure.

La procedura messa a punto fa riferimento ad una sismicità di base caratterizzata da un periodo di ritorno di 475 anni (probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) e può essere implementata considerando altri periodi di ritorno.

Alla luce di tali indicazioni, considerando che il Comune di Brembate di Sopra è passato dalla zona sismica 4 alla zona 3, si è proceduto ad aggiornare la carta di pericolosità sismica locale (1° livello) esistente ed applicare il secondo livello per le zone di PSL Z3 e Z4 interferenti con l'urbanizzato o con le aree di futura espansione urbanistica, alla luce delle nuove indagini geognostiche e geofisiche effettuate, unitamente alle indagini pregresse reperite.

Si sottolinea che gli approfondimenti di 2° e 3° livello non devono essere eseguiti in quelle aree che, per situazioni geologiche, morfologiche e ambientali o perché sottoposte a vincolo da particolari normative, siano considerate inedificabili, fermo restando tutti gli obblighi derivanti dall'applicazione di altra normativa specifica.

Zona sismica	1° livello fase pianificatoria	2° livello fase pianificatoria	3° livello fase progettuale
2 e 3	obbligatorio	nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	- nelle aree indagate con il 2° livello dove Fa calcolato è > rispetto al valore soglia comunale; - nelle PSL Z1 e Z2
4	obbligatorio	nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (d.d.u.o. n. 19904/03) fermo restando la facoltà dei comuni di estenderlo anche ad altre categorie di edifici	- nelle aree indagate con il 2° livello dove Fa calcolato è > rispetto al valore soglia comunale; - nelle PSL Z1 e Z2 solo per edifici strategici e rilevanti

In conformità con quanto stabilito dall'Allegato 5 della D.g.r. 30.11.2011 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 legge regionale 11 marzo 2005 n. 12, approvati con d.g.r. 22.12.2005 n. 8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28.05.2008 n. 8/7374", l'analisi e la valutazione degli effetti sismici di sito vengono codificate a livello procedurale mediante tre diversi livelli di approfondimento con grado di dettaglio in ordine crescente:

- il **primo livello** consiste nell'individuazione delle aree di possibile amplificazione sismica sulla base dei dati già riportati nella cartografia di inquadramento (carta geologica, geomorfologica) e nella successiva redazione della carta della pericolosità sismica locale (PSL), aggiornata secondo gli scenari indicati nella tabella di seguito riportata e alla luce dei nuovi dati geognostici disponibili.

<i>Sigla</i>	<i>SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</i>	<i>EFFETTI</i>
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)	Cedimenti
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Tabella 1 – Scenari di pericolosità sismica locale

- il **secondo livello** consiste nella determinazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi nelle aree perimetrate nella carta di pericolosità sismica locale; tale analisi fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore del fattore di amplificazione (Fa).
- il **terzo livello** consiste nell'analisi quantitativa degli effetti di amplificazione sismica; tale livello si applica in fase progettuale nei seguenti casi: a) quando, a seguito dell'analisi di secondo livello, il valore di Fa calcolato (FAC) è superiore al Fa soglia (FAS) stabilito per ciascun comune dalla Regione Lombardia; b) in presenza di aree caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazioni (PSL Z1 e Z2). Non è necessaria la valutazione quantitativa al 3° livello di approfondimento per lo scenario Z5 in quanto tale scenario esclude la possibilità di costruzioni a cavallo tra due litotipi. In fase progettuale tale limitazione può essere rimossa qualora si operi in modo tale da avere un terreno di fondazione omogeneo; nell'impossibilità di attuare tale condizione, si dovranno prevedere opportuni accorgimenti progettuali atti a garantire la sicurezza dell'edificio.

9.3.1 Metodologia di lavoro

L'analisi della componente sismica è stata redatta ai sensi dell'Allegato 5 della D.g.r. 30.11.2011 n. IX/2616; in adempimento alle specifiche tecniche riportate nella suddetta D.g.r., è stata rivalutata la carta di pericolosità sismica locale contenuta nello studio geologico facente parte del PGT comunale previgente, alla luce di nuovi dati geognostici e delle variazioni subite dalla tabella degli scenari di pericolosità sismica locale.

Si è proceduto pertanto all'analisi della sismicità del territorio applicando la procedura di 1° livello, in relazione agli strati informativi geologici e geomorfologici del territorio riportati nella cartografia di inquadramento aggiornata. L'applicazione di tale livello prevede la redazione della carta di pericolosità sismica locale, nella quale sono riportati gli scenari di possibile amplificazione litostratigrafica e topografica.

Successivamente, agli scenari individuati nella carta di pericolosità sismica locale è stata applicata l'analisi di 2° livello secondo le procedure regionali, considerando i nuovi modelli geotecnici e geofisici elaborati ex-novo nel presente studio, in modo da fornire una carta dei fattori di amplificazione negli intervalli di periodo proprio tra 0,1-0,5 s e tra 0,5-1,5 s.

9.4 Analisi sismica di 1° livello

L'analisi consiste in un approccio di tipo qualitativo e costituisce l'approccio propedeutico ai successivi livelli di approfondimento sismico. In questa fase di analisi sono stati utilizzati tutti i dati di natura geologica, geomorfologica, geotecnica e idrogeologica disponibili, nonché le diverse cartografie tematiche d'inquadramento.

A fronte di tali dati, si è proceduto all'aggiornamento della carta della pericolosità sismica locale (PSL) in scala 1:5.000 (Tav. 6) in cui sono riportati i diversi scenari tipo di pericolosità sismica così come indicati nella tabella 1 – Scenari di pericolosità sismica locale, dell'Allegato n. 5 della d.g.r. 30.11.2011 n. IX/2616.

9.4.1 Carta della pericolosità sismica locale (PSL)

All'interno del territorio comunale sono stati individuati i seguenti scenari di pericolosità sismica riferibili a possibili fenomeni di amplificazione topografica (Z3) e/o litologica e geometrica (Z4).

Scenario Z3a – zona di scarpata con $H > 10$ m

Sono state individuate le scarpate sia di origine naturale che antropica suscettibili di amplificazione topografica (dislivello superiore ai 10 m); il riconoscimento di tali elementi lineari si è basato sull'analisi dell'aerofotogrammetrico comunale in scala 1:2.000, unitamente alla cartografia geomorfologica allegata al presente studio e al modello digitale del terreno regionale DTM. Orli di terrazzo fluviale sono presenti nella parte orientale del territorio comunale, in corrispondenza dell'incisione del fiume Brembo; zone di ciglio di origine antropica sono presenti in corrispondenza delle aree di cava cessata in località Ca Derocca.

Scenario Z4a – zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi

L'intero territorio comunale si caratterizza per la presenza di depositi alluvionali, distribuiti principalmente lungo l'alveo del fiume Brembo, in corrispondenza delle piane di esondazione adiacenti e dei più bassi sistemi di terrazzi che articolano il fondovalle, e di depositi fluvioglaciali granulari e/o coesivi nella porzione di pianura incisa dal torrente Lesina e Borgogna. I depositi alluvionali sono costituiti da alternanze di sabbia e ghiaia fine con matrice limoso argillosa, ghiaia a supporto clastico con matrice sabbiosa e sabbie da grossolane a fini; i depositi fluvioglaciali sono invece rappresentati da ghiaie a supporto clastico con matrice da limoso argillosa a sabbiosa argillosa, con frazione sabbiosa variabile, tendenzialmente in graduale aumento spostandoci verso est. Sono inoltre presenti conglomerati costituiti da ghiaie a prevalente supporto clastico e conglomerati arenacei, con una cementazione marcata nella parte basale dell'unità (Ceppo del Brembo).

9.5 Analisi sismica di 2° livello

L'analisi sismica di 2° livello si applica a tutti gli scenari suscettibili ad amplificazioni morfologiche (scenario Z3) e ad amplificazioni litologiche (scenario Z4) individuati nella carta di pericolosità sismica locale (PSL), interferenti con urbanizzato o urbanizzabili, ad esclusione delle aree già inedificabili.

La procedura semplificata consiste in un approccio di tipo semiquantitativo e fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore

di fattore di amplificazione (F_a); gli studi sono condotti con metodi quantitativi semplificati, tramite abachi, validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche e morfologiche e sono utilizzati per zonare l'area urbanizzata e urbanizzabile in funzione del valore del fattore di amplificazione.

Il valore di F_a si riferisce agli intervalli di periodo tra $0,1 \div 0,5$ s e $0,5 \div 1,5$ s: i due intervalli di periodo nei quali viene calcolato il valore di F_a si riferiscono a specifici periodi in funzione delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale; in particolare l'intervallo tra $0,1 \div 0,5$ s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra $0,5 \div 1,5$ s si riferisce a strutture più alte e più flessibili.

La procedura di 2° livello fornisce, per gli effetti litologici, valori di F_a per entrambi gli intervalli di periodo considerati, mentre per gli effetti morfologici solo per l'intervallo $0,1 \div 0,5$ s.

9.5.1 Scenario Z3 – Effetti di amplificazione morfologica

L'analisi morfologica di 2° livello ha definito le possibili condizioni di amplificazione topografica individuate all'interno del territorio di Brembate di Sopra.

Metodologia

La valutazione degli effetti di amplificazione topografica è stata effettuata nel rispetto delle procedure indicate nell'All. 5 della d.g.r. IX/2616/2011, utilizzando la base aerofotogrammetrica comunale e il DTM regionale per estrapolare le sezioni rappresentative dell'andamento orografico del terreno in corrispondenza degli scenari Z3a individuati nella carta PSL; l'utilizzo del DTM regionale ha consentito inoltre di estrarre l'acclività dei versanti del territorio comunale. Le sezioni sono state tracciate esclusivamente in corrispondenza di quelle scarpate costituite da terreni con valori delle onde di taglio superiori a 800 m/s.

Reperate le sezioni da sottoporre all'analisi di 2° livello, sono stati estrapolati per ciascuna sezione i principali parametri geometrici delle scarpate (scenario Z3a) (vedi tabella sotto riportata) da inserire nelle schede di valutazione regionali; si rimanda alla Tav. 6 per l'ubicazione delle sezioni esaminate.

Scenario	Parametri geometrici
Z3a – Zona di scarpata rocciosa	Altezza del fronte (H)
	Inclinazione del fronte (α)
	Inclinazione del fronte superiore (β)
	Estensione del fronte superiore

In funzione delle suddette caratteristiche geometriche, mediante i criteri di riconoscimento riportati nelle schede in allegato, si verifica che gli elementi morfologici individuati siano effettivamente soggetti a fenomeni di amplificazione topografica, distinguendo diverse tipologie di scarpata (in contropendenza, ideale, in pendenza).

Mediante le correlazioni delle schede di valutazione morfologica, è stato determinato il corrispondente valore del Fattore di amplificazione (Fa) per ciascuna scarpata/cresta esaminata, approssimato alla prima cifra decimale.

Analisi effettuate

Sono state tracciate n. 12 sezioni topografiche per lo scenario Z3a, lungo la massima pendenza delle singole scarpate, le cui caratteristiche geometriche sono di seguito riportate. L'applicazione della scheda di valutazione regionale per lo scenario Z3a, ha consentito di calcolare i valori di fattore di amplificazione sismica (FAC) per l'intervallo di 0,1-0,5 s. I risultati sono esposti nella tabella sottostante.

Scenario Z3a						
Sezione	Dislivello altimetrico massimo (H)	Inclinazione fronte principale α (°)	Inclinazione fronte superiore β (°)	Tipologia	Classe altimetrica	Fattore di amplificazione di sito ($FAC_{0,1-0,5 s}$)
1	13	24	0	Scarpata ideale	$10 \leq H \leq 20$	1,1
2	10	19	0	Scarpata ideale	$10 \leq H \leq 20$	1,1
3	10	24	0	Scarpata ideale	$10 \leq H \leq 20$	1,1
4	16	37	2	Scarpata in pendenza	$10 \leq H \leq 20$	1,1
5	14	21	3	Scarpata in pendenza	$10 \leq H \leq 20$	1,1
6	13	28	4	Scarpata in pendenza	$10 \leq H \leq 20$	1,1
7	10	50	0	Scarpata ideale	$10 \leq H \leq 20$	1,1
8	20	58	0	Scarpata ideale	$10 \leq H \leq 20$	1,1
9	10	50	0	Scarpata ideale	$10 \leq H \leq 20$	1,1
10	15	25	0	Scarpata ideale	$10 \leq H \leq 20$	1,1
11	10	21	0	Scarpata ideale	$10 \leq H \leq 20$	1,1
12	21	22	0	Scarpata ideale	$20 < H \leq 40$	1,2

In base a quanto indicato dall'Allegato 5 della d.g.r. 2616/2011, il valore di Fa calcolato per gli scenari Z3a coincide con il ciglio del fronte principale della scarpata e, all'interno dell'area di influenza definita dalla scheda regionale, il valore viene scalato fino al valore unitario ai margini dell'area d'influenza stessa; a valle, tale valore è stato scalato in modo lineare fino al valore unitario alla base del fronte principale.

Le aree di amplificazione così definite sono state riportate nella Tav. 7c.

La valutazione del grado di protezione per gli scenari suscettibili ad amplificazione topografica, viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando i valori di Fa ottenuti dalle schede di valutazione con il valore soglia (S_T) delle Norme Tecniche per le Costruzioni. Tale valore S_T rappresenta il valore oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

Categoria topografica	Caratteristiche della superficie topografica	Coefficiente di amplificazione topografica S_T
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	1,0
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	1,2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1,2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i \geq 30^\circ$	1,4

La procedura prevede di definire il valore di F_a con la scheda di valutazione e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia, considerando una variabilità di + 0.1 che tiene in conto la variabilità del valore di F_a ottenuto dalla procedura semplificata; si possono presentare due situazioni:

- il valore di F_a è inferiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione morfologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;
- il valore di F_a è superiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione morfologica e quindi è necessario effettuare analisi più approfondite (3° livello) in fase di progettazione edilizia.

Nel caso si prevedano costruzioni con strutture flessibili e sviluppo verticale indicativamente compreso tra i 5 e i 15 piani, in presenza di scenari Z3a, è necessario effettuare analisi più approfondite (3° livello) in fase di progettazione edilizia.

Risultati scenario Z3a

Le tipologie di scarpate analizzate, rispondenti ai criteri di riconoscimento previsti dall'abaco regionale per lo scenario Z3a (scarpata ideale, scarpata in pendenza), presentano valori di F_a ($FAC_{0,1-0,5 s}$) inferiori ai valori di soglia (S_T) indicati dalla normativa vigente, come riportato nella seguente tabella.

La normativa vigente risulta pertanto sufficientemente cautelativa rispetto ai fenomeni di potenziale amplificazione topografica. Nella Tav. 7c sono riportate le aree di influenza calcolate.

Sez.	Fattore di amplificazione di sito (FAC _{0,1±0,5s})	Area di influenza A _i (m)	Valori soglia del fattore di amplificazione (D.M. 14.01.2018)		Esito verifica
			CATEGORIA TOPOGRAFICA	COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA S _T ±0,1	
1	1,1	13	T2	1,2	OK
2	1,1	10	T2	1,2	OK
3	1,1	10	T2	1,2	OK
4	1,1	16	T2	1,2	OK
5	1,1	14	T2	1,2	OK
6	1,1	13	T2	1,2	OK
7	1,1	10	T2	1,2	OK
8	1,1	20	T2	1,2	OK
9	1,1	20	T2	1,2	OK
10	1,1	10	T2	1,2	OK
11	1,1	10	T2	1,2	OK
12	1,2	16	T2	1,2	OK

9.5.2 Scenario Z4 – Effetti di amplificazione litologica

Metodologia

La valutazione delle amplificazioni litologiche richiede i seguenti dati:

- litologia prevalente del terreno;
- profilo stratigrafico del terreno;
- andamento delle Vs con la profondità, fino a valori pari o superiori a 800 m/s; in mancanza del raggiungimento del bedrock (Vs > 800 m/s) con le indagini, è possibile estrapolare un opportuno gradiente di Vs con la profondità, sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da raggiungere il valore di 800 m/s;
- spessore e velocità delle V_s di ciascuno strato;
- modello geofisico e geotecnico del terreno nei punti rappresentativi su cui fare l'analisi.

