Comune di Brusaporto

Provincia di Bergamo



PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

DOCUMENTO DI PIANO E PIANO DELLE REGOLE

COMPONENTE GEOLOGICA IDROGEOLOGICA E SISMICA

(redatto ai sensi della d.g.r. 30 novembre 2011 - n. IX /2616 e s.m.i. e d.g.r. 19 giugno 2017 - n. X/6738)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Committente: **Amministrazione Comunale di Brusaporto**

Bergamo, aprile 2026

Dott. Geol. Gianluigi Nozza

ORDINE DEI GEOLOGI della LOMBARDIA
Dr. Geologo
GIANLUIGI
NOZZA
n. 984

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

INDICE

1 PREMESSA 11

2 RIFERIMENTI NORMATIVI 12

3 APPROCCIO METODOLOGICO 12

3.1. Fase di analisi 13

3.2. Fase di sintesi/valutazione 14

3.3. Fase di proposta 14

4 INQUADRAMENTO TERRITORIALE E CLIMATICO 15

4.1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE 15

4.2. CARATTERIZZAZIONE CLIMATICA 17

4.2.1 Precipitazioni 21

4.2.2 Temperature 25

4.2.3 Anemometria 28

4.2.4 Piogge caratteristiche 33

5 FASE DI ANALISI 36

5.1. ASSETTO STRUTTURALE 36

5.1.1 Assetto strutturale alla macroscala 36

5.1.2 Assetto strutturale alla mesoscala 39

5.1.3 Cenni di neotettonica 42

5.1.4 Lineamenti strutturali locali 43

5.2. ASSETTO GEOLOGICO 46

5.2.1 Carta geologica della provincia di Bergamo 47

5.2.2 Carta geologica del progetto carg 55

5.3. ASSETTO GEOMORFOLOGICO 62

5.4. CARATTERI PEDOLOGICI 68

5.5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA 75

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

5.5.1 Monitoraggio interferometrico delle deformazioni verticali del territorio comunale 79

5.5.2 Analisi delle deformazioni differenziali nel complesso residenziale “le querce” - ex circolo ippico 87

5.6. ELEMENTI IDROGRAFICI ED IDROLOGICI 90

5.6.1 Reticolo consortile (Consorzio di Bonifica della media pianura bergamasca) 91

5.6.2 Reticolo Minore di competenza comunale 96

5.6.3 Episodi di allagamento di alcune zone del centro abitato adiacenti il canale 23 99

5.6.4 Conoscenze pregresse, interventi ed ipotesi di miglioramento 108

5.6.5 Cartografia Pai-PGRA 116

5.7. ELEMENTI IDROGEOLOGICI 122

5.7.1 Struttura idrogeologica alla macroscala 122

5.7.2 Limiti del Modello Macro-Regionale 127

5.7.3 Il Piano di Tutela delle acque – ptua 2025 130

5.7.4 Struttura idrogeologica locale 137

5.7.5 Piezometrie 141

5.7.6 Soggiacenza dell’acquifero freatico 144

5.7.7 Permeabilità sub-superficiale 146

5.7.8 Captazioni presenti sul territorio comunale 150

5.7.9 Qualità delle acque potabili 154

5.7.10 Elementi di criticità idrogeologica locale: ex discarica scorie di fonderia e conseguenze sulle matrici ambientali 159

5.7.11 Valutazione qualitativa della vulnerabilità idrogeologica dell’acquifero per mezzo del Modello SINTACS 160

5.8. PERICOLOSITA’ SISMICA 163

5.8.1 PERICOLOSITA’ SISMICA DI BASE DEL TERRITORIO COMUNALE 164

5.8.2 Sismicità storica 164

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

5.8.3 STRUTTURE SISMOGENETICHE LOCALI 167
5.8.4 MODELLO DI PERICOLOSITÀ SISMICA – MPS04-S1 171
5.8.5 Curva di pericolosità 173
5.8.6 Spettri a pericolosità uniforme 174
5.8.7 Grafico di disaggregazione M-R 175
5.8.8 INTEGRAZIONI ALLA PERICOLOSITA' SISMICA DI SITO PREVIGENTE DEL TERRITORIO COMUNALE 177
6 FASE DI SINTESI / VALUTAZIONE 181
6.1. CARTA DEI VINCOLI 182
6.1.1 Vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino ai sensi della l. 183/89 182
6.1.2 Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile 182
6.1.3 Vincoli derivanti dal PTR: Infrastrutture strategiche di interesse regionale (vasche di laminazione) 182
6.1.4 Geositi 182
6.1.5 Vincoli di polizia idraulica di cui alla DGR VII/7868/2002 e smi 183
6.1.6 VINCOLI DERIVANTI DAL PROGRAMMA DI TUTELA E USO DELLE ACQUE (PTUA 2025) 183
6.1.7 Vincoli relativi alle aree allagabili – dgr x/6738 del 19 giugno del 2017 185
6.1.8 Vincoli e fasce di salvaguardia idraulica ed idrogeologica 185
6.2. CARTA DI SINTESI 186
7 FASE DI PROPOSTA 188
7.1. CARTA DI FATTIBILITÀ PERLE AZIONI DI PIANO 188
7.2. DESCRIZIONE DELLA CARTOGRAFIA PRODOTTA 192
8 NORME GEOLOGICHE DI PIANO 199
8.1. NORME DI CARATTERE GENERALE 200
8.1.1 Caratterizzazione geologica, geotecnica e sismica dei terreni di fondazione 200

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

8.1.2 Pianificazione e tutela idraulica del territorio 201

8.1.3 DISCIPLINA DEGLI INTERVENTI IN AREE INDUSTRIALI DISMESSE E CRITERI DI RIPARTO DELLE COMPETENZE 202

8.2. NORME DERIVANTI DALLA CARTOGRAFIA GEOLOGICA DI PGT 203

8.2.1 Normativa derivante dalla carta dei vincoli 204

8.2.2 Norme di attuazione del pgt relative alla componente sismica 212

8.2.3 Prescrizioni di fattibilità geologica 213

9 ALLEGATI 223

10 BIBLIOGRAFIA 223

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Ubicazione del comune di Brusaporto su CTRL 16

Figura 2: estratto cartografia Dusaf 7.0 16

Figura 3: suddivisione climatica basata sullo schema Koppen-Geiger 17

Figura 4: variazione della temperatura media della stazione di Milano Brera dall'inizio delle rilevazioni 19

Figura 5: anomalie della temperatura media annua rilevate dalla stazione di Milano Brera 20

Figura 6: anomalie di precipitazioni annue rilevate dalla stazione di Milano Brera 21

Figura 7: Carta delle precipitazioni minime annue del territorio di pianura della Regione Lombardia (registrate nel periodo 1891 – 1990). 22

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Figura 8: Carta delle precipitazioni medie annue del territorio di pianura della Regione Lombardia (registrate nel periodo 1891 – 1990). 22

Figura 9: Carta delle precipitazioni massime annue del territorio di pianura della Regione Lombardia (registrate nel periodo 1891 – 1990). 23

Figura 10: dati di precipitazione storici della stazione di Bergamo in via Stezzano (ex maiscoltura) 23

Figura 11: andamento delle temperature medie mensili tra il 1951 e il 2004 alla stazione di Bergamo San Fermo 27

Figura 12: andamento delle temperature medie annuali tra il 1951 e il 2004 alla stazione di Bergamo San Fermo 27

Figura 13: Andamento velocità dei venti nella stazione di Bergamo (fonte ARPA). 30

Figura 14: distribuzione di frequenza delle direzioni dei venti (stazione di Bergamo via Stezzano 1993 - 2026) 30

Figura 15: grafico della rosa dei venti con percentuali di frequenza 31

Figura 16: formulazione analitica delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica tra 1 e 24 ore 35

Figura 17: parametri di riferimento per il calcolo dell'altezza di pioggia attesa 35

Figura 18: altezze di pioggia attese (mm) in funzione della durata dell'evento e del tempo di ritorno 36

Figura 19: schema di formazione di un bacino di foreland 37

Figura 20: assetto strutturale profondo del bacino padano 38

Figura 21: sezione schematica della struttura profonda del bacino padano 38

Figura 22: carta strutturale del bacino padano. In rosso l'ubicazione dell'abitato di Brusaporto 41

Figura 23: legenda di Figura 22 42

Figura 24: sezione tettono-stratigrafica interpretativa del sottosuolo di Brusaporto 42

Figura 25: sezione geologica da Nord a Sud tra la collina di Albano e il Monte Tomenone 45

Figura 26: schema strutturale del territorio della collina di Brusaporto da Bersezio et alii 1990 46

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Figura 27: estratto della carta geologica della provincia di Bergamo.....46

Figura 28: estratto della Carta Geologica della Provincia di Bergamo (FORCELLA F. & JADOUL F., 2000). Legenda: 94b Unità di Cologno (Complesso del Serio) – 117 Complesso di Palazzago – 52 Flysch di Pontida - 53 Arenarie di Sarnico, 54 Conglomerato di Sirone, 55 Flysch di Bergamo. 47

Figura 29: estratto delle Basi Informative Ambientali della Pianura relative alla carta geomorfologica 64

Figura 30: frana di località Cascina Testa, elementi geomorfologici visibili al 2015 65

Figura 31: frana di cascina Testa al 2024, sono visibili fratture recenti. 66

Figura 32: frana fontanelli al marzo 2014.....67

Figura 33: comportamento dei Persistent Scatterers della rete COSMO-SkyMed per Brusaporto ...81

Figura 34: distribuzione di frequenza delle velocità di spostamento dei permanent scatterers nel territorio comunale.....81

Figura 35: Persistent Scatterers nella zona di cava Milesi.....82

Figura 36: zona in sollevamento (punti blu) nella zona del P.I.P. 84

Figura 37: velocità massima di sollevamento annuale (20,36 mm) all'estremità occidentale del comparto P.I.P. di Brusaporto.....85

Figura 38: velocità media di sollevamento del comparto più critico del P.I.P. dal 2020 al 2024 85

Figura 39: Estratto planimetrico di dettaglio del comparto industriale (Brusaporto) su fotogrammetrico, ricavato mediante elaborazione vettoriale in ambiente GIS. La mappa isola esclusivamente i vettori COSMO-SkyMed (Banda X, periodo 2010-2014) caratterizzati da una velocità critica di sollevamento superiore alla soglia di background (VEL > 5 mm/anno). La distribuzione spaziale dei punti così filtrati perimetra fedelmente la sagoma del riempimento antropico reattivo della ex cava "Marell scavi", evidenziando un tasso deformativo in progressiva crescita da nord a sud, fino al picco massimo di 20.36 mm/anno registrato sul settore meridionale del fabbricato. 86

Figura 40: vistose deformazioni della sede stradale nei pressi dell'area della discaria di scorie.....87

Figura 41: serramenti distrutti e tamponamenti deformati.....87

Figura 42: permanent scatterers nella zona del complesso residenziale “Le querce”, ex circolo ippico 89

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Figura 43: andamento medio dei cedimenti rilevati dai PS nel comparto residenziale "Le querce" nel quadrienno 2020 2024, si noti la riduzione netta della velocità di cedimento con l'esaurirsi dei fenomeni di consolidazione 89

Figura 44: schema dell'idrografia che insiste nel territorio comunale..... 90

Figura 45: roggia Piccialunga e Ponchione..... 91

Figura 46: Ramo Bolghera, diramazione della roggia Borgogna Est 92

Figura 47: Roggia Roncaglia 93

Figura 48: Roggia Bagnatica Cattanea..... 93

Figura 49: Roggia Passi Albana..... 94

Figura 50: Roggia Bagnatica Brusaporto..... 94

Figura 51: localizzazione della scheda di intervento 44 95

Figura 52: previsioni di progetto del piano comprensoriale di bonifica 95

Figura 53: estratto del RIM di Brusaporto 97

Figura 54: estratto della cartografia del RIM comunale 98

Figura 55: direttrici di deflusso superficiale 100

Figura 56: allagamenti autorimesse e locali interrati in Via Tomenone, sono in corso operazioni di pompaggio..... 101

Figura 57: inizio tratto intubato attraversamento di Via Vigna, sezione di deflusso inadeguata e conseguenze 102

Figura 58: Via Vigna, strada completamente allagata dalle acque provenienti da Via Cantalupa .. 102

Figura 59: direttrici di scorrimento superficiale Via Garibaldi..... 103

Figura 60: Largo donatori a sx, e via Garibaldi a dx 103

Figura 61: direttricci di deflusso principali delle acque di ruscellamento superficiale 104

Figura 62: acque di scorrimento selvagge, immediatamente a Nord dell'intersezione con Via dei Colli 105

Figura 63: via per Albano allagata..... 105

Figura 64: direttrici di deflusso delle acque di tracimazione del canale 23 106

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Figura 65: straripamento lungo la via di accesso alla piattaforma ecologica in adiacenza al canale 34. 107

Figura 66: allagamento lungo la via di accesso alla piattaforma ecologica 107

Figura 67: sommersione della pista ciclopedonale (anno 2016?) nella zona dove è stata realizzata la vasca di laminazione 108

Figura 68: tratto del RIM di Brusaporto oggetto di rilievo 109

Figura 69: ubicazione vasca di laminazione realizzata in comune di Brusaporto 113

Figura 70: deficit stimato tra volumi in ingresso e in uscita alla vasca di laminazione 116

Figura 71: estratto della Carta PGRA vigente (ridisegnato da Geoportale Lombardia) 119

Figura 72: dati sottostanti i due scenari di pericolosità H ed M relativa al PGRA di Brusaporto ... 120

Figura 73: banca data alfanumerica associata allo shape PGRA del Reticolo Secondario di Pianura 122

Figura 74: schema dei rapporti stratigrafici e descrizione idrogeologica del sottosuolo padano lombardo. 123

Figura 75: schema delle principali litozone del sottosuolo padano e relativi acquiferi 124

Figura 76: schema idrogeologico della pianura padana. 126

Figura 77: stratigrafia del pozzo ad uso idropotabile Aqualis, in comune di Ghisalba 130

Figura 78: Sezione 1 Adda Oglio PTUA 2025 132

Figura 79: Sezione 2 Adda Oglio PTUA 2025 133

Figura 80: tracce delle sezioni riportate 134

Figura 81: estratto della tavola 11A del PTUA, (in violetto i comuni inseriti nelle aree di riserva) 136

Figura 82: schema semplificato delle unità stratigrafiche/idrogeologiche riconoscibili nel territorio comunale 139

Figura 83: serie idrogeologica tipo della pianura bergamasca, riconoscibile anche nel territorio di Brusaporto 140

Figura 84: carta della soggiacenza dell'acquifero freatico 146

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Figura 85: permeabilità superficiale dei suoli di Brusaporto 149

Figura 86: elenco pozzi ricadenti in Brusaporto, presente nella banca dati SITER della Provincia di Bergamo 150

Figura 87: schema degli acquedotti intercomunale gestiti da Uniacque 154

Figura 88: analisi chimica del 31/12/2025 alla fontanella del Cimitero di Brusaporto 157

Figura 89: sismicità storica in un intorno di 50 km rispetto a Brusaporto a partire dall'anno 1000 fino al 2026 per i terremoti con intensità epicentrale ≥ 4 165

Figura 90: sismicità storica del sito per Mw ≥ 4 a partire dall'anno 1000 fino al 2026 166

Figura 91: elenco degli eventi sismici rilevati nel territorio di Brusaporto con effetti rilevati (NF = Not Felt) 167

Figura 92: strutture sismogenetiche presenti nel sottosuolo. L'area di Brusaporto p colorata in giallo 168

Figura 93: scheda del database DISS per la struttura ITCS010 170

Figura 94: scheda del database DISS per la struttura ITCS002 171

Figura 95: modello di pericolosità sismica del territorio nazionale per il comune di Brusaporto. I colori indicano il valore di scuotimento (PGA o Peak Ground Acceleration) espressi in frazioni di g (acc. gravità) 172

Figura 96: curva di pericolosità per frequenza annuale di eccedenza 173

Figura 97: valori di accelerazione per frequenza annuale di eccedenza 173

Figura 98: grafico di disaggregazione bidimensionale M-R per il sito in esame 175

Figura 99: disaggregazione in termini di PGA in formato tabellare con i relativi valori medi. 176

Figura 100: contributo % alla pericolosità sismica nel grafico di disaggregazione 3D - Magnitudo – Distanza 177

Figura 101: carta dell'acclività del territorio comunale, la legenda è espressa in gradi 190

Figura 102: codici di classificazione delle problematiche geologiche evidenziate dalla carta di fattibilità 193

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

1 PREMESSA

Il comune di Brusaporto disponeva di uno studio geologico a supporto del PGT a firma del Dott. Geol. Pedrali Carlo alquanto datato (1997 con integrazione della componente sismica nel 2009). Tale studio non risultava del tutto adeguato alle numerose normative e disposizioni di legge deliberate successivamente a quella data, ed in particolare alla d.g.r. n. IX/2616 del 2011 che ha ridefinito gli stessi criteri per la redazione della componente geologica nella pianificazione comunale.

Si evidenzia inoltre che dal 1997 in poi si sono resi disponibili studi ed informazioni più recenti che il presente studio ha provveduto ad integrare.

Per quanto concerne la componente sismica radatta sempre dal Dott. Pedrali, si è reso necessario un aggiornamento cartografico della Carta della Pericolosità Sismica Locale:

- per uniformare la simbologia e la legenda alle vigenti specifiche tecniche della DGR IX/2616,
- integrare alcune aree Z2a legate a colmate di aree di cava,
- correggere locali incongruenze di attribuzione degli scenari PSL eliminando in particolare la sovrapposizione su gran parte del territorio comunale degli ambiti Z2b (non riconosciuti) e Z4d.

Tuttavia, dato che le suddette rettifiche non influiscono sull'applicazione delle procedure di secondo livello (stima del fattore di amplificazione Fa), queste ultime sono state mantenute e le relativ prescrizioni sono pertanto confluite nelle relative Norme Geologiche di Piano. Per i dettagli dell'applicazione della procedura di secondo livello sugli effetti di amplificazione di sito, si rimanda pertanto alla relazione originaria del Dott. Pedrali.

Per quanto concerne le Norme Sismiche, queste sono state modificate eliminando i riferimenti agli scenari di PSL previgenti, che non sono stati più confermati.

Al fine di consentire una più agevole consultazione di tali norme, queste ultime sono state riassunte (con i relativi adeguamenti) nella sezione delle Norme Geologiche di Piano.

Il presente documento rappresenta pertanto il nuovo Studio Geologico a supporto dello strumento di Pianificazione comunale, con adeguamento parziale della componente sismica nella sola carta della PSL e nelle relative Norme di Piano.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

La **componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio (PGT)** è redatta in conformità alle metodologie contenute nei criteri attuativi dell'art. 57 della l.r. n. 12 del 2005. I criteri attuativi sono stati definiti e aggiornati con i seguenti provvedimenti:

- d.g.r. n. 40996 del 1999 - Legende di riferimento per la cartografia della componente geologica dei PGT
- d.g.r. n. 2616 del 2011 - Criteri per la redazione della componente geologica
- d.g.r. n. 6738 del 2017 - Attuazione del PGRA nel settore urbanistico e della pianificazione dell'emergenza
- d.g.r. n. 470 del 2018 - Semplificazione delle procedure per le varianti di adeguamento al PAI e PGRA
- d.g.r. n. 6314 del 2022 - Modifica delle procedure per l'approvazione degli aggiornamenti ai piani di bacino proposte dai Comuni
- d.g.r. n. 6702 del 2022 - Dati e studi di riferimento per la componente geologica dei PGT
- d.g.r. n. 7564 del 2022 - Integrazione dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT relativa al tema degli sprofondamenti (sinkhole)
- d.g.r. n. 3007 del 2024 - Studi e dati geografici di riferimento per la componente geologica dei PGT e della pianificazione di protezione civile

3 APPROCCIO METODOLOGICO

Al fine di garantire la coerenza della struttura del documento con le prescrizioni della Dgr IX/2616/2011, si è deciso di operare procedendo all'aggiornamento di tutti gli elaborati, anche al fine di inserirvi le più recenti conoscenze relative al territorio comunale.

Si è quindi adottato lo schema metodologico stabilito dalla DGR IX/2616/2011, suddividendo le attività in tre fasi:

(1) fase di inquadramento/analisi (esclusa la pericolosità sismica di sito, già oggetto di un rapporto a firma dello scrivente),

(2) fase di sintesi/valutazione

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

(3) fase di proposta; rispetto ai documenti che compongono il PGT, ai sensi dell'art. 57 della LR 12/2005 gli elaborati della prima fase sono parte integrante del Documento di Piano, quelli delle ultime due fanno parte del Piano delle Regole.

3.1. Fase di analisi

La fase di analisi è consistita principalmente nella raccolta e nell'analisi critica di tutti gli studi di interesse presenti in bibliografia, molti dei quali pubblicati successivamente alla stesura della componente geologica redatta dal Dott. Pedrali.

L'amministrazione Comunale ha fornito il materiale a sua disposizione, consistente nelle previsioni di piano, nella cartografia di base, in studi e relazioni pregressi. Sono state prese in esame in particolare e indagini geologiche, idrogeologiche e geotecniche effettuate nel corso degli ultimi anni a supporto degli interventi edilizi sul territorio.

Sono stati consultati inoltre gli studi generali di cui alla d.g.r. n. 6702 del 2022 - Dati e studi di riferimento per la componente geologica dei PGT e tutti i dati cartografici reperibili presso il geoportale di Regione Lombardia.

Gli elaborati cartografici e testuali prodotti nella della fase di inquadramento/analisi sono elencati di seguito:

- Relazione illustrativa: rappresentata dal presente documento
- Tav. 1 – Carta geologica basata sulla cartografia geologica del progetto CARG alla scala 1:50000 con estratto della carta geologica edita dalla Provincia di Bergamo
- Tav. 2 – Carta geomorfologica
- Tav. 4 – Carta pedologica sulla base degli studi Ersaf
- Tav. 5 – Carta di prima caratterizzazione geotecnica
- Tav. 6 – Carta dell'idrografia superficiale
- Tav. 7 – Carta delle aree allagabili basata sullo studio "Morletta" di Idroprogetti (proposta di modifica PAI-PGRA)
- Tav. 8 – Carta della permeabilità superficiale dei terreni
- Tav. 9 – Carta delle isopiezometriche
- Tav. 10 – Carta idrogeologica della base degli acquiferi

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

- Tav. 11 – Carta idrogeologica delle isopache degli acquiferi
- Tav. 12 – Carta idrogeologica delle aree di ricarica
- Tav. 13 – Carta della soggiacenza della falda freatica
- Tav. 14 – Sezioni idrogeologiche

3.2. Fase di sintesi/valutazione

La fase di sintesi/valutazione è consistita nell'analisi critica delle informazioni raccolte e cartografate. Dall'incrocio tra i diversi fattori ambientali è stato possibile evidenziare le zone a maggior criticità e produrre le seguenti cartografie:

- Tav. 15 – Carta dei vincoli a carattere geologico
- Tav. 16 – Carta di sintesi degli elementi tecnici

3.3. Fase di proposta

La fase propositiva che è seguita, ha permesso la redazione dei seguenti elaborati:

- Tav. 17 – Carta della fattibilità geologica per le azioni di piano con scenari di PSL
- Norme geologiche di piano: contenenti la normativa d'uso della carta di fattibilità e le indicazioni a carattere sismico, nonché il richiamo alla normativa derivante dalla carta dei vincoli.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

4 INQUADRAMENTO TERRITORIALE E CLIMATICO

4.1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il Comune di Brusaporto occupa una porzione della alta pianura bergamasca compresa tra i fiumi Serio ed Oglio, ha una estensione di 5,046 km² e un'altitudine media di 255 m slm. La sua popolazione al 31-1-2026 era di 5715 abitanti con una densità di 1145 ab./km².

Si trova a circa a 8,5 km in direzione est-sud-est rispetto alla città di Bergamo. Confina a nord con i comuni di Albano Sant'Alessandro. ad Ovest con Seriate, a sud e ad est con Bagnatica e ancora con Albano Sant'Alessandro.

Il territorio è per lo più pianeggiante, ad eccezione del settore settentrionale comunale, dominato dal rilievo collinare isolato del M.te Tomenone (m. 371 m slm). L'altitudine minima è d 223 m slm in località Cascina Pezzola.

L'urbanizzazione residenziale si è sviluppata tutto intorno al vecchio nucleo storico di Brusaporto (zona castello) mentre quella industriale e commerciale, si colloca preferenzialmente nel settore sud-occidentale. Secondo il Dusaf 7.0 il territorio urbanizzato occupa il 38,45% dell'intera superficie comunale.

La parte più estesa del territorio, pari al 45,22 % è occupata da aree agricole mentre il 16,33% riguarda i territori naturali.

L'ambito naturale più importante è costituito dal rilievo collinare del m.te Tomenone che si caratterizza per gli elevati valori ambientali, paesaggistici e di biodiversità.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

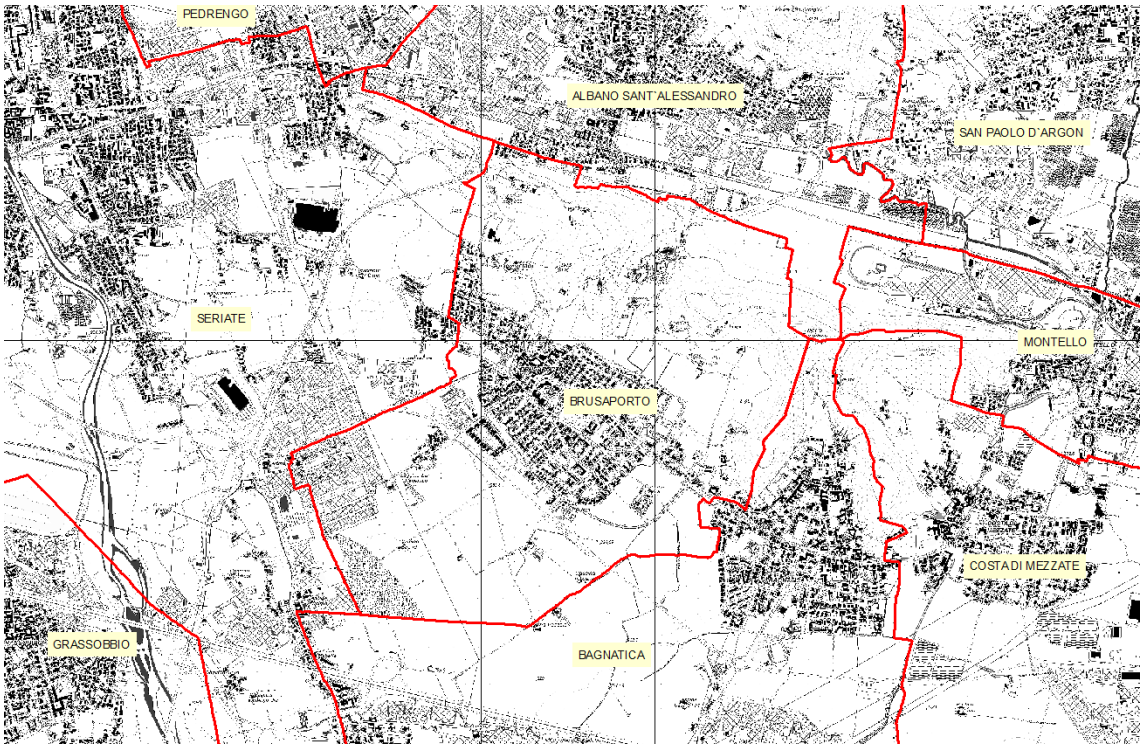
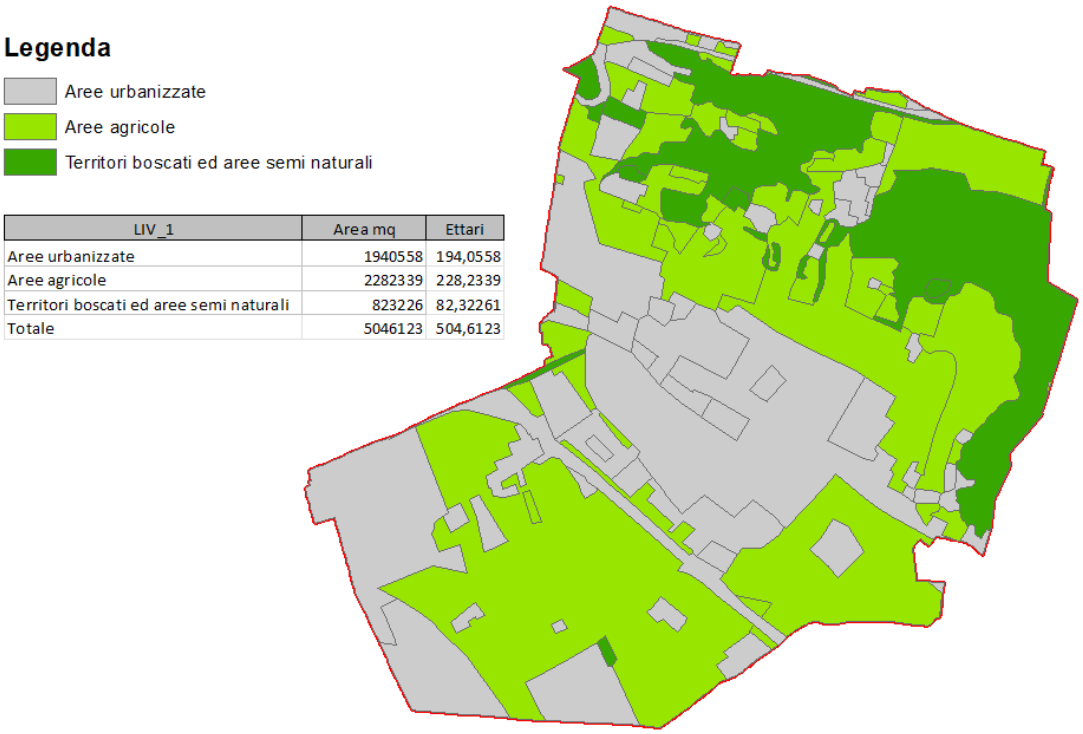


Figura 1: Ubicazione del comune di Brusaporto su CTRL.



LIV_1	Area mq	Ettari
Aree urbanizzate	1940558	194,0558
Aree agricole	2282339	228,2339
Territori boscati ed aree semi naturali	823226	82,32261
Totale	5046123	504,6123

Figura 2: estratto cartografia Dusaf 7.0

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

4.2. CARATTERIZZAZIONE CLIMATICA

Secondo la classificazione dei climi di Köppen il territorio di Brusaporto è riferibile al gruppo principale "C" così definito:

> **C**: climi temperato-caldi piovosi: temperatura media del mese più freddo tra 18 C e −3 C. Senza copertura regolare nevosa.

Ed al microclima contraddistinto dalla lettera "**f**"

> **f**: caratterizzato dalla tendenza alle precipitazioni in tutti i mesi.

La combinazione di gruppo e microclima definisce il sottotipo ***C*f**: caratterizzato da clima temperati con estate umida, ed in particolare il sottotipo **Cfa**, dove la lettera "a" indica che la temperatura media del mese più caldo è superiore a 22 C.

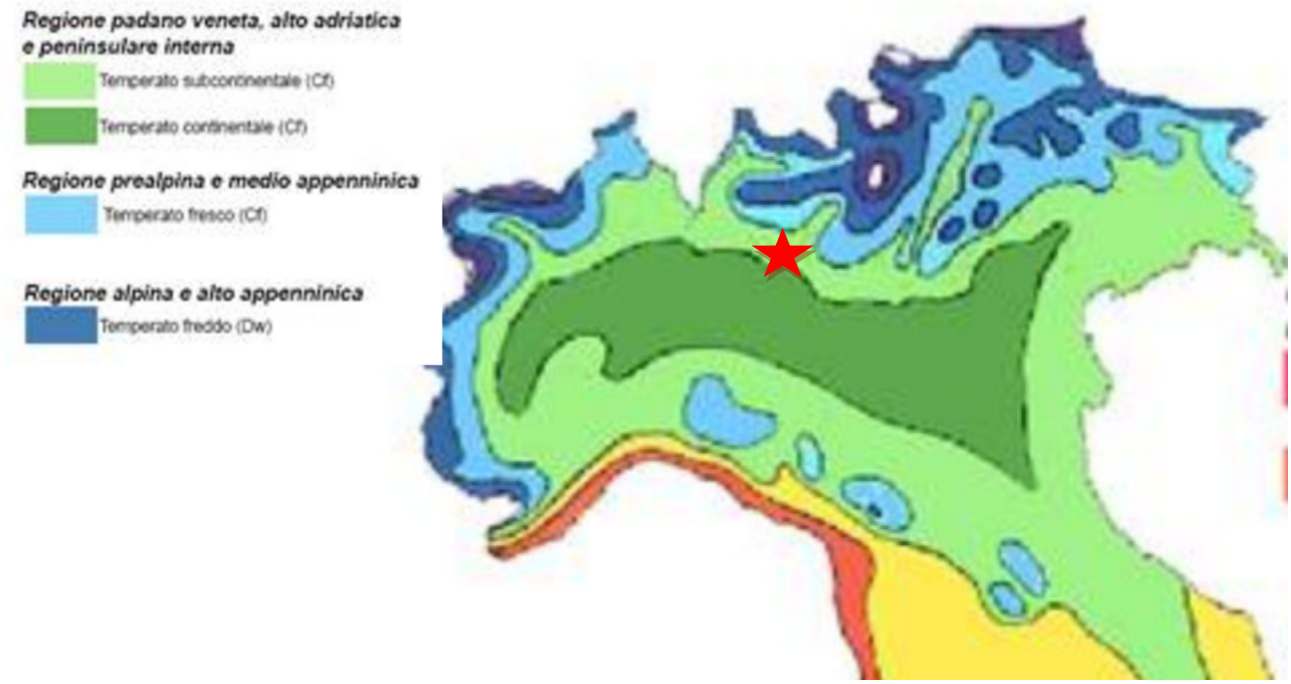


Figura 3: suddivisione climatica basata sullo schema Koppen-Geiger.

Sulla base della suddivisione climatica di Koppen-Geiger di Figura 3 il territorio di Brusaporto si situa nella zona temperata subcontinentale e continentale.

Temperato subcontinentale (Cf): caratterizzato da media annua da 10°C a 14°C; media del mese più freddo da -1 a 3.9°C; 2 mesi con temperatura > 20°C; escursione annua da 16 a 19°C.

Dal punto di vista qualitativo il clima è caratterizzato quindi da inverni lunghi e freddi con temperature medie, spesso inferiori allo zero e, in alcuni periodi, inferiori ai -10°C.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

L'elevata umidità è causa di nebbie intense e persistenti. Il perdurare delle nebbie invernali è dovuto anche dalla scarsa ventilazione della zona determinata dal fatto che essa è chiusa dai rilievi;

Le estati sono al contrario tipicamente afose con temperature medie che si aggirano sui 23-26°C, con punte massime che superano anche i 35°C.

Le precipitazioni non sono molto abbondanti, ma sono distribuite in modo uniforme nelle varie stagioni, anche se esse sono maggiori in primavera e in autunno. In inverno le precipitazioni sono, a volte, anche nevose. In estate sono frequenti i temporali spesso accompagnati da grandinate.

La situazione meteorologica della pianura padana, con la presenza delle Alpi e dell'Appennino è particolarmente svantaggiata, la Lombardia si trova infatti nella parte centrale della Pianura Padana, in un contesto che presenta caratteristiche uniche, dal punto di vista climatologico, determinate in gran parte dalla conformazione orografica dell'area. Si tratta di una vasta pianura circondata a Nord, Ovest e Sud da catene montuose che si estendono fino a quote elevate, determinando così peculiarità climatologiche sia dal punto di vista fisico sia da quello dinamico.

Le principali caratteristiche fisiche sono la spiccata continentalità dell'area, il debole regime del vento e la persistenza di condizioni di stabilità atmosferica.

Dal punto di vista dinamico, la presenza della barriera alpina influenza in modo determinante l'evoluzione delle perturbazioni di origine atlantica, determinando la prevalenza di situazioni di occlusione e un generale disaccoppiamento tra le circolazioni nei bassissimi strati e quelle degli strati superiori.

Tutti questi fattori influenzano in modo determinante le capacità dispersive dell'atmosfera, e quindi le condizioni di accumulo degli inquinanti, soprattutto in periodo invernale, ma anche in presenza di fenomeni fotochimici nel periodo estivo.

Le variabili meteorologiche sono di fondamentale importanza rispetto ai livelli di inquinamento presenti nell'aria: regolano infatti la velocità con cui gli inquinanti vengono trasportati e si disperdono in atmosfera (es. velocità del vento, flussi turbolenti di origine termica o meccanica) o portati al suolo (es: rimozione da parte della pioggia). Tali fattori meteorologici definiscono anche il volume in cui gli inquinanti si diffondono: l'altezza di rimescolamento, connessa alla quota della prima inversione termica, può essere identificata come la quota massima fino alla quale gli inquinanti si disperdono. Inoltre determinano la velocità (o addirittura il verificarsi) di alcune reazioni chimiche che portano alla formazione in atmosfera degli inquinanti secondari quali, ad esempio, l'ozono (ad opera della radiazione solare).

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

L'evoluzione del clima nel corso del tempo, per lo meno nel corso degli ultimi due secoli, può essere dedotta dai dati climatici rilevati dalla stazione di Milano Brera, una stazione molto importante, tra le più antiche al mondo, in quanto rileva i parametri climatici addirittura dal 1763.

In Figura 4 è rappresentata la variazione di temperatura media registrata da questa stazione nel corso degli ultimi 260 anni. Si tratta di un grafico che non ha bisogno di particolari commenti e da cui si evince in maniera incontrovertibile, il riscaldamento globale in atto, con il picco di temperatura che caratterizza in particolare gli ultimi 30 anni.

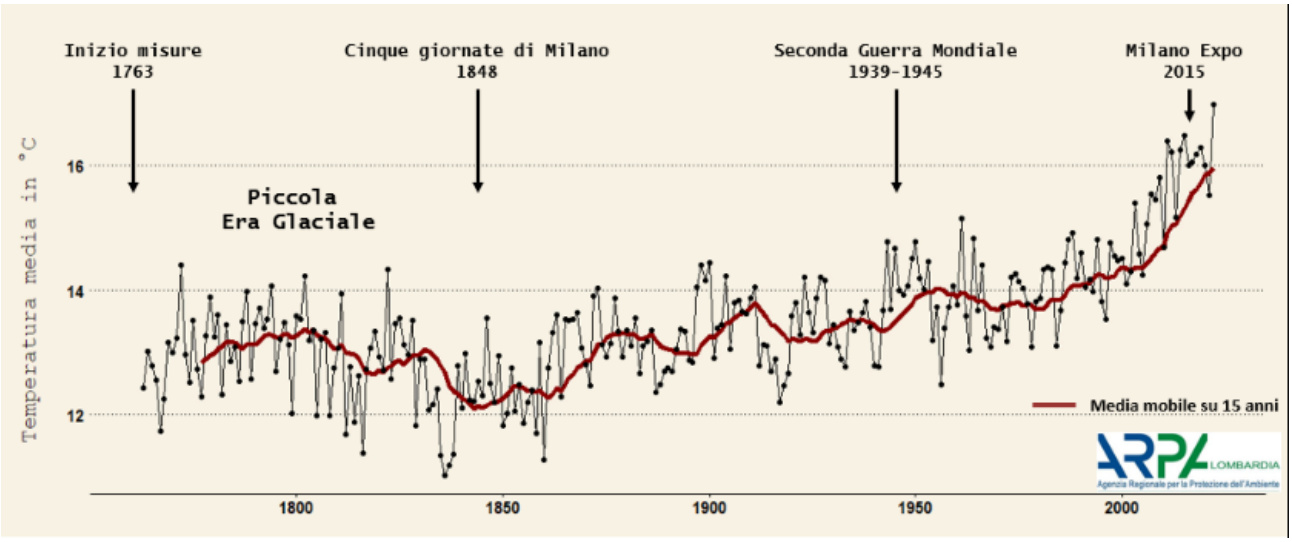


Figura 4: variazione della temperatura media della stazione di Milano Brera dall'inizio delle rilevazioni

Nella Figura 5 è illustrato l'andamento delle anomalie termiche dal 1900 in poi, rapportate al periodo climatologico di riferimento 1971-2000.

Anche questo grafico evidenzia il preoccupante aumento delle temperature medie annue che caratterizza l'ultimo trentennio.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

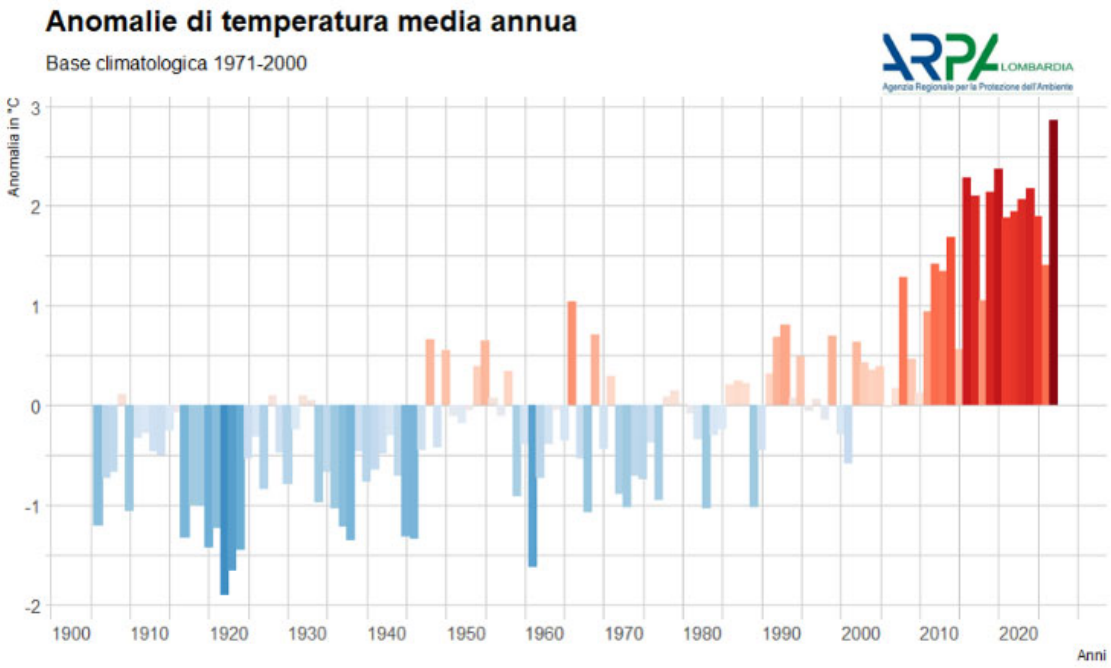


Figura 5: anomalie della temperatura media annua rilevate dalla stazione di Milano Brera

Infine in Figura 5 sono rappresentate le anomalie di precipitazioni rilevate dalla medesima stazione.

L'analisi di dettaglio dei dati di precipitazione conferma la tendenza in atto ad una sostanziale variazione del regime pluviometrico, che si esprime con la stazionarietà delle precipitazioni invernali, la riduzione delle precipitazioni primaverili ed autunnali e un aumento dell'intensità delle precipitazioni estive.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

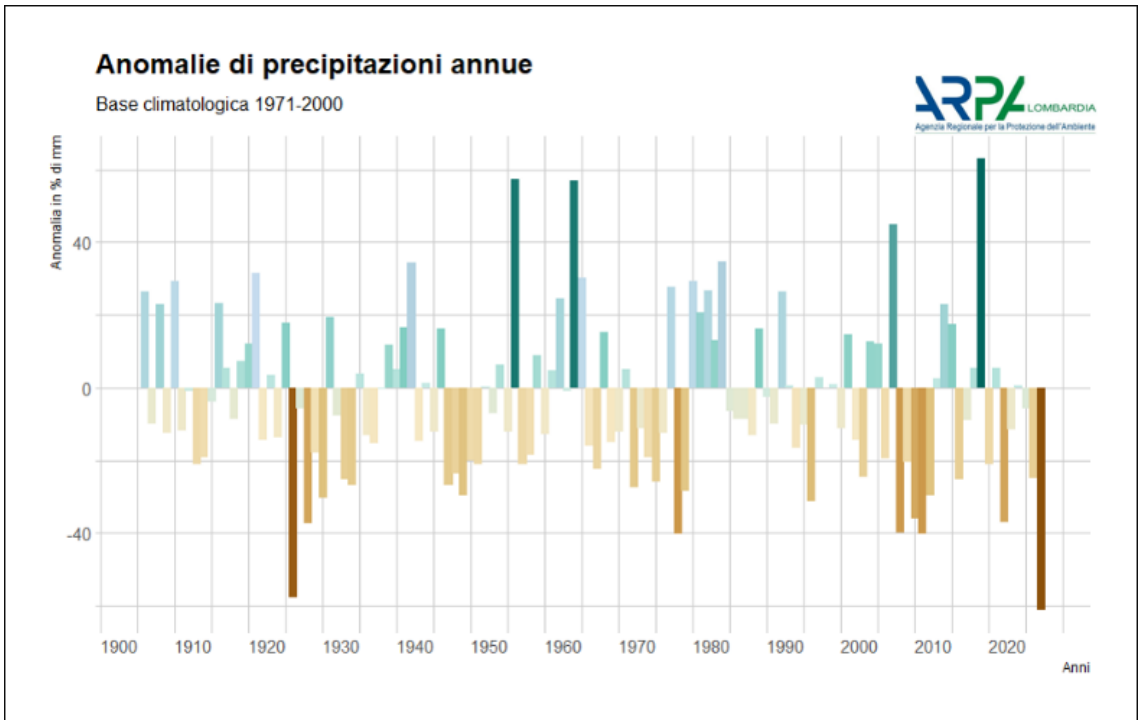


Figura 6: anomalie di precipitazioni annue rilevate dalla stazione di Milano Brera

4.2.1 PRECIPITAZIONI

Un primo riferimento per la stima delle precipitazioni relative dell'area in esame è la Carta delle precipitazioni (minime, medie e massime) registrate nel periodo 1891 – 1990, redatta a cura di Regione Lombardia. In Figura 7, 7 ed 8 si riportano gli estratti delle precipitazioni minime, medie e massime relative all'area di interesse, in rosso è indicata la posizione dell'area comunale.

Per quanto concerne le precipitazioni minime il territorio comunale ricade in un'area con valori compresi tra 600 e 650 mm circa. Per le precipitazioni medie tra 1200 e 1250 mm, e per le massime tra 2000 e 2050 mm.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

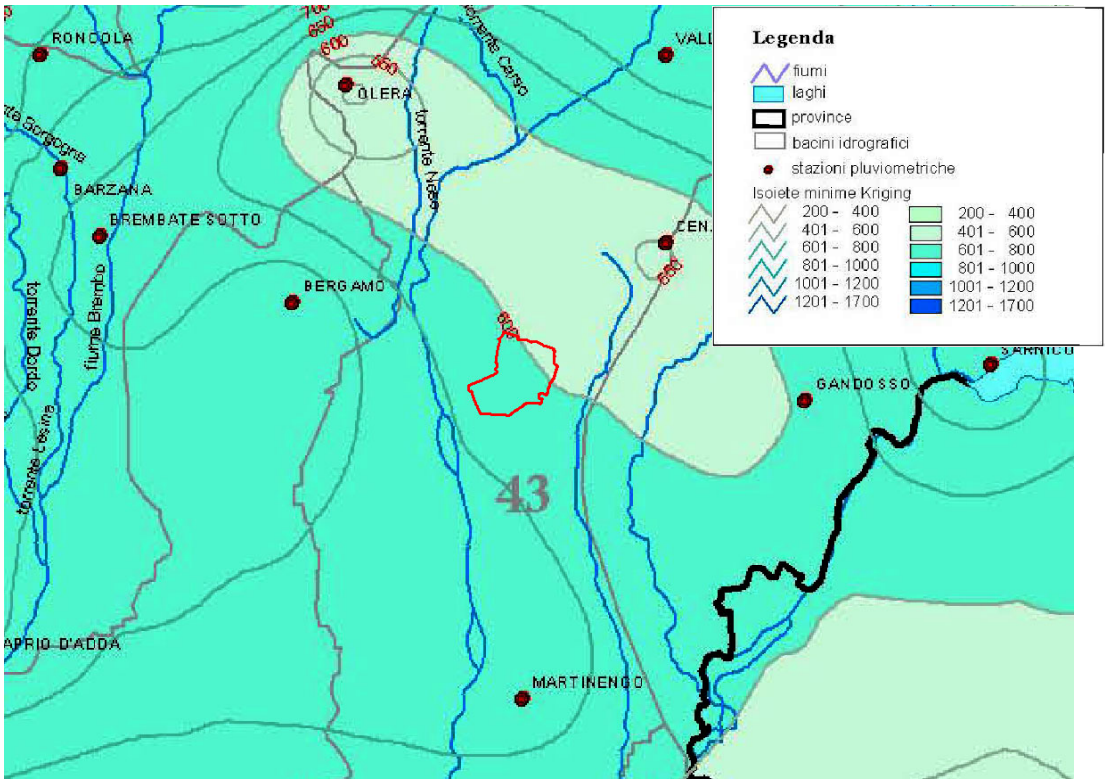


Figura 7: Carta delle precipitazioni minime annue del territorio di pianura della Regione Lombardia (registrate nel periodo 1891 – 1990).

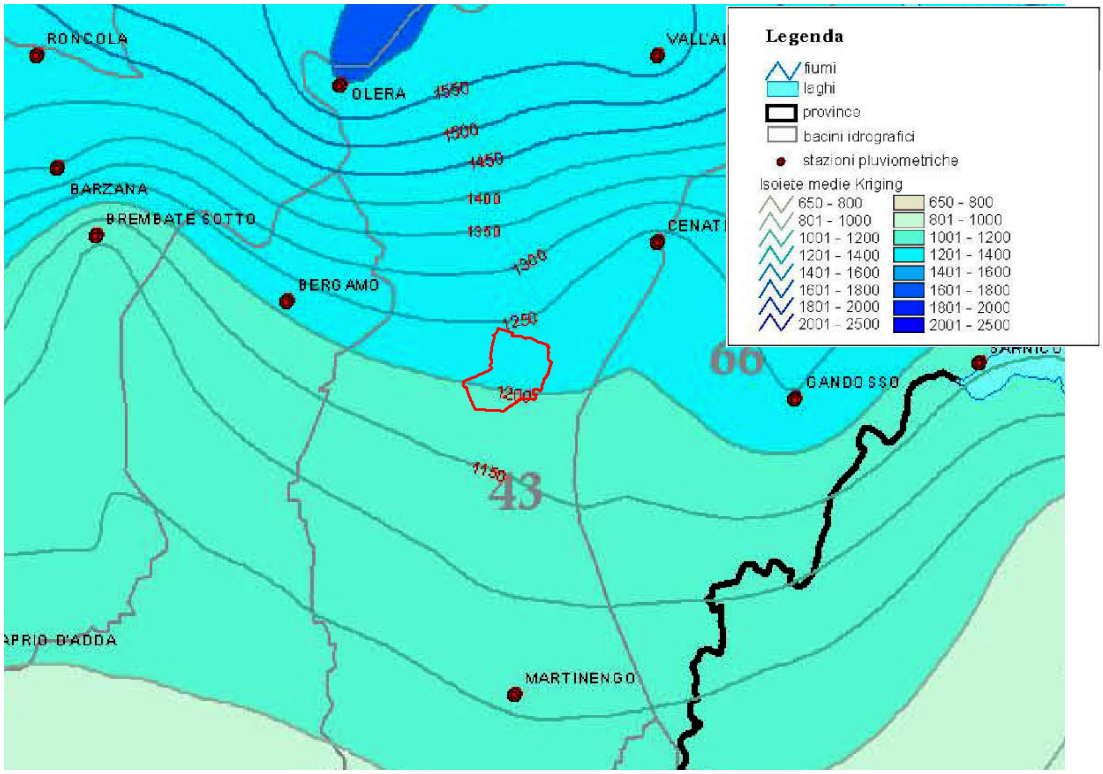


Figura 8: Carta delle precipitazioni medie annue del territorio di pianura della Regione Lombardia (registrate nel periodo 1891 – 1990).

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

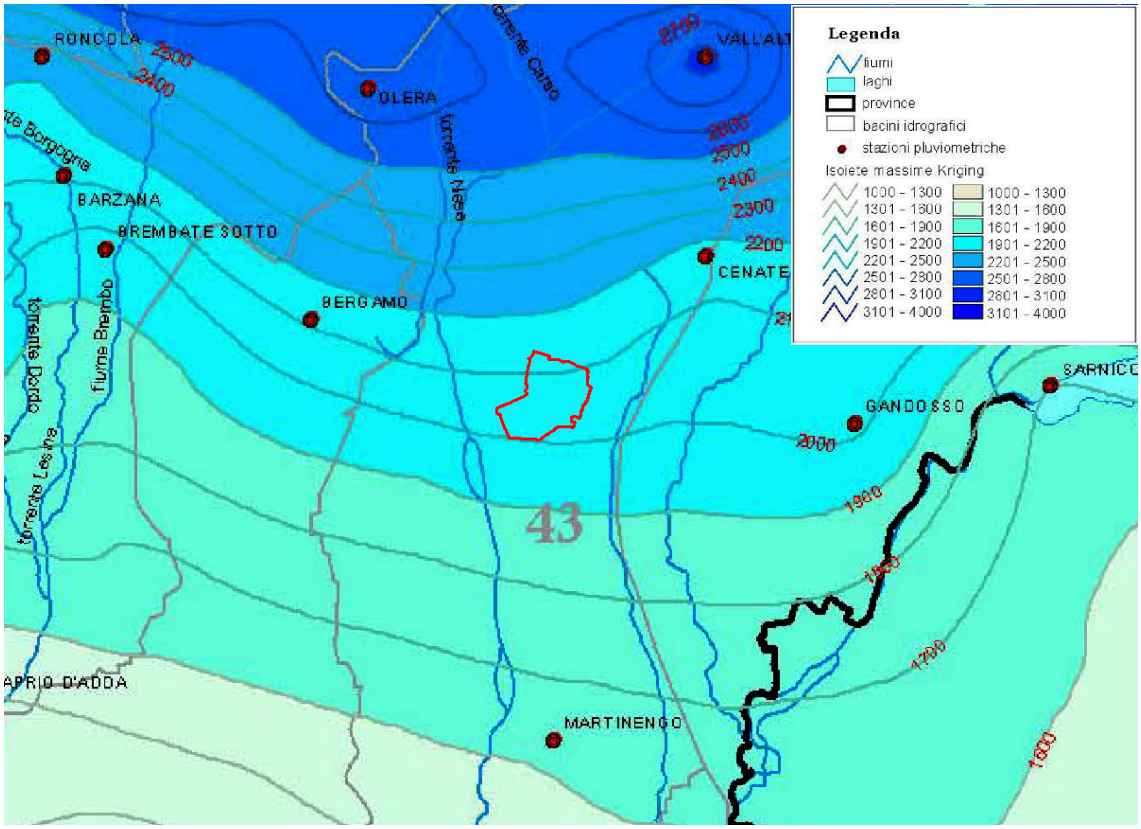


Figura 9: Carta delle precipitazioni massime annue del territorio di pianura della Regione Lombardia (registrate nel periodo 1891 – 1990).

I dati storici delle precipitazioni e delle temperature che caratterizzano il territorio comunale possono essere dedotti dai dati rilevati dalle stazioni di Bergamo via Stezzano, (ex maiscoltura), la più prossima a Brusaporto e di Bergamo San Fermo (stazione meccanica dismessa).

La prima ha fornito i dati storici di precipitazione relativi al periodo 1958-2000 (nella disponibilità dello scrivente) sintetizzati in Figura 10.

	Media annuale delle precipitazioni (mm)
1958-2000	**1175.4**

Figura 10: dati di precipitazione storici della stazione di Bergamo in via Stezzano (ex maiscoltura)

La seconda ha fornito i dati dal 1951 al 2001 (reperibili sul portale SIDRO di ARPA Lombardia) e sintetizzati in Tabella 1**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**. La precipitazione media annua nel periodo 1951 – 2001 è pari a 1133,08 mm. L'anno più piovoso è stato il 1960, con 1745 mm di pioggia mentre l'anno con precipitazione inferiore è stato il 1986 con 582 mm.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Anno	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Annuo
1951	136,00	196,60	125,60	91,40	168,40	98,80	169,00	130,60	141,20	119,20	305,00	50,60	1732,40
1952	22,60	28,60	40,80	148,60	62,80	129,40	115,20	97,60	121,00	194,20	54,20	47,00	1062,00
1953	10,80	7,20	0,00	113,80	37,00	131,00	157,00	144,40	134,00	429,80	19,20	33,00	1217,20
1954	23,00	47,00	104,60	63,40	161,40	147,00	35,20	145,60	58,80	44,20	71,20	85,60	987,00
1955	38,40	59,80	78,00	0,00	84,80	101,40	188,20	122,60	127,00	61,80	99,80	45,00	1006,80
1956	54,00	12,40	147,00	264,40	57,80	107,00	120,00	58,40	140,20	31,00	59,80	0,00	1052,00
1957	94,80	56,00	21,80	115,60	172,20	262,80	84,20	71,60	21,80	151,00	159,20	111,80	1322,80
1958	24,60	74,60	34,40	175,40	51,60	158,60	15,40	42,60	40,80	114,80	84,00	211,20	1028,00
1959	18,20	8,00	132,20	125,00	118,20	252,80	282,00	128,60	87,60	140,20	209,40	177,60	1679,80
1960	83,60	109,00	93,00	52,80	58,40	236,00	119,60	88,60	318,20	273,00	192,20	121,20	1745,60
1961	101,20	29,40	7,60	159,80	126,20	113,20	105,40	11,60	39,60	92,20	180,20	56,60	1023,00
1962	73,80	32,60	78,00	132,80	139,20					0,00		61,20	517,60
1963	87,20	45,20	113,60	134,20	111,20	125,60	165,60	321,60	106,60	58,00	251,80	62,80	1583,40
1964	30,40	67,40	164,40	127,00	65,20	90,00	87,60	151,60	5,00	190,20	55,20	81,20	1115,20
1965	91,60	1,00	111,80	45,80	160,40	160,20	105,00	199,60	219,40	35,00	139,40	38,80	1308,00
1966	17,00	68,20	15,20	174,20	111,00	35,00	167,80	134,80	63,80	368,40	160,20	73,40	1389,00
1967	10,40	83,60	78,40	93,40	88,00	76,00	60,00	53,80	73,40	92,60	191,60	10,80	912,00
1968	19,40	240,60	22,80	83,60	134,60	192,00	185,40	314,20	86,00	89,60	173,80	52,60	1594,60
1969	123,60	112,80	81,60	74,20	71,60	137,60	50,40	150,40	96,40	2,40	137,60	9,20	1047,80
1970	170,80	32,20	118,40	85,40	120,00	63,80	72,40	170,60	32,20	30,40	236,20	49,20	1181,60
1971	113,60	72,60	139,80	64,60	173,20	141,40	91,60	54,60	64,40	4,60	155,20	45,60	1121,20
1972	112,20	170,20	145,40	239,80	110,60	188,80	126,00	103,80	164,40	58,20	19,00	100,00	1538,40
1973	81,20	16,20	1,60	85,80	60,80	151,00	193,80	113,00	95,20	136,80	31,20	84,60	1051,20
1974	48,40	171,40	70,00	113,60	66,60	75,40	25,60	134,80	94,20	57,80	65,00	12,60	935,40
1975	106,40	44,20	109,60	25,40	162,00	109,80	22,40	151,80	211,80	162,00	138,00	90,60	1334,00
1976	14,00	46,40	15,00	47,00	55,60	17,20	131,60	217,40	225,60	270,40	117,40	51,40	1209,00
1977	202,50	156,00	106,80	97,40	187,60	108,30	212,20	164,00	81,80	142,60	27,00	69,80	1556,00
1978	169,40	140,20	36,40	65,60	168,00	101,40	84,40	69,80	1,00	28,60	13,40	89,40	967,60
1979	100,60	80,60	189,30	118,40	15,40	81,60	37,80	162,40	130,40	206,00	79,80	100,60	1302,90
1980	31,00	32,00	105,20	8,20	127,60	90,60	36,00		8,40	225,00	96,00	10,00	770,00
1981	1,00	0,00		39,40	184,00	31,80	57,40	81,00	167,60	77,00	2,20	99,00	740,40
1982	22,80	19,60	70,20	8,00	96,40	62,20	185,60	154,60	59,60	254,80	178,20	79,80	1191,80
1983	0,00	27,80	100,80	86,00	120,60	61,40	21,20	70,20	27,80	32,40	1,40	144,80	694,40
1984	17,80	59,40	108,40	192,20	281,80	120,20	15,40	113,60	157,20	109,40	73,80	61,60	1310,80
1985	114,20	3,00	151,80	39,40	134,80	83,00	13,80	7,60	18,80	26,00	117,40	68,80	778,60
1986	90,20	93,40	25,20	69,00	64,40	60,40	17,40	43,80	40,60	8,60	56,60	12,40	582,00
1987	47,80	155,60	19,40			91,00	67,40	74,80	27,60				483,60
1988	109,60	38,40	30,40	101,20	173,80	193,00	34,40	56,20	34,20	202,00	0,00	40,00	1013,20
1989	6,00	77,60	42,80	288,40	57,20	145,20	208,60	70,00	131,00	18,20	48,60	21,40	1115,00
1990	30,20	17,40	22,00	154,00	117,20	72,60	84,60	144,20	25,60	181,40	93,80	63,80	1006,80
1991	59,00	3,20	66,60	85,40	92,40	65,40	151,60	1,00	136,00	108,20	99,40	0,00	868,20
1992	24,20	27,20	59,00	160,40	59,60	205,40	167,80	52,40	112,00	203,20	38,40	111,60	1221,20
1993	1,60	9,60	64,20	95,00	79,60	95,20	74,20	97,00	415,20	297,40	89,40	29,80	1348,20
1994	140,80	46,80	17,80	65,40	83,80	57,40	37,00	139,00	298,60	100,40	132,00	69,60	1188,60
1995	64,00	82,60	80,00	110,40	203,60	117,70	42,40	127,80	225,60	32,20	71,40	69,40	1227,10
1996	154,00	32,80	16,60	72,60	98,20	154,00	86,60	188,20	53,80	258,80	154,00	99,80	1369,40
1997	47,60	7,80	5,40	48,80	31,60	341,60	59,80	58,60	23,40	19,80	135,00	162,00	941,40
1998	55,00	28,40	3,20	128,80	118,00	115,00	73,40	40,00	160,80	157,40	15,80	15,80	911,60
1999	51,00	0,00	91,80	72,10	47,20	109,40	75,40	123,80	192,80	137,00	75,40	57,00	1032,90
2000	0,20	10,60	105,20	116,20	119,80	153,60	62,80	170,40	92,60	276,00	314,00	98,60	1520,00
2001	141,20	32,80	169,60	63,00	77,60	69,40	68,00	77,00	100,00	109,60	42,40	0,00	950,60
Medio	**66,45**	**59,14**	**73,31**	**100,44**	**107,24**	**119,38**	**95,13**	**109,84**	**107,67**	**125,88**	**103,16**	**65,46**	**1133,08**

Tabella 1: Piovosità mensili alla stazione di Bergamo San Fermo nel periodo 1951 – 2001.

Dati più recenti sono disponibili sul sito IRIS di Arpa Lombardia. La stazione più prossima al territorio di studio è quella di Bergamo via Stezzano di cui la Tabella 2 riporta i dati di piovosità cumulata per anno e per mese dal 15 ottobre 1990 a tutto aprile 2026. Come è lecito aspettarsi anche queste moderne centraline automatizzate possono smettere di funzionare a causa di problemi di alimentazione, rotture o altro. I dati non disponibili (indicati con il valore convenzionale -999) sono stati ignorati e per ciascun anno sono stati indicati il numero di giorni con dati non disponibili. E' evidente che in presenza di malfunzionamenti prolungati il valore medio di precipitazione calcolato, perde di significato.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Anno	Cumulata annuale	Giorni N/D	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
1990	144	15										140,4	3,6	0
1991	571,8	116	0	0	103,2	89	100,8	78,8	124,4	0,8	74,8			
1992	267,2	242	9,4	28,4	0	206	9,8		0	13,6				0
1993	1030	28	0	0	0	0	34,4	99,8	66,4	39,4	387	289,2	85	28,8
1994	1079,8	20	155,6	58,8	18,8	64,2	81,6	52,8	43,6	56,2	213,6	105,8	152,2	76,6
1995	1242,8	38	60	89,4	86,2	118,2	204,4	131	102,2	79,2	205,2	34,6	25	107,4
1996	1340	25	233,6	50,4	17	84	100,4	44,6	71,4	154,8	48	257,6	174,4	103,8
1997	948	35	92,4	9,6	4,4	49,2	32,2	269	14,2	93,4	23,6	11	188	161
1998	47	320	47	0										
1999	1105,2	12	63,8	0	98,1	74,3	53,8	111,4	74	127,4	195,2	143,5	89,6	74,1
2000	1384,7	9	0,2	9,4	113,3	122,3	112,4	118,4	58,9	166,8	89	241,6	255,2	97,2
2001	975,4	3	139,8	35,4	170,8	92,6	71,4	64,6	61,2	79,8	96	106,4	56,2	1,2
2002	1551,6	3	24,6	148,2	61,4	64,2	244,2	71	129,4	161,8	141,6	63,8	368,6	72,8
2003	637,8	33	53	0,2	4,4	47,6	48	66,2	5	10,2	20	166	122	95,2
2004	1085,4	0	38,2	120,2	77,4	136	97,4	68,8	82	44,4	53,2	155,8	146,2	65,8
2005	852,8	2	14,6	16,4	33,2	71,2	68	25	77,8	163,2	142,6	95,8	70,6	74,4
2006	779,4	1	23,2	65,6	37,4	102,2	45,4	7,8	95	187,6	71,2	34,4	28,2	81,4
2007	688,6	37	43,6	17,2	28,2	26	115,4	145,6	21,8	135,4		42,6	106	6,8
2008	1339,4	26	114,4	45,4	40,4	146	222,8	144,4	57	92,2	90,8	116,2	234,6	35,2
2009	668,6	204	57,2	132,2	77,2							96,2	158,4	147,4
2010	1596	0	39,6	135,8	75,8	93,6	150	125,8	102	171,4	157,8	185,8	190,6	167,8
2011	951	10	38,8	78,8	74,4	15,8	125,8	146,4	114,4	66,8	113,6	70,4	85,6	20,2
2012	1182,2	0	30,8	10	17	193	171,8	154,2	45,2	43,6	141,8	131	185	58,8
2013	1291,2	0	50,6	61	167,8	141,8	220,6	54,2	64,8	137,8	61,4	118,2	125,6	87,4
2014	1813,8	0	254	179,8	89,4	102,4	57	204,2	174,8	254,6	30,2	50,6	317,8	99
2015	742,4	0	51,2	111,6	29	45,4	125,2	80,2	6,6	50	86	151,2	5,8	0,2
2016	1566,8	0	29,6	151,2	43,2	38,2	414	277,2	208,2	120,6	90	76,4	118,2	0
2017	1216,2	1	2,8	51,2	26	92,2	361,6	184,8	80,2	6,2	229,2	7,6	97,6	76,8
2018	1219	0	36,8	18,8	190,8	87,8	151,8	83,8	155,6	129	25	149,4	177	13,2
2019	1194,6	0	7	55	10,2	141,4	166,2	34,2	43,8	147,8	66,6	183	232,4	107
2020	1348,8	0	28,2	1,6	78,4	43,2	129,6	263,4	121	117,4	198,2	179	4,6	184,2
2021	1066,2	0	105,8	61,4	0	86	139,6	45,8	187,2	81	96,2	93,2	153	17
2022	599	0	14,8	24,6	6,4	37,4	71,4	62	53	93,8	56,4	17,4	85	76,8
2023	1053,2	0	51,2	2,6	14,2	113,4	139	131	191	90,6	53,6	130	89,2	47,4
2024	1639,4	0	63	184,6	114	92,8	340,8	181,2	74,4	24,8	290,4	239,4	8,6	25,4
2025	1318	0	110,6	52,8	110,8	67,8	149,6	24,2	160,2	241,6	187	75,6	103	34,8
2026	173,2	0	37,4	75	33,8	27	0							

Tabella 2: Dati di piovosità della stazione di Bergamo v.stezzano (ott. 1990 – apr. 2026) – Fonte: Arpa.

4.2.2 TEMPERATURE

Anche in questo caso si può fare riferimento alla stazione meteo di Bergamo le cui rilevazioni partono dal 1880 ma che presenta la serie di dati più completi tra il 1951 ed il 2003 (Tabella 4 e Tabella 3).

Dall'analisi dei dati si ricava che i mesi più caldi sono giugno, luglio e agosto, con temperature medie sul periodo in esame superiori ai 20 °C, mentre quello più freddo è gennaio con una temperatura media di circa 3°C; l'andamento delle temperature medie, mensili ed annuali è illustrato nella Figura 11 e Figura 12.