Sulla base di alcuni parametri litostratigrafici e geotecnici, si individua la litologia prevalente presente nell'ambito territoriale considerato e per questa si sceglie la relativa scheda di valutazione regionale di riferimento:

- n. 1 scheda per le litologie prevalentemente ghiaiose;
- n. 2 schede per le litologie prevalentemente limoso-argillose (tipo 1 e 2);
- n. 2 schede per le litologie prevalentemente limoso-sabbiose (tipo 1 e 2);
- n. 1 scheda per le litologie prevalentemente sabbiose.

A ciascuno dei dati stratigrafici, geotecnici e geofisici utilizzati nella procedura di 2° livello deve essere assegnato un grado di attendibilità, secondo la tabella:

Dati	Attendibilità	Tipologia
Litologici	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Alta	Da prove di laboratorio su campioni e da prove in sito
Stratigrafici (spessori)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette (penetrometriche e/o geofisiche)
	Alta	Da indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo)
Geofisici (Vs)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette e relazioni empiriche
	Alta	Da prove dirette (sismica in foro o sismica superficiale)

Individuata la scheda di riferimento, è necessario verificarne la validità in base all'andamento dei valori delle Vs con la profondità; in particolare, si dovrà verificare l'andamento delle Vs con la profondità partendo dalla scheda 1; nel caso in cui non fosse verificata la validità per valori inferiori ai 600 m/s, si passerà all'utilizzo della scheda tipo 2.

In presenza di una litologia non contemplata dalle 6 schede di valutazione, si potrà utilizzare la scheda di valutazione che presenta l'andamento delle Vs con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine. Nel caso esista la scheda di valutazione per la litologia esaminata, ma l'andamento delle Vs con la profondità non ricada nel campo di validità della stessa, potrà essere scelta un'altra scheda che presenti l'andamento delle Vs con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine.

All'interno della scheda viene scelta, in funzione della velocità e dello spessore dello strato superficiale, la curva più appropriata per la valutazione del fattore

di amplificazione nell'intervallo 0,1÷0,5 s (n. 3 curve e relative formule) e 0,5÷1,5 s (n. 1 curva e relativa formula). Qualora lo strato superficiale abbia una profondità inferiore a 4 m si utilizzerà, per la scelta della curva, lo strato superficiale equivalente a cui si assegna un valore di V_s calcolato come media pesata del valore di V_s degli strati superficiali la cui somma supera i 4 m di spessore.

Le formule rappresentative di ciascuna curva sono funzione del periodo proprio del sito (T), calcolato considerando la stratigrafia del terreno fino alla profondità in cui il valore di V_s è uguale o superiore a 800 m/s; la formula per il calcolo del periodo T è la seguente:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

dove V_{s_i} e h_i sono rispettivamente la velocità e lo spessore di ciascuno strato.

Il fattore di amplificazione calcolato (FAC) applicando le suddette schede e approssimato alla prima cifra decimale, viene poi confrontato con il valore soglia (FAS), con una variabilità $\pm 0,1$, fornito dalla banca dati della Regione Lombardia per ciascun Comune, al variare delle categorie di suolo (categoria B, C, D, E ai sensi del D.M. 17.01.2018) e nei due intervalli 0,1÷0,5 s e 0,5÷1,5 s.

Il valore soglia (FAS) rappresenta il valore oltre il quale lo spettro di risposta proposto dalla normativa vigente risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione sismica del sito.

La Regione Lombardia indica per il territorio di Brembate di Sopra i seguenti valori soglia (FAS) per il periodo 0,1÷0,5 s e per il periodo 0,5÷1,5 s.

BREMBATE DI SOPRA	Categoria di suolo ai sensi del D.M. 17.01.2018			
	B	C	D	E
FAS _{0,1+0,5 s}	1,5	1,9	2,3	2,0
FAS _{0,5+1,5 s}	1,7	2,4	4,3	3,1

L'elaborazione dei dati disponibili ed il confronto con i valori soglia può portare alle situazioni indicate:

- $FAC \leq FAS$: la normativa vigente è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;
- $FAC > FAS$: la normativa vigente è da considerarsi insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi è necessario passare al 3° livello di approfondimento sismico in fase progettuale o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore.

Risultati indagini geofisiche

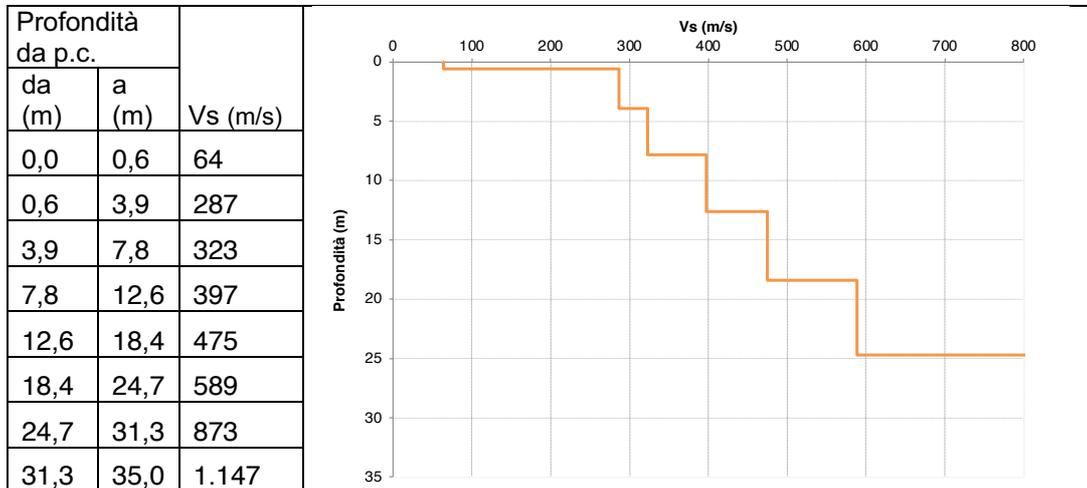
MASW

Si riportano di seguito i risultati ottenuti dagli stendimenti disponibili, considerando sia le indagini di nuova realizzazione sia quelle pregresse.

Sito 1 – via Malpensata

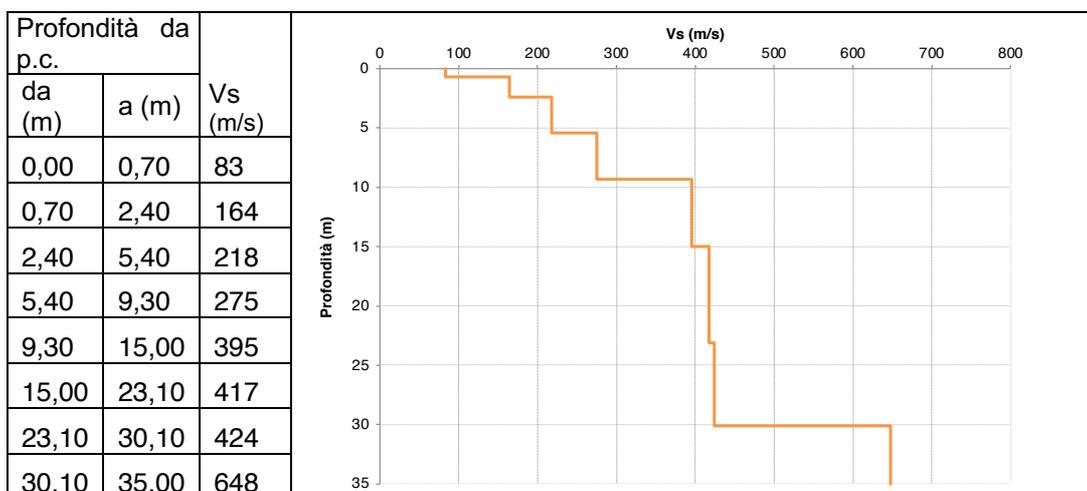
Dal p.c. a 8,0 m circa di profondità orizzonte mediamente addensato con valori di Vs da 287 m/s a 323 m/s; seguono, fino alla profondità di 18,4 m, depositi ghiaiosi addensati con valori di Vs che aumentano con la profondità, da 397 a 475 m/s.

Oltre i 18 m circa di profondità, fino ai 25 m circa, lo stato di addensamento del terreno aumento in modo significativo, con Vs pari a 589 m/s; alla base di tale orizzonte è stato individuato il bedrock sismico con valori di Vs superiori a 800 m/s (coincidente con il bedrock geologico tenero dai dati litostratigrafici reperiti per l'area).



Sito 2 – via San Zenone

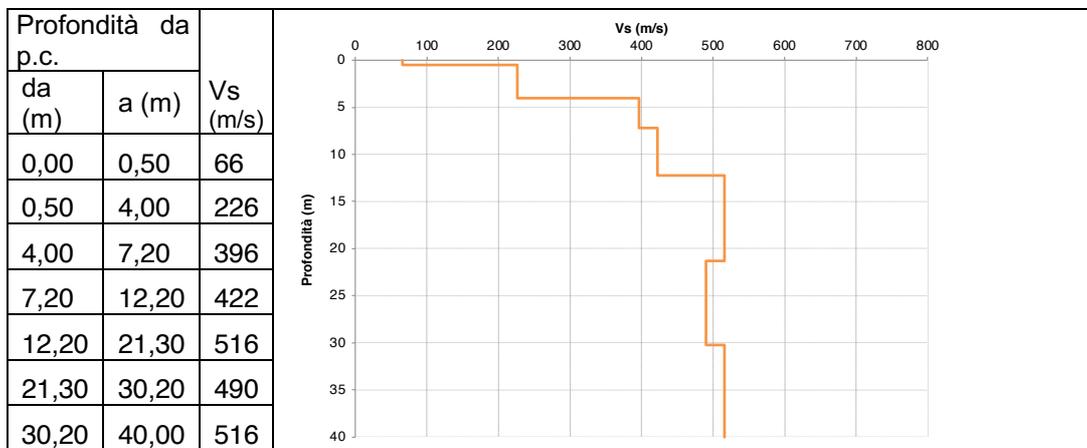
Dal p.c. a 5,4 m circa di profondità il terreno presenta valori di velocità delle onde di taglio bassi, compresi tra 164 m/s a 218 m/s; seguono, fino alla profondità di 9,3 m, depositi mediamente addensati con valori di Vs pari a 275 m/s. Da 9,3 m a 30 m circa, sono presenti depositi di ghiaia e limo con un discreto grado di addensamento, associato a valori di Vs di circa 400-420 m/s. Al di sotto dei 30 m lo stato di addensamento del terreno aumento in modo significativo, con Vs pari a circa 650 m/s (probabilmente conglomerato). Non è stato individuato il bedrock sismico (Vs superiori a 800 m/s).



Sito 3 – via Europa

Dal p.c. a 4,0 m circa di profondità il terreno presenta valori di velocità delle onde di taglio bassi, inferiori a 250 m/s; tra la profondità di 4,0 m e 12,2 m, sono stati individuati depositi mediamente addensati con valori di Vs pari a 410 m/s. Da 12,2 m a 40 m, sono presenti depositi di ghiaia e limo ben addensati (Vs medio 500 m/s).

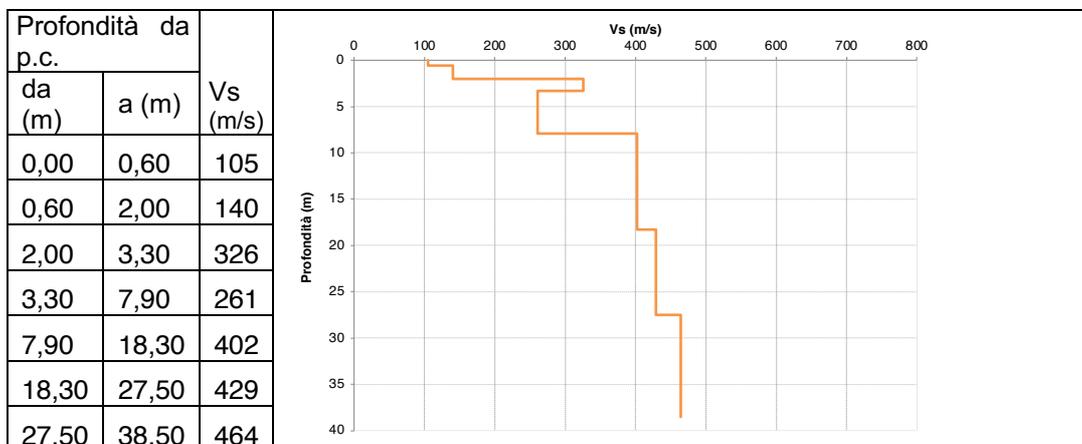
Non è stato individuato il bedrock sismico (Vs superiori a 800 m/s).



Sito 4 – via Ugo Foscolo

Dal p.c. a 7,9 m circa di profondità terreno in genere poco addensati, con valori Vs inferiori a 300 m/s; oltre sono presenti depositi ghiaioso limosi mediamente addensati con valori di Vs pari che passano da 400 m/s a 460 m/s circa.

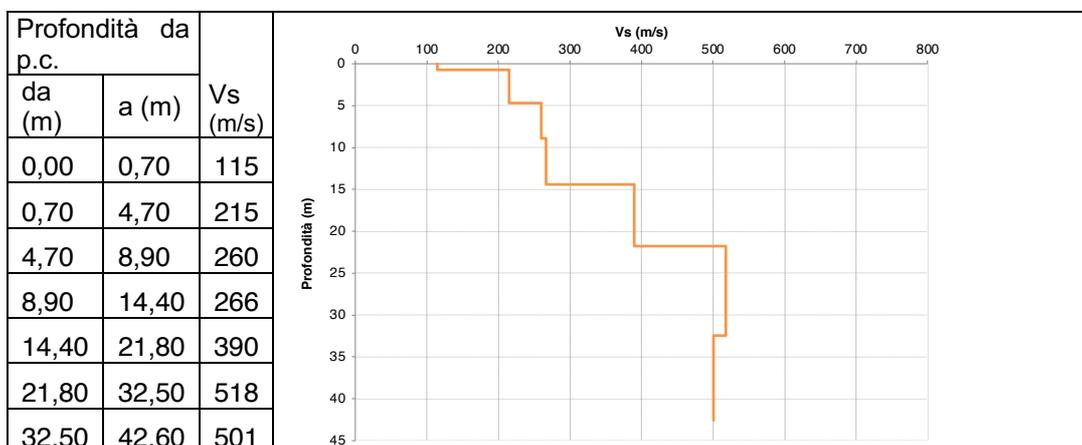
Non è stato individuato il bedrock sismico (Vs superiori a 800 m/s).



Sito 5 – via alle Cave

Dal p.c. a 14 m circa di profondità terreno in genere poco addensati, con valori Vs intorno ai 250 m/s; oltre, fino a 22 m sono presenti depositi ghiaioso limosi con un discreto grado di addensamento (Vs pari a 390 m/s). Oltre i 22 m è presente un orizzonte compatto (probabilmente conglomerato con Vs tra 500-520 m/s).