Dati più recenti (dal 1993 ai giorni nostri) sono quelli della stazione meteo di Bergamo v. Stezzano riportati in Tabella 4. Anche in questo caso si puà notare un deciso aumento delle temperature medie annuali (tra 1 e 2 gradi) a partire dal 2014.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Anno	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre	Media annuale
1951	4,9	5,9	6,7	11,9	15,0	20,8	22,5	22,8	21,3	12,7	9,3	5,7	13,3
1952	2,5	4,0	7,7	14,0	17,5	22,3	25,3	13,3	17,8	13,0	6,5	3,3	12,3
1953	2,1	4,3	10,2	13,4	18,8	18,1	22,6	22,4	19,4	14,8	8,0	6,2	13,4
1954	1,3	1,6	9,1	10,7	14,7	21,0	21,9	21,3	20,5	14,0	8,5	7,0	12,6
1955	4,5	4,7	6,3	13,2	16,3	20,2	23,2	21,7	19,2	13,6	7,5	4,3	12,9
1956	3,2	-2,1	6,9	10,0	17,6	18,8	22,5	22,4	10,4	4,3	6,7	4,0	10,4
1957	3,8	6,3	10,4	12,2	14,3	20,3	22,5	22,3	19,9	14,1	9,4	4,0	13,3
1958	3,0	6,9	5,3	9,4	19,4	20,0	23,3	23,3	20,6	14,3	9,4	4,4	13,3
1959	3,1	7,0	10,2	12,6	16,2	20,4	24,1	21,4	18,5	13,0	7,5	4,8	13,2
1960	3,1	3,0	8,0	13,0	17,3	21,0	20,8	21,6	17,1	12,3	8,2	4,8	12,5
1961	1,5	8,4	11,6	14,6	17,0	21,0	22,0	23,0	22,1	14,4	7,8	3,6	13,9
1962	4,5	4,4	3,7	11,0	14,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5	8,1	4,3	4,7
1963	0,3	2,2	7,5	13,4	17,3	20,8	25,1	21,4	19,6	14,8	10,4	3,7	13,0
1964	3,4	5,6	6,5	13,7	18,6	22,1	24,9	21,4	20,2	13,0	8,4	5,5	13,6
1965	3,9	3,8	8,6	12,1	17,0	20,7	23,4	22,2	16,2	15,2	7,7	5,8	13,0
1966	3,5	7,4	10,0	14,3	19,4	23,3	22,0	20,8	19,9	16,0	6,0	5,4	14,0
1967	3,6	5,1	10,9	12,1	17,5	20,5	25,8	22,8	20,1	17,0	8,9	5,7	14,2
1968	3,9	5,2	10,8	14,3	15,8	20,7	24,1	21,5	21,0	17,0	10,4	4,7	14,1
1969	6,4	3,7	8,6	12,5	18,9	19,7	24,1	22,8	20,7	18,5	9,3	2,8	14,0
1970	2,2	2,5	4,5	10,3	15,2	21,4	23,1	20,8	19,8	12,7	8,2	2,6	11,9
1971	2,1	4,4	4,2	12,7	17,0	18,8	23,8	24,3	17,5	13,3	6,7	4,2	12,4
1972	1,7	5,0	8,4	10,1	17,8	18,5	20,9	22,4	15,3	12,4	7,9	3,0	11,9
1973	3,0	5,2	9,5	12,5	18,5	22,7	23,9	25,1	20,9	13,4	7,2	2,5	13,7
1974	4,6	6,8	9,4	12,6	18,3	22,4	26,4	27,0	21,8	11,6	9,9	8,1	14,9
1975	6,8	8,0	10,4	16,1	19,5	21,8	26,6	25,2	22,6	16,0	8,7	5,6	15,6
1976	4,8	7,7	9,1	15,6	20,7	25,7	26,4	22,7	19,0	15,8	10,2	5,2	15,2
1977	3,3	7,2	12,1	14,0	17,6	22,0	24,2	23,4	21,7	14,7	10,0	5,3	14,6
1978	5,4	3,8	11,7	13,4	16,8	21,9	24,6	25,0	23,2	16,9	9,7	3,9	14,7
1979	2,5	7,3	10,7	13,7	20,0	23,6	24,7	23,8	20,8	11,3	8,1	5,9	14,4
1980	2,9	6,3	9,0	13,2	15,9	20,6	23,2	26,0	22,3	14,5	6,1	3,9	13,6
1981	3,3	5,1	10,9	14,5	17,1	23,1	23,4	24,5	20,4	14,1	7,2	3,3	13,9
1982	2,9	4,9	2,3	2,0	13,7	23,6	25,8	23,6	22,5	14,1	10,2	5,9	12,6
1983	5,7	3,8	10,0	14,0	17,1	22,7	27,9	24,5	21,1	15,5	8,4	3,7	14,6
1984	3,6	4,4	8,3	13,0	13,8	20,9	24,8	22,8	18,9	14,5	9,0	4,7	13,2
1986	2,7	1,9	8,1	11,1	20,2	20,9	23,6	23,2	19,5	15,4	8,3	3,3	13,2
1987	0,8	3,6	5,4	12,6	14,2	16,9	25,5	23,2	21,1	9,3	7,4	3,3	11,9
1988	5,3	5,4	8,4	12,5	17,2	19,7	23,8	23,5	19,1	15,7	5,5	3,4	13,3
1989	1,9	6,3	10,9	11,2	17,6	19,6	22,3	22,4	18,3	12,9	6,4	3,2	12,8
1990	2,5	7,4	10,5	10,7	18,0	20,3	22,9	22,8	18,7	14,6	6,9	2,0	13,1
1991	2,6	1,7	11,0	11,2	14,2	19,7	24,6	24,8	20,9	12,7	7,1	2,4	12,7
1992	2,2	4,7	8,7	11,2	18,1	19,2	21,7	25,1	19,3	12,3	8,3	3,4	12,9
1993	3,3	4,4	7,6	12,1	18,0	21,7	21,9	24,1	17,7	13,0	6,7	4,3	12,9
1994	5,0	4,0	11,8	11,8	17,3	21,1	25,2	17,8	18,6	13,1	9,2	4,7	13,3
1995	3,1	6,3	7,7	12,7	16,8	18,9	25,0	20,4	17,2	15,2	8,0	4,2	13,0
1996	3,7	3,6	7,1	13,1	16,9	21,7	22,1	20,5	16,4	13,8	8,9	4,3	12,7
1997	3,8	5,9	10,8	11,4	16,8	18,6	7,3	21,7	20,0	10,3	7,8	3,8	11,5
1998	3,7	7,8	8,6	11,9	18,2	21,7	23,6	24,2	18,5	13,4	6,2	2,8	13,4
1999	2,6	3,9	8,7	12,1	18,0	20,6	23,5	22,5	20,1	13,9	6,9	2,6	13,0
2000	2,6	5,8	9,2	13,1	19,7	22,6	21,6	23,6	19,6	14,1	8,6	5,2	13,8
2001	3,4	6,0	9,7	11,5	19,1	21,0	23,4	24,6	16,2	16,3	6,7	1,8	13,3
2002	2,0	5,9	10,7	12,4	17,0	23,0	22,7	21,8	17,7	14,1	10,0	5,0	13,5
2003	3,4	2,8	9,9	12,1	20,4	25,7	24,9	27,5	19,9	11,8	7,9	0,0	13,9
Media mensile	3,0	4,5	8,3	11,9	16,5	20,1	22,3	21,7	18,2	13,0	7,7	3,8	12,6

Tabella 3: Temperature medie alla stazione di Bergamo San Fermo nel periodo 1951 – 2003

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

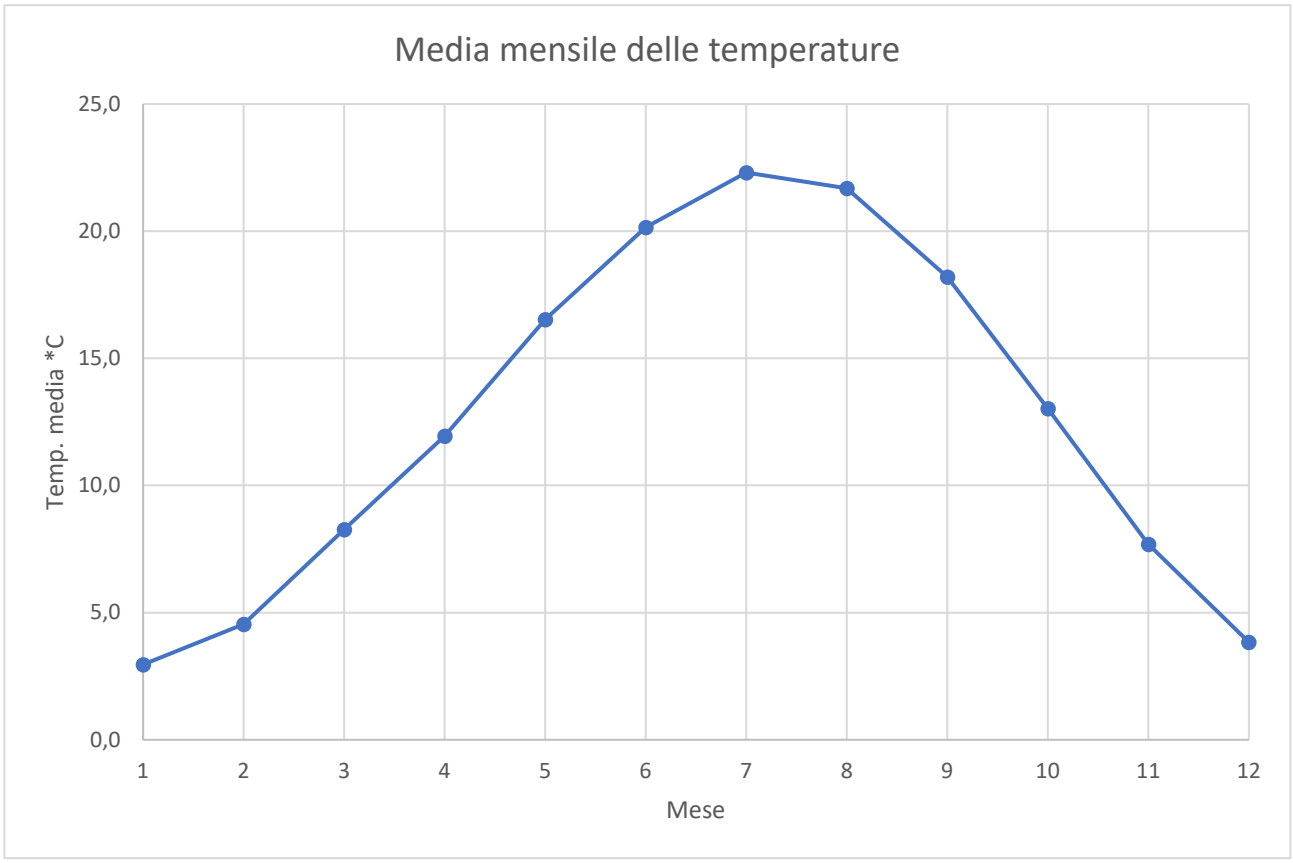


Figura 11: andamento delle temperature medie mensili tra il 1951 e il 2004 alla stazione di Bergamo San Fermo

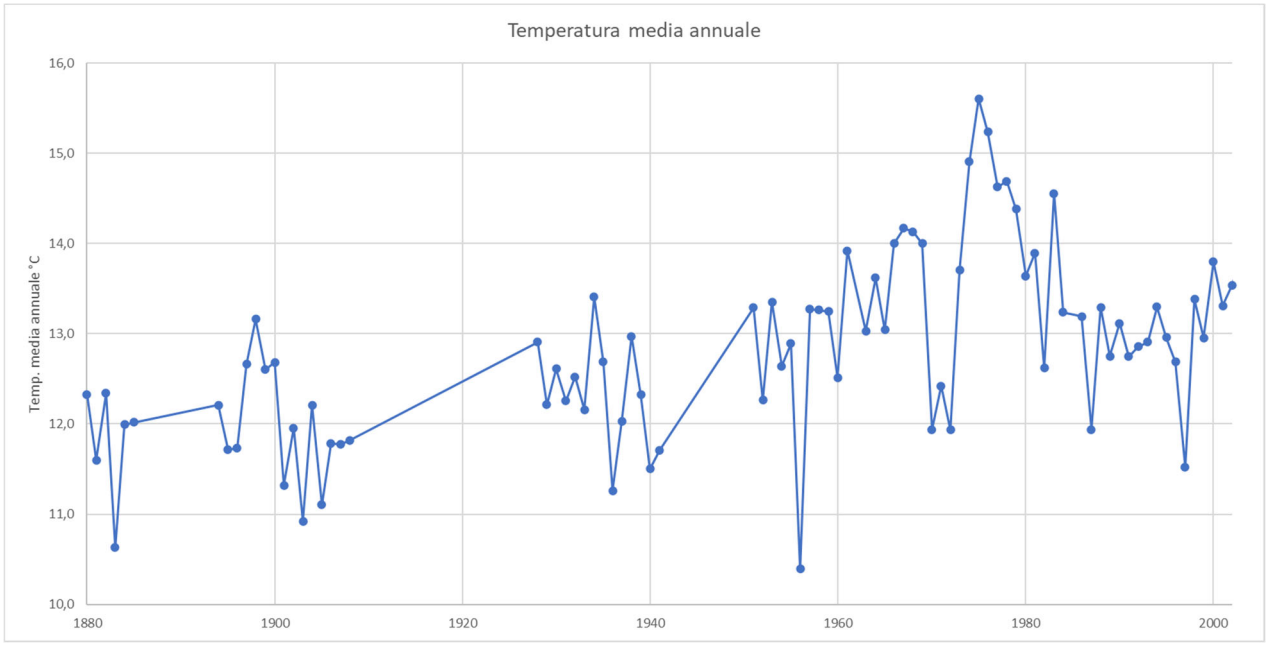


Figura 12: andamento delle temperature medie annuali tra il 1951 e il 2004 alla stazione di Bergamo San Fermo

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Anno	Media annuale	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
1993	14,06	2,89	4,52	11,90	19,26	22,39	21,35	21,85	24,23	17,10	12,83	6,37	4,03
1994	13,84	4,44	3,59	12,02	12,11	17,85	21,84	25,97	25,66	16,95	12,48	9,01	4,14
1995	12,44	2,24	5,80	7,28	12,08	15,59	18,60	24,67	21,52	15,84	13,96	8,08	3,66
1996	11,86	3,09	2,55	6,52	12,53	17,55	19,68	19,99	20,86	15,51	12,69	8,17	3,21
1997	12,65	3,33	5,71	8,10	11,64	17,28	19,83	20,17	22,34	19,85	12,09	7,54	3,90
1998	4,13	2,64	5,62										
1999	12,78	3,08	3,64	8,53	12,09	18,43	20,47	23,30	22,48	19,75	13,42	6,10	2,06
2000	13,39	1,81	5,30	8,76	12,88	19,06	22,52	21,54	23,15	19,02	13,78	8,15	4,78
2001	12,94	3,04	5,54	9,44	11,25	18,61	21,07	23,22	24,20	16,06	15,69	6,25	0,96
2002	13,22	1,34	5,51	10,63	12,27	16,96	22,97	22,34	21,34	17,15	13,60	9,74	4,76
2003	13,73	2,43	1,94	9,46	11,52	19,88	25,62	23,67	27,14	18,85	11,48	8,45	4,31
2004	13,03	2,31	3,86	7,50	12,33	15,64	21,60	23,15	23,22	19,38	14,71	7,96	4,73
2005	12,51	1,71	2,36	8,04	11,89	18,30	22,80	23,58	21,05	18,83	13,07	6,66	1,78
2006	13,75	0,87	3,50	7,58	13,30	18,03	23,23	26,74	21,00	20,81	15,59	9,15	5,19
2007	13,93	5,48	6,86	10,19	17,17	19,33	22,06	25,29	22,69		13,59	7,36	3,18
2008	13,73	4,67	5,43	9,46	12,38	18,08	21,76	23,90	23,99	18,77	14,70	8,43	3,22
2009	6,90	3,17	4,52	8,88							13,50	8,91	2,44
2010	12,85	1,08	4,11	8,00	13,21	17,04	22,37	26,02	22,33	18,22	12,21	8,35	1,20
2011	14,18	1,89	5,30	9,07	16,33	19,75	21,63	22,75	25,20	21,83	13,95	7,99	4,49
2012	13,97	2,61	1,53	12,54	12,20	17,86	23,50	25,17	26,34	19,35	14,43	9,85	2,20
2013	13,44	3,14	2,93	6,92	13,36	15,86	21,90	25,67	23,78	19,78	14,77	8,64	4,48
2014	14,49	5,42	7,14	11,12	14,95	17,76	22,41	22,05	21,51	19,40	15,94	10,98	5,21
2015	14,64	4,47	4,48	9,88	14,29	19,09	23,46	28,50	24,99	19,31	13,74	8,99	4,44
2016	14,30	3,66	6,77	9,19	15,09	17,34	21,90	25,45	23,80	21,96	13,56	8,70	4,14
2017	14,81	1,50	6,64	12,23	14,61	19,25	24,99	26,02	26,89	18,42	15,45	8,42	3,25
2018	16,01	6,27	4,04	7,44	16,98	20,03	24,85	26,88	27,32	23,34	18,10	11,82	4,99
2019	15,45	4,07	8,18	12,86	15,63	17,63	25,49	26,01	24,72	19,98	15,65	9,34	5,89
2020	14,51	4,39	8,02	9,23	14,87	18,84	21,84	24,76	24,70	20,39	13,10	9,15	4,85
2021	13,69	2,65	7,50	9,64	11,98	16,55	24,14	24,42	20,71	20,99	13,53	8,81	3,32
2022	16,01	3,27	7,41	9,12	13,15	20,76	25,56	28,52	26,15	20,96	19,25	11,15	6,80
2023	16,03	6,20	6,80	11,50	13,64	18,67	24,43	26,28	26,35	22,95	18,48	9,76	7,26
2024	15,41	4,99	8,53				23,41	26,65	27,15	19,51	15,65	8,19	4,63
2025	14,92	4,82	6,34	10,64	15,05	18,26	26,24	24,31	24,36	19,76	14,14	8,47	6,68
2026	10,95	3,19	7,94	10,95	15,92	16,77							

Tabella 4: Temperature medie alla stazione di Bergamo V. Stezzano nel periodo 1993 – 2026

4.2.3 ANEMOMETRIA

Nella pubblicazione de "I caratteri originali della bergamasca" primo libro della Storia economica e sociale di Bergamo, viene effettuata una valutazione del regime anemometrico sulla base delle stazioni di Monte Grigna (1949 – 1957), di Ponte S. Pietro (1946 – 1950), di Orio al Serio (1951 – 1956) e di Bergamo (1891 – 1900). I dati sulle velocità massime del vento sono stati riportati per la stazione di Orio al Serio (1951 – 1956). La frequenza della direzione e la velocità del vento sono state studiate per la stazione di Bergamo (1962 – 1981).

I dati evidenziano come nelle due stazioni le direzioni preferenziali di provenienza siano a Ponte S. Pietro la direzione N – NE S – SO ed a Orio al Serio la direzione N – S. Per il periodo 1952 – 1956, nella stazione di Orio al Serio i dati delle ore 7.00 sono stati tenuti distinti da quelli delle ore 19:00, fornendo così la possibilità di mettere in evidenza la radicale differenza di regime fra mattino e pomeriggio, legata alla diversa condizione termica dei due momenti di misura.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

In merito alla velocità del vento si osserva come nella Provincia di Bergamo predominano i venti di origine termica, cioè le brezze. Talora la regione è interessata da venti moderati a componente E, quando si scatena la bora nell'alto Adriatico, mentre venti con velocità elevate non sono frequenti. Le raffiche massime registrate ad Orio al Serio nel periodo 1951 – 1956 sono comprese fra 48 km/h da N e 91 km/h da SO.

Lo studio della frequenza di velocità in giorni dell'anno ha mostrato come in questa stazione il vento di 15 km/h si verifica in media 95 giorni all'anno e quello di 30 km/h 20 giorni all'anno. Per quanto si riferisce alla stazione di Bergamo, relativamente al periodo 1962 – 1981, il vento ha superato 11 volte la velocità di 80 km/h con la maggior frequenza durante i mesi di agosto e di settembre, raggiungendo i 120 km/h il 3 marzo 1967 con tempo asciutto, i 115 km/h il 2 agosto 1968 con pioggia e i 110 km/h l'8 agosto 1980 con pioggia e grandine.

Tab. 23 – Fequenza della direzione del vento espressa in numero di giorni in un anno

Stazione Monte Grigna

	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	Calma	Totale
	54	5	11	26	24	14	7	17	207	365
%	14,7	1,4	3,1	6,9	6,8	3,9	1,9	4,6	56,7	100 %

Tab. 24 – Frequenze percentuali della direzione del vento in un anno

Stazione Ponte S. Pietro

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSO	SO	OSO	O	ONO	NO	NNO	Calma
%	2,3	3,0	2,2	0,5	0,8	0,7	0,4	0,5	1	1.1	0,9	1	1,1	0,9	0,5	0,7	82,4

Stazione di Orio al Serio

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSO	SO	OSO	O	ONO	NO	NNO	Calma
%	7,0	3,6	2,5	0,2	1,2	0,7	2,0	0,7	2,1	1,2	2,3	0,8	2,1	0,3	1,4	0,6	71,3

Tab. 25 – Frequenza della direzione del vento alla stazione di Orio al Serio in numero di giorni in un anno

	Ora	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	Calma	Totale
	7.00	51	141	17	13	4	4	5	10	120	365
%	7.00	13,7	38,6	4,6	3,6	1,1	1,1	1,4	2,8	33,1	100 %
	16.00	6	14	10	25	59	86	37	12	116	365
%	16.00	1,7	3,9	2,8	6,9	16,2	23,4	10,2	3,2	31,7	100 %

Tab. 26 – Frequenze percentuali della direzione del vento alla stazione di Bergamo

		N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	Calma	Totale
Anno (1891-1900)	%	8,7	12,3	16,2	15,1	15,3	14,7	9,6	5,9	2,2	100 %
Anno (1962-1981)	%	8,7	23,6	6,8	18,1	7,1	20,7	8,5	6,5		100 %
Sem. fred. (1891-1900)	%	9,8	13,4	17,1	12,6	13,7	14,4	9,8	6,0	3,2	100 %
Sem. fred. (1962-1981)	%	8,1	26,1	7,1	14,8	6,4	21,4	9,1	7,0		100 %
Sem. caldo (1891-1900)	%	7,6	11,2	15,2	17,7	16,9	15,0	9,4	5,8	1,2	100 %
Sem. caldo (1962-1981)	%	9,2	21,0	6,5	21,3	7,8	20,1	8,0	6,1		100 %

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

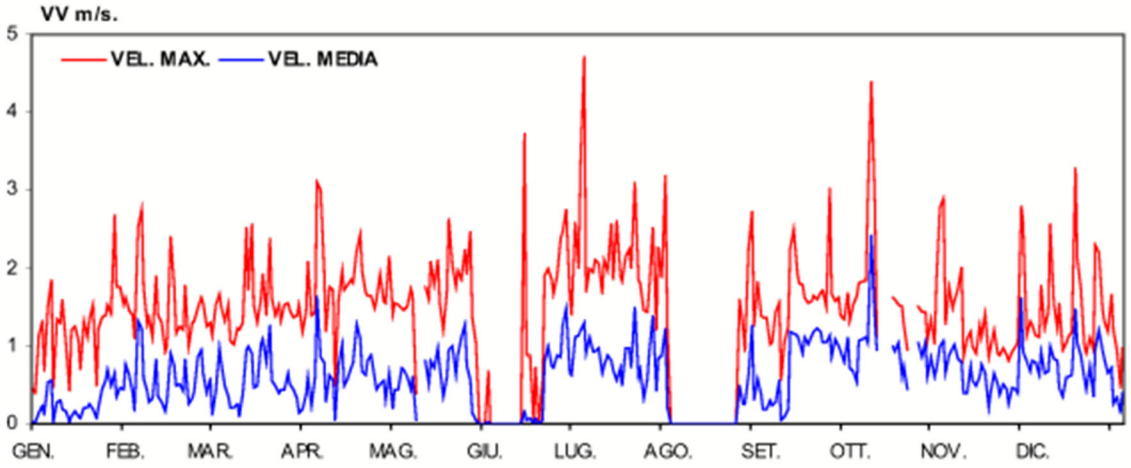


Figura 13: Andamento velocità dei venti nella stazione di Bergamo (fonte ARPA).

Per i periodi più recenti, si può far riferimento alla stazione meteo ARPA, di Bergamo via Stezzano, i cui dati disponibili riguardano gli anni a partire dal 1993. Non sono riportati i valori di calma ma solo i valori con venti misurabili. L'elaborazione dei dati ha consentito di estrarre la seguente distribuzione di frequenza delle direzioni di provenienza (Figura 14 e Figura 15)

Settore	Frequenza·(%)	Descrizione
N	5,33%	Nord
NNE	8,71%	Nord-Nord-Est
NE	**20,21%**	**Nord-Est·(Direzione·Dominante)**
ENE	6,01%	Est-Nord-Est
E	3,71%	Est
ESE	4,37%	Est-Sud-Est
SE	5,58%	Sud-Est
SSE	5,71%	Sud-Sud-Est
S	6,81%	Sud
SSW	7,21%	Sud-Sud-Ovest
SW	5,46%	Sud-Ovest
WSW	4,84%	Ovest-Sud-Ovest
W	6,00%	Ovest
WNW	3,80%	Ovest-Nord-Ovest
NW	2,97%	Nord-Ovest
NNW	3,29%	Nord-Nord-Ovest

Figura 14: distribuzione di frequenza delle direzioni dei venti (stazione di Bergamo via Stezzano 1993 - 2026)

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

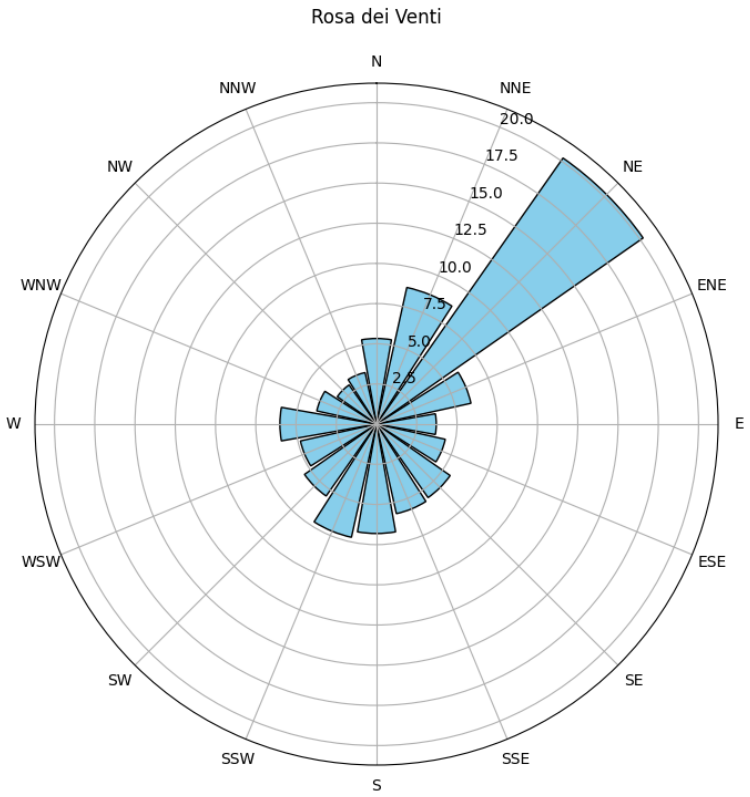


Figura 15: grafico della rosa dei venti con percentuali di frequenza

Per quanto riguarda invece l'intensità dei venti (m/sec) si faccia riferimento alle Tabella 5 e Tabella 6 dalle quali si rileva che i mesi più ventosi sono tipicamente quelli di aprile, maggio, giugno e luglio, con valori medi tipicamente sopra i due metri al secondo e con un picco medio di 2,47 nel 2011. I mesi meno ventosi sono quelli autunnali ed invernali (in particolare ottobre e novembre), dove le rilevazioni scendono drasticamente, anche sotto il metro al secondo.

Un dato interessante riguarda la massima velocità del vento registrata dalla stazione ARPA di Bergamo v. Stezzano nel periodo del suo funzionamento. Si tratta di una raffica registrata il giorno 19/11/2004 pari a 11,7 m/sec, corrispondenti a circa 42 km/ora.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Anno	Valore medio annuale	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
1993	2,01					2,00	2,04	1,98					
1994	1,86		1,63	2,32	2,27	2,15	2,09	2,13	2,07	1,82	1,50	1,24	1,22
1995	1,87	2,04	1,65	2,34	2,34	2,04	2,03	2,04	1,77	1,84	1,33	1,92	1,12
1996	1,76	1,05	1,63	1,68	1,90	2,19	2,15		2,13	1,95	1,49	1,88	1,34
1997	1,97	1,32	1,91	2,40	2,73	2,47	2,10	2,10	2,00	1,85	1,84	1,62	1,35
1998	1,66	1,54	1,79										
1999	1,87	1,60	2,34	2,08	2,10	1,93	2,15	2,04	1,81	1,93	1,55	1,45	1,48
2000	1,80	1,62	1,77	2,18	2,09	2,08	2,11	2,00	1,83	1,85	1,40	1,57	1,07
2001	1,54	1,15	1,75	1,70	1,94	1,93	2,06	1,83	1,65	1,48	1,02	0,86	1,05
2002	1,40	0,84								1,67	1,58	1,78	1,12
2003	1,86	1,34	1,83	1,90	1,95	2,08	2,05	1,97	2,24	2,05	1,80	1,46	1,64
2004	1,90	1,54	1,60	2,02	2,30	2,38	2,20	2,23	2,04	2,05	1,45	1,53	1,43
2005	1,87	1,64	2,04	1,93	2,23	2,30	2,28	2,25	1,92	1,83	1,38	1,25	1,42
2006	1,88	1,32	1,70	2,10	2,15	2,07	2,38	2,34	2,11	1,96	1,68	1,36	1,45
2007	1,89	1,52	1,60	2,10	2,06	2,28	1,99	2,26	2,07		1,64	1,79	1,45
2008	1,89	1,34	1,60	2,25	2,22	2,19	1,96	2,06	2,01	1,97	1,66	1,78	1,59
2009	1,64	1,23	2,03	2,12							1,74	1,35	1,36
2010	1,80	1,17	1,55	1,91	2,25	2,18	2,14	2,24	1,88	1,91	1,62	1,54	1,21
2011	1,66	1,00	1,53	1,81	2,11	2,47	1,51	1,89	1,93	1,75	1,40	1,19	1,26
2012	1,73	1,41	1,25	2,08	2,03	2,11	2,03	1,96	2,13	1,89	1,44	1,32	1,16
2013	1,48	0,98	1,36	1,55	1,82	2,01	2,02	1,98	1,51	0,93	0,59	1,37	1,61
2014	1,89	1,30	1,85	2,25	2,16	2,10	2,30	2,05	2,05	1,78	1,67	1,79	1,33
2015	1,87	1,70	1,67	2,04	2,28	2,08	2,28	2,15	2,12	2,14	1,55	1,46	0,99
2016	1,89	1,56	1,86	2,05	2,08	2,19	2,17	2,17	2,13	2,10	1,70	1,41	1,28
2017	1,98	1,80	1,51	2,29	2,21	2,23	2,28	2,13	2,36	2,02	1,78	1,58	1,52
2018	1,91	1,67	1,69	1,86	2,10	2,25	2,11	2,16	2,17	1,88	2,11	1,42	1,49
2019	1,86	1,76	1,72	2,18	2,27	1,96	2,05	2,04	1,94	1,61	1,64	1,66	1,44
2020	1,77	1,30	1,90	1,96	1,95	1,98	2,04	2,03	2,04	1,93	1,81	1,25	1,11
2021	1,74	1,46	1,53	1,94	2,01	1,94	1,99	2,06	1,92	1,87	1,60	1,40	1,17
2022	1,78	1,33	1,82	1,89	2,12	1,86	2,10	2,32	2,16	1,84	1,55	1,35	1,03
2023	1,73	1,30	1,62	1,89	2,04	1,80	1,97	1,85	1,93	1,83	1,57	1,56	1,40
2024	1,72	1,18	1,66	1,89	1,89	1,90	1,92	1,99	2,06	2,01	1,47	1,30	1,39
2025	1,76	1,37	1,35	1,96	2,23	2,11	1,98	2,18	2,01	1,85	1,52	1,46	1,14
2026	1,72	1,25	1,56	2,00	1,82	1,97							

Tabella 5: velocità medie orarie per anno e mese (ARPA stazione Bergamo v. Stezzano)

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Anno	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
1993					6,2	6	7,6					
1994		4,3	7,3	7,3	7,1	7,4	9,5	5,5	5,4	3,7	4,7	4,9
1995	9,6	5	10	7,7	5,5	7,8	5,9	5,5	5,1	3,8	6,7	4,1
1996	4	8,7	5,6	5,1	6,4	6,5		6,1	7,4	4,4	6,3	5,7
1997	4,2	9,2	3,6	8,9	8,6	6	5,4	5,8	5,4	7,2	7,3	5,7
1998	9,1	5,7										
1999	9,4	9,3	7,4	5,8	6,7	7,3	6,6	5,5	7,1	5,7	4,6	7,4
2000	6,4	7,1	6,9	6,7	6,4	6,5	6,4	5	7,2	7,2	9,8	4,1
2001	4,3	6,2	7,5	6,5	6,8	8,4	6,5	5,9	8,3	4,8	5,3	8
2002	5,4								6,6	5,6	10	3,6
2003	5,8	5,2	6,8	8,4	6	8,9	4,6	8,1	6,2	7,8	7,4	8
2004	8,1	6,1	7	6,8	6,7	6,5	5,7	8	7,7	5,2	11,7	6,6
2005	7,7	8,3	5	8,8	7,4	6,5	8,7	7,8	5,5	4,8	4,2	7,5
2006	4,3	6,9	7,9	7	8,4	7,4	7,9	7,5	4,6	6,2	7,6	7,1
2007	7,4	7	8,2	6,1	6,9	6,4	6,3	6,2		4,8	7,9	6,2
2008	7,1	5	7,6	6,2	6,3	6,4	5,5	5,6	5,1	6,2	10	6,7
2009	3,9	7,9	7,6							5,7	6,8	4,7
2010	6,8	5,6	8,2	6,7	6,8	5,6	7,9	6,5	5,1	5,8	6,6	6,1
2011	3,9	5,1	5,6	6,1	8,7	5,2	5,8	5,5	5,6	5,1	4,8	5,1
2012	6,1	8,5	7,1	7,5	5,7	8,1	7,5	5,8	5	5,2	6,6	4,4
2013	4	5,7	5,2	7,5	6,6	6,5	6,5	6,2	4,5	6	6,9	8,8
2014	4,8	6,2	6	5,6	8,4	6,2	8,5	6	4,4	5,6	7,7	5,3
2015	7,1	4,7	6,5	8	9,6	7	6,3	8,5	6,3	5,5	6,4	3,6
2016	7	6,2	8,2	5,7	5,4	8,8	8,1	6,4	6,5	5,8	6,3	4,8
2017	6,2	5,1	6,1	5,6	5,9	7	6,8	8,5	6,4	7,5	6,1	5,2
2018	7,3	5,3	5,7	7,2	8,5	6,5	6,6	5,3	6	10,4	5,2	6
2019	6,3	6	9,4	8,6	7,8	5	7,2	5,4	5,5	5,1	9,6	6,2
2020	4,2	8	6,8	8	5	6,3	6	7,5	7,9	10	4,3	6,4
2021	5,6	5,3	6,5	7,1	5,7	5,6	6,5	4,8	7,1	6,3	5,5	5,2
2022	4,4	7,6	7	7,8	6,4	5,6	5,6	6,3	4,8	3,4	4,9	3,9
2023	3,8	5,7	5,7	6,1	5	6,7	6,1	6	6,5	6,1	6,4	6,5
2024	5,1	6,2	8	7,7	6,5	6,8	6,3	6,1	5,4	7,8	5,5	3,6
2025	5	4,7	7,2	9,3	5,5	5,6	7,8	6,9	4,7	4,9	4	3,5
2026	4,7	4,9	7,1	4,3	3,8							

Tabella 6: velocità massime registrate (ARPA stazione di Bergamo, via Stezzano)

4.2.4 PIOGGE CARATTERISTICHE

La previsione quantitativa delle piogge intense in un determinato punto è effettuata attraverso la determinazione della curva di probabilità pluviometrica, ovvero la relazione che lega l'altezza di precipitazione alla sua durata per un assegnato tempo di ritorno.

L'altezza di precipitazione in un punto, comunemente misurata in mm, è l'altezza d'acqua che si formerebbe al suolo su una superficie orizzontale ed impermeabile, in un certo intervallo di tempo (durata della precipitazione) ed in assenza di perdite.

ARPA Lombardia ha elaborato i dati di pioggia disponibili in un elevato numero di stazioni pluviometriche sparse su tutta la regione e ha determinato i parametri delle LSPP utilizzando, per le distribuzioni di probabilità dei valori estremi di pioggia, la distribuzione General Extreme Value,

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

GEV, continua a tre parametri, (α parametro di scala, ε parametro di posizione, κ parametro di forma). I valori riferiti alle singole stazioni pluviometriche sono stati in seguito distribuiti spazialmente utilizzando l'algoritmo di interpolazione di kriging. La regione è stata suddivisa in celle di dimensione 1500 m x 1500 m (2,5 km2), per ogni cella sono stati stimati mediante calibrazione i parametri α ε κ n e il coefficiente pluviometrico orario.

La formulazione analitica alla base di questa valutazione è rappresentata nella Figura 16.

Dove a_1 è il coefficiente pluviometrico orario e w_t è il fattore di crescita.

L'utilizzo di questa relazione è suggerito per durate di precipitazione comprese tra 1 e 24 ore. Per durate inferiori ad un'ora, in assenza di dati sito-specifici, si suggerisce di utilizzare la stessa formulazione imponendo n = 0,5.

Un approccio alternativo è rappresentato dalla formulazione di Bell che consente di stimare l'altezza di precipitazione per durate inferiori all'ora partendo dall'altezza di pioggia oraria relativa allo stesso tempo di ritorno.

L'equazione di Bell è la seguente:

$$h_{t,T} = h_{60,T} \cdot (0.54 \cdot t^{0.25} - 0.50)$$

- t: durata della pioggia espressa in minuti (t < 60 min).
- T: tempo di ritorno espresso in anni.
- ht,T: altezza di precipitazione attesa per la durata t e tempo di ritorno T.
- h60,T: altezza di precipitazione per la durata di 60 minuti (1 ora) e tempo di ritorno T.

L'uso delle curve di possibilità pluviometrica (CPP) calibrate su durate superiori all'ora tende a sovrastimare o sottostimare l'altezza delle piogge brevi che sono le piogge di riferimento per i piccoli bacini idrografici, con tempi di corrivazione molto brevi, e nei sistemi di drenaggio urbano come il dimensionamento idraulico di tombini, canali e fognature urbane.

Invarianza territoriale: la formula di Bell si basa sul presupposto che il rapporto tra piogge brevi e orarie sia quasi costante indipendentemente dalla localizzazione geografica.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

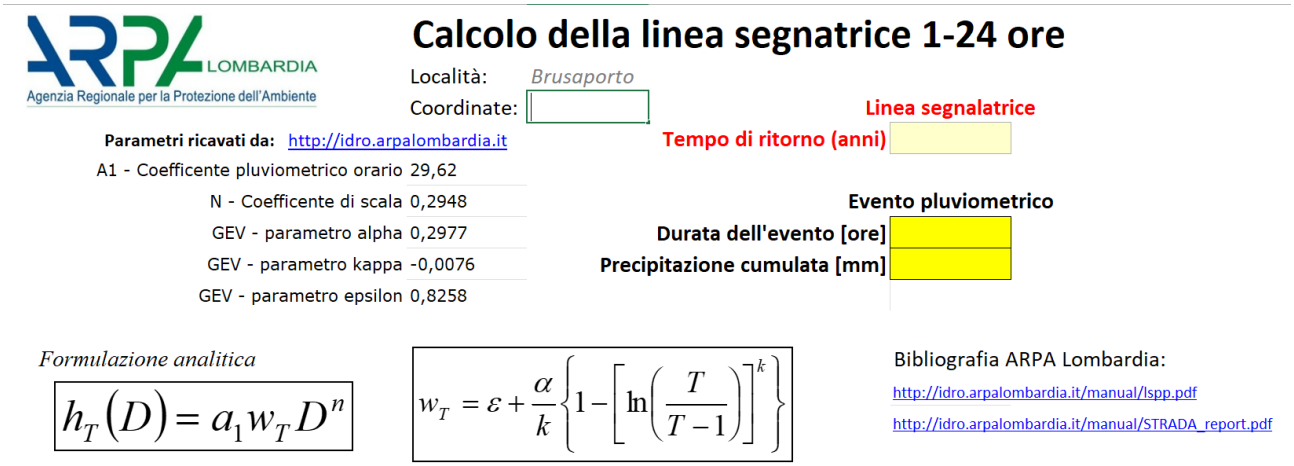


Figura 16: formulazione analitica delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica tra 1 e 24 ore

Arpa Lombardia mette a disposizione un sistema informativo territoriale accessibile on line, denominato SIDRO (Sistema Informativo Idrologico) che consente di ricavare per ogni punto del territorio regionale i parametri di riferimento per la valutazione dell'altezza di pioggia attesa, per durate di eventi comprese tra 1 e 24 ore, con diversi tempi di ritorno.

Nella Figura 17 si riportano i valori di tali parametri per il punto corrispondente al municipio di Brusaporto.



Figura 17: parametri di riferimento per il calcolo dell'altezza di pioggia attesa

Arpa Lombardia inoltre mette a disposizione anche un foglio elettronico in formato xls, che consente di ricavare le altezze di pioggia attese, per durate di eventi comprese tra 1 e 24 ore (ma anche tra 1 e 5 giorni) in relazione a diversi periodi di ritorno variabili tra 2 e 200 anni.

Nella Figura 18 sono riportati le altezze di pioggia prevedibili per il centro di Brusaporto, in funzione della durata dell'evento e del tempo di ritorno.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Tabella delle precipitazioni previste al variare delle durate e dei tempi di ritorno

Tr	2	5	10	20	50	100	200	50
wT	0,93506	1,27489	1,50150	1,72008	2,00480	2,21948	2,43452	2,00480224
Durata (ore)	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 20 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni	TR 50 anni
1	27,7	37,8	44,5	50,9	59,4	65,7	72,1	59,3822423
2	34,0	46,3	54,6	62,5	72,8	80,6	88,5	72,8450818
3	38,3	52,2	61,5	70,4	82,1	90,9	99,7	82,0940985
4	41,7	56,8	66,9	76,7	89,4	98,9	108,5	89,3601477
5	44,5	60,7	71,5	81,9	95,4	105,7	115,9	95,4361585
6	47,0	64,0	75,4	86,4	100,7	111,5	122,3	100,706054
7	49,2	67,0	78,9	90,4	105,4	116,7	128,0	105,388081
8	51,1	69,7	82,1	94,1	109,6	121,4	133,1	109,619425
9	52,9	72,2	85,0	97,4	113,5	125,6	137,8	113,492532
10	54,6	74,4	87,7	100,4	117,1	129,6	142,2	117,072958
11	56,2	76,6	90,2	103,3	120,4	133,3	146,2	120,409057
12	57,6	78,6	92,5	106,0	123,5	136,8	150,0	123,537618
13	59,0	80,4	94,7	108,5	126,5	140,0	153,6	126,48735
14	60,3	82,2	96,8	110,9	129,3	143,1	157,0	129,281129
15	61,5	83,9	98,8	113,2	131,9	146,1	160,2	131,937514
16	62,7	85,5	100,7	115,4	134,5	148,9	163,3	134,471783
17	63,9	87,1	102,5	117,5	136,9	151,6	166,2	136,896686
18	64,9	88,5	104,3	119,5	139,2	154,1	169,1	139,22298
19	66,0	90,0	105,9	121,4	141,5	156,6	171,8	141,459837
20	67,0	91,3	107,6	123,2	143,6	159,0	174,4	143,615143
21	68,0	92,7	109,1	125,0	145,7	161,3	176,9	145,695736
22	68,9	93,9	110,6	126,7	147,7	163,5	179,4	147,707585
23	69,8	95,2	112,1	128,4	149,7	165,7	181,7	149,65594
24	70,7	96,4	113,5	130,0	151,5	167,8	184,0	151,545438

Figura 18: altezze di pioggia attese (mm) in funzione della durata dell'evento e del tempo di ritorno

5 FASE DI ANALISI

5.1. ASSETTO STRUTTURALE

5.1.1 ASSETTO STRUTTURALE ALLA MACROSCALA

La Pianura Padana è la maggiore area pianeggiante dell'intero territorio italiano e, con i suoi 46.000 km2, ne occupa circa il 15%. Da un punto di vista geomorfologico è principalmente caratterizzata dal sistema meandriforme del fiume Po, dal suo vasto delta e dai suoi tributari che scorrono in sinistra e destra idrografica, alimentati rispettivamente da Alpi e Appennini. Le quote topografiche della Pianura decrescono progressivamente dalle due catene verso il Mar Adriatico, da un massimo di 650 m s.l.m. nel settore sud-occidentale ad un minimo di -5 m s.l.m. nelle aree del delta padano.

Il Fiume Po suddivide la Pianura Padana in due zone, con sedimenti superficiali di diversa provenienza e dalle differenti caratteristiche litologiche: il settore settentrionale, correlato al

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

complesso alpino, presenta depositi più grossolani e ricchi in sabbie rispetto a quello meridionale, più argilloso, legato al complesso appenninico.

Gli aspetti strutturali più importanti del Bacino Padano sono però sepolti sotto la coltre sedimentaria e le prime conoscenze sul sottosuolo derivano dagli studi geofisici sviluppatisi a partire soprattutto dalla fine degli anni settanta e finalizzati alla ricerca di acqua ed idrocarburi. Questi studi, basati principalmente sull'interpretazione di sezioni sismiche, sono stati integrati fino ad oggi da diversi approfondimenti con differenti finalità, che hanno messo in luce le caratteristiche strutturali del Bacino Padano e del suo riempimento sedimentario.

Dalla sintesi di questi lavori è possibile definire la Pianura Padana come un bacino di foreland (avampaese) in evoluzione, formatosi per progressiva migrazione della placca africana verso quella europea con conseguente subduzione dell'interposta microplacca padano-adriatica (Adria) a partire dal Cretaceo.

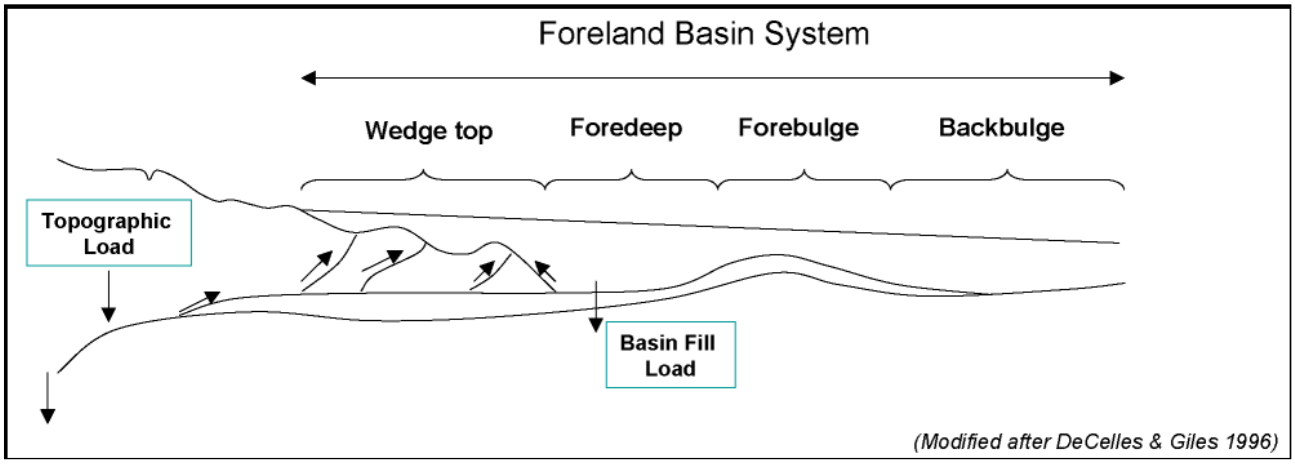


Figura 19: schema di formazione di un bacino di foreland

I bacini di *Foreland*, (termine introdotto formalmente da Dickinson nel 1974) sono definiti come "*bacini sedimentari interposti tra la porzione frontale di una catena montuosa in fase di costruzione ed un area cratonica stabile, non deformata*".

La Pianura Padana e il prospiciente Mare Adriatico giacciono sul settore sepolto della microplacca di Adria, promontorio della placca Africa o una microplacca indipendente, interposta tra l'Appennino settentrionale vergente a NE e le Alpi meridionali vergente a S (Figura 21).

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

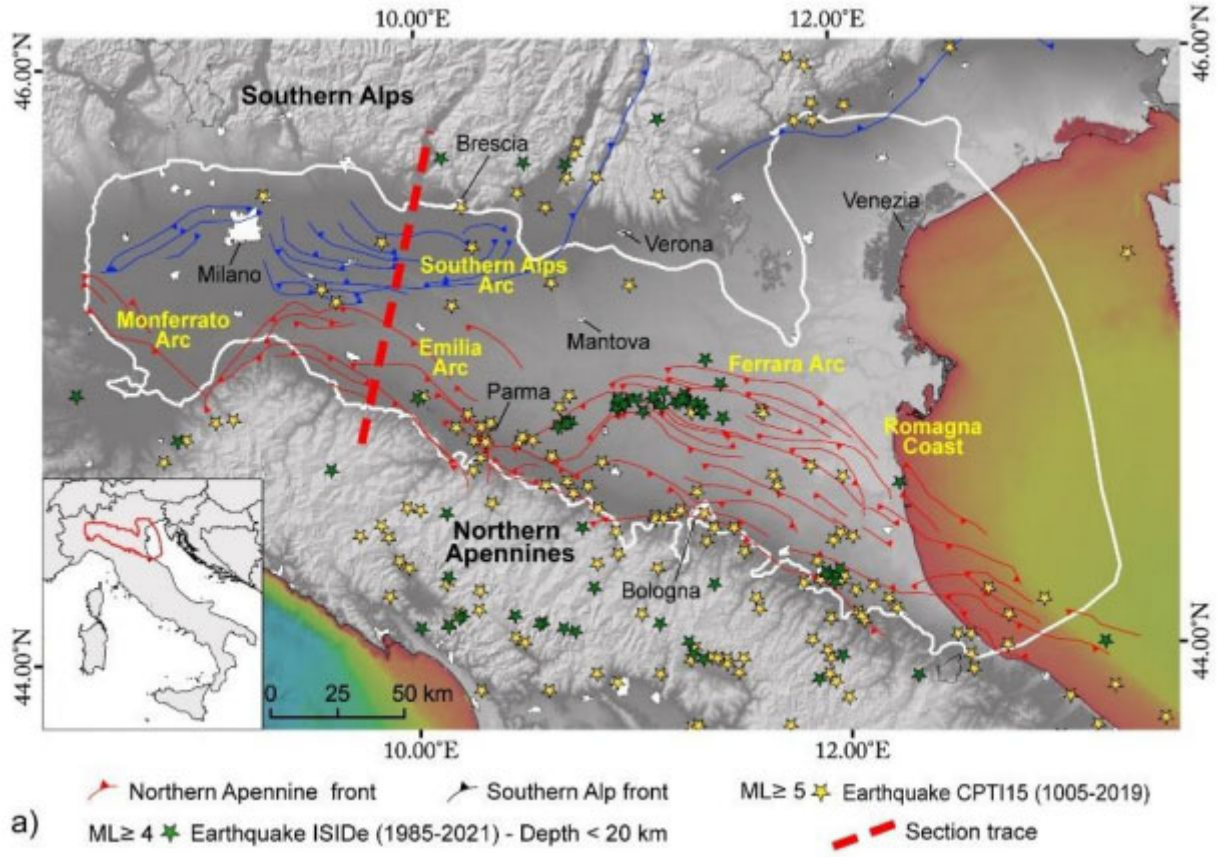


Figura 20: assetto strutturale profondo del bacino padano

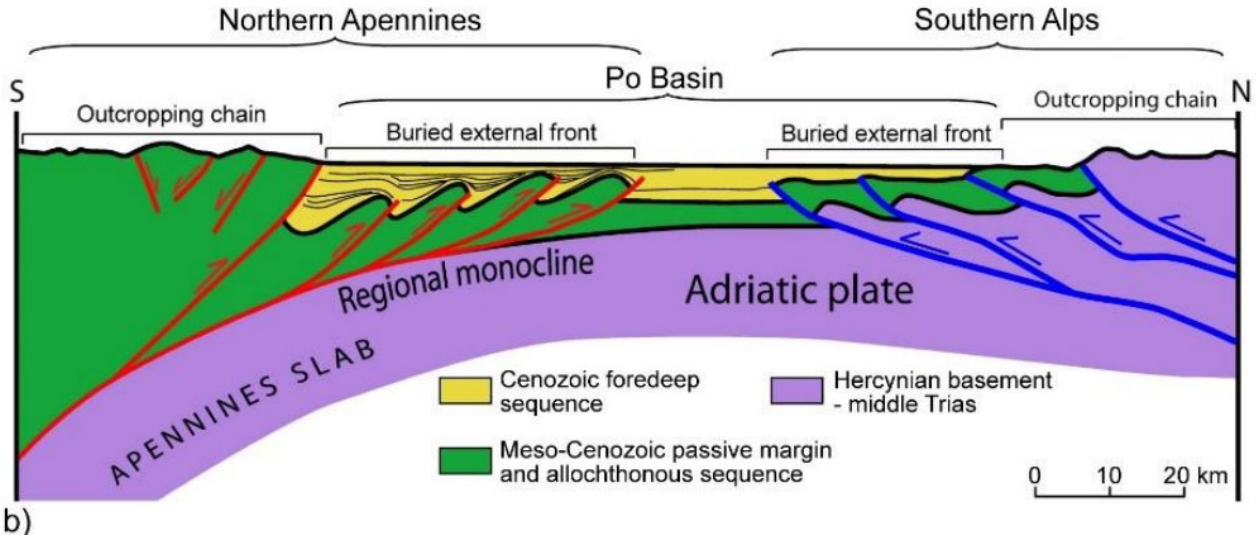


Figura 21: sezione schematica della struttura profonda del bacino padano

Lo sviluppo di queste due opposte cinture "fold and thrust", connesso con l'ampia collisione delle placche eurasiatica e africana, portò alla formazione del bacino della Pianura Padana, che rappresenta il bacino di foreland/foredeep di entrambi gli orogeni.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

La tettonica compressiva ha interessato quest'area sin dall'Eocene medio, con lo sviluppo di spinte orientate WNW-ESE nelle Alpi meridionali seguite, dall'Oligocene-Miocene inferiore in poi, dal sistema di spinta orientato NW-SE dell'Appennino settentrionale.

Il risultato di tali spinte è stato lo sviluppo di strutture embricate a pieghe e sovrascorrimenti vergenti verso Sud, nel settore più settentrionale del margine meridionale delle Alpi meridionali, e strutture similari, vergenti verso Nord-Est al fronte appenninico. Queste ultime possono essere suddivise in tre grandi gruppi di pieghe, Monferrato, Emiliane e Romagnolo Ferraresi.

L'attuale configurazione tettonica italiana (Figura 20) è stata raggiunta attraverso tre stadi deformativi principali:

1. stadio transtensivo, con apertura dell'oceano Ligure-Piemontese, durante il Liassico-Cretaceo inferiore;
2. stadio collisionale (con subduzione di tipo B sensu Bally & Snelson, 1980), caratterizzato da una compressione nel Cretaceo inferiore e una convergenza più spinta orientata N-S tra Africa ed Europa durante il Cretaceo superiore-Eocene inferiore;
3. stadio post-collisionale (Eocene superiore-Attuale) in regime ensialico.

Questi corrispondono alla suddivisione cronologica della storia evolutiva tetidea proposta da Trümpy (1973) in fase precollisionale o eoalpina, fase collisionale o mesoalpina e fase postcollisionale o neoalpina.

5.1.2 ASSETTO STRUTTURALE ALLA MESOSCALA

Il territorio di Brusaporto si situa nell'alta pianura Bergamasca, in un contesto geomorfologico prevalentemente pianeggiante che, nel suo settore più settentrionale, vede la transizione alle prime propaggini collinari delle prealpi Orobie. La struttura profonda del sottosuolo tuttavia è assai più complessa, è riflette come detto, l'evoluzione geodinamica caratteristica di un margine collisionale tra le placche Africana ed Euroasiatica.

La parte più superficiale del sottosuolo è caratterizzata da una stratigrafia legata principalmente all'accumulo nel bacino padano, di sedimenti, prevalentemente terrigeni e poco deformati provenienti dalla catena alpina. Strutturalmente vengono indicati come Monoclinale Pedealpina (Pedealpine homocline, Pieri & Groppi, 1981) comprendente depositi di età compresa tra il Messiniano superiore ed il Quaternario.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

La Monoclinale Pedealpina è costituita da una successione detritica, sottesa alla pianura, debolmente immersa verso S, che verso S si va pure progressivamente ispessendo e completando sino a rappresentare l'intervallo completo Messiniano superiore - Quaternario. La sua strutturazione sarebbe dovuta al basculamento verso S dell'area pedealpina indotto dai sovrascorrimenti appenninici in progressiva migrazione verso N.

Può essere distinta in una parte inferiore (Messiniano superiore - Pliocene) e in una superiore (Quaternario).

I depositi del Messiniano superiore sono riferibili, dal punto di vista litostratigrafico, alle ghiaie di Sergnano *s.s.* che sigillano le sottostanti strutture ad embrici. In essi sono riconoscibili: un sistema fluvio-deltizio ghiaioso-sabbioso retrogradante passante ad arenarie di piattaforma, un sistema di delta-conoidi ghiaiose progradanti passanti a conglomerati di piattaforma.

I depositi del Pliocene sono costituiti da sabbie deltizie e di piattaforma, le sabbie di Caviaga, passanti verso l'alto a peliti di piattaforma e bacinali, le argille del Santerno. Gli stessi risulterebbero intagliati da superfici erosive con andamento meridiano connesse ad una rete idrografica superficiale analoga a quella attuale.

La parte superiore della successione della Monoclinale Pedealpina, ricostruita attraverso l'analisi dei dati provenienti da sondaggi per ricerche idriche, può essere così schematizzata:

- nella presenza, nella parte superiore del Pliocene, di facies di mare profondo associate a facies di laguna e spiaggia con livelli argillosi talora fossiliferi intercalati a conglomerati, ghiaie e sabbie;
- nell'esistenza di una netta superficie di erosione che separa i depositi suaccennati da sovrastanti ghiaie continentali pleistoceniche di origine fluviale e fluvioglaciale;
- nell'esistenza all'interno delle ghiaie continentali di due superfici di discontinuità, sottolineate da paleosuoli, che costituiscono un utile strumento di correlazione.

Al di sotto della Monoclinale Pedealpina è presente, una struttura ad embrici multipli sud-vergenti (cfr. Figura 22) che, dal basso verso l'alto, coinvolge (pur con caratteri diversi, per il diverso comportamento reologico dei materiali), le seguenti unità tettono-stratigrafiche: il basamento cristallino ercinico, la successione carbonatica mesozoica non separabile dai sottostanti termini permo-carboniferi, il prisma clastico del Cretacico superiore, il cuneo clastico terziario. Quest'ultimo costituisce in senso stretto l'ossatura delle *Unità terziarie embricate.*

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

In Figura 22 si riporta uno stralcio dello schema strutturale relativo alle strutture sepolte comprese tra l'alta pianura bergamasca e il fronte appenninico meridionale dominato dall'arco delle pieghe e thrust emiliano. (Bersezio, Fantoni, Pessina 2001). Il territorio di Brusaporto è indicato dal punto rosso.

In Figura 24 si riporta la sezione geologico strutturale interpretativa lungo la traccia NE-SO riportata in Figura 22.

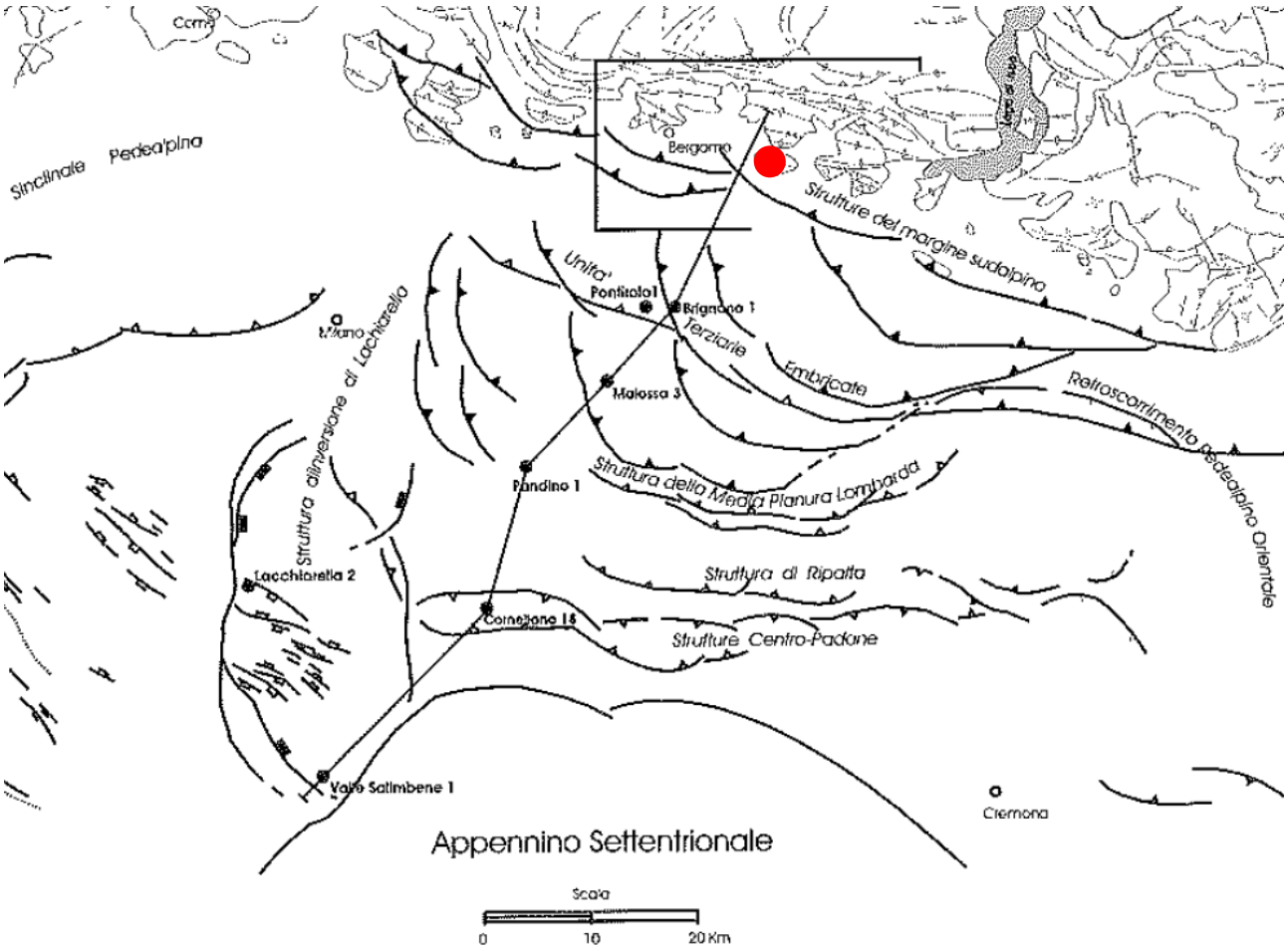


Figura 22: carta strutturale del bacino padano. In rosso l'ubicazione dell'abitato di Brusaporto.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

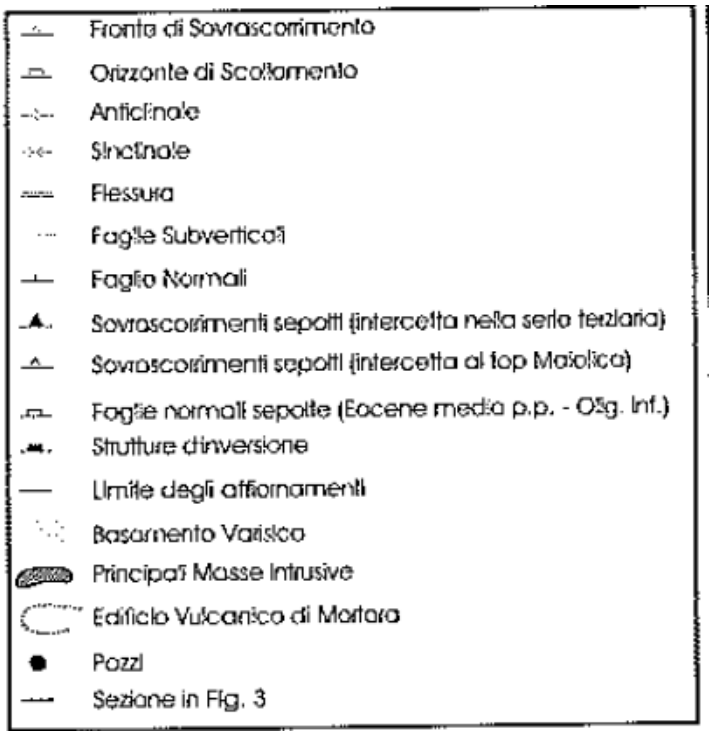


Figura 23: legenda di Figura 22

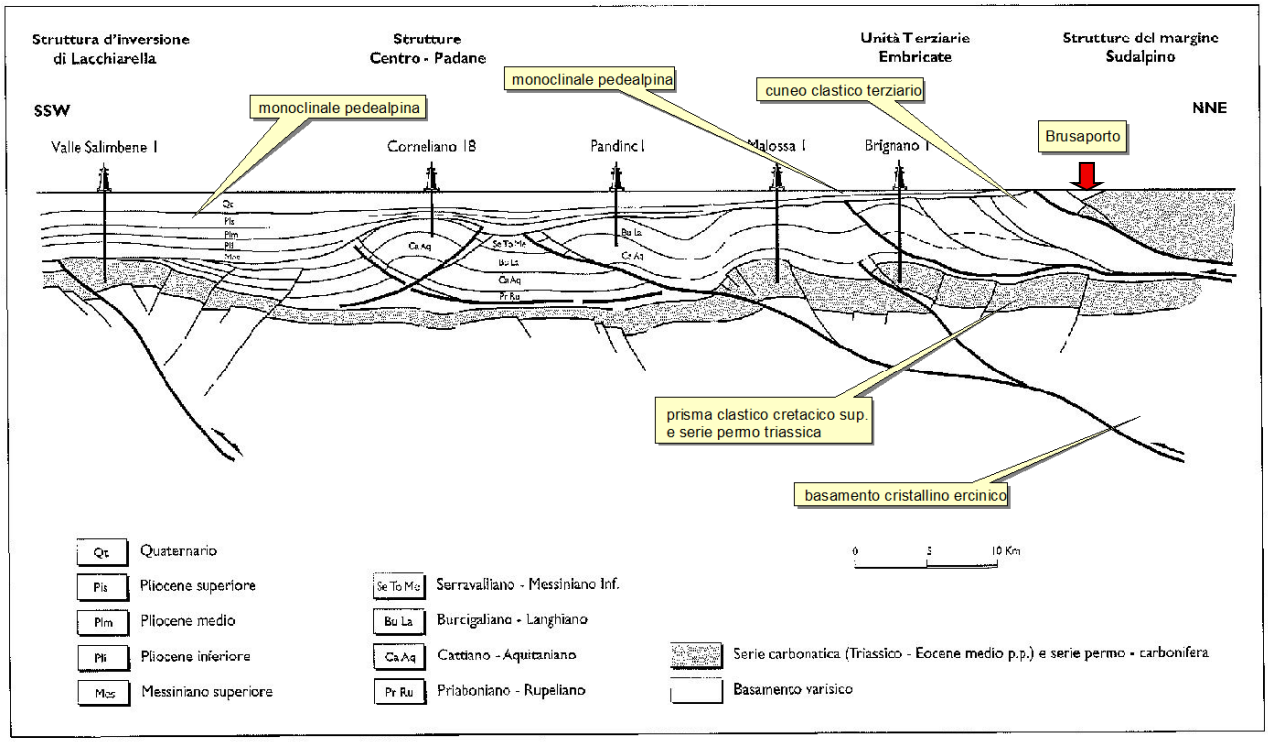


Figura 24: sezione tettono-stratigrafica interpretativa del sottosuolo di Brusaporto

5.1.3 CENNI DI NEOTETTONICA

La tettonica recente, successiva alla deposizione delle ghiaie di Sergnano (Messiniano sup.), interessa pressoché tutta l'area pedecollinare e l'area di alta pianura lombarde, con sollevamento, temporanei

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

arresti o abbassamenti nello Zancleano e forte sollevamento dal Piacenziano al Quaternario (Carta Neotettonica d'Italia, 1983).

Le evidenze più significative possono essere dedotte:

- dall'affioramento del Pliocene allo sbocco dei principali assi vallivi a quote relativamente alte rispetto alla sua posizione nell'immediato sottosuolo;
- dalle misure geodetiche eseguite dall'Istituto Geografico Militare d'Italia (IGM).

Nel Foglio 097-Vimercate lembi di Pliocene s.l., noti da tempo in letteratura e rivisitati da Chiesa (2001), sono presenti nelle valli del Brembo e dell'Adda.

In Val Brembana si segnalano in particolare quelli del T. Tornago (Almenno S. Salvatore) a 260 m s.l.m., di Almenno San Bartolomeo e di Villa d'Almè.

Nella valle dell'Adda è stato descritto di recente (Rigamonti, in Chiesa, 2001) l'affioramento del Pliocene nelle Conche di Paderno a quota 183 m s.l.m.

Le misure geodetiche dell'IGM eseguite nella regione pedealpina nell'arco di tempo 1897-1957 sono pubblicate da Arca & Beretta (1985). Questi Autori nella fascia pedealpina dei Fogli 098-Bergamo e 097-Vimercate segnalano un trend di sollevamento con asse ENE-WSW, con velocità mediamente sugli 0,5 mm/anno, con totali di 25 mm che verso N aumentano fino a 50 mm.

Le cause del sollevamento potrebbero ricercarsi in una tettonica prevalentemente estensionale, così come Zanchi et alii (1995) documentano tra le valli dell'Adda e del Ticino. Scardia et alii (2006), nel calcolare tassi di sollevamento medi compatibili con il valore di 0,5 mm/anno in successioni marino-marginali del Pleistocene, suggeriscono un meccanismo di compensazione isostatica dell'ingente rimozione di detriti dalla catena alpina causata dalle glaciazioni del Pleistocene.

5.1.4 LINEAMENTI STRUTTURALI LOCALI

Strutturalmente il territorio in esame è compreso nella "Zona a pieghe e sovrascorrimenti delle Colline Pedemontane" (Bersezio & Fornaciari, 1987) e si sviluppa a S della Flessura Pedemontana. La sua ossatura è costituita dalla successione cretacica caratterizzata da una struttura pellicolare con pieghe sinformi-antiformi, regionali, vergenti verso i quadranti meridionali, con lunghezza d'onda chilometrica e dimensioni longitudinali di alcuni chilometri.

Le tracce delle superfici assiali di queste strutture presentano direzione prevalente da E-W a WNW-ESE e anche gli assi delle mesopieghe associate si conformano a questo andamento. E' possibile la distinzione di tre aree: un'area settentrionale, direttamente connessa alla Flessura Pedemontana,

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

un'area centrale, sviluppata all'altezza di Zandobbio, un'area meridionale che si va affondando sotto i sedimenti plio-quaternari della pianura.

Il territorio di Brusaporto è riferibile proprio alla zona più meridionale, caratterizzata da pieghe aperte e chilometriche, asimmetriche, con fianchi settentrionali verticalizzati; sinformi e antiformi. Le pieghe coinvolgono le unità cretaciche fino alla pietra di Credaro (Campaniano), immergendosi sotto i depositi clastici della antistante piana alluvionale. Nel sottosuolo di questo settore l'interferenza tra fronti di limitato sovrascorrimento e pieghe, osservati in sismica, determina una struttura complessa con orientazioni degli elementi tettonici in direzione WNW-ESE e WSW-ENE, cui è riconducibile la struttura monoclinale affiorante al M.Tomenone.

Il Monte Tomenone rappresenta il rilievo isolato più meridionale del sistema collinare prealpino bergamasco. La sua posizione, immediatamente a nord della pianura alluvionale, lo colloca nel settore esterno della catena sudalpina lombarda, dove la deformazione compressiva alpina è stata meno intensa rispetto alle Prealpi Orobie ma sufficiente a produrre un articolato reticolo di pieghe, faglie e fratture.

La cresta principale presenta un andamento regolare rettilineo per oltre un chilometro che è tipico di un controllo litologico e tettonico. Il versante settentrionale è più inciso e interessato da piccole vallecole il cui andamento rettilineo suggerisce un controllo esercitato da sistemi di fratture.

Il versante meridionale, più regolare con immersione concordante con la pendenza del versante è tipico dei versanti strutturali. Le selle presenti lungo la cresta sono da mettere in relazione alla presenza delle zone maggiormente fratturate.

La forma del M. Tomenone non è casuale. La disposizione delle creste, dei versanti e delle incisioni vallive segue direzioni preferenziali difficilmente spiegabili con un semplice modellamento erosivo.

L'asse maggiore del rilievo ha orientazione media WNW-ESE che coincide con l'orientazione predominante delle strutture compressive del margine meridionale Sudalpino. Si tratta di faglie inverse e sovrascorrimenti (thrusts) che determinano l'avanzamento delle rocce del Mesozoico al di sopra dei terreni più recenti in direzione della pianura.

La letteratura scientifica ha avanzato a più riprese la possibile presenza di un importante lineamento strutturale sepolto al di sotto della piana di Albano. Sulla natura di questo elemento sono state avanzate diverse ipotesi. Secondo Bersezio R., Fornaciari M. & Gelati R. (1990) - *Carta geologica della fascia collinare Sudalpina trala Brianza e il lago d'Iseo,* il lineamento in questione potrebbe costituire la prosecuzione di una sinclinale rovesciata che è documentata sia ad ovest (colli di

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Bergamo) che ad est del Cherio Figura 26. La carta geologica della provincia di Bergamo invece inserisce a Nord del Monte Tomenone un elemento disgiuntivo generico (faglia presunta Figura 27).

Tenendo conto anche dei profili sismici alla mesoscala di ENI-Agip, il lineamento in questione potrebbe essere rappresentato da una faglia o piega faglia, con piano di accavallamento immergente a NNW.

La Figura 25, tratta ancora da Bersezio et alii, 1990, lascia aperta la discussione non ricostruendo la stratigrafia al di sotto della piana di Albano.

E' riconoscibile anche un sistema di fratturazione NNE-SSO che taglia perpendicolarmente il sistema precedente. Tale sistema è collegato ai grandi lineamenti tettonici della vicina Val Cavallina e della Val Seriana che in analogia con le faglie con medesima orientazione ubicate più a nord potrebbero avere associata una certa componente trascorrente sinistra. Nel territorio di Brusaporto il principale di questi elementi taglia in due il rilievo collinare all'altezza della sella della Cantalupa.