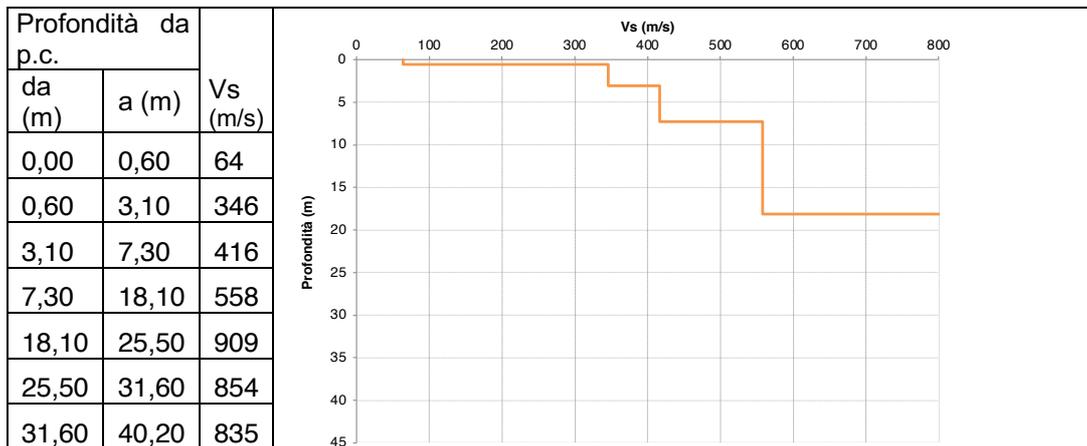
Non è stato individuato il bedrock sismico (Vs superiori a 800 m/s).



Sito 6 – via Antonio Vivaldi

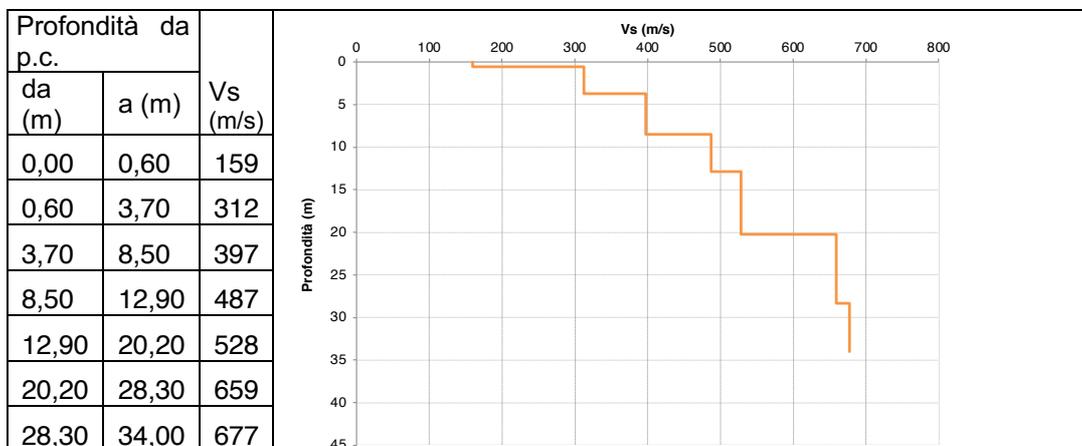
Terreni con valori di Vs piuttosto elevati fin dai primi metri; dai 3 m circa si registrano Vs pari a 350 m/s per la presenza di depositi a comportamento granulare addensati; dai 18 m circa di profondità è stato individuato il conglomerato cementato

(con Vs superiore a 800 m/s). La prova Down-Hole effettuata nelle immediate vicinanze, ha individuato il tetto del conglomerato alla profondità di 14 m dal p.c.



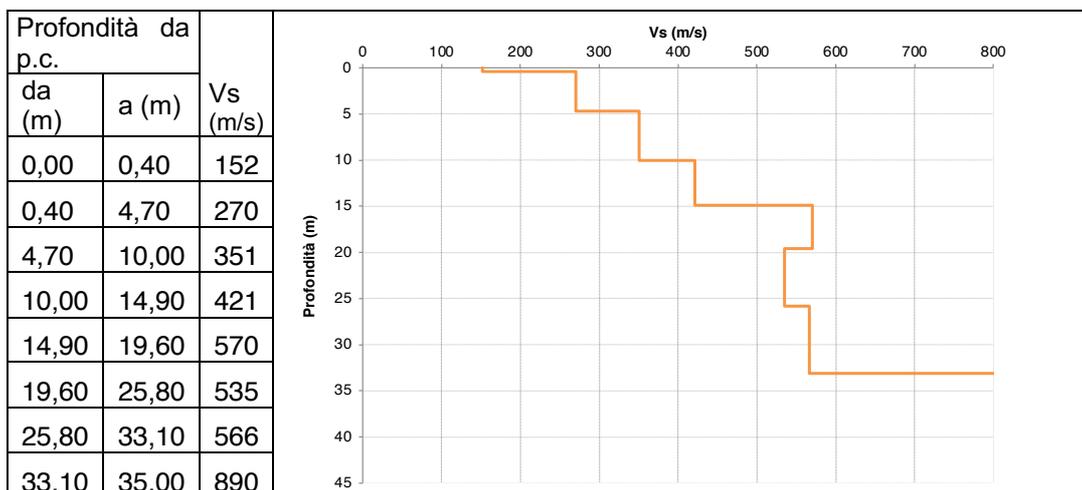
Sito 7 – via Terzi di Sant’Agata

Dal p.c. alla profondità di 4 m circa, il terreno risulta mediamente addensato con valori di Vs intorno ai 310 m/s; segue un graduale miglioramento delle caratteristiche del terreno all’aumentare della profondità, evidenziato da valori di Vs crescenti: da 4,0 a 8,5 m Vs 400 m/s; da 8,5 m a 13,0 m Vs 490 m/s, per poi passare a valori di oltre 500-600 m/s. Non sono stati individuati materiali con valori di Vs superiori a 800 m/s.



Sito 8 – via Ravasio

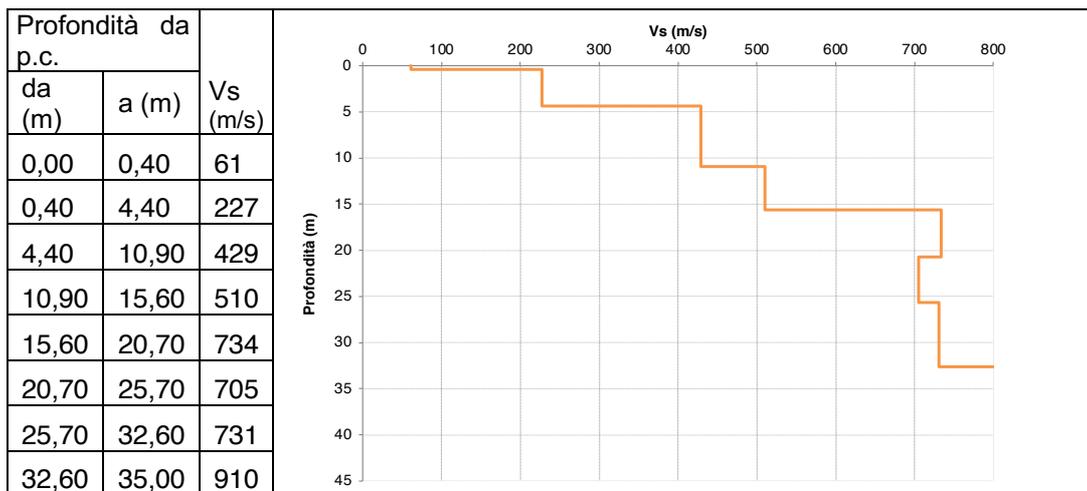
Dal p.c. alla profondità di 5 m circa, il terreno risulta mediamente addensato ($V_s = 270$ m/s); come già osservato nell'indagine effettuata in corrispondenza del sito 7, segue un graduale miglioramento delle caratteristiche del terreno all'aumentare della profondità, fino a 30 m, evidenziato da valori di V_s via via crescenti, da un minimo di 350 m/s ad un massimo di 560 m/s. Alla profondità di 33 m è stato individuato un orizzonte compatto con valori di V_s superiori a 800 m/s.



Sito 9 – via Brembo

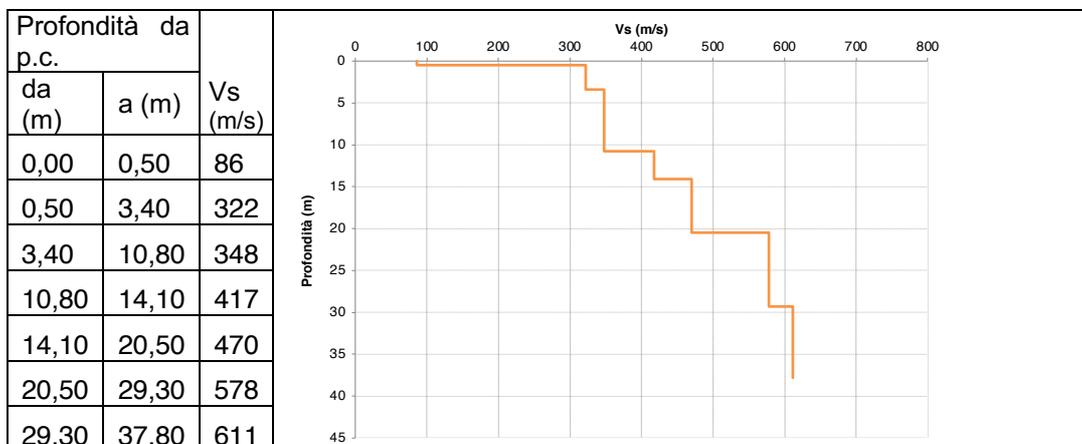
Dal p.c. a 4,4 m di profondità, il terreno presenta valori di velocità delle onde di taglio bassi ($V_s 227$ m/s), per poi crescere bruscamente tra i 430 e i 510 m/s nei

successivi 10 m circa; oltre i 15 m di profondità, sono presenti terreni veloci, con Vs mediamente pari a 720 m/s, per la presenza di orizzonti ben addensati e/o grossolani (ghiaie e/o conglomerati). A 32,6 m di profondità, si registrano valori di Vs superiori a 800 m/s.



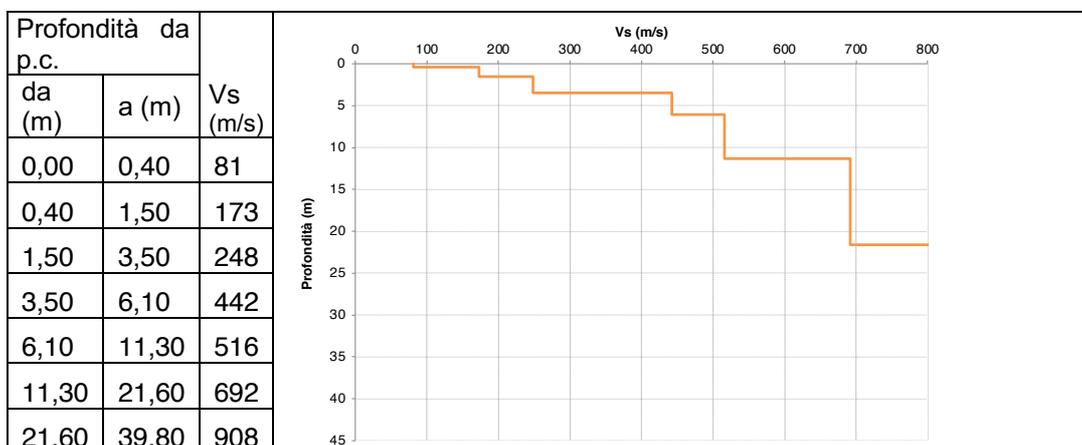
Sito 10 – via Damiano Chiesa

Terreni mediamente addensati entro gli 11 m di profondità (Vs 320-350 m/s); seguono depositi con un crescente stato di addensamento, all'aumentare della profondità ($420 < Vs < 610$ m/s). Per le profondità indagate, non è stato individuato il bedrock sismico ($Vs > 800$ m/s).



Sito 11 – via XXIV Maggio

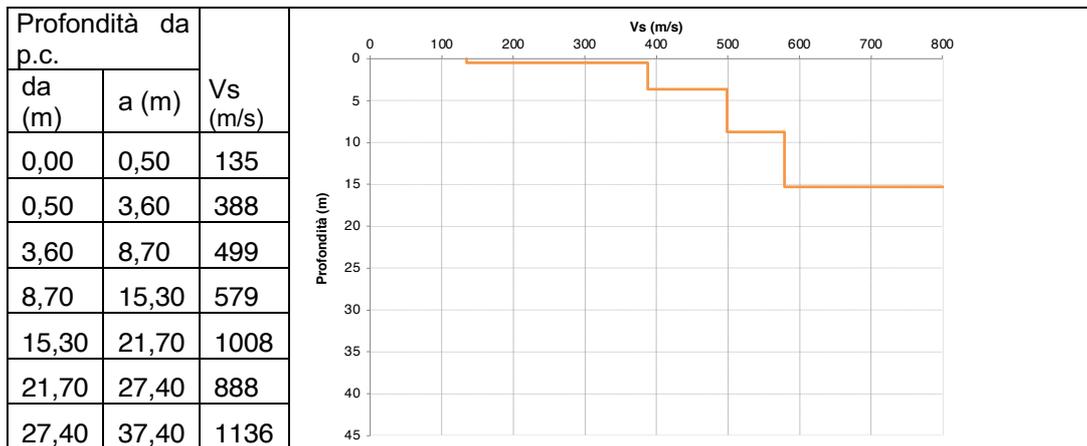
Dal p.c. a 3,5 m di profondità, il terreno presenta valori di velocità delle onde di taglio bassi ($V_s < 250$ m/s), per poi aumentare tra i 440 e i 510 m/s nei successivi 8 m circa; oltre i 12 m circa di profondità, sono presenti terreni veloci, con V_s pari a 700 m/s circa, per la presenza di orizzonti ben addensati e/o grossolani (ghiaie e/o conglomerati). A 21,6 m di profondità, si registrano valori di V_s superiori a 800 m/s.



Sito 12 – ex colonia elioterapica

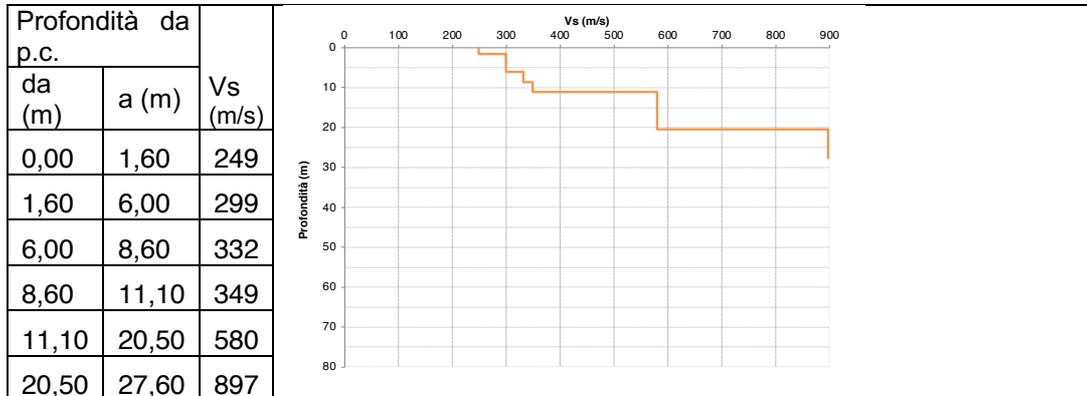
Dai primi metri di profondità rispetto al p.c., i valori delle V_s si attestano pari a 388 m/s; segue, a partire dai 3,6 m fino a 15,3 m di profondità, è presente un terreno piuttosto veloce, addensato, con velocità di V_s che variano da 500 a 580 m/s

circa. Oltre i 15 m di profondità dal p.c., si individua il passaggio a valori di Vs superiori a 800 m/s per la presenza di conglomerato cementato ($888 < V_s < 1.136$ m/s).



Sito 13 – Scuola primaria Sabin

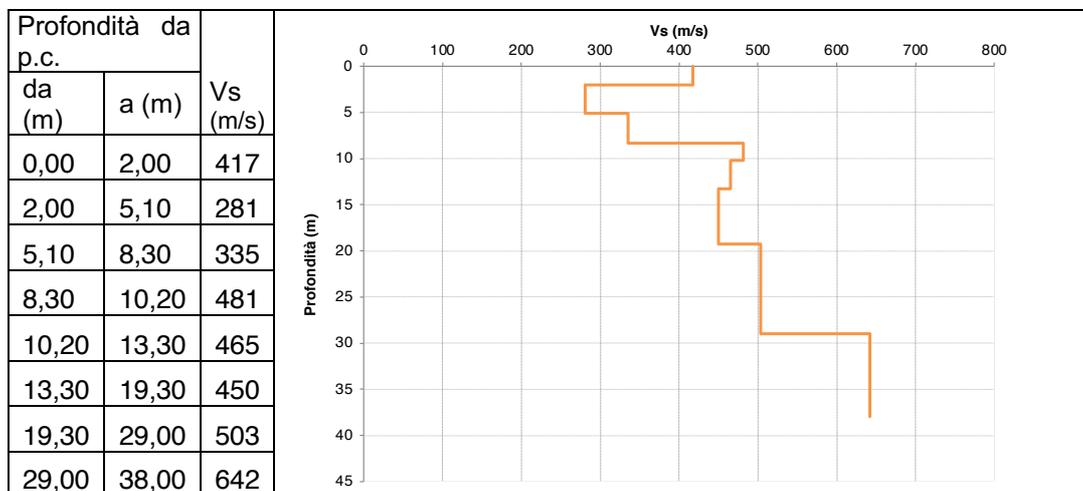
Terreno rimaneggiato per uno spessore di 1,5 m, caratterizzato da valori di Vs intorno a 250 m/s; seguono depositi mediamente addensati, con velocità comprese tra 300 e 350 m/s fino a 13-14 m dal p.c.; oltre tale profondità, aumenta molto l'addensamento del terreno con valori di velocità delle onde di taglio pari a 580 m/s. A partire da 23,0 m di profondità, è presente un'unità con valori di Vs superiori a 800 m/s (probabile livello di conglomerato).



Sito 14 – Campo sportivo comunale “B”

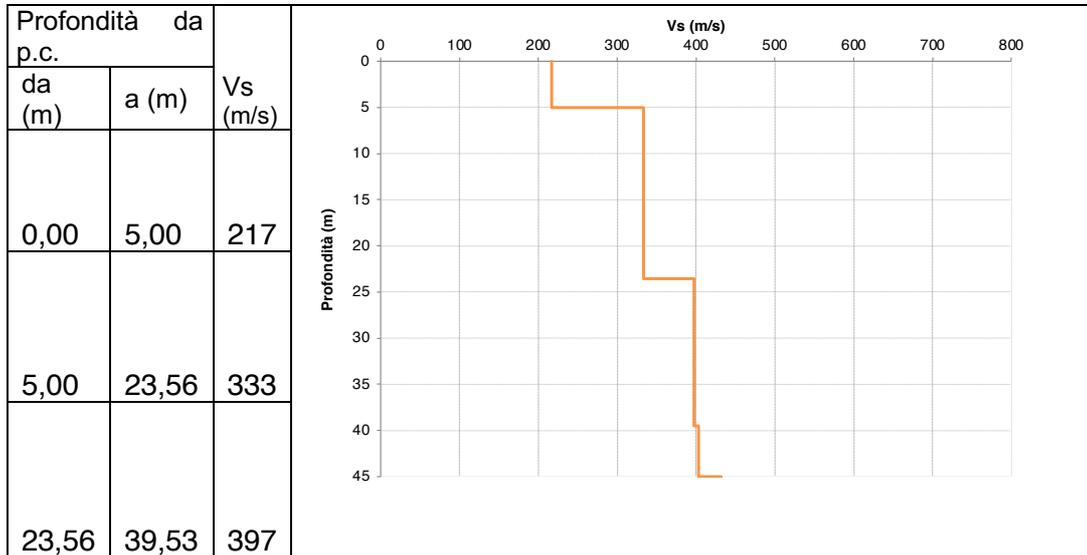
Entro i primi 2,0 m di profondità il terreno mostra un valore di Vs pari a 417 m/s, riconducibile a un terreno con un grado di addensamento da medio a discreto; segue fino alla profondità di 8,3 m un valore di Vs compresi tra 281 m/s e 335 m/s, probabilmente riconducibile alla presenza di depositi da scarsamente a mediamente addensati; a maggiore profondità, per uno spessore di diversi metri, fino alla quota di 29 m dal p.c., la velocità delle onde di taglio è piuttosto omogenea, con valori che variano tra un minimo di 450 m/s ad un massimo di 503 m/s; trattasi di terreni ghiaioso limosi con un grado di addensamento da medio a discreto; oltre i 29 m, si registra un valore di Vs pari a 642 m/s (probabilmente per la presenza di orizzonti di ghiaie grossolane e ben addensate e/o di conglomerato cementato).

Non è stato individuato il bedrock sismico (Vs superiori a 800 m/s).



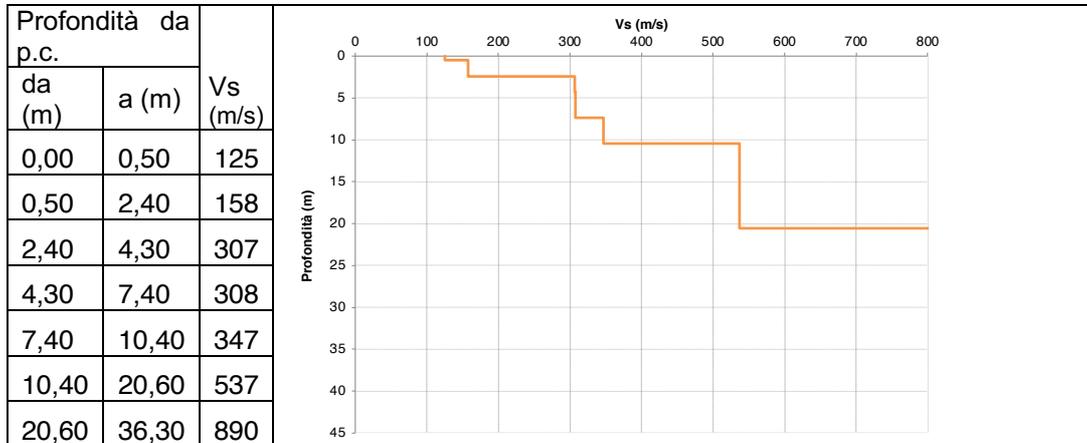
Sito 15 – via delle Rose

Terreno a bassa velocità delle onde di taglio per uno spessore di circa 5,0 m ($V_s < 250$ m/s); seguono depositi mediamente addensati, con velocità comprese tra 330 e 400 m/s fino a 40 m dal p.c.; non è stato individuato il bedrock sismico (V_s superiore a 800 m/s).



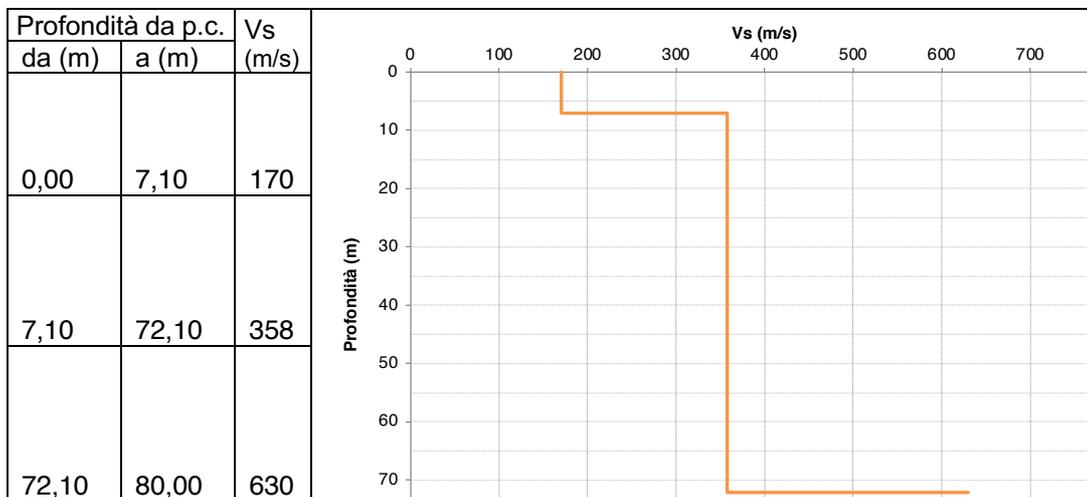
Sito 16 – Piazza Vittorio Veneto

Entro i primi 2,4 m di profondità il terreno mostra valori di Vs molto bassi, inferiori a 200 m/s, riconducibile a uno scarso addensamento del terreno; segue un orizzonte avente uno spessore di 8,0 m circa con un valore medio di Vs pari a 320 m/s circa: trattasi di terreni mediamente addensati; a maggiore profondità, si registra un valore di Vs pari a 537 m/s per uno spessore di 10,0 m circa, seguito da un brusco aumento delle velocità di propagazione delle onde di taglio, con valori superiori a 800 m/s a partire dai 20 m di profondità (con buona probabilità riconducibili a ghiaie grossolane e/o a conglomerato cementato).



Sito 17 – via San Zenone

Terreno a bassa velocità delle onde di taglio per uno spessore di 7,0 m ($V_s < 200$ m/s); seguono depositi mediamente addensati, con velocità delle onde di taglio pari a 360 m/s fino a circa 70 m dal p.c.; non è stato individuato il bedrock sismico (V_s superiore a 800 m/s).



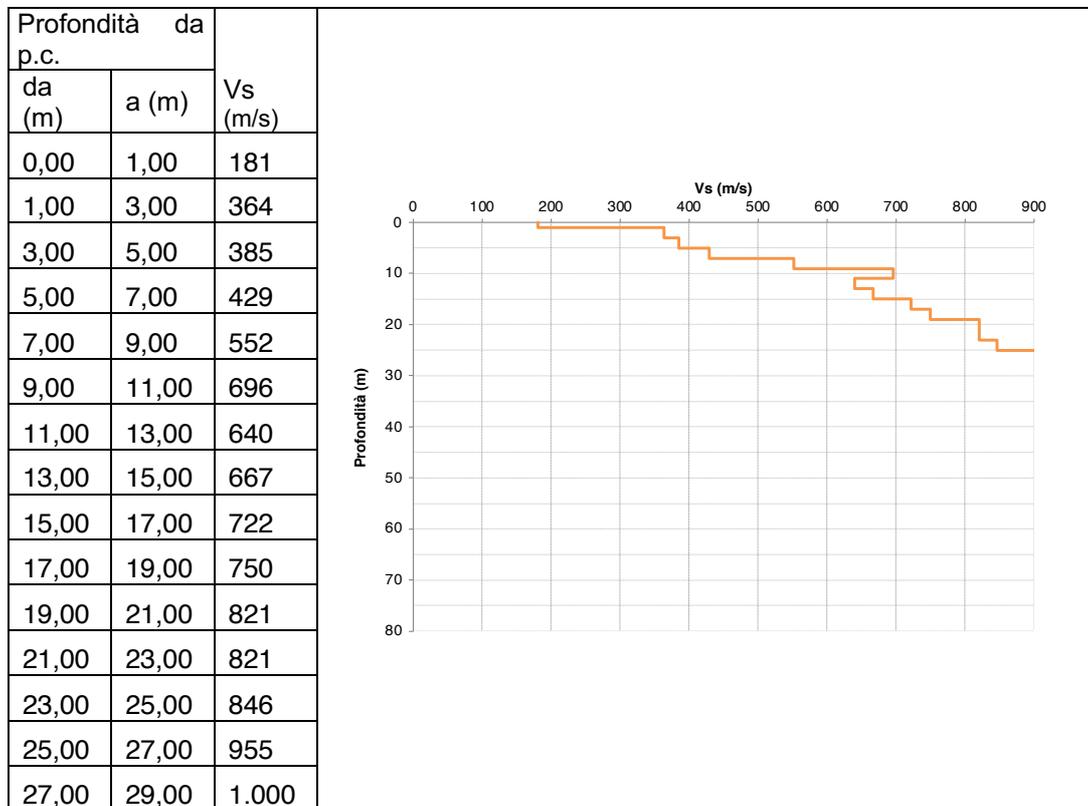
Down-hole

I dati di seguito riportati si riferiscono alle prove geofisiche Down-Hole effettuate nello studio geologico comunale del 2012. Si riportano in allegato i dati e i grafici delle elaborazioni effettuate, unitamente alla stratigrafia del carotaggio.

Sito 18 – via Pastrengo

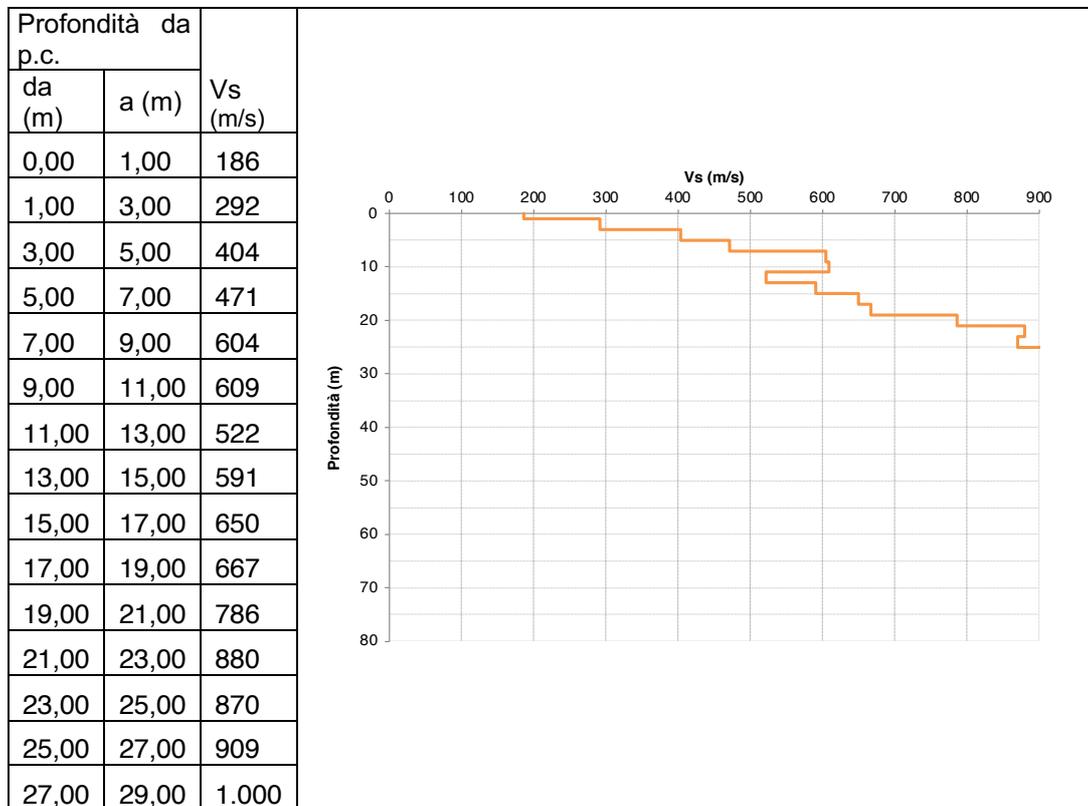
Tra il piano campagna e la profondità di 6,0 m circa, i valori di Vs sono discreti (Vs 400 m/s); segue per uno spessore di 6 m circa, un orizzonte caratterizzato da valori delle onde di taglio Vs che crescono gradualmente fino a 700 m/s circa.