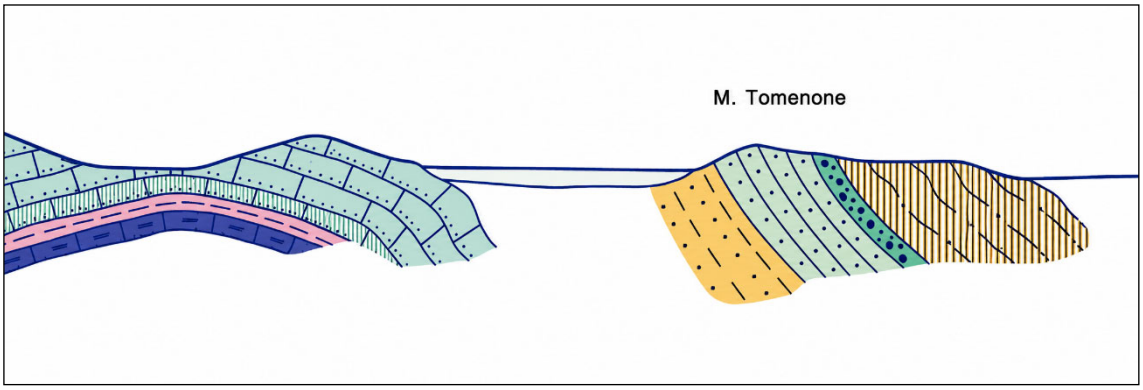


Figura 25: sezione geologica da Nord a Sud tra la collina di Albano e il Monte Tomenone

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

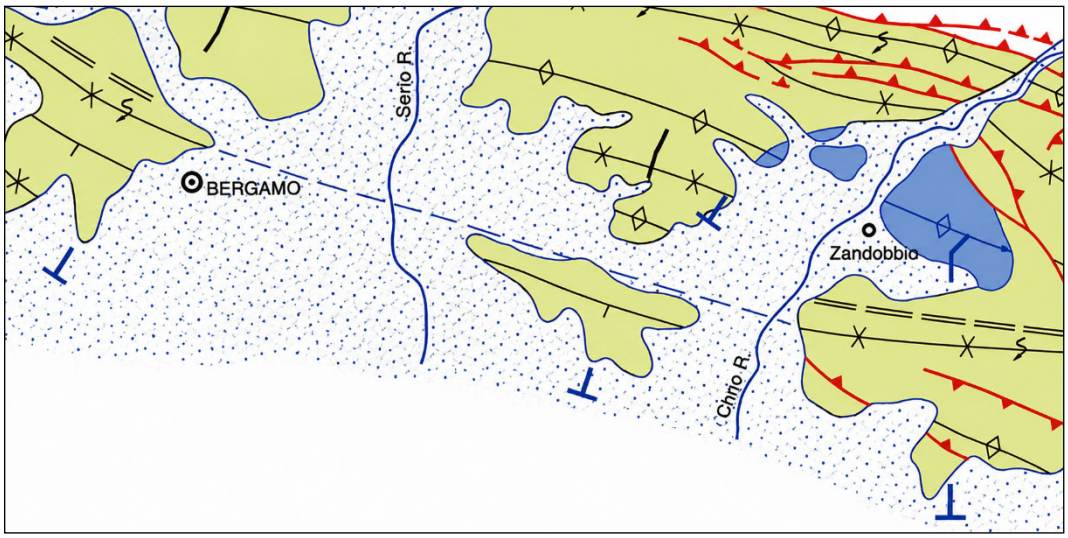


Figura 26: schema strutturale del territorio della collina di Brusaporto da Bersezio et alii 1990

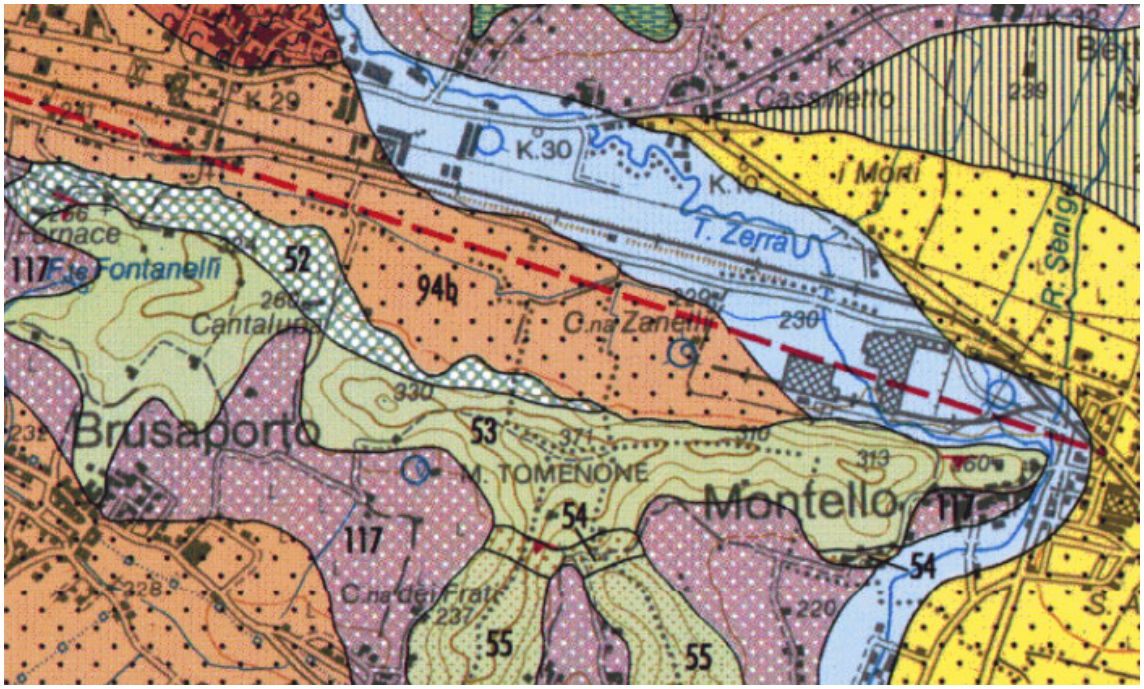


Figura 27: estratto della carta geologica della provincia di Bergamo

5.2. ASSETTO GEOLOGICO

Il comune di Brusaporto disponeva già di una carta geologica redatta per la componente geologica comunale datata 1997. Da questo documento sono stati estratti alcuni elementi puntuali della cui esistenza lo scrivente era a conoscenza, che sono servite ad integrare le cartografie geologiche più recenti prodotte da Provincia di Bergamo e CARG e che costituiscono la cartografia ufficiale di riferimento (specialmente il rilievo CARG al 10.000). Sono stati inseriti anche alcuni elementi geologici di cui lo scrivente era a conoscenza per motivi legati alla propria attività professionale.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

5.2.1 CARTA GEOLOGICA DELLA PROVINCIA DI BERGAMO

Il territorio comunale di Brusaporto si colloca nell'alta pianura bergamasca. Nella sua porzione più meridionale è caratterizzato da una coltre di depositi neogenico-quaternari, parte della monoclinale pedealpina, che può raggiungere oltre un centinaio di metri di spessore. Nel settore settentrionale del territorio comunale, in corrispondenza del rilievo collinare del Monte Tomenone invece, i depositi superficiali sono limitati alle coltri eluvio colluviali che ricoprono il substrato roccioso, o che si accumulano alla base del rilievo ad opera delle acque di ruscellamento, più o meno concentrate. Una prima caratterizzazione geologica del territorio a grandi linee, può essere dedotta dalla Carta Geologica della Provincia di Bergamo (FORCELLA F. & JADOUL F., 2000) alla scala 1:50000 (cfr. Tavola 1 e Figura 28).

In questo documento i depositi quaternari più superficiali, di natura essenzialmente fluvioglaciale e fluviale, sono considerati di pertinenza seriana (bacino del Serio) ed attribuiti alle Unità di Cologno. L'unità ubiquitaria del complesso di Palazzago, di natura alteritica, costeggia tutte le pendici meridionali del rilievo collinare del Monte Tomenone.

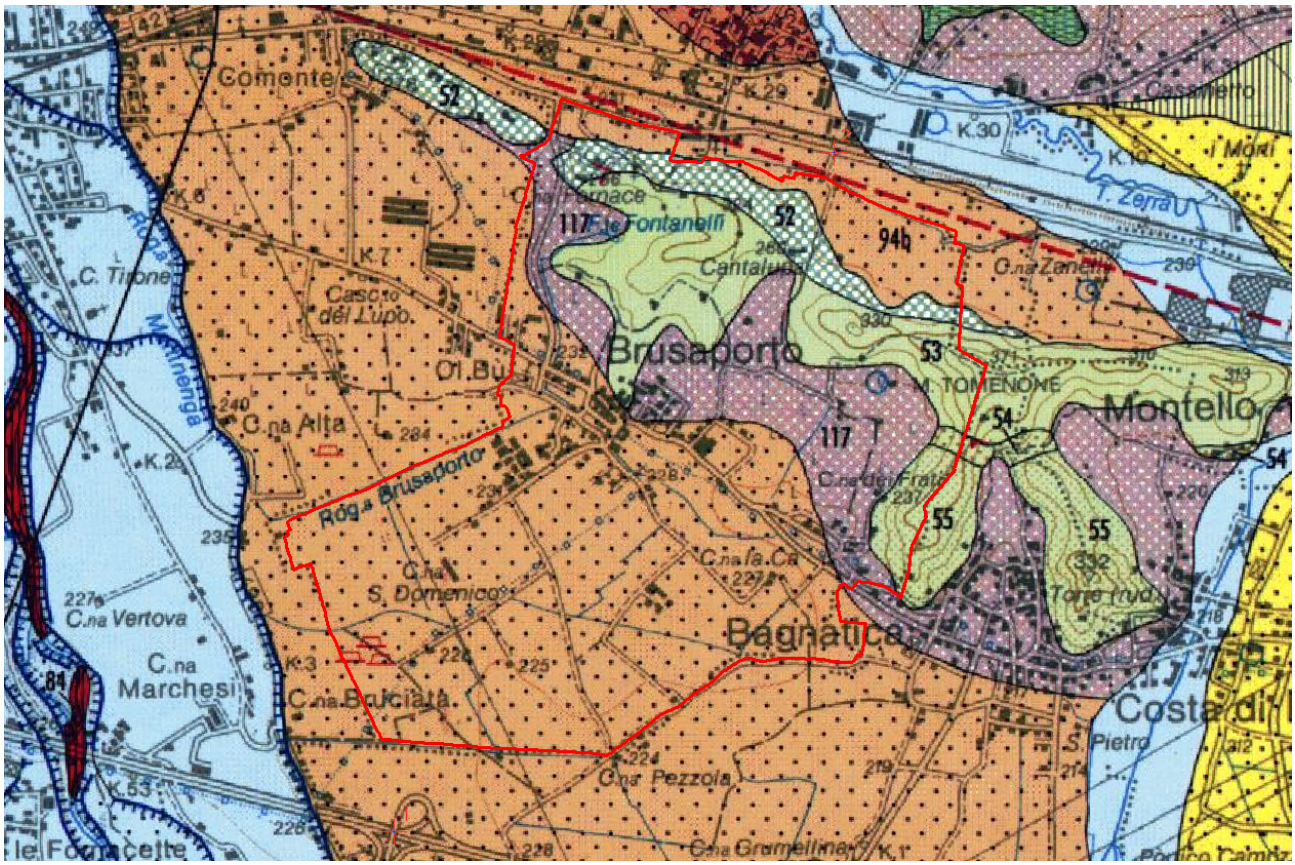


Figura 28: estratto della Carta Geologica della Provincia di Bergamo (FORCELLA F. & JADOUL F., 2000). Legenda: 94b Unità di Cologno (Complesso del Serio) – 117 Complesso di Palazzago – 52 Flysch di Pontida - 53 Arenarie di Sarnico, 54 Conglomerato di Sirone, 55 Flysch di Bergamo.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Di seguito si riassumono i caratteri salienti delle unità affioranti nel territorio di Brusaporto secondo la carta geologica della provincia di Bergamo.

5.2.1.1 *DEPOSITI SUPERFICIALI NON AFFIORANTI*

CONGLOMERATI DI SERIATE

Sono rappresentati litologicamente da conglomerati grossolani a prevalente supporto clastico, matrice arenacea con ciottoli subarrotondati, ben cementati con clasti carbonatici e dell'alta valle, o da conglomerati a prevalente supporto di matrice, ciottoli arrotondati, matrice arenacea, forte cementazione; clasti carbonatici dominanti. Sono depositi tipicamente di ambiente alluvionale.

Questa unità è stata indicata precedentemente come "Ceppo di varia età": poligenico nella massa maggiore (Intergl. G-M; Fluvioglaciale Mindel, Riss e Würm, basali), calcareo prealpino in basso (DESIO & VENZO,1954); e come Conglomerati del Serio (Villafranchiano) (CHARDON, 1975).

Litologia - I Conglomerati di Seriate sono costituiti da depositi fluviali cementati distinguibili in:

- Membro conglomeratico superiore: ghiaie fluviali ben cementate, eterometriche (da medio grossolane a molto grossolane, con presenza di massi), a supporto sia clastico che di matrice (Gm); matrice arenacea e cemento carbonatico; stratificazione molto grossolana, leggermente immergente verso S. I ciottoli sono in prevalenza arrotondati, subarrotondati e discoidali; i ciottoli discoidali sono spesso embricati. Sono presenti livelli di materiali più fini: sabbie da fini a grossolane sino a piccoli ciottoli, con struttura interna laminata (Sh). Petrograficamente questo corpo conglomeratico è caratterizzato da: rocce endogeno - metamorfiche: 21-37%, rocce terrigene: 23-38%, rocce carbonatiche: 40-49%.

- Membro conglomeratico inferiore: ghiaie fluviali a supporto di matrice (Gms), fortemente cementate; matrice arenacea e cemento carbonatico; prevalenti i ciottoli medio grossolani, in subordine quelli molto grossolani; massive; prevalenti ciottoli ben arrotondati. Petrograficamente prevalgono i ciottoli carbonatici; gli elementi terrigeni ed endogeno - metamorfici sono in netto subordine (questi ultimi sono quasi esclusivamente rappresentati da metamorfiti).

Area di Affioramento - I Conglomerati di Seriate affiorano quasi esclusivamente lungo le sponde dell'alveo attuale del F. Serio, tra Villa di Serio e Grassobbio; piccoli lembi affiorano a Gorle (loc. La Gratta), dove i conglomerati costituiscono la base dell'Unità di Comun Nuovo, e a Scanzorosciate (loc. Molino Nuovo), dove sono ricoperti dall'Unità di Torre Boldone (Complesso di Ponte della Selva).

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Morfologia - I Conglomerati di Seriate sono la testimonianza di almeno due cicli deposizionali di natura fluviale, non coevi e di origine seriana, che hanno riempito l'antica valle del Serio originando una sequenza sedimentaria localmente molto spessa, in seguito erosa e ricoperta dai depositi più recenti, a cui spesso l'unità fa da basamento.

Rapporti Stratigrafici - Il limite superiore dei conglomerati, nelle sezioni viste, è sempre di tipo erosionale; il limite inferiore non è visibile, ma, dai dati desunti dalle stratigrafie dei pozzi per acqua, sembra che i conglomerati appoggino su alternanze di depositi sabbioso-argillosi a S di Seriate, mentre a N (zona di Scanzorosciate e Albano S. Alessandro) appoggiano direttamente su substrato roccioso. I Conglomerati di Seriate vengono coperti in discontinuità dalle unità del Pleistocene medio, del Pleistocene superiore e dalla Unità Postglaciale. I rapporti stratigrafici con l'Unità di Valtesse e con i corpi conglomeratici presenti nell'alta valle non sono visibili in affioramento. La presenza dei Conglomerati di Seriate, come già accennato, è riscontrabile nelle stratigrafie dei pozzi per l'emungimento d'acqua; da questi dati si ricava che: la profondità di questi corpi varia da pochi metri (zona di Gorle - Pedrengo) sino a decine di metri nelle aree via via più a S; gli spessori variano da oltre 50 m (con punte anche di 80-90 m nelle aree più a N) a non oltre 20-30 m nelle aree a S. Analoga variazione di spessore si riscontra muovendosi da W ad E (FRANCANI & LORANDI, 1978).

Eta' - Data la scarsità di dati a disposizione è difficile una precisa collocazione cronologica dei Conglomerati di Seriate; visti i rapporti stratigrafici con le altre unità e in uniformità con le attribuzioni fatte per i conglomerati dei bacini limitrofi (Adda in modo particolare), è stata proposta una attribuzione cronologica al Pliocene superiore - Pleistocene medio.

5.2.1.2 *DEPOSITI SUPERFICIALI AFFIORANTI*

Complesso di Palazzago:

Nel territorio di Brusaporto sono presenti principalmente diamicton a clasti da subarrotondati a subspigolosi con matrice sabbiosa o limoso argillosa; limi e argille con orizzonti a clasti residuali riferibili a depositi di conoide e colluviali con morfologie in erosione.

La composizione petrografica dei depositi è strettamente condizionata dalla litologia del substrato lapideo locale, costituito nella maggior parte dei casi dalle formazioni terrigene cretaciche e dalla successione calcareo - selcifera giurassica; in misura assai minore si rinvengono elementi "esotici" derivanti dal rimaneggiamento dei depositi fluvioglaciali e fluviali appartenenti alle unità dei bacini principali.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Eta' è riferibile all'intervallo Pleistocene medio - Pleistocene superiore. I dati pedologici sembrano escludere età anteriori al Pleistocene medio in quanto i profili osservati non presentano caratteri confrontabili con quelli di suoli sviluppati sulle unità ritenute di età pleistocenica inferiore.

Unità di Cologno

Definizione – Ghiaie poligeniche a supporto clastico; da arrotondate a subarrotondate e discoidali; matrice sabbiosa calcarea: depositi fluvioglaciali. Cementazione diffusa, scarsa. Localmente è presente una copertura di limi di esondazione. La superficie limite superiore è caratterizzata da Allisoli da mediamente a poco espressi, con matrice decarbonatata fino a 1,1m. Colori: da 7.5YR a 10YR, localmente colori di 5YR.

Sinonimi - Unità di nuova istituzione, indicata dagli autori precedenti come: fluvioglaciale ghiaioso, alterato per circa 1 m "livello fondamentale della Pianura" (Riss) p.p. (Desio & Venzo, 1954); fluvioglaciale Würm/Riss - Diluvium recente p.p. (GELATI &FERRERIO,1967; COMIZZOLI et alii, 1969); Würm p.p. (Chardon, 1975); Livello fondamentale della Pianura p.p. (Pleistocene superiore) (Cremaschi, 1987).

Litologia - L'Unità di Cologno è composta da depositi fluvioglaciali: ghiaie a supporto clastico (Gm) con matrice sabbiosa, prevalentemente da medio grossolane a grossolane, in subordine molto grossolane con locale presenza di massi. Da mediamente selezionate a ben selezionate nelle aree più a S; da arrotondate a subarrotondate e discoidali. Stratificazione suborizzontale grossolana; in subordine stratificazione incrociata concava (Gt); presente gradazione diretta ed embricatura a basso angolo. Presenti strati sabbiosi e lenti a laminazione orizzontale (Sh) ed incrociata a basso angolo (Sl); locali lenti di limi (Fl). Localmente la sommità mostra una copertura di limi argillosi (depositi di esondazione?). Cementazione diffusa, scarsa.

Area di Affioramento – Nel territorio di Brusaporto l'unità affiora nella zona Sud-Orientale rispetto alla SP 67 che taglia in due il territorio comunale, e in una stretta fascia all'estremo nord del territorio comunale.

Morfologia - L'unità rappresenta una fase di deposizione fluvioglaciale legata ad un regime di tipo braided river, cronologicamente intermedia fra l'Unità di Comun Nuovo e le alluvioni postglaciali. Gli orli di terrazzo che la delimitano dall'Unità Postglaciale si riducono sempre più in direzione Sud, fino a scomparire provocando il progressivo ricoprimento dell'Unità di Cologno ad opera delle alluvioni dell'Unità Postglaciale del Serio.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Rapporti Stratigrafici - Il limite superiore dell'unità è caratterizzato da: morfologie terrazzate ben conservate, con orli di terrazzo evidenti, ma che, spostandosi verso S, tendono a ridursi progressivamente fino a scomparire; i suoli presentano un orizzonte argillico poco spesso e fronte di decarbonatazione con profondità massima osservata di 1,1 m. Localmente si riscontra una copertura di limi che troncano la sequenza pedologica originaria.

Il limite inferiore dell'unità nella zona di Brusaporto è rappresentato dai Conglomerati di Seriate Torre Boldone. L'unità è ricoperta verso oOvest dalle alluvioni dell'Unità Postglaciale del Serio.

Eta' del Complesso del Serio - Il Complesso del Serio riunisce corpi sedimentari formatisi in un intervallo di tempo compreso tra la deposizione del Complesso di Ponte della Selva e l'Olocene, quindi entro il Pleistocene superiore e più probabilmente nella sua parte terminale. Esso comprende l'ultima grande avanzata glaciale, non essendo però possibile dimostrare l'isocronia delle unità descritte non si può escludere che almeno una parte dei depositi considerati siano da riferirsi a fasi precedenti.

5.2.1.3 *SUBSTRATO ROCCIOSO*

Costituisce l'ossatura del caratteristico rilievo collinare che caratterizza il settore settentrionale del territorio comunale (Monte Tomenone).

Flysch di Pontida

L'unità più antica affiorante nel territorio comunale di Brusaporto è il Flysch di Pontida (De Rosa & Rizzini, 1967). Essa costituisce una stretta fascia alla base del rilievo settentrionale del m. Tomenone, in quanto le giaciture dominanti sono orientate verso sud-ovest con inclinazioni piuttosto significative. Tale assetto fa si che procedendo verso sud, compaiano unità via via più recenti. Si evidenzia tuttavia che tale assetto regionale, è localmente modificato dalla presenza di strutture plicative, che possono orientare le giaciture verso

E' una successione torbiditica costituita da alternanze marnoso-arenacee a stratificazione variabile da sottile a spessa, a granulometria normalmente arenitica fine, cui si alternano strati e banchi calcareo-marnosi potenti fino ad alcuni metri, talora gradati e con base conglomeratica. Lo spessore della Formazione raggiunge i 600 metri circa nell'area-tipo (Pontida - M. Brocchione), assottigliandosi lateralmente fino alla completa chiusura nel settore orientale della Provincia di Bergamo (Valle Adrara), dove l'Arenaria di Sarnico appoggia direttamente sui Banchi Caotici del Cenomaniano superiore.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

L'età della Formazione è Turoniano medio – superiore (Erba & Fornaciari, 1988), sulla base della biostratigrafia a Foraminiferi planctonici e a nannofossili calcarei.

Nel territorio di Brusaporto il flysch di Pontida e ancora riconoscibile, ma procedendo verso Est gli affioramenti si fanno meno frequenti, in quanto si passa eteropicamente al Flysch di Colle Cedrina o l'unità è assente per lacuna stratigrafica.

Il limite inferiore della formazione è graduale nei settori in cui la successione si presenta più completa e potente, e mostra una transizione alle sottostanti Peliti Rosse, non osservabili nel territorio comunale.

La successione del Flysch di Pontida presenta un'associazione di facies relativamente monotona, costituita per la maggior parte da strati torbiditici incompleti alla base (Tb-e) a geometria piano-parallela. Il rapporto arenaria/pelite cresce nella parte alta della Formazione, in prossimità del passaggio graduale alla sovrastante Arenaria di Sarnico. La distribuzione dei corpi calcareo-marnosi è irregolare e non mostra alcuna ciclicità. La frequenza e lo spessore degli stessi si riducono verso l'alto dell'unità. Le paleocorrenti delle torbiditi marnoso-arenacee mostrano una dispersione da E verso W.

Dal punto di vista composizionale le areniti tipiche del Flysch di Pontida sono litareniti relativamente povere in feldspati, e ricche in quarzo policristallino e frammenti litici. La composizione è confrontabile con quella dell'Arenaria di Sarnico, ma differisce significativamente sia da quella delle Peliti Rosse e del Flysch di Bergamo (arcose litiche) che da quella del Flysch di Colle Cedrina (areniti ibride intrabacinali) (Bersezio & Fornaciari, 1987).

Arenaria di Sarnico

Costituisce la parte preponderand del rilievo comunale del m. Tomenone. L'unità è tipicamente costituita da un'alternanza di peliti ed arenarie di colore grigio, in strati da sottili a spessi, di origine torbiditica. Si tratta di una unità descritta e studiata fin dal secolo scorso anche per il suo interesse come pietra da costruzione fin dai tempi storici. Il contatto con il sottostante Flysch di Pontida è sempre graduale e si produce con la progressiva comparsa degli strati più spessi e grossolani dell' Arenaria di Sarnico all'interno di quelli più fini dell'unità precedente. Lo spessore dell'unità è relativamente costante in tutta l'area in oggetto e può essere valutato attorno ai 400 metri.

L' Arenaria di Sarnico si presenta essenzialmente con tre associazioni di facies, di seguito descritte in ordine di importanza.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

A) Alternanza tra peliti grigie ed arenarie fini e medie, massive, senza evidenti strutture interne, in strati da medi a spessi; base netta e contatto superiore arenaria/pelite netto; strati tabulari e superfici di stratificazione piano-parallele; rapporto arenaria/pelite = 1.

B) Alternanze di peliti ed arenarie fini, in strati sottili, a volte medi, massivi o con strutture di Bouma, con lamine parallele, oblique o convolute; frequenti strutture da sfuggita d'acqua.

C) Orizzonti di arenarie medie e fini, amalgamate, in strati e banchi spessi fino a 7/8 metri di spessore; gradazione assente o poco sviluppata, con isolati granuli alla base dei singoli episodi amalgamati; base e tetto dei banchi netti, con superfici di stratificazione parallele o leggermente convergenti alla scala dell'affioramento; frequenti strutture da sfuggita d'acqua.

L'età dell' Arenaria di Sarnico è attribuita al Coniaciano da Venzo (1954); tale età è stata recentemente confermata (Erba & Fornaciari, 1988) mediante l'analisi biostratigrafica del nannoplancton calcareo.

L'Arenaria di Sarnico appartiene ad un sistema torbiditico che si imposta nel Bacino Lombardo nel Cretacico superiore e che risulta costantemente alimentato dai quadranti orientali. Dal punto di vista ambientale si possono riconoscere depositi di lobo (facies C), intercalati con i rispettivi depositi fini marginali (facies B) e a depositi di piana di bacino (facies A). La presenza di questo sistema torbiditico è da attribuirsi allo sviluppo di un bacino di avanpaese nella zona di retroarco della nascente catena alpina durante il Coniaciano.

Conglomerato di Sirone

Affiora in una ristretta zona di una delle digitazioni del rilievo collinare a nord del territorio comunale, immediatamente a sud del M. Tomenone e in particolare costituisce una fascia di poche decine di metri di metri di ampiezza al confine tra Brusporto e Bagnatica. E' rappresentato da un'alternanza di corpi conglomeratici da medi a spessi, massivi, con strati di arenarie torbiditiche da sottili a medie. I corpi conglomeratici ed arenacei mostrano geometria lenticolare e frequenti basi erosionali. Lo spessore della Formazione varia dagli oltre 150 metri dell'area-tipo (Brianza) ai circa 50-60 metri della bergamasca orientale.

Il Conglomerato di Sirone è di età santoniana in bergamasca occidentale ed in Brianza; in bergamasca orientale il Santoniano superiore manca per la presenza di una troncatura erosiva sviluppata alla base del Flysch di Bergamo (Erba & Fornaciari, 1988).

Il contatto con le sottostanti Arenarie di Sarnico è decisamente netto.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

La successione del Conglomerato di Sirone è tipicamente caratterizzata dall'associazione di litofacies conglomeratiche, in corpi generalmente disorganizzati prevalenti nella metà inferiore della Formazione, cui si associano sempre più frequentemente verso l'alto le alternanze arenaceo-pelitiche fini, torbiditiche.

I ciottoli dei corpi conglomeratici consistono principalmente di quarzo, frammenti di rocce cristalline, dolomie, calcari pelagici, calcari di piattaforma, selci. Le paleocorrenti hanno orientazione media E-W.

Flysch di Bergamo

Secondo la carta geologica della provincia occupa l'estremità meridionale della digitazione più occidentale del rilievo del M. Tomenone al confine con Bagnatica. Si tratta tipicamente di alternanze di peliti ed arenarie, di colore giallastro, in strati da sottili a spessi, di origine torbiditica. L'unità, istituita da Gelati & Passeri (1967), affiora al margine dei rilievi prealpini con la pianura, e forma buona parte della collina di Bergamo e del versante sud del Monte Canto; è presente inoltre, con la sua parte superiore, nella collina di Monte Giglio. Il limite con l'unità inferiore (il Conglomerato di Sirone) è netto. Lo spessore della formazione non può essere direttamente valutato nell'area in esame in quanto risulta essere l'unità più alta in affioramento e prosegue certamente nel sottosuolo ricoperto dai depositi alluvionali più recenti. Lo spessore può essere stimato in diverse centinaia di metri.

Questa unità presenta una notevole articolazione interna in termini di geometria e caratteri della stratificazione. Le più tipiche associazioni di facies sono di seguito descritte.

A) Alternanze di peliti ed arenarie fini e medie, in strati da sottili a spessi, con superfici di stratificazione piano-parallele (rapporto arenaria/pelite = 1). Gli strati arenacei sviluppano tipicamente sequenze di Bouma complete o troncate alla base; frequenti sono le impronte di fondo come abbondanti sono le tracce di bioturbazione. Si riconoscono a volte sequenze verticali del tipo *thickening upward*.

B) Alternanze di arenarie a stratificazione sottile e peliti; le arenarie sono fini e molto fini, con superfici di stratificazione piano-parallele alla scala dell'affioramento e sequenze di Bouma troncate alla base; le peliti presentano frequentemente al loro interno concrezioni calcaree.

C) Orizzonti di spessore decametrico formati da arenarie medie e grossolane, massive o in strati molto spessi, con intercalati sottili livelli pelitici; le superfici di stratificazione sono irregolari e tipicamente non parallele; frequenti sono le amalgamazioni.

D) Alternanze di peliti ed arenarie medie e grossolane, in strati medi e spessi, di norma piano-concavi.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

L'età del Flysch di Bergamo è attribuita al Campaniano.

I depositi del Flysch di Bergamo possono essere interpretati come depositi marini profondi appartenenti ad un vasto sistema torbiditico, caratterizzato da una complessa geometria interna. Si riconoscono associazioni di facies tipiche di piana bacinale (A e B), e di lobo deposizionale (C). La facies D invece potrebbe essere legata a processi di canalizzazione dei flussi torbiditici ad alta energia che hanno consentito il deposito in zone più distali. Tale sistema torbiditico, la cui esatta geometria non può essere definita con precisione, può essersi sviluppato nell'avanfossa prospicente la nascente catena alpina nel Cretacico superiore, ed essere alimentato dall'erosione di tale catena. Le paleocorrenti indicano apporti da nord e da nord-est.

Nella cartografia del progetto CARG questa unità non compare nel territorio di Brusaporto in quanto viene indicata come sostituita in eteropia dalla Pietra di Credaro. Anche questa unità presenta una natura torbiditica, ma mentre la composizione del Flysch di Bergamo è prevalentemente silicoclastica, quella della Pietra di Credaro è decisamente più calcarea.

5.2.2 CARTA GEOLOGICA DEL PROGETTO CARG

Il Progetto CARG (Cartografia Geologica e Geotematica) è il programma ufficiale dello Stato italiano per la realizzazione della nuova mappa geologica nazionale in sostituzione di quella edita negli anni 60. Nel quadro di questo progetto nel 2012 è stato pubblicato il nuovo foglio Bergamo. La scala ufficiale di pubblicazione è la 1:50000, mentre la scala di rilevamento è stata 1:10000. Sul geoportale della Lombardia, sono disponibili i rilievi in entrambe le scale in formato shape. E' a questi documenti che si è fatto riferimento per la redazione della carta geologica su base comunale. Rispetto ai documenti precedenti (Carta geologica della provincia di Bergamo) e componente geologica comunale vigente, si notano solo differenze minori. Per quanto concerne il substrato roccioso la differenza principale è data dall'attribuzione alla unità della Pietra di Credaro di ciò che nei rilievi precedenti era stato attribuito al Flysch di Bergamo. Si tratta di due unità entrambe di età coniaciane che caratterizzano rispettivamente il settore orientale ed occidentale della bergamasca in eteropia tra di loro.

Per quanto riguarda invece i depositi superficiali quaternari il rilevamento jon segue i soli e tradizionali criteri litostratigrafici usati per la roccia in posto. Si basa invece sull'applicazione obbligatoria di un approccio multidisciplinare codificato dalle linee guida nazionali ISPRA.

I criteri di rilevamento utilizzati sono basati su quattro pilastri fondamentali di seguito sintetizzati:

1. Criterio Stratigrafico (Unità UBSU)

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

- **Approccio vincolante**: Utilizzo delle **Unità Stratigrafiche Delimitate da Discontinuità** (UBSU - *Unconformity-Bounded Stratigraphic Units*).
- **Suddivisione**: I corpi sedimentari sono gerarchizzati in Supersintemi, Sintemi e Subsintemi.
- **Limiti**: Ogni unità è definita inferiormente e superiormente da superfici di discontinuità stratigrafica oggettive (superfici di erosione o di non-deposizione).

2. Criterio Morfostratigrafico e Geomorfologico

- **Forma del rilievo**: Stretta correlazione tra il corpo sedimentario e la forma della superficie topografica (es. terrazzi fluviali, cordoni morenici, conoidi).
- **Evoluzione**: Permette di distinguere e separare depositi litologicamente identici (es. ghiaie) ma deposti in tempi diversi e mappati a quote topografiche differenti.

3. Criterio Sedimentologico e Genetico-Deposizionale

- **Ambiente**: Identificazione della genesi del deposito in base alle strutture sedimentarie e alla tessitura.
- **Classificazione**: Suddivisione rigorosa per ambienti deposizionali (es. glaciale, fluvioglaciare, alluvionale, colluviale o di versante).

4. Criterio Petrografico e Grado di Alterazione

- **Composizione**: Analisi dei granuli e dei ciottoli per individuare i bacini di alimentazione originari.
- **Pedogenesi**: Valutazione dello spessore e del tipo di suolo sviluppato sopra il deposito (grado di alterazione e arrossamento della matrice), fondamentale per stabilire l'età relativa dei depositi superficiali.

Il risultato di questo nuovo approccio metodologico si esprime principalmente in una nuova nomenclatura e in nuove caratterizzazioni, anche se dal punto di vista della distribuzione areale, non si osservano grosse differenze rispetto ai rilievi precedenti.

Si evidenzia tuttavia che nel foglio Bergamo del progetto Carg, si fa spesso riferimento al termine Allogruppo (più proprio della classificazione “allostratigrafica”) introdotta storicamente dalla *North American Commission on Stratigraphic Nomenclature* (NACSN, 1983) e che rappresenta lo standard metodologico diffuso prevalentemente nella letteratura scientifica anglosassone. Nella fase di avvio del progetto Carg era stata questa la scelta operata dalla struttura tecnica di Regione Lombardia anche

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

perché i lavori prodotti dal dipartimento di geologia dell'Università degli Studi di Milano, si basavano principalmente su questa nomenclatura.

In fase di pubblicazione tuttavia, i vari fogli sono stati standardizzati convertendo la nomenclatura nello standard nazionale UBSU (Sintemi e Supersintemi) per rispettare i Quaderni del Servizio Geologico d'Italia.

Nella tabella seguente si riportano le corrispondenze tra le nomenclature dei due sistemi di classificazione stratigrafica.

Rango	Allostratigrafia (NACSN)	UBSU (ISSC / CARG)
Superiore (Macro)	Allogruppo (*Allogroup*)	Supersintema
Fondamentale (Base)	Alloformazione (*Alloformation*)	Sintema
Inferiore (Dettaglio)	Allomembro (*Allomember*)	Subsintema

Nelle note che seguono si riportano i caratteri salienti delle unità cartografate a scala 1:10000 tratte dalle note illustrative del foglio 98 (Bergamo).

5.2.2.1 *DEPOSITI SUPERFICIALI*

SUPERSINTEMA/ALLOGRUPPO DI GRASSOBIO

Occupa con minori differenze quello che era indicato come l'areale di distribuzione dell'Unità di Cologno (cfr. carta geologica della provincia di Bergamo) e quindi prevalentemente il settore sud-occidentale del territorio comunale. Verso ovest e a nord, l'unità si riduce a modesti lembi alla base dei rilievi.

Definizione. Ghiaie a clasti arrotondati, sabbie e limi (depositi alluvionali). Profilo di alterazione di spessore variabile; morfologie ben conservate. Cementazione da assente a buona.

Sinonimi. Fluvioglaciale ghiaioso alterato per circa 1 metro "livello fondamentale della pianura" (Riss) *p.p.* e fluvioglaciale ghiaioso terrazzato (Würm) *p. p.* (Servi zio Geologico d'Italia , 1954), alluvioni fluvioglaciali Würm-Riss ("*Diluvium recente*") *p.p.* (Desio , 1952), Complesso del Serio *p.p.* (Cor bari *et alii*, 2000).

Area di affioramento. Da Seriate sino al margine meridionale del foglio.

Superfici limite e rapporti stratigrafici. Limite inferiore non direttamente osservabile.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

L'unità poggia entro la superficie erosionale che tronca i depositi del supersintema di Gorle; lungo le scarpate del Serio, fra Gorle e Seriate, sotto ad essa sono riconoscibili conglomerati attribuiti al gruppo di Seriate. Limite superiore coincidente con la superficie topografica, o troncato dalla superficie erosionale entro cui sedimentano i depositi alluvionali del supersintema della Selva di Clusone.

Litologia. Il supersintema di Grassobbio comprende depositi alluvionali: ghiaie in corpi stratoidi o lenticolari, a supporto di matrice sabbiosa fine o a suppporto clastico, con clasti sino a decimetrici, arrotondati. Intercalate sabbie e limi in sequenze laminate e gradate. Lungo le scarpate del Serio si osservano superfici erosionali con paleosuoli intercalati, e cementazione da buona ad ottima. Clasti prevalentemente carbonatici, subordinati silicoclasti dell'alta valle. Profilo di alterazione di spessore variabile, in genere troncato o rimaneggiato dall'attività agricola.

Morfologia e paleogeografia. Il supersintema di Grassobbio costituisce zone di alto simmetriche rispetto all'alveo attuale del Serio e che fanno rispettivamente da spartiacque con l'area di pertinenza Morla e con quella della valle dello Zerra.

All'interno esse si presentano articolate in una serie di superfici terrazzate con orli sino ad un paio di metri a N, e che si attenuano verso S sino a scomparire tra Zanica e Cassinone; fra Grassobbio e Zanica essi disegnano un evidente paleoalveo inciso sino a 2-3 m di profondità rispetto alle superfici principali. In questo tratto verso W il gradino morfologico che delimita la valle della Morla appare poco evidente, obliterato dall'attività antropica e ricostruibile solo parzialmente sulla base della cartografia antica. Verso E invece gli orli di terrazzo disegnano nettamente una paleovalle che da Albano Sant'Alessandro supera il Tomenone uscendo presso località *Ol Bù* e piega poi verso Cassinone, interpretata come paleoalveo dello Zerra drenante verso il Serio, e successivamente catturato e deviato verso E.

Età. Pleistocene medio–superiore?

ALLOGRUPPO/SUPERSINTEMA DI PALAZZAGO

Definizione. Limi e argille limose, massivi o rozzamente stratificati, con clasti di provenienza locale da millimetrici a centimetrici (depositi di versante); diamicton con abbondante matrice sabbioso-limosa e argillosa e clasti locali sino a centimetrici (depositi di *debris flow*). Superficie limite superiore poligenica e polifasica, con morfologie da ben conservate ad erose, profilo di alterazione con profondità molto variabile.

Sinonimi. Complesso di Palazzago (Rossi *et alii*, 2000).

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Area di affioramento. Valli tra Ranica e Torre Boldone; vallecole al raccordo fra margine pedemontano e pianura fra Scanzorosciate, Brusaporto e Cenate Sopra; valle di Zandobbio; area fra Grumello del Monte e Telgate.

Superfici limite e rapporti stratigrafici. La superficie di appoggio basale del supersintema è erosiva, ondulata e a vario angolo; i depositi ammantano direttamente la successione mesozoica o depositi continentali neogenico-quaternari. La superficie limite superiore coincide solitamente con la superficie topografica e presenta caratteri molto variabili: da situazioni in cui questa è ben conservata, erosa solamente dai processi sedimentari legati al sintema del Po, ad altre in cui è stata ripetutamente erosa e smembrata. I caratteri dell'alterazione sono anch'essi variabili, con situazioni molto dissimili fra di loro, pur nel quadro di una pedogenesi che determina un fronte di decarbonatazione solitamente superiore ad 1 m - quando il profilo non risulti troncato - e con caratteri idromorfi comuni. Spesso la determinazione del parametro alterazione risulta di difficile valutazione in quanto i depositi del supersintema derivano dalla mobilizzazione e successiva sedimentazione di suoli evoluti su substrato nel corso del Terziario, o ne ricevono un significativo apporto; essi registrano quindi la somma della precedente alterazione del substrato, nonché della pedogenesi subita successivamente alla loro messa in posto come veri e propri sedimenti.

Litologia. Il supersintema è costituito da depositi di versante nel senso più ampio del termine, che rielaborano materiali prevalentemente fini derivati dall'alterazione e dalla pedogenesi delle unità presenti a monte - siano essi litotipi mesozoici più o meno competenti, depositi neogenico-quaternari incoerenti e pedogenizzati o coltri di origine eolica (*loess*) - e clasti residuali, spesso già alterati, delle medesime provenienze. Esso comprende quindi depositi colluviali, di *debris-flow* e di frana.

- Depositi colluviali: limi e argille limose massivi o rozzamente stratificati, con sparsi clasti di provenienza locale da millimetrici a centimetrici, da subangolosi ad angolosi, spesso concentrati in orizzonti planari a debole inclinazione.

- Depositi di *debris flow*: diamicton massivi o rozzamente stratificati, a supporto di matrice sabbioso-limosa e argillosa e clasti locali sino a centimetrici. All'interno dell'unità si intercalano talvolta livelli di ghiaie a supporto clastico o di matrice con clasti a selezione discreta, da centimetrici a decimetrici, da subangolosi a subarrotondati, legati all'azione di correnti trattive: si tratta di episodi alluvionali a scala locale e di durata limitata, non cartografabili separatamente, e che comunque rientrano nelle dinamiche caratteristiche delle fasce di raccordo fra rilievi pedemontani e pianura.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

La petrografia dei depositi rispecchia quella dei versanti di alimentazione, ivi comprendendo anche clasti non locali ma derivati dalla rielaborazione di precedenti depositi alluvionali o glaciali, con prevalenza dei litotipi più resistenti all'alterazione.

Morfologia e paleogeografia. Morfologia ben conservata, con coni e lobi di colata spesso coalescenti, che ammantano le morfologie preesistenti annegadole; superfici lateralmente continue, con inclinazione entro pochi gradi (tipo *glacis* d'accumulo); spesso reincisi e terrazzati, con cicli di sedimenti successivi incassati entro le superfici più vecchie. I processi responsabili della genesi e messa in posto di questi depositi sono in relazione a condizioni periglaciali e di denudamento dei versanti, e pertanto si sarebbero ripetuti nel corso di ogni glaciazione, con complesse dinamiche di interazione e sovrapposizione. La polifasicità delle superfici e l'omogeneità sedimentologica e pedologica dei depositi non consentono quindi una correlazione ragionevolmente certa con le altre unità continentali presenti a scala locale. In molti casi inoltre colluvi legati all'attività antropica (disboscamento dei versanti, attivo almeno dall'Età del Bronzo), quindi di età olocenica non risultano distinguibili dai sottostanti depositi del supersintema; vengono pertanto compresi cartograficamente entro esso.

Nel settore orientale del foglio, i depositi del supersintema assumono forma di colate, con superfici a basso angolo che colmano quasi completamente la valle dello Zerra fra Albano S. Alessandro e Montello, la valle di Cenate, la valle di Zandobbio; essi inoltre annegano, con netta discordanza, le scarpate dei terrazzi presenti fra San Paolo d'Argon e Cenate; fra Carobbio e Chiuduno e nell'area di Grumello-Telgate infine, le colate del supersintema di Palazzago ammantano superfici più alte rispetto all'antistante pianura, e sono a loro volta terrazzate da depositi delle fasi più recenti del supersintema del Cherio e da depositi del supersintema di Monterotondo.

Età. Il supersintema di Palazzago comprende sedimenti messi in posto in un intervallo di tempo esteso dal Pliocene sino a tutto il Pleistocene.

5.2.2.2 *SUBSTRATO ROCCIOSO*

Per quanto concerne le unità del Flysch di Pontida e delle Arenarie di Sarnico queste sono state già descritte nel paragrafo 5.2.1. Qui si allegano le note illustrative relative alla sola Pietra di Credaro che non era stata inserita nel paragrafo in quanto attribuita al Flysh di Bergamo.

PIETRA DI CREDARO

*Sinonimi. l*a denominazione di "Pietra di Credaro" risale a Passeri (1965). E' stata poi confermata

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

in Gelati *e alii* (1982) e da Bersezio *et alii* (1990). I siti più rappresentativi sono rappresentati da spaccati connessi con l' attività estrattiva, nei comuni di Carrobbio degli Angeli, Castelli Calepio e Credaro in particolare. Di particolare estensione lo spaccato della cava Ravelli in località Castel Rampino.

Estensione degli affioramenti. La pietra di Credaro affiora tra i fiumi Cherio e Oglio su una distanza di circa 12 km in direzione E-W e al massimo 4 km in direzione N-S. Con giacitura monoclinale, essa costituisce le propaggini meridionali del M. Tomenone a Brusaporto e Bagnatica; occupa il nucleo orientato E-W della Sinclinale di Carobbio degli Angeli - Gandosso ove dà luogo alla sua area di maggiore estensione; forma due zone tettonicamente ribassate a Credaro e Grumello del Monte.

Caratteri litologici di terreno. La pietra di Credaro è data da una successione relativamente uniforme di calcareniti a prevalente laminazione parallela, in sequenze di strati sporadicamente amalgamati al massimo dell'ordine del metro, e limitate da superfici piano-parallele almeno alla scala dell'affioramento. Talora la base delle sequenze è più grossolana e gradata e la loro sommità, su spessori centimetrici, è data da calcisiltiti a laminazione obliqua e sporadicamente da calcilutiti.

L'intercalazione di intervalli marnosi e marnoso-argillosi non è comune.

Al M. Tomenone, a circa un centinaio di metri dalla base della formazione, si intercalano due megastrati carbonatici, il più alto dei quali contiene blocchi di calcari oolitici fino a 50 cm. Analogo megastrato, spesso fino a 5 m, si intercala anche in tutta l'area più orientale.

Dati di laboratorio. Nelle calcareniti i clasti carbonatici sono costituiti, oltre che da frammenti di dolomie, da bioclasti di piattaforma (echinidi, alghe rosse, briozoi, frammenti di gusci probabilmente di bivalvi e foraminiferi bentonici). Spesso la forte ricristallizzazione oblitera del tutto i componenti originari.

Spessore dell'unità e sue variazioni. Lo spessore della formazione è valutabile in oltre 350 m nell'area di sua maggiore estensione, al nucleo della Sinclinale di Carrobio degli Angeli - Gandosso. Comunque non sono possibili confronti in quanto l'unità è limitata a tetto dalla superficie topografica.

Rapporti stratigrafici. I rapporti tra la pietra di Credaro e il sottostante conglomerato di Sirone sono stati descritti nell'analogo capitolo relativo a quest'ultima unità. A tetto la Pietra di Credano è troncata dalla superficie topografica.

Fossili. Venzo (1954) in una lastra calcarenitica nella zona di Credaro segnala il rinvenimento di *Modiola* aff. *typica* Forbes. Le associazioni a foraminiferi planctonici si caratterizzano per la presenza di globotruncane, globigerine, *Heterohelicidae*.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Si segnalano in particolare *Globotruncana linneiana* (d'Orbigny) e *Contusotruncana fornicata* (Plummer).

A*ttribuzione cronologica.* A partire da Venzo (1954), per la pietra di Credaro è sempre stata confermata un'età campaniana.

Ambiente deposizionale. La pietra di Credaro è parte integrante di un sistema torbiditico complesso formato da più unità coalescenti; la zona occidentale con il Flysch di Bergamo si caratterizza per la maggior presenza di depositi silicoclastici, quella orientale per la prevalenza di detrito carbonatico. Questi fatti sarebbero confermati anche dall'andamento delle paleocorrenti, da N e da NW per il Flysch di Bergamo, e con direzione E-W e anche con provenienza da SE per la pietra di Credaro.

Dominio paleogeografico di appartenenza. Il sistema torbiditico campaniano si configura ancora come depositatosi in un bacino di avanpaese connesso alla nascente catena alpina. Secondo Fornaciari (1989) potrebbe trattarsi di un bacino più vasto di quello riempito in precedenza dai più antichi sistemi torbiditici. La varietà degli apporti testimonierebbe una variazione del sistema di drenaggio dell'area sorgente probabilmente a causa di attività tettoniche. Al riguardo si rileva che la comparsa del sistema torbiditico campaniano è coeva alla discordanza interna di Gosau che documenta la fase tettonica alpina Intra-Gosau. Per la pietra di Credaro in particolare non si esclude l'attivazione di aree sorgenti anche a SE, in settori di attuale dominio padano.

5.3. ASSETTO GEOMORFOLOGICO

Secondo quanto riportato nelle Basi Informative Ambientali della Pianura (consultabili dal Geoportale della Regione Lombardia), nel territorio di pertinenza comunale sono riconoscibili, da sud verso nord, i seguenti sottoambiti:

Ambito dei terrazzi fluviali: superfici pianeggianti adiacenti e sospese rispetto al livello dei fiumi attuali, separate da uno o più ordini di scarpate morfologiche nette e generate da vecchi cicli di erosione e deposizione alternati.

Alta pianura: sottoambiti della fascia settentrionale della pianura padana, modellati dall'azione dei corsi d'acqua (nel caso in esame Serio e Zerra); caratterizzata da sedimenti grossolani (ciottoli e ghiaie), permeabile e priva di acque superficiali stabili.

Terrazzi antichi: occupano una posizione altimetricamente più elevata e planimetricamente più distale rispetto ai cordi d'acqua attuali, in relazione sia al sollevamento generale del territorio successivo all'orogenesi alpina che all'attività erosiva fluviale. Sono per lo più rappresentati da depositi fluvioglaciali antichi, accumulati dalle acque di fusione dei ghiacciai durante i periodi glaciali

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

precedenti all'ultimo massimo glaciale (per lo più attribuiti al Pleistocene medio, come le glaciazioni Mindel e Riss).

Spesso emergono in modo isolato rispetto alla quota media della pianura circostante sotto forma di pianalti.

Il tratto distintivo principale dei terrazzi antichi lombardi è l'elevato grado di alterazione chimica dei sedimenti. A causa della prolungata esposizione agli agenti atmosferici, i suoli subiscono un processo di decarbonatazione e concentrazione di ossidi di ferro, che conferisce al terreno il tipico colore rosso-rossastro (*ferretto* o suoli ferrettizzati).

Le superfici sommitali di questi terrazzi sono frequentemente mascherate e ricoperte da depositi di polvere fine di origine eolica sedimentata durante le epoche glaciali fredde.

Avendo subito una forte cementazione o un'evoluzione pedogenetica verso argille di alterazione, la permeabilità superficiale si riduce rispetto alle piane fluvioglaciali recenti, modificando localmente i tassi di ricarica della falda acquifera.

Morfologicamente presentano una superficie Sommitale suborizzontale o dolcemente inclinata verso i principali assi vallivi, non presenta inoltre evidenze di alluvionamenti recenti poiché è esterna alle dinamiche fluviali attuali.

Sono spesso delimitate rispetto alle valli dei fiumi e alla pianura recente da netti gradini morfologici (scarpate d'erosione), spesso densamente boscate per via della pendenza e della difficoltà di coltivazione meccanizzata.

Fondovalli montani ed intramorenici: occupano tipicamente le porzioni più depresse intervallive del rilievo collinare a nord del territorio comunale. Costituiscono morfologia a debole pendenza e sono frequentemente interessate da falde idriche sospese, che tendono a mantenere i suoli costantemente umidi o saturi. Si sono formate dall'accumulo di detriti che riflettono la natura petrografica dei bacini di alimentazione e la cui granulometria è diminuisce con la distanza del trasporto. Essendo aree topograficamente depresse, costituiscono le naturali piane di esondazione dei corsi d'acqua montani e collinari, configurandosi come zone ad elevata suscettività da alluvione.

Rilievi isolati nella pianura: rilievi rocciosi che emergono come “isole" rispetto ai depositi alluvionali circostanti. Questi rilievi costituiti per lo più da substrato impermeabile, fungono da barriere o discontinuità rispetto ai sedimenti sciolti e permeabili della pianura (sabbie e ghiaie che ospitano le principali falde acquifere). Agiscono pertanto come scogli sotterranei che

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

interrompono la continuità degli acquiferi padani, obbligando la falda idrica sotterranea a deviare o a risalire verso la superficie lungo i loro bordi.

Geneticamente sono le strutture sommitali cime di antiche catene montuose che sono state tettonicamente ribassate e progressivamente sepolte (sub-affioranti) sotto centinaia di metri di depositi alluvionali trasportati dai fiumi nel Quaternario.

Presentano per lo più suoli evoluti per la prolungata esposizione agli agenti atmosferici degradanti.

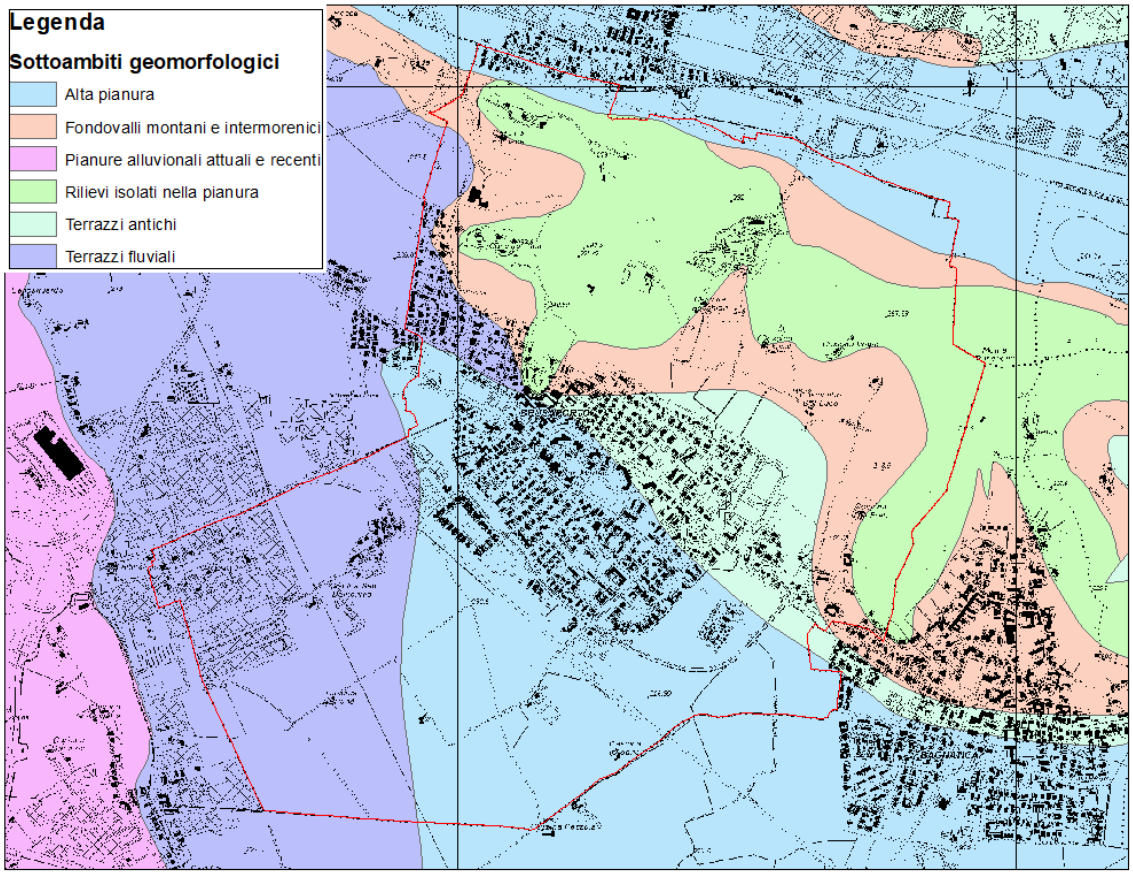


Figura 29: estratto delle Basi Informative Ambientali della Pianura relative alla carta geomorfologica

Nella Tavola 2, si sono riportati, oltre agli ambiti geomorfologici sopra descritti, i principali elementi geomorfologici riconoscibili, suddivisi nei diversi sistemi morfogenetici che nella zona in esame sono principalmente il sistema fluviale/alluvionale, quello gravitativo e antropico.

Per quanto concerne il Sistema Gravitativo sul territorio sono state riconosciute due movimenti franosi attivi classificabili come scivolamenti della coltre eluvio colluviale su substrato. Questi elementi sono stati inseriti anche nella cartografia del dissesto con legenda uniformata a quella del PAI. (Tavola 19).

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Il primo inserito nel database dei dissesti poligonali del PAI vigente come movimento attivo, ha un fronte di circa 70 metri e si è verificato una trentina di anni or sono presso Cascina Testa coinvolgendo anche il bottino di presa di una piccola sorgente. L'analisi delle immagini di google earth ha rilevato che, almeno dal 2006 in poi, il movimento è stato in lenta e continua evoluzione, dato confermato da sopralluoghi in sito e da una intervista al proprietario, ciò che ha suggerito di mantenere la frana nello stato attivo. Le evidenze più recenti del movimento consistono nella formazione di fratture, particolarmente visibili in corrispondenza del manto stradale, formazioni di contropendenze lungo il versante, (deformazione plano altimetrica del vigneto) deformazioni diffuse della coltre eluvio colluviale (soliflusso). L'area coinvolta sembrebbe essere anche più vasta di quella del movimento originale. Si è proceduto alla perimetrazione dell'area dove le evidenze sembrano concentrarsi maggiormente.



Figura 30: frana di località Cascina Testa, elementi geomorfologici visibili al 2015

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026



Figura 31: frana di cascina Testa al 2024, sono visibili fratture recenti.

Il secondo movimento in località Fontanelli, si è verificato circa una ventina di anni orsono, e da allora, presumibilmente anche a seguito di interventi di sistemazione non adeguati, (riporto del terreno franato nelle medesime posizioni con ripristino del profilo originario) è sempre stato in continua evoluzione; sopralluoghi recenti hanno evidenziato la formazione di gradini successivi all'ultimo intervento di sistemazione effettuato nel 2025. Anche questo movimento è considerato pertanto attivo. La zona inoltre, a detta del proprietario precedente, era stata già coinvolta in un precedente dissesto molti anni prima, e si era intervenuto con il semplice rimodellamento del versante.

Queste due frane evidenziano molto bene la fragilità del territorio nei confronti degli interventi antropici, in particolare il disboscamento per le pratiche agricole, nelle zone caratterizzate dalla presenza di terreni limoso argillosi su pendio.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026



Figura 32: frana fontanelli al marzo 2014

Il meccanismo di frana è rappresentato in entrambi i casi dall'instaurarsi di sovrapressioni interstiziali all'interfaccia tra la coltre eluvio colluviale e il substrato roccioso impermeabile sottostante, condizioni che possono ripetersi soprattutto dove si ha concentrazione del deflusso sotterraneo in prossimità di impluvi o di scaturigini permanenti come nelle situazioni in questione.

Sono inoltre presenti diverse scarpate di degradazione o di frana inattive, alcune delle quali non si esclude possano essere anche di origine antropica per ragioni di cava.

Infine nei settori prossimali dei rilievi, alla base del rilievo, sono riconoscibili forme di accumulo legate all'azione congiunta della gravità e dello scorrimento delle acque selvagge, che possono essere classificate come falda detritica/cono colluviale stabilizzato.

Il sistema fluviale è rappresentato da pochi elementi di modeste dimensioni sottoforma di vallecole caratterizzate da deflussi a regime variabile a seconda delle precipitazioni meteoriche. Man mano che ci sia alluntana dai rilievi collinari, il carattere di naturalità di queste vallecole lascia il posto a canalizzazioni artificiali che individuano quindi dei solchi di ruscellamento concentrato, o che lasciano in posto a tratti intubati. Le evidenze di erosioni di sponda sono generalmente scarse, ne è stata individuata una nel settore Nord-occidentale del comune.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

L'esame delle curve di livello consente di individuare, tracce di paleoalvei legati all'attività del Fiume Serio nella zona meridionale del territorio comunale, dove l'antropizzazione non ha del tutto obliterato i caratteri fisiografici originari.

Il sistema morfogenetico antropico è stato rappresentato attraverso due elementi principapali: i terrazzamenti a scopo agricolo, ampiamente diffusi, e la cava attiva nel settore sud-occidentale del territorio comunale.

5.4. CARATTERI PEDOLOGICI

Il suolo è una risorsa essenziale sul piano ecologico ed economico per la sopravvivenza umana, insieme ad acqua ed aria.

La sua importanza risiede soprattutto nel fatto che è limitata (talvolta interessa solo pochi centimetri della superficie terrestre) ed è praticamente "non rinnovabile" a scala temporale umana. I processi fisici, chimici, biologici che presiedono alla sua formazione sono così lenti e complessi che la formazione di un suolo richiede convenzionalmente decine di migliaia di anni.

Come accennato esso si forma per trasformazione dei materiali rocciosi, sciolti o lapidei, ad opera degli agenti chimici, fisici e biologici, e le sue caratteristiche dipendono strettamente dalla natura del materiale di partenza, dalla forma del rilievo, dal clima, dal tempo e dall'azione antropica.

L'ERSAF, Ente Regionale Sviluppo Agricolo della Lombardia (originariamente ERSAL), ha prodotto numerosi studi per caratterizzare dal punto di vista pedologico ed ambientale i suoli della Lombardia.

Uno dei primi studi ad essere stato realizzato è quello del 1992 che è lo studio citato nella componente geologica comunale del 1997. Successivamente nel 2003 ERSAF ha prodotto la Base Informativa Suoli a scala di semi dettaglio per la pianura bergamasca.

Nelle versioni più recenti della Carta Pedologica 1:50.000, ERSAF ha avviato un processo di armonizzazione e accorpamento delle Unità Cartografiche (UC) a livello regionale. Per soddisfare gli standard cartografici europei (come la direttiva INSPIRE) e semplificare la gestione del database, molti poligoni di transizione o di nicchia ecologica sono stati "inglobati" in associazioni di suolo più ampie. Di fatto, quella che nel 2003 era una distinzione netta, oggi è spesso ridotta a una semplice "lineazione" o a una "fase" secondaria dentro un unico grande poligono. Nel caso di Brusaporto queste modifiche hanno determinato il raggruppamento del suolo MOT1 con il sottotipo NNZ2, con la perdita del dettaglio originario. Poiché i caratteri dei due tipi di suolo sono notevolmente diversi, si è preferito mantenere la vecchia suddivisione. Anche i suoli classificati come

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

GI (Gruppo indifferenziato) sono stati mantenuti in quanto specifici di unità di paesaggio particolari (paleoalvei).

1. Studio ERSAL (1992)

L'approccio era misto e risentiva della frammentazione dei rilievi, che venivano eseguiti per singoli lembi di pianura o parchi regionali.

La classificazione si basava su:

- USDA Soil Taxonomy: I suoli venivano classificati fino al livello di *Sottogruppo* o *Famiglia*, ma l'enfasi era posta sulla creazione delle "Serie storiche locali" (nominate con i toponimi del luogo del primo ritrovamento, es. *Serie Gerenzano*, *Serie Ticino*).
- Sistema FAO-UNESCO: Si utilizzava la legenda originaria FAO-UNESCO (edizioni 1974 o la revisione 1988), concepita per la Carta dei Suoli del Mondo, che usava macro-raggruppamenti pedologici semplici (es. *Fluvisols*, *Cambisols*, *Luvisols*)

2. Base Informativa ERSAF (CD 2003)

Il 2003 segna la svolta metodologica in concomitanza con il *Progetto nazionale della Carta dei Suoli d'Italia 1:250.000*.

Le nuove classificazioni si basano su:

- **USDA Soil Taxonomy (1998/2002)**. Questo aggiornamento ha introdotto criteri bio-chimici molto più rigidi rispetto al 1992 per discriminare gli orizzonti diagnostici (come l'orizzonte argillico *Bt* o i regimi di umidità del suolo *Udic/Ustic*).
- **World Reference Base (WRB):** Sostituisce ufficialmente il vecchio sistema FAO. Nel 2003 si utilizzava la **prima edizione del WRB (1998)**. I suoli vengono strutturati all'interno di **UTS (Unità Tipologiche di Suolo)**, espresse nel database con sigle alfanumeriche univoche accoppiate alla loro classificazione internazionale doppia (Soil Taxonomy + WRB)

3. Documentazionea attuale (Geoportale Lombardia)

Il dato scaricabile oggi dal Geoportale non è una nuova cartografia geometrica, ma è il risultato della ri-classificazione e correlazione tassonomica continua dell'originario database del 2003.

- **USDA Soil Taxonomy:** I profili e le UTS sono stati aggiornati alle edizioni più recenti **2014/2022**). Questo ha comportato la revisione di molte sigle: suoli che nel 2003 erano indicati in un modo, oggi possono aver cambiato Sottogruppo perché i requisiti di laboratorio

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

(es. saturazione in basi, contenuto di carbonio) sono stati modificati dalle nuove chiavi tassonomiche.

- **WRB attuale:** Si è passati attraverso la seconda e terza edizione, fino al recepimento parziale delle linee guida della **4ª edizione del WRB (2022)**. Il sistema attuale utilizza una struttura a "Inviluppo" dove al *Gruppo di Suolo Principale* (RSG - *Reference Soil Group*, es. *Luvisols*) vengono accodati molteplici *Qualificatori* (es. *Chromic*, *Clayic*, *Cutanic*) inseriti in un ordine gerarchico rigidissimo.

Nell'ultima versione della carta pedologica della Lombardia scaricabile dal geoportale, oltre alla carta pedologica, sono disponibili i dati riguardanti la capacità d'uso dei suoli, le sue attitudini applicative (attitudine spandimento reflui -attitudine spandimento fanghi - capacità protettiva acque sotterranee - capacità protettiva acque superficiali - valore naturalistico), e i suoi principali caratteri funzionali (profondità utile dei suoli - contenuto di CO medio, pH medio, tessitura, granulometria del primo metro).

La Tavola 2 riporta un estratto della carta pedologica della Regione Lombardia per il territorio di Brusaporto. Tale carta riporta la distribuzione areale delle Unità di Paesaggio e dei diversi tipi di suolo presenti nel comune di Brusaporto.

Nelle note che seguono si riportano i caratteri salienti dei diversi tipi di suolo tratti dalla banca dati Losan dell'Ersaf.

Si evidenzia che i parametri di permeabilità e le classi di drenaggio estratti dalla Banca Dati LOSAN (ERSAF) sono strutturalmente limitati al solo profilo pedologico superficiale alterato, avente uno spessore d'indagine generalmente non superiore a 1,5 - 2,0 metri dal piano campagna.

Tali informazioni, pur fondamentali per inquadrare la risposta idrologica immediata del suolo al dilavamento, non descrivono necessariamente le caratteristiche idrauliche del sottosuolo profondo, Ai fini della progettazione esecutiva delle opere di invarianza e dispersione profonda, i dati pedologici dovranno pertanto essere obbligatoriamente integrati da indagini geognostiche e prove di permeabilità in sito (Lefranc o analoghe) spinte alle reali profondità d'intervento.

- **Suoli CFC1**

  Occupano le superfici alluvionali, stabili, piane o poco ondulate, a pendenza nulla o debole, con pietrosità superficiale elevata. Il substrato è costituito da alluvioni grossolane calcaree (ghiaie e ghiaie con sabbia). Uso del suolo prevalente: seminativi avvicendati.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Sono poco o moderatamente profondi limitati da orizzonti fortemente scheletrici o da orizzonti calcarei, a tessitura moderatamente grossolana o media, scheletro abbondante, neutri o subalcalini, a drenaggio moderatamente rapido e permeabilità moderata; Available Water Capability (AWC) ovvero capacità di ritenzione idrica bassa, con tasso di saturazione in basi alto.

Classificazione USDA (KST 2006): loamy skeletal, mixed, superactive, mesic, Inceptic Hapludalfs

Proprietà applicative: i suoli CFC1, adatti all'agricoltura, presentano tuttavia severe limitazioni legate a caratteristiche negative del suolo, tali da ridurre la scelta delle colture e da richiedere speciali pratiche conservative; sono moderatamente adatti allo spandimento di liquami zootecnici e sono poco adatti allo spandimento di fanghi di depurazione, con limitazioni legate alla granulometria; hanno capacità protettiva moderata per le acque profonde e elevata per quelle superficiali, con limitazioni legate , alla permeabilità e alla granulometria; possiedono un basso valore naturalistico.

- **Suoli PAL1 E CDD2 (indifferenziati)**

Il pedopaesaggio è quello dell'alta pianura ghiaiosa, con ambienti di paleoalveo o depressioni di origine torrentizia non più attivi.

Il substrato è costituito da ghiaie limose con sabbia. L'utilizzazione prevalente è il bosco ceduo di latifoglie (robinia e pioppo nero) e raro seminativo.

I suoli PAL1 sono profondi limitati da orizzonti sabbiosi scheletrici, a tessitura moderatamente grossolana, scheletro comune; sono subalcalini, saturi, con AWC molto alta e CSC media; sono scarsamente calcarei e presentano drenaggio buono e permeabilità moderata.

Classificazione USDA (KST 2006): coarse loamy, mixed, superactive, mesic, Dystric-fluventic Eutrudepts

Proprietà applicative: i suoli PAL1, adatti all'agricoltura, presentano moderate limitazioni legate alle sfavorevoli condizioni climatiche che richiedono una opportuna scelta delle colture e/o moderate pratiche conservative; sono molto adatti allo spandimento di liquami zootecnici e allo spandimento di fanghi di depurazione; hanno capacità protettiva moderata per le acque profonde e elevata per quelle superficiali, con limitazioni legate e alla permeabilità; possiedono un basso valore naturalistico.

I suoli CDD2 sono profondi su substrato sabbioso-ghiaioso fortemente calcareo, a tessitura moderatamente grossolana con scheletro da assente a scarso fino a 50 cm, abbondante al di sotto,

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

con reazione acida in superficie e subacida in profondità, CSC medio-bassa, saturazione media in superficie e molto alta in profondità, AWC bassa, con drenaggio moderatamente rapido e permeabilità moderatamente elevata.

Classificazione USDA (KST 2006): coarse loamy, mixed, superactive, mesic, Inceptic Hapludalfs

Proprietà applicative: i suoli CDD2, adatti all'agricoltura, presentano tuttavia severe limitazioni legate a caratteristiche negative del suolo, tali da ridurre la scelta delle colture e da richiedere speciali pratiche conservative; sono moderatamente adatti allo spandimento di liquami zootecnici e sono poco adatti allo spandimento di fanghi di depurazione, con limitazioni legate alla permeabilità, alla granulometria e a pH e CSC; hanno capacità protettiva bassa per le acque profonde e elevata per quelle superficiali, con limitazioni legate e alla permeabilità; possiedono un basso valore naturalistico.

- **Suoli LPO1**

Si ritrova nel pedopaesaggio dei rilievi isolati appartenenti a lembi di terrazzi antichi risparmiati dall'erosione ed in genere isolati nella pianura, dove rappresenta le superfici modali più antiche del terrazzo elevato, mindeliano; la morfologia è subpianeggiante o ondulata con quota media di 238 m. slm e pendenza media del 2%; il substrato è limoso-sabbioso, non calcareo. L'utilizzazione prevalente è il seminativo.

I suoli LPO1 sono moderatamente profondi limitati da fragipan, e hanno tessitura moderatamente grossolana in superficie, media o moderatamente fine in profondità, reazione neutra, talvolta subalcalina in superficie, TSB alto o medio, CSC media, AWC da bassa a moderata, drenaggio mediocre e permeabilità moderatamente bassa.

Classificazione USDA (KST 2006): coarse loamy, mixed, active, mesic, Aquic Fraglossudalfs

Proprietà applicative: i suoli LPO1, adatti all'agricoltura, presentano tuttavia severe limitazioni legate a caratteristiche negative del suolo, tali da ridurre la scelta delle colture e da richiedere speciali pratiche conservative; sono moderatamente adatti allo spandimento di liquami zootecnici e sono poco adatti allo spandimento di fanghi di depurazione, con limitazioni legate alla granulometria e a pH e CSC; hanno capacità protettiva moderata per le acque profonde e superficiali, con limitazioni legate all'idrologia, al runoff e alla granulometria; possiedono un alto valore naturalistico.

- **Suoli MTO1**

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Il pedopaesaggio di appartenenza è quello dei rilievi montuosi alpini e prealpini, dove sono diffusi su versanti con pendenze elevate, con quota media di 295 m. slm e pendenza media del 31%, nei luoghi soggetti a maggior erosione, in cui l'orizzonte cambico fa spesso da transizione al substrato roccioso entro 50 cm. Il substrato è costituito da arenarie in banchi massicci, non calcaree e l'utilizzazione del suolo prevalente è il ceduo degradato.

I suoli MTO1 sono sottili per contatto litico marnoso-arenaceo, con scheletro da scarso a comune, a tessitura media, con reazione acida, saturazione molto bassa, AWC da molto bassa a bassa, drenaggio buono e permeabilità moderatamente elevata.

Classificazione USDA (KST 2006): loamy, mixed, superactive, mesic, Lithic Dystrudepts

Proprietà applicative: i suoli MTO1, non sono adatti all'agricoltura, presentano limitazioni severe legate al rischio di erosione, tali da restringerne l'uso, seppur con qualche ostacolo, al pascolo, alla forestazione o come habitat naturale; sono non adatti allo spandimento di liquami zootecnici e allo spandimento di fanghi di depurazione, con limitazioni legate alla pendenza e a pH e CSC; hanno capacità protettiva bassa per le acque profonde e moderata per quelle superficiali, con limitazioni legate al runoff e alla permeabilità; possiedono un basso valore naturalistico.