Oltre tale quota, i valori di Vs si mantengono elevati (Vs 640÷720 m/s) fino a 21 m di profondità. Alla base di tale strato è stato intercettato il bedrock sismico (Vs > 800 m/s).



Sito 19 – via Morlotti

Entro i primi 3 m di profondità il terreno risulta poco addensato, con valori di Vs inferiori ai 300 m/s; nei successivi 4 m la velocità delle onde di taglio si attesta tra i 400 e i 470 m/s. A partire da 9 m, fino ai 23 m di profondità, il terreno mostra un grado di addensamento da buono a elevato, con valori di velocità delle onde s piuttosto omogenei, compresi tra 520 e 780 m/s; oltre i 23 m, le Vs superano gli 800 m/s.



HVSR

Nella seguente tabella sono riportati i risultati di tutte le misure di rumore sismico ambientale a stazione singola (HVSR) disponibili per il territorio comunale.

Sito	Località	Frequenza (Hz)	Note
1	Via Malpensata	4,1	Picco ampio, compatibile con la presenza di un bedrock tenero a circa 24 m di profondità da p.c.
2	Via San Zenone	4,6	Picco compatibile con la presenza a 30 m circa di profondità di orizzonti veloci
3	Via Europa	7,31	Picco compatibile con il top delle ghiaie a 12 m circa di profondità
4	Via Ugo Foscolo	6,1	Picco poco ampio; possibile interfaccia posta a circa 8 m di profondità da p.c.
5	Via alle Cave	4,3	Picco molto ampio compatibile con la presenza di probabile conglomerato a partire dai 22 m circa di profondità da p.c.
6	Via Antonio Vivaldi	8,8	Picco compatibile con il top del bedrock sismico a 18 m circa di profondità da p.c.
7	Via Terzi di Sant'Agata	3,4	Picco molto ampio compatibile con il top del bedrock geologico profondo oltre i 40 m da p.c.
8	Via Ravasio	4,29	Picco compatibile con interfaccia del bedrock sismico posta poco oltre i 30 m di profondità da p.c.
9	Via Brembo	15,9	Picco compatibile con interfaccia superficiale fra terreni corticali aerati e ghiaie piuttosto compatte a partire da 4,5 m di profondità da p.c.
10	Via Damiano Chiesa	3,5	Picco compatibile con interfaccia posta a 21 m circa di profondità
11	Via XXIV Maggio	6,0	Interfaccia a circa 21 m di profondità per la probabile presenza di ghiaie grossolane e/o di conglomerato cementato
12	Ex colonia elioterapica	7,59	Picco al passaggio da terreni ghiaiosi sciolti a litificati (conglomerato) a 15 m di profondità da p.c.
13	Scuola primaria Sabin	-	-
14	Campo sportivo comunale "B"	3,5	Interfaccia a circa 30 m di profondità per la probabile presenza di ghiaie grossolane e/o di conglomerato cementato
15	Via delle Rose	-	-
16	Piazza Vittorio Veneto	5,0	Interfaccia a 20 m di profondità per la probabile presenza di ghiaie grossolane e/o di conglomerato cementato
17	Via San Zenone	5,6	-

Dai risultati, come sopra sintetizzati, emergono le seguenti considerazioni generali:

- Le misure effettuate indicano la presenza di picchi con frequenze di interesse ingegneristico (intervallo 1÷10 Hz), per tutti i siti misurati, ad eccezione di quello di via Brembo (Sito 9);
- sono frequenti i picchi con valori tra i 3,5 e i 6,0 Hz, per lo più espressione del contatto tra litotipi caratterizzati da limitati contrasti di impedenza sismica, probabilmente riconducibile al passaggio da terreni poco-mediamente addensati a livelli ghiaiosi grossolani e/o conglomeratici;
- i picchi registrati in corrispondenza del sistema di terrazzi fluviali interconnessi con il fiume Brembo sono associati all'interfaccia fra il bedrock sismico ($V_s > 800$ m/s) e la copertura superficiale a comportamento granulare.

Attendibilità dei dati utilizzati

Il livello di attendibilità dei dati litologici, stratigrafici e geofisici per ciascuno dei siti verificati nell'analisi sismica di 2° livello è di seguito indicata:

Sito	Località	Attendibilità		
		Dati litologici	Dati stratigrafici (spessori)	Dati geofisici (Vs)
1	Via Malpensata	Alta	Media	Alta
2	Via San Zenone	Alta	Media	Alta
3	Via Europa	Alta	Media	Alta
4	Via Ugo Foscolo	Alta	Media	Alta
5	Via alle Cave	Alta	Media	Alta
6	Via Antonio Vivaldi	Alta	Media	Alta
7	Via Terzi di Sant'Agata	Alta	Media	Alta
8	Via Ravasio	Alta	Media	Alta
9	Via Brembo	Alta	Media	Alta
10	Via Damiano Chiesa	Alta	Media	Alta
11	Via XXIV Maggio	Alta	Media	Alta
12	Ex colonia elioterapica	Alta	Media	Alta
13	Scuola primaria Sabin	Alta	Alta	Alta
14	Campo sportivo comunale "B"	Alta	Media	Alta
15	Via delle Rose	Alta	Media	Alta
16	Piazza Vittorio Veneto	Alta	Media	Alta
17	Via San Zenone	Alta	Alta	Alta
18	Via Pastrengo	Alta	Alta	Alta
19	Via Morlotti	Alta	Alta	Alta

Definizione della categoria di suolo

La determinazione del valore di V_{seq} dalle indagini geofisiche di nuova acquisizione e dalle indagini pregresse effettuate all'interno del territorio comunale, consente di definire la categoria di suolo secondo il D.M. 17.01.2018.

Sito	Località	Tipo indagine	V _{seq} (m/s)	Categoria di suolo ai sensi del D.M. 17.01.2018
1	Via Malpensata	MASW	367	B
2	Via San Zenone	MASW	310	C
3	Via Europa	MASW	383	B
4	Via Ugo Foscolo	MASW	333	C
5	Via alle Cave	MASW	311	C
6	Via Antonio Vivaldi	MASW	395	B
7	Via Terzi di Sant'Agata	MASW	473	B
8	Via Ravasio	MASW	413	B
9	Via Brembo	MASW	440	B
10	Via Damiano Chiesa	MASW	406	B
11	Via XXIV Maggio	MASW	428	B
12	Ex colonia elioterapica	MASW	457	B
13	Scuola primaria Sabin	MASW	447	B
14	Campo sportivo comunale "B"	MASW	427	B
15	Via delle Rose	MASW	338	C
16	Piazza Vittorio Veneto	MASW	345	C
17	Via San Zenone	MASW	437	B
18	Via Pastrengo	DH	488	B
19	Via Morlotti	DH	479	B

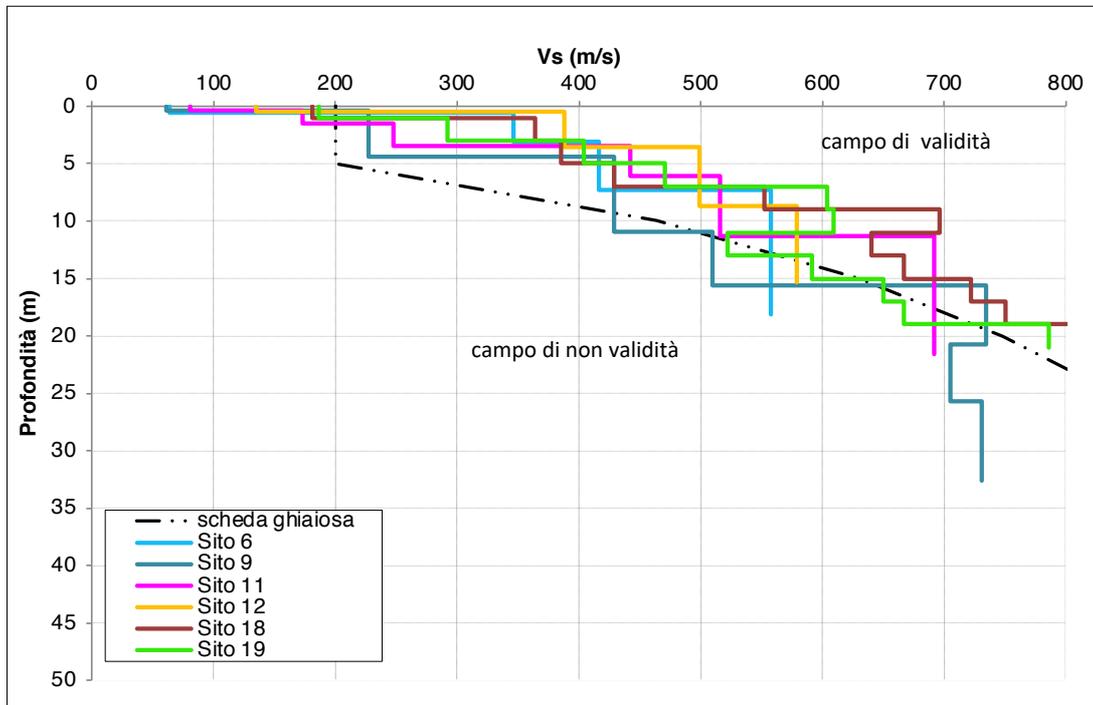
Scheda litologica di riferimento

A fronte del profilo delle Vs elaborato per ciascuna indagine geofisica disponibile e della caratterizzazione litostratigrafica effettuata a livello comunale, le schede di valutazione regionali utilizzate sono:

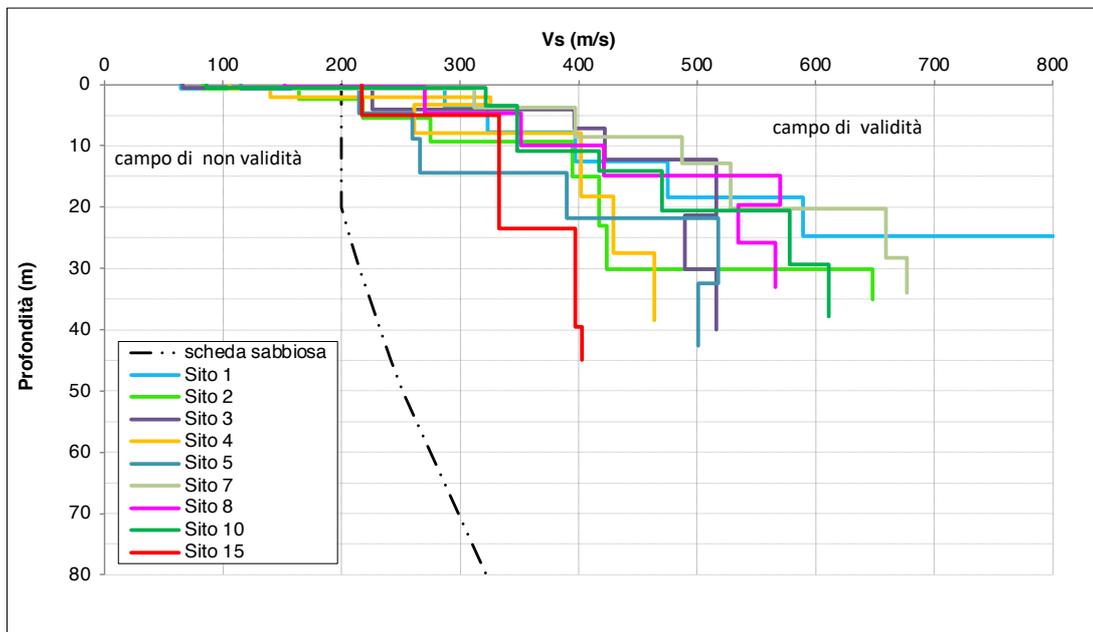
- scheda ghiaiosa (GH);
- scheda sabbiosa (SA);
- scheda limoso-argillosa tipo 1 (LA1);
- scheda limoso-argillosa tipo 2 (LA2).

Si riportano in allegato gli abachi di calcolo.

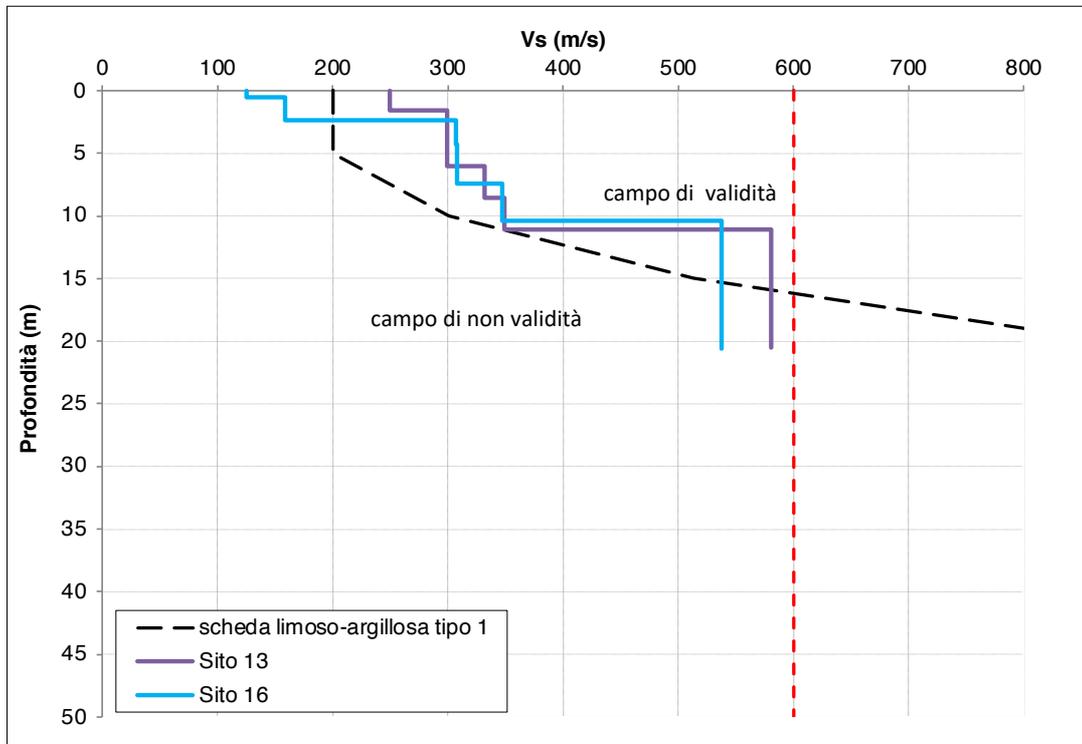
Nei grafici seguenti è visibile il profilo di velocità delle onde di taglio Vs estrapolato dalle indagini geofisiche di riferimento e la curva rappresentativa del limite di validità di ciascuna scheda.



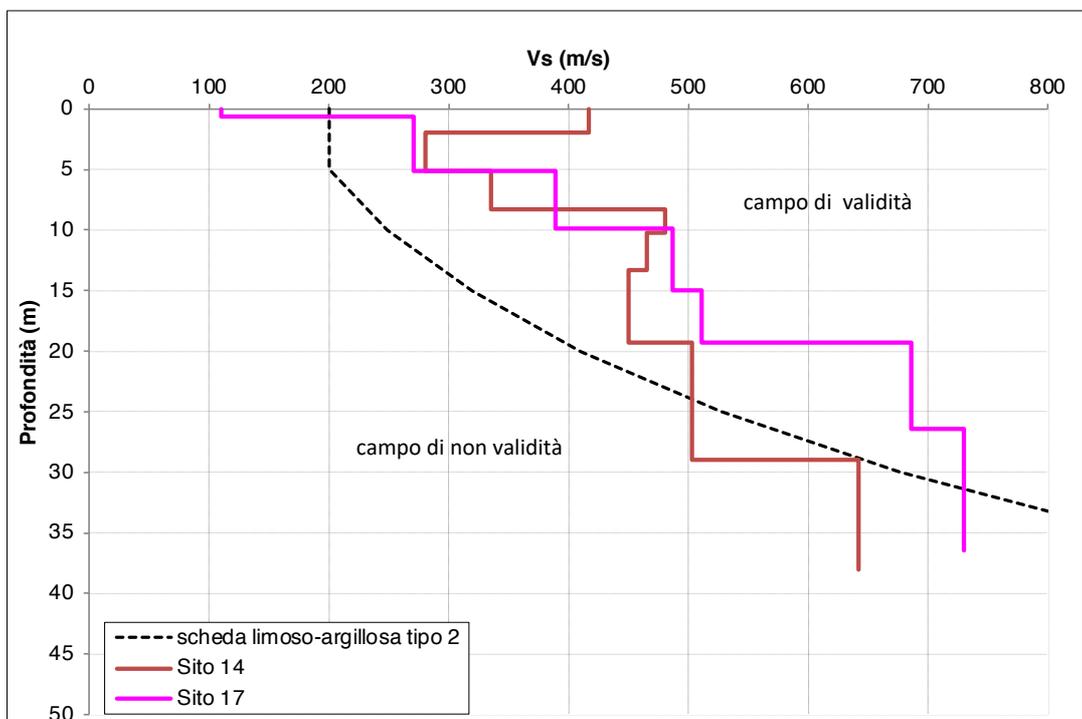
Andamento delle Vs rispetto alla curva rappresentativa della scheda ghiaiosa



Andamento delle Vs rispetto alla curva rappresentativa della scheda sabbiosa



Andamento delle Vs rispetto alla curva rappresentativa della scheda limoso-argillosa tipo 1



Andamento delle Vs rispetto alla curva rappresentativa della scheda limoso-argillosa tipo 2

Calcolo del fattore di amplificazione – FAC

Per ciascuna area investigata, è stato calcolato il periodo T considerando la stratigrafia del terreno fino alla profondità in cui il valore di Vs è uguale o superiore a 800 m/s; il valore di Vs dello strato superficiale è stato considerato con uno spessore non inferiore ai 4 m, come riportato nell'Allegato 5.

Si riportano di seguito i valori di Vs relativi allo strato superficiale, il periodo T, la tipologia di scheda litologica e la curva dell'abaco utilizzata per il calcolo del fattore di amplificazione (FAC).

Sito	Località	Cat. Suolo NTC2018	Vs strato sup. (m/s)	Periodo T	Scheda di valutazione	Curva abaco	FAC _{0,1+0,5}	FAC _{0,5+1,5}
1	Via Malpensata	B	237	0,23	SA	2	1,6	1,3
2	Via San Zenone	C	166	0,38	SA	2	1,7	1,6
3	Via Europa	B	173	0,39	SA	2	1,6	1,6
4	Via Ugo Foscolo	C	212	0,47	SA	2	1,5	1,8
5	Via alle Cave	C	190	0,47	SA	2	1,5	1,8
6	Via Antonio Vivaldi	B	273	0,15	GH	3	1,3	1,1
7	Via Terzi di Sant'Agata	B	329	0,25	SA	2	1,7	1,3
8	Via Ravasio	B	253	0,29	SA	2	1,7	1,4
9	Via Brembo	B	182	0,23	GH	1	1,7	1,1
10	Via Damiano Chiesa	B	299	0,32	SA	2	1,7	1,5
11	Via XXIV Maggio	B	242	0,16	GH	2	1,4	1,1
12	Ex colonia elioterapica	B	397	0,12	GH	3	1,2	1,0
13	Scuola primaria Sabin	B	284	0,20	LA1	2	1,6	1,1
14	Campo sportivo comunale "B"	B	322	0,35	LA2	3	1,8	1,3
15	Via delle Rose	C	217	0,46	SA	2	1,5	1,7
16	Piazza Vittorio Veneto	C	194	0,23	LA1	1	2,0	1,1
17	Ponte di via San Zenone	B	231	0,26	LA2	2	2,0	1,2
18	Via Pastrengo	B	308	0,14	GH	3	1,2	1,0
19	Via Morlotti	B	291	0,16	GH	3	1,3	1,1

9.6 Carta dei fattori di amplificazione nell'intervallo 0,1÷0,5 s

Nella carta dei fattori di amplificazione per l'intervallo 0,1÷0,5 s (Tav. 7a) è stata effettuata una zonizzazione del territorio comunale (urbanizzato ed aree di futura espansione urbanistica) sulla base dei fattori di amplificazione desunti dall'analisi di 2° livello.

Non si esclude che, localmente, le condizioni litostratigrafiche possano essere differenti rispetto a quelle considerate, determinando fattori di amplificazioni diversi da quelli proposti.

I poligoni definiti secondo tale classificazione sono stati sovrapposti alla carta di fattibilità geologica.

Si riportano di seguito i risultati ottenuti.

ANALISI SISMICA II LIVELLO – AMPLIFICAZIONI LITOLOGICHE 0,1-0,5 s					
Sito	Località	Categoria di suolo NTC2018	FAC_{0,1+0,5 s}	FAS_{0,1+0,5 s} (±0,1)	Confronto tra FAC e FAS
1	Via Malpensata	B	1,6	1,5	Verifica soddisfatta
2	Via San Zenone	C	1,7	1,9	Verifica soddisfatta
3	Via Europa	B	1,6	1,5	Verifica soddisfatta
4	Via Ugo Foscolo	C	1,5	1,9	Verifica soddisfatta
5	Via alle Cave	C	1,5	1,9	Verifica soddisfatta
6	Via Antonio Vivaldi	B	1,3	1,5	Verifica soddisfatta
7	Via Terzi di Sant'Agata	B	1,7	1,5	Verifica non soddisfatta
8	Via Ravasio	B	1,7	1,5	Verifica non soddisfatta
9	Via Brembo	B	1,7	1,5	Verifica non soddisfatta
10	Via Damiano Chiesa	B	1,7	1,5	Verifica non soddisfatta
11	Via XXIV Maggio	B	1,4	1,5	Verifica soddisfatta
12	Ex colonia elioterapica	B	1,2	1,5	Verifica soddisfatta
13	Scuola primaria Sabin	B	1,6	1,5	Verifica soddisfatta
14	Campo sportivo comunale "B"	B	1,8	1,5	Verifica non soddisfatta
15	Via delle Rose	C	1,5	1,9	Verifica soddisfatta
16	Piazza Vittorio Veneto	C	2,0	1,9	Verifica soddisfatta
17	Ponte di via San Zenone	B	2,0	1,5	Verifica non soddisfatta
18	Via Pastrengo	B	1,2	1,5	Verifica soddisfatta
19	Via Morlotti	B	1,3	1,5	Verifica soddisfatta

9.7 Carta dei fattori di amplificazione nell'intervallo 0,5÷1,5 s

Nella carta dei fattori di amplificazione per l'intervallo 0,5÷1,5 s (Tav. 7b) è stata effettuata una zonizzazione del territorio comunale (urbanizzato ed aree di futura espansione urbanistica) sulla base dei fattori di amplificazione desunti dall'analisi di 2° livello.

Non si esclude che, localmente, le condizioni litostratigrafiche possano essere differenti rispetto a quelle considerate, determinando fattori di amplificazioni diversi da quelli proposti. I poligoni definiti secondo tale classificazione sono stati sovrapposti alla carta di fattibilità geologica, distinguendo quelli con FAC superiore al valore soglia comunale (FAS) da quelli con FAC minore, così come previsto dalla normativa vigente. Si riportano di seguito i risultati ottenuti.

ANALISI SISMICA II LIVELLO – AMPLIFICAZIONI LITOLOGICHE 0,5-1,5 s					
Sito	Località	Categoria di suolo NTC2018	FAC_{0,5+1,5 s}	FAS_{0,5+1,5 s} (±0,1)	Confronto tra FAC e FAS
1	Via Malpensata	B	1,3	1,7	Verifica soddisfatta
2	Via San Zenone	C	1,6	2,4	Verifica soddisfatta
3	Via Europa	B	1,6	1,7	Verifica soddisfatta
4	Via Ugo Foscolo	C	1,8	2,4	Verifica soddisfatta
5	Via alle Cave	C	1,8	2,4	Verifica soddisfatta
6	Via Antonio Vivaldi	B	1,1	1,7	Verifica soddisfatta
7	Via Terzi di Sant'Agata	B	1,3	1,7	Verifica soddisfatta
8	Via Ravasio	B	1,4	1,7	Verifica soddisfatta
9	Via Brembo	B	1,1	1,7	Verifica soddisfatta
10	Via Damiano Chiesa	B	1,5	1,7	Verifica soddisfatta
11	Via XXIV Maggio	B	1,1	1,7	Verifica soddisfatta
12	Ex colonia elioterapica	B	1,0	1,7	Verifica soddisfatta
13	Scuola primaria Sabin	B	1,1	1,7	Verifica soddisfatta
14	Campo sportivo comunale "B"	B	1,3	1,7	Verifica soddisfatta
15	Via delle Rose	C	1,7	2,4	Verifica soddisfatta
16	Piazza Vittorio Veneto	C	1,1	2,4	Verifica soddisfatta
17	Ponte via San Zenone	B	1,2	1,7	Verifica soddisfatta
18	Via Pastrengo	B	1,0	1,7	Verifica soddisfatta
19	Via Morlotti	B	1,1	1,7	Verifica soddisfatta

10 ANALISI DEL VIGENTE QUADRO DEL DISSESTO E FASCE FLUVIALI E PROPOSTA DI AGGIORNAMENTO CARTA PAI-PGRA

La d.g.r. n. X/6738 del 19.06.2017 – Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione (PGRA) nel settore urbanistico, prevede il recepimento delle mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni di cui al PGRA e il quadro conoscitivo vigente del PAI, in sede di attuazione degli strumenti pianificatori comunali.

Sulla base dei risultati degli studi idraulici effettuati, viene proposto l'aggiornamento della carta PAI-PGRA.

10.1 Elementi di dissesto – Elaborato 2 del PAI vigente

Nel comune di Brembate di Sopra sono presenti aree di esondazione di carattere torrentizio lungo le aste dei corsi d'acqua Lesina, Borgogna e Rino, come individuate nell'Elaborato 2 del PAI e riportate dal Geoportale regionale (Tav. 9a):

- aree a pericolosità molto elevata (fascia Ee): trattasi delle fasce di rispetto dei torrenti Lesina, Borgogna e Rino (fasce di ampiezza pari a 10 m);
- aree a pericolosità media o moderata (fascia Em): aree ricavate in modo geometrico, con un offset di buffer rispetto ai poligoni rappresentativi delle fasce Ee, rispettivamente di 10 m per il torrente Lesina e di 40 m per i torrenti Rino e Borgogna (tranne che per un breve tratto – a sud di via IV Novembre – dove l'offset è ridotto a 10 m).

10.2 Fasce fluviali – Elaborato 8 del PAI

Il fiume Brembo è sottoposto ai vincoli introdotti dal “Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico - Delimitazione delle fasce fluviali”, adottato con Deliberazione n. 18 del 26/4/2001 del Comitato istituzionale dell'Autorità di Bacino ed approvato con D.P.C.M. in data 24.05.20001, per la presenza di fasce fluviali di possibile esondazione, identificate utilizzando i seguenti criteri:

- Fascia A: alveo sede della piena, calcolata con tempo di ritorno di 20 anni, ove fluisce almeno l'80% di tale portata, ovvero costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante la piena. All'esterno di tale fascia la velocità della corrente deve essere minore o uguale a 0,4 m/s (criterio prevalente nei corsi d'acqua mono o pluricursali);
- Fascia B: fascia di esondazione (piena con tempo di ritorno di 200 anni) estesa al territorio con quota topografica corrispondente al livello idrico della piena di riferimento, ovvero sino alle opere idrauliche esistenti o programmate (fascia B di progetto), dimensionate per la stessa portata.
- Fascia C: aree di inondazione per piena catastrofica delimitate sulla base della piena con un tempo di ritorno di 500 anni.

Le fasce PAI, definite dall'Autorità di Bacino del Fiume Po nel 2001, interessano e vincolano alcune porzioni territoriali lungo il corso del fiume Brembo.

Fascia A

La fascia A interessa per lo più l'asta fluviale del fiume Brembo per tutto il tratto entro il territorio comunale di Brembate di Sopra; in sponda destra, la fascia A si estende a comprendere parte della piana di via Brembo: il limite di fascia A coincide con l'argine esistente, realizzato a est dell'edificio comunale dell'ex Colonia elioterapica, il cui tracciato prosegue in direzione SW, parallelamente all'alveo attivo del fiume, fino a chiudersi in località la Marina, nella zona del quagliodromo.

La perimetrazione della fascia A del PAI è stata localmente ripерimetrata in fase di redazione del precedente PGT comunale (anno 2012). Le modifiche apportate, individuate e sottoscritte dal dott. geol. Roberto Madesani, ai sensi dell'art. 27 comma 3 delle norme di attuazione del PAI, sono riconducibili a correzioni morfologiche, con le motivazioni e casistiche di seguito riportate:

- correzioni per palese non corrispondenza geomorfologica identificabile alla scala cartografica 1:10.000 relativa alla CTR Lombardia;
- correzioni per non corrispondenza con elementi minori non presenti alla scala della cartografia PAI;
- correzioni per incongruenze morfologiche riferite all'amministrazione comunale dal Programma Integrato di Intervento "Cava Di Brembate Sopra" – Riorganizzazione e riqualificazione comparto produttivo ex Cava Di Brembate Sopra con recupero ambientale e fruizione pubblica delle aree dismesse.

In particolare nella piana di via Brembo il limite di fascia A è attualmente coincidente con un elemento morfologico artificiale esistente (argine in gabbioni), la cui manutenzione è necessaria per evitare la perdita di corrispondenza con le fasce stesse (come riportato nello studio geologico del 2012). A tal proposito, l'amministrazione comunale ha richiesto ed ottenuto un finanziamento nell'ambito del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), per la realizzazione di interventi di incremento del livello di resilienza dal rischio idraulico dell'edificio comunale dell'ex Colonia elioterapica. Il progetto esecutivo prevede la realizzazione di interventi di ripristino della funzionalità dell'argine esistente, mediante l'utilizzo di materassi idraulici tipo Reno.

Fascia B

La fascia B occupa una ristretta area della ex cava di Brembate di Sopra e la porzione della piana di via Brembo compresa tra l'argine esistente, realizzato ad est della ex Colonia elioterapica, e il piede della scarpata di raccordo con il pianalto su cui sorge l'abitato di Brembate di Sopra.

Fascia C

Nell'ambito del territorio di Brembate di Sopra non sono presenti aree ricadenti in fascia C.