Sottotipo NNZ2: Nella versione del 2003, i suoli MOT1 erano suddivisi in due sottotipi MOT1 propriamente detti e NNZ2. Per completezza si riporta la descrizione originale del sottotipo NNZ2.

ll pedopaesaggio di riferimento è quello dei rilievi montuosi alpini e prealpini, si localizzano in un paesaggio contiguo a quello delle fasce colluviali di piede versante e dei conoidi di deiezione con quota media di 249 m. slm e pendenza media dell'11%. Il substrato è costituito da limi sabbiosi con ghiaia, calcarei o molto calcarei e calcari marnosi. L'utilizzazione prevalente è il vigneto.

I suoli NNZ2 sono moderatamente profondi, limitati da roccia coerente, scheletro scarso, talvolta frequente in profondità, a tessitura moderatamente fine, subalcalini o alcalini, molto calcarei, saturi, CSC media, AWC alta, con drenaggio buono e permeabilità moderata.

- **RMG2/ALT1**

Il pedopaesaggio di riferimento è quello della piana fluvioglaciale e fluviale costituente il livello fondamentale della pianura formatasi per colmata su superfici rappresentative - modale - dell'alta pianura ghiaiosa, a morfologia subpianeggiante e con evidenti tracce di paleoidrografia a canali intrecciati (braided). In prossimità dei principali solchi vallivi la morfologia è caratterizzata da

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

ampie ondulazioni, con quota media di 261 m. slm e pendenza media del 0,2%, con suoli sviluppatisi su depositi ghiaiosi a matrice sabbioso-limosa. L'uso del suolo prevalente è costituito da incolti produttivi e prati avvicendati.

I suoli RMG2 sono sottili o poco profondi, limitati da orizzonti sabbiosi scheletrici e fortemente calcarei, talvolta molto calcarei, a tessitura media in superficie con ghiaia frequente (0-27 cm), moderatamente grossolana con ghiaia abbondante in profondità (30-70 cm), neutri in superficie, subalcalini in profondità, con TSB alto, CSC media, AWC bassa, con drenaggio buono e permeabilità moderata.

Classificazione USDA (KST 2006): fine loamy over sandy or sandy skeletal, mixed, active, mesic, Typic Hapludalfs

Proprietà applicative: i suoli RMG2, adatti all'agricoltura, presentano tuttavia severe limitazioni legate a caratteristiche negative del suolo, tali da ridurre la scelta delle colture e da richiedere speciali pratiche conservative; sono moderatamente adatti allo spandimento di liquami zootecnici e allo spandimento di fanghi di depurazione, con limitazioni legate alla granulometria e a pH e CSC; hanno capacità protettiva moderata per le acque profonde e elevata per quelle superficiali, con limitazioni legate , alla permeabilità e alla granulometria; possiedono un basso valore naturalistico.

I suoli ALT1 sono moderatamente profondi, limitati da orizzonti con scheletro molto abbondante, tessitura da media a moderatamente grossolana, con scheletro abbondante, molto calcarei oltre ad 80 cm; subacidi in superficie, subalcalini in profondità, saturi, con CSC media in superficie e bassa in profondità, AWC bassa, drenaggio buono con permeabilità moderata. L'orizzonte calcico, che non possiede mai un elevato grado di sviluppo morfologico, si rinviene intorno al metro di profondità.

Classificazione USDA (KST 2006): loamy skeletal, mixed, superactive, mesic, Calcic Argiudolls

Proprietà applicative: i suoli ALT1, adatti all'agricoltura, presentano tuttavia severe limitazioni legate a caratteristiche negative del suolo, tali da ridurre la scelta delle colture e da richiedere speciali pratiche conservative; sono moderatamente adatti allo spandimento di liquami zootecnici e sono poco adatti allo spandimento di fanghi di depurazione, con limitazioni legate alla granulometria; hanno capacità protettiva moderata per le acque profonde e superficiali, con limitazioni legate all'idrologia, alla permeabilità e alla granulometria; possiedono un basso valore naturalistico.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

- **VTT2**

  Il pedopaesaggio è quello delle valli alluvionali, corrispondenti ai piani di divagazione dei corsi d'acqua attivi o fossili del reticolato idrografico olocenico su terrazzi fluviali stabili delimitati da scarpate erosive evidenti, a morfologia pianeggiante o ondulata, con suoli sviluppatisi su substrati limoso-sabbiosi con ghiaia, calcarei. Quota media di 198 m. slm e pendenza media del 0,4%. L'uso del suolo prevalente è costituito da seminativi.

  I suoli VTT2 sono molto profondi, a tessitura media in superficie e moderatamente fine in profondità, scheletro assente o scarso. Sono suoli scarsamente calcarei, saturi, CSC media in superficie ed alta in profondità, AWC molto alta, con drenaggio buono e permeabilità moderata.

  Classificazione USDA (KST 2006): loamy skeletal, mixed, superactive, mesic, Fluventic Eutrudepts

  Proprietà applicative: i suoli VTT2, adatti all'agricoltura, presentano moderate limitazioni legate alla presenza di acqua nel profilo e a caratteristiche negative del suolo che richiedono una opportuna scelta delle colture e/o moderate pratiche conservative; sono moderatamente adatti allo spandimento di liquami zootecnici e sono poco adatti allo spandimento di fanghi di depurazione, con limitazioni legate alla granulometria, all'inondabilità e a pH e CSC; hanno capacità protettiva moderata per le acque profonde e elevata per quelle superficiali, con limitazioni legate , alla permeabilità e alla granulometria; possiedono un basso valore naturalistico.

5.5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

La DGR IX 2616 prevede che venga formulata una caratterizzazione di massima dei terreni ai fini geologico-applicativi, valutando soprattutto i parametri ritenuti necessari, quali la tessitura, la plasticità, il potenziale di rigonfiamento-contrazione, la densità, l'esistenza di orizzonti cementati o induriti, la permeabilità, il grado di saturazione e la posizione dell'eventuale superficie freatica o la presenza di piccole falde sospese, la presenza di segni di ristagno, di difficoltà di drenaggio, l'acclività e la stabilità, la profondità del substrato, l'angolo di attrito, i moduli elastici, etc..

Deve essere riportata in carta l'ubicazione di tutti i sondaggi, trincee esplorative, ecc. già realizzati sul territorio per vari scopi (edilizia, ricerche idriche, monitoraggio e bonifica di aree, ricerca petrolifera ecc.) o di scavi aperti (allegando alla relazione i relativi dati geotecnici e stratigrafici.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Il presente studio recepisce gli indirizzi espressi dalla D.G.R. IX/2616 del 2011 di Regione Lombardia in merito alla caratterizzazione del territorio ai fini geologico-applicativi, declinandoli secondo criteri di rigoroso realismo analitico e in stretta osservanza con il quadro precettivo delineato dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) e dalla relativa Circolare Esplicativa n. 7/2019.

Il territorio del Comune di Brusaporto presenta, sotto il profilo litostratigrafico e strutturale, un quadro di spiccata variabilità sia in senso orizzontale che verticale. La compresenza di eterogeneità laterali, passaggi di facies e alternanze geometriche locali rende scientificamente scorretta, oltre che potenzialmente fallace sotto il profilo della sicurezza, qualsiasi operazione di estrapolazione o zonizzazione continua di parametri geotecnici e geomeccanici basata su dati puramente bibliografici o macroscopici.

A ciò si aggiunge una considerazione strettamente tecnica: nel tentativo di sintetizzare cartograficamente proprietà meccaniche intrinsecamente variabili su scala macro-territoriale, si sarebbe costretti a definire i parametri geologico-tecnici all'interno di intervalli di valore (range) talmente ampi ed eterogenei da svuotare l'elaborato di qualsiasi reale utilità applicativa. Un dato parametrico eccessivamente dilatato non offre alcuna informazione efficace per la modellazione ingegneristica, ma rischia al contrario di generare ambiguità interpretative in fase di pianificazione.

Una cartografia che pretendesse di assegnare valori numerici o classi di comportamento meccanico predittivo in assenza di riscontri diretti poggerebbe su basi congetturali, ponendosi in aperto contrasto con il principio cardine delle NTC 2018. Le norme vigenti impongono infatti l'obbligo inderogabile di definire il modello geotecnico e geologico-tecnico di riferimento esclusivamente attraverso indagini dirette e specifiche, calibrate sull'impronta e sulle peculiarità strutturali della singola opera. La progettazione edilizia e infrastrutturale non può, in alcun caso, prescindere da tale livello di approfondimento puntuale.

Per tali ragioni, al fine di scongiurare il rischio che l'elaborato di piano venga impropriamente utilizzato in sede progettuale come surrogato delle indagini di sito, si è scelto di impostare la *"Carta della Caratterizzazione Geologico-Applicativa"* non come una mappa di sintesi teorica, bensì come un **quadro conoscitivo e georeferenziato dello stato delle conoscenze reali**.

L'elaborato grafico così concepito individua e perimetra spazialmente gli studi di dettaglio pregressi e mappa puntualmente l'inventario delle indagini geognostiche disponibili (sondaggi, prove penetrometriche, stese geofisiche), indicandone tipologia e consistenza. Tale approccio persegue una duplice finalità:

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Fornire un metadato geografico trasparente: l'utente e il pianificatore possono identificare istantaneamente i settori urbani storicamente indagati (ove il sottosuolo è supportato da dati oggettivi) differenziandoli dalle aree non investigate, per le quali permane l'assoluta necessità di attivare campagne diagnostiche *ex novo*.

Adempiere agli obblighi di standardizzazione: alimentare il patrimonio informativo e le banche dati di Regione Lombardia con dati certi e verificabili, rimandando la definizione del dettaglio geomeccanico alla consultazione dei singoli fascicoli tecnici d'archivio richiamati in legenda.

Si configura così uno strumento snello, dinamicamente aggiornabile e metodologicamente corretto, che fornisce uno strumento utile alla transizione tra la fase della pianificazione urbanistica generale e quella della progettazione esecutiva.

Si è quindi podotto un elaborato cartografico (cfr. Tavola 3) con l'ubicazione di tutte le indagini disponibili sul territorio, con i relativi riferimenti bibliografici, in maniera da facilitare il reperimento e la consultazione degli studi di dettaglio originali, al cui interno potranno essere reperiti i dati geotecnici e stratigrafici di dettaglio.

Di seguito si elencano i principali studi di interesse geologico e geologico tecnico di cui si è a conoscenza e che sono stati messi a disposizione dall'ufficio tecnico comunale

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Cod	Autore	Anno	Cat_suolo	Sondaggi	Piezom	Identif	Penetrom	Saggi	Perm	HVSR	Rifraz	Masw	Note
1	Nozza	2018	B				2 DPSH			2			
2	Grimaldi	2018	A				2 DPSH						
3	Bassanelli	2013	A										Rilievo qualitativo
4	Pedrali	2003		1(10m)	1	3 Gran/aerom	5 DPSH-3SPT						
5	Granata	1987		2 (8m)			3 DPL						
6	Baio	2001		2 (17-15M)			13 SCPT						
7	Baio	2002					17 SCPT						
8	Baio	2003					14 SCPT						
9	Pedrali	2003				2 Gran/aerom	4 DPSH	2					
10	Baio	2003					10 SCPT						
11	Baio	2008					6 SCPT						
12	Locatelli	2003		1 (12m)	1								
13	Baio	2004					4 SCPT						
14	Grimaldi	2008					3 SCPT - 1 CPT						
15	Belloli	2008					1 SCPT						
16	Plebani	2008					12 SPT						Verifica compatibilità su base bibliografica
17	Reguzzi	2007		5 (tra 4 e 15m)	1	4 Gran/aerom	10 DPSH						Acqua a -4,2
18	Belloli	2009		3 (8-9-12m)		1 Gran/aerom	10 SPT						2 point load
19	Locati	2008	C				2 DPSH						
20	Gritti	2009	B				1 DPL						
21	Manella	2010											Verifica compatibilità su base bibliografica
22	Castalia	2010	B				2 SCPT						
23	Trovenzi	2010	E				3 SCPT						
24	Grimaldi	2011	B/C				SCPT in contesti limitrofi						
25	Belloli	2011	B	4		4 Gran/aerom	7 SCPT					1	
26	Marella	2012	D				1 DPH 5050						
27	Manella	2012	D				4 SCPT						
28	Ratazzi	2016	B					2					
29	Plebani	2017	B				2 DPL						Rel. Geotecnica
30	Eurogeo	2018	B				3 SCPT					1	
31	Grimaldi	2018	C				3 DPSH					1	
32	Bassanelli	2018	A					2					
33	Invernici	2018	B				5 SCPT	1	1	1			
34	Invernici	2018	B				2 DPSH			1			
35	Grimaldi	2018	B				2 SCPT						
36	Mologni	2019	C				1 SCPT			1			
37	Bettoni	2019	B					3					
38	Ratazzi	2019	E										Non indagini in sito
39	Belloli	2019	C				4 DPSH					1	
40	Ratazzi	2020	D										Non indagini in sito
41	Invernici	2018	B				3 DPSH	1	1	1			
42	Arrigoni	2021	B				2 DPM						
43	Belloli	2020	B				3 SCPT					1	
44	Ratazzi	2021	C				5 SCPT			1			
45	Geraci	2021	C				2 SCPT			1			
46	Zanchi	2021	C				1 SCPT			1			
47	Belloli	2021	B				2 SCPT					1	No geologica
48	Poloni	2022	B				2 DPSH		1				
49	Ratazzi	2022	E										Non indagini in sito
50	Ratazzi	2022	C				SCPT in contesti limitrofi						Non indagini in sito
51	Gerosa	2023	B					2	2			1	
52	Ratazzi	2023	B										Non indagini in sito
53	Ratazzi	2023	C				SCPT in contesti limitrofi						Non indagini in sito
54	Invernici	2023	C				3 DPSH	1		1			
55	Moro	2023	B				4 DPSH				1	1	
56	Bettoni	2024	C										Non indagini in sito
57	Arrigoni	2024	B				4 DPSH	1					
58	Gerosa	2024	B				3 DPSH					1	
59	Ratazzi	2025	C				SCPT in contesti limitrofi						Non indagini in sito
60	Ratazzi	2025	B				SCPT in contest	1					
61	Invernici	2024	B				5 DPSH	1		1			
62	Poloni	2026	E				2 DPSH 2 DPM					1	

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

5.5.1 MONITORAGGIO INTERFEROMETRICO DELLE DEFORMAZIONI VERTICALI DEL TERRITORIO COMUNALE

L'interferometria radar satellitare (InSAR) impiega i satelliti dotati di sensori SAR (Synthetic Aperture Radar), che emettono microonde e misurano il segnale riflesso dalla superficie terrestre. Questa tecnica, ed in particolare la tecnica PSInSar (Persistent Scatterer Insar), non è influenzata dalle condizioni atmosferiche è può essere impiegata sia di giorno che di notte.

In pratica la tecnica consiste nel confrontare due immagini radar della stessa area acquisite in tempi diversi e di confrontare in particolare la fase del segnale riflesso, parametro che dipende dalla distanza percorsa dall'onda. Confrontando la fase delle due immagini si ottiene un'immagine detta interferogramma, caratterizzata da frange colorate concentriche. Queste frange corrispondono a differenze di distanza (quindi di quota o movimento del suolo) dell'ordine dei millimetri.

La tecnica PSInSar impiega in particolare i cosiddetti Persistent Scatterer cioè punti che riflettono sempre bene il radar come edifici, torri, ponti, rocce affioranti, infrastrutture artificiali in genere che si comportano come dei "fari radar" stabili nel tempo. Per questa ragione le zone intensamente vegetate non si prestano a questa tecnica, ed è per questo motivo che i Persistent Scatterer sono alquanto rari in queste aree.

La caratterizzazione geotecnica e la verifica delle condizioni di stabilità strutturale del territorio comunale di Brusaporto sono state integrate e consolidate attraverso l'analisi dei dati di telerilevamento satellitare radar basati sulle tecniche di interferometria differenziale (DInSAR). Tale metodologia consente il monitoraggio multitemporale delle deformazioni verticali del suolo (fenomeni di subsidenza e di sollevamento o *heaving*) con precisione millimetrica lungo la linea di vista del satellite (LOS - *Line of Sight*).

Il quadro conoscitivo implementato si fonda sull'integrazione di due principali piattaforme istituzionali di riferimento, le quali operano in perfetta continuità cronologica, tecnologica e multisensoriale, garantendo una copertura d'analisi complessiva che si estende dal passato remoto fino ai giorni nostri:

- Database del Geoportale di Regione Lombardia (Piani Nazionali e Regionali d'Archivio): Costituisce la memoria storica del sottosuolo locale. Attraverso lo strato informativo vettoriale denominato ufficialmente *Dati interferometria radar*, è stata analizzata la serie storica derivante dalle storiche missioni d'archivio ERS (1992-2002) ed ENVISAT (2002-2010), con focus specifico sul cluster di calcolo ministeriale

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

PST2009_ENVISAT_T215_F903_CL001_BERGAMO (Banda C, lunghezza d'onda 5,6 cm). A questo quadro d'insieme si affiancano i dati ad alta risoluzione geometrica e sub-metrica della costellazione italiana COSMO-SkyMed (Banda X, lunghezza d'onda 3,1 cm) che coprono il periodo tra gennaio 2010 e aprile 2014.. Grazie all'elevata densità e sensibilità dei riflettori stabili (*Persistent Scatterers* - PS) di quest'ultima costellazione, è stato possibile documentare e perimetrare con precisione i transitori espansivi confinati all'interno di alcuni comparti produttivi antropizzati che sono stati realizzati su di antiche cave colmate.

- Piattaforma Europea EGMS - Copernicus (European Ground Motion Service): Rappresenta lo strumento di verifica e monitoraggio dell'attualità geotecnica. Sfruttando i dati della costellazione radar di nuova generazione Sentinel-1 (Banda C, lunghezza d'onda 5,6 cm, frequenza nominale di passaggio pari a 6 giorni), il servizio EGMS fornisce serie temporali (*Time Series*) calibrate e agganciate alla rete geodetica globale a terra. L'interrogazione delle serie storiche recenti (periodo 2020-2024) consente di accertare lo stato evolutivo dei trend deformativi in corso.

5.5.1.2 Risultanze del monitoraggio COSMO-SkyMed (Periodo 2010-2014)

L'analisi di dettaglio condotta in ambiente GIS (ArcMap) attraverso i dati ad alta risoluzione della costellazione satellitare italiana **COSMO-SkyMed** (Banda X, periodo 2010-2014) consente di tracciare un quadro diagnostico estremamente chiaro e differenziato della dinamica del suolo nel territorio di Brusaporto. Il comportamento cinematico dei riflettori stabili (*Persistent Scatterers* - PS) è espresso visivamente secondo il codice colore standard dell'interferometria radar: i punti di colore verde indicano stabilità millimetrica (velocità contenute entro la soglia di ±1.5 mm/anno), le tonalità calde dal giallo all'arancione e al rosso indicano dinamiche di subsidenza o abbassamento, mentre le tonalità fredde dall'azzurro al blu certificano fenomeni di *heaving* o sollevamento verticale del suolo.

Dall'esame complessivo del dataset emergono tre scenari territoriali ben definiti:

Assoluta stabilità della quasi totalità del territorio comunale (Nuvola di punti Verdi): In perfetta coerenza con il quadro geologico dell'alta pianura bergamasca, la quasi interezza del tessuto urbano, delle infrastrutture e delle aree agricole di Brusaporto poggia su depositi fluvioglaciali e alluvionali ben consolidati. In queste macro-aree, la totalità dei punti radar si accende di un colore verde omogeneo, confermando l'assenza di cedimenti strutturali naturali, dinamiche franose o

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

subsidenze indotte da emungimenti idrici su scala comunale (cfr. Figura 33 e Tavola 4). Anche la Figura 34 evidenzia che gli spostamenti più frequenti sono quelli intorno allo zero.



Figura 33: comportamento dei Persistent Scatterers della rete COSMO-SkyMed per Brusaporto

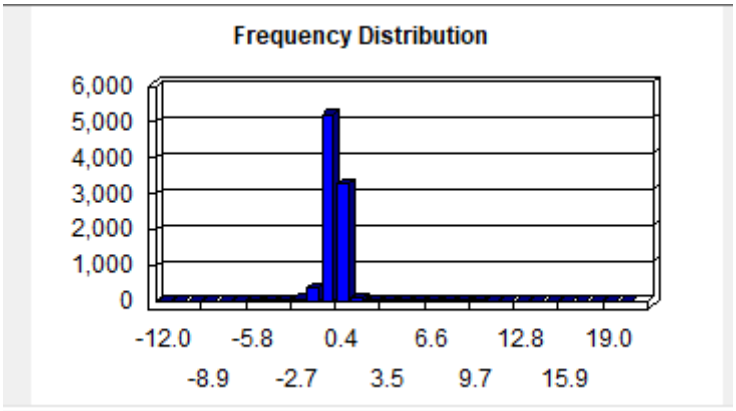


Figura 34: distribuzione di frequenza delle velocità di spostamento dei permanent scatterers nel territorio comunale

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Dinamiche antropiche complesse nella zona della Cava Milesi (Punti Arancio/Rosso e Azzurro/Blu):

La prima porzione di territorio extra-urbano cinematicamente attiva coincide con il comparto della Cava Milesi, localizzata al confine meridionale del territorio comunale. In questo settore, l'interferometria satellitare registra con punti arancioni e rossi, gli abbassamenti legati alle operazioni di escavazione, asportazione di materiale e rimodellamento dei fronti attivi e con punti di colore azzurro quelli legati alle operazioni di acumulo dei materiali (cfr. Figura 35).



Figura 35: Persistent Scatterers nella zona di cava Milesi

Rigonfiamento del suolo nell'area industriale edificata (cluster di punti Blu/Azzurro)

Il dato in assoluto più significativo dal punto di vista geotecnico e strutturale si concentra nell'area già edificata del comparto produttivo/industriale al margine occidentale del comune. Qui la nuvola dei singoli punti di scattering si colora in zone ben precise e circoscritte di tonalità blu e azzurre intense, indicando tassi di salita verticale anche superiori ai 20 mm/anno. Questa anomalia localizzata non è legata a fattori geologici naturali, ma perimetra con precisione un antico bacino di cava poi edificato. In dettaglio si tratta di una Ex cava adibita a discarica, cessata (ai sensi dell'art. 17-ter L.R.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

26/2003). I materiali di riempimento sono stati conferiti tra gli anni 1990-96 nel settore meridionale e nel 1995-1997, in quello settentrionale.

Nella fattispecie, in questa zona, alcune relazioni geologiche pre-edificazione (e gli accertamenti di una successiva CTU) avevano evidenziato la presenza di scorie di fonderia, in passato molto utilizzate nei riempimenti, che spiegano perfettamente il particolare comportamento osservato dai Persistent Scatterers.

Le scorie industriali (specialmente quelle siderurgiche di acciaieria) contengono elevate quantità di ossidi instabili residui, in particolare CaO e MgO. Questi due ossidi derivano dai fondenti aggiunti durante il processo di fusione per depurare l'acciaio. Rimangono intrappolati nella scoria allo stato "libero", cioè non legati in silicati stabili.

A contatto con l'acqua, questi ossidi si trasformano rispettivamente in idrossido di calcio e idrossido di magnesio, con un incremento di volume del 90-100% per il CaO e del 110-120% per il MgO. Questa transizione minerale è infatti una reazione fortemente espansiva. I nuovi cristalli idratati occupano uno spazio molecolare molto maggiore rispetto agli ossidi di partenza, generando una spinta volumetrica impressionante che si trasmette verso l'alto (meccanismo noto come *slag-induced heaving),* che può compromettere la stabilità delle strutture sovrastanti.

$$CaO + H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2 \quad \text{(Portlandite / Calce spenta)}$$

$$MgO + H_2O \longrightarrow Mg(OH)_2 \quad \text{(Brucite)}$$

Nella CTU a cui si è fatto riferimento, conseguente ad una causa civile per danni ai capannoni costruiti sopra la discarica, si era accertata una prevalenza degli ossidi di Calcio rispetto a quelli di Magnesio con un rapporto di 3 a 1.

Sebbene il CaO sia quantitativamente predominante, le evidenze cinematiche identificano nella frazione magnesiaca la causa primaria dei rigonfiamenti distruttivi che si manifestano amcora a distanza di anni dalla costruzione. Il comportamento espansivo della scoria è governato da due distinte costanti di tempo chimiche, legate alle proprietà intrinseche dei due elementi. L'ossido di calcio libero (calce viva) reagisce istantaneamente e violentemente a contatto con l'umidità, tuttavia, a causa della sua altissima reattività e della bassa energia reticolare, questo processo si esaurisce completamente nelle prime fasi. L'ossido di magnesio libero manifesta invece una reattività all'acqua estremamente ridotta a temperatura ambiente.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

La lentezza di questo fenomeno, che giustifica i rigonfiamenti tardivi riscontrati a distanza di anni, è determinata da tre fattori concorrenti:

Elevata energia reticolare: Il raggio ionico ridotto dello ione Mg2+ crea un legame cristallino estremamente compatto e resistente all'attacco idrolitico.

Effetto passivante: La formazione iniziale di una pellicola superficiale di brucite, insolubile in acqua, sigilla i granuli di MgO ostacolando la penetrazione dell'umidità verso il nucleo del materiale.

Origine termica della scoria: Gli ossidi originati da processi metallurgici ad alta temperatura subiscono un fenomeno di "sovra-cottura" (dead-burning). Questo processo riduce drasticamente la porosità e l'area superficiale specifica degli ossidi di magnesio, trasformandolo in una forma cristallina altamente stabile, la cui idratazione richiede tempi molto più lunghi.

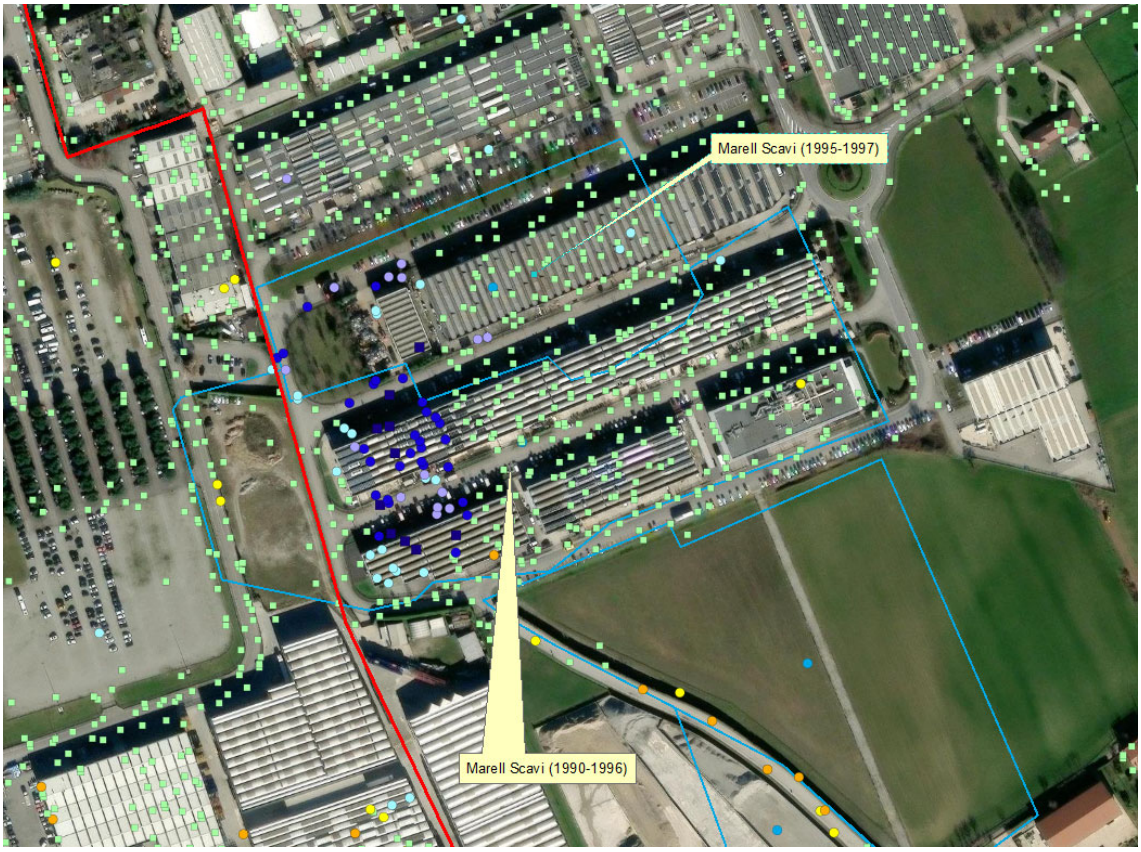


Figura 36: zona in sollevamento (punti blu) nella zona del P.I.P.

I punti blu di Figura 36 documentano l'area dove la spinta geochimica espansiva ha agito e continua ad agire nel sottosuolo, sollevando preferenzialmente le pavimentazioni e i massetti nello spazio interpilastri (al 2010 si erano registrati sollevamenti fino a 14 cm), e trascinando verso

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

l'alto le stesse strutture portanti del fabbricato provocando il sollevamento anche delle travi di appoggio della copertura rispetto ai pilastri. Si evidenzia che alcuni di questi capannoni sono inagibili dal momento della loro costruzione.

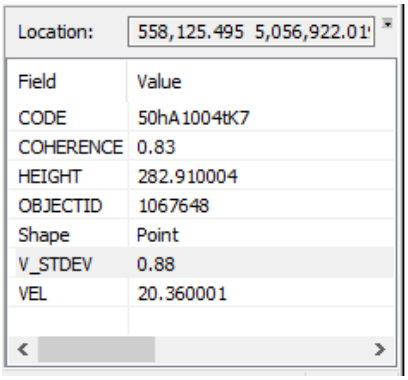


Figura 37: velocità massima di sollevamento annuale (20,36 mm) all'estremità occidentale del comparto P.I.P. di Brusaporto

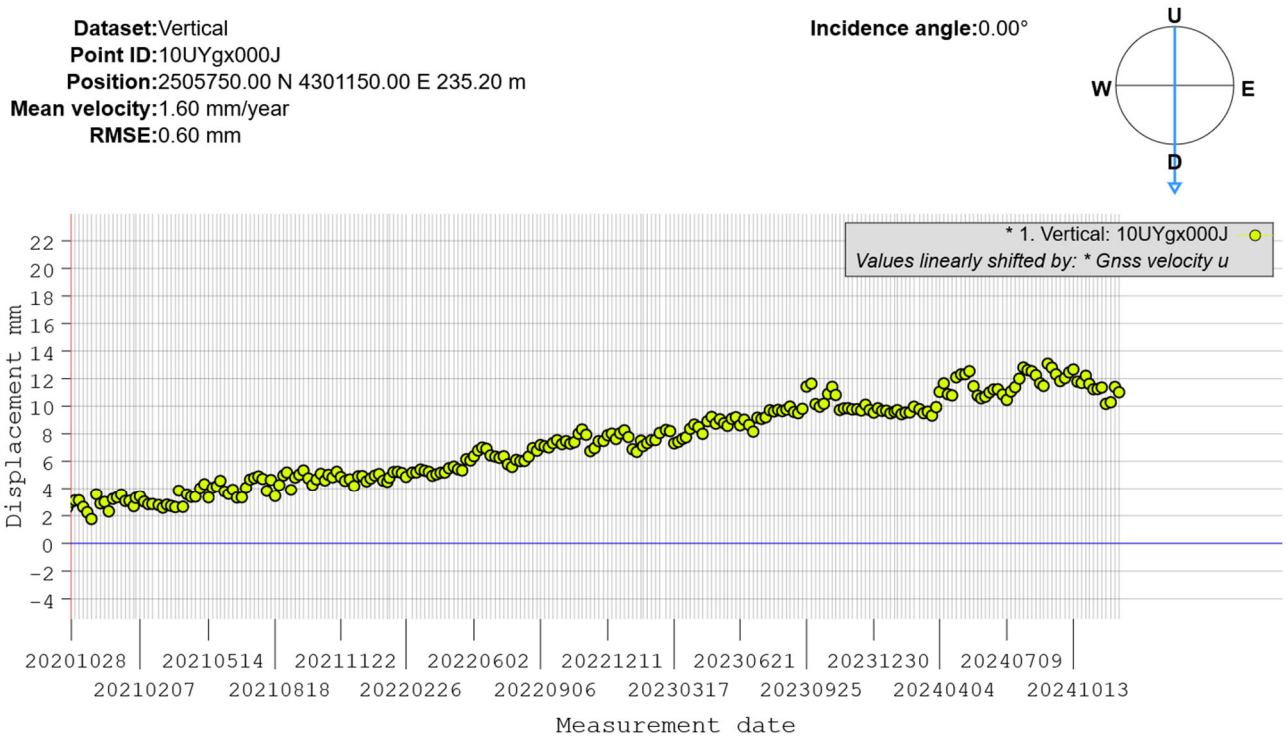


Figura 38: velocità media di sollevamento del comparto più critico del P.I.P. dal 2020 al 2024

L'esame incrociato e multitemporale dei dati di telerilevamento satellitare operato sui vettori d'archivio e sulle griglie recenti permette di tracciare la sintesi definitiva del comportamento geotecnico del sito. Dal punto di vista quantitativo, l'evoluzione della spinta espansiva nel sottosuolo si articola su due orizzonti temporali chiaramente definiti:

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Fase d'innesco e picco cinematico (2010-2014): I rilievi ad alta risoluzione della costellazione COSMO-SkyMed documentano la fase più aggressiva del transitorio chimico-meccanico d'interazione tra le matrici antropiche instabili (idratazione di CaO e MgO) delle scorie e le strutture. In questo arco temporale, la massima velocità di sollevamento registrata ha superato i 20 mm anno ! (cfr. Figura 37).

Fase di persistenza attuale (2020-2024): I dati più recenti erogati dal programma europeo Copernicus (EGMS) certificano in modo inequivocabile che il trend di sollevamento è tuttora attivo e ben lontano da una stabilizzazione. Nello specifico, i sensori Sentinel-1 registrano una velocità media del comparto pari a 1,60 mm/anno (valore espresso come media geometrica dell'intera cella e non come picco puntuale). Tale tasso deformativo ha indotto, nel solo quadriennio 2020-2024, un sollevamento totale addizionale di altri 12 mm a carico delle strutture portanti dei fabbricati (cfr. Figura 38).

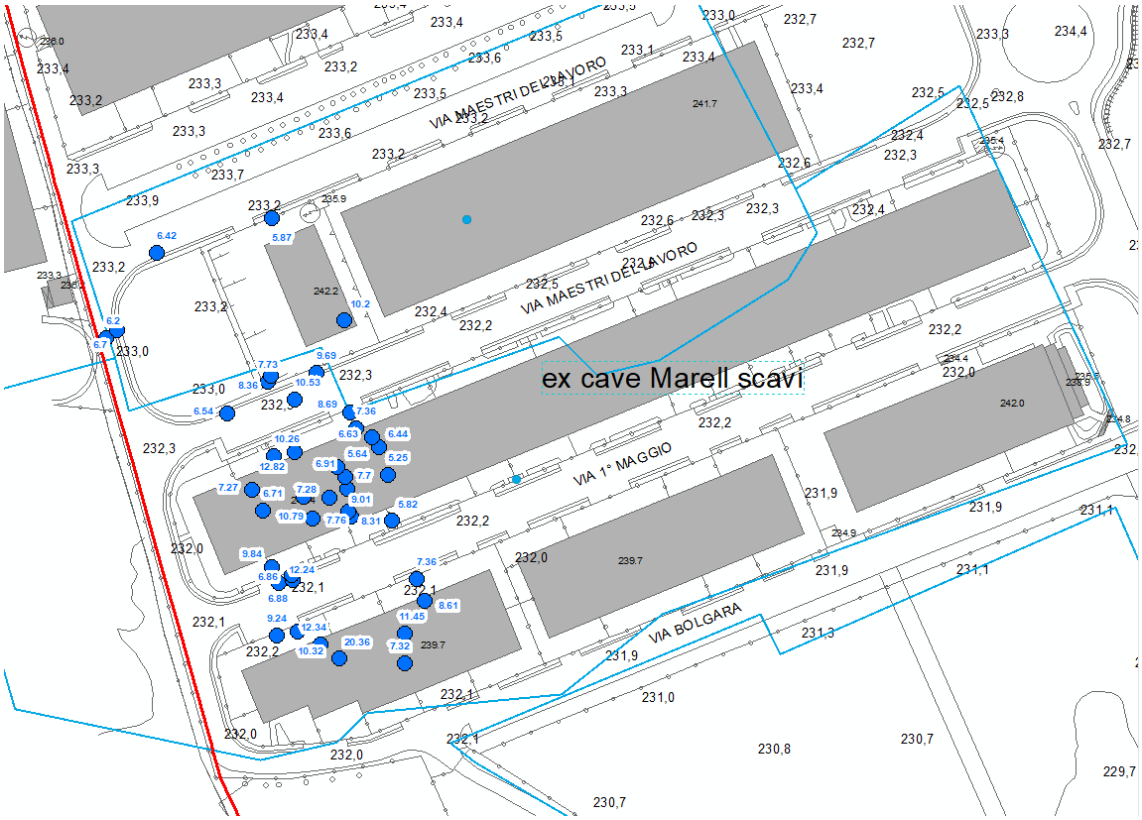


Figura 39: Estratto planimetrico di dettaglio del comparto industriale (Brusaporto) su fotogrammetrico, ricavato mediante elaborazione vettoriale in ambiente GIS. La mappa isola esclusivamente i vettori COSMO-SkyMed (Banda X, periodo 2010-2014) caratterizzati da una velocità critica di sollevamento superiore alla soglia di background (VEL > 5 mm/anno). La distribuzione spaziale dei punti così filtrati perimetra fedelmente la sagoma del riempimento antropico reattivo della ex cava "Marell scavi", evidenziando un tasso deformativo in progressiva crescita da nord a sud, fino al picco massimo di 20.36 mm/anno registrato sul settore meridionale del fabbricato.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026



Figura 40: vistose deformazioni della sede stradale nei pressi dell'area della discaria di scorie



Figura 41: serramenti distrutti e tamponamenti deformati

5.5.2 ANALISI DELLE DEFORMAZIONI DIFFERENZIALI NEL COMPLESSO RESIDENZIALE "LE QUERCE" - EX CIRCOLO IPPICO

Un secondo settore oggetto di approfondimento interferometrico coincide con il comparto plurifamiliare denominato "Condominio Residenza delle Querce" di Via Albano (Figura 42) situato in una porzione sub-pianeggiante posta al piede del versante collinare, geometricamente assimilabile a un bacino di accumulo pedemontano. I corpi di fabbrica presentano una tipologia omogenea, sviluppata su due piani fuori terra oltre a mansarda.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

La caratterizzazione d'archivio del sottosuolo profondo, desumibile dalla stratigrafia del pozzo condominiale presente in loco (profondità 80 m p.c.), evidenzia una successione dominata da un imponente pacchetto di terreni fini coesivi, caratterizzato da circa 30 m di argilla gialla superficiale (coltre di alterazione eluvio-colluviale) e 40 m di argilla nera profonda, soprastanti il substrato ghiaioso.

Dal punto di vista cinematico, questo specifico settore si caratterizza apparentemente per un comportamento medio leggermente differenziato rispetto al background di assoluta stabilità che contraddistingue il resto dell'urbanizzato comunale. All'interno del comparto, l'esame dei dati storici del Geoportale Regionale (relativi alla costellazione **COSMO-SkyMed, periodo gennaio 2010 - aprile 2014**) mostrava la presenza di una nuvola di punti a "macchia di leopardo" con evidenze di velocità di abbassamento millimetrico mediamente superiori rispetto al contesto circostante.

Tale dinamica trova tuttavia una coerente spiegazione geotecnica se relazionata alla cronoprogrammazione degli interventi edilizi e alla meccanica dei terreni coesivi:

Fase di consolidazione primaria (Dato Storico 2010-2014): Il comparto residenziale è stato edificato nel **2007-2008**. L'applicazione del nuovo carico strutturale indotto dalle palazzine sopra un'imponente e potente successione prevalentemente limoso-argillosa (70 metri complessivi) ha inevitabilmente attivato significativi transitori di consolidazione edometrica per dissipazione delle pressioni neutre. I tassi di abbassamento più accentuati intercettati dai sensori storici di COSMO-SkyMed fotografano precisamente questa fase iniziale e più attiva del transitorio deformativo.

Fase di attenuazione e tendenza all'esaurimento (Dato Recente 2020-2024): La validità di questo modello interpretativo trova una chiara conferma nei dati più recenti erogati dalla piattaforma europea EGMS Copernicus per il quadriennio 2020-2024. L'interrogazione delle maglie quadrate della griglia operata sul comparto restituisce oggi valori di abbassamento molto contenuti, pari a **-0,6 mm/anno** e **-0,9 mm/anno**. Questa marcata contrazione delle velocità nel tempo indica che, a distanza di oltre quindici anni dall'edificazione, i fenomeni di consolidazione stanno progressivamente esaurendosi, muovendo verso una stabilizzazione asintotica dei cedimenti strutturali del costruito Figura 43.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026



Figura 42: permanent scatterers nella zona del complesso residenziale "Le querce", ex circolo ippico

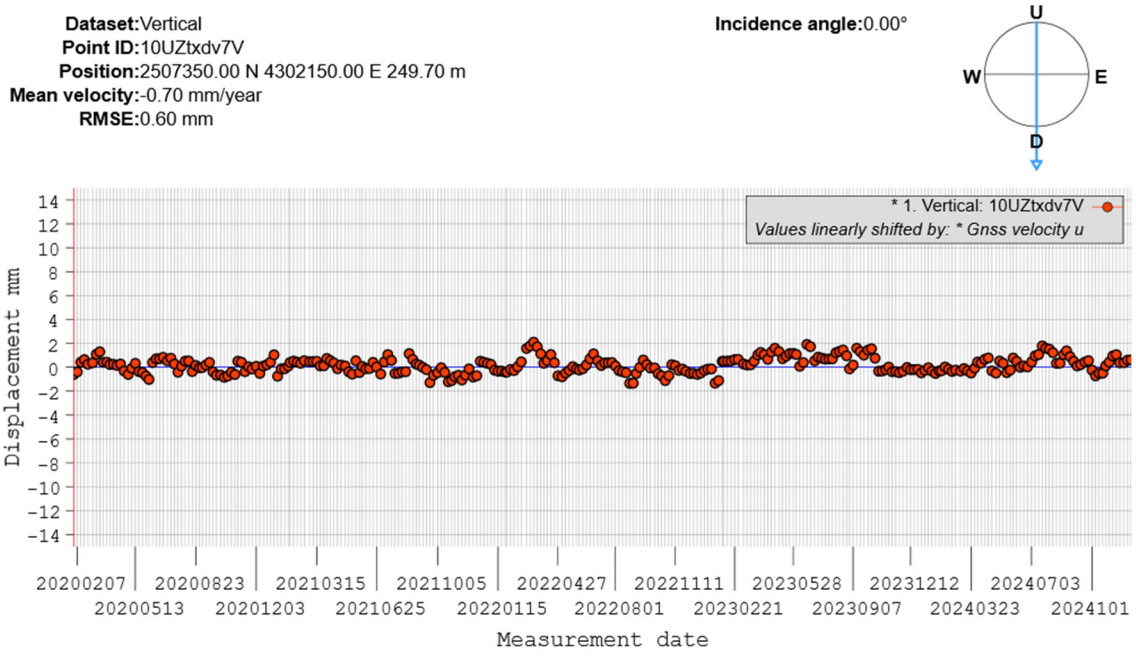


Figura 43: andamento medio dei cedimenti rilevati dai PS nel comparto residenziale "Le querce" nel quadrienno 2020 2024, si noti la riduzione netta della velocità di cedimento con l'esaurirsi dei fenomeni di consolidazione

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

5.6. ELEMENTI IDROGRAFICI ED IDROLOGICI

Gli elementi che costituiscono l'idrografia superficiale del territorio di Brusaporto (cfr Tavola 5) sono riferibili a due distinti gruppi. Il primo è rappresentato dall'insieme dei canali in gestione al Consorzio di Bonifica della Media pianura bergamasca. Si tratta di corsi d'acqua con finalità di bonifica e irrigue, in massima parte su sedime artificiale. Il secondo è rappresentato dai corsi d'acqua, in parte naturali, in parte artificiali, riferibili al Reticolo Idrico Minore di pertinenza comunale. Nella Figura 44 sono rappresentati: in colore magenta il Reticolo Idrico Principale (RIP) in prossimità del territorio comunale, in azzurro il reticolo del consorzio di bonifica (RIB) e in ciano il reticolo idrico minore (RIM) di pertinenza comunale. La definizione del reticolo idrico comunale è stata effettuata ormai nel lontano 2007 dallo scrivente e non è mai stata soggetta ad aggiornamento.

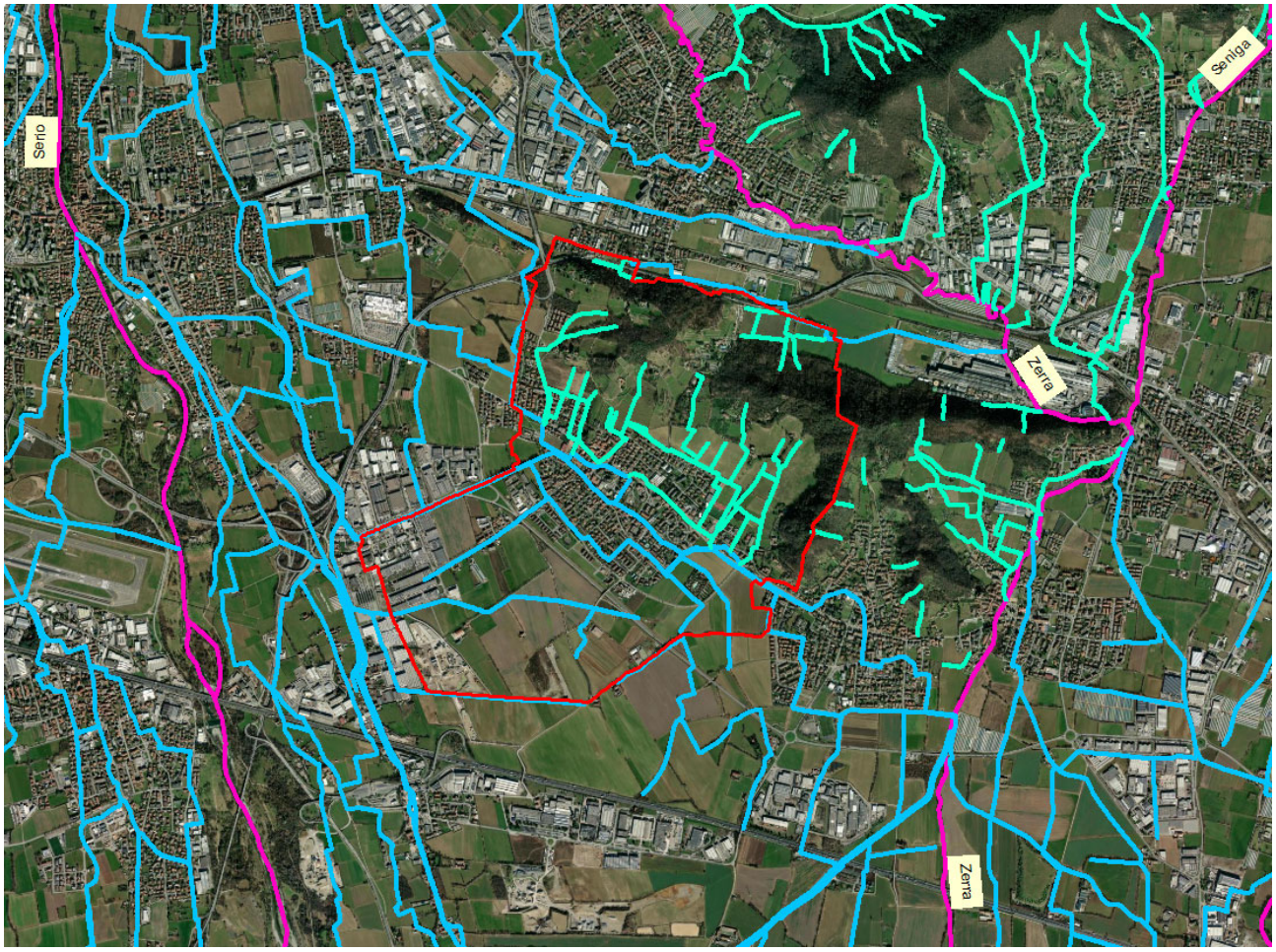


Figura 44: schema dell'idrografia che insiste nel territorio comunale.

Di seguito si riassumono le conoscenze relative a tali elementi.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

5.6.1 RETICOLO CONSORTILE (CONSORZIO DI BONIFICA DELLA MEDIA PIANURA BERGAMASCA)

I corsi d'acqua del RIB sono stati identificati dal CBMPB nel "Piano comprensoriale di bonifica, irrigazione e di tutela del territorio rurale", adottato il 15/09/2017 con Deliberazione n. 58.

Nella Tabella 7 si riporta l'elenco delle rogge in gestione al CBMPB che interessano il territorio comunale.

CODICE CANALE	NOME CANALE	FUNZIONE	TIPO CANALE
446	ROGGIA PICCIALUNGA	Irriguo	Terziario
447	ROGGIA PONCHIONE	Irriguo	Terziario
449	RAMO BOLGHERA	Irriguo	Secondario
453	ROGGIA RONCAGLIA	Promiscuo	Secondario
459	ROGGIA BAGNATICA CATTANEA	Promiscuo	Secondario
461	ROGGIA PASSI ALBANA	Promiscuo	Primario
462	ROGGIA BAGNATICA BRUSAPORTO	Irriguo	Terziario

Tabella 7: rogge in gestione al Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca presenti in Brusaporto

La roggia Piccialunga rappresenta il tratto terminale, suddiviso in diversi rami secondari, della Roggia Bagnatica Brusaporto, da cui si dirama in prossimità della periferia meridionale del centro abitato per poi entrare in territorio di Bagnatica, dove muore.



Figura 45: roggia Piccialunga e Ponchione

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Anche la roggia Ponchione, costituisce una ramificazione secondaria della Roggia Bagnatica Brusaporto e si dirama dalla prima nello stesso punto della roggia Piccialunga per poi entrare anch'essa in territorio di Bagnatica.

Il Ramo Bolghera è una diramazione della roggia Borgogna est, che parte in territorio di Seriate, si suddivide in due braccia, entra in Brusaporto da ovest e provvede ad irrigare i terreni agricoli ubicati nel settore meridionale del comune.



Figura 46: Ramo Bolghera, diramazione della roggia Borgogna Est

La roggia Roncaglia è una diramazione della roggia Borgogna Ovest, che attraversa i comuni di Scanzorosciate, Pedrengo e Seriate, ed entra in comune di Brusaporto da Nord.Ovest. Dopo aver attraversato la zona del centro storico, si immette nella roggia Bagnatica Cattanea.

La roggia Bagnatica Cattanea si dirama in territorio di Seriate, a partire dalla roggia comunale di Seriate, costeggia il confine occidentale del comune tra le zone industriali di Seriate e Brusaporto e raggiunge il territorio di Bagnatica, dopo aver tagliato in due il centro abitato di Brusaporto.

La roggia Passi Albana costeggia la porzione settentrionale del territorio comunale al confine con il comune di Albano Sant'Alessandro. Nasce da una risorgiva conosciuta con il nome di "La Asca" in territorio di Albano e transita in territorio di Brusaporto solo marginalmente.

Infine la roggia Bagnatica Brusaporto, si dirama dalla Roggia Borgogna Ovest in territorio di Seriate, costeggia il confine comunale con Seriate lungo via Pastrengo quindi attraversa la porzione meridionale del centro abitato di Brusaporto, dando prima luogo ad una diramazione secondaria lungo

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

via San Domenico, per poi dirigersi verso Est fino a raggiungere il territorio di Bagnatica nel quale prosegue.

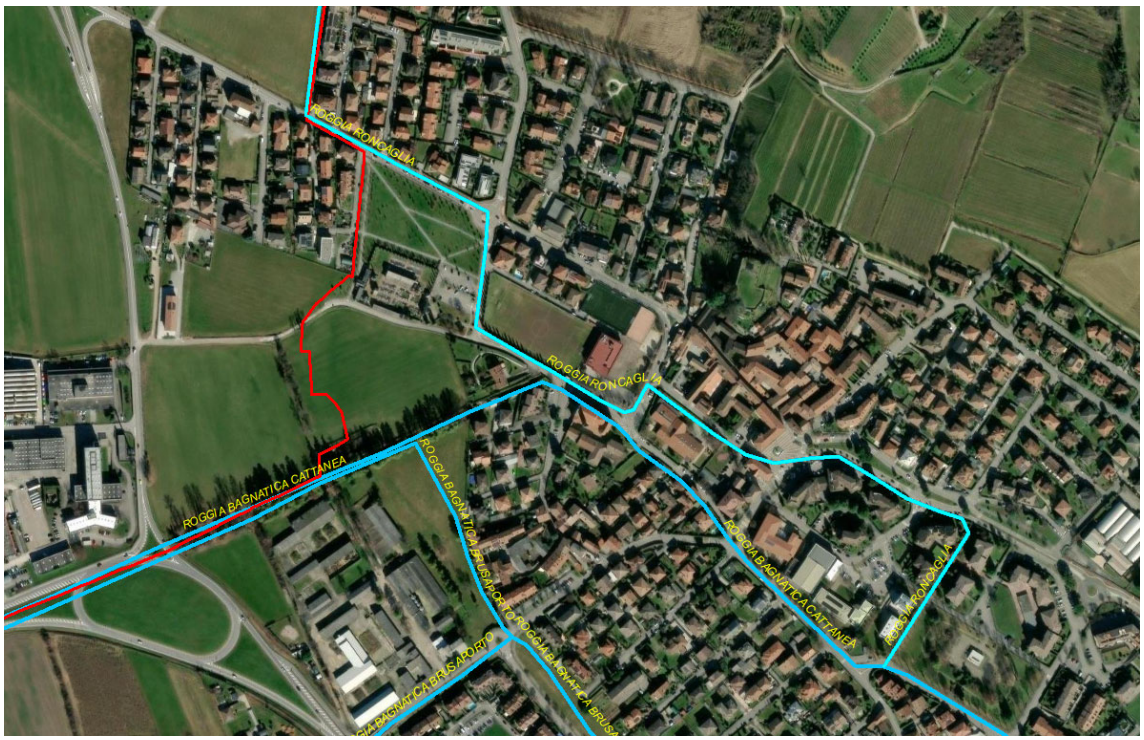


Figura 47: Roggia Roncaglia

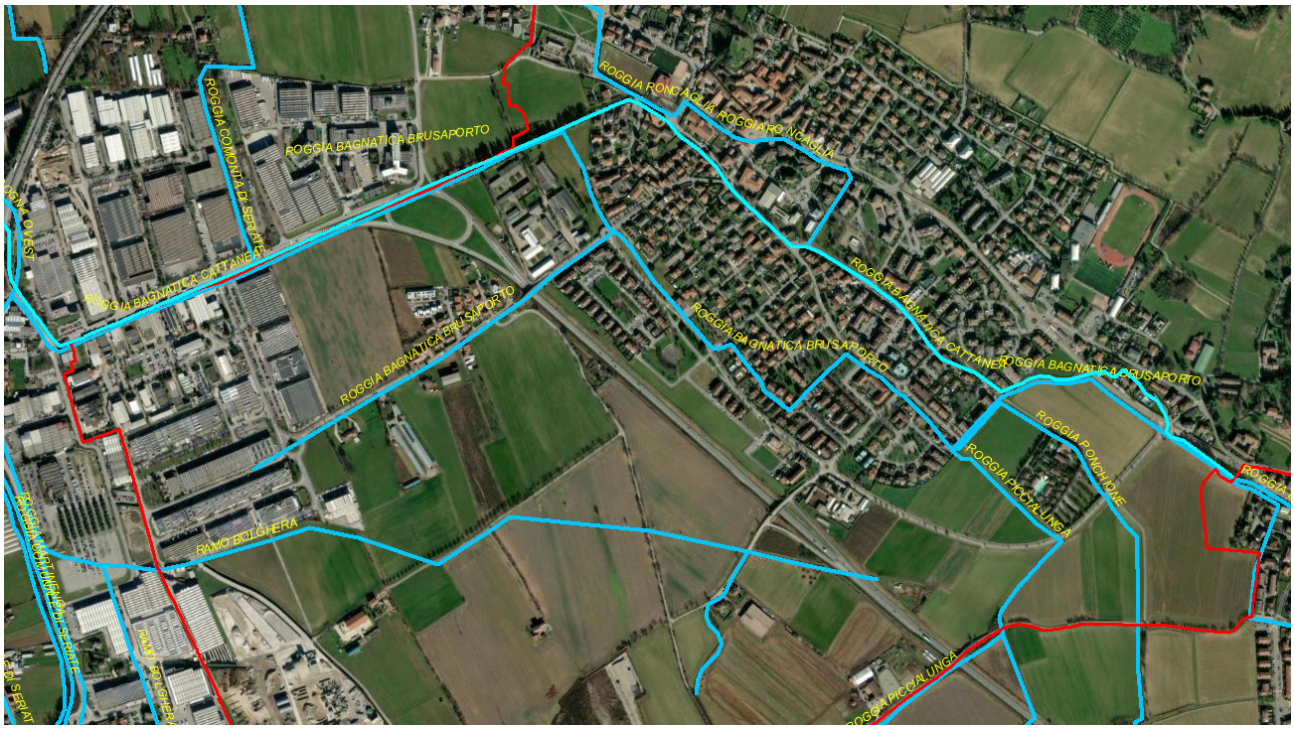


Figura 48: Roggia Bagnatica Cattanea

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

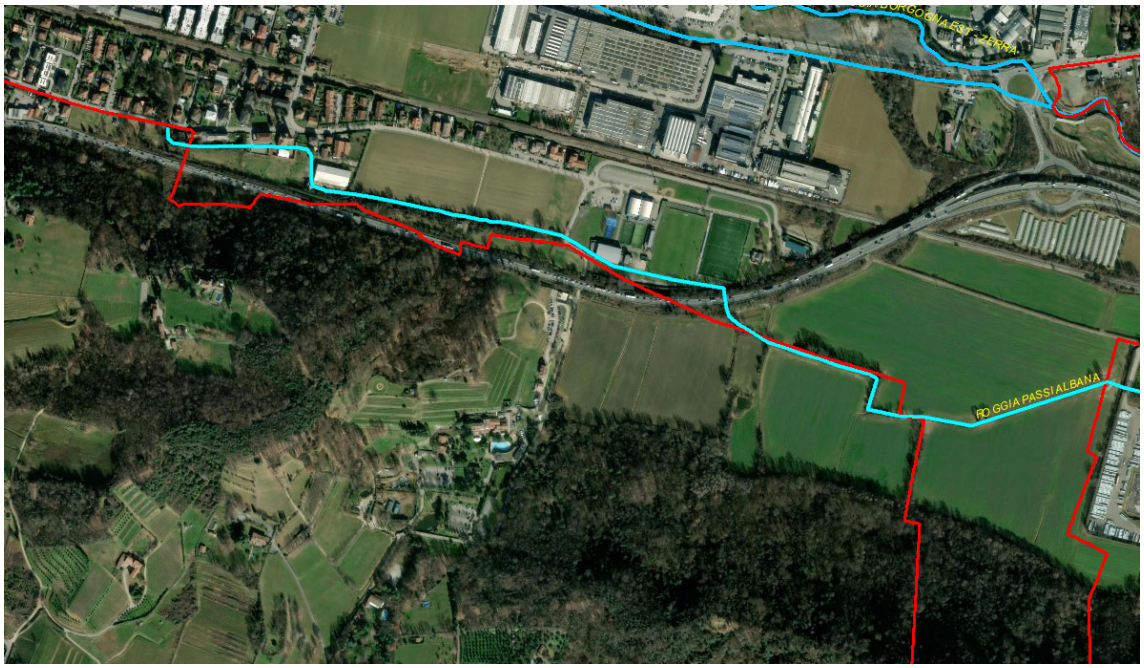


Figura 49: Roggia Passi Albana



Figura 50: Roggia Bagnatica Brusaporto

Nel Piano Comprensoriale di Bonifica già citato, Appendice A, Schede di progetto, in territorio di Brusaporto, sono indicati il Risezionamento delle rogge Bagnatica Cattanea e Bagnatica Brusaporto. Lo stato di progettazione è quello di una ipotesi di massima. Scopo di questi interventi è con ogni probabilità l'adeguamento della sezione di deflusso, specialmente di alcuni tratti tombinati, l'ostruzione dei quali è causa ben nota di allagamenti delle zone limitrofe, sia in territorio di Brusaporto che di Bagnatica. Gli interventi previsti sono descritti come "Incremento della capacità di

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

scarico della rete idrografica verso il torrente Zerra, anche mediante nuovi collettori, e realizzazione di eventuali opere di invaso e laminazione.

299	44	Risezionamento delle rogge Bagnatica Cattanea e Bagnatica Brusaporto	Ipotesi di massima

SCHEDE DI AZIONE	INCREMENTO E TUTELA DELLA BIODIVERSITÀ	PRIORITA'	VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL PAESAGGIO	PRIORITA'
44 Risezionamento delle rogge Bagnatica Cattanea e Bagnatica Brusaporto	**Connessioni lineari** Inserimento di filari e fasce arboreo arbustive lungo i nuovi collettori e canali	+	**Percorsi di fruizione** Realizzazione di percorsi attrezzati con arredo e aree di sosta associati agli interventi di progetto in connessione con il pecorso della Pedemontana Alpina	+

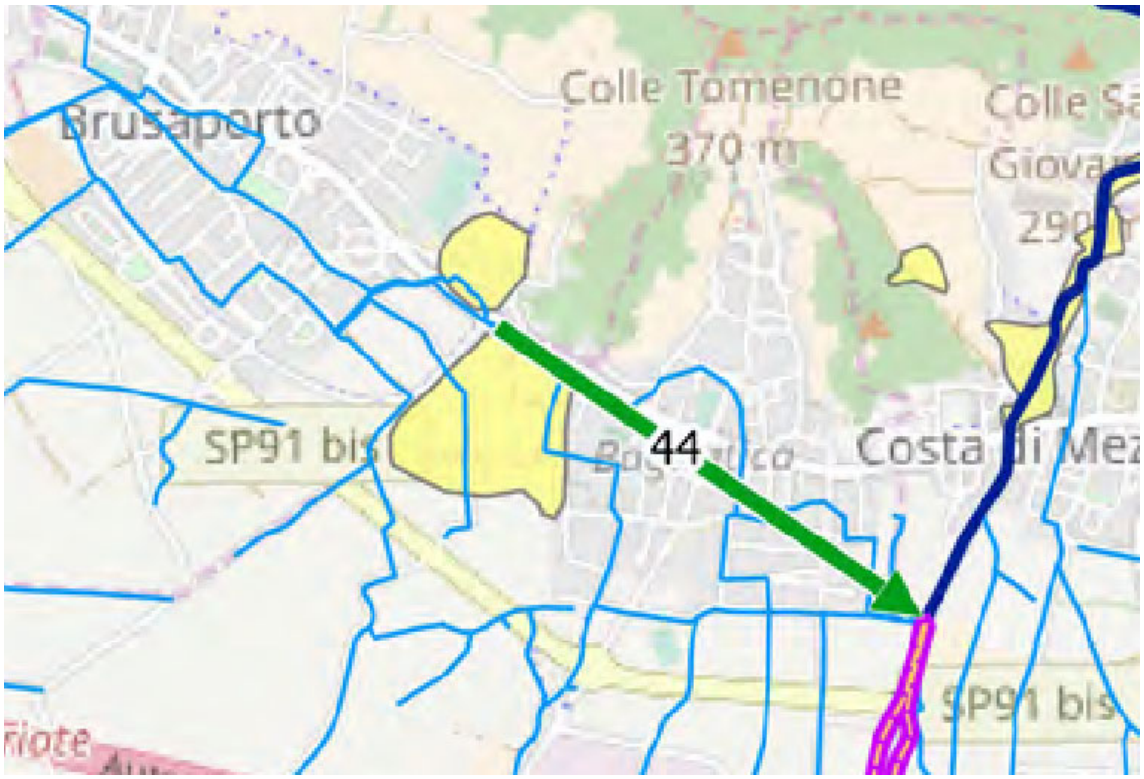


Figura 51: localizzazione della scheda di intervento 44

44	Risezionamento delle rogge Bagnatica Cattanea e Bagnatica Brusaporto	5	47.0198 ha	Incremento della capacità di scarico della rete idrografica verso il torrente Zerra, anche mediante nuovi collettori, e realizzazione di eventuali opere di invaso e laminazione	Il Comune di Brusaporto segnala alcuni allagamenti ai piedi dei rilievi collinari, nelle aree attraversate dalle rogge Bagnatica Cattanea e Bagnatica Brusaporto	€ 500'000,00	€ 200'000,00	€ 300'000,00	BAGNATICA, BRUSAPORTO, COSTA DI MEZZATE

Figura 52: previsioni di progetto del piano comprensoriale di bonifica

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

5.6.2 RETICOLO MINORE DI COMPETENZA COMUNALE

Interessa sostanzialmente la zona collinare a nord del centro abitato e la zona di raccordo tra questa e il reticolo idrico di bonifica che costituisce l'insieme dei collettori di recapito. Per i dettagli dello studio si rimanda al relativo elaborato tecnico.

Il territorio municipale di Brusaporto si caratterizza per un reticolo idrografico naturale di modesto sviluppo. Esso è costituito da piccole incisioni vallive che si diramano radialmente dai rilievi collinari, estendendosi verso le aree pianeggianti limitrofe secondo una configurazione tipicamente centrifuga.

Nella cartografia allegata (cfr. Tavola 5), la rete idrica è stata classificata distinguendo i corsi d'acqua a regime permanente e temporaneo, i tratti scoperti o intubati, e i canali artificiali adibiti all'irrigazione.

In ragione dell'esiguità dei bacini idrografici tributari, il regime idrologico è strettamente dipendente dall'andamento delle precipitazioni meteoriche, anche perché non sono presenti manifestazioni sorgentizie rilevanti e persistenti. In tali contesti, le portate si riducono a livelli infinitesimali,

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

rasentando lo zero durante la stagione siccitosa mentre, in concomitanza con eventi meteorologici di spiccata intensità, possono dar luogo a portate significative.

Le acque di questi rii, giunte in prossimità del centro edificato, sono convogliate in una rete artificiale, in parte scoperta e in parte intubata, che in ultima analisi si raccorda alla rete di canali del reticolo idrico di bonifica.

Nel settore collinare l'unico corpo idrico a regime permanente, pur con portate di magra assai modeste è il rio indicato al numero 8 del RIM. Si tratta di un piccolo corso d'acqua alimentato da una sorgente a regime variabile in località Fontanelli.

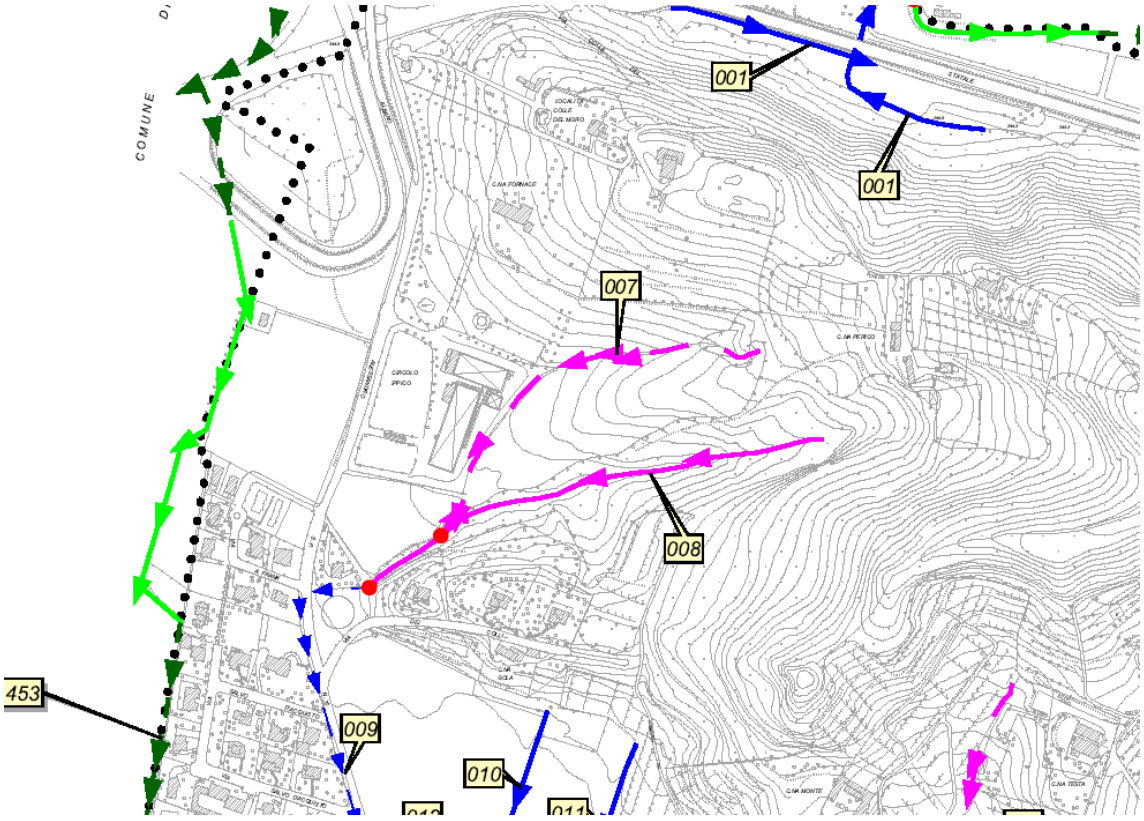


Figura 53: estratto del RIM di Brusaporto

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Tutti gli altri corsi d'acqua che scorrono nei principali incisi collinari, hanno un carattere effimero legato all'entità delle precipitazioni meteoriche.

Alla base del rilievo collinare (cfr Figura 53) è presente una fascia di terreni agricoli, che sono solcati da fossi per lo più artificiali, che hanno lo scopo di favorire il deflusso idrico verso valle.

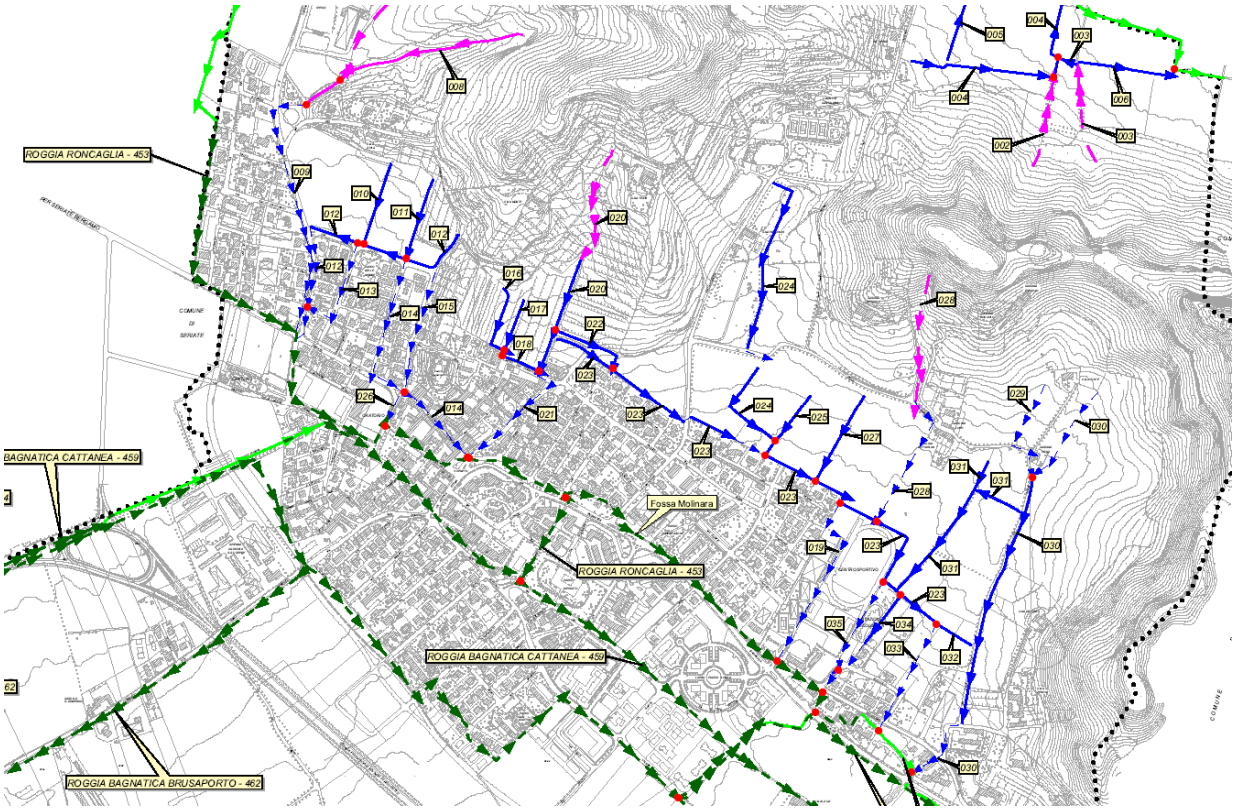


Figura 54: estratto della cartografia del RIM comunale

Tra tutti questi corsi d'acqua, riveste un ruolo di primaria importanza il fosso indicato al numero 23. Questo rio, interamente artificiale, scorre al limite settentrionale del centro abitato e ha la funzione di fosso di guardia nei confronti delle acque di ruscellamento che provengono dal versante collinare. Si tratta di un fosso di sezione localmente insufficiente per contenere le portate che si verificano in coincidenza con precipitazioni intense o prolungate (bombe d'acqua). Inoltre è interessato da alcuni attraversamenti, (es. via Cantalupa e accessi alla pista ciclopedonale) che riducono significativamente la sezione di deflusso cauando rigurgiti e straripamenti a monte.

In passato l'esondazione delle acque di questo fosso, favorita anche dall'ostruzione ad opera di detriti di alcuni tratti intubati, ha determinato frequenti allagamenti delle strade limitrofe, spesso invadendo anche zone altimetricamente depresse (autorimesse interrate, cortili a quote inferiori a quelle del

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

piano stradale). Gli episodi più significativi risalgono al 9/9/2005 e in due momenti distinti nel 2016. In tempi recenti il fenomeno si è registrato due volte; il giorno 9/9/2024 e il giorno 28/1/2025.

5.6.3 EPISODI DI ALLAGAMENTO DI ALCUNE ZONE DEL CENTRO ABITATO ADIACENTI IL CANALE 23

L'evento meteorico e alluvionale che ha colpito la provincia e la città di Bergamo nella prima mattinata del 9 settembre 2024 (tra le 03,00 e le 5,00), provocando ingenti danni, è stato un fenomeno parossistico ed estremamente concentrato, caratterizzato da una violenta "bomba d'acqua" capace di scaricare in pochissimo tempo il quantitativo di pioggia di un intero mese. L'intensità cumulata è stata di circa 80 millimetri di acqua in sole due ore. In appena mezz'ora si è registrato l'afflusso record di ben 55,6 millimetri di pioggia. Le stime statistiche iniziali hanno configurato l'evento come eccezionale, quantificando la frequenza di piogge così intense con un tempo di ritorno stimato di 200 anni.

I dati scaturiscono dalla (CTU) ordinata dal PM per conto della Procura della Repubblica di Bergamo e si basano sui riscontri della centralina di via Goisis, gestita da ARPA Lombardia.

Si sarebbe trattato secondo i tecnici incaricati di una cellula temporalesca autorigenerante che avrebbe stazionato per oltre due ore nel settore settentrionale del centro abitato di Bergamo.

Sebbene l'assenza di stazioni pluviometriche in prossimità del comune di Brusaporto, non permetta di quantificare con esattezza l'intensità locale di questo evento meteorico, la repentina esondazione del reticolo idrico minore e l'estensione dei danni registrati testimoniano di come, anche nel territorio comunale, si siano raggiunte precipitazioni non comuni.

In territorio di Brusaporto quell'evento, ha determinato l'esondazione in più punti del canale 23, con l'invasione da parte delle acque delle strade limitrofe e il loro scorrimento verso zone più depresse, con allagamento di numerosi locali posti ad uno quota inferiore a quella del piano stradale. In Figura 55 si riportano le principali direttrici di deflusso idrico su strada (magenta), legate all'ostruzione e al conseguente rigurgito di alcuni attraversamenti indicati in colore turchese.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

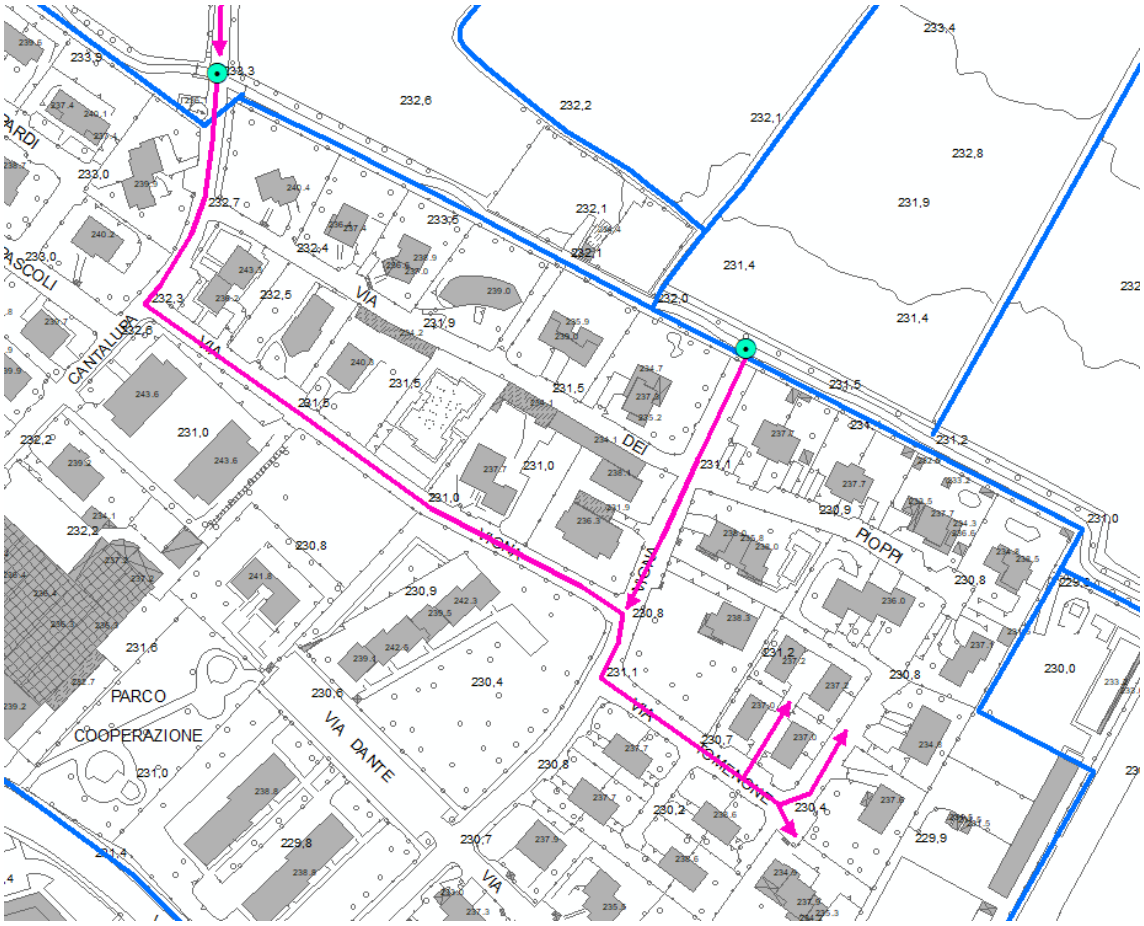


Figura 55: direttrici di deflusso superficiale

Nelle pagine seguenti si allegano alcune fotografie che illustrano gli effetti di quella esondazione.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026




Figura 56: allagamenti autorimesse e locali interrati in Via Tomenone, sono in corso operazioni di pompaggio

In Figura 57 è illustrata la ridottissima sezione di deflusso del canale 23 all'altezza dell'attraversamento di Via Vigna, ulteriormente ridotta da accumulo di detriti e ramaglie. Questo è un punto assai critico assolutamente insufficiente a garantire le portate del canale.

In Figura 59 sono illustrate le direttrici di deflusso su strada , nella zona di Largo Donatori / Via Garibaldi. In questo settore le acque di ruscellamento provenienti dalla collina, scorrono lungo la pista ciclopedonale e invadono le strade sottostanti, mandando in crisi la rete fognaria che non è in grado di smaltire gli apporti meteorici.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026



Figura 57: inizio tratto intubato attraversamento di Via Vigna, sezione di deflusso inadeguata e conseguenze



Figura 58: Via Vigna, strada completamente allagata dalle acque provenienti da Via Cantalupa

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

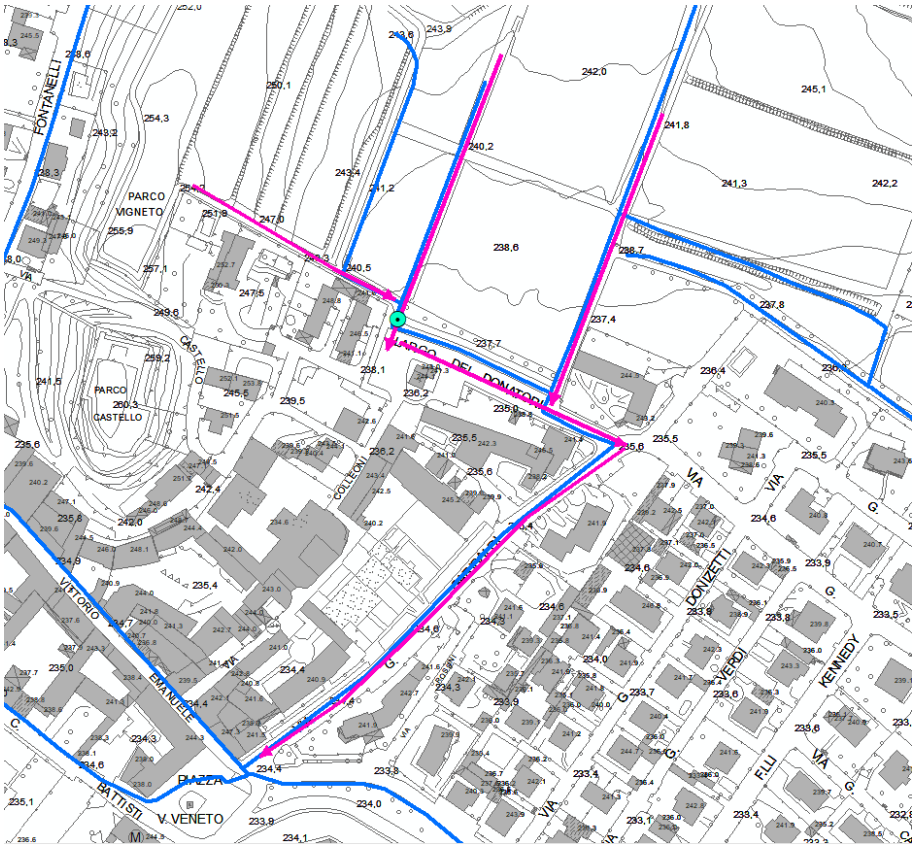


Figura 59: direttrici di scorrimento superficiale Via Garibaldi

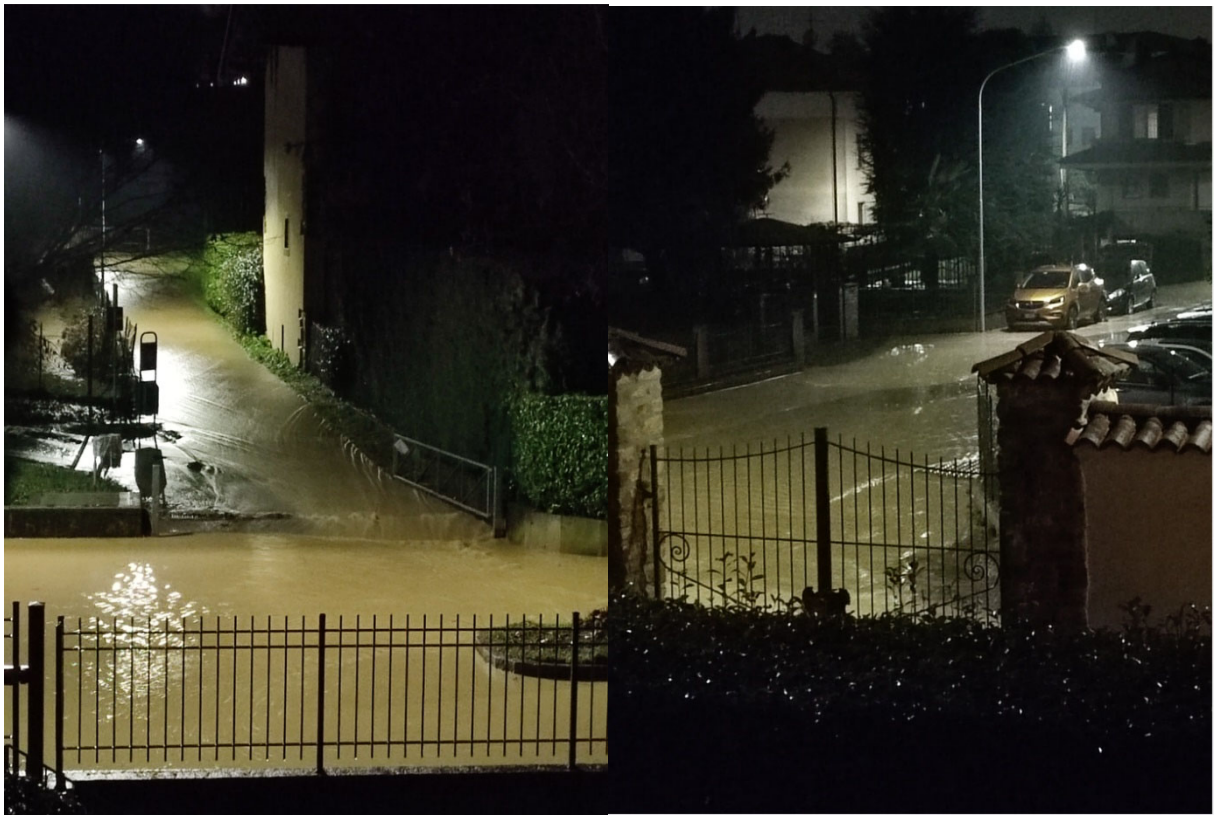


Figura 60: Largo donatori a sx, e via Garibaldi a dx

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

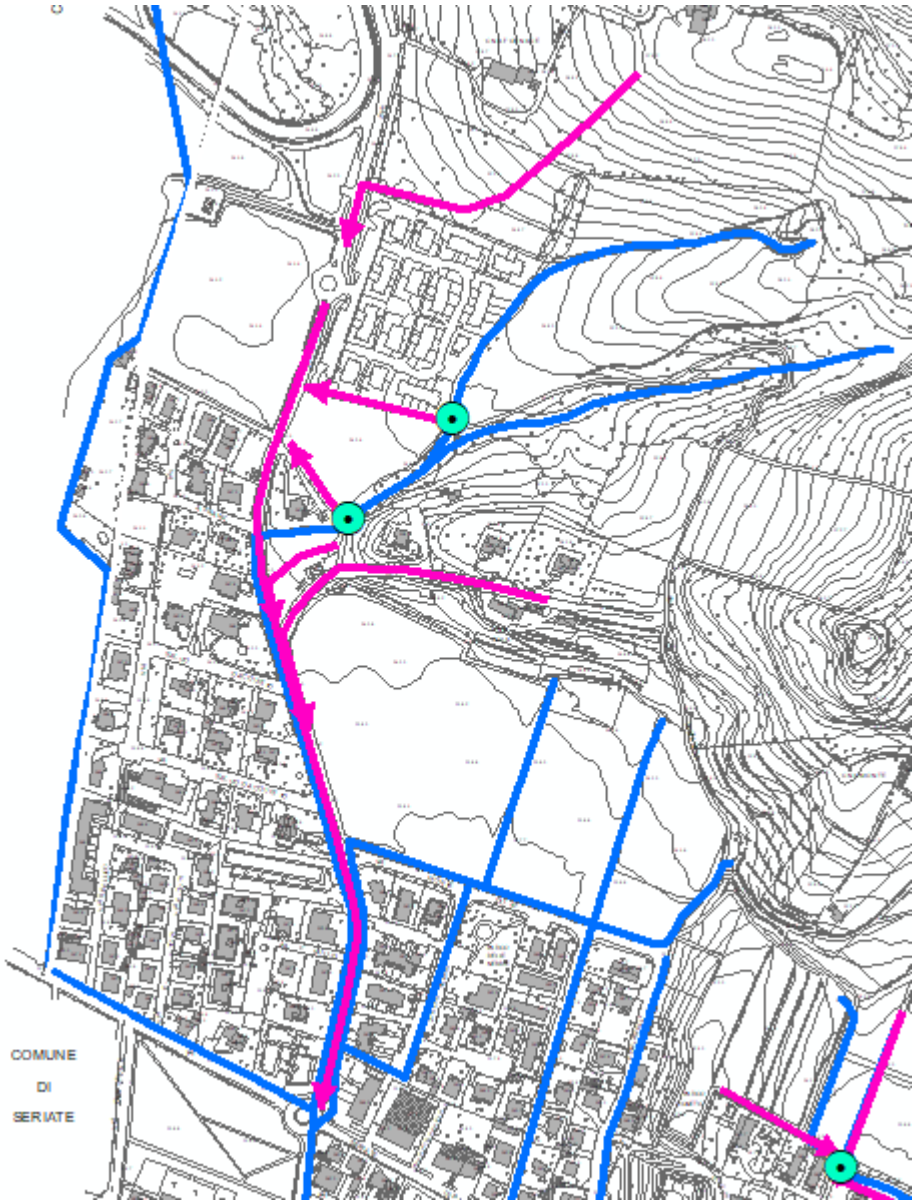


Figura 61: direttricci di deflusso principali delle acque di ruscellamento superficiale

Nella zona occidentale del territorio comunale, lungo via per Albano, il sistema fognario ha dimostrato in più occasioni di non essere in grado di far fronte alle acque provenienti dal versante soprastante. Si tratta di un'area collinare di crca 35 Ha per la quale si può stimare, in prima approssimazione, un contributo in temini di portata, compreso tra 1,5 e 4,2 mc al secondo a seconda dei parametri presi in considerazione.

Con ogni probabilità i collettori fognari che passano lungo strada non sono in grado di smaltire tali portate, tanto più che le griglie e le caditoie di racolta, sono soggette a rapido instasamento ad opera dei detriti trasportati, ciò che le rende rapidamente inefficaci.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026



Figura 62: acque di scorrimento selvagge, immediatamente a Nord dell'intersezione con Via dei Colli



Figura 63: via per Albano allagata

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

In Figura 64 sono illustrate infine le principali linee di deflusso delle acque di tracimazione del canale 23, dovute all'insufficienza del tratto intubato canale 33, che raccorda il canale 23 con il reticolo consortile.

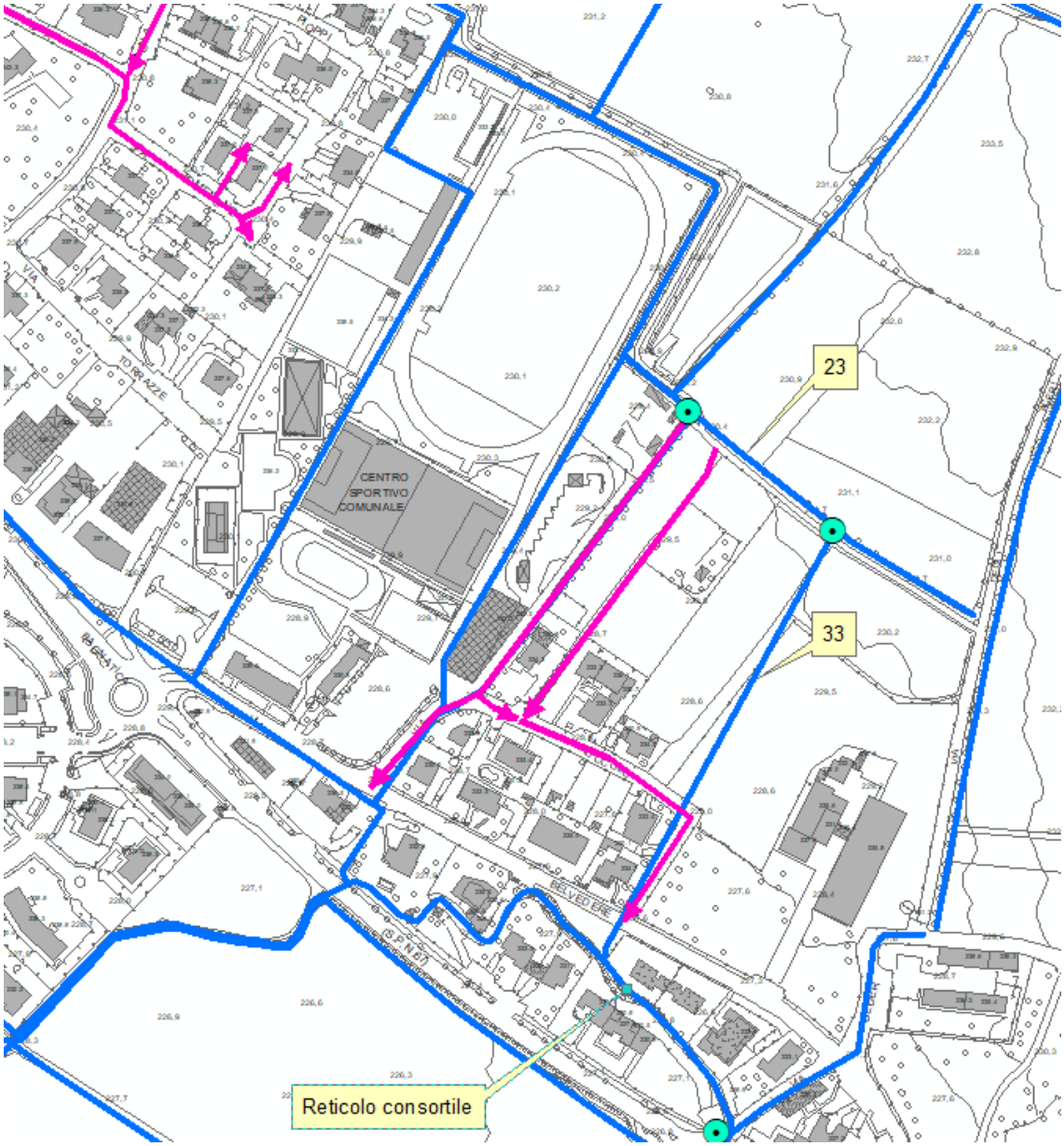


Figura 64: direttrici di deflusso delle acque di tracimazione del canale 23

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026



Figura 65: straripamento lungo la via di accesso alla piattaforma ecologica in adiacenza al canale 34.



Figura 66: allagamento lungo la via di accesso alla piattaforma ecologica

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026



Figura 67: sommersione della pista ciclopedonale (anno 2016?) nella zona dove è stata realizzata la vasca di laminazione

5.6.4 CONOSCENZE PREGRESSE, INTERVENTI ED IPOTESI DI MIGLIORAMENTO

L'amministrazione comunale di Brusaporto, conscia delle problematiche che contraddistinguono il sistema di canali che raccolgono le acque del versante collinare, aveva commissionato allo scrivente lo studio **"Verifica Della Capacita' Di Smaltimento Idraulico Di Alcuni Tratti Della Rete Drenante Comunale"** già nel lontano 2006.

In questo studio si è proceduto al rilievo plano-altimetrico dei collettori indicati nel RIM ai codici 23 e 33 che costituiscono l'ossatura del fosso di guardia che allontana le acque provenienti dalla collina, verso il reticolo idrico consortile. Nel corso di questo studio, su un percorso complessivo di circa 1138 metri sono state rilevate 25 sezioni. In Figura 68 si illustra il tratto di reticolo rilevato.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

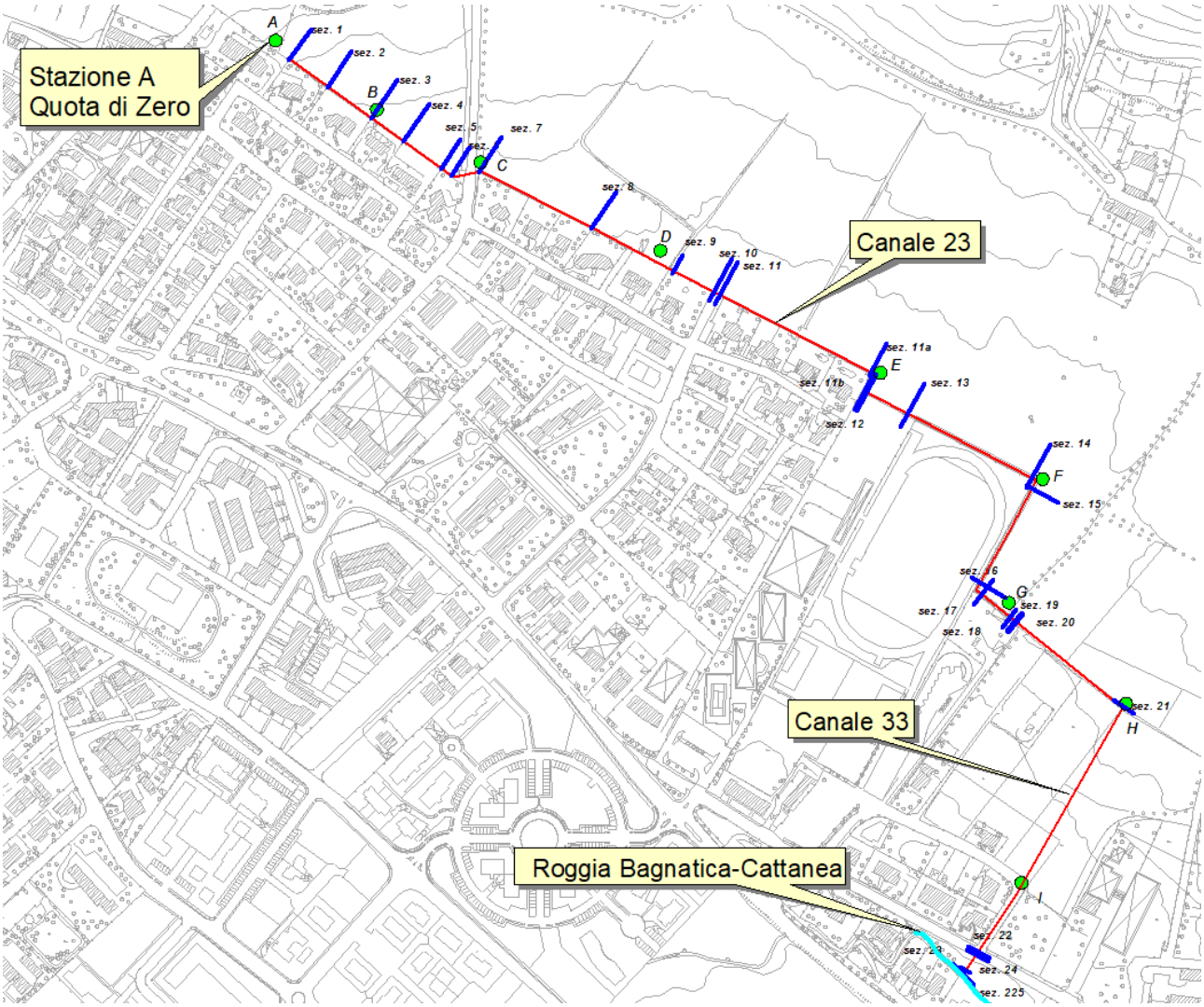


Figura 68: tratto del RIM di Brusaporto oggetto di rilievo

Per i dettagli dello studio si rimanda al documento originale. In questa sede si sintetizzano il metodo e i risultati principali ottenuti.

Per quanto concerne le verifiche idrauliche, tese ad individuare la presenza di eventuali sezioni critiche, è stata effettuata nell'ipotesi di moto a pelo libero e in condizioni di moto uniforme, utilizzando la classica formula di Chezy con il coefficiente di scabrezza di Strickler. Più che calcolare i livelli corrispondenti a una determinata portata di assegnato tempo di ritorno, si è preferito valutare la portata massima in grado di transitare in ciascuna sezione, così da inquadrare l'eventuale presenza di "punti singolari" nell'ambito di una valutazione sul "dimensionamento medio" dell'intero canale.

Per completare il quadro delle valutazioni possibili sull'assetto idraulico del canale in questione, si è ritenuto comunque ritenuto utile procedere, almeno in via qualitativa, ad una stima delle possibili portate "attese" in conseguenza di eventi meteorici con vario tempo di ritorno (T= 2, 5, 20 e 100

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

anni). Intersecando infine i dati delle portate attese alle diverse sezioni e le portate massime effettivamente transitabili da ciascuna sezione si sono evidenziate le sezioni maggiormente critiche (sottodimensionate). La tabella seguente evidenzia rispettivamente con il colore azzurro e verde i tratti con sezione di deflusso insufficiente.

				Q1			
SEZIONE	PEND	$K_{Strickler}$	D [m]	Q [m3/s]	h mu [m]	V [m/s]	Fr
125 (sez.1)	1,79%	40		1,600	0,92	2,07	1,00
124 (sez.2)	1,85%	40		1,300	0,67	2,19	1,05
123 (sez.3)	0,75%	40		1,200	0,75	1,56	0,77
122 (sez.4)	1,25%	40		1,500	0,61	2,01	0,97
121 (sez.5)	2,01%	40		2,000	0,66	2,58	1,14
120 (sez.6)	2,01%	40		0,800	0,52	2,05	0,94
120-119-tubo	2,01%	66	0,80	1,572	80%	3,65	--
119 (sez.7)	0,81%	40		2,000	1,03	1,80	0,79
118 (sez.8)	0,37%	40		2,000	1,31	1,35	0,56
118-117-tubo	0,37%	66	0,80	0,675	80%	1,56	--
117 (sez.9)	0,61%	40		2,000	1,16	1,64	0,68
116 (Sez. 10) Passerella inizio	0,30%	40		0,600	0,77	0,96	0,52
115 (Sez. 11) passerella fine	0,43%	40		0,600	0,70	1,10	0,59
114 (Sez. 11A)	0,13%	40		1,000	0,91	0,68	0,33
113 (Sez. 11B)	0,20%	40		0,600	0,86	0,82	0,44
112 (sez.12)	0,43%	40		1,900	1,10	1,31	0,60
111 (sez.13) passerella	1,05%	40		1,400	1,03	1,90	0,89
110 (sez.14)	0,81%	40		4,567	1,50	2,11	0,78
109 (sez.15)	0,26%	40		2,773	1,50	1,21	0,50
108 (sez.16)	2,16%	40		3,500	1,55	3,17	1,27
107 (sez.17)	0,99%	40		4,000	1,69	2,44	0,90
106 (sez.18) pregriglia	0,99%	40		4,000	1,69	2,44	0,90
105 (sez.19) prima tratto intubato	0,90%	40		1,800	1,89	1,68	0,60
104-103-tubo	0,74%	66	1,00	1,730	80%	2,57	--
103-102-tubo	0,74%	66	1,00	1,730	80%	2,57	--
101 (Sez. 24)	0,63%	40		1,300	0,56	1,50	0,74
100 (Sez. 25)	2,90%	40		2,000	0,44	2,92	1,25

Il dato maggiormente critico si osserva all'intersezione tra canale 23 e 33, a fronte di una capacità "massima" di smaltimento del tratto intubato (D=100 cm, codice identificativo 33) all'incirca pari a 1,73 m^3/sec all'80% di riempimento, si hanno portate massime prevedibili pari a:

- 4,5 m^3/sec con T = 2 anni;
- 6,0 m^3/sec con T = 5 anni;
- 7,9 m^3/sec con T = 20 anni,
- e addirittura 10,0 m^3/sec con T = 100 anni.

Il confronto tra portate "transitabili" e portate "attese" mostra chiaramente che si è in presenza di un deficit di capacità di smaltimento di oltre 2.5 mc/sec, già per tempi di ritorno modesti (T = 2 anni).

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

In sintesi:

- Si conferma che **tutti i tratti intubati,** che consentono deflussi idrici sensibilmente inferiori rispetto a quelli associabili alle rispettive sezioni di monte**, rappresentano di fatto elementi di criticità "singolari" per il deflusso idrico**.
- **Tutto il sistema di smaltimento** rappresentato dal complesso dei canali 23 e 33, **appare in generale sottodimensionato rispetto alle portate "attese" già per tempi di ritorno modesti**;
- **uno dei tratti maggiormente critici è proprio rappresentato dal tratto terminale (collettore 33)** che è in grado di smaltire al massimo una portata pari a 1,73 m3/sec a fronte di portate "attese" pari almeno al doppio di tale valore

5.6.4.1 *POSSIBILI INTERVENTI A MITIGAZIONE DEI PROBLEMI RISCONTRATI*

Tenuto conto del generale sottodimensionamento del canale 23/33, ed all'interno di questo quadro, della presenza di alcuni tratti particolarmente critici, i possibili interventi volti a mitigare la situazione rilevata possono essere così schematizzati:

1. **Canale-Volano a monte della pista:** Realizzazione di un nuovo e grande canale di intercettamento parallelo alla pista ciclopedonale, mediante riprofilatura dell'esistente canale di scolo a monte della pista ciclopedonale, la cui funzione attuale è solo quella di drenare le acque di scorrimento provenienti da monte e di convogliarle al canale 23 mediante tubazioni che attraversano la pista ciclopedonale. Quest'opera non dovrebbe configurarsi come un semplice fosso, ma dovrebbe avere dimensioni tali da fungere essa stessa da volume di accumulo e laminazione lineare, intercettando i deflussi da Nord e scollegandoli, ove possibile, dal sovraccarico della roggia 23.
2. **Intercettamento delle acque di deflusso mediante un nuovo canale aggiuntivo**: una tale opera potrebbe essere realizzata parallelamente a Via delle Robinie, Via degli Aceri e Via Beder, e ridurrebbe drasticamente il deflusso idrico verso il canale 23 in quanto inercetterebbe lo stesso molto più a monte. Se di dimensioni adeguate fungerebbe anch'esso da vasca volano.
3. **Sistema diffuso di aree di espansione/vasche volano:** Individuazione di ulteriori aree idonee a nord della pista per la creazione di bacini di laminazione a gravità o assistiti da impianti di sollevamento per lo svuotamento (questi ultimi gravati da non trascurabili oneri manutentivi).
4. **Riprofilatura e adeguamento delle sezioni di valle (Canali 23/33):** Intervento di eliminazione delle ben note sezioni intubate tracimabili presenti lungo il percorso con

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

aumento parallelo delle portate del tratto intubato del RIM 33 oggi limitato a soli 1,73 m³/s. ***Si ritiene infatti che il solo adeguamento e riprofilatura delle sezioni lungo il canale 23, avrebbe come unico risultato quello di spostare il problema alla confluenza nel canale 33, rendendo ancora più critica la situazione idraulica nel settore di Via Roccolo e Via Belvedere.***

5.6.4.2 *VASCA DI LAMINAZIONE A FIANCO DEL CAMPO SPORTIVO*

Nel quadro delle conoscenze idrauliche che hanno strutturato le scelte pianificatorie previgenti, si riportano i criteri tecnici che hanno condotto alla realizzazione dell'attuale vasca di laminazione sul Canale 23. L'opera è stata eseguita dall'Amministrazione Comunale sulla base di un dimensionamento e di una progettazione di massima, i cui contenuti analitici sono descritti nei documenti d'archivio comunali. Si rimanda alla relazione "Dimensionamento e progettazione di massima di una vasca di laminazione delle portate di piena del canale 23 del rim di Brusaporto" per i dettagli dello studio di fattibilità di massima.

Nel 2017 il comune di Brusaporto infatti affidava allo scrivente l'incarico di redigere un progetto di massima di una prima vasca di laminazione a ridosso del canale 23 per contribuire a ridurre il disagio causato dai suoi frequenti straripamenti. La ragione principale di questo intervento scaturiva dalla disponibilità del proprietario di un terreno agricolo marginale, adiacente il canale in questione, a cedere all'amministrazione comunale la proprietà del terreno in oggetto. Tra l'altro questo terreno era comunque frequentemente soggetto a ristagni idrici che lo rendevano poco utile ai fini produttivi agricoli.

L'ubicazione della vasca è illustrata in Figura 69. Essa si colloca immediatamente ad Est del campo sportivo comunale ed immediatamente a Nord dell'area della piazzola ecologica comunale. Indicativamente l'area interessata è di circa 3000 mq.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

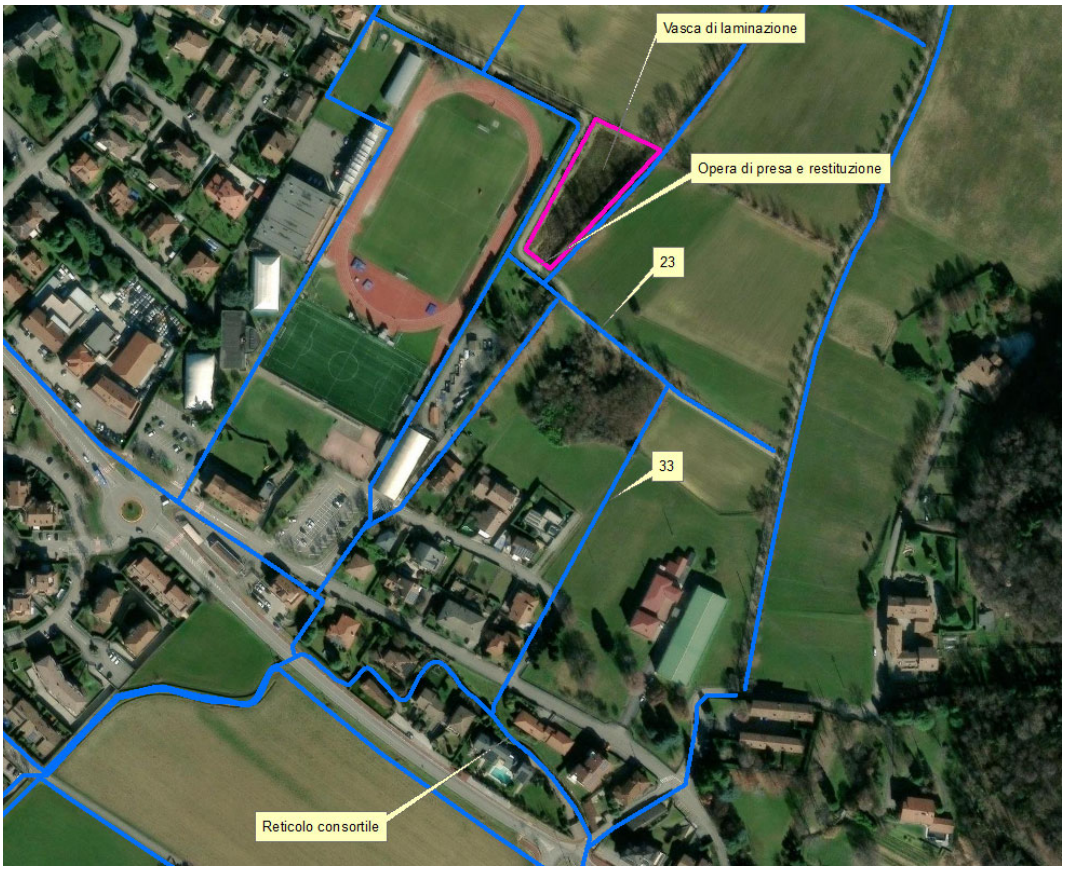


Figura 69: ubicazione vasca di laminazione realizzata in comune di Brusaporto

Nelle note che seguono si riportano le ragioni che hanno orientato le scelte progettuali operate in passato.

Disponibilità delle risorse finanziarie a disposizione dell'amministrazione: era ben chiaro che la risoluzione definitiva delle problematiche idrauliche del territorio avrebbe richiesto risorse finanziarie molto più ingenti di quelle a disposizione del Comune di Brusaporto. Un approccio globale avrebbe richiesto uno studio idraulico di ampio respiro sull'intero RIM di Brusaporto e sulle rogge del Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca, supportato da rilievi topografici di precisione eseguiti ex novo. L'elevato aggravio di costi e i tempi prolungati di tale iter spinsero l'Amministrazione Comunale a optare per la realizzazione dell'attuale vasca di laminazione, concepita come un rimedio efficace, seppur parziale alle criticità evidenziate.

Disponibilità di aree idonee: i terreni limitrofi al canale 23 si presentavano ampiamente antropizzati a sud e coltivati a nord. L'ubicazione definitiva dell'opera è stata determinata dalla necessità di minimizzare l'impatto sul territorio e sulla produttività agricola. In linea con le linee guida del documento precedente, sono state privilegiate aree che già manifestavano frequenti allagamenti naturali, ritenute meno idonee a ospitare coltivazioni stabili.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Scelte progettuali volte a ridurre al minimo gli interventi di manutenzione: lo Studio Idraulico del 2006 ipotizzava la necessità di associare alle vasche di laminazione impianti di sollevamento a pompa per massimizzare i volumi stoccabili mediante scavi profondi. Tuttavia, come recepito anche nella successiva fase documentale, l'Amministrazione Comunale ha preferito evitare una soluzione così onerosa in termini di realizzazione e manutenzione. Di conseguenza, la vasca è stata realizzata sfruttando un sistema a gravità, privo di pompe di sollevamento. Inoltre la progettazione venne guidata dalla scelta di far "lavorare" il canale 23 sempre al massimo delle sue potenzialità di smaltimento, facendo in modo di attivare la vasca di laminazione solo al raggiungimento di determinate altezze, in maniera tale da evitarne l'allagamento se non strettamente necessario. Si era anche progettato un sistema di paratie mobili che potesse servire per controllare l'altezza a cui la vasca si sarebbe attivata autonomamente. In ogni caso, in presenza di deflusso impedito a causa di rigurgiti in corrispondenza del tratto intubato del canale 33, il conseguente straripamento del canale, avrebbe comunque consentito di sottrarre al deflusso circa 3400 mc.

La scelta dell'ubicazione della vasca di laminazione fu quindi in un certo senso "obbligata" anche se non sarebbero mancate alternative, altrettanto o forse anche maggiormente idonee dal punto di vista prestazionale, ma probabilmente anche maggiormente onerose ed impattanti sul tessuto socio economico locale. Tale vasca, che come vedremo non ha un volume particolarmente elevato, non ha risolto il problema degli allagamenti in maniera definitiva, soprattutto nel caso di eventi meteorici di maggior periodo di ritorno, ma è comunque in grado di ridurre la frequenza degli straripamenti a valle limitando i danni conseguenti.

Le caratteristiche dimensionali della vasca individuata nel progetto di massima, date le premesse riportate furono le seguenti:

Parametro	Valore	Note / Specifiche
Lunghezza massima	95,24 m	Lunghezza dell'opera
Larghezza massima	39,27 m	Ingombro trasversale massimo
Larghezza minima	19,37 m	Ingombro trasversale minimo
Larghezza media	29,53 m	Valore medio della larghezza
Superficie dello scavo	2.868 mq	Area totale di scavo a livello di campagna

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Superficie di massimo invaso	2.352 mq	Specchio liquido alla massima quota idrica
Superficie del fondo vasca	1.456 mq	Area planimetrica della base inferiore
Profondità massima utile	200 cm	Misurata al massimo invaso
Profondità minima utile	180 cm	Misurata al massimo invaso
Pendenza media sul fondo	2,5 per mille	Corrisponde a un dislivello di 20 cm su 84,32 m
Volume utile invasabile	**3.489 mc**	Capacità idrica utile di laminazione
Volume di scavo in banco	5.303 mc	Volume geometrico del terreno in sito
Volume di escavazione fuori banco	6.600 mc	Calcolato con un rigonfiamento del 25%

L'opera di presa e di restituzione (unica) venne ubicata in prossimità del lato meridionale della vasca in adiacenza al canale 23. La stima della efficacia della vasca venne valutata stimando, per i diversi periodi di ritorno e per le diverse durate di pioggia, la differenza tra il volume idrico in ingresso al sistema e quello in uscita. Tale parametro infatti rappresenta, al suo valor massimo, il deficit di smaltimento idraulico e quindi il volume massimo laminabile.

I risultati ottenuti indicarono che la vasca di progetto, con un volume utile di 3489 mc avrebbe potuto laminare piene con tempo di ritorno Tr di poco superiore ai 5 anni (cfr. Figura 70). Era certamente chiaro fin dallo stadio di progettazione di massima, che l'opera non sarebbe stata risolutiva nel lungo periodo, anche perché era chiaro che il "collo di bottiglia" di tutto il sistema di raccolta ed allontanamento delle acque meteoriche di provenienza collinare era il tratto intubato del canale 33 (un tubo del diametro di un metro con una capacità di smaltimento di soli 1,73 mc/sec) a fronte di portate in ingresso che come visto erano nettamente maggiori.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Tempo di ritorno Tr	Deficit stimato
2 anni	1621 mc
5 anni	2939 mc
20 anni	5986 mc
100 anni	9637 mc

Figura 70: deficit stimato tra volumi in ingresso e in uscita alla vasca di laminazione

Come già evidenziato nel paragrafo 5.6.1, la situazione di insufficenza di smaltimento idrico è ben documentata per questo settore nel Piano Comprensoriale di Bonifica del CBMP, e sono previsti in futuro interventi di adeguamento.

5.6.5 CARTOGRAFIA PAI-PGRA

Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), predisposto in attuazione del D.lgs. 49/2010 di recepimento della Direttiva 2007/60/CE (cosiddetta "Direttiva Alluvioni"), è stato adottato con deliberazione 17 dicembre 2015 n. 4, approvato con Deliberazione 3 marzo 2016, n. 2 dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino del fiume Po e successivamente con DPCM 27 ottobre 2016 (pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 30 del 6 febbraio 2017).

Il Piano ha come finalità quella di ridurre le conseguenze negative derivanti dalle alluvioni per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali.

A tal fine nel Piano vengono individuate le aree potenzialmente esposte a pericolosità per alluvioni, stimato il grado di rischio al quale sono esposti gli elementi che ricadono entro tali aree "allagabili", individuate le "Aree a Rischio Significativo (ARS)" e impostate misure per ridurre il rischio medesimo, suddivise in misure di prevenzione, protezione, preparazione, ritorno alla normalità ed analisi, da attuarsi in maniera integrata.

La delimitazione e la classificazione delle aree allagabili sono contenute nelle mappe di pericolosità, la classificazione del grado di rischio al quale sono soggetti gli elementi esposti è rappresentata nelle mappe di rischio. Entrambe le mappe sono pubblicate sul sito di Regione Lombardia[1] nonché sul sito dell'Autorità di Bacino del Fiume Po.

Le mappe contengono la delimitazione delle aree allagabili per diversi scenari di pericolosità:

- aree P3 (H nella cartografia), o aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti;

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

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

Le aree allagabili individuate, per quanto concerne la Regione Lombardia, riguardano i seguenti "ambiti territoriali":

- Reticolo principale di pianura e di fondovalle (RP);
- Reticolo secondario collinare e montano (RSCM);
- Reticolo secondario di pianura naturale e artificiale (RSP), in questo ambito ricade il territorio di Brusaporto.
- Aree costiere lacuali (ACL).Per il reticolo naturale, il PGRA associa uno scenario di pericolosità a ciascuna delle categorie di aree vulnerabili dal punto di vista idraulico individuate nelle carte di sintesi della componente geologica dei PGT.

Le mappe di pericolosità e rischio contenute nel PGRA rappresentano un aggiornamento e integrazione del quadro conoscitivo rappresentato negli Elaborati del PAI.

Per quanto riguarda il reticolo principale non interessato da fasce PAI, il PGRA normalmente, riporta le aree allagabili così come individuate nelle carte di sintesi degli studi geologici a supporto del PGT, anche se in alcuni casi si sono osservate differenze legate ad una diversa interpretazione della topografia di base.

Per il reticolo consortile, il PGRA delimita le aree allagabili principalmente sulla base degli eventi storicamente accaduti. Sono stati considerati solo gli eventi verificatisi dal 1990 al 2012 (data di completamento della ricognizione), in quanto ritenuti maggiormente compatibili con l'attuale scenario di bonifica e di uso del suolo e solo gli allagamenti che possono risultare ripetibili. Pertanto, nel caso in cui, posteriormente agli eventi accaduti, siano stati eseguiti interventi volti alla risoluzione del problema, l'area allagata non è stata riportata nelle mappe oppure gli è stato attribuito uno scenario di frequenza inferiore. In alcuni casi si sono riportate anche aree allagate in occasione di eventi antecedenti al periodo sopraindicato, in quanto ritenuti significativi.

In Figura 71 e in Tavola 6 - Carta del PGRA vigente, si riporta l'estratto della cartografia PAI-PGRA vigente relativo al territorio di Brusaporto, (settore sud orientale, al confine con Bagnatica) ridisegnato dal Geoportale della Regione Lombardia, che individua l'area allagabile che interessa il territorio comunale.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Nell'elaborato ufficiale sono in realtà indicati due scenari diversi P3H e P2M perfettamente sovrapponibili con medesimo tempo di ritorno. Nella Figura 71 si è operato un graficismo per distinguere i limiti sovrapposti dei due scenari.

La cartografia ufficiale del PGRA inserisce infatti l'area d'indagine all'interno delle fasce di esondazione del reticolo idrico consortile, associandola in modo ridondante sia allo **Scenario H** (alta probabilità) sia allo **Scenario M** (media probabilità) con un unico tempo di ritorno a 50 anni.

La perfetta sovrapposizione spaziale tra lo Scenario H e lo Scenario M per le aree classificate come A35 (Slow Flood Onset) e SS (Scorrimento Superficiale) è riconducibile a una perimetrazione macroscopica di natura cautelativa adottata dagli Enti pianificatori in sede di redazione del PGRA. In assenza di modelli idraulici di dettaglio sul Reticolo Idrico Minore, l'autorità ha applicato il principio di precauzione, estendendo l'area a massima pericolosità (Scenario H) sull'intera depressione morfologica potenziale.

La Tavola 6 recepisce integralmente la perimetrazione degli scenari di pericolosità da alluvione del PGRA vigente per il territorio di Brusaporto mantenendo la sovrapposizione geometrica degli scenari H e M in corrispondenza delle criticità note della rete idrica consortile e del Reticolo Idrico Minore (RIM). Il relativo assetto vincolistico viene mantenuto in via cautelativa in attesa del completamento, collaudo e formale recepimento da parte degli Enti sovraordinati degli interventi di mitigazione strutturale già programmati sul reticolo idraulico. Questi elementi sono stati inseriti anche nella cartografia del dissesto con legenda uniformata a quella del PAI. (Tavola 19).

A fronte del vincolo macroscopico del PGRA, l'analisi locale trova riscontro nella **Scheda d'Ambito ES01 ("Esondazione Roggia Bagnatica")** del Piano di Protezione Civile di Bagnatica. Tale documento di dettaglio individua l'origine della criticità idraulica reale esclusivamente in un fattore antropico puntuale: l'insufficienza della sezione del tratto intubato della roggia sito nel limitrofo Comune di Bagnatica (Via Papa Giovanni XXIII). Mentre il Piano di Protezione Civile censisce il conseguente rischio di allagamento per i quartieri residenziali di Bagnatica posti a Sud del manufatto critico, il comparto agricolo interessato in territorio di Brusaporto, soggetto a fenomeni di rigurgito per deflusso impedito, è interessato unicamente da esondazione transitoria per semplice ruscellamento a velo idrico, con tiranti e velocità modeste.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026



Figura 71: estratto della Carta PGRA vigente (ridisegnato da Geoportale Lombardia)

In Figura 72 sono riportati i dati associati alle due aree PGRA H ed M per il territorio di Brusaporto. I codici fanno riferimento al documento "Aree allagabili – organizzazione e documentazione dei dati" reperibile all'indirizzo https://www.regione.lombardia.it/content/dam/rl/canali-tematici-servizi/06-ambiente-e-territorio/19-pianificazione-territoriale/03-pianificazione-di-bacino/piano-gestione-rischio-alluvioni-pgra/allegati/cartografiapgra/aree-allagabili-organizzazione-documentazione-dati-variante-pai-mappe-pericolosita-rischio-alluvione.pdf.

Il significato dei codici, da cui si desumono gli aspetti principali della problematica idraulica sono riportati nelle tabelle successive. In particolare si noti come il fenomeno sia classificato come esondazione a sviluppo lento (A35) e come tipologia Scorrimento Superficiale. Si evidenzia inoltre che la causa sia l'insufficienza del reticolo idrico IR e che i tiranti non siano superiori a 50 cm.

Si evidenzia la sostanziale coincidenza geografica delle aree di criticità individuate dalla scheda di progetto 44 del Piano Comprensoriale di Bonifica e le mappe del PGRA.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

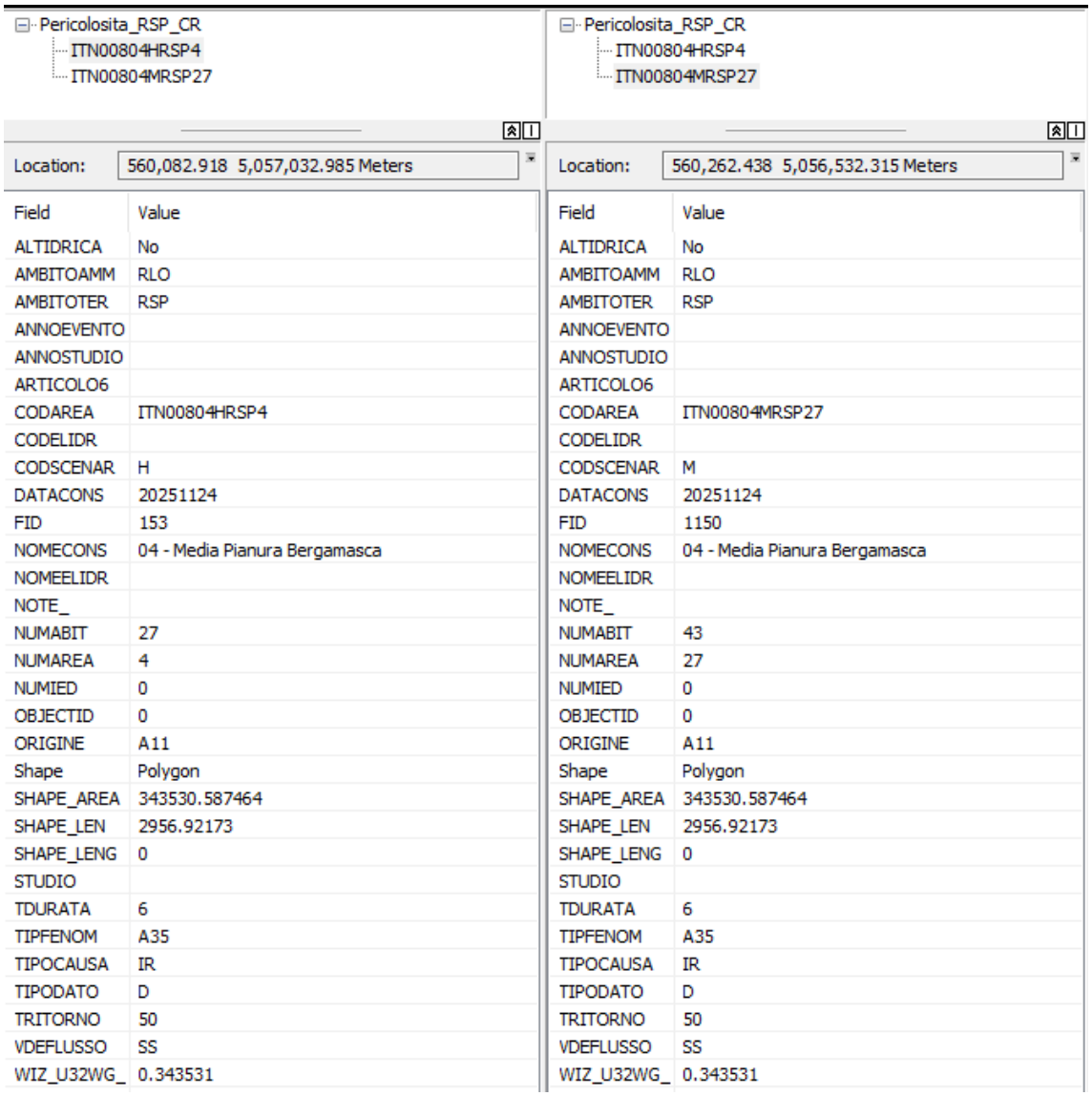


Figura 72: dati sottostanti i due scenari di pericolosità H ed M relativa al PGRA di Brusaporto

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Campo	Descrizione	Obbligo	Tipo dato	Lunghezza	Dominio	Nome in tabella
Codice	Codice univoco dell'aa a livello di Unione Europea	O	testo	42	Vedi nota specifica	Codarea
Ambito territoriale	Sigla dell'ambito territoriale (il dato è uguale per tutti i record del presente strato informativo ed è utile per differenziare gli elementi in fase di visualizzazione congiunta delle aa di tutti gli ambiti)	O	testo	4	RSP (Reticolo Secondario di Pianura)	Ambitoter

Campo	Descrizione	Obbligo	Tipo dato	Lunghezza	Dominio	Nome in tabella
Denominazione del Consorzio	Denominazione del Consorzio nel quale ricade l'area specificata	O	testo	100		NomeCons
Numero area	Numero progressivo dell'area all'interno del comprensorio	O	intero	3		NumArea
Denominazione elemento idrico	Denominazione dell'elemento idrico.	Op	testo	50	Nomi presenti nell'elenco dei corpi idrici	Nomeelidr
Codice elemento idrico	Codice dell'elemento idrico.	Op	testo	30	Codici presenti nell'elenco dei corpi idrici	Codelidr
Codice scenario di alluvione	Codice dello scenario di alluvione	O	testo	2	H (High - Frequente), M (Medium - Poco Frequente)	Codscenar
Data di consegna	Data di consegna della specifica area (*)	Op	data	10	espresso come aaaa/mm/gg	Datacons
Studio di provenienza	Sigla del tipo di studio, Nel caso la perimetrazione sia stata individuata con studi idraulici	Op	testo	2	MS (metodo semplificato), MC (metodo completo)	Studio
Anno studio	Indicazione dell'anno di redazione dello studio	Op	testo	4		AnnoStudio
Anno evento	Indicazione dell'anno di accadimento dell'evento (nel caso di area inviluppo di più eventi si intende l'anno più recente)	Op	testo	4		AnnoEvento
Tipologia fenomeno	Tipologia del fenomeno interessato FHRM_FloodHazardMapAdditionalFloodType.FloodTypes	O	testo	3	A35 (Slow onset flood)	TipFenom
Tempo di ritorno	Numero indicante gli anni del tempo di ritorno - corrisponde all'informazione FHRM_Med/High/LowProbability.Frequency	O	intero	6	Un valore coerente con lo scenario di alluvione – se non noto mettere il valore "-7777"	Tritorno
Tipo causa	Sigla della tipologia di causa che genera l'aa	Op	testo	2	IR (insufficienza reticolo), R (rigurgito), M (misto)	TipoCausa

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Campo	Descrizione	Obbligo	Tipo dato	Lunghezza	Dominio	Nome in tabella
Superamento della soglia di altezza idrica	Indicazione del fatto che il tirante medio sia maggiore oppure minore o uguale del valore soglia di 0,5 metri	Op	testo	2	Si (valore superato), No (valore sotto o pari alla soglia)	AltIdrica
Caratteristica del deflusso	Velocità qualitativa del deflusso definita in " ristagno/rigurgito", "scorrimento superficiale" OPPURE velocità maggiore o inferiore / uguale al valore soglia di 0,4 m/s	Op	testo	2	RR (ristagno rigurgito), SS (scorrimento superficiale), Si (valore di soglia superato), No (valore sotto o pari alla soglia)	VDeflusso
Durata	Tempo massimo rilevato di permanenza dell'allagamento sull'area per intervalli	Op	intero	2	6 (minore o uguale a 6 ore), 24 (più di 6 ore e meno o pari a 24 ore), 48 (più di 24 ore e meno o pari a 48 ore), 99 (maggiore di 48 ore)	TDurata
Area	Misura della superficie dell'area allagabile (in kmq)	O	reale	10 (con 6 decimali)	Valore positivo	Area

Figura 73: banca data alfanumerica associata allo shape PGRA del Reticolo Secondario di Pianura

5.7. ELEMENTI IDROGEOLOGICI

5.7.1 STRUTTURA IDROGEOLOGICA ALLA MACROSCALA

Il primo e principale contributo alla conoscenza degli acquiferi presenti nel sottosuolo padano si deve alla collaborazione tecnica e scientifica tra le regioni Lombardia ed Emilia Romagna con il gruppo Esplorazione Italia dell'Eni Divisione Agip.

Il risultato di questa collaborazione è stata la pubblicazione nel 2002 di un corposo studio dal titolo "Geologia degli acquiferi padani della Regione Lombardia".

La caratterizzazione del suolo profondo, non solo ai fini della ricostruzione idrogeologica, richiede infatti il dispiego di mezzi e risorse estremamente importanti, e pertanto è appannaggio esclusivamente dei maggiori enti pubblici e privati. Basti pensare che la realizzazione dello studio precedentemente citato ha richiesto l'interpretazione di oltre 20000 Km di linee sismiche realizzate da Eni in oltre 50 anni di esplorazione petrolifera, tarate con i dati stratigrafici derivanti da pozzi per idrocarburi e per acqua nonché da 4 sondaggi geognostici profondi appositamente realizzati.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Questo non significa che precedentemente non siano stati condotti studi idrogeologici, ma semplicemente che questi rivestono generalmente un carattere più locale e difficilmente analizzano i settori più profondi delle successioni sedimentarie.

Gli Autori che si sono occupati della descrizione della struttura idrogeologica del sottosuolo della pianura lombarda hanno utilizzato differenti approcci (cfr. Figura 74), facendo riferimento a criteri litologici (MARTINIS & 25 MAZZARELLA, 1971), idrostratigrafici (POZZI & FRANCANI, 1981; REGIONE LOMBARDIA – ENI, 2002) o idrogeologici (AVANZINI *et alii*, 1995).

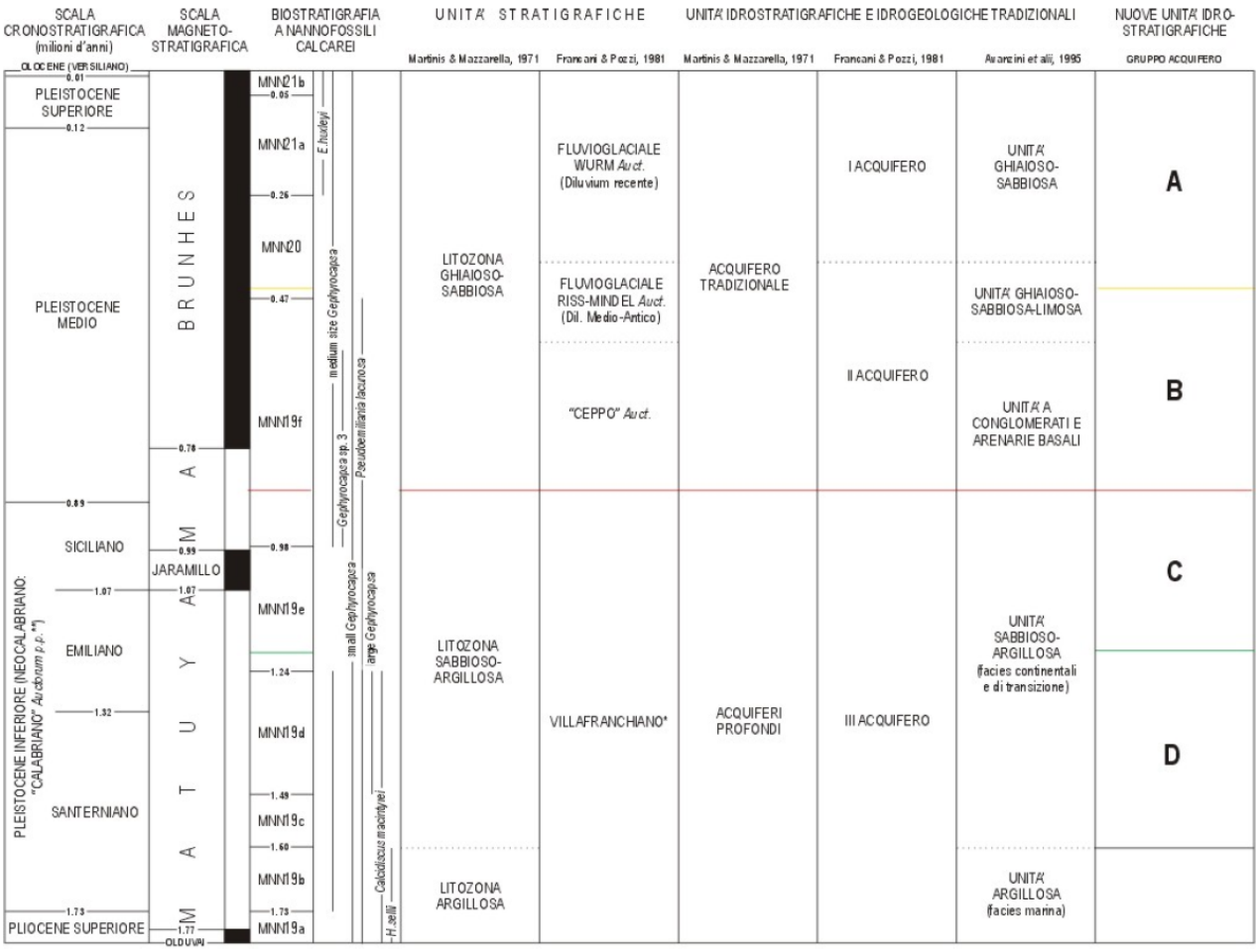


Figura 74: schema dei rapporti stratigrafici e descrizione idrogeologica del sottosuolo padano lombardo.

Nel sottosuolo del territorio della pianura lombarda sono state riconosciute ai fini idrogeologici tre litozone, che dall'alto al basso presentano caratteri granulometrici decrescenti (cfr. Figura 75).

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

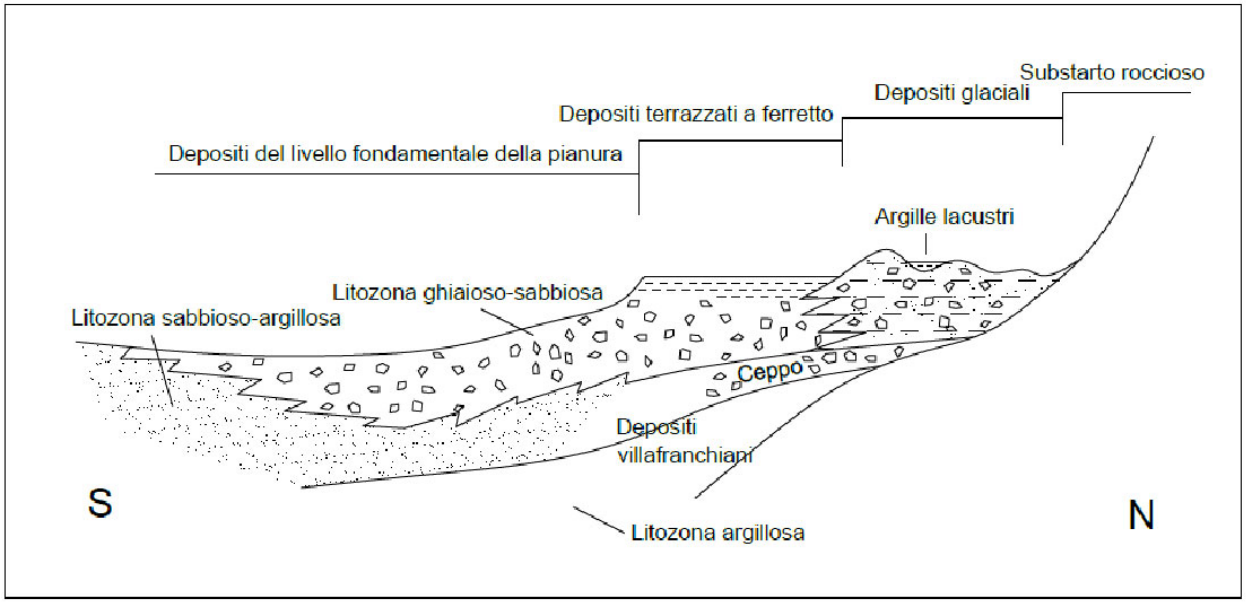


Figura 75: schema delle principali litozone del sottosuolo padano e relativi acquiferi

• **Litozona ghiaioso-sabbiosa** (nella quale si possono distinguere una subunità superficiale sabbioso-ghiaiosa e una più profonda conglomeratica): questa unità è caratterizzata dalla netta prevalenza di litotipi grossolani, con lenti argillose di limitato spessore ed estensione areale, ed è sede di un acquifero libero, che trae alimentazione per lo più dall'infiltrazione superficiale delle acque meteoriche e irrigue; la subunità sabbioso-ghiaiosa e conglomeratica più antica affiora nelle aree di alta pianura, dove forma i terrazzi morfologicamente più elevati; gli acquiferi in essa contenuti sono separati da quello sovrastante da diaframmi scarsamente permeabili costituiti da limi e argille, talora spessi e quasi sempre molto estesi, che limitano gli scambi tra i due livelli acquiferi e determinano la presenza di falde semi-confinate e localmente confinate; in linea generale, gli acquiferi più produttivi e di maggiore estensione areale si localizzano nella porzione sommitale e sono quelli attualmente sfruttati dalla maggior parte delle opere di captazione; l'insieme degli acquiferi contenuti in questa unità viene identificato come acquifero tradizionale, anche se nella realtà questo complesso è formato da un sistema multi falda che viene assimilato ad un acquifero monostrato; questa condizione strutturale assume un carattere ancor più marcato nelle aree di bassa pianura dove, in relazione all'affinamento della granulometria dei terreni, l'unità in esame è caratterizzata, da una maggior presenza di livelli limoso-argillosi ai quali si alternano terreni più grossolani, che formano acquiferi con falde semi-confinate o confinate.

• **Litozona sabbioso-argillosa**: formata in prevalenza da argille e limi di colore grigio e giallo, con frequenti alternanze nella colorazione e con presenza di torbe, costituisce generalmente il substrato

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

della falda acquifera tradizionalmente sfruttata; nei livelli sabbiosi o, più raramente, sabbioso-ghiaiosi sono presenti falde confinate, che traggono la loro alimentazione dalle aree poste più a N e dallo scambio con gli acquiferi soprastanti, laddove i setti argillosi di separazione sono discontinui.

• **Litozona argillosa**: formata prevalentemente da argille e limi di colore grigio-azzurro con micro e macro fossili marini, alle quali sono subordinati livelli sabbiosi, talora cementati, generalmente di modesto spessore; queste unità, che si rinvengono nei pozzi per acqua profondi oltre 220-280 m nella media pianura e 130 m nell'alta pianura, vengono attribuite al Pleistocene inferiore (Calabriano).

Le principali variazioni litologiche sono contraddistinte dalla progressiva prevalenza di terreni limoso-argillosi, che si verifica non solo con l'aumento della profondità ma anche procedendo da N verso S.

Gli acquiferi della zona di pianura bergamasca sono stati descritti, da un punto di vista idrogeologico, negli studi di Avanzini et alii, 1999, Beretta, 1986; Casati, 1993; Francani & Lorandi, 1978; Gelati & Martinis, 1982; Goltara, 1960.

In questi studi si distinguono tre complessi acquiferi principali (Figura 76):

•ACQUIFERO TRADIZIONALE: è l'acquifero superiore, costituito dalle unità ghiaioso-sabbiosa, sabbioso-ghiaiosa e conglomeratica, comunemente sfruttato dai pozzi pubblici; la base di tale acquifero è generalmente definita dai depositi Villafranchiani.

•ACQUIFERO PROFONDO: è costituito dai livelli permeabili presenti all'interno dei depositi continentali del Pleistocene inferiore ed è a sua volta suddiviso in quattro corpi acquiferi minori.

•TERZO ACQUIFERO: si tratta di una serie di livelli acquiferi presenti nelle argille marine, solo sporadicamente presente nelle sezioni stratigrafiche.

All'interno del corpo acquifero tradizionale viene comunemente distinto un acquifero freatico superficiale, separato da uno più profondo, tramite lenti poco permeabili (aquitard) di spessore variabile e spesso discontinue. Tale orizzonte semipermeabile può tuttavia essere individuato con una discreta continuità solo nella media e bassa pianura bergamasca, mentre tende ad assottigliarsi e progressivamente a scomparire verso N, nell'alta pianura, e ancora di più nella zona pedecollinare dove in genere gli acquiferi non sono più distinti.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

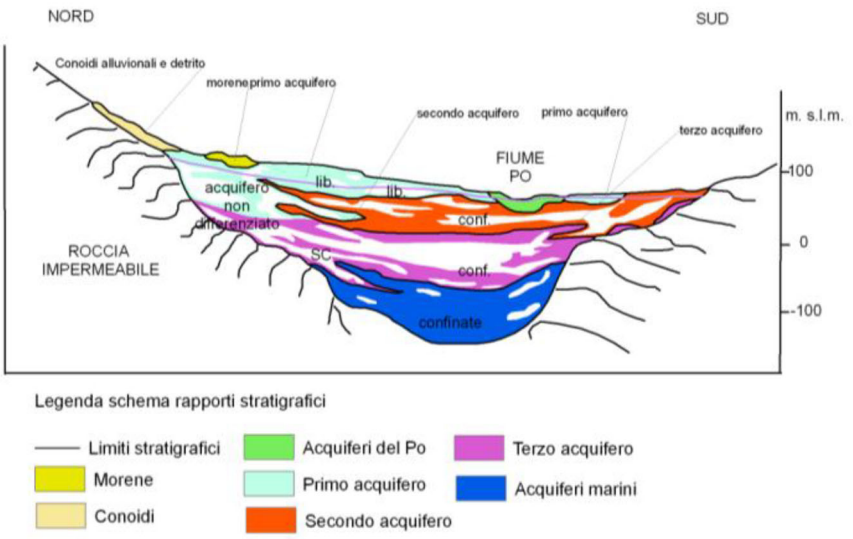


Figura 76: schema idrogeologico della pianura padana.