10.3 Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)

Il Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) è lo strumento operativo previsto dalla legge italiana, per individuare e programmare le azioni necessarie a ridurre le conseguenze negative delle alluvioni per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali (d.lgs. n. 49 del 2010), in attuazione della Direttiva Europea 2007/60/CE, "Direttiva Alluvioni".

Il PGRA è stato adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po con delibera n. 4 del 17 dicembre 2015 e definitivamente approvato con d.p.c.m. del 27 ottobre 2016; la prima revisione per il periodo 2022-2027 è stata adottata dalla Conferenza Istituzionale Permanente dell'Autorità di bacino distrettuale del Fiume Po con deliberazione n. 3 del 29 dicembre 2020 e approvata con deliberazione n. 5 del 20 dicembre 2021.

Il PGRA contiene la mappatura delle aree allagabili, classificate sulla base dei seguenti scenari di pericolosità:

- aree P3 (scenario H): alta probabilità – alluvioni frequenti con $Tr=20-50$ anni;
- aree P2 (scenario M): media probabilità – alluvioni poco frequenti con $Tr=100-200$ anni;
- aree P1 (scenario L): bassa probabilità – alluvioni rare con $Tr=500$ anni.

Le mappe identificano ambiti territoriali omogenei distinti per caratteristiche ed importanza del reticolo idrografico, per la tipologia e la gravità dei processi di alluvioni prevalenti ad esso associati:

- Reticolo idrografico principale (RP);

- Reticolo idrografico secondario collinare e montano (RSCM);
- Reticolo idrografico secondario di pianura artificiale (RSP);
- Aree costiere lacuali (ACL).

Le mappe del rischio di alluvioni indicano le potenziali conseguenze negative derivanti dell'evento alluvionale.

Con la DGR X/6738/2017 la Regione Lombardia ha approvato le disposizioni concernenti l'attuazione del PGRA in ambito regionale. In particolare viene evidenziata la necessità di individuare, attraverso la sovrapposizione tra il nuovo quadro conoscitivo derivante dal PGRA e quelli propri del PAI e dello strumento urbanistico comunale vigente (comprensivo di eventuali studi di dettaglio), le aree allagabili, le norme che ne regolamentano l'uso garantendo la tutela di persone e beni.

La DGR X/6378 attribuisce alle aree esondabili individuate lungo il reticolo principale (RP – fiume Brembo) la normativa delle fasce PAI, secondo il seguente schema:

- nelle aree interessate da alluvioni frequenti (aree P3/H) si applicano le limitazioni e prescrizioni previste per la Fascia A dalle norme di cui al "Titolo II – Norme per le fasce fluviali", delle NdA del PAI;
- nelle aree interessate da alluvioni poco frequenti (aree P2/M) si applicano le limitazioni e prescrizioni previste per la Fascia B dalle norme del "Titolo II – Norme per le fasce fluviali", delle NdA del PAI;
- nelle aree interessate da alluvioni rare (aree P1/L) si applicano le disposizioni di cui all'art. 31 delle NdA del PAI.

Per le aree esondabili individuate lungo il reticolo secondario collinare e montano (RSCM – torrenti Lesina, Borgogna, Rino), si applicano invece le norme dell'art. 9 comma 5, 6 e 6 bis delle NdA del PAI, secondo il seguente schema:

- nelle aree interessate da alluvioni frequenti (aree P3/H), si applicano le limitazioni e prescrizioni previste dall'art. 9 comma 5 delle NdA del PAI;
- nelle aree interessate da alluvioni poco frequenti (aree P2/M), si applicano le limitazioni e prescrizioni previste dall'art. 9 comma 6 delle NdA del PAI;

- nelle aree interessate da alluvioni rare (aree P1/L), si applicano le disposizioni di cui dall'art. 9 comma 6 bis delle NdA del PAI.

10.3.1 Mappatura delle aree allagabili vigenti

Ambito Reticolo Principale (RP) – Fiume Brembo

Le aree allagabili classificate sulla base degli scenari di pericolosità da alluvione, individuate lungo l'asta del fiume Brembo (ambito RP) (Tav. 9a), sono così distribuite:

- aree interessate da alluvioni frequenti (scenario P3/H): coinvolgono per lo più l'alveo di piena ordinaria del fiume Brembo e comprendono parte della piana di via Brembo, in destra idrografica. La perimetrazione dello scenario P3/H segue l'andamento dell'argine in gabbioni esistente a ridosso dell'edificio comunale dell'ex colonia elioterapica, per poi ampliarsi a ricomprendere la porzione centrale della piana, fino a raggiungere il piede della scarpata di raccordo con via Puccini;
- aree interessate da alluvioni poco frequenti (scenario P2/M): comprendono, in destra idrografica, una ristretta fascia dell'area interessata dal Programma Integrato di Intervento "Cava Di Brembate Sopra" e la porzione della piana di via Brembo compresa tra la ex colonia elioterapica e il piede della scarpata che delimita il pianalto su cui sorge l'abitato di Brembate di Sopra. In sinistra idrografica occupano una parte dell'area verde che circonda l'aeroporto privato di Valbrembo;
- aree interessate da alluvioni rare (scenario P1/L): coinvolgono la fascia interna del terrazzo fluviale occupato dal Programma Integrato di Intervento "Cava Di Brembate Sopra", e parte del terrazzo su cui sorge la località Ca Derocca.

Ambito Reticolo secondario collinare e montano (RSCM) – Torrente Lesina e Borgogna

Per il reticolo idrografico secondario collinare e montano (ambito RSCM – torrenti Lesina Borgogna-Lesina-Rino), gli scenari di pericolosità idraulica vigenti, sono i seguenti:

- aree interessate da alluvioni frequenti (scenario P3/H): coincidente con la fascia Ee dell'Elaborato 2 del PAI;
- aree interessate da alluvioni poco frequenti (scenario P2/M): assente;
- aree interessate da alluvioni rare (scenario P1/L): coincidente con la fascia Em dell'Elaborato 2 del PAI.

Si rimanda alla Tav. 9a per la rappresentazione di tali aree.

10.4 Proposta di aggiornamento aree PAI-PGRA in ambito RSCM

L'amministrazione comunale di Brembate di Sopra ha commissionato uno studio idraulico sui torrenti Lesina, Borgogna e Rino, nei tratti afferenti al proprio territorio. Lo studio avente come oggetto "Mappatura pericolosità idraulica del reticolo idrografico principale del territorio comunale a supporto della redazione del documento semplificato del rischio idraulico", è stato redatto ai sensi dell'Allegato 4 della d.g.r. 2616/2011 dallo studio di ingegneria Ydros di Bergamo e completato nel maggio 2023.

Sulla base dei risultati dello studio di cui sopra, allegato quale parte integrante al presente documento, è stato proposto un aggiornamento delle aree PAI-PGRA con modifica, in estensione, della delimitazione delle aree di esondazione di carattere torrentizio (Elaborato 2 del PAI) afferenti al Reticolo Secondario Collinare e Montano (ambito RSCM) (Tav. 9b).

La proposta di aggiornamento determina:

- un incremento nell'estensione delle aree a pericolosità molto elevata - fascia Ee PAI e della corrispondente area PGRA - RSCM P3/H, a comprendere alcune porzioni areali situate ad ovest del territorio comunale, rispettivamente a valle delle confluenze dei torrenti Borgogna e Lesina e Lesina e Rino. Limitate aree a pericolosità molto elevata sono state segnalate lungo alcuni tratti dei torrenti Lesina e Borgogna, in particolare in via Erbarola, dove l'esondazione coinvolge in parte l'edificato;
- l'introduzione di aree a pericolosità elevata - fascia Eb PAI e della corrispondente area PGRA - RSCM P2/M a tergo di alcune zone Ee-P3/H;
- un incremento nell'estensione delle aree a pericolosità media o moderata - fascia Em PAI e della corrispondente area PGRA - RSCM P1/L, ad

interessare in particolare una zona a nord, a monte dell'abitato, lungo il torrente Lesina, una seconda area, sempre afferente al Lesina, nella zona abitata di via Erbarola ed una vasta area ad ovest del territorio comunale, lungo il torrente Borgogna ed in corrispondenza della confluenza di Borgogna e Rino nel torrente Lesina.

Le modifiche proposte e le relative previsioni urbanistiche connesse, entreranno in vigore il giorno successivo alla pubblicazione del Decreto del Segretario Generale sul sito istituzionale dell'Autorità di bacino distrettuale.

FASE DI VALUTAZIONE

11 VINCOLI

La carta dei vincoli (Tav. 8a) è stata redatta su tutto il territorio comunale in scala 1:5.000 utilizzando l'aerofotogrammetrico comunale e riportando i vincoli di pertinenza geologica, secondo le indicazioni di cui ai criteri attuativi della l.r. 12/05.

11.1 Quadro del dissesto PAI

Il presente studio apporta modifiche al quadro del dissesto vigente.

In Tav. 8a è riportato il quadro del dissesto PAI vigente e in Tav. 8b la proposta di aggiornamento delle aree soggette ad esondazione di carattere torrentizio lungo le aste dei corsi d'acqua Lesina, Borgogna e Rino, come da studio idraulico allegato. Il quadro del dissesto PAI modificato entrerà in vigore il giorno successivo alla pubblicazione del Decreto del Segretario Generale sul sito istituzionale dell'Autorità di bacino distrettuale, così come previsto dalla d.g.r. 6314 del 26.04.2022.

11.2 Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico – Delimitazione fasce fluviali

Sono state riportate le fasce fluviali del fiume Brembo definite dal PAI (Elaborato 8), approvato con d.p.c.m. 24 maggio 2001: sono individuate le aree ed i limiti esterni delle fasce presenti sul territorio comunale.

11.3 Vincoli di polizia idraulica

Sulla carta dei vincoli sono individuate le fasce di rispetto dai corsi d'acqua perimetrare ai sensi della normativa vigente per il Reticolo Idrico Principale e definite nel Reticolo Idrico Minore comunale vigente (si rimanda al regolamento contenuto nello studio per l'individuazione del Reticolo Idrico Minore per la normativa da attuare per gli interventi sui corsi d'acqua).

11.4 Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile

Per le captazioni ad uso idropotabile asservite alla rete acquedottistica presenti nel territorio di Brembate di Sopra sono state riportate le zone di tutela assoluta e rispetto ai sensi dell'art. 94 del D.Lgs. 152/2006.

La zona di tutela assoluta per i pozzi P1-Colonia e P2-Sottoripa corrisponde alla perimetrazione acquisita dalla documentazione pregressa disponibile ed inserita nel precedente studio geologico, mentre per il pozzo P3 è stato riportato un cerchio di raggio pari a 10 m tracciato dalla bocca del pozzo.

La zona di tutela assoluta deve essere adeguatamente protetta e dev'essere adibita esclusivamente ad opere di captazione o presa e ad infrastrutture di servizio.

La zona di rispetto dei pozzi P1 e P2 e di via IV Novembre (P4) è stata definita con il criterio temporale ed identificata dall'isocrona di 60 giorni (Bettoni M., Mariani A. "Ridelimitazione zone di rispetto di un sistema di pozzi per uso potabile costituito dai pozzi Sottoripa e Colonia", relazione idrogeologica - relazione ambientale, Amm. Comunale di Brembate Sopra, 2007; Bettoni M., Mariani A. "Ridelimitazione zone di rispetto di un pozzo per uso potabile denominato Pozzo Di Via IV Novembre", relazione idrogeologica - relazione ambientale, Amm. Comunale di Brembate Sopra, 2007). Per il pozzo P3, l'area di rispetto è quella già definita con il criterio temporale per i due pozzi P1 e P2, come indicato nella documentazione allegata alla richiesta di concessione presentata nel 2014 dallo Studio Tecno.Geo.

La zona di rispetto è costituita dalla porzione di territorio circostante la zona di tutela assoluta da sottoporre a vincoli e destinazioni d'uso tali da tutelare qualitativamente e quantitativamente la risorsa idrica captata e può essere suddivisa in zona di rispetto ristretta e zona di rispetto allargata, in relazione alla tipologia dell'opera di presa o captazione e alla situazione locale di vulnerabilità e rischio della risorsa. In particolare, nella zona di rispetto sono vietati l'insediamento dei seguenti centri di pericolo e lo svolgimento delle seguenti attività:

- a) dispersione di fanghi e acque reflue, anche se depurati;
- b) accumulo di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi;

- c) spandimento di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi, salvo che l'impiego di tali sostanze sia effettuato sulla base delle indicazioni di uno specifico piano di utilizzazione che tenga conto della natura dei suoli, delle colture compatibili, delle tecniche agronomiche impiegate e della vulnerabilità delle risorse idriche;
- d) dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche proveniente da piazzali e strade;
- e) aree cimiteriali;
- f) apertura di cave che possono essere in connessione con la falda;
- g) apertura di pozzi ad eccezione di quelli che estraggono acque destinate al consumo umano e di quelli finalizzati alla variazione dell'estrazione ed alla protezione delle caratteristiche quali-quantitative della risorsa idrica;
- h) gestione di rifiuti;
- i) stoccaggio di prodotti ovvero, sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive;
- j) centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;
- k) pozzi perdenti;
- l) pascolo e stabulazione 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.

Per gli insediamenti o le attività di cui sopra, preesistenti, ove possibile, e comunque ad eccezione delle aree cimiteriali, sono adottate le misure per il loro allontanamento; in ogni caso deve essere garantita la loro messa in sicurezza. Entro centottanta giorni dalla data di entrata in vigore della parte terza del presente decreto le regioni e le province autonome disciplinano, all'interno delle zone di rispetto, le seguenti strutture o attività:

1. fognature;
2. edilizia residenziale e relative opere di urbanizzazione;
3. opere viarie, ferroviarie e in genere infrastrutture di servizio;
4. pratiche agronomiche e contenuti dei piani di utilizzazione di cui alla lettera c) di cui sopra.

11.5 Vincoli derivanti dal PTR

La normativa definisce che debbano essere identificati i perimetri delle infrastrutture strategiche di interesse regionale (vasche di laminazione) contenute nella Tabella “Progetti di riferimento per le previsioni di infrastrutture per la difesa del suolo” dell’elaborato SO1 “Obiettivi prioritari di interesse regionale e sovra regionale – Obiettivi prioritari per la difesa del suolo” del Piano Territoriale Regionale.

È prevista la realizzazione di una vasca di laminazione sul torrente Lesina, a monte di via Pastrengo.

11.6 Vincoli derivanti dal Programma di Tutela e Uso delle Acque – PTUA 2016

A seguito della adozione del nuovo Programma di Tutela e Uso delle Acque (effettuata con Deliberazione n. 6862 del 12 luglio 2017) e dell'espressione del parere vincolante di competenza dell'Autorità di Bacino distrettuale del Fiume Po, è stato approvato definitivamente il PTUA di Regione Lombardia, con Delibera n. 6990 del 31 luglio 2017, che sostituisce il PTUA approvato nel 2006.

Le attività di studio effettuate nell'ambito della revisione del PTUA hanno permesso una ridelimitazione e riclassificazione dei corpi idrici negli ambiti di pianura e fondovalle del territorio lombardo. Sono quindi state identificate 3 idrostrutture principali di seguito elencate dall’alto verso il basso:

- ISS (Idrostruttura Sotterranea Superficiale), sede dell’acquifero libero;
- ISI (Idrostruttura Sotterranea Intermedia), sede di acquiferi da semiconfinati a confinati;
- ISP (Idrostruttura Sotterranea Profonda), sede di acquiferi confinati.

Dalla consultazione degli elaborati cartografici del PTUA, emerge che il territorio comunale in esame ricade all’interno dell’area di ricarica dell’ISS e dell’ISI; l’estremità meridionale del territorio ricade nell’area di ricarica dell’ISP.