Nella più recente suddivisione in unità idrostratigrafiche proposta dalla REGIONE LOMBARDIA – ENI (2002) si identificano i seguenti gruppi acquiferi:

- Gruppo Acquifero A: (Olocene – Pleistocene medio); corrisponde alla porzione più superficiale dell'acquifero tradizionale (litozona ghiaioso-sabbiosa), che nell'area di studio si presenta generalmente libero;
- Gruppo Acquifero B: (Pleistocene medio); corrisponde alla porzione di acquifero tradizionale più profondo, generalmente confinato o semi-confinato (litozona sabbioso-ghiaiosa e conglomeratica) nella media e bassa pianura, e tendenzialmente in comunicazione con il precedente nell'alta pianura (A+B);
- Gruppo Acquifero C: (Pleistocene inf. – Pliocene sup?); corrisponde all'acquifero profondo della litozona sabbioso-argillosa (Villafranchiano);
- Gruppo acquifero D: (Pliocene sup.); corrisponde all'acquifero profondo della litozona argillosa.

Il limite tra il Gruppo acquifero B e il Gruppo acquifero C è caratterizzato da una paleosuperficie che suddivide i depositi continentali da quelli lacustro-palustri; tale limite risulta caratterizzato da un andamento a valli e dossi che appaiono individuare paleovalli.

Anche il limite tra il Gruppo acquifero C e il Gruppo acquifero D è caratterizzato da una paleosuperficie che separa i depositi marini più profondi, il cui andamento però è più uniforme e appare fondersi con la precedente procedendo verso E.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Entrambe le paleosuperfici nell'area di studio aumentano di quota sia procedendo verso S che verso E.

5.7.2 LIMITI DEL MODELLO MACRO-REGIONALE

In conformità con il quadro conoscitivo istituzionale vigente, nelle Tavole 7, 8 e 9 si sono riportate le carte della base degli acquiferi, delle isopache e delle aree di ricarica per il territorio di Brusaporto derivate dal Geoportale di Regione Lombardia. Al fine di garantire una continuità cartografica a scala d'area e consentire la visualizzazione delle geometrie del Gruppo B, le cui isolinee risultano confinate esclusivamente in settori planiziali molto distanti a meridione rispetto al territorio comunale, si è adottata una scala di rappresentazione molto più piccola.

Il quadro idrostratigrafico alla base di questa cartografia eredita l'impostazione dello studio "Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia" (Regione Lombardia & ENI Divisione AGIP, 2002), il quale nasce come uno strumento di sintesi a macro-scala, basato sull'interpretazione di linee sismiche petrolifere e pozzi esplorativi profondi situati quasi esclusivamente nel settore di media e bassa pianura. Nonostante l'autorevolezza della fonte originaria, l'estensione geometrica dei complessi idrogeologici profondi (Gruppi B, C e D) all'interno del territorio comunale di Brusaporto costituisce quasi certamente un insieme di artefatti periferici derivanti da vincoli numerici del software di modellazione. Si rileva, infatti, che la linea L_Db ("limite dati superficie di base") viene applicata in modo identico per tutti gli acquiferi profondi; ciò costringe i software di interpolazione a tracciare linee e ipotizzare spessori ben oltre l'effettiva area di disponibilità di informazioni primarie verificate e quindi attendibili.

Procedendo da sud verso nord in direzione della fascia pedecollinare pedemontana, l'algoritmo di modellazione sembra abbia operato una pura estrapolazione geometrica e matematica delle superfici sulla base di punti di controllo molto più meridionali, dove effettivamente veniva riscontrata la presenza dei gruppi profondi. Tuttavia tale modellazione non riesce a tenere in considerazione la presenza del substrato roccioso affiorante nei rilievi collinari, anche al di sotto della piana di Brusaporto. La convergenza e il ripidissimo gradiente verticale delle isobate e delle isopache dei Gruppi C e D (che in pianta passano in poche centinaia di metri da quote di -50 m a -150 m s.l.m., simulando spessori teorici fino a 250 metri nel settore nord-occidentale del comune) configurano un evidente "effetto bordo" del software. La modellazione è stata forzata a schiacciare le unità profonde in prossimità della risalita del substrato roccioso, generando un'ulteriore anomalia: i limiti perimetrali dei complessi più antichi e profondi (Gruppi C e D) risultano estrapolati molto più a nord rispetto alle geometrie del sovrastante Gruppo B.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

La spiegazione trova riscontro diretto nel documento di accompagnamento del progetto ENI-AGIP 2002, nel quale si dice che le linee sismiche a disposizione di Agip, fossero tarate principalmente per esplorazioni e quindi interpretazioni profonde (ricerca petrolifera). Nei primi 100-150 metri dal piano campagna, questo tipo di sismica soffre strutturalmente di una scarsa risoluzione (fenomeno del "mute" superficiale), esibendo nei sismogrammi una fascia sommitale priva di riflettori continui definibili. Poiché la base dell'Acquifero B costituisce l'orizzonte geometricamente più elevato e prossimo alla superficie, essa ricadeva interamente in questa fascia poco definita; ciò spiega perché la base del Gruppo B si interrompa molto più a sud rispetto ai Gruppi C e D, i quali, essendo radicati a profondità maggiori, mostravano riflettori più nitidi e interpretabili. In ogni caso, i progettisti del modello regionale non avevano a disposizione, almeno per il territorio di Brusaporto, pozzi profondi di taratura.

La ricostruzione si è dovuta basare esclusivamente sui pozzi situati più a sud (es. Bagnatica, Seriate, Gorlago, Ghisalba). Sono stati questi specifici punti di controllo a fornire i dati stratigrafici di taratura che i software di interpolazione hanno poi proiettato verso nord, generando gli artefatti geometrici e gli spessori virtuali precedentemente descritti.

Davanti a un quadro regionale non verificabile in situ, assumono pertanto valore prioritario ed esclusivo le evidenze stratigrafiche dirette e locali dei pozzi esaminati nel presente studio.

A scala locale, la ricostruzione dell'assetto reale sconta una cronica carenza di dati verticali profondi, dovuta al fatto che i pozzi censiti sul territorio comunale si arrestano sistematicamente ai primi metri di spessore saturo per ottimizzare economicamente la perforazione non appena intercettata la risorsa idrica. Tuttavia, il confronto spaziale tra i punti di captazione e i dati dei pozzi profondi situati nel limitrofo territorio di Bagnatica (es. pozzo potabile di Ghisalba, profondo 100 m p.c.) fornisce informazioni utili alla ricostruzione del bacino idrogeologico.

Nel pozzo di Ghisalba, la struttura profonda ISP caratterizzata da alternanze di argille gialle e conglomerati fessurati è ben evidente, (cfr. Figura 77) e compare con i suoi caratteri più tipici (alternanza di livelli di argille gialle, conglomerati e argille cenere, a partire dai 75metri. Il pozzo in questione si colloca approssimativamente ad una distanza dal rilievo collinare del M. Tomenone di oltre 500 metri in più, rispetto al confine meridionale di Brusaporto; ciò fa ritenere che quest'ultimo possa collocarsi nella fascia dove avviene la transizione (chiusura laterale o pinch-out) tra il prisma sedimentario profondo e la rampa del bedrock pre-quaternario.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Risalendo verso nord entro i confini comunali, la contrazione geometrica della successione provoca il rapido azzeramento e la scomparsa fisica dei complessi profondi B, C e D. Tale evidenza è supportata dai dati reali dei pozzi ad uso irriguo dei campi sportivi parrocchiale e comunale, i quali intercettano direttamente il substrato roccioso marnoso-arenaceo a profondità rispettivamente di 90 e 58 metri dal piano campagna.

Si conclude pertanto che, nell'ambito locale di Brusaporto, i complessi profondi B, C e D siano fisicamente assenti o privi di connotazione idraulica funzionale. Il modello concettuale reale del sottosuolo è caratterizzato da un unico acquifero freatico superficiale (Gruppo A), costituito da ghiaie e sabbie ad alta permeabilità, poggiante direttamente in discordanza sul substrato roccioso impermeabile o, al più, su una successione basale argillosa villafranchiana estremamente ridotta e priva di proprietà idrauliche.

La probabile assenza dei gruppi acquiferi profondi nel territorio comunale, pone dei dubbi anche sulla perimetrazione delle “Aree di ricarica degli acquiferi". Proprio per tale considerazione in Tavola 9, si è riportata la sola area di ricarica del gruppo acquifero A, l’unico certamente presente nel sottosuolo comunale. Le ricostruzioni delle aree di ricarica per gli acquiferi profondi infatti, devono considerarsi in ambito comunale, una ricostruzione ipotetica da verificare sulla base della disponibilità di nuovi dati.

Una ulteriore problematica del modello macro regionale, emerge in modo macroscopico anche lungo l'asta del Fiume Serio (principale asse idrografico del settore). La cartografia delle aree di ricarica e protezione degli acquiferi, associa a questa fascia fluviale una Capacità di Protezione della successione stratigrafica (CAP_prot) marcatamente "Bassa", giustificata dall'assenza di coperture limoso-argillose e dalla natura ciottolosa dei depositi insaturi. Tuttavia, a questa medesima area viene paradossalmente attribuita una potenzialità di ricarica dell'acquifero superficiale (CAP) classificata come "Bassa". Tale palese contraddizione fisica deriva dal fatto che gli algoritmi originari, di natura agronomica e sviluppati da ERSAF, hanno calcolato la ricarica basandosi sul solo surplus idrico climatico (precipitazione al netto dell'evapotraspirazione e deflusso superficiale), ignorando completamente la ricarica diretta per dispersione idrica del corpo idrico superficiale. In realtà il materasso alluvionale sul quale scorre il F. Serio costituisce una zona di ricarica degli acquiferi molto importante in quanto si caratterizza per una elevata permeabilità.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Portata media (l/s)	Potenza media (kW)	Uso
30	0	Potabile

Concessionario	Domicilio	Comune	Prov.
AQUALIS S.P.A.	VIA MALPAGA 22	GHISALBA	BG

n. colonna	Profondità (m dal p.c.)	Diametro (cm)	n. filtri	Profondità inizio primo filtro (m)	Profondità fine ultimo filtro (m)
1	100	35	1	75,3	93,6
2	100	35	1	75,3	93,6

N. livello	Inizio livello (cm)	Spessore livello (cm)	Descrizione
1		1100	Ghiaia e sabbia
2	1100	1200	Ghiaia compatta
3	2300	3500	Conglomerato compatto duro
4	5800	600	Conglomerato fessurato
5	6400	300	Conglomerato compatto
6	6700	300	Conglomerato fessurato
7	7000	100	Argilla gialla
8	7100	400	Conglomerato fessurato
9	7500	200	Argilla gialla compatta
10	7700	500	Ghiaia con conglomerato
11	8200	300	Argilla compatta gialla
12	8500	600	Conglomerato con ghiaia
13	9100	500	Argilla gialla
14	9600	300	Conglomerato
15	9900	100	Argilla cenere

Figura 77: stratigrafia del pozzo ad uso idropotabile Aqualis, in comune di Ghisalba

5.7.3 IL PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE – PTUA 2025

5.7.3.1 *LE IDROSTRUTTURE DELL'ALTA PIANURA LOMBARDA*

Secondo il Piano di Tutela delle Acque (PTUA 2025) di Regione Lombardia, sotto il profilo di inquadramento macro-geologico, il territorio comunale di Brusaporto risulta formalmente inserito all'interno delle perimetrazioni di due distinte idrostrutture: l'Idrostruttura Sotterranea Superficiale (ISS) e l'Idrostruttura Sotterranea Profonda (ISP). Tuttavia, la semplice trasposizione di questa duplice classificazione sul piano reale e fisico, presenta per il territorio comunale delle possibili incongruenze. Per l'idrostruttura Sotterranea Superficiale (ISS), non vi è alcun dubbio interpretativo circa la sua reale presenza nel sottosuolo di Brusaporto, dato che costituisce il corpo idrico di elezione per l'intero comparto dell'alta pianura bergamasca e in particolare del cosiddetto "Ventaglio alluvionale del Fiume Serio". Dal punto di vista litologico, l'ISS si sviluppa attraverso i depositi

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

fluvioglaciali quaternari grossolani (ghiaie e sabbie altamente permeabili per porosità) e soprattutto all'interno di una unità conglomeratica in facies "Ceppo", che garantiscono spessori saturi continui e un'elevata produttività idraulica. È proprio all'interno di questa idrostruttura che si concentrano storicamente le captazioni, i pozzi privati e le dinamiche di ricarica dirette derivanti sia dalle fluttuazioni idrologiche del Fiume Serio, sia dalle perdite della rete irrigua minore e dalle precipitazioni meteoriche. La continuità fisica e il comportamento idraulico di tipo prevalentemente libero di questa falda sono ampiamente documentati dai dati di campagna e dalla letteratura geologica locale.

Per quanto concerne l'idrostruttura Sotterranea Profonda (ISP), il cui limite settentrionale è posto convenzionalmente al confine settentrionale delle idrostrutture di pianura, si possono fare le seguenti considerazioni. Nelle porzioni di pianura aperta poste più a meridione, l'ISP costituisce un corpo idrico ben conosciuto, protetto e confinato (o semiconfinato), i cui spessori raggiungono e superano diffusamente i 100 metri d'altezza nella fascia pedecollinare e dell'alta pianura indifferenziata. Tuttavia, l'estensione geometrica continua di questo livello al territorio di Brusaporto, non è ancora stata accertata compiutamente, per la totale assenza di pozzi sufficientemente profondi. Inoltre si evidenzia che il territorio di Brusaporto, è interessato dall'affioramento verso Nord dei rilievi del Monte Tomenone e del Collina di Comonte. Tali rilievi proseguono nel sottosuolo al di sotto della coltre alluvionale e in due punti, presso i pozzi dei campi sportivi (comunale di Brusaporto e Parrocchia Santa Maria) che interessano la fascia mediana del territorio comunale, è stato possibile individuare la transizione diretta tra l'ISS e il substrato roccioso rispettivamente alle profondità di 58 e 90 metri. Per quanto riguarda invece i due pozzi più distali dai rilievi, (Pozzi cava Milesi) dei quali uno dismesso, per nessuno dei due è disponibile la relativa stratigrafia e solo di un pozzo è nota la profondità di scavo di 77 metri. In ogni caso la rilevante produttività di entrambi (9 e 15 l/s) fa ritenere che captino le acque dell'acquifero più produttivo superficiale (Acquiferi A+B non separabili).

La conferma della presenza dell'ISP in territorio di Brusaporto potrebbe essere ottenuta solo da pozzi profondi che intercettino i depositi plio-pleistocenici Villafranchiani, che sono la sede di elezione dell'ISP. Ovviamente sarebbero necessari approfondimenti specifici in quanto le descrizioni delle stratigrafie non sempre sono così accurate da consentire una identificazione certa dei terreni attraversati. Nelle Figura 78 è riportata una sezione idrogeologica W-E tratta dal PTUA 2025 che passa immediatamente a Nord del territorio comunale. Come si può notare l'ISS poggia direttamente sul substrato Cretacico.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

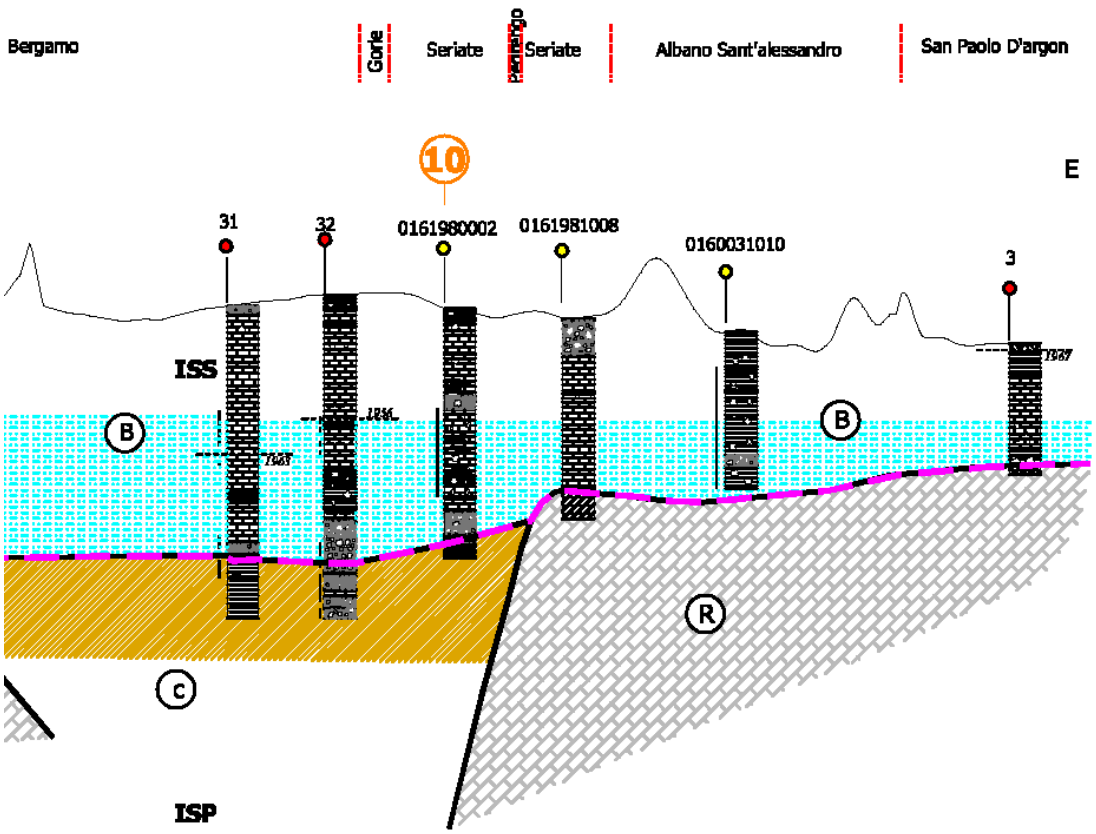


Figura 78: Sezione 1 Adda Oglio PTUA 2025

Nelle Figura 78 è riportata invece una sezione idrogeologica che passa poco a Sud del territorio comunale. Come si può notare in questo caso è riconoscibile l'ISP al di sotto dell'ISS.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

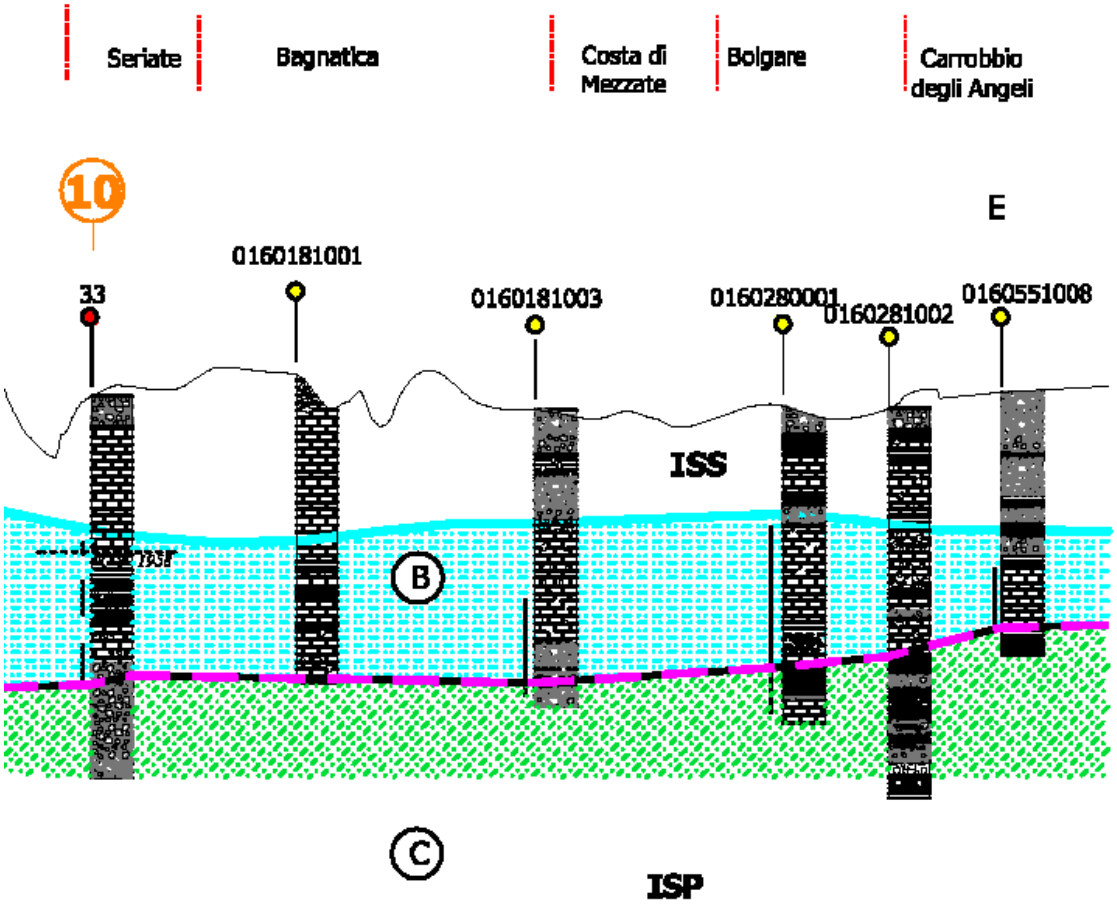


Figura 79: Sezione 2 Adda Oglio PTUA 2025

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

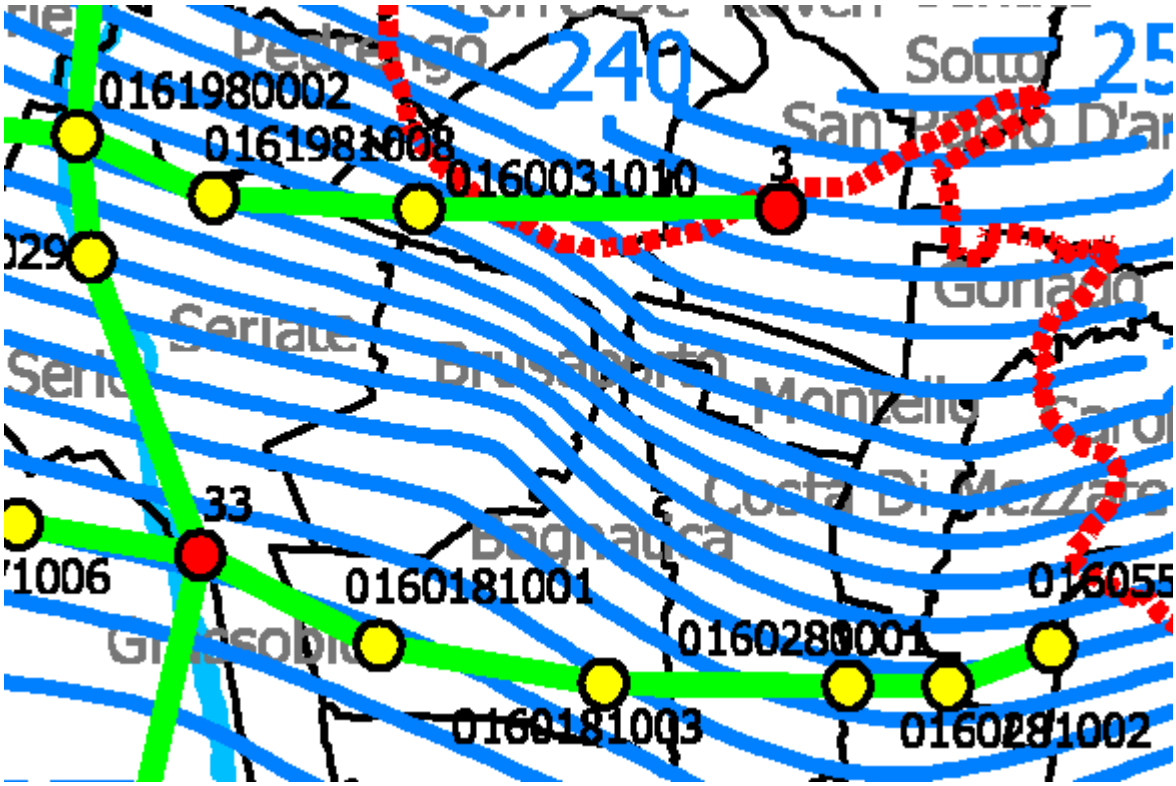


Figura 80: tracce delle sezioni riportate

In sintesi i dati disponibili al momento non consentono di riferire il sottosuolo di Brusaporto alla situazione illustrata nella sezione 1 o alla situazione 2. E' anzi del tutto possibile che procedendo da Nord verso Sud, si passi dall'una all'altra.

5.7.3.2 *LO STATO DI QUALITÀ CHIMICO-AMBIENTALE DELLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI (PTUA 2025)*

Il quadro della qualità chimica e dei trend evolutivi del territorio di Brusaporto deve essere analizzato incrociando i dati di monitoraggio dello stato attuale con gli scenari di previsione a lungo termine stabiliti dal Piano di Tutela delle Acque (PTUA 2025). Il comparto idrico locale si trova al centro di un delicato equilibrio: se da un lato il territorio è escluso dai vincoli normativi delle Zone Vulnerabili dai Nitrati (ZVN), dall'altro risente degli effetti di una contaminazione diffusa che interessa sia la falda libera superficiale, sia l'asta del Fiume Serio.

Nell'ambito delle valutazioni del PTUA 2025, l'Idrostruttura Sotterranea Superficiale (ISS) della macro-cella d'alta pianura in cui ricade Brusaporto è classificata ufficialmente con uno Stato Chimico "Scadente". Questa attribuzione non deriva da fenomeni acuti e localizzati, bensì da pressioni antropiche diffuse, di matrice sia agronomica che industriale, storicamente stratificate nel bacino idrogeologico pedemontano. Per quanto concerne i macroinquinanti (Nitrati), sebbene Brusaporto

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

non rientri nell'elenco ufficiale delle Zone Vulneabili ai Nitrati ZVN (cfr. Tavola 11B del PTUA 2025 e Allegato 5 delle delibere di approvazione del Programma d'Azione Nitrati 2024–2027 di Regione Lombardia (D.G.R. n. XII/4149/2025 e D.G.R. n. XII/4284 del 30 aprile 2025), in relazione agli indici statistici di carico zootecnico comunale inferiori alle soglie di allarme macro-scala, la falda dell'ISS mostra concentrazioni diffuse di nitrati che fluttuano a ridosso o superano episodicamente la soglia di guardia dei 50 mg/l. La vulnerabilità intrinseca del mezzo poroso (ghiaie e Ceppo subaffioranti) facilita la rapida migrazione dell'azoto minerale di origine agricola e civile verso il livello saturo, compromettendo nel lungo periodo la qualità della prima falda. Accanto alla problematica agricola, il PTUA evidenzia la persistenza storica di composti organo-alogenati (principalmente Tetracloroetilene e Tricloroetilene). Si tratta di contaminazioni storiche legate ai distretti artigianali e industriali dislocati lungo l'hinterland bergamasco e la valle del Serio. I relativi pennacchi di dispersione seguono le direttrici di flusso principali (Nord-Sud e NNE-SSO), intercettando il sottosuolo di Brusaporto e determinando lo stato "scadente" della risorsa superficiale. L'analisi qualitativa della falda ISS non può prescindere dallo stato chimico-ecologico del Fiume Serio, che lambisce il settore occidentale della cella idrogeologica. Il PTUA 2025 definisce per il corpo idrico superficiale del Serio uno Stato Ecologico "Sufficiente" ma uno Stato Chimico "Non Buono", penalizzato dalla presenza di microinquinanti industriali e metalli pesanti legati al forte carico antropico della media Val Seriana. Poiché il F. Serio scorre ad una quota sensibilmente superiore a quella delle falde sotterranee, esso si comporta in questo tratto come un corso d'acqua fortemente disperdente. Questa dinamica idrologica comporta un trasferimento diretto alla falda sotterranea non solo di volumi idrici, ma anche del carico inquinante: le acque fluviali qualitativamente degradate si infiltrano nel materasso alluvionale ghiaioso, alimentando la cuspide idraulica del "ventaglio del Serio" e trasferendo i contaminanti superficiali direttamente all'interno dell'ISS di Brusaporto. Contribuiscono alla degradazione della qualità dell'idrostruttura sotterranea in maniera indiretta, anche i prelievi idrici delle acque del Fiume Serio, da parte delle rogge del consorzio di Bonifica per scopi irrigui, anche in territorio comunale. Il fiume agisce quindi come una sorgente di pressione lineare continua che contribuisce a mantenere depresso lo stato qualitativo della falda libera.

I modelli previsionali e i documenti del Rapporto Ambientale del PTUA 2025 affrontano il trend evolutivo di questa porzione di pianura con estremo realismo, ammettendo che non è ipotizzabile un'inversione di tendenza o un raggiungimento dello stato "Buono" nel breve periodo. I tempi di rinnovo idraulico del sistema e la persistenza dei solventi clorurati nel sottosuolo impongono scenari di stabilizzazione molto lenti. Di conseguenza, il PTUA 2025 fissa gli obiettivi di qualità all'orizzonte

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

temporale del 2033, prevedendo una graduale inversione del trend grazie all'applicazione combinata di due strumenti normativi:

L'effetto del Vincolo di Riserva Idrica (Tavola 11A, PTUA 2025): L'inclusione di Brusaporto nelle aree di riserva (cfr. Figura 81) attiva l'applicazione dell'Articolo 18 delle Norme Tecniche di Attuazione. Questo comporta un potenziamento dei controlli e dei limiti allo scarico per le attività produttive locali, finalizzato a tutelare l'ISS da nuove pressioni chimiche.

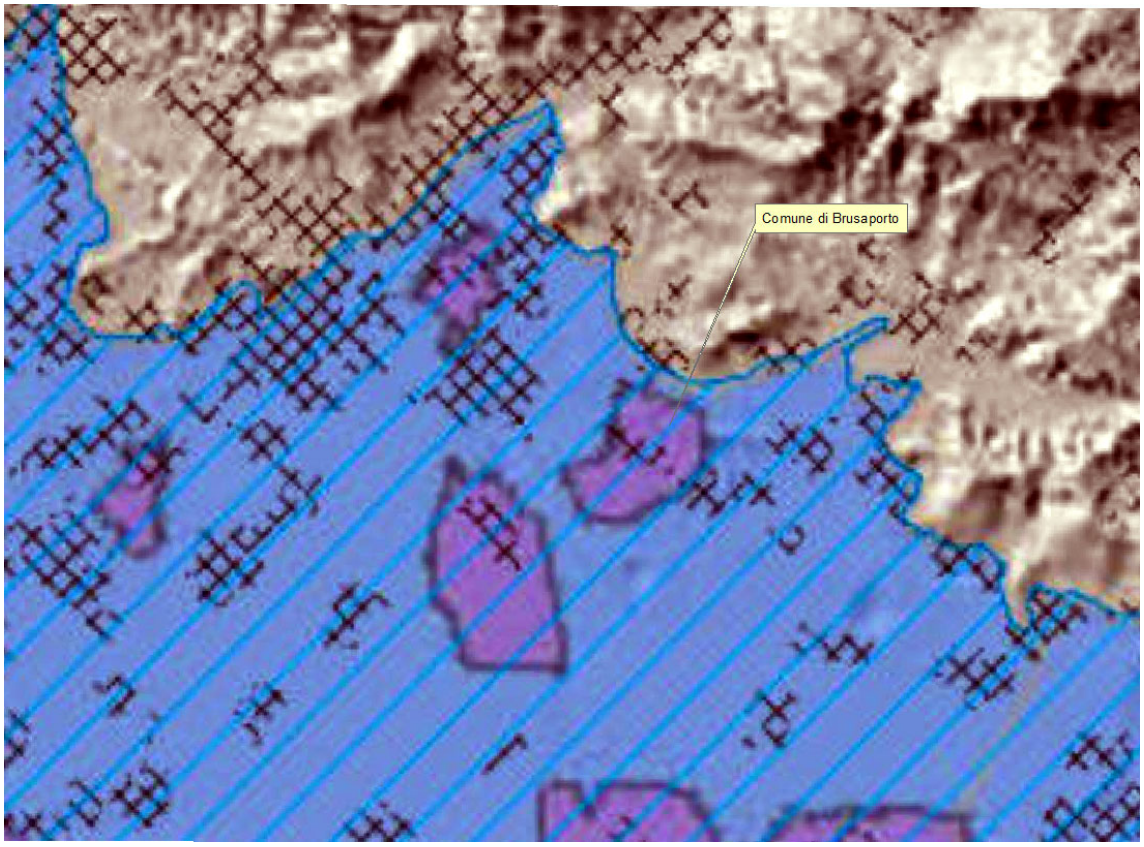


Figura 81: estratto della tavola 11A del PTUA, (in violetto i comuni inseriti nelle aree di riserva)

Piani di Risanamento Locali: Anche in assenza dei divieti automatici delle ZVN, il trend di riduzione dei nitrati viene affidato ai programmi di adozione delle buone pratiche agricole e alla progressiva estensione delle reti fognarie nei settori rurali (riduzione delle perdite civili).

In sintesi, lo stato di previsione del PTUA configura per il sottosuolo di Brusaporto uno scenario di "transizione protetta": la qualità attuale resta chimicamente compromessa ("scadente"), ma l'imposizione dei vincoli di riserva strategica mira a bloccare il degrado progressivo, ponendo le basi per un risanamento geometrico i cui effetti reali sul chimismo della falda saranno apprezzabili solo nel prossimo decennio.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

5.7.4 STRUTTURA IDROGEOLOGICA LOCALE

La struttura idrogeologica locale ricalca, pur con qualche differenza, la struttura idrogeologica alla macroscala, quanto meno per quanto riguarda l'acquifero tradizionale più superficiale. Essa è condizionata dalla presenza dei rilievi collinari del Monte Tomenone a Nord del territorio comunale, rappresentati da una successione stratigrafica di età cretacica superiore che presenza caratteri di sostanziale impermeabilità ed è pertanto priva di una falda continua. Questi rilievi collinari, proseguono nel sottosuolo approfondendosi progressivamente e lasciando spazio ad una fascia di depositi colluviali di versante, che possono essere sede di piccole faldine sospese, alimentate dalle acque meteoriche raccolte dai bacini più estesi e morfologicamente definiti.

A coronamento della fase conoscitiva e per facilitare la comprensione dei reali rapporti spaziali e idraulici che governano il sottosuolo, è stata elaborata una sezione idrogeologica concettuale (Figura 82) orientata lungo un transetto NE (M.te Tomenone) a SW (piana del Serio). Il profilo illustra l'assetto geometrico concettuale delle principali litozone presenti nel sottosuolo di Brusaporto e nei territori limitrofi, intercorrenti tra l'edificio collinare del M. Tomenone e i depositi della pianura tardo-würmiana.

Trattandosi di uno schema interpretativo finalizzato alla resa dei rapporti idrostratigrafici, i rapporti di scala sono del tutto fittizi e sono stati opportunamente adattati per consentire di rappresentare al meglio le relazioni verticali ed orizzontali tra le diverse componenti geologiche, altrimenti difficilmente apprezzabili alla scala reale.

Si evidenzia che lo schema in questione, costituisce una interpretazione semplificata della reale complessità della struttura stratigrafica ed idrogeologica locale. Le litozone descritte non presentano quindi contatti netti, ma sono caratterizzate da frequenti eteropie di facies e intercalazioni litologiche locali, dettagliate nei paragrafi seguenti. Si evidenzia inoltre che la parte profonda della successione è solamente presunta, mancando pozzi sufficientemente profondi.

Il modello concettuale sintetizza ed evidenzia i seguenti aspetti locali:

- **Geometria dell'acquifero superficiale e della falda:** Si è evidenziata l'intercettazione della falda idrica freatica (Gruppo A) all'interno dei depositi macroclastici altamente permeabili della litozona ghiaioso-sabbiosa, in corrispondenza del pozzo reale del campo sportivo comunale. Procedendo in direzione della pianura aperta (verso SW), lo schema illustra il progressivo approfondimento geometrico della tavola d'acqua rispetto al piano campagna e la

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

contestuale comparsa della litozona conglomeratica (riferibile al Ceppo), la quale costituisce la sede dell'acquifero tradizionale dell'alta pianura lombarda.

- **Contatto con il bedrock pre-quaternario:** Lo schema evidenzia la presenza precoce del substrato roccioso cretacico (Flysch di Bergamo), intercettato direttamente dai pozzi locali a profondità modeste (fino a 58 metri dal piano campagna nell'area del campo sportivo). Il bedrock impermeabile rappresenta il vero limite inferiore geometrico e idraulico del sistema freatico locale di Brusaporto.
- **Chiusura laterale dei complessi profondi:** Coerentemente con le analisi geofisiche e i dati dei pozzi di aperta pianura discussi in precedenza, la sezione mostra la transizione laterale del bacino pedemontano. Si è evidenziata visivamente la chiusura laterale (*pinch-out*) e l'azzeramento geometrico dei complessi profondi (Gruppi B, C e D) man mano che ci si avvicina alla porzione sepolta del rilievo collinare.

Nella Tavola 11A si è riportato il quadro delle conoscenze pregresse sull'assetto idrogeologico del Comune di Brusaporto, come desumibile dalla documentazione della componente geologica del P.G.T. previgente (1997 - Autore: Dott. Geol. Carlo Pedrali). Per la porzione di pianura a valle del centro abitato, l'andamento isopiezometrico ricostruito risulta coerente con i dati più recenti disponibili sul Geoportale della Lombardia (campagna di rilevamento del 2014).

Al contrario, nella fascia più prossima al rilievo collinare, l'acquifero principale si attesta a una profondità nettamente maggiore rispetto a quanto ipotizzato nel 1997. Tale discrepanza è legata al fatto che la precedente ricostruzione non poteva disporre del dato stratigrafico e piezometrico del pozzo del campo sportivo comunale, perforato dallo scrivente in epoca successiva.

Il documento viene integralmente mantenuto quale fondamentale riferimento storico per l'area vasta esterna al confine comunale, anche in virtù del fatto che di alcune opere idriche censite all'epoca si è probabilmente persa traccia (es. Pozzo ex discoteca XX secolo), non risultando queste più reperibili nelle attuali banche dati della Provincia di Bergamo.

Nella Tavola 11B, si sono riportate le sezioni idrogeostratigrafiche desumibili sia dai dati di letteratura (in particolare il PTUA 2025) sia la ricostruzione del modello concettuale idrostratigrafico per il territorio di Brusaporto.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

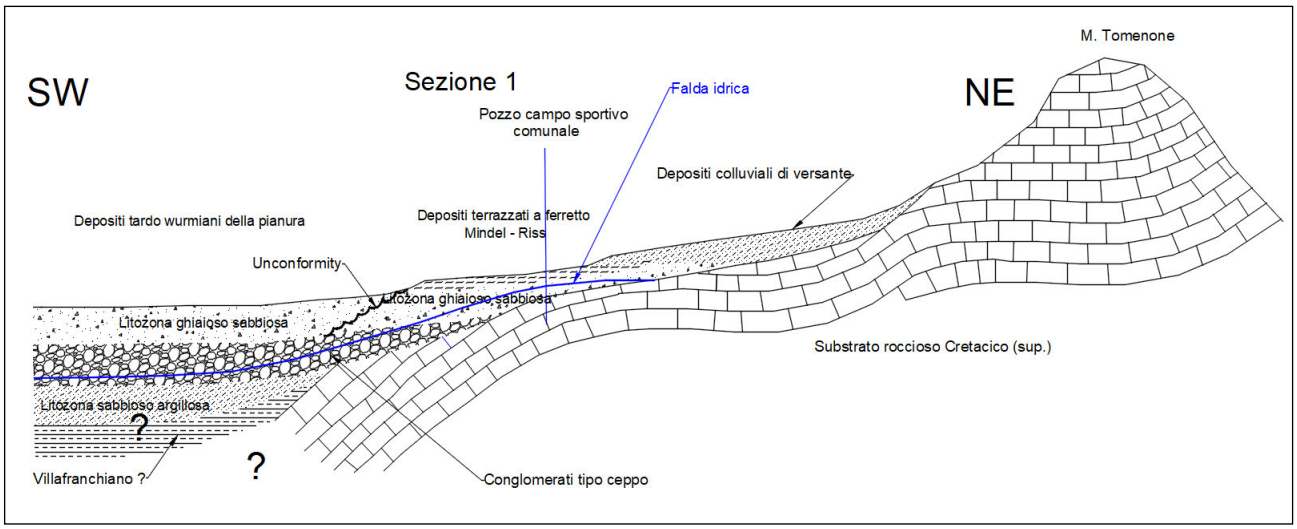


Figura 82: schema semplificato delle unità stratigrafiche/idrogeologiche riconoscibili nel territorio comunale

Gli acquiferi più importanti che interessano la zona di studio sono riferibili alle seguenti unità idrogeologiche:

a) Unità ghiaiosa sabbiosa:

E' costituita da depositi prevalentemente sciolti in cui spiccano ghiaie poligeniche anche grossolane e sabbie con intercalazioni di sottili livelli limoso-argillosi. Questa unità, mentre è affiorante nella parte sud occidentale del territorio comunale, nella zona pedecollinare può essere mascherata dalle coltri colluviali di versante. Essa comprende sia i depositi tardo wurmiani della pianura che la zona più profonda e meno alterata delle alluvioni del Mindel-Riss.

La permeabilità di tali depositi è in genere piuttosto elevata, favorendo la ricarica della falda ad opera delle acque d'infiltrazione; parallelamente risulta elevata anche la capacità d'infiltrazione delle sostanze inquinanti.

Tale unità ospita. insieme alla porzione più superficiale della litozona conglomeratica sottostante, l'acquifero principale nella forma di una falda di tipo libero dotata di una buona potenzialità idrica. Lo spessore nel territorio comunale si colloca intorno ai 30 metri.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

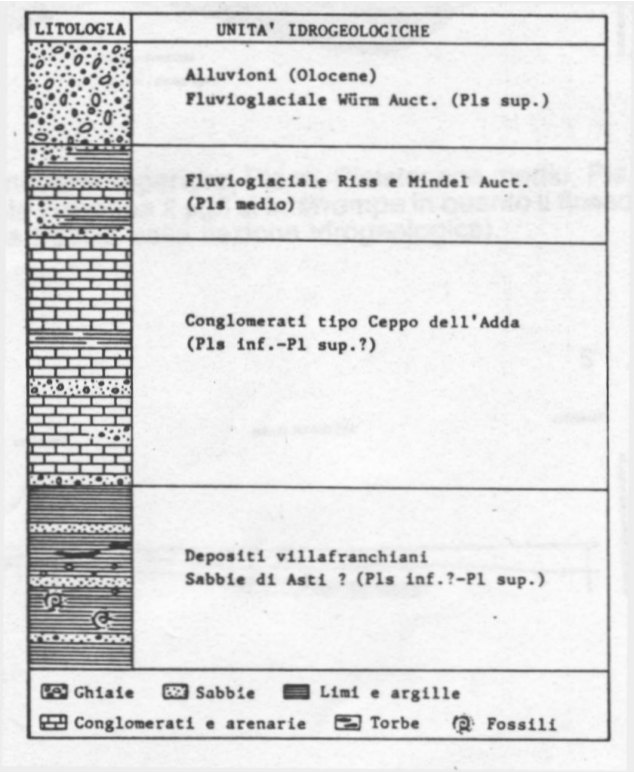


Figura 83: serie idrogeologica tipo della pianura bergamasca, riconoscibile anche nel territorio di Brusaporto

b) Unità ghiaioso-conglomeratica (Ceppo s.l.):

E' costituita da bancate metriche di conglomerati poligenici ben cementati alternate, a livelli di ghiaie anche grossolane con sabbie talora cementate. Possono essere presenti anche intercalazioni argillose che tendono a separare gli acquiferi più superficiali da quelli più profondi. Quando presente, questo livello argilloso permette di suddividere l'unità ghiaioso-conglomeratica in due sottozone, una superiore che ospita l'acquifero superficiale, ed una inferiore, che ospita gli acquiferi più profondi, separati da quelli superficiali e dotati di una certa risalienza. Nel territorio di Brusaporto questi livelli impermeabili mancano in genere di continuità laterale, pertanto la separazione tra acquifero superficiale e profondo tende a venire meno. L'unica situazione che si caratterizza per la presenza di una falda in pressione in territorio comunale è quella del pozzo del condominio "Le Querce", profondo 80 metri, caratterizzato da una successione impermeabile da P.C. fino a 70 metri e da un unico orizzonte acquifero tra i 70 e gli 80 metri. Il livello statico di questo pozzo è di 30 m mentre quello dinamico, con una portata di 5 litri al secondo, è di 45 m. Come si può notare entrambi i livelli sono ad una quota ben superiore a quella dell'acquifero.

La cementazione carbonatica dei conglomerati è diffusa e mostra una distribuzione irregolare. La disomogenea distribuzione della cementazione, unita alla presenza di superfici di discontinuità, determina un comportamento idrogeologico estremamente variabile; la circolazione idrica sotterranea

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

infatti, si sviluppa lungo vie preferenziali in modo simile a quanto si verifica per i circuiti carsici, favorendo così gli scambi tra acque che circolano nei diversi livelli acquiferi.

Mentre la parte superiore di questa unità è prevalentemente conglomeratica, quella inferiore è tendenzialmente più eterogenea con alternanze di livelli ghiaioso sabbiosi, argille e conglomerati. Sulla base dei riscontri dei sondaggi per pozzi, anche limitrofi, nel territorio di Brusaporto quest'unità ha realisticamente uno spessore massimo di 70-80 metri.

c) **Substrato impermeabile:** la scarsità di sondaggi nel territorio di Brusaporto non consente di individuare una estesa presenza della serie villafranchiana nel sottosuolo comunale. L'unica possibile evidenza in tal senso, ancorchè non accertata, è rappresentata dalla stratigrafia del pozzo della Parrocchia Santa Maria. Questo pozzo, profondo 160 metri, ha individuato infatti un orizzonte di 5 metri di argille cineree (il tipico colore delle argille villafranchiane) tra gli 85 e i 90 metri dal P.C., poco prima di incontrare il substrato cretacico. Sfortunatamente questo pozzo non riporta i dati stratigrafici tra 0 e 68 metri. D'altra parte il pozzo realizzato presso il campo sportivo comunale dallo scrivente ha incontrato il passaggio diretto tra la facies ghiaioso sabbiosa acquifera e il sottostante substrato roccioso impermeabile, alla profondità di 58 metri, senza interposizione di una sequenza argillosa. E' quindi probabile che l'eventuale serie villafranchiana che costituisce l'aquiclude che fa da base agli acquiferi sovrastanti, sia alquanto ridotta e discontinua. Anche in sua assenza l'aquiclude è comunque rappresentato dal substrato cretacico superiore impermeabile.

5.7.5 PIEZOMETRIE

La definizione geometrica dell'andamento delle superfici isofreatiche nel territorio comunale di Brusaporto si scontra con oggettive limitazioni di ordine sia logistico sia strutturale, legate alla natura della rete di monitoraggio esistente e alla fisica stessa dei punti di campionamento.

Nel territorio di pertinenza comunale si riscontra una presenza estremamente esigua di pozzi, nessuno dei quali è attualmente destinato all'uso idropotabile. Questa distribuzione puntuale risulta fortemente rarefatta e disomogenea, al punto da non consentire, se considerata singolarmente, l'elaborazione di una ricostruzione piezometrica di dettaglio che sia idraulicamente affidabile su scala locale. Per colmare tale deficit informativo ed evitare macroscopici errori di bordo nell'interpolazione, si rende geometricamente indispensabile estendere il quadro conoscitivo, acquisendo e integrando i dati storici e logistici provenienti dai pozzi ubicati nei comuni immediatamente circostanti (quali Seriate, Bagnatica e Albano Sant'Alessandro).

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Un ulteriore e severo limite è rappresentato dalla difficoltà intrinseca nel reperire dati di prima mano aggiornati e realmente rappresentativi della testa freatica indisturbata. La corretta misurazione del livello statico di un acquifero richiede necessariamente la sospensione prolungata di qualsiasi operazione di pompaggio per un arco temporale compreso tra le 24 e le 48 ore, al fine di consentire l'annullamento del cono di depressione indotto dall'emungimento e il completo riequilibrio idraulico della falda. Nello scenario dei pozzi privati, industriali o agricoli attivi sul territorio, tale fermo operativo risulta praticamente impossibile da ottenere per ovvie ragioni produttive, salvo in concomitanza di rare e non programmabili operazioni di manutenzione straordinaria delle apparecchiature di sollevamento. Di conseguenza, le misurazioni estemporanee eseguite in corso d'opera risentono quasi sempre di transienti dinamici che falsano la reale quota s.l.m. della falda.

A riprova della complessità tecnologica e dei costi legati a campagne di misura sincronizzate e statiche, le cartografie ufficiali di riferimento pubblicate sul Geoportale della Lombardia si appoggiano ancora oggi sulle storiche campagne di monitoraggio eseguite nel lontano 2014.

Tali elaborazioni (sviluppate per i mesi di maggio e settembre, sia per l'acquifero superficiale che per quello profondo) soffrono dei medesimi limiti di scala, in quanto si basano su una rete di monitoraggio che conta 365 punti di misura (pozzi e piezometri) distribuiti su circa 23.000 km² di territorio regionale.

In media esiste un piezometro ogni 60-70 km², ma i punti si concentrano quasi esclusivamente nel settore di pianura indifferenziata.

Nella provincia di Bergamo è collocato il 7% delle stazioni totali della rete quantitativa (circa 25-26 piezometri attivi su tutto il territorio provinciale).

Le curve isofreatiche prodotte quindi, sono in grado di ricostruire il trend e le direttrici di flusso solo a scala regionale, e non possono evidentemente cogliere gli andamenti locali.

Il limite più evidente di tale approccio (legato ad algoritmi di interpolazione) è riscontrabile nel settore settentrionale del comune, dove le curve piezometriche tagliano linearmente i rilievi collinari del Monte Tomenone e del Colle di Comonte come se le formazioni rocciose non esistessero, ignorando il loro reale comportamento di barriera idraulica impermeabile.

L'ultima problematica rilevante riguarda la differenziazione e l'attribuzione delle isofreatiche al livello superficiale (ISS) o profondo (ISP) derivante dai processi di calcolo automatico. Nella porzione più meridionale del territorio di Brusaporto, i modelli regionali generano geometrie in cui le curve attribuite all'idrostruttura profonda e quelle assegnate alla superficie mostrano differenze di

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

quota di pochissimi metri. Questa convergenza quasi geometrica è la chiara spia della estrapolazione delle informazioni anche a zone molto distanti dai pozzi considerati, spesso in contesti geologici non confrontabili: l'algoritmo quindi tratta come corpi idrici separati e sovrapposti quelle che in realtà sono misurazioni effettuate all'interno di un'unica idrostruttura indifferenziata a comportamento libero o semiconfinato, introducendo gradienti verticali fittizi privi di un reale significato idrogeologico.

In Tavola 10 si son riportate le curve iso piezometriche delle due campagne di rilievo realizzate negli anni 2014 (aprile/maggio corrispondenti ai minimi annuali e settembre corrispondenti ai valori massimi) relative sia all'acquifero superficiale che "profondo" anche se sulla base delle informazioni disponibili quest'ultimo non sembra identificabile in comune di Brusaporto.

I massimi della piezometrica (settembre), indicano uno sfasamento di alcuni mesi rispetto a quello delle precipitazioni.

In sintesi per l'acquifero più superficiale (freatico) i rilievi evidenziano una quota massima variabile dai 215 m slm all'estremità settentrionale del territorio ai 184 m slm in corrispondenza di quella meridionale. L'andamento delle isopiezometriche, sostanzialmente con direttrici di Flusso NNE-SSO presenta un gradiente dello 1,24%

Il confronto cartografico tra le campagne piezometriche regionali evidenzia una vistosa traslazione planimetrica verso sud (di oltre 230 metri lineari) delle isolinee di pari quota nel passaggio dal mese di maggio al mese di settembre. Tale spostamento attesta che i livelli idraulici massimi della falda si registrano alla fine dell'estate e non durante la morbida primaverile. Il comportamento è governato dal fenomeno idrogeologico dello sfasamento temporale (time lag), indotto dai rilevanti spessori insaturi (soggiacenze prossime ai 50-60 metri) che caratterizzano l'alta pianura indifferenziata di Brusaporto. Gli importanti volumi idrici infiltrati a scala di bacino durante la primavera (ricarica da precipitazioni, scioglimento delle nevi in quota e attivazione delle rogge derivate dal Fiume Serio) impiegano diversi mesi per attraversare la coltre insatura grossolana e raggiungere la superficie satura dell'acquifero. Di conseguenza, l'onda di ricarica idraulica si manifesta in falda con effetto differito, determinando a settembre il massimo sollevamento volumetrico annuale della superficie piezometrica e la conseguente spinta delle curve di livello verso sud lungo il gradiente.

Applicando il gradiente idraulico medio calcolato per l'acquifero nell'area di studio, pari a 0,0124 (1,24%), è possibile quantificare incremento altimetrico (espressa in metri s.l.m.) subito dalla falda a settembre per effetto dello sfasamento temporale:

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

$$\Delta H = \Delta L \times i$$

$$\Delta H = 230\ \text{m} \times 0,0124 = 2,85\ \text{m}$$

La traslazione orizzontale di oltre 230 metri documentata in cartografia corrisponde a un innalzamento verticale netto della tavola d'acqua pari a circa 2,85 metri nel mese di settembre rispetto alla situazione di maggio. Questo valore quantifica l'esatta escursione idrica stagionale del nel sottosuolo di Brusaporto.

L'andamento delle precipitazioni medie mensili evidenzia l'esistenza di due massimi corrispondenti al periodo primaverile ed a quello autunnale. L'innalzamento della superficie freatica non dipende quindi dall'andamento delle precipitazioni meteoriche locali, ma appare fortemente condizionato dai tempi di attraversamento dell'insaturo (con un periodo di sfasamento di circa 4 mesi) da parte delle precipitazioni meteoriche sulle aree di ricarica montane e dalle pratiche irrigue.

Per quanto concerne invece le piezometriche denominate "acquifero profondo" nel territorio di Brusaporto, le isopiezometriche presentano un andamento planimetrico a ventaglio con orientazione delle direzioni di deflusso media NNW-SSE.

La quota in m slm dell'acquifero profondo è di circa 172 m nel settore settentrionale e scende a 167 m slm, in quello meridionale da cui si ricava un gradiente medio dell'acquifero profondo intorno al 2.1‰.

$$i_{\text{profondo}} = \frac{\Delta H}{\Delta L} = \frac{5\ \text{m}}{2400\ \text{m}} = 0,0021$$

L'escursione massima rilevabile per l'acquifero profondo (tra i mesi di aprile-maggio e di settembre) è valutabile anche in questo caso in circa 3 metri. Il fatto che entrambe le falde nello stesso periodo (maggio-settembre) oscillino della stessa quantità indica che rispondono agli stessi fattori climatici o di prelievo, ciò che sembra confermare che si tratti, quantomeno a livello locale dello stesso corpo idrico.

5.7.6 SOGGIACENZA DELL'ACQUIFERO FREATICO

La carta della soggiacenza della falda acquifera superficiale (cfr. Tavola 11) è stata elaborata attraverso un'operazione di map-algebra raster in ambiente GIS, utilizzando i dati idrogeologici relativi al mese di settembre, periodo rappresentativo del massimo livello annuale della piezometrica. Il procedimento si è articolato nelle seguenti fasi operative:

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Si è partiti dal DTM con risoluzione spaziale 5x5 metri ufficiale di Regione Lombardia. Questo layer rappresenta la quota del piano di campagna espressa in metri sul livello del mare (m s.l.m.). È stato predisposto il raster della superficie piezometrica, corrispondente al top dell'acquifero superficiale. Tale superficie rappresenta la quota geometrica della falda nel momento di massimo riempimento idrico (settembre).

La profondità della falda dal piano di campagna (soggiacenza, S) è stata calcolata pixel per pixel applicando la seguente equazione algebrica:

$$S = z_{suolo} - z_{falda}$$

Il prodotto finale restituisce la distribuzione spaziale della profondità dell'acqua sotterranea, parametro fondamentale per la valutazione della vulnerabilità intrinseca e per la pianificazione degli scavi idraulici o edilizi.

Si rileva che la profondità della falda freatica in territorio di Brusaporto va da un minimo di 26 metri dal P.C. in corrispondenza del settore Nord-Orientale del teritorio comunale fino ad un massimo di circa 49 metri nel settore Sud occidentale.

La mappa prodotta si riferisce ovviamente alla topografia acquisita alla data del rilievo, pertanto potrebbe non riflettere le modifiche intervenute a posteriori.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

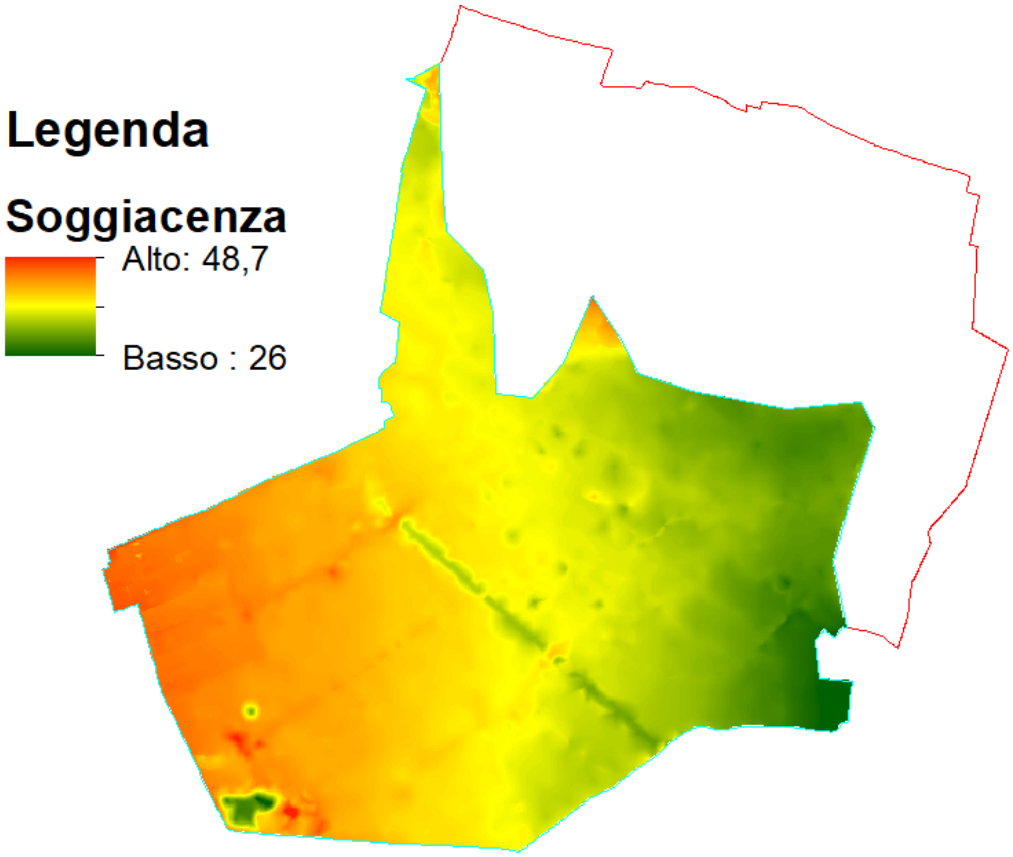


Figura 84: carta della soggiacenza dell'acquifero freatico

5.7.7 PERMEABILITÀ SUB-SUPERFICIALE

5.7.7.1 *INQUADRAMENTO METODOLOGICO E PERMEABILITÀ NATURALE LOCALE*

Con permeabilità sub-superficiale si intende la permeabilità che caratterizza gli orizzonti geologici al di sotto degli orizzonti pedogenizzati che possono avere permeabilità sensibilmente inferiori.

La valutazione della permeabilità superficiale del territorio comunale di Brusaporto rappresenta uno strumento conoscitivo fondamentale per la pianificazione urbanistica, la gestione delle acque meteoriche e la salvaguardia delle risorse idriche sotterranee. Per l'elaborazione della cartografia (Figura 85 e Tavola 12) è stata adottata una metodologia che integra i caratteri geologici e pedogenetici intrinseci del suolo con le trasformazioni indotte dall'uso del suolo. In prima istanza è stata definita la matrice della Permeabilità Naturale Locale, attribuendo a ciascuna unità cartografata un valore discreto di conducibilità idraulica superficiale (K), espresso in ordini di grandezza interi per consentire un rapido confronto. Considerando la variabilità naturale del parametro K in terreni tendenzialmente eterogenei si è preferito considerare il valore inferiore dell'intervallo di variabilità.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Terrazzi recenti (Ghiaie pulite e sabbioso-ghiaiose): Caratterizzati da un'altissima energia di deposizione e assenza di alterazione, a cui è stato assegnato un valore di 10e-3 m/s (Permeabilità Molto Alta).

Livello Fondamentale della Pianura (LFP): Costituito da depositi ghiaioso-sabbiosi con una presenza da scarsa a moderata di matrice limosa legata alla naturale evoluzione del suolo, stabilizzato a un valore di 10e-4 m/s (Permeabilità Alta).

Depositi colluviali limoso-argillosi di versante: Prodotti dal dilavamento fine dei rilievi, presentano una tessitura compatta che limita l'infiltrazione, quantificata in 10e-7 m/s (Permeabilità Bassa).

Terrazzi alluvionali antichi ferrettizzati: Caratterizzati da un profilo pedogenetico maturo e profondo, dove l'orizzonte superficiale eluviale-illuviale (il "ferretto") è fortemente arricchito in argille colloidali e ossidi di ferro. Questo livello agisce come un vero e proprio orizzonte limitante, a cui è stato attribuito il valore cautelativo di 10e-8 m/s (Permeabilità Molto Bassa).

Substrato roccioso dei rilievi collinari: Costituito dall'ammasso roccioso compatto dominante e tendenzialmente impermeabile, mappato a 10e-9 m/s (Praticamente Impermeabile). Poiché la permeabilità per fessurazione superficiale (che può raggiungere valori intorno a 10e-6 m/s) non è geometricamente perimetrabile a scala comunale, si è scelto di mantenere ovunque il valore cautelativo dell'ammasso compatto.

5.7.7.2 *MODELLAZIONE DELL'IMPATTO ANTROPICO*

La permeabilità reale del territorio è il risultato della sovrapposizione tra la matrice naturale e lo strato dell'antropizzazione (edifici, infrastrutture, pavimentazioni). Un'analisi critica condotta attraverso il confronto diretto tra il Database del consumo di suolo (DUSAF 7) e i fotogrammi aerei più recenti ha evidenziato come le distinzioni teoriche tra le varie densità urbane (tessuto continuo, discontinuo, rado, nucleiforme) non determino effetti significativamente diversi sull'impermeabilizzazione del suolo. Per evitare un'artificiosa frammentazione geometrica della carta, le superfici antropizzate sono state accorpate in due sole grandi macro-categorie a comportamento idraulico omogeneo:

Aree a impermeabilizzazione totale: comprendono gli insediamenti industriali, artigianali, commerciali e le grandi reti stradali asfaltate. In questo comparto l'infiltrazione diretta è quasi totalmente azzerata dalle coperture e il valore è stato forzato ovunque al minimo idraulico di 10e-9 m/s.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Tessuto urbano residenziale misto: comprende indistintamente tutte le zone edificate a scopo abitativo e i relativi servizi connessi. Per questo comparto è stato applicato un declassamento uniforme di un ordine di grandezza (-1 all'esponente) rispetto al valore naturale del terreno vergine. Di conseguenza, l'intero nucleo urbano storico e di espansione situato sopra il Livello Fondamentale della Pianura compie un salto idraulico passando da 10e-4 m/s a 10e-5 m/s (Permeabilità Media). Sotto il profilo idrologico-quantitativo, la scelta di applicare una riduzione di un singolo ordine di grandezza è perfettamente congruente con la presenza dei giardini privati e delle pertinenze non sigillate che tipicamente caratterizzano il tessuto residenziale. In termini di bilancio idrico, ridurre la conducibilità idraulica di un ordine di grandezza equivale a considerare una percentuale di superficie effettivamente impermeabilizzata pari a circa l'80% - 90% dell'intera area urbanizzata, lasciando al restante 10% - 20% di suolo libero il compito di drenare la quota residua, seppur parzialmente costipata dal calpestio e dalle attività antropiche.

5.7.7.3 *IL RUOLO IDROGEOLOGICO DELLE ZONE COLLINARI E PEDECOLLINARI*

Un focus particolare merita l'analisi idrogeologica dei quadranti collinari e pedecollinari che orlano verso nord il territorio comunale. Nonostante il substrato roccioso e i colluvi limoso-argillosi presentino i valori di permeabilità superficiale più bassi della serie naturale (da 10e-7 a 10e-9 m/s), le zone collinari e pedecollinari costituiscono importanti zone di ricarica locale dell'acquifero. Il rilievo morfologico agisce infatti come un immenso bacino di raccolta delle acque meteoriche. Sebbene l'infiltrazione verticale diretta sia limitata alle zone di substrato maggiormente fratturate e alle facies più grossolane e prossimali dei colluvi, essa gioca un ruolo fondamentale nel garantire una continua ricarica della circolazione idrica profonda locale, testimoniata dalle sorgenti e dai pozzi in zona pedecollinare. Va da se che la fascia collinare e soprattutto pedecollinare dovrebbe essere preservata dall'espansione urbanistica e dalle infrastrutture lineari per preservare l'equilibrio idrogeologico dell'intero bacino di pianura.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

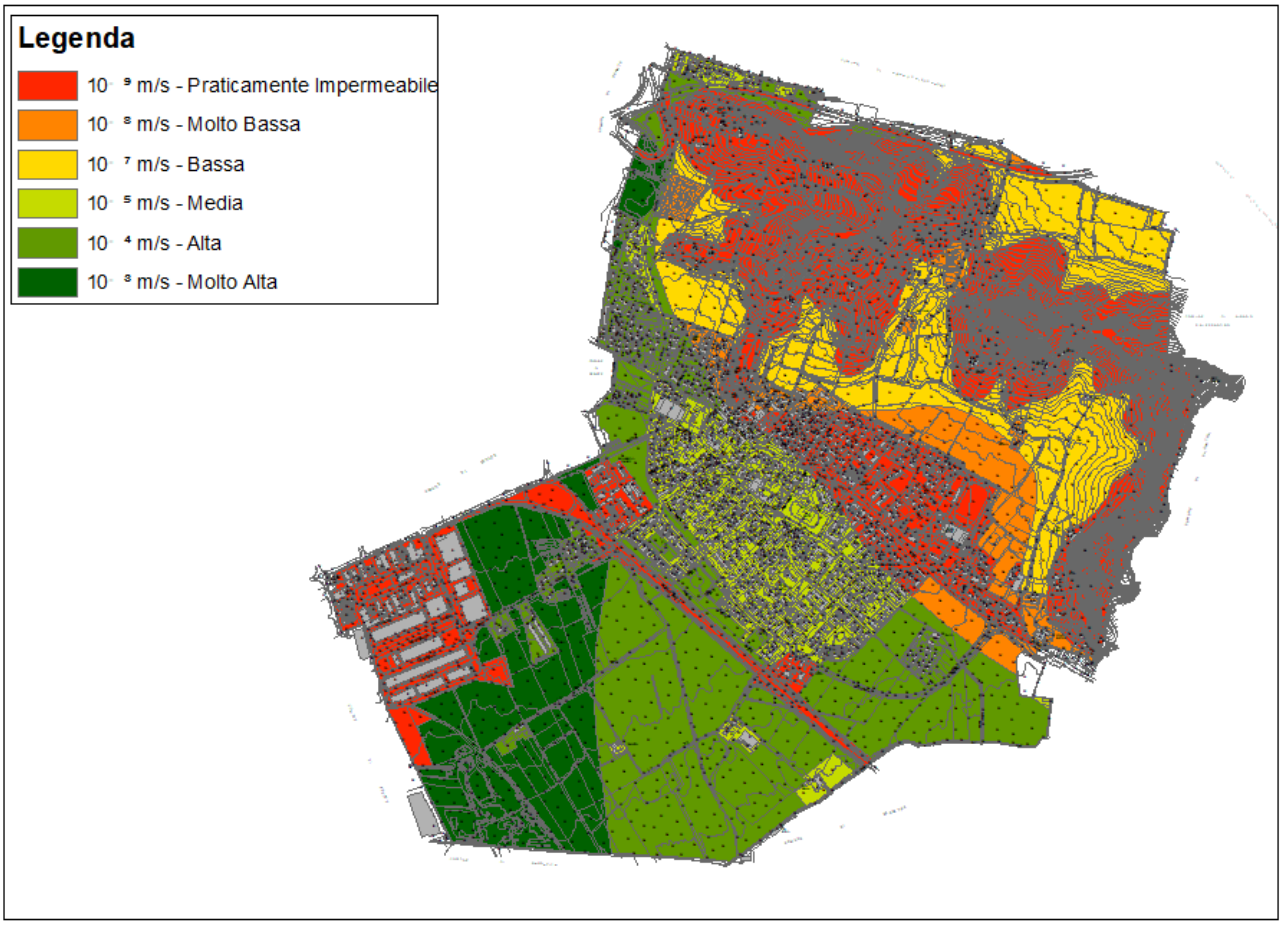


Figura 85: permeabilità superficiale dei suoli di Brusaporto

5.7.7.4 *VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI E RISCHIO DI CONTAMINAZIONE.*

La distribuzione spaziale delle classi di permeabilità influisce direttamente sulla vulnerabilità intrinseca dei corpi idrici sotterranei nei confronti degli impatti antropici. I depositi dei terrazzi recenti e del Livello Fondamentale della Pianura (con valori minimi di K compresi tra 10e-3 e 10e-4 m/s) presentano un grado di vulnerabilità estremamente elevato. In queste porzioni di pianura, l'assenza originaria di orizzonti superficiali fini o argillosi azzera la capacità filtrante del topsoil. Di conseguenza, il potere di autodepurazione e la protezione della risorsa idrica non sono garantiti dal suolo superficiale, ma restano affidati esclusivamente a fattori geologici profondi. Nello specifico, la salvaguardia dall'inquinamento dipende unicamente dalla maggiore profondità della falda che allunga i tempi di transito dei contaminanti nella zona insatura e dalla presenza, all'interno della successione stratigrafica sottostante, di lenti o orizzonti limoso-argillosi a bassa permeabilità o di livelli clastici granulometricamente più ricchi di matrice, in grado di intercettare e rallentare la migrazione verticale dei fluidi. In questo contesto, la mappatura della permeabilità antropizzata evidenzia una duplice criticità ambientale per il Comune di Brusaporto:

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Perdita quantitativa di ricarica: La sigillatura del suolo nelle zone commerciali e industriali insediate sulla piana ghiaiosa sottrae importanti volumi d'acqua al bilancio idrogeologico locale, ostacolando l'infiltrazione efficace delle piogge.

Degrado qualitativo localizzato: L'impermeabilizzazione totale delle reti stradali e dei piazzali produttivi trasforma le superfici urbane in aree di accumulo di contaminanti (idrocarburi, metalli pesanti ecc.). Durante gli eventi meteorici, il dilavamento di tali superfici concentra elevati carichi inquinanti che, se non correttamente pre-trattati e convogliati, rischiano di infiltrarsi in modo concentrato attraverso le aree verdi residue o i pozzi di dispersione, minacciando direttamente la qualità della risorsa idrica sotterranea.

Al contrario, la fascia dei terrazzi antichi ferrettizzati e i colluvi di base versante (10e-7 e 10e-8 m/s), pur mostrando una ricarica idrica limitata, offrono grazie alla loro abbondante matrice argillosa una naturale barriera protettiva a protezione degli acquiferi profondi, rallentando la migrazione verticale dei fluidi e favorendo i processi di ritenzione chimica dei contaminanti.

5.7.8 CAPTAZIONI PRESENTI SUL TERRITORIO COMUNALE

Nel territorio comunale di Brusaporto sono censiti 5 pozzi, dei quali 1 utilizzato a scopo industriale e gli altri 4 a scopo irriguo.

In Tavola 10 si riporta, oltre alla soggiacenza dell'acquifero freatico, l'ubicazione dei pozzi censiti nel comune di Brusaporto, classificati in funzione del loro impiego.

I dati principali relativi alle captazioni riportati sul portale Siter di Provincia di Bergamo o ricostruiti mediante ricerca bibliografica, sono evidenziati in (Figura 86).

Shape *	Id	tipo	Localizzazione	Uso	Profondità	Portata
Point	6	Pozzo	Campo sportivo comunale	irriguo	75	0,94
Point	7	Pozzo	Parrocchia Santa Margherita	irriguo	160	0,25
Point	8	Pozzo	Le querce	irriguo	80	5
Point	9	Pozzo	Cava Milesi Sergio	Industriale/misto	80	9,48
Point	10	Pozzo	'OTTAGONO S.R.L.	irriguo	60	0,13

Figura 86: elenco pozzi ricadenti in Brusaporto, presente nella banca dati SITER della Provincia di Bergamo

La numerazione è stata attribuita dallo scrivente con l'unico scopo di individuare più facilmente l'opera di captazione in quanto nel data base SITER si fa riferimento esclusivamente al numero di pratica e al numero di faldone.

Di seguito si riportano le stratigrafie dei pozzi estratte dal SIT della provincia di Begamo.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Portata media (l/s)	Potenza media (kW)	Uso
5	0	Aree verdi/aree sportive

Concessionario	Domicilio	Comune	Prov.
CONDOMINIO RESIDENZA DELLE QUERCE	VIA ALBANO 26 - 27	BRUSAPORTO	BG

n. colonna	Profondità (m dal p.c.)	Diametro (cm)	n. filtri	Profondità inizio primo filtro (m)	Profondità fine ultimo filtro (m)
1	80	16	1	70,06	80

N. livello	Inizio livello (cm)	Spessore livello (cm)	Descrizione
1		3000	Argilla gialla
2	3000	4000	Argilla nera
3	7000	1500	Ghiaia acquifera

Note prelievo L.S.=-30,00 m; L.D.=-45,00 m (31.10.1994)

Portata media (l/s)	Potenza media (kW)	Uso
0,13	0	Aree verdi/aree sportive

Concessionario	Domicilio	Comune	Prov.
L'OTTAGONO S.R.L.	VIA SILVIO SPAVENTA 7	BERGAMO	BG

n. colonna	Profondità (m dal p.c.)	Diametro (cm)	n. filtri	Profondità inizio primo filtro (m)	Profondità fine ultimo filtro (m)
1	60	12,5	1	45	55

N. livello	Inizio livello (cm)	Spessore livello (cm)	Descrizione
1		1100	Limo argilloso marrone
2	1100	1700	Alternanze di argille ed arenaria
3	2800	1400	Alternanze di arenaria ed argille
4	4200	1800	Conglomerato sabbioso fratturato

Note prelievo L.S.=-2,0 m; L.S.=-39,0 m

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Portata media (l/s)	Potenza media (kW)	Uso
0,94	0	Aree verdi/aree sportive

Concessionario	Domicilio	Comune	Prov.
COMUNE DI BRUSAPORTO	PIAZZA VITTORIO VENETO 1	BRUSAPORTO	BG

n. colonna	Profondità (m dal p.c.)	Diametro (cm)	n. filtri	Profondità inizio primo filtro (m)	Profondità fine ultimo filtro (m)
1	75	16,8	2	39	69

N. livello	Inizio livello (cm)	Spessore livello (cm)	Descrizione
1		900	Alluvioni ghiaioso-sabbiose
2	900	1200	Argilla con intercalazioni di ghiaie
3	2100	1100	Argilla color ocra
4	3200	2600	Alternanze di ghiaia e sabbie localmente cementate
5	5800	1700	Arenaria (substrato roccioso)

Note prelievo L.S.=-33,73 m; L.D.=-36,22 m

Portata media (l/s)	Potenza media (kW)	Uso
0,4	0	Igienico
0,08	0	Aree verdi/aree sportive
9	0	Industriale

Concessionario	Domicilio	Comune	Prov.
IMPRESA MILESI GEOM. SERGIO S.R.L.	VIA MOLINARA 6	GORLAGO	BG

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Portata media (l/s)	Potenza media (kW)	Uso
0,25	0	Aree verdi/aree sportive

Concessionario	Domicilio	Comune	Prov.
PARROCCHIA SANTA MARGHERITA	VIA CHIESA 11	BRUSAPORTO	BG

n. colonna	Profondità (m dal p.c.)	Diametro (cm)	n. filtri	Profondità inizio primo filtro (m)	Profondità fine ultimo filtro (m)
1	160	13,9	2	132	156

N. livello	Inizio livello (cm)	Spessore livello (cm)	Descrizione
1	6800	1700	Conglomerato fratturato
2	8500	500	Argille di colore grigio
3	9000	7000	Substrato cretacico: Flysch di Bergamo

Note prelievo L.S.=-46,57 m; L.D.=-76,79 m (27.06.07)

Oltre ai pozzi sul territorio sono presenti anche 5 sorgenti, alcune delle quali perenni, anche se la loro portata è assai contenuta e dipendente dall'andamento delle precipitazioni meteoriche. Nessuna di queste sorgenti risulta derivata per qualche tipo di impiego.

Id	tipo	Localizzazione
1	Sorgente	Località Fontanelli
2	Sorgente	Cascina Testa
3	Sorgente	Cantalupa
4	Sorgente	Cascina Volpe
5	Sorgente	Senza nome

Agli atti degli uffici comunali risultano inoltre le seguenti richieste di ricerca acque per uso domestico a cui non corrispondono, al momento, stratigrafie o schemi costruttivi depositati:

Prot.60929 Signora Maria Bruna Rossi via A. Franck n. 2 Brusaporto del 26 maggio 2008

Prot.67622 Signora Maria Teresa Previdi via Belvedere n. 8 Brusaporto del 25 giugno 2010

Prot./09.08/FL/GR Signora Maria Grazia Assi, via Molino Vecchio 2, Brusaporto del 21/03/2016

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

5.7.9 QUALITÀ DELLE ACQUE POTABILI

L'approvvigionamento di acqua potabile del comune di Brusaporto è garantito da Uniacque SPA. Il comune è servito da un acquedotto intercomunale, ed in particolare dall'adduttrice Seriate Brusaporto Bagnatica.

Codice Impianto	Denominazione	Lunghezza m	Sorgenti	Pozzi	Serbatoi
1008000010IDA	Adduttrice Seriate-Bagnatica-Brusaporto	17.053	9		2
1209000001IDA	Adduttrice Lovere-Costa Volpino-Rogno	8.235	2		6
1516000001IDA	Adduttrice Cerete-Songavazzo	7.222		2	1
1101000043IDA	Adduttrice Algua-Costa Serina	6.417		1	3
1521000001IDA	Adduttrice Piario-Villa d'Ogna-Oltressenda Alta	9.666		7	5
1533000001IDA	Adduttrice Rovetta-Fino del Monte	6.139	1	2	1
1518000001IDA	Fiorano al Serio	5.855		2	3
1221000001IDA	Borgo di Terzo	4.417	1	4	5
1428000001IDA	Adduttrice Moio de Calvi - Valnegra	2.780		4	6
1101000030IDA	Adduttrice Ola	2.051		3	2
	Totale Schemi Intercomunali	***69.835***	***13***	***25***	***34***

Figura 87: schema degli acquedotti intercomunale gestiti da Uniacque

Come si evince dalla Figura 87 le fonti di approvvigionamento di questa adduttrice fanno riferimento a 9 sorgenti, 2 serbatoi di accumulo e nessun pozzo. La ragione è da ricercare nella posizione pedecollinare del comune di Brusaporto, che renderebbe oneroso il suo approvvigionamento dalle zone più meridionali della provincia, generalmente servite da pozzi.

Il problema qualità delle acque a uso idropotabile riguarda principalmente i pozzi locali, più esposti ad episodi di inquinamento ad opera delle attività antropiche, sia agricole (fitofarmaci, fertilizzanti e diserbanti) sia industriali. Nel comune di Brusaporto i pozzi locali, in numero assai esiguo, sono solo irrigui: l'acqua estratta nel territorio comunale dai pozzi superficiali o agricoli serve unicamente per i campi e non entra nel circuito idropotabile; di conseguenza, non ha alcun impatto sulla salute pubblica o sull'acqua del rubinetto.

L'acqua potabile distribuita da Uniacque viaggia su una rete sovracomunale complessa. Viene già miscelata, trattata e costantemente monitorata alla sorgente e nei nodi di accumulo principali prima ancora di raggiungere il confine comunale.

Nei documenti di programmazione di lungo termine dell'ATO (in particolare nelle sezioni dedicate alla *Disponibilità delle risorse idriche* e ai macro-sistemi d'emergenza), Brusaporto è ufficialmente inserito nel macro-schema denominato "Acquedotto Basso Serio - Oglio" con sede e snodo principale proprio a Ghisalba.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Questo schema prevede che, per soddisfare i fabbisogni ordinari e soprattutto i picchi o i deficit dovuti a situazioni di emergenza di 28 comuni del comparto (tra cui figurano sia Brusaporto che Albano, Bagnatica, Seriate e Romano di Lombardia), si utilizzino in modo combinato sia le acque ad alta quota della fascia collinare e montana delle valli Bergamasche, che il surplus emunto specificamente dai 3 grandi pozzi ubicati a Ghisalba.

La rete Uniacque opera tramite grandi adduttrici a cascata. I pozzi di Ghisalba alimentano l'Adduttrice della Media Pianura Bergamasca (che muove circa 5,8 milioni di metri cubi d'acqua all'anno). In caso di emergenza o necessità di bilanciamento idrico, l'acqua pompata da Ghisalba risale la pianura ed entra nei nodi di scambio che alimentano l'infrastruttura locale denominata "Adduttrice Seriate-Bagnatica-Brusaporto".

La gestione idrica di Uniacque in provincia di Bergamo riflette la complessità del territorio bergamasco, nettamente diviso tra l'area montana delle valli e quella della pianura. L'acqua distribuita proviene al 100% da fonti sotterranee (sorgenti e pozzi profondi), garantendo una protezione naturale dagli inquinanti superficiali.

Il profilo tecnico-chimico medio delle acque provinciali è suddiviso in base ai macro-sistemi di captazione:

1. Il Sistema delle Sorgenti (Valli e Alta Quota)

Alimenta le valli, l'hinterland e buona parte della città di Bergamo (es. l'Acquedotto della Nossana o di Algua).

- **Durezza:** Molto bassa-moderata (solitamente tra **10°F e 15°F**). È un'acqua definita "dolce" che lascia pochissimi residui di calcare.
- **Residuo Fisso:** Basso, generalmente compreso tra **120 e 200 mg/l**. Rientra perfettamente nella classificazione di acqua oligominerale leggera.
- **Mineralizzazione:** Minima presenza di sodio e metalli pesanti.
- **Trattamento:** Spesso non necessita di clorazione invasiva; in molti punti della rete montana la disinfezione avviene tramite filtri a raggi UV.

2. Il Sistema dei Pozzi (Media e Bassa Pianura)

Alimenta la pianura bergamasca (es. i campi pozzi come Ghisalba o Zanica) estraendo acqua dalle falde profonde.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

- **Durezza:** Medio-alta (compresa tra **15°F e 30°F**), dovuta al naturale scorrimento dell'acqua attraverso rocce calcaree e dolomitiche del sottosuolo.
- **Residuo Fisso:** Più marcato rispetto alla montagna, indicativamente tra **200 e 400 mg/l**. Resta comunque un'acqua oligominerale eccellente per l'apporto di sali di calcio e magnesio.
- **Nitrati:** Sotto stretto controllo. Nonostante l'impatto agricolo della pianura, i pozzi pescano in falde protette mantenendo i nitrati mediamente sotto i 15 mg/l (limite di legge: 50 mg/l).

3. Sicurezza e Nuovi Limiti Normativi (Aggiornamento 2026)

Uniacque monitora costantemente i parametri microbiologici e chimici attraverso il proprio laboratorio accreditato Accredia:

- **Parametri Chimici Critici:** Solventi organici, fitofarmaci e metalli pesanti risultano costantemente inferiori ai limiti rilevabili dalle strumentazioni in quasi tutta la rete.
- **Nuovi Limiti PFAS (Luglio 2026):** In linea con l'entrata in vigore dei nuovi e più stringenti limiti di legge europei per i composti PFAS, Uniacque ha attivato piani di campionamento massivi su tutta la provincia, integrando, dove necessario, filtri a carboni attivi per garantire la totale conformità dell'acqua erogata.
- **Clorazione di Rete:** Nelle grandi reti di pianura (adduttrici intercomunali), Uniacque mantiene un livello di cloro residuo libero tra **0,1 e 0,2 mg/l**. Questo dosaggio minimo assicura la potabilità microbiologica delle acque distribuite.

Nella Figura 88 si riporta l'ultima analisi chimica disponibile per l'acqua potabile a Brusaporto

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Parametro	Valore rilevato	Valore limite	Unità di misura
Concentrazione ioni idrogeno (pH)	7.9	6,5-9,5	Unita' pH
Residuo fisso (da calcolo)	231		mg/l
Durezza totale	19		°F
Conducibilità elettrica a 20°C	330	2500	µS/cm
Calcio	49		mg/l
Magnesio	17		mg/l
Ammonio	<0,1	0,5	mg/l
Cloruro	2	250	mg/l
Solfato	23	250	mg/l
Potassio	<0,5		mg/l
Sodio	1.8	200	mg/l
Arsenico	<1	10	µg/l
Bicarbonato	199		mg/l
Cloro residuo libero	0.14		mg/l
Fluoruri	<0,05	1,5	mg/l
Nitrato	4	50	mg/l
Nitrito	<0,05	0,5	mg/l
Manganese	<5	50	µg/l

Figura 88: analisi chimica del 31/12/2025 alla fontanella del Cimitero di Brusaporto

A Titolo di approfondimento, nel recente Programma di Tutela e Uso delle Acque (PTUA) della Regione Lombardia (2025/2026) le caratteristiche qualitative del sistema e del corpo idrico sotterraneo in cui opera il campo pozzi di Ghisalba, sono definite in base a criteri idrogeologici normati a livello europeo e gestiti da ARPA Lombardia.

Il PTUA e i relativi piani d'ambito definiscono questo specifico sistema attraverso tre pilastri qualitativi e gestionali:

1. Classificazione dello Stato Chimico: "Buono" con attenzioni locali

Nel quadro conoscitivo del PTUA, il corpo idrico sotterraneo profondo della media pianura bergamasca (macro-area Adda-Oglio), in cui pescano i pozzi di Ghisalba, è generalmente classificato con uno Stato Chimico "Buono".

- Questo significa che, a differenza delle falde superficiali (le più esposte all'antropizzazione), la falda profonda rispetta ampiamente gli standard ambientali previsti dalla Direttiva Quadro sulle Acque (2000/60/CE) per i macro-parametri industriali e metalli pesanti.

2. Vulnerabilità all'Inquinamento Diffuso (Nitrati e Fitofarmaci)

I documenti tecnici regionali definiscono l'area di Ghisalba come una zona a “vulnerabilità medio-alta per l'inquinamento diffuso di origine agricola e zootecnica”.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

- **Nitrati:** Ghisalba si trova all'interno delle *"Zone Vulnerabili ai Nitrati di origine agricola" (ZVN)* individuate dalla Regione. Nonostante questo, il PTUA evidenzia che l'architettura dei pozzi profondi di Ghisalba si rifornisce al di sotto dello strato più compromesso, mantenendo i livelli di nitrati storicamente stabili e ben al di sotto della soglia limite di 50 mg/l.
- **Fitofarmaci Storici (Atrazina):** Nei monitoraggi storici richiamati dalla pianificazione di tutela, l'area ha mostrato una vulnerabilità specifica ai residui di fitofarmaci storici (come i derivati dell'atrazina e simazina, messi al bando da decenni ma persistenti nel sottosuolo). Per questa ragione, il PTUA e i piani di Uniacque definiscono l'acqua di Ghisalba come una risorsa che necessita di un presidio tecnologico attivo.

  Per il campo pozzi di Ghisalba, questo presidio si articola in tre componenti principali:

  1. Sistema di Filtrazione a Carboni Attivi Granulari (GAC)

  Rappresenta il cuore tecnologico del presidio. Uniacque ha installato imponenti filtri a torre (alti oltre 5 metri) caricati con carbone attivo granulare ad alta capacità di adsorbimento nei confronti dei fitofarmaci storici (come l'atrazina e i suoi metaboliti), i solventi clorurati industriali e i composti organici che influenzano negativamente sapore e odore dell'acqua.

  2. Miscelazione Dinamica Automatica (Blending)

  Il campo di Ghisalba è composto da più pozzi che pescano a profondità diverse. Uniacque utilizza un software di gestione automatizzato che analizza i parametri in tempo reale adeguando le portate dei singoli pozzi (pur rimanendo nei limiti di legge), con lo scopo di compensare i fattori di rischio e immettere nell'adduttrice un flusso omogeneo, stabile e con valori ampiamente inferiori ai limiti di legge.

  3. Definizione Gestionale: Risorsa Strategica per la Resilienza

  Proprio a causa delle sue caratteristiche di portata e stabilità chimica complessiva, il PTUA classifica il campo pozzi di Ghisalba non come un semplice punto di prelievo locale, ma come una "Risorsa Idrica Strategica di Interconnessione".

  Nei bilanci idrici regionali, viene definita come una fonte ad *alta capacità di compensazione*. Significa che la sua qualità chimico-fisica complessiva (sebbene richieda filtrazione a carboni attivi per i microinquinanti storici e una clorazione standard di rete) è giudicata idonea e strutturalmente fondamentale per essere pompata verso nord e supportare i sistemi idrici pedemontani in crisi.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

In sintesi, il PTUA definisce la qualità di Ghisalba come una falda profonda chimicamente protetta e quantitativamente eccellente.

5.7.10 ELEMENTI DI CRITICITÀ IDROGEOLOGICA LOCALE: EX DISCARICA SCORIE DI FONDERIA E CONSEGUENZE SULLE MATRICI AMBIENTALI

In merito all'interramento storico di scorie da forno ad arco elettrico localizzato nella zona Ovest del territorio comunale, in una zona attualmente edificata e di cui si è riferito al punto 5.5.1, si ritiene che sia necessaria una specifica valutazione d'insieme circa il potenziale impatto sulle matrici ambientali profonde (sottosuolo e acque sotterranee), superando il mero approccio geotecnico-meccanico adottato in sede di CTU per valutare i dissesti strutturali e la valutazione del possibile attacco chimico sulle strutture cementizie dei fabbricati da parte degli eluati.

Le scorie da arco elettrico, sebbene storicamente classificate o autorizzate come "inerti", possiedono una specifica reattività chimica a lungo termine che si manifesta qualora il corpo rifiuti sia privo di sistemi di confinamento, impermeabilizzazione di fondo e captazione del percolato (configurazione "ante norma").

L'interazione continua tra il materiale interrato e le acque meteoriche d'infiltrazione (o le oscillazioni della frangia capillare) innesca dinamiche di degradazione e rilascio chimico con le seguenti conseguenze dirette sulle matrici:

Processo di Eluizione (Leaching) e rilascio di Metalli Pesanti: L'azione dilavante dell'acqua nel sottosuolo solubilizza gli elementi metallici non stabilizzati nella matrice delle scorie. I principali contaminanti di mobilitazione e spiccata ecotossicità associati a questa tipologia di rifiuto sono il Cromo totale, il Cromo Esavalente, derivante da processi di ossidazione locale dei rottami di carica, il Nichel, il Piombo e lo Zinco.

Migrazione di Specie Anioniche Solubili: Il materiale rilascia per cessione elevate concentrazioni di sali minerali mobili, con particolare riferimento a Fluoruri e Cloruri. A causa della loro scarsa affinità di adsorbimento con le frazioni argillose del terreno, queste specie chimiche presentano un'altissima mobilità idrogeologica e viaggiano alla stessa velocità lineare della falda.

Alterazione Idrochimica (Percolato Alcalino): L'idratazione degli ossidi liberi di Calcio e Magnesio presenti nelle scorie genera acque di percolazione caratterizzate da un pH fortemente alcalino (superiore a 10-11). L'immissione di un fluido ad alto pH nel sottosuolo altera l'equilibrio chimico-fisico naturale dell'acquifero, potendo indurre la solubilizzazione e la mobilitazione di altri metalli originariamente stabili nel terreno naturale.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Dal punto di vista idrogeologico, il sito si configura come una sorgente attiva di potenziale contaminazione. Poiché la direzione di deflusso della falda idrica sotterranea si sviluppa lungo la direttrice locale verso i quadranti meridionali e occidentali, l'eventuale "plume" di contaminazione subirebbe, una volta raggiunta la falda, una migrazione verso i territori di Seriate e Bagnatica. In tali comuni limitrofi sono ubicate importanti opere di captazione ad uso idropotabile. Sebbene la falda sfruttata dall'acquedotto sia relativamente profonda, si evidenzia che essendo la discarica assimilabile per tipologia costruttiva alle discariche ante norma, l'assenza di barriere idrauliche o fisiche presso la sorgente, non esclude che da essa possano derivare, nel lungo o lunghissimo termine, impatti negativi sulla qualità delle acque sotterranee limitrofe. Ciò suggerirebbe quantomeno di attivare un piano di monitoraggio specifico in corrispondenza dei punti di prelievo ubicati a valle delle direttrici di flusso locali.

Nello specifico, si segnala l'opportunità tecnica di includere nella futura rete di monitoraggio ambientale il pozzo ad uso industriale esistente situato a valle idraulica del sito (pozzo Cava Milesi), eleggendolo a punto di campionamento spia per il monitoraggio analitico esteso dei metalli pesanti e dei fluoruri.

5.7.11 VALUTAZIONE QUALITATIVA DELLA VULNERABILITÀ IDROGEOLOGICA DELL'ACQUIFERO PER MEZZO DEL MODELLO SINTACS

Per valutare l'impatto sul territorio di situazioni complesse come quella dell'ex discarica di scorie e con l'intento di supportare le scelte di pianificazione urbanistica con criteri di salvaguardia ambientale il più oggettivi possibili, nonostante la scarsità di pozzi in zona, si è proceduto alla valutazione in via qualitativa della vulnerabilità dell'acquifero captato nel territorio comunale.

Per evitare distorsioni di scala introdotte dal comparto collinare settentrionale (caratterizzato dal substrato flyschioide impermeabile del Colle Tomenone, dalla fascia dei depositi di cono colluviale dell'allogruppo di Palazzago e dei terrazzi antichi, intrinsecamente protetti), l'applicazione del modello è stata circoscritta al settore di pianura a sud del centro abitato, con specifico riferimento alle unità geomorfologiche dei terrazzi fluviali recenti e della piana alluvionale di base.

Su questo ambito territoriale è stato applicato il protocollo italiano SINTACS (Civita e De Maio, 1997-2000), evoluzione e ottimizzazione nazionale del modello statunitense DRASTIC (Aller et al., 1987). Il metodo si basa sulla combinazione pesata di 7 parametri idrogeologici e ambientali identificati dall'acronimo del nome del modello. Il SINTACS introduce 5 stringhe di pesi diverse (Vettori), da scegliere in base al contesto idrogeologico ed ambientale reale dell'area: Impatto Normale, Impatto Rilevante (Severe), Infiltrazione Rilevante, Carsismo e Agricolo.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

In questa sede, il modello è stato applicato con un approccio cautelativo "sito-specifico" per valutare l'interazione tra la vulnerabilità naturale della piana e la principale sorgente di pressione antropica locale, rappresentata dall'ex discarica di scorie da fonderia. Per riflettere fedelmente la forte antropizzazione e la rimozione dei filtri superficiali, è stato adottato il vettore dei pesi "Impatto Rilevante (Severe Impact)".

In assenza di stratigrafie di pozzo dirette e continue all'interno del perimetro comunale nella bassa pianura, la caratterizzazione del sottosuolo è stata effettuata tramite correlazione laterale dei dati estratti dal SITER della Provincia di Bergamo per i comuni contermini di Seriate e Bagnatica. Per compensare l'incertezza intrinseca dell'estrapolazione e modellare lo stato di alterazione del sito, sono stati adottati i seguenti criteri prudenziali di assegnazione dei Punteggi (P - da 1 a 10) e dei Pesi (W - da 1 a 5):

S – Soggiacenza (Profondità della falda dal p.c.): Sebbene la falda indisturbata nella porzione meridionale del territorio comunale si attesti a profondità rilevanti (circa 42-45 metri dal p.c. originario), l'esistenza di uno scavo storico di circa 10-11 metri finalizzato al deposito delle scorie riduce lo spessore protettivo reale a circa 31 metri dal fondo della discarica (Punteggio: 2, Peso SINTACS Severe: 4).

I – Infiltrazione efficace (Ricarica netta): L'area è geomorfologicamente riferibile ai terrazzi alluvionali recenti, contesto caratterizzato da elevata infiltrazione. Nonostante l'impermeabilizzazione superficiale indotta dalla successiva costruzione dei capannoni industriali, le risultanze della Consulenza Tecnica d'Ufficio (CTU) hanno evidenziato che, sebbene i pluviali allontanino formalmente le acque meteoriche, i sistemi strutturali di estrazione/allontanamento del gas Radon hanno contestualmente favorito e accelerato l'infiltrazione di acque dall'esterno verso l'insaturo. In virtù di questa evidenza dinamica e applicando il principio di precauzione, l'infiltrazione efficace è stata confermata su livelli medio-alti (Punteggio: 7, Peso SINTACS Severe: 4)

N – Effetto di attenuazione del Non saturo (Zona insatura): A differenza dell'orizzonte superficiale antropizzato e privo di suolo, le stratigrafie profonde estratte dal SITER indicano la presenza di saltuarie lenti limoso-argillose all'interno del potente materasso detritico e conglomeratico. La zona insatura residua (pari a circa 31 metri stante lo scavo storico) è stata modellata ipotizzando in prima istanza un comportamento idraulico a permeabilità media grazie al potere ritardante di tali lenti (Punteggio: 5, Peso SINTACS Severe: 5). In via subordinata, non essendoci informazioni dirette che possano confermare la continuità di tali lenti nel sottosuolo dell'ex

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

discarica, è stato simulato uno scenario cautelativo "peggiore" a permeabilità alta (Punteggio: 8, Peso SINTACS Severe: 5).

T – Tipologia della copertura (Caratteristiche del suolo): In corrispondenza dell'impronta dell'ex discarica, l'orizzonte pedologico naturale (di tipo sabbioso-ghiaioso) è stato completamente rimosso e sostituito in una prima fase dalla matrice antropica delle scorie, quindi da terreni di copertura rappresentati da uno strato di argilla e terra di coltivo per uno spessore di circa 80-100 cm. Con l'edificazione dei capannoni questo orizzonte di copertura è stato a sua volta rimosso e non ha mai esercitato alcuna funzione protettiva e attenuante. A questa porzione antropizzata e priva di suolo naturale è stato assegnato il punteggio di massimo rischio (Punteggio: 10, Peso SINTACS Severe: 5).

A – Caratteristiche idrogeologiche dell'Acquifero: L'acquifero vero e proprio è rappresentato dalle ghiaie e dai conglomerati fratturati dell'alta pianura bergamasca, caratterizzati da elevata permeabilità per porosità e fessurazione (Punteggio: 8, Peso SINTACS Severe: 3).C – Conducibilità idraulica: La conducibilità idraulica delle ghiaie profonde e dei livelli conglomeratici che ospitano la falda principale è elevata, garantendo una rapida trasmissione del flusso idrico sotterraneo (Punteggio: 7, Peso SINTACS Severe: 3).

S – Pendenza della Superficie topografica: Il parametro è stato valutato al livello massimo di rischio a causa delle pendenze topografiche nulle che azzerano il ruscellamento superficiale a favore del ristagno idrico locale e dell'infiltrazione verticale (Punteggio: 10, Peso SINTACS Severe: 1).

Risultati e perimetrazione della "Zona di Attenzione e Cautela": L'algoritmo lineare del modello SINTACS, applicando i fattori sito-specifici e i pesi del vettore ad Impatto Rilevante, restituisce per l'area d'interesse un indice numerico di vulnerabilità compreso tra 166 (scenario base con lenti protettive nell'insaturo) e 181 (scenario cautelativo senza lenti protettive). Nella classificazione standard del SINTACS, questo intervallo corrisponde a una classe di Vulnerabilità Alta (Indice 141-186, Colore Giallo), anche se lo scenario cautelativo a 181 è a soli 6 punti dall'ingresso in classe Elevata.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

- **Vulnerabilità Molto Bassa** (o Estremamente Bassa)
  - *Intervallo indice:* Da **26** a **80**
- **Vulnerabilità Bassa**
  - *Intervallo indice:* Da **81** a **105**
- **Vulnerabilità Media** (o Moderata)
  - *Intervallo indice:* Da **106** a **140**
- **Vulnerabilità Alta**
  - *Intervallo indice:* Da **141** a **186**
- **Vulnerabilità Elevata**
  - *Intervallo indice:* Da **187** a **210**
- **Vulnerabilità Elevatissima** (o Estremamente Elevata)
  - *Intervallo indice:* Da **211** a **260**

I risultati indicano che, sebbene la pianura naturale indisturbata di Brusaporto goda storicamente di un buon grado di protezione grazie all'elevata soggiacenza della falda, le pesanti alterazioni antropiche combinate con le dinamiche di infiltrazione evidenziate dalla CTU hanno aperto una "finestra di vulnerabilità" preferenziale. Tale scenario giustifica pienamente la perimetrazione di una "Zona di Attenzione e Cautela" per la salvaguardia delle acque sotterranee rispetto alla potenziale lisciviazione di eluati alcalini e metalli pesanti provenienti dal corpo delle scorie storiche.

5.8. PERICOLOSITA' SISMICA

Ai sensi delle NTC 2018 la definizione dell'azione sismica attesa su una qualsiasi porzione di territorio richiede la distinzione tra la "pericolosità sismica di base" e "risposta sismica locale", i cui effetti congiunti determinano la reale sollecitazione sulle strutture antropiche.

- **La Pericolosità Sismica di Base (o di Sito)** rappresenta lo scuotimento atteso in condizioni ideali di terreno rigido e pianeggiante (substrato sismico o *bedrock*). Essa è definita a livello nazionale dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) ed è recepita dalle norme tecniche vigenti.
- **La Pericolosità Sismica Locale (PSL)** analizza invece le modifiche che il moto sismico di base subisce a causa delle specifiche condizioni geologiche, geomorfologiche e geotecniche

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

locali, generando i cosiddetti effetti di amplificazione locale. Tali effetti si dividono principalmente in:

- *Amplificazioni litologiche (o stratigrafiche)*: dovute alla presenza di terreni soffici (es. depositi alluvionali, limi o sabbie) sovrapposti al substrato rigido, che intrappolano e amplificano le onde sismiche.
- *Amplificazioni morfologiche (o topografiche)*: legate alla geometria della superficie del terreno, come creste, crinali o cigli di scarpata, che focalizzano l'energia sismica verso l'alto.
- *Instabilità di sito*: fenomeni di deformazione permanente del suolo innescati dal sisma, quali frane, cedimenti differenziali o liquefazione dei terreni saturi.

Mentre la pericolosità sismica di base costituisce un dato d'ingresso regionale e nazionale, la Pericolosità Sismica Locale deve essere dettagliata a scala comunale attraverso studi di microzonazione.

5.8.1 PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE DEL TERRITORIO COMUNALE

5.8.2 SISMICITÀ STORICA

La sismicità storica del territorio comunale, è stata desunta dalla banca dati CPTI15-DBMI15 (Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani e Database Macrosismico Italiano), a cura dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) consultabile all'indirizzo http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15.

Sono stati ricercati tutti i terremoti di Mw ≥ 4 a partire dall'anno 1000 fino ai giorni nostri identificando 35 record. La magnitudo massima osservata è stata pari a 5.60 Mw (1802, valli dell'Oglio).

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

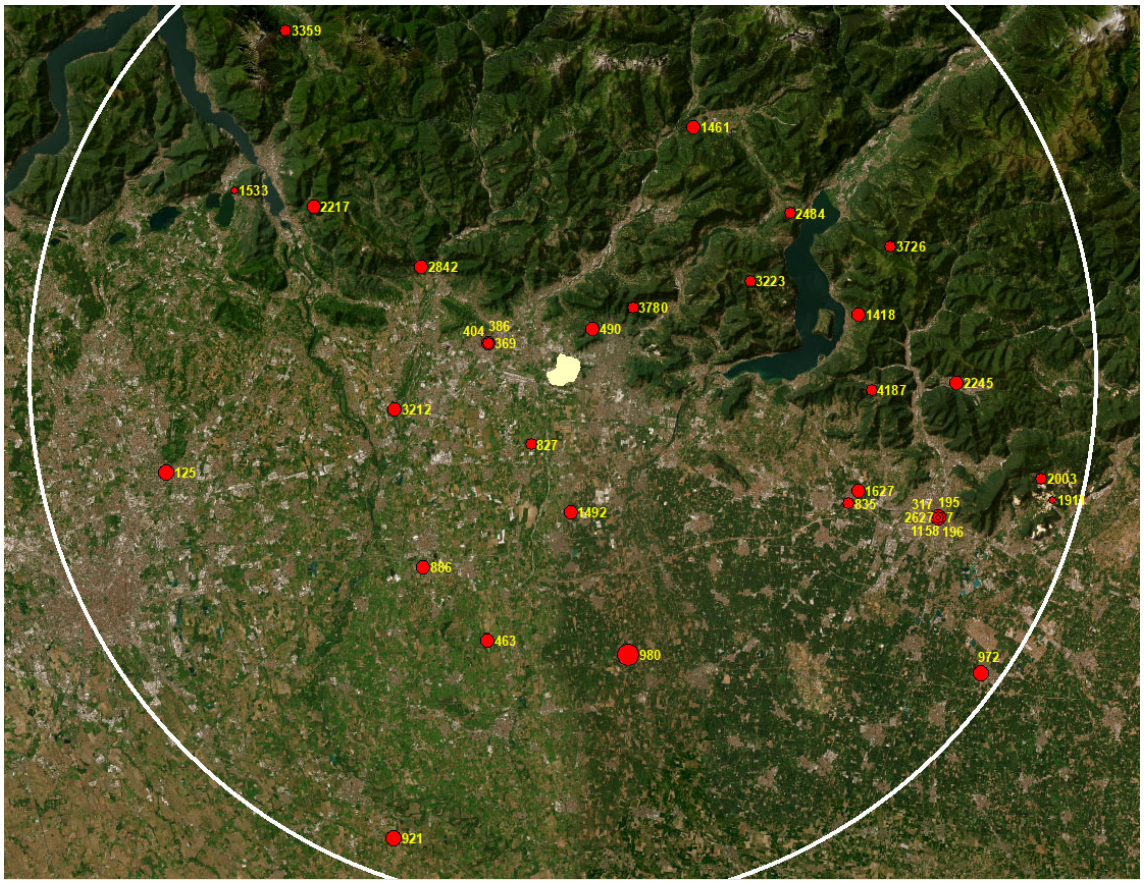


Figura 89: sismicità storica in un intorno di 50 km rispetto a Brusaporto a partire dall'anno 1000 fino al 2026 per i terremoti con intensità epicentrale ≥ 4

La Figura 90 elenca i 34 terremoti identificati con le relative ubicazioni e magnitudo.

In Figura 91 si riporta invece il risultato dell'interrogazione del database CPTI15-DBMI15 per l'area di Brusaporto, da cui si evince, data l'esiguità del numero di eventi, la difficoltà di reperire informazioni storiche sufficientemente attendibili da essere riconducibili alle intensità macrosismiche, soprattutto per gli eventi più datati.

Secondo la vecchia banca dati del GNDT (Gruppo Nazionale Difesa Terremoti) le massime intensità macrosismiche osservate per il territorio di Brusaporto è <= 7 (scala MERCALLI, CANCANI, SIEBERG 1932).

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

N15	Year	Mo	Da	Mi	Epicentral	LatDef	LonDef	DepIns	IoDef	MwDef
7	1065	3	27	0	Brescia	45.539	10.22	0	7	5.1
125	1396	11	26	0	Monza	45.584	9.274	0	7-8	5.33
195	1471	8	15	40	Brescia	45.539	10.22	0	5	4.16
196	1471	0	0	0	Brescia	45.539	10.22	0	4	3.7
317	1540	9	1	10	Brescia	45.539	10.22	0	5	4.16
369	1576	9	26	10	Bergamo	45.694	9.671	0	5-6	4.4
386	1593	3	8	0	Bergamo	45.694	9.671	0	6-7	4.86
404	1606	8	22	0	Bergamo	45.694	9.671	0	6-7	4.86
463	1642	6	13	0	Pianura lombarda	45.437	9.667	0	6	4.92
490	1661	3	12	0	Prealpi bergamasche	45.705	9.799	0	6-7	4.86
827	1771	8	15	15	Pianura lombarda	45.606	9.722	0	5	4.16
835	1774	3	31	49	Bresciano	45.552	10.111	0	5-6	4.4
886	1781	9	10	30	Pianura lombarda	45.501	9.589	0	6-7	4.93
921	1786	4	7	15	Pianura lombarda	45.267	9.55	0	6-7	5.22
972	1799	5	29	0	Bresciano	45.404	10.27	0	6-7	5.04
980	1802	5	12	30	Valle dell'Oglio	45.424	9.839	0	8	5.6
1158	1839	8	9	45	Brescia	45.539	10.22	0	5	4.16
1418	1879	2	14	0	Garda occidentale	45.715	10.127	0	5	4.62
1461	1882	2	27	30	Valle Seriana	45.878	9.926	0	6-7	4.81
1492	1884	9	12	23	Pianura lombarda	45.547	9.77	0	6	4.7
1533	1887	5	20	12	Lecchese	45.827	9.359	0	5	3.97
1627	1894	11	27	7	Bresciano	45.563	10.123	0	6	4.89
1911	1906	8	2	48	Bresciano	45.552	10.361	0	4	3.76
2003	1909	12	24	40	Garda occidentale	45.571	10.348	0	5	4.17
2217	1918	4	24	21	Lecchese	45.813	9.457	0	6	4.95
2245	1919	11	23	50	Bresciano	45.655	10.246	0	4	4.79
2484	1934	3	23	46	Lago d'Iseo	45.803	10.044	0	5	4.31
2627	1947	12	25	42	Brescia	45.539	10.22	0	4	3.7
2842	1961	11	23	12	Prealpi bergamasche	45.76	9.589	0	6-7	4.86
3212	1979	2	9	44	Bergamasco	45.637	9.555	40.2	6	4.78
3223	1979	11	17	53	Lago d'Iseo	45.745	9.994	6	5-6	4.37
3359	1983	1	3	3	Valsassina	45.965	9.424	61.3		4.27
3726	1993	12	9	16	Lago d'Iseo	45.773	10.167	1.1	5	4.11
3780	1995	10	29	0	Lago d'Iseo	45.723	9.849	32.5	5-6	4.35
4187	2002	11	13	48	Franciacorta	45.65	10.141	10	5	4.21

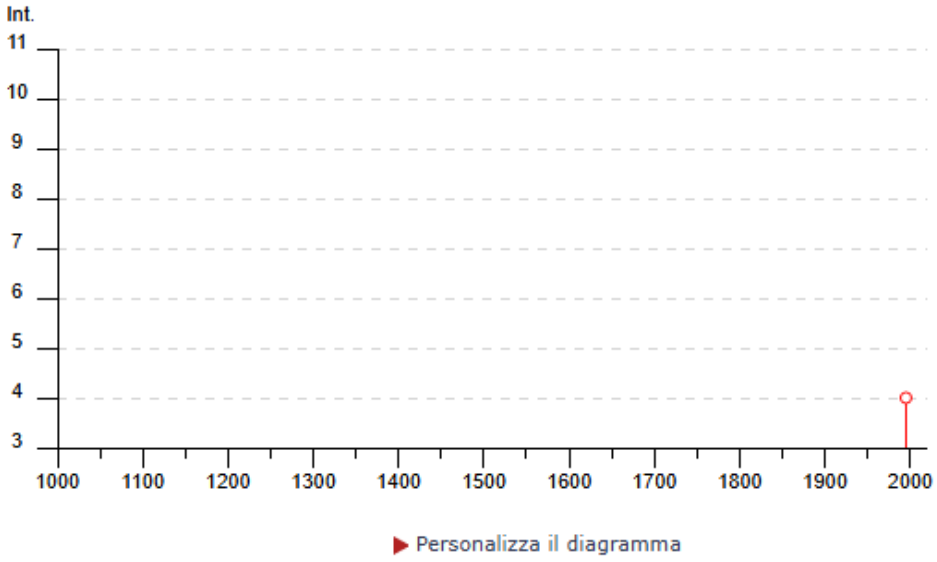
Figura 90: sismicità storica del sito per Mw ≥ 4 a partire dall'anno 1000 fino al 2026

IODef =Default epicentral intensity - Mwdef=Default moment magnitude - Depins = Hypocentral depth [km]

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Brusaporto

PlaceID	IT_14449
Coordinate (lat, lon)	45.671, 9.762
Comune (ISTAT 2015)	Brusaporto
Provincia	Bergamo
Regione	Lombardia
Numero di eventi riportati	3



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
NF	1993	12	09	18	16	5	Lago d'Iseo	175	5	4.11
4	1995	10	29	13	00	2	Lago d'Iseo	408	5-6	4.35

Figura 91: elenco degli eventi sismici rilevati nel territorio di Brusaporto con effetti rilevati (NF = Not Felt)

5.8.3 STRUTTURE SISMOGENETICHE LOCALI

Le strutture sismogenetiche di interesse per il sito in esame sono state desunte dal database DISS (Database of individual seismogenic sources) consultabile al sito https://diss.ingv.it/diss330/dissmap.html.

La struttura che più da vicino interessa il comune di Brusaporto è la ITCS010 - Western S-Alps internal thrust. Si tratta di una sorgente sismogenetica composita che dalla zona occidentale del Garda si estende verso ovest. Tale struttura appartiene ad un sovrascorrimento interno (cieco) del sistema di sovrascorrimenti del dominio sud-alpino e delle Giudicarie. Il fronte del thrust nella zona in esame è vergente verso sud e costituisce una rampa di uno dei sistemi di faglie più meridionali delle Alpi.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

La profondità minima di questa struttura è stimata in 5 km, la massima a 12. La magnitudo MW massima attesa è stimata in Mw 6.9.

Sotto al territorio del comune la profondità di questa struttura va da circa 10 nella zona meridionale a circa 12 a quella settentrionale.

Poco più a sud dell'area in esame una altra struttura sismogenetica di interesse è rappresentata dalla ITCS002 (Western S-Alps external thrust deep). Anche di questa struttura si sono riportati i dati salienti desumibili dalla relativa scheda DISS.

La profondità minima di questa struttura è stimata in 6 km, la massima a 13. La magnitudo MW massima attesa è stimata in Mw 6.8.

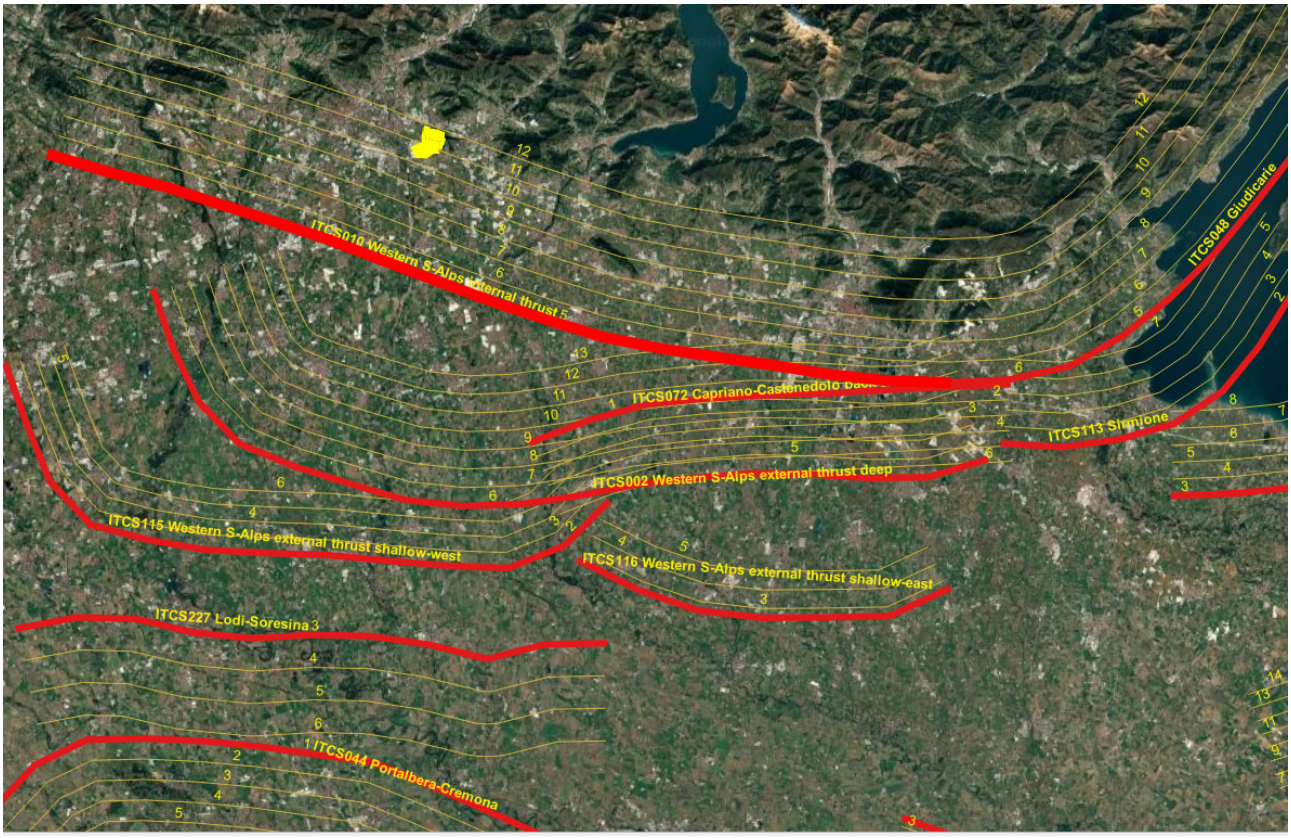


Figura 92: strutture sismogenetiche presenti nel sottosuolo. L'area di Brusaporto p colorata in giallo

Altre sorgenti sismogenetiche che potrebbero generare terremoti con risentimenti significativi nel territorio comunale sono le seguenti:

- La sorgente composita ITCS115; Western S-Alps external thrust shallow-west

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

- La sorgente individuale ITIS104, alla quale è associato il terremoto della Valle dell'Oglio del 1802 di Mw 5.6);
- Il retroscorrimento Capriano del Colle – Castenedolo (sorgente composita ITCS072;
- struttura di Sirmione (sorgente composita ITCS113 a cui è assegnata una magnitudo massima Mw di 6);
- strutture del sistema delle Giudicarie e di Salò (sorgente composita ITCS048 ed individuale ITIS069, entrambe con magnitudo massima Mw assegnata di 5.7);
- tratto orientale del sovrascorrimento superficiale esterno delle Alpi Meridionali (sorgente composita ITCS116), a cui è assegnata una magnitudo massima Mw di 5.5).

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

General Information

DISS-ID	ITCS010
Name	Western S-Alps internal thrust
Compiler(s)	Burrato P.(1)
Contributor(s)	Burrato P.(1)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sezione Roma 1; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
Created	19/04/2010
Updated	28/05/2015
Display map	
Related sources	

Parametric Information

Parameter		Quality	Evidence
Min depth [km]	5.0	OD	Based on geological data from various authors.
Max depth [km]	12.0	OD	Based on geological data from various authors.
Strike [deg] min... max	265...295	OD	Based on geological data from various authors.
Dip [deg] min... max	25...35	OD	Based on geological data from various authors.
Rake [deg] min... max	80...100	EJ	Inferred from geological data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1000... 0.5000	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude [Mw]	6.9	ER	Estimated from Leonard's (2014) scaling relations.

Figura 93: scheda del database DISS per la struttura ITCS010

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

General Information	
DISS-ID	ITCS002
Name	Western S-Alps external thrust deep
Compiler(s)	Burrato P.(1)
Contributor(s)	Burrato P.(1), D'Ambrogi C.(2), Maesano F.E.(1)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sezione Roma 1; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy 2) Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale; Servizio Geologico d'Italia; Via Vitaliano Brancati, 48, 00144 Roma, Italy
Created	01/04/2015
Updated	01/04/2015
Display map	
Related sources	

Parametric Information

Parameter		Quality	Evidence
Min depth [km]	6.0	OD	Based on subsurface geological and geophysical data from various authors.
Max depth [km]	13.0	OD	Based on subsurface geological and geophysical data from various authors.
Strike [deg] min... max	250...340	OD	Based on subsurface geological and geophysical data from various authors.
Dip [deg] min... max	25...40	OD	Based on subsurface geological and geophysical data from various authors.
Rake [deg] min... max	80...100	EJ	Inferred from geological and active stress data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1000... 0.5000	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude [Mw]	6.8	ER	Estimated from Leonard's (2014) scaling relations

Figura 94: scheda del database DISS per la struttura ITCS002

5.8.4 MODELLO DI PERICOLOSITÀ SISMICA – MPS04-S1

Nel paragrafo seguente si riporta il modello di pericolosità sismica del territorio nazionale desumibile dal sito http://esse1-gis.mi.ingv.it/.

Tale modello fornisce la pericolosità sismica di base del territorio italiano, discretizzata in una griglia a maglie regolari di 5 Km di lato. Ogni elemento della griglia ne costituisce un nodo. Il nodo che interessa più da vicino il comune di Brusaporto è il seguente:

Informazioni sul nodo con ID: 11381- Latitudine: 45.678 - Longitudine: 9.774.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

La mappa rappresenta il modello di pericolosità sismica per l'Italia e i diversi colori indicano il valore di scuotimento (PGA = Peak Ground Acceleration; accelerazione di picco del suolo, espressa in termini di g, l'accelerazione di gravità) atteso con una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni su suolo rigido (classe A, Vs30 > 800 m/s) e pianeggiante. Le coordinate selezionate individuano un nodo della griglia di calcolo identificato con l'ID 11381 al quale corrisponde un valore di PGA compreso tra 0.100 e 0.125 g.

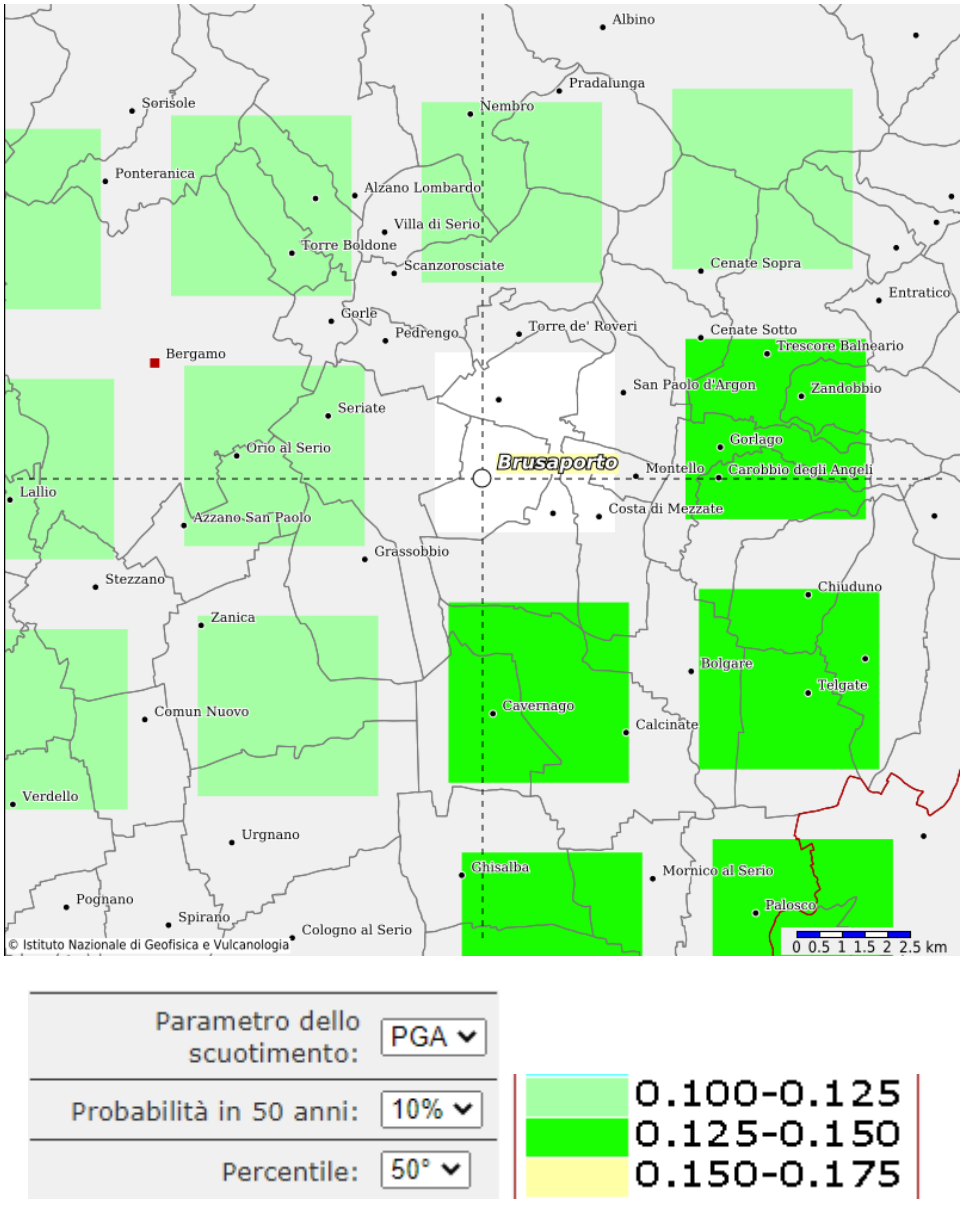


Figura 95: modello di pericolosità sismica del territorio nazionale per il comune di Brusaporto. I colori indicano il valore di scuotimento (PGA o Peak Ground Acceleration) espressi in frazioni di g (acc. gravità)

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

5.8.5 CURVA DI PERICOLOSITÀ

La pericolosità è l'insieme dei valori di scuotimento (in questo caso per la PGA) per diverse frequenze annuali di eccedenza (valore inverso del periodo di ritorno). La tabella riporta i valori mostrati nel grafico, relativi al valore mediano (50mo percentile) ed incertezza, espressa attraverso il 16° e l'84° percentile.

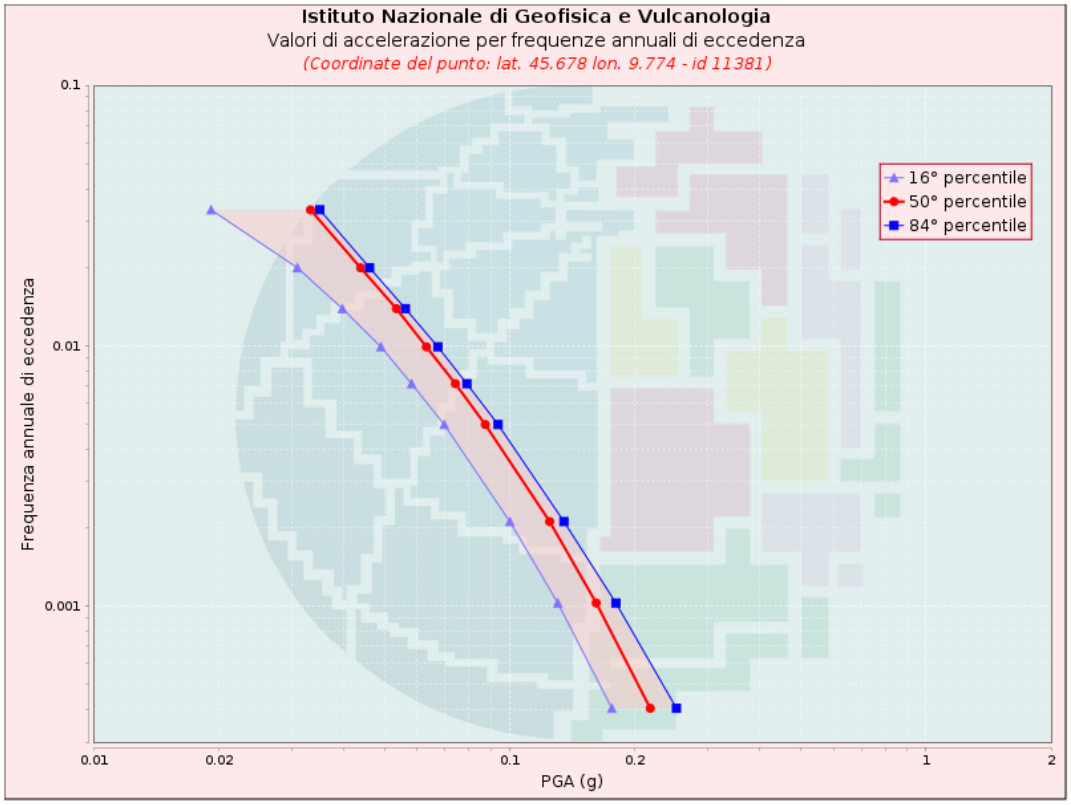


Figura 96: curva di pericolosità per frequenza annuale di eccedenza

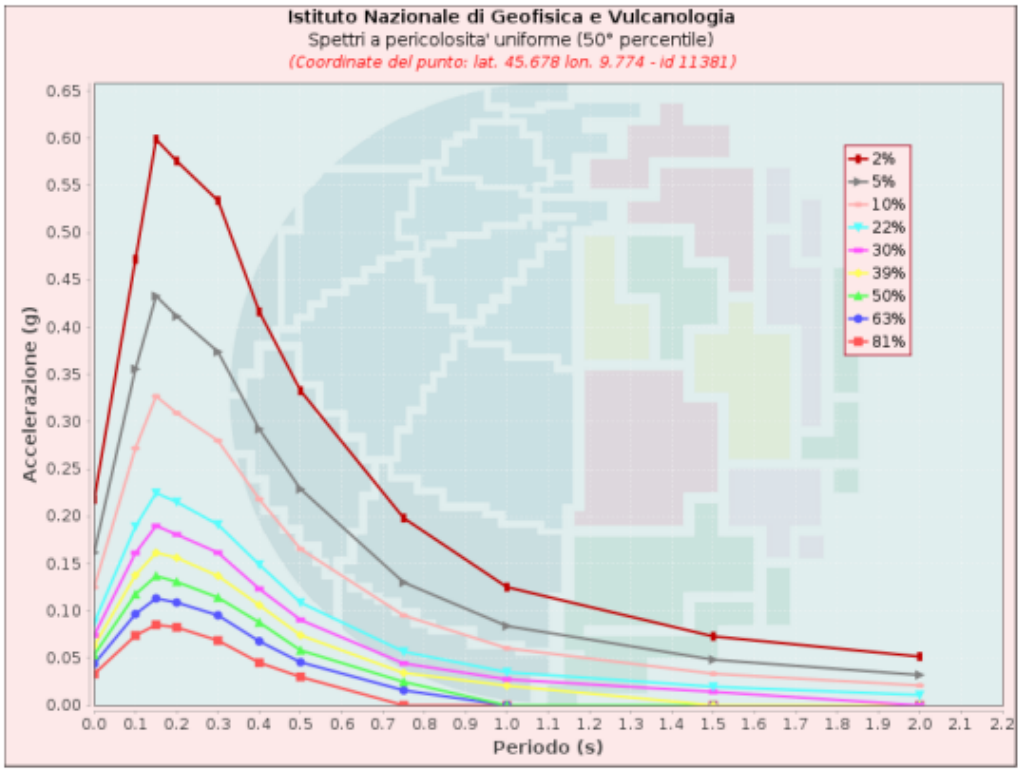
Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza (Coordinate del punto: lat. 45.678 lon. 9.774 - id 11381)			
Frequenza annuale di eccedenza	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.1761	0.2178	0.2518
0.0010	0.1306	0.1615	0.1801
0.0021	0.1002	0.1249	0.1351
0.0050	0.0697	0.0874	0.0939
0.0071	0.0582	0.0741	0.0790
0.0099	0.0491	0.0631	0.0673
0.0139	0.0397	0.0535	0.0562
0.0199	0.0309	0.0439	0.0461
0.0332	0.0192	0.0333	0.0350

Figura 97: valori di accelerazione per frequenza annuale di eccedenza

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

5.8.6 SPETTRI A PERICOLOSITÀ UNIFORME

Gli spettri indicano i valori di scuotimento calcolati per 11 periodi spettrali, compresi tra 0 e 2 secondi. La PGA corrisponde al periodo pari a 0 secondi. Il grafico è relativo alle stime mediane (50mo percentile) proposte dal modello di pericolosità. I diversi spettri nel grafico sono relativi a diverse probabilità di eccedenza (PoE) in 50 anni. La tabella riporta i valori mostrati nel grafico.



Spettri a pericolosita' uniforme (50° percentile)

PoE in 50 anni	Accelerazione (g) Periodo (s)										
	0.0	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0
2%	0.218	0.472	0.599	0.576	0.534	0.416	0.333	0.198	0.125	0.073	0.052
5%	0.162	0.356	0.433	0.412	0.374	0.292	0.229	0.130	0.084	0.048	0.032
10%	0.125	0.272	0.327	0.309	0.280	0.218	0.165	0.095	0.060	0.033	0.021
22%	0.087	0.189	0.225	0.215	0.191	0.149	0.109	0.057	0.035	0.020	0.011
30%	0.074	0.161	0.190	0.181	0.162	0.123	0.090	0.044	0.028	0.014	0.000
39%	0.063	0.138	0.161	0.156	0.137	0.106	0.074	0.034	0.021	0.000	0.000
50%	0.053	0.118	0.137	0.131	0.114	0.088	0.058	0.025	0.000	0.000	0.000
63%	0.044	0.097	0.113	0.109	0.095	0.068	0.046	0.016	0.000	0.000	0.000
81%	0.033	0.074	0.085	0.082	0.069	0.045	0.030	0.000	0.000	0.000	0.000

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

5.8.7 GRAFICO DI DISAGGREGAZIONE M-R

Il grafico rappresenta il contributo percentuale delle possibili coppie di valori di magnitudo-distanza epicentrale alla pericolosità del nodo, rappresentata in questo caso dal valore della PGA mediana, per una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni. La tabella riporta i valori mostrati nel grafico ed i valori medi di magnitudo, distanza ed epsilon.

Il parametro epsilon indica la deviazione dello scuotimento sismico reale rispetto alla media prevista dalle leggi di attenuazione. Misura quante deviazioni standard il moto del suolo si discosta dal valore mediano, descrivendo l'intensità anomala dell'evento sismico atteso nel sito.

Come si può notare il massimo contributo percentuale alla pericolosità sismica locale è data da terremoti con magnitudo compresa tra 4 e 5 e distanze epicentrali fino a 10 Km, che rendono conto per un contributo percentuale intorno al 53,3%.

Contributi alla pericolosità significativi sono dati anche dai terremoti con le seguenti coppie M-R: 4.5-5/10-20km (13,5%), 5-5.5/0-10km (8,72%) e 4-4.5/10-20Km (8,12%), 5-5.5/19-20km (6,21%)

Terremoti con magnitudo superiore a 5.5 forniscono complessivamente un contributo alla pericolosità sismica intorno al 4,75%.

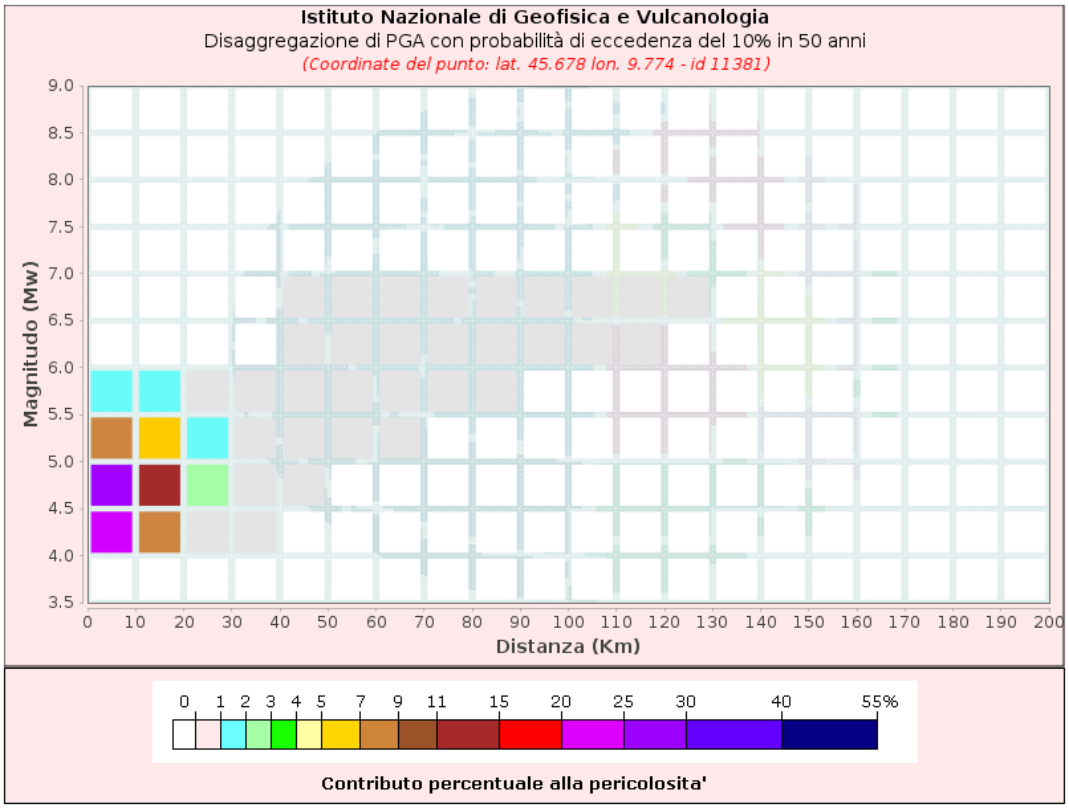


Figura 98: grafico di disaggregazione bidimensionale M-R per il sito in esame

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 45.678 lon. 9.774 - id 11381)											
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	24.1000	29.2000	8.7200	1.8900	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	8.1200	13.5000	6.2100	1.8700	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.7880	2.0100	1.4400	0.6030	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0156	0.2590	0.3620	0.2010	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0119	0.1020	0.1070	0.0493	0.0087	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0202	0.0712	0.0755	0.0144	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0011	0.0297	0.0476	0.0101	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0080	0.0265	0.0063	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0013	0.0132	0.0037	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0056	0.0020	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0020	0.0011	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.74	9.36	0.544

Figura 99: disaggregazione in termini di PGA in formato tabellare con i relativi valori medi.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

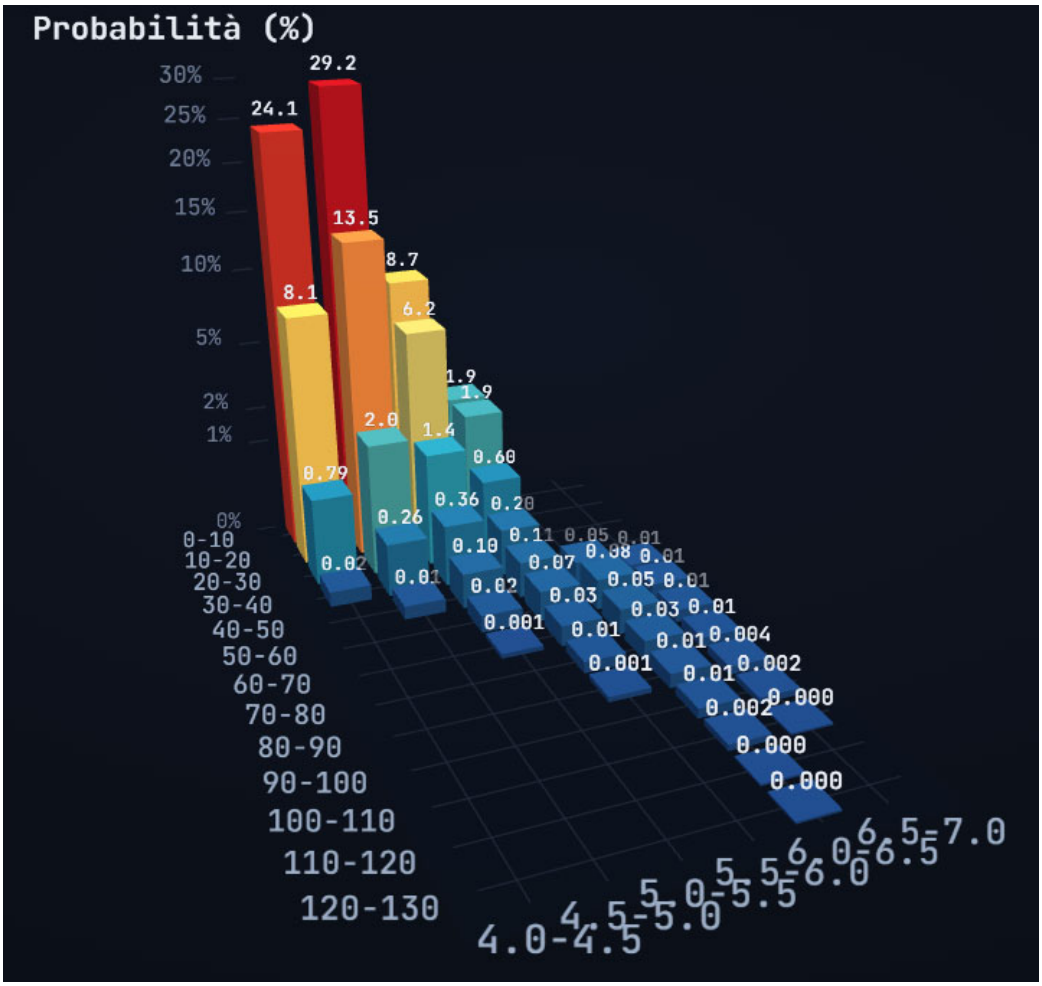


Figura 100: contributo % alla pericolosità sismica nel grafico di disaggregazione 3D - Magnitudo – Distanza

5.8.8 INTEGRAZIONI ALLA PERICOLOSITA' SISMICA DI SITO PREVIGENTE DEL TERRITORIO COMUNALE

Come indicato in Premessa, nel caso del Comune di Brusaporto si è reso necessario produrre una versione aggiornata della carta della PSL, (crf . Tavola 17) sia a seguito delle modifiche introdotte nella struttura della legenda di riferimento ufficiale, sia per l'inserimento di alcune variazioni geometriche degli scenari di pericolosità sismica locale.

In particolare, l'attuale quadro normativo prevede che le zone di contatto stratigrafico e tettonico (Scenario Z5) siano rappresentate tramite una simbologia lineare, a differenza della precedente formulazione che ne prevedeva la perimetrazione poligonale.

Al riguardo, si ritiene che l'inserimento di elementi lineari rigidi associati allo scenario Z5 richieda un livello di dettaglio e di certezza geometrico-spaziale sulle relazioni tra i diversi orizzonti stratigrafici che, per loro natura, non può essere garantito alla scala di lettura propria degli studi

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

geologici a supporto della pianificazione urbanistica generale. I limiti cartografici tracciati possiedono intrinsecamente un valore indicativo e macro-areale.

Poiché a tali elementi lineari sono associate prescrizioni fortemente vincolanti (quali il divieto di edificazione a cavallo dei contatti e l'obbligo di verificare l'omogeneità del sottosuolo), la loro schematizzazione geometrica puntuale in cartografia potrebbe indurre a gravi errori interpretativi in fase di applicazione edilizia. In particolare, tecnici privi del necessario background geolitologico potrebbero ritenere acriticamente ammissibili degli interventi per il solo fatto di essere ubicati a ridosso, ma geometricamente "all'esterno", della linea di contatto rappresentata.

Per tali ragioni, in un'ottica di cautela tecnica e amministrativa, si è preferito non inserire tali elementi lineari di contatto stratigrafico e tettonico nella cartografia di pianificazione. Si rimanda esplicitamente alla fase di progettazione esecutiva e di dettaglio l'onere degli accertamenti geognostici mirati, unici strumenti in grado di ricostruire l'esatto andamento in pianta e in profondità delle transizioni litologiche e strutturali.

Parallelamente, la nuova carta della PSL estende la perimetrazione degli ambiti Z1a e Z1c. I rilievi di dettaglio hanno infatti evidenziato la presenza di due cinematismi franosi attivi e di differenti settori a franosità potenziale (corrispondenti alle Zone STA2 e STA3 della Carta di Fattibilità Geologica). In tali comparti, l'elevata acclività dei versanti e la presenza di significativi spessori di depositi eluvio-colluviali, localizzati in aree a marcata concavità morfologica che favoriscono la convergenza delle acque di scorrimento superficiali e subsuperficiali, sono stati riconosciuti come fattori predisponenti e frequenti cause di innesco dei dissesti gravitativi.

Un'altra modifica ha riguardato gli scenari **Z2a** che sono stati estesi a nuovi ambiti estrattivi.

L'unica modifica sostanziale riguarda l'eliminazione dello scenario **Z2b**, precedentemente associato e sovrapposto allo scenario **Z4d**, in corrispondenza di parte degli ambiti pedecollinari e dei terrazzi antichi, con il mantenimento del solo scenario **Z4d**.

Lo scenario **Z2b** è infatti definito dalla norma come "Zone caratterizzate dalla presenza di terreni "GRANULARI FINI SATURI", potenzialmente soggetti a liquefazione; tale connotazione litologica appare tuttavia difficilmente associabile agli ambiti geomorfologici in esame.