Tali aree sono normate secondo l’art. 94 del D.Lgs. 152/2006 e l’art. 6 del Regolamento Regionale n. 6 del 29 marzo 2019 “Disciplina e regimi amministrativi degli scarichi di acque reflue domestiche e di acque reflue urbane, disciplina dei controlli degli scarichi e delle modalità di approvazione dei progetti degli impianti di trattamento delle acque reflue urbane, in attuazione dell’articolo 52, commi 1, lettere

a) e f bis), e 3, nonché dell'articolo 55, comma 20, della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26 (Disciplina dei servizi locali di interesse economico generale. Norme in materia di gestione dei rifiuti, di energia, di utilizzo del sottosuolo e di risorse idriche”.

11.7 Piano Cave provinciale

Sul territorio comunale di Brembate di Sopra il Piano Cave provinciale individua un ambito estrattivo, con codice ATEg30.

11.8 Geositi

All'interno del territorio comunale di Brembate di Sopra non sono presenti geositi soggetti a forme di tutela.

12 SINTESI

12.1 Criteri

Alla luce delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche riscontrate, tenendo conto dei vincoli che condizionano il territorio, è stata redatta la carta di sintesi alla scala 1:5.000, estesa all'intero territorio comunale (Tav. n. 10).

La carta di sintesi degli elementi di tecnici riporta le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità/vulnerabilità mediante l'individuazione di poligoni che definiscono omogenee porzioni di territorio caratterizzate da pericolosità geologica e geotecnica e vulnerabilità idraulica ed idrogeologica.

Per la delimitazione di tali aree sono stati seguiti i criteri indicati nella direttiva regionale, adattandoli alla realtà comunale integrata con specifiche classificazioni non contemplate nella direttiva stessa.

La sintesi degli elementi di pregiudizio riguardo l'attuazione degli interventi edilizi o di trasformazione d'uso del suolo considerati sono relative ai seguenti ambiti di pericolosità/vulnerabilità:

- Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti;
- Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico;

- Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche;
- Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico.

Con riferimento alla casistica riportata nella sezione 2.2 della DGR IX/2616/2011, i paragrafi seguenti riportano gli elementi di pericolosità/vulnerabilità presenti sul territorio comunale e sintetizzati nella carta di sintesi.

12.2 Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti - "V"

Sono state individuate le aree che presentano problematiche, accertate o potenziali, di instabilità lungo i versanti; sono state riconosciute le seguenti aree omogenee:

- Aree a pericolosità potenziale legata alla presenza di scarpate in depositi granulari (conglomerato) a media-elevata acclività: trattasi delle scarpate a media-elevata acclività che delimitano i terrazzi fluviali presenti sul territorio comunale, caratterizzate da potenziale predisposizione a fenomeni di dissesto gravitativo per la presenza di terreni granulari (conglomerato);
- Aree estrattive: l'ambito estrattivo ATEg30, inserito nel Piano Cave provinciale vigente, è stato oggetto di attività di escavazione ma non sono state concluse le operazioni di recupero ambientale; l'area si presenta parzialmente rivegetata naturalmente, con presenza di scarpate a tratti acclivi.

12.3 Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico - "ldr"

- Aree ad elevata vulnerabilità del primo acquifero: le aree del fondovalle del fiume Brembo, compresi i terrazzi fluviali adiacenti il corso d'acqua sono caratterizzate da elevata vulnerabilità dell'acquifero superficiale; la falda è posta a pochi metri di profondità dal piano campagna, contenuta entro i depositi alluvionali di fondovalle, costituiti da ghiaie e conglomerato a buona-elevata permeabilità.

12.4 Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche - “G”

- Aree con riporti di materiale, aree colmate: sono presenti nella porzione nord-occidentale del territorio comunale, in corrispondenza di pregresse aree scavate.
- Aree con difficoltà di smaltimento o possibile ristagno delle acque meteoriche: in corrispondenza della piana in destra idrografica del torrente Borgogna e di quella in sinistra del torrente Lesina, al confine con Barzana, sono stati evidenziati problemi di difficoltà di smaltimento delle acque meteoriche e potenziali ristagni.

12.5 Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico - “I”

Sono state individuate le aree che presentano problematiche, accertate o potenziali, di vulnerabilità dal punto di vista idraulico; sono state riconosciute le seguenti aree omogenee:

- Fascia A del PAI: è stata riportata la perimetrazione della Fascia A del PAI, come definita dall'Autorità di Bacino del Fiume Po con il recepimento delle osservazioni formulate dal comune di Brembate di Sopra, inerenti specifiche correzioni morfologiche. La fascia coincide per lo più con l'alveo fluviale attivo; in sponda destra comprende parte della piana di via Brembo dove il limite di fascia A coincide con l'argine esistente;
- Scenario P3/H – RP del PGRA: le aree interessate da alluvioni frequenti con Tr 20-50 anni comprendono per lo più l'asta fluviale del fiume Brembo, alveo di piena ordinaria, oltre a parte della piana di via Brembo, fino a raggiungere il piede della scarpata di raccordo con via Puccini.
- Fascia B del PAI: è stata riportata la perimetrazione della Fascia B del PAI come definite dall'Autorità di Bacino del Fiume Po. La fascia B occupa una ristretta area della ex cava di Brembate di Sopra e la porzione della piana di via Brembo.
- Scenario P2/M – RP del PGRA: in destra idrografica comprende una parte dell'area interessata dal Programma Integrato di Intervento “Cava di Brembate Sopra” e la porzione della piana di via Brembo tra la ex colonia elioterapica e il piede della scarpata che delimita il pianalto su cui sorge l'abitato

di Brembate di Sopra. In sinistra idrografica occupa una parte dell'area verde che circonda l'aeroporto privato di Valbrembo.

- Scenario P1/L – RP del PGRA: le alluvioni rare coinvolgono la fascia interna del terrazzo fluviale occupato dal Programma Integrato di Intervento “Cava Di Brembate Sopra”, e parte del terrazzo su cui sorge la località Ca Derocca.
- Aree RSCM P3/H del PGRA e aree a pericolosità molto elevata - fascia Ee del PAI: comprendono alcune porzioni areali ad ovest del territorio comunale, a valle delle confluenze tra i torrenti Borgogna e Lesina, Lesina e Rino, oltre che alcuni limitati tratti areali lungo i dei torrenti Lesina e Borgogna.
- Aree RSCM P2/M del PGRA e aree a pericolosità elevata - fascia Eb del PAI: comprendono fasce territoriali a tergo delle zone RSCM P3/H ed Eb, individuate lungo alcuni tratti dei principali dei torrenti che caratterizzano il territorio comunale, in particolare lungo il corso del Borgogna.
- Aree RSCM P1/L del PGRA e aree a pericolosità media - fascia Em del PAI: caratterizzano parte della porzione occidentale del territorio comunale, interessando aree lungo il primo tratto del torrente Lesina (a nord) ed un'ampia superficie in destra idrografica del torrente Borgogna ed in sinistra del torrente Lesina, a valle delle confluenze di Borgogna e Rino. Sono inoltre presenti nella zona abitata di via Erbarola e via IV Novembre.

FASE DI PROPOSTA

13 CARTA PAI-PGRA

Nella carta del dissesto PAI-PGRA sono stati inseriti gli elementi di dissesto e le aree soggette ad esondazione in caso di eventi di piena, con carattere frequente, a media possibilità di accadimento od eccezionali, secondo il seguente schema:

tipologia di dissesto	pericolosità	Carta PAI-PGRA
Elementi areali		
Dissesto legato ad esondazione torrentizia	H4 H3 H2	Ee – pericolosità molto elevata Eb – pericolosità elevata Em – pericolosità moderata
esondazione ambito RSCM	Tempo di ritorno	carta PAI-PGRA
Aree esondazione da PGRA	20-50	Area P3/H
	100-200	Area P2/M
	500	Area P1/L
esondazione ambito RP	Tempo di ritorno	carta PAI-PGRA
Fasce fluviali – elaborato 8 PAI	20	Fascia A
	200	Fascia B
Aree esondazione da PGRA	20-50	Area P3/H
	100-200	Area P2/M
	500	Area P1/L

Nella tabella seguente è riportata la correlazione tra classi di pericolosità, classi di fattibilità geologica e voci della legenda PAI-PGRA utilizzata in sede di redazione del quadro del dissesto:

Legenda PAI-PGRA	Classe/norma di fattibilità geologica
Esondazioni e dissesti morfologici a carattere torrentizio PGRA ambito Reticolo Secondario Collinare e Montano - RSCM	
Ee - pericolosità molto elevata di esondazione Area a pericolosità P3/H	4
Eb - pericolosità elevata di esondazione Area a pericolosità P2/M	3
Em - pericolosità moderata di esondazione Area a pericolosità P1/L	2
Fasce fluviali	
Fascia A (titolo II delle NdA del PAI)	A
Fascia B (titolo II delle NdA del PAI)	B
PGRA ambito Reticolo Principale – RP	
Area a pericolosità P3/H (titolo V delle NdA del PAI)	A
Area a pericolosità P2/M (titolo V delle NdA del PAI)	B
Area a pericolosità P1/L (titolo V delle NdA del PAI)	C

13.1 Proposta di aggiornamento della carta PAI-PGRA

Le aree di dissesto ed esondazione per il reticolo secondario collinare e montano sono state modificate, in estensione, recependo le risultanze dello studio idraulico realizzato, allegato al presente documento.

Le aree allagabili sono state riportate su un doppio elaborato cartografico; sono state rappresentate sia le aree allagabili derivanti dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) vigente, sia quelle proposte e perimetrate dallo studio idraulico eseguito lungo le aste dei torrenti Lesina, Borgogna e Rino. La cartografia allegata comprende i seguenti elaborati:

- Tav. 9a carta “PAI-PGRA vigente” con le delimitazioni delle fasce fluviali PAI, le aree in dissesto e le aree allagabili PGRA per i tempi di ritorno previsti, che costituirà parte integrante dello Strumento Urbanistico;
- Tav. 9b carta “PAI-PGRA - proposta di aggiornamento” che, congiuntamente allo studio idraulico eseguito, verrà trasmessa all’Autorità di Bacino per espressione di parere del Segretario Generale.

Le modifiche proposte e le relative previsioni urbanistiche connesse, entreranno in vigore il giorno successivo alla pubblicazione del Decreto del Segretario Generale sul sito istituzionale dell’Autorità di bacino distrettuale.

14 FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO

La carta di fattibilità è stata redatta su tutto il territorio comunale alla scala 1:5.000 (Tav. 11).

La carta di fattibilità, compilata nel rispetto delle indicazioni 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 legge regionale 11 marzo 2005 n. 12” e s.m.i., ha attribuito un valore di fattibilità a ciascuna area individuata nella carta di sintesi.

La fattibilità geologica non riporta gli elementi puntuali individuati nella carta del dissesto o nella carta geomorfologica, riconducibili ad elementi non fedelmente cartografabili, non perimetrabili.

Le classi di fattibilità sono raggruppate in quattro classi, distinte in base alle condizioni di criticità rilevate.

La carta di sintesi evidenzia la presenza di porzioni territoriali ove sono presenti più problematiche contemporaneamente: in questi casi, nella carta di fattibilità, vengono attribuiti più valori di fattibilità quando le pericolosità naturali non interagiscono fra loro; nelle aree nelle quali sono indicate contemporaneamente due classi di fattibilità, valgono entrambe le normative.

Al mosaico della fattibilità sono sovrapposte, con apposito retino trasparente, le aree soggette ad amplificazione sismica locale con $FAC > FAS$. Tale sovrapposizione non comporta un cambio della classe di fattibilità geologica, ma rimanda alla normativa specifica riportata nelle norme geologiche di piano.

14.1 Criteri di attribuzione delle classi di fattibilità

L’attribuzione dei valori di fattibilità alle differenti aree omogenee individuate nella carta di sintesi, ha tenuto conto 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 legge regionale 11 marzo 2005 n. 12”.

Di seguito si riporta uno schema indicante la classe di fattibilità attribuita a ciascuna area omogenea individuata nella sintesi, differenziandole secondo le problematiche riscontrate.

Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti "V"	Classe
Aree a pericolosità potenziale legata alla presenza di scarpate in depositi granulari (conglomerato) a media-elevata acclività	3aV
Aree estrattive	3bV

Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico "ldr"	Classe
Aree ad elevata vulnerabilità del primo acquifero	2 ldr

Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche "G"	Classe
Aree con riporti di materiale, aree colmate	3G
Aree con difficoltà di smaltimento delle acque meteoriche di dilavamento superficiale	2G

Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico "I"	Classe
Aree ricadenti in Fascia A del PAI	
Aree interessate da alluvioni frequenti – scenario P3/H (RP)	4a I
Aree Ee dell'Elaborato 2 del PAI; aree interessate da alluvioni frequenti – scenario P3/H (RSCM)	4bI
Aree ricadenti in Fascia B del PAI	
Area interessate da alluvioni poco frequenti – scenario P2/M (RP)	3a I
Aree Eb dell'Elaborato 2 del PAI; aree interessate da alluvioni poco frequenti – scenario P2/M (RSCM)	3b I
Aree interessate da alluvioni rare – scenario P1/L (RP)	2a I
Aree Em dell'Elaborato 2 del PAI; aree interessate da alluvioni rare – scenario P1/L (RSCM)	2b I




DOTT. GEOL. CORRADO REGUZZI

Villa d'Almé (BG), febbraio 2025

15 ALLEGATI

- All. 1 Dati e grafici prove penetrometriche dinamiche DPSH di nuova acquisizione
- All. 2a Metodologie di indagine MASW e HVSR
- All. 2b Dati e grafici MASW di nuova acquisizione
- All. 2c Dati e grafici HVSR di nuova acquisizione
- All. 3 Abachi di calcolo del fattore di amplificazione sismica
- All. 4 Studio idraulico 2023 “Mappatura della pericolosità idraulica dei torrenti Lesina, Borgogna e Rino” redatto dallo Studio di Ingegneria Ydros

16 ELABORATI CARTOGRAFICI

- Tav. 1 Carta geologica con elementi di pedologia – scala 1:5.000
- Tav. 2 Carta geomorfologica – scala 1:5.000
- Tav. 3 Carta litotecnica con individuazione delle indagini in sito – scala 1:5.000
- Tav. 4 Carta idrografica con elementi di idrogeologia – scala 1:5.000
- Tav. 5 Carta delle aree allagabili lungo i torrenti Lesina, Borgogna e Rino – scala 1:3.500
- Tav. 6 Carta della pericolosità sismica locale – scala 1:5.000
- Tav. 7a Analisi sismica 2° livello – Scenario Z4a – Carta dei fattori di amplificazione sismica nell’intervallo 0,1-0,5 s – scala 1:5.000
- Tav. 7b Analisi sismica 2° livello – Scenario Z4a – Carta dei fattori di amplificazione sismica nell’intervallo 0,5-1,5 s – scala 1:5.000
- Tav. 7c Analisi sismica 2° livello – Scenario Z3a – Carta dei fattori di amplificazione sismica nell’intervallo 0,1-0,5 s – scala 1:5.000
- Tav. 8a Carta dei vincoli – scala 1:5.000
- Tav. 8b Carta dei vincoli – proposta aggiornamento – scala 1:5.000
- Tav. 9a Carta PAI-PGRA – scala 1:5.000
- Tav. 9b Carta PAI-PGRA – proposta aggiornamento – scala 1:5.000
- Tav. 10 Carta di sintesi – scala 1:5.000
- Tav. 11 Carta di fattibilità geologica per le azioni di piano – scala 1:5.000