La liquefazione dei terreni si manifesta quando un deposito granulare fine e saturo subisce un drastico decadimento della propria resistenza al taglio, mutando il proprio stato da "solido" a "fluido viscoso" a causa di sollecitazioni dinamiche cicliche. Il fenomeno si innesca quando le onde sismiche di taglio, attraversando il terreno, ne causano la deformazione con riduzione del volume intergranulare. In

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

condizioni di totale saturazione e in regime non drenato, la rapidità dell'azione sismica impedisce l'espulsione dell'acqua contenuta nei vuoti, traducendo questa tendenza alla contrazione in un immediato e vertiginoso incremento delle pressioni interstiziali.

Poiché la stabilità e la capacità portante del terreno dipendono esclusivamente dalle tensioni efficaci (σ') ovvero dalle forze d'attrito trasmesse nei punti di contatto diretto tra le particelle di terreno, come espresso dalla relazione classica di Terzaghi:

$$\sigma' = \sigma - u$$

l'aumento delle pressioni neutre (u) può giungere ad eguagliare la pressione geostatica totale (σ). Ciò azzera le forze intergranulari efficaci (σ'), provocando la sospensione idrodinamica delle particelle nel fluido e la conseguente perdita di rigidezza dell'intero ammasso.

La suscettibilità a questa forma di collasso strutturale è strettamente vincolata a specifiche caratteristiche litologiche, geometriche e idrogeologiche del sito, manifestandosi elettivamente in depositi sedimentari sciolti e debolmente addensati. Lo stato di densità relativa iniziale è un fattore discriminante, in quanto solo i terreni con comportamento puramente contraente generano sovrapressioni idriche stabili sotto sforzo di taglio, mentre i terreni densi mostrano una tendenza dilatante che abbatte le pressioni interstiziali, stabilizzando il mezzo.

La tessitura del terreno deve inoltre presentare una granulometria uniforme confinata nelle frazioni delle sabbie fini e dei limi non plastici, dove l'assenza di coesione elettrochimica tipica delle frazioni argillose affida la resistenza meccanica solo all'incastro geometrico e all'attrito delle particelle, mentre la saturazione completa fissa il limite geometrico del rischio al di sotto del livello della falda acquifera superficiale.

Al verificarsi della liquefazione, la risposta globale del terreno si traduce in macro-meccanismi di dissesto superficiale che compromtono l'integrità delle strutture antropiche e l'assetto morfologico del territorio. L'acqua in sovrapressione nel sottosuolo genera forti gradienti idraulici ascensionali che perforano gli strati di copertura meno permeabili, originando camini di filtrazione e fenomeni di sifonamento che eruttano in superficie miscele bifasiche d'acqua e sedimento note come vulcanelli di sabbia.

Parallelamente, il crollo della capacità portante sotto i piani di posa delle fondazioni determina severi cedimenti differenziali con conseguenti rotazioni o sprofondamenti cinematici degli edifici, mentre i manufatti interrati a bassa densità subiscono il galleggiamento idrostatico a causa della spinta ascensionale del fango fluidificato. Infine, in presenza di morfologie in pendenza o di fronti liberi

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

come argini e scarpate, l'ammasso instabilizzato funge da piano di scivolamento determinando l'espandimento laterale (*lateral spreading*) del terreno, un cinematismo di traslazione che lacera la crosta superficiale non liquefatta attraverso profonde fratture estensionali.

Per quanto concerne i terreni degli ambiti pedecollinari e dei terrazzi antichi nel territorio di Brusaporto, i caratteri litologici e stratigrafici reali divergono nettamente dalle condizioni sopra descritte:

- **Ambito pedecollinare:** È costituito da depositi prevalentemente di natura limoso-argillosa di origine eluvio-colluviale, derivanti dall'accumulo alla base dei versanti per disfacimento delle coltri di copertura e successivo trasporto ad opera delle acque di scorrimento superficiale (Unità di Palazzago - Allogruppo di Grassobio). La componente coesiva (argillosa) intrinseca esclude a priori la suscettibilità alla liquefazione sismica.
- **Terrazzi antichi:** Facendo riferimento ai dati regionali ERSAF per questo settore, siamo in presenza di depositi di natura alluvionale antichi, in origine grossolani con matrice limoso-sabbiosa, che hanno subito una profonda pedogenizzazione con intensi fenomeni di decarbonatazione, illuviazione dell'argilla e ferrettizzazione spinta, spesso associati a coperture colluviali o eoliche. Quale ulteriore evidenza oggettiva profonda, i dati del pozzo ad uso irriguo presso il campo sportivo comunale, documentano una stratigrafia locale peculiare: a un primo orizzonte superficiale di alluvioni ghiaioso-sabbiose (spessore 9 m) segue una potente e continua successione argillosa profonda che si estende fino a 32 metri dal P.C. (argille con rare ghiaie superiormente e argille color ocra inferiormente), riconducibile a un ambiente sedimentario protetto a bassa energia (margine lacustre). Tale imponente spessore argilloso-coesivo esclude la presenza di sabbie sciolte sature. Gli orizzonti argillosi costituiscono inoltre il supporto per falde sospese locali e occasionali alimentate dalle piogge, la cui assenza nel sondaggio ne ribadisce il carattere discontinuo e non assimilabile a un acquifero superficiale saturo e generalizzato.

Sulla base delle considerazioni espresse, si ritiene che manchino totalmente le condizioni litologiche, tessiturali e idrogeologiche necessarie all'innesco della liquefazione (terreni granulari fini non coesivi, omogenei e stabilmente saturi in superficie), rendendo improprio l'inserimento di questi comparti nello scenario Z2b. Considerata la marcata prevalenza di depositi colluviali e di matrici a comportamento coesivo o lisciviato, si ritiene geomorfologicamente e tecnicamente più consona l'attribuzione al solo scenario Z4d.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Per quanto concerne invece l'applicazione del secondo livello di approfondimento degli effetti sismici di sito, il comune di Brusaporto dispone di uno studio a firma del Dott. Geol. Carlo Pedrali datato novembre 2009 e basato sulla D.G.R. 8/7374/2008.

Il confronto tra le procedure elencate all'Allegato 5 della previgente D.G.R. 8/7374/2008 e l'Allegato 5 della vigente D.G.R. IX/2616/2011 evidenzia una totale identità dei contenuti tecnici e spettrali per le analisi 2° livello. I fusi granulometrici, gli intervalli delle velocità delle onde di taglio Vs, le curve di degrado e smorzamento e le equazioni polinomiali/logaritmiche utilizzate per il calcolo del Fattore di Amplificazione Fa non hanno subito alcuna modifica.

La ripubblicazione delle schede grafiche operata dalla Regione nel 2011 ha assunto esclusivamente il valore formale di *Errata Corrige* tipografica, atta a sanare refusi di stampa presenti nel Bollettino Ufficiale del 2008, senza introdurre nuovi vincoli fisici o criteri di calcolo più restrittivi.

Anche i valori di soglia comunali, a cui riferire i valori di Fa calcolati impiegati nello studio del 2009 sono quelli previsti dalla normativa vigente.

Lo studio del 2009 si basava inoltre su 5 prove MASW per l'investigazione sismica del territorio, che coprivano omogeneamente tutte le aree del territorio comunale dalla pianura alla collina.

Il confronto di quelle prove con alcuni dati più recenti ottenuti da prove HVSR, ha evidenziato una sostanziale concordanza di risultati in termini di stratigrafia ricostruita che di categoria di sottosuolo, cosa che ha fatto ritenere che non fossero necessarie ulteriori integrazioni.

Ai fini dell'adeguamento dello strumento urbanistico comunale alle disposizioni introdotte dalla **D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011**, si ritiene pertanto che **l'applicazione della procedura di secondo livello** contenuta nello *Studio degli effetti sismici di sito del Comune di Brusaporto* redatto dal Dott. Geol. Pedrali nel novembre 2009, sia pertanto adeguato alla normativa vigente e non necessiti di integrazioni.

Lo scrivente ha pertanto fatto proprie le prescrizioni ivi espresse e al fine di semplificare la consultazione delle norme di piano sismiche, ha proceduto al loro adeguamento e riscrittura all'interno di di uno specifico punto delle più generali Norme di Piano.

6 FASE DI SINTESI / VALUTAZIONE

Gli elaborati di questa fase sono ricompresi nel Piano delle Regole e comprendono la sintesi dei vincoli a carattere prettamente geologico, nonché la sintesi degli elementi di pericolosità presenti in ambito comunale.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

6.1. CARTA DEI VINCOLI

In adempimento ai criteri per la redazione della Componente Geologica stabiliti dalla DGR n. IX/2616, è stata eseguita la ricognizione sistematica di tutti i vincoli operanti a livello sovraordinato. A valle dell'analisi del quadro conoscitivo, si attesta che sul territorio comunale di Brusaporto non insistono i vincoli di cui ai punti 6.1.1, 6.1.2, 6.1.3 e 6.1.3 (di seguito richiamati). Per tali vincoli, ovviamente esclusi dalla relativa cartografia (Tavola 13) non si applicano pertanto prescrizioni normative.

6.1.1 VINCOLI DERIVANTI DALLA PIANIFICAZIONE DI BACINO AI SENSI DELLA L. 183/89

- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, approvato con d.p.c.m. 24 maggio 2001 (Elaborato n. 8 – Tavole di delimitazione delle Fasce Fluviali);
- Piano Stralcio delle Fasce Fluviali approvato con d.p.c.m. 24 luglio1998;

Non sono presenti vincoli ricadenti nella fattispecie considerata.

6.1.2 AREE DI SALVAGUARDIA DELLE CAPTAZIONI AD USO IDROPOTABILE

Nel territorio comunale non sono presenti pozzi ad uso idropotabile. Nei comuni confinanti sono presenti diversi pozzi ma nessuno ad una distanza tale da imporre vincoli di tutela assoluta (ZTA) o di rispetto (ZDR) sul territorio comunale.

6.1.3 VINCOLI DERIVANTI DAL PTR: INFRASTRUTTURE STRATEGICHE DI INTERESSE REGIONALE (VASCHE DI LAMINAZIONE)

La consultazione della 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, non evidenzia interventi ricadenti nel territorio comunale.

6.1.4 GEOSITI

La normativa definisce che debbano essere individuati i beni geologici già soggetti a forme di tutela (Allegato 14 della DGR IX/2616/2011). Non sono individuati geositi in ambito comunale.

I vincoli effettivamente presenti legati all'aspetto geologico, previsti dalla DGR IX/2616/2011, sono cartografati nella Tavola 13 (Carta dei Vincoli) e sono di seguito elencati e descritti.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

6.1.5 VINCOLI DI POLIZIA IDRAULICA DI CUI ALLA DGR VII/7868/2002 E SMI

La normativa stabilisce che debbano essere tracciate le fasce di rispetto dei corpi d'acqua appartenenti al reticolo idrico principale, di bonifica e minore a cui sono associati i relativi vincoli di Polizia Idraulica. Il comune di Brusaporto dispone di uno studio del RIM piuttosto datato (2005) basato su un diverso rilievo fotogrammetrico, a firma dello scrivente. Confrontando tale studio con i tracciati del reticolo idrografico basati su nuovi rilievi e con la rete idrografica del Reticolo Idrico Regionale Unificato (RIRU), si sono riscontrate alcune minori differenze, legate alla diversa cartografia di base impiegata, che hanno consigliato il ridisegno delle fasce di rispetto per garantire una miglior corrispondenza con la base topografica impiegata.

Le nuove fasce così calcolate differiscono da quella della cartografia ufficiale del RIM in alcuni particolari minori, ma sono coerenti con la base topografica utilizzata per il PGT.

Nel caso di Brusaporto e per quanto riguarda il RIM di pertinenza comunale (settore collinare) le fasce hanno un'ampiezza di 10 metri dalla sommità della sponda incisa o dall'estremità più esterna dei manufatti artificiali di contenimento.

Per quanto concerne invece i corsi d'acqua di competenza del consorzio di bonifica (CBMPB) le fasce hanno un'ampiezza di 5 metri.

Le fasce di rispetto calcolate e i relativi vincoli hanno un valore cartografico indicativo. La legge stabilisce che in caso di dubbio, prevalgano sempre le misurazioni condotte in sito.

Per quanto concerne i vincoli associati ai vari corpi idrici si rimanda al documento di Polizia Idraulica del RIM di Brusaporto.

6.1.6 VINCOLI DERIVANTI DAL PROGRAMMA DI TUTELA E USO DELLE ACQUE (PTUA 2025)

Il territorio del Comune di Brusaporto è interessato dalle tutele introdotte dal Programma di Tutela e Uso delle Acque (PTUA 2025) della Regione Lombardia, approvato ai sensi dell'art. 121 del D.lgs. n. 152/2006 e dell'art. 45 della L.R. n. 26/2003. (Cfr. 5.7.3).

Ai sensi dell'articolo 2, comma 1 delle Norme Tecniche di Attuazione (NTA) del PTUA, le prescrizioni in esso contenute hanno efficacia immediatamente vincolante per le amministrazioni pubbliche territoriali. Il Comune è tenuto a recepire tali tutele all'interno dei propri strumenti di pianificazione ambientale, urbanistica e territoriale, assumendo le perimetrazioni regionali come vincolo sovraordinato.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

In conformità alla disciplina delle aree protette e di salvaguardia individuate in coerenza con la Direttiva 2000/60/CE (Articolo 5, comma 3 delle NTA), il territorio comunale risulta inserito nelle Zone di protezione delle acque sotterranee per l'utilizzo potabile, attuale e futuro, specificamente classificate come Zone di riserva e aree di ricarica della falda. Il riferimento cartografico ufficiale e i relativi dati spaziali di tali aree coincidono con lo strato informativo geografico della Tavola 11 A degli elaborati del PTUA regionale.

L'inserimento del territorio all'interno delle zone di riserva e ricarica della falda comporta le seguenti implicazioni dirette sul regime autorizzatorio e sulla pianificazione locale:

Tutela quantitativa e regime delle derivazioni (Art. 23, comma 6): I prelievi e l'utilizzo delle risorse idriche sotterranee da falda per usi diversi da quello potabile sono subordinati e condizionati dalla legge alla verifica dell'equilibrio del bilancio idrico per ogni singolo fabbisogno, all'accertata assenza di fonti alternative e alla verifica dell'impossibilità tecnica o economica di riutilizzo di acque reflue depurate o meteoriche. Tale disciplina costituisce prescrizione immediatamente vincolante anche per i soggetti privati (Art. 45, comma 1, lett. g).

Obblighi di verifica e poteri di blocco dell'Autorità Locale (Art. 2, comma 2): Il Comune, in qualità di autorità competente al rilascio di provvedimenti autorizzativi, permessi o nulla-osta comunque denominati (inclusi i titoli abilitativi edilizi), non può consentire la realizzazione di opere, attività o interventi che siano in contrasto con le NTA del PTUA o che possano compromettere il raggiungimento degli obiettivi di qualità della risorsa idrica.

Obbligo procedurale di valutazione d'ambito (Art. 42, comma 5): Preliminarmente all'approvazione di piani e progetti di ristrutturazione urbanistica o di nuova urbanizzazione che interessino il territorio comunale, l'Amministrazione ha l'obbligo di richiedere all'Ufficio d'Ambito (ATO) una specifica valutazione circa la compatibilità dell'intervento con il Piano d'Ambito.

Coordinamento della pianificazione e opere di laminazione (Art. 42, commi 1 e 6): Lo strumento urbanistico generale deve obbligatoriamente concorrere alle politiche regionali di tutela quali-quantitativa della risorsa idrica sotterranea. A tal fine, il Piano dei Servizi comunale è vincolato a individuare le aree da destinare alla realizzazione degli interventi di laminazione delle portate degli scarichi e di gestione delle acque meteoriche di dilavamento.

Tracciabilità dei Corpi Idrici (Art. 4, comma 2): Ogni procedimento relativo a opere o attività potenzialmente impattanti deve fare esplicito riferimento al codice univoco identificativo del corpo

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

idrico sotterraneo interessato, così come registrato nei sistemi informativi SINTAI/WISE e nel database del PTUA.

6.1.7 VINCOLI RELATIVI ALLE AREE ALLAGABILI – DGR X/6738 DEL 19 GIUGNO DEL 2017

La cartografia della Componente Geologica recepisce e conferma integralmente la perimetrazione delle fasce di pericolosità e rischio vigenti del PAI e del PGRA, secondo il quadro conoscitivo dettagliatamente esposto al precedente punto 5.6.5. In sede di variante, non sono state introdotte modifiche o rimodulazioni ai perimetri istituzionali. Tale scelta è motivata dall'indisponibilità di studi idraulici di dettaglio (quali mappe delle velocità di flusso e dei tiranti idrici) necessari a disaggregare localmente le aree a pericolosità media (P2M o M) da quella a pericolosità elevata (P3H o H). Nella cartografia ufficiale regionale, infatti, tali perimetrazioni risultano geometricamente sovrapposte e coincidenti, essendo entrambe associate al medesimo tempo di ritorno di 50 anni.

6.1.8 VINCOLI E FASCE DI SALVAGUARDIA IDRAULICA ED IDROGEOLOGICA

Sono individuate le aree necessarie a garantire la sicurezza idraulica e la difesa del suolo del territorio comunale, articolandosi in elementi strutturali esistenti (vasca di laminazione) e tutele preventive (vincoli di salvaguardia).

a) Salvaguardia e rispetto dell'infrastruttura idraulica esistente (Vasca di laminazione): Area di rispetto istituita a protezione della vasca di laminazione esistente, volta a preservarne la piena funzionalità strutturale, l'accessibilità per la manutenzione e la capacità di invaso. In tale area sono vietate trasformazioni che possano pregiudicare l'efficienza dell'opera pubblica.

Area di salvaguardia: l’istituzione del vincolo di inedificabilità assoluta nella porzione di territorio individuata si rende necessaria per le seguenti motivazioni tecniche e di pubblica incolumità:

1. **Continuità della Rete di Drenaggio e Bonifica:** L’area individuata costituisce l'unico corridoio di suolo libero idoneo a garantire il futuro potenziamento dell’interconnessione idraulica e smaltimento delle acque meteoriche provenienti dal fosso di guardia posto a monte dell'abitato (canale 23), verso il reticolo idrico in gestione al Consorzio di Bonifica. Il Consorzio ha individuato tale area come destinataria di interventi strutturali di potenziamento della rete idrica e di bonifica. L’eventuale edificazione o sigillatura del suolo in questo comparto precluderebbe in modo irreversibile la realizzazione di tali opere pubbliche essenziali, pregiudicando l'adeguamento della rete idrica comunale.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

2. **Interferenza Idrogeologica ed Effetto Sbarramento delle Falde Sospese:** Le indagini geologiche e idrogeologiche di supporto al Piano hanno evidenziato in tale area una condizione di *bassa soggiacenza di falda*, con la presenza accertata di falde idriche superficiali e sospese. Qualsiasi intervento di edificazione civile o industriale, in particolare se comportante opere di scavo, fondazioni continue (a platea) o volumi interrati/seminterrati, genererebbe un "effetto diga" sotterraneo. Tale sbarramento altererebbe il naturale deflusso orizzontale delle acque sub-superficiali, determinando fenomeni di rigurgito a monte con conseguente impaludamento, rischio di allagamento del tessuto urbano consolidato circostante e violazione del principio del libero scolo delle acque (Art. 913 del Codice Civile).

6.2. CARTA DI SINTESI

La Tavola 14 (Carta di Sintesi) rappresenta le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità/vulnerabilità riferita allo specifico fenomeno che la genera. E' definita da una serie di poligoni che delimitano porzioni di territorio caratterizzate da pericolosità geologico-geotecnica e vulnerabilità idraulica e idrogeologica omogenee. La sovrapposizione di più ambiti determina dei poligoni misti per pericolosità determinata da più fattori limitanti.

Gli elementi da prendere in considerazione in questo documento sono raggruppati nelle categorie di seguito elencate:

1. Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti;
2. Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico;
3. Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico;
4. Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche.

Categoria 1: Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti

Sono state riconosciute ed individuate catograficamente le seguenti tipologie di scenari:

- Aree di frana attiva (scivolamenti, colate ed espansioni laterali); (STA1 in Fattibilità geologica);
- Aree a franosità superficiale attiva diffusa (scivolamenti, soliflusso, deformazioni, contropendenze, gradini morfologici persistenti nel tempo); (STA1 in Fattibilità geologica);

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

- Aree a pericolosità potenziale legate alla presenza di terreni a granulometria fine (limi e argille) su pendii inclinati e in zone morfologicamente concave tali da favorire l'accumulo di spessori significativi di terreni eluvio colluviali; (STA2 in Fattibilità geologica);

Categoria 2: Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico

Sono state riconosciute ed individuate cartograficamente le seguenti tipologie di scenari:

- Aree con emergenze idriche: si sono evidenziate essenzialmente le sorgenti presenti sul territorio in quanto si tratta, ovviamente, di manifestazioni di tipo puntuale.
- Aree caratterizzate da una vulnerabilità degli acquiferi alta. L'applicazione del metodo SINTACS per le zone della piana alluvionale e dei terrazzi recenti restituisce un punteggio minimo di 166 e massimo di 181, che corrisponde alla classe di vulnerabilità "Alta" (sensu Civita, De Maio). La normativa di riferimento prevede di inserire in cartografia le sole aree ad "elevata vulnerabilità" dell'acquifero. Poiché il testo normativo non esplicita i metodi di riferimento, lo scrivente suppone che il termine "elevata" sia impiegato in senso del tutto generico e non tassonomico rispetto al protocollo SINTACS. Si è pertanto ritenuto necessario inserire comunque in cartografia le suddette aree a vulnerabilità "alta", applicando un criterio cautelativo anche in considerazione del potenziale centro di pericolo rappresentato dal deposito di scorie di fonderia ubicato nella zona occidentale del territorio comunale.
- Aree di Riserva idrica e ricarica; il PTUA 2025 inserisce tutto il comune di Brusaporto nelle zone di Riserva idrica, di ricarica della falda e delle aree destinate al consumo umano.

Categoria 3: Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico;

Sono state riconosciute ed inserite in questa categoria le seguenti zone:

- aree potenzialmente allagabili individuate con criterio storico geomorfologico tenendo conto delle criticità derivanti dall'insufficienza della rete idrica di smaltimento, in particolare del canale 23 del RIM.
- Gli scenari H (P3H) ed M (P2/M) del PAI-PGRA. Interessano la zona di confine con il comune di Bagnatica (cfr. 5.6.5); (IDR1-IDR2 in Fattibilità geologica);

Categoria 4: aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche

Sono state riconosciute ed inserite in questa categoria le seguenti zone:

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

- L'Ambito geomorfologico dei Terrazzi antichi, caratterizzato da suoli profondi, anche ferrettizzati, di natura limoso-argillosa, che in presenza di elevati tenori di acqua tendono ad avere limitata capacità portante; (GEO1 in Fattibilità geologica);
- Le aree pedecollinari circostanti al rilievo del Monte Tomenone, caratterizzate da depositi eluvio colluviali, anche sotto forma di cono colluviale, litologicamente costituite da depositi limoso-argillosi con limitata capacità portante. Sono stati inclusi in questo gruppo anche i depositi più prossimali ai rilievi, dove è comunque probabile che gli spessori dei depositi siano piuttosto limitati per la sottostante presenza del substrato roccioso; (GEO2 in Fattibilità geologica);
- Aree con **accertata** presenza di faldine sospese, a bassa soggiacenza, con probabile interferenza con eventuali opere interrate; (IDG1 in Fattibilità geologica);

Entrambi questi ambiti possono presentare, localmente, faldine sospese a bassa soggiacenza dal P.C. anche al di là delle zone in cui effettivamente ne è stata accertata la presenza.

A titolo di esempio, il pozzo comunale presso il campo sportivo, non ha rilevato falde di questo tipo. Ad una distanza di circa 150 m invece, ad est del campo sportivo, a nord di Via Roccolo, è documentata una falda sospesa a circa 1,5 metri dal P.C. Non si esclude che la presenza di queste faldine sospese, possa essere dovuta, localmente, al richiamo di acqua nei terreni di riporto (tipicamente ghiaiosi) utilizzati per realizzare i sottofondi degli edifici con interrati che sorgono in zona.

7 FASE DI PROPOSTA

La fase di proposta si esplica attraverso la redazione della carta di fattibilità geologica e delle norme geologiche di piano. Tale fase prevede modalità standardizzate di assegnazione della classe di fattibilità agli ambiti omogenei per pericolosità geologica e geotecnica e vulnerabilità idraulica e idrogeologica individuati nella fase di sintesi, al fine di garantire omogeneità e obiettività nelle valutazioni di merito tecnico.

7.1. CARTA DI FATTIBILITÀ PERLE AZIONI DI PIANO

La carta di fattibilità geologica (cfr. Tavola 15) è stata desunta dalla carta di sintesi e dalla carta dei vincoli (per gli ambiti ricadenti entro le fasce fluviali e le aree in dissesto PAI-PGRA) attribuendo un valore di classe di fattibilità a ciascun poligono. Oltre a ciò si è operato in ambito GIS dopo aver

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

prodotto una carta dell'acclività del territorio (cfr. Figura 101), provvedendo ad intersecare i diversi livelli informativi, per ottenere una suddivisione in classi più fine.

L'attuale quadro normativo prevede la redazione di una cartografia di sintesi in cui gli scenari di Pericolosità Sismica Locale (PSL) siano sovrapposti alle Classi di Fattibilità Geologica mediante l'impiego di specifici retini trasparenti.

In fase di elaborazione, l'applicazione rigorosa di tale criterio di sovrapposizione ha tuttavia generato elaborati grafici del tutto insoddisfacenti e di complessa lettura. L'elevato livello di dettaglio e la notevole densità informativa del rilievo fotogrammetrico di base, uniti alla necessaria coesistenza di molteplici elementi grafici, campiture e apparati di etichettatura analitica, avrebbero dato luogo a un fenomeno di saturazione visiva (sovraccarico informativo). Tale condizione avrebbe compromesso la spiccata leggibilità del dato, aumentando il rischio di errori interpretativi in fase di consultazione.

Nell'ottica di massimizzare l'efficacia tecnico-operativa del Piano e la fruibilità dello strumento da parte degli enti di controllo e dei tecnici professionisti, si è ritenuto metodologicamente più corretto produrre un elaborato cartografico unificato in formato affiancato (**Tavola 18**).

Questa impostazione consente la visualizzazione simultanea e l'immediato confronto spaziale tra le classi di fattibilità geologica e i corrispondenti scenari di approfondimento sismico previsti sul territorio. In questo modo si preserva l'altissima risoluzione del rilievo fotogrammetrico sottostante e si fornisce al contempo un quadro d'insieme chiaro, rigoroso e privo di ambiguità grafiche sulle prescrizioni progettuali da applicare a scala di singolo lotto.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

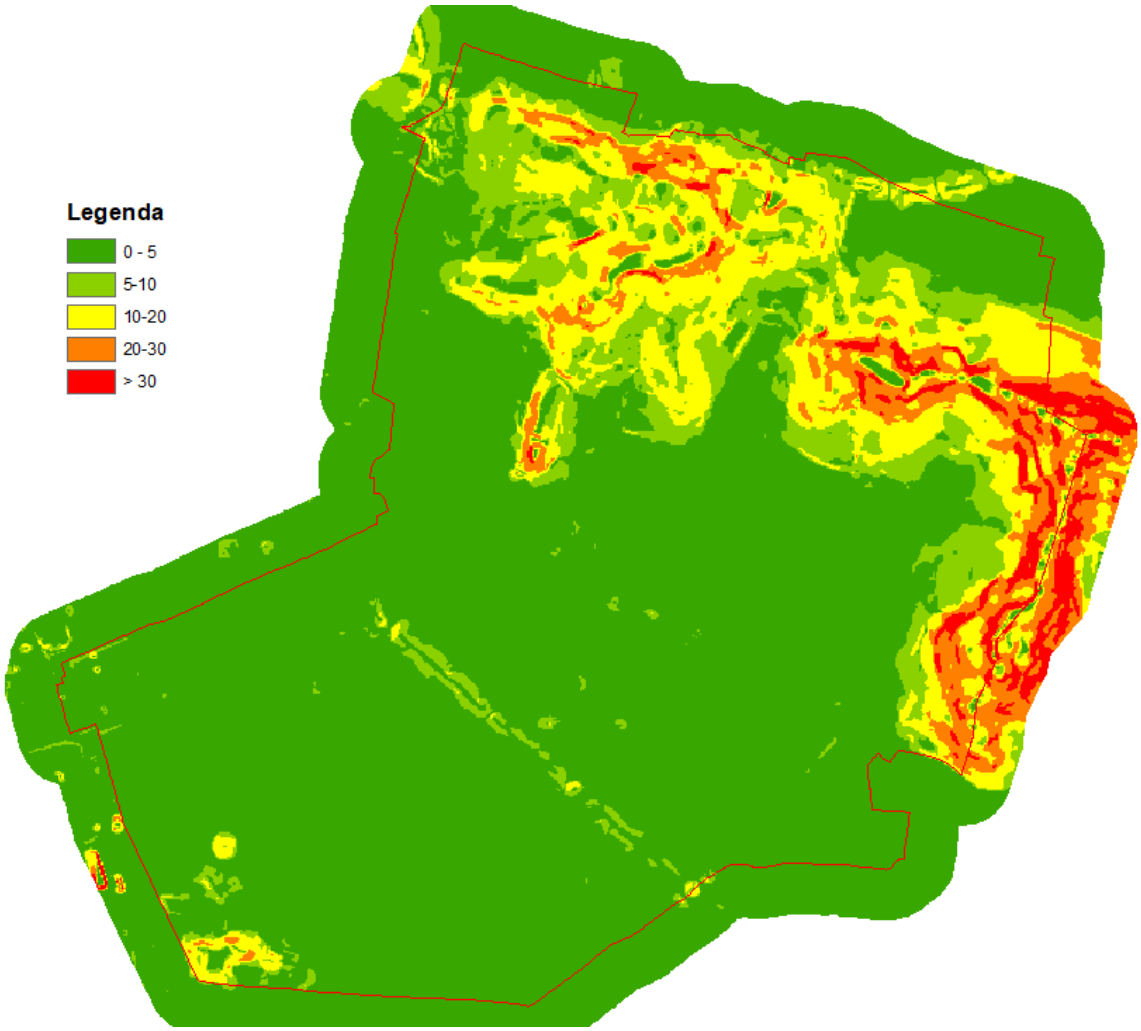


Figura 101: carta dell'acclività del territorio comunale, la legenda è espressa in gradi

La carta di fattibilità geologica è dunque una carta di pericolosità che fornisce le indicazioni in ordine alle limitazioni e destinazioni d'uso del territorio. La carta deve essere utilizzata congiuntamente alle "**norme geologiche di piano**" che ne riportano la relativa normativa d'uso (prescrizioni per gli interventi urbanistici, studi ed indagini da effettuare per gli approfondimenti richiesti, opere di mitigazione del rischio, necessità di controllo dei fenomeni in atto o potenziali, necessità di predisposizione di sistemi di monitoraggio e piani di emergenza).

Metodologicamente si è operata una valutazione congiunta delle problematiche individuate nelle fasi di analisi e di sintesi, con l'obiettivo di suddividere il territorio in aree omogenee a diversa pericolosità geologica.

L'assegnazione di un'area ad una specifica classe di fattibilità geologica segue una procedura standardizzata che prevede in una prima fase l'attribuzione di una classe di ingresso codificata dalla citata DGR in apposite tabelle.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Successivamente tale classe di ingresso può essere aumentata o ridotta in base a valutazioni di merito tecnico per lo specifico ambito e, nel caso di diminuzione, devono essere opportunamente motivate.

Sono previsti anche casi in cui la modifica della classe di ingresso non è derogabile.

Si riportano nel seguito le definizioni di ognuna delle quattro classi di fattibilità desunte dalla DGR IX/2616 del 2011 "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio".

Classe 1 - (colore bianco): Fattibilità senza particolari limitazioni

La classe comprende quelle aree che non presentano particolari limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso e per le quali deve essere direttamente applicato quanto prescritto dalle Norme Tecniche per le costruzioni, di cui alla normativa nazionale.

Classe 2 – (colore giallo): Fattibilità con modeste limitazioni

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico-costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa. Per gli ambiti assegnati a questa classe devono essere indicati, nelle norme geologiche di piano, gli approfondimenti da effettuare e le specifiche costruttive degli interventi edificatori.

Classe 3 – (colore arancione) -: Fattibilità con consistenti limitazioni

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa.

Classe 4 – (colore rosso): Fattibilità con gravi limitazioni

L'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso. Deve essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, ivi comprese quelle interrate, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti sono consentite esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a), b), c) del DPR 380/2001, senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo. Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico possono essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili; dovranno comunque essere puntualmente e attentamente valutate in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio che determinano l'ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea. A tal fine, alle istanze per l'approvazione da parte dell'autorità comunale, deve essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.

7.2. DESCRIZIONE DELLA CARTOGRAFIA PRODOTTA

Nel territorio comunale di Brusaporto sono state individuate le quattro classi di fattibilità, di seguito descritte nel dettaglio.

Per la definizione delle classi di fattibilità si è fatto riferimento alla tabella 1 – classi di ingresso, indicata nella d.g.r. 22 dicembre 2005 n. 8/1566, modificata dalla d.g.r. 28 maggio 2008, n.8/7374 e successivamente integrata dalla d.g.r. 30 novembre 2011, n.9/2616 e s.m.i..

Ad ognuna delle classi di fattibilità individuate corrispondono norme specifiche di piano. Si evidenzia comunque che in ogni caso NON si potrà derogare dalle norme specifiche introdotte dalle Norme Tecniche sulle Costruzioni vigenti (NTC 2018).

Poiché alla medesima classe di fattibilità geologica possono essere associate problematiche geologiche, idrogeologiche, idrauliche, geotecniche diverse, ogni poligono viene caratterizzato da una sua specifica sigla il cui significato è riportato nella tabella di Figura 102.

La classe di fattibilità 1, non presenta messun codice.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

CODICE	Problematica geologica, idrogeologica, idraulica
GEO1	Terrazzi fluviali antichi, aree con suoli limoso-argillosi profondi, ferrettizzati, con limitata capacità portante, possibili falde sospese stagionali.
GEO2	Fondovalli collinari e zone pedecollinari, aree di accumulo dei depositi eluvio colluviali con limitata capacità portante, possibili falde sospese stagionali
GEO3	Zone interessate da attività estrattiva in essere o cessata. Possibili cedimenti differenziali o rigonfiamenti nel caso di discariche di scorie di fonderia.
STA1	Zone interessate da frane attive (scivolamento), con evoluzione tutt'ora in corso.
STA1	Zone interessate da franosità attiva sottoforma di rigonfiamenti, contropendenze, gradini, soliflusso, adiacenti a frane pregresse
STA2	Zone potenzialmente instabili per possibili accumuli di spessore rilevanti di eluvi/colluvi a causa di morfologie predisponenti (concavità accentuata).
STA3	Aree con pendenze comprese in genere tra 15 e 30 gradi, che possono essere prodrome di situazioni di instabilità dei depositi superficiali.
STA4	Aree con pendenze comprese in genere tra 15 e 30 gradi, che possono essere prodrome di situazioni di instabilità del substrato roccioso affiorante o subaffiorante.
IDR1	Zone allagabili per esondazione dei corsi d'acqua naturali o artificiali, per insufficienza della sezione di deflusso, ostruzioni di tombinature, rigurgiti in corrispondenza dei tratti tombinati. artificiali
IDR2	Zone che il PGRA inserisce in zone allagabili con scenario P2M
IDR3	Zone che il PGRA inserisce in zone allagabili con scenario P3H
IDG1	Zone con presenza accertata di falde sospese stagionali a bassa soggiacenza.

Figura 102: codici di classificazione delle problematiche geologiche evidenziate dalla carta di fattibilità

Classe 1 – (colore bianco): Fattibilità senza particolari limitazioni

Il settore sud-occidentale del territorio comunale, geograficamente coincidente con la piana alluvionale del Fiume Serio e con i relativi terrazzi fluviali recenti, risulta inserito all'interno della Classe di Fattibilità Geologica 1.

Sotto il profilo litologico e geotecnico, le caratteristiche granulometriche dei terreni affioranti e subaffioranti garantiscono ottime condizioni di portanza per le strutture di fondazione. Le dinamiche idrogeologiche locali evidenziano, inoltre, l'assenza di interferenze dirette con la circolazione idrica sotterranea, in virtù di una soggiacenza della falda idrica significativamente profonda.

Il reticolo idrico fa capo al CBMP ed è essenzialmente di tipo artificiale con portate regolate da monte e anche in questo caso le possibilità di interferenze con eventuali acque di esondazione sono ridotte al minimo.

Classe 2 – (colore giallo): Fattibilità con modeste limitazioni

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Sono state inserite in classe 2 due diverse zone morfologiche: le aree pedecollinari e i terrazzi antichi, entrambe ricadenti nella carta di sintesi nell'ambito delle aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche, con classe di ingresso 3.

1. Settore pedecollinare (GEO2)

Il settore pedecollinare del territorio comunale è caratterizzato da morfologie di transizione tra la pianura e i versanti montuosi stabili, litologicamente dominate dalla presenza di terreni fini di natura eluvio-colluviale. Sotto il profilo morfometrico questi terreni delineano versanti con pendenze modeste: l'analisi statistica della distribuzione di frequenza delle pendenze in questo settore evidenzia un'acclività media di 5,6°. Le zone più acclivi sono decisamente marginali.

A riprova di un quadro di sostanziale equilibrio geomorfologico, si evidenzia come non siano storicamente noti, né censiti in sede di rilievo, fenomeni riconducibili a cedimenti o dissesti che abbiano comportato lesioni agli edifici insediati in questo settore.

Tale doppia evidenza, sia morfometrica che statistico-storica, giustifica, a parere dello scrivente, la riduzione della classe di ingresso da 3 a 2. Si è pertanto ritenuto tecnicamente coerente classificare tali aree in Classe di Fattibilità 2 (Fattibilità con modeste limitazioni), mantenendo una linea di continuità sostenibile con la pianificazione precedente, pur introducendo un quadro vincolistico e ricognitivo nettamente più rigoroso a tutela del territorio.

L'inserimento in classe 2 è tuttavia subordinato al rispetto di specifiche prescrizioni geologiche e geotecniche di dettaglio. Dato che l'elemento caratterizzante della cartografia di sintesi per queste aree è la possibile presenza di orizzonti con caratteristiche geotecniche scadenti, in ambito esecutivo, ogni intervento dovrà essere supportato da indagini geognostiche mirate a ricostruire la stratigrafia di dettaglio del sottosuolo, con particolare attenzione alla determinazione dello spessore delle coltri detritiche/colluviali superficiali e alla mappatura dell'andamento del tetto del substrato roccioso (orizzonte di transizione). Si dovrà inoltre valutare la stabilità locale dei versanti, analizzando la stabilità degli scavi (per interrati o opere di sostegno) sia a monte sia a valle del lotto d'intervento. Si dovrà inoltre predisporre un dettagliato piano di raccolta, canalizzazione e regimazione delle acque di scorrimento superficiale, al fine di evitare fenomeni di erosione accelerata, ruscellamento incontrollato o innesco di micro-dissesti localizzati.

Dovrà infine essere verificata puntualmente l'eventuale presenza di circolazione idrica sotterranea superficiale o di falde sospese stagionali, potenziali cause di scadimento delle caratteristiche meccaniche dei terreni.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

2. I terrazzi fluviali antichi (GEO1)

Il settore pianeggiante di transizione collinare del territorio di Brusaporto è caratterizzato dalla presenza di terrazzi fluviali antichi, sui quali si sono sviluppati nel tempo profili di suolo maturi, profondi e localmente interessati da processi di ferrettizzazione. Sotto il profilo strettamente geotecnico, tali orizzonti superficiali presentano una matrice limoso-argillosa con proprietà meccaniche inferiori rispetto ai depositi alluvionali grossolani o al substrato roccioso rigido.

Tuttavia, un'applicazione rigida dei parametri geotecnici teorici che imponesse l'estensione della Classe 3 (gravi limitazioni) all'intero areale dei terrazzi risulterebbe sproporzionata e non coerente con la reale risposta del territorio, per le seguenti ragioni pianificatorie:

- **Stato di Consolidamento Storico:** Il tessuto urbano storico e consolidato del Comune di Brusaporto sorge da tempo su questi depositi senza che si siano mai registrati fenomeni macroscopici di cedimento differenziale o cinematica deformativa delle strutture, dimostrando un equilibrio geotecnico di fatto.
- **Soggiacenza della Falda:** L'elevata profondità della falda idrica (superiore ai 40 metri dal piano campagna) esclude condizioni di saturazione ciclica o pressioni neutre nel suolo, che rappresentano i principali fattori di innesco per il decadimento delle proprietà meccaniche dei limi ferrettizzati.

Per tali motivi, in accordo con i criteri di flessibilità della D.G.R. 2616/2011 di Regione Lombardia, le aree dei terrazzi antichi vengono confermate in Classe 2 (Fattibilità con moderate limitazioni). L'unica zona che è stata invece inserita in classe di fattibilità 3, è un'area sita immediatamente ad est del campo sportivo, dove è stata accertata la presenza di una falda sospesa a bassa soggiacenza (circa 1,5 m dal P.C.) che potrebbe interferire con la realizzazione di locali interrati o semi interrati.

Al fine di garantire la massima sicurezza strutturale, le Norme Geologiche di Piano prescrivono comunque l'obbligo di caratterizzazione geotecnica per i nuovi interventi, con speciale attenzione alla identificazione di orizzonti a bassa portanza e alla presenza di circolazione idrica sotterranea.

Classe 3 – (colore arancione): Fattibilità con consistenti limitazioni

La Classe di Fattibilità 3 identifica gli ambiti territoriali caratterizzati da elementi di vulnerabilità geotecnica, idraulica e geomorfologica significativi, per i quali l'edificabilità o il mutamento di destinazione d'uso sono subordinati al superamento di precise limitazioni mediante interventi specialistici o opere di mitigazione. All'interno del territorio comunale si distinguono quattro macro-ambiti caratterizzati da specifiche problematiche:

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

1. Ambiti antropizzati: Aree di cava attive, cessate o colmate (GEO3)

In corrispondenza degli ambiti di pianura, la Classe 3 perimetra in modo sistematico tutte le aree di cava, siano esse attualmente attive, dismesse o storicamente colmate. L'esperienza pregressa legata al conferimento incontrollato di materiali antropici (con particolare riferimento a scorie di fonderia e matrici affini) impone l'adozione del massimo principio di precauzione e di un approccio fortemente cautelativo, data l'incertezza circa l'esatta eterogeneità e la qualità ambientale dei terreni di riempimento del sottosuolo.

2. Ambiti a pericolosità idraulica: Aree di esondazione PAI – PGRA (IDR2-IDR3)

Il settore è interessato dalle perimetrazioni del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) e del Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI), con riferimento a due scenari perfettamente sovrapposti e con identico tempo di ritorno di 50 anni (scenario P3H e scenario P2M). Tali aree risentono dei fenomeni di rigurgito idraulico della Roggia Bagnatica Cattanea e Roggia Bagnatica Brusaporto, generati dall'insufficienza del manufatto idraulico in corrispondenza dell'inizio del tratto intubato situato nel confinante Comune di Bagnatica (all'altezza di Via Papa Giovanni XXIII). Nel territorio di Brusaporto il fenomeno interessa essenzialmente le zone agricole orientali sotto forma di scorrimento e ruscellamento superficiale, caratterizzato da bassi tiranti idrici e velocità di flusso contenute.

Per quanto concerne la normativa associata alle ***aree allagabili del reticolo consortile*** inserite nel PGRA, la DGR N. X/6738 del 19/06/2017, dispone le seguenti integrazioni.

"Ad integrazione delle disposizioni vigenti di cui alla d.g.r. IX/2616/2011, che non considerano attualmente tali aree tra le aree vulnerabili dal punto di vista idraulico da rappresentare nella carta di sintesi (e pertanto non danno indicazioni in merito alla classe di fattibilità geologica da assegnare) e date le caratteristiche delle alluvioni dovute ad esondazione del reticolo artificiale di bonifica, che, seppure caratterizzate da alta frequenza, presentano tiranti e velocità esigui, per le aree classificate a pericolosità P3/H e P2/M sul reticolo consortile, si ritiene che sussistano consistenti limitazioni all'utilizzo per scopi edificatori e/o alla modifica di destinazione d'uso per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa. Sono pertanto da applicare le limitazioni relative alla classe 3 di fattibilità geologica."

Concordando lo scivente con la valutazione appena riportata, si conferma pertanto l'inserimento delle aree allagabili del reticolo consortile inserite nel PGRA come P3H in classe 3.

3. Ambiti di vulnerabilità idraulica locale: Reticolo Idrico Minore (RIM) (IDR-1)

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Un terzo ambito inserito in Classe 3 è costituito dalle aree di esondazione e perturbazione idraulica legate al Reticolo Idrico Minore, con particolare riferimento alle fasce di pertinenza dei canali denominati 9, 12 e soprattutto i canali 23 e 33. Si tratta di porzioni di territorio prevalentemente urbanizzate che risultano soggette ad allagamenti frequenti e ricorrenti, acuiti in particolar modo nel corso degli ultimi anni. La causa principale di tali criticità risiede nell'inadeguatezza strutturale della rete di deflusso artificiale, la quale presenta severe riduzioni di sezione o geometrie idrauliche del tutto insufficienti a smaltire le portate di picco. Questo quadro di vulnerabilità strutturale è ulteriormente aggravato dal trasporto solido durante gli eventi meteorici più intensi: i detriti vegetali fluitati lungo la rete favoriscono l'ostruzione parziale o totale dei manufatti critici (attraversamenti, tombinature, restringimenti), provocando l'immediata tracimazione delle acque. I fenomeni di allagamento interessano la sede stradale e le aree pertinenziali circostanti; sebbene tali dinamiche non configurino un rischio diretto per l'incolumità delle persone, la loro ricorrenza ha già causato ingenti danni economici al patrimonio edilizio esistente, con particolare riferimento all'allagamento dei locali interrati e seminterrati (quali autorimesse, cantine e vani tecnici).

4. Ambiti collinari: Versanti acclivi e depositi eluvio-colluviali

L'ultimo macro-ambito ricadente in Classe 3 è costituito da alcune porzioni di territorio collinare. In questo settore il substrato roccioso si presenta affiorante o subaffiorante, ma il fattore condizionante principale è rappresentato dall'acclività. Nello specifico, questa perimetrazione comprende tutte le porzioni di versante che, indipendentemente dalla loro specifica configurazione morfologica, presentano pendenze cinematicamente rilevanti comprese tra i 15° e i 30° **(STA3)**, nonché tutte le nicchie e le zone di accentuata concavità morfologica **(STA2)**. Queste ultime risultano intrinsecamente suscettibili di ospitare importanti accumuli di depositi eluvio-colluviali, i quali, come dimostrato dalla memoria storica del territorio, presentano un'elevata propensione all'innesco di fenomeni di scivolamento superficiale in concomitanza di eventi meteorici intensi e prolungati.

Classe 4 – (colore rosso): Fattibilità con gravi limitazioni

La Classe di Fattibilità 4 identifica gli ambiti territoriali caratterizzati da livelli di pericolosità geomorfologica e idrogeologica talmente elevati da precludere qualsiasi nuova trasformazione urbanistica o edilizia. Si tratta di aree a vincolo di inedificabilità assoluta, individuate al fine di tutelare la pubblica incolumità e preservare l'equilibrio dinamico dei versanti. All'interno del territorio comunale, la Classe 4 perimetra due specifiche situazioni di evidente criticità:

1. Fenomeni franosi attivi e ricorrenti: Settore Cascina Testa e Frana Fontanelli (STA1 e STA2)

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Questo ambito comprende i corpi franosi attivi e storicamente censiti del territorio, con particolare riferimento ai dissesti localizzati in zona Cascina Testa e alla Frana Fontanelli. Entrambi i siti sono caratterizzati da cinematiche di scivolamento superficiale e mostrano una spiccata tendenza alla recidiva, come ampiamente documentato dai diversi episodi di riattivazione che si sono ripetuti ciclicamente nel corso degli ultimi 30-40 anni in concomitanza di eventi pluviometrici intensi.

- **Prescrizioni e divieti:** In queste aree vige il divieto assoluto di realizzare qualsiasi nuova struttura edilizia, ampliamento volumetrico o infrastruttura pesante. Gli unici interventi consentiti, previa dettagliata modellazione geotecnica di dettaglio, sono esclusivamente quelli finalizzati alla stabilizzazione del versante, alla messa in sicurezza del territorio, al consolidamento delle opere esistenti e alla regimazione delle acque sotterranee e superficiali.

2. Versanti ad alta acclività: Scarpate e rilievi collinari con pendenza superiore a 30°

Sono inserite d'ufficio in Classe 4 tutte le porzioni del rilievo collinare che presentano pendenze superiori ai 30 gradi. Sotto il profilo geomorfologico, si evidenzia che al piede di tali scarpate non sono attualmente presenti accumuli detritici attivi, in virtù del fatto che l'intero settore si presenta intensamente vegetato e boscato, elemento che garantisce un temporaneo consolidamento superficiale grazie all'apparato radicale. Ciononostante, si tratta di aree morfologicamente instabili e totalmente inadatte ad ospitare alterazioni significative del territorio.

- **Prescrizioni e tutela del manto vegetale:** Le limitazioni in questo ambito non si esauriscono nel solo divieto edificatorio strutturale, ma si estendono rigorosamente alle attività di trasformazione del suolo e di disboscamento. La memoria storica del territorio di Brusaporto evidenzia infatti una diretta correlazione causa-effetto tra l'antropizzazione dei versanti e l'instabilità: due delle maggiori frane storiche censite sul territorio comunale si sono verificate proprio in aree originariamente boscate che erano state successivamente disboscate e trasformate in zone coltivabili. Pertanto, è fatto divieto assoluto di eseguire tagli boschivi diffusi, eradicazioni o scassi agrari che possano alterare l'equilibrio idrogeologico del versante, promuovendo invece interventi di ingegneria naturalistica e il mantenimento della vegetazione boschiva d'alto fusto esistente.

Si precisa anche che le aree ricadenti all'interno delle fasce di rispetto dai corsi d'acqua e delle rogge che interessano il territorio comunale secondo quanto previsto dallo studio del reticolo minore comunale redatto ai sensi della DGR 25 gennaio 2002 n. 7/7868 e s.m.i., anche se non individuate sulla carta di fattibilità, sono a tutti gli effetti gravanti dello stesso limite di fattibilità della classe 4.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

8 NORME GEOLOGICHE DI PIANO

Di seguito si riportano le normative tecniche prescrittive per gli interventi urbanistici, indicando gli studi e le indagini di approfondimento richieste, le opere di mitigazione del rischio, gli interventi di controllo dei fenomeni in atto o potenziali, la predisposizione di sistemi di monitoraggio e di idonei piani di protezione civile; tali prescrizioni devono essere recepite nelle Norme Tecniche di Attuazione del Piano di Governo del Territorio.

Per ogni ambito di intervento, indipendentemente dalla classe di fattibilità assegnata a ciascun poligono e dagli studi di approfondimento indicati nelle specifiche classi di fattibilità, devono essere applicate le disposizioni previste dal D.M. 17 gennaio 2018 "Norme tecniche per le costruzioni".

In generale le indagini e gli approfondimenti prescritti per le classi 3 e 4 (limitatamente ai casi consentiti) devono essere realizzati prima della progettazione degli interventi in quanto propedeutici alla pianificazione dell'intervento e alla progettazione stessa.

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

Si specifica che la Carta dei Vincoli (Tavola 15), la Carta di Sintesi (Tavola 16) e la Carta di Fattibilità delle Azioni di Piano (Tavole 17 e 18), nonché le presenti Norme geologiche di piano, costituiscono parte integrante anche del Piano delle Regole, ai sensi dell'art. 10, comma 1, lettera d della L.R. 12/05.

Le norme di seguito elencate sono obbligatorie per tutti i progetti che prevedono la realizzazione di nuove edificazioni (compresi gli accessori), di ristrutturazioni comportanti ampliamenti volumetrici dell'esistente e/o qualora determinino un aumento dei carichi sul terreno, nel caso in cui le nuove costruzioni siano in aderenza ad edifici esistenti e/o quando è prevista la realizzazione di scavi soprattutto se a profondità maggiori rispetto alle fondazioni esistenti.

Tali progetti devono essere supportati da specifica indagine geotecnica; in particolare dovranno essere indicate le tecniche utilizzate per garantire la stabilità delle pareti di scavo, sia nelle modalità di esecuzione dello scavo stesso che nel sostegno (provvisorio e definitivo) della scarpata di sbancamento.

Sono esclusi dall'obbligo di presentazione della perizia geologica gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, le costruzioni di strutture mobili che non costituiscono volume edificato, la realizzazione di recinzioni, tettoie, la messa in opera di cartelli.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Inoltre si rammenta che, nel caso in cui un nuovo intervento si trovi sul limite di più classi di fattibilità, si dovrà procedere considerando che l'intera area in esame appartenga alla classe più sfavorevole.

8.1. NORME DI CARATTERE GENERALE

La presente componente geologica al PGT fornisce un inquadramento geologico di massima e di livello pianificatorio delle condizioni di pericolosità geologica del territorio e non possono, in nessun caso, essere impiegati come unico criterio progettuale per la definizione del modello geotecnico di dettaglio o per il dimensionamento delle strutture di fondazione del singolo lotto. La conformità edilizia e la sicurezza strutturale dell'opera rimangono in capo esclusivo al professionista abilitato firmatario del progetto, il quale ha l'obbligo di verificare puntualmente le reali condizioni sito-specifiche del terreno.

In generale, per una corretta programmazione e progettazione degli interventi edilizi ed urbanistici, sull'intero territorio comunale (in qualsiasi classe di fattibilità essi ricadano), dovranno essere adottate le norme descritte nel seguito.

8.1.1 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

1. Per qualsiasi nuova infrastruttura e/o edificazione e per ogni intervento che modifichi le caratteristiche delle strutture di fondazione già esistenti e/o i carichi su di essi applicati troverà applicazione il D.M. 17.01.2018 e s.m.i.. In particolare dovranno essere eseguite specifiche indagini geognostiche allo scopo di definire il modello geologico e le caratteristiche geotecniche e sismiche dei terreni. A tale scopo, per l'approvazione da parte dell'autorità comunale, a ciascun progetto dovrà essere allegato specifico studio geologico, geotecnico e sismico prodotto da parte di tecnici abilitati che chiariscano ed esplicitino il tipo di problematica geologica o di pericolosità in essere, gli interventi di sistemazione e di messa in sicurezza atti a limitare o eliminare i rischi e le cautele di ordine progettuale da adottare in fase di attuazione degli interventi. Come specificato dalle NTC 2018, la progettazione potrà essere basata su indagini pre-esistenti (purchè documentate), in zone adiacenti e nel medesimo contesto geologico, esclusivamente nei casi di opere di modesta rilevanza o variante non sostanziale, assumendone la piena responsabilità tecnica.
2. Nel caso di trasformazioni d'uso del suolo connesse alla realizzazione di nuovi edifici, nello studio di cui al punto 1, dovranno essere analizzati anche gli aspetti derivanti dalla pericolosità

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

sismica locale attraverso l'analisi di 2° e/o 3° livello (ai sensi della D.G.R. IX/2616 del 30/11/2011), in conformità alle vigenti disposizioni nazionali e regionali.

3. Le indagini e gli approfondimenti prescritti dai precedenti punti, qualora rivestano carattere propedeutico alla pianificazione e alla progettazione degli interventi previsti dovranno essere effettuati preliminarmente alla fase progettuale (es. studi geologici e studi di amplificazione sismica locale). Nel caso degli studi geotecnici, in cui la conoscenza degli elementi progettuali è essenziale alla definizione della risposta del sistema terreno/fondazione, tali studi dovranno essere effettuati contestualmente alla fase di progettazione, in maniera da garantire un corretto scambio di informazioni tra le diverse figure professionali coinvolte. Copia delle indagini effettuate e della relazione geologica, geotecnica e sismica deve essere consegnata, congiuntamente alla restante documentazione, in sede di presentazione dei Piani Attuativi (l.r. 12/05, art. 14) o in sede di richiesta del permesso di costruire (l.r. 12/05, art. 38) o altra forma di richiesta o di comunicazione/denuncia di inizio attività (Segnalazione Certificata di Inizio Attività - SCIA, CILA).

8.1.2 PIANIFICAZIONE E TUTELA IDRAULICA DEL TERRITORIO

Al fine di garantire il corretto drenaggio del territorio e prevenire e/o mitigare fenomeni di esondazione e di dissesto idrogeologico provocati dall'incremento dell'impermeabilizzazione dei suoli, qualsiasi progetto di urbanizzazione e di infrastruttura che preveda l'impermeabilizzazione di nuove superfici dovrà recepire i contenuti della Legge Regionale n°4 del 15 Marzo 2016 ed in particolare il Regolamento Regionale n. 7, del 23 novembre 2017, così come modificato dal R.R. n°8 del 19 aprile 2019, **"Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12"**. Tale normativa che introduce i concetti del deflusso urbano sostenibile, è finalizzata a ridurre i fenomeni di allagamento urbano, contenere gli apporti di acque meteoriche ai corpi idrici recettori mediante il controllo alla sorgente delle acque meteoriche e ridurre il degrado qualitativo delle acque.

A tal proposito si segnala fin d'ora che le aree inserite in classe 2 della carta di fattibilità geologica, riferibili geomorfologicamente agli ambiti dei terrazzi antichi e ai "fondovalle montani" comprese alcune porzioni del rilievo collinare con modeste coperture superficiali, individuate nella carta di sintesi, potrebbero presentare caratteristiche di permeabilità primaria molto scarse.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

8.1.3 DISCIPLINA DEGLI INTERVENTI IN AREE INDUSTRIALI DISMESSE E CRITERI DI RIPARTO DELLE COMPETENZE

A) Ambito di applicazione generale e obblighi di accertamento analitico.

Ogni istanza urbanistico-edilizia (Piani Attuativi, Permessi di Costruire, SCIA) **che interessi aree precedentemente classificate o catastalmente destinate ad attività produttive, artigianali o estrattive**, comporta l'obbligo inderogabile di verifica dello stato qualitativo delle matrici ambientali ai sensi della Parte Quarta, Titolo V del D.Lgs. 152/2006.

Obblighi del Professionista: Il tecnico incaricato deve allegare alla pratica edilizia l'esito di un'indagine preliminare mediante campionamento e analisi chimica su suolo, sottosuolo e acque sotterranee. L'individuazione dei contaminanti target deve basarsi sulla storicità industriale del sito (Linee Guida ARPA / SNPA). La relazione deve contenere una tabella di confronto che verifichi il rispetto delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) di cui all'Allegato 5 alla Parte Quarta del D.Lgs. 152/2006, differenziate in base alla destinazione d'uso prevista (Tabella 1 per uso Verde pubblico, privato e residenziale; Tabella 2 per uso Commerciale e Industriale).

Attività di Controllo del Comune: Il tecnico comunale verifica la presenza fisica dei certificati analitici di laboratorio prima di istruire la pratica edilizia. In mancanza dell'Indagine Preliminare, l'istanza è dichiarata sospesa per carenza documentale.

B) Siti di Competenza Comunale Ordinaria (Art. 242 / L.R. 26/2003 e succ. mod.)

Rientrano in questa fattispecie i siti industriali dismessi di estensione limitata (superficie fondiaria generalmente < 5.000 mq o cluster puntuali) in cui la potenziale contaminazione risulti circoscritta alle matrici solide superficiali o profonde, senza evidenze di migrazione orizzontale o verticale oltre il perimetro di proprietà.

La delega delle funzioni amministrative opera ai sensi dell'art. 85 della L.R. 26/2003, come modificato e integrato dalla L.R. 24/2023. Il Comune è l'ente competente per l'approvazione del Piano di Caratterizzazione, del Progetto di Bonifica e dell'Analisi di Rischio. L'attività istruttoria si esplica mediante l'indizione di Conferenze dei Servizi decisorie (Art. 14-ter L. 241/90). L'efficacia degli atti comunali è comunque subordinata al parere vincolante e alla validazione analitica dei dati di monitoraggio da parte del Dipartimento Provinciale di ARPA Lombardia.

C. Procedure differenziate per il Proponente (Raccordo Artt. 242 e 242-bis)

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Nei siti di competenza comunale (Punto B), il soggetto proponente ha la facoltà giuridica di optare tra due distinti iter amministrativi:

Procedura Ordinaria (Art. 242 D.Lgs. 152/06)

- Fase 1: Esecuzione del Piano di Indagine Preliminare. Se i valori riscontrati sono ≤ CSC, il sito viene dichiarato non contaminato tramite autocertificazione e la procedura si chiude.
- Fase 2: In caso di superamento delle CSC, notifica immediata ex art. 242 a Comune, Provincia e Regione. Presentazione del Piano di Caratterizzazione entro 30 giorni.
- Fase 3: Elaborazione dell'Analisi di Rischio (AdR) Sito-Specifica per il calcolo delle Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR). Se l'analisi accerta che il sito è idoneo all'uso senza bonifica, ed eventualmente con possibili prescrizioni/monitoraggi l'iter si conclude, in caso contrario scatta l'obbligo di redazione del Progetto di Bonifica.

Procedura Semplificata ed Accelerata (Art. 242-bis D.Lgs. 152/06)

- Il proponente rinuncia alla fase di Analisi di Rischio e si impegna unilateralmente a ricondurre la contaminazione del suolo a valori inferiori o uguali alle CSC (Tabella 1 o 2 a seconda dell'uso) e presenta al Comune il Progetto Completo di Bonifica. I termini per il rilascio del nulla osta da parte del comune è di 90 giorni.
- L'iter istruttorio del titolo edilizio (es. PdC) può procedere in parallelo all'esecuzione delle opere di bonifica. Il titolo abilitativo viene rilasciato, ma l'effettivo utilizzo dell'immobile e il rilascio della Segnalazione Certificata di Agibilità sono subordinati all'acquisizione della Certificazione di Avvenuta Bonifica emessa dalla Provincia ai sensi dell'art. 248 del D.Lgs. 152/06.

D) Regime tecnico di gestione delle Terre e Rocce da Scavo (D.P.R. 120/2017)

La gestione dei materiali litoidi e dei terreni derivanti da operazioni di scavo, fondazione o splateamento all'interno di aree industriali dismesse segue tassativamente la disciplina speciale del D.P.R. 13 giugno 2017, n. 120.

8.2. NORME DERIVANTI DALLA CARTOGRAFIA GEOLOGICA DI PGT

Per una maggiore facilità nella comprensione delle Norme geologiche di piano si è scelto di suddividere le normative in tre categorie:

• Normativa derivante dalla Carta dei vincoli (Tav. 15)

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

• Normativa derivante dalla Carta della Pericolosità Sismica Locale (Tav. 1, 2 e 3) dello studio realizzato dal Dott. Carlo Pedrali sulla pericolosità sismica di sito.

• Normativa d'uso della carta di fattibilità (Tav. 18)

8.2.1 NORMATIVA DERIVANTE DALLA CARTA DEI VINCOLI

In Tavola 15 sono riportati i principali vincoli ambientali presenti nel territorio comunale. Di seguito, per ciascuno di essi, verranno riportate le relative prescrizioni.

8.2.1.1 *PRESCRIZIONI RIFERITE AL GOVERNO DEL RIM*

Il comune di Brusaporto dispone di uno studio sul Reticolo Idrico Minore che risale al 2005 e quindi risulta piuttosto datato anche in relazione alle numerose deliberazioni che si sono succedute.

L'ultima in ordine di tempo è la D.g.r. 16 dicembre 2024 - n. XII/3668 "Riordino dei reticoli idrici di Regione Lombardia e revisione dei canoni di polizia idraulica" - Allegato D criteri per l'esercizio delle attività di polizia idraulica", le norme fondamentali che regolano le attività di Polizia Idraulica previste dalla normativa più recente sono:

- per i corsi d'acqua e i canali di proprietà demaniale (RIM comunale), le disposizioni del R.D. 25 luglio 1904, n. 523 "Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie", che indica all'interno di ben definite fasce di rispetto le attività vietate in assoluto e quelle consentite previa concessione o "nulla osta" idraulico;
- per i canali e le altre opere di bonifica (Reticolo Consortile), le disposizioni del R.D. 8 maggio 1904, n. 368 "Regolamento per l'esecuzione del testo unico della legge 22 marzo 1900, n. 195 e della legge 7 luglio 1902, n. 333 sulle bonificazioni delle paludi e dei terreni paludosi". Il Titolo VI del R.D. 368/1904 è sostituito dal Regolamento Regionale 8 febbraio 2010, n. 3 "Regolamento di Polizia Idraulica ai sensi dell'articolo 85, comma 5, della legge regionale 5 dicembre 2008, n. 31 - Testo Unico delle leggi regionali in materia di agricoltura, foreste, pesca e sviluppo rurale".

Per quanto concerne i corsi d'acqua e i canali di proprietà demaniale, le prescrizioni sono rimaste sostanzialmente invariate rispetto al Regolamento di Polizia Idraulica comunale, e sono di seguito elencate:

a) la formazione di pescaie, chiuse, petraie ed altre opere per l'esercizio della pesca, con le quali si alterasse il corso naturale delle acque. Sono eccettuate da questa disposizione le consuetudini per l'esercizio di legittime ed innocue concessioni di pesca, quando in esse si osservino le cautele od

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

imposte negli atti delle dette concessioni, o già prescritte dall'autorità competente, o che questa potesse trovare conveniente di prescrivere;

b) le piantagioni che si inoltrino dentro gli alvei dei fiumi, torrenti, rivi e canali, a costringerne la sezione normale e necessaria al libero deflusso delle acque;

c) lo sradicamento o l'abbruciamento dei ceppi degli alberi che sostengono le ripe dei fiumi e dei torrenti per una distanza orizzontale non minore di dieci metri dalla linea in cui arrivano le acque ordinarie. Per i rivi, canali e scolatoi pubblici la stessa proibizione è limitata ai piantamenti aderenti alle sponde;

d) la piantagione sulle alluvioni delle sponde dei fiumi e torrenti e loro isole a distanza dalla opposta sponda minore di quella, nelle rispettive località , stabilita o determinata dalla «Autorità Idraulica» competente;

e) le piantagioni di qualunque sorta di alberi e arbusti sul piano e sulle scarpe degli argini, loro banche e sotto banche, lungo i fiumi, torrenti e canali navigabili;

f) le piantagioni di alberi e siepi, le fabbriche, gli scavi e lo smovimento del terreno a distanza dal piede degli argini e loro accessori come sopra, minore di quella stabilita dalle discipline vigenti nelle diverse località, ed in mancanza di tali discipline, a distanza minore di metri quattro per le piantagioni e smovimento del terreno e di metri dieci per le fabbriche e per gli scavi;

g) qualunque opera o fatto che possa alterare lo stato, la forma, le dimensioni, la resistenza e la convenienza all'uso, a cui sono destinati gli argini e loro accessori come sopra, e manufatti attinenti;

h) le variazioni ed alterazioni ai ripari di difesa delle sponde dei fiumi, torrenti, rivi, canali e scolatori pubblici, tanto arginati come non arginati, e ad ogni altra sorta di manufatti attinenti;

i) il pascolo e la permanenza dei bestiami sui ripari, sugli argini e loro dipendenze, nonché sulle sponde, scarpe, o banchine dei pubblici canali e loro accessori;

j) l'apertura di cavi, fontanili e simili a distanza dai fiumi, torrenti e canali pubblici minori di quella voluta dai regolamenti e consuetudini locali, o di quella che dall'autorità amministrativa provinciale sia riconosciuta necessaria per evitare il pericolo di diversioni e indebite sottrazioni di acque;

k) qualunque opera nell'alveo o contro le sponde dei fiumi o canali navigabili, o sulle vie alzaie, che possa nuocere alla libertà ed alla sicurezza della navigazione ed all'esercizio dei porti natanti e ponti di barche;

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

l) i lavori od atti non autorizzati con cui venissero a ritardare od impedire le operazioni del trasporto dei legnami a galla ai legittimi concessionari;

m) lo stabilimento di molini natanti.

Per quanto attiene i corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrico consortile, il R.R. n. 3 del 2010 (art. 3, comma 1) indica le seguenti prescrizioni all'interno delle fasce di rispetto:

Sono lavori, atti o fatti vietati in modo assoluto rispetto ai canali consorziali ed alle altre opere di bonifica o pertinenti la bonifica:

a) la realizzazione di fabbricati e di tutte le costruzioni ad una distanza minima compresa dai 5 ai 10 metri dal ciglio dei canali a seconda dell'importanza del canale;

b) la messa a dimora di alberature quali siepi o filari, lo scavo di fossi e canali nonché il movimento di terreno negli alvei, nelle scarpate, nelle sommità arginali e nelle zone di rispetto dal piede interno ed esterno degli argini e loro accessori o dal ciglio delle sponde dei canali non muniti di argini o dalle scarpate delle strade, per una distanza di almeno metri 4, salvo deroghe motivate per interventi di rinaturalizzazione e valorizzazione ambientale realizzati dal consorzio competente;

c) qualunque occupazione o riduzione delle aree di espansione e di divagazione dei corsi d'acqua;

d) qualunque scarico di acque di prima pioggia e di lavaggio provenienti da aree esterne o suscettibili di inquinamento;

e) qualunque apertura di cave, temporanee o permanenti, che possa dar luogo a ristagni d'acqua o impaludamenti di terreni o in qualunque modo alterare il regime idraulico della bonifica stessa;

f) qualunque opera, atto o fatto che possa alterare lo stato, la forma, le dimensioni, la resistenza e la convenienza all'uso a cui sono destinati gli argini, opere di difesa e loro accessori e manufatti attinenti, od anche indirettamente degradare o danneggiare i corsi d'acqua;

g) qualunque ingombro totale o parziale dei canali di bonifica o di irrigazione col getto o caduta di materie terrose, pietre, erbe, acque o sostanze che possano comunque dar luogo a qualsiasi inquinamento dell'acqua;

h) qualunque deposito di terre o di altro materiale di risulta a distanza inferiore di metri 10 dai suddetti corsi d'acqua, che per una circostanza qualsiasi possano esservi trasportate ad ingombrarli;

i) qualunque ingombro o deposito di materiale come sopra definito, sul piano viabile delle strade di servizio e loro pertinenze;

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

j) qualunque interruzione o impedimento, con la costruzione di rilevati, del deflusso superficiale dei fossi e dei canali.

Si ritiene che, in caso di eventuale difformità, tali norme prevalgano su quelle inserite nel Regolamento di Polizia Idraulica del comune di Brusaporto datato 2005, in quanto era già previsto nella normativa previgente, che con l'emanazione del nuovo regolamento di polizia idraulica, questo avrebbe sostituito i precedenti e che sarebbe stato compito del Consorzio condurre le dovute verifiche ed informare i Comuni consorziati.

- **Lavori e opere soggetti a concessioni**

Ai sensi degli artt. 97 e 98 del R.D. n. 523/1904, le principali attività e le più significative opere che non sipossono eseguire se non con concessione rilasciata dall'Autorità idraulica competente e sotto l'osservanza delle condizioni imposte nel relativo disciplinare, sono le seguenti:

a) la formazione di pennelli, chiuse ed altre simili opere nell'alveo dei fiumi e torrenti per facilitare l'accesso e l'esercizio dei porti natanti e ponti di barche;

b) la formazione di ripari a difesa delle sponde che si avanzano entro gli alvei oltre le linee che fissano la loro larghezza normale;

c) i dissodamenti dei terreni boscati e cespugliati laterali ai fiumi e torrenti a distanza minore di metri cento dalla linea a cui giungono le acque ordinarie, ferme le disposizioni di cui all'art. 96, lettera c) del R.D. 523/1904;

d) le piantagioni delle alluvioni a qualsivoglia distanza dalla opposta sponda, quando si trovino di fronte ad un abitato minacciato da corrosione, ovvero di un territorio esposto al pericolo di disalveamenti;

e) la formazione di rilevati di salita o discesa dal corpo degli argini per lo stabilimento di comunicazione ai beni, agli abbeveratoi, ai guadi ed ai passi dei fiumi e torrenti.

Restano, inoltre, soggette a concessione la realizzazione nonché ogni modifica delle seguenti opere:

- ponti carrabili, ferroviari, passerelle pedonali, ponti-canali;

- attraversamenti dell'alveo con tubazioni e condotte interrate, sospese o aggraffate ad altri manufatti di attraversamento;

- attraversamenti dell'alveo con linee aeree elettriche, telefoniche o di altri impianti di telecomunicazione;

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

- tubazioni aggraffate ai muri d'argine che occupino l'alveo in proiezione orizzontale;

- muri d'argine ed altre opere di protezione delle sponde;

- opere di regimazione e di difesa idraulica;

- opere di derivazione e di restituzione e scarico di qualsiasi natura;

- scavi e demolizioni;

- coperture parziali o tombinature dei corsi d'acqua nei casi ammessi dall'autorità idraulica competente;

- chiaviche.

- **Lavori e opere soggetti a nulla-osta idraulico**

Sono soggetti a nulla-osta idraulico:

- gli interventi che ricadono nella fascia di rispetto di 10 metri a partire dall'estremità dell'alveo inciso o, nel caso di corsi d'acqua arginati, dal piede esterno dell'argine;

- la formazione di difese radenti che non modifichino la geometria del corso d'acqua e non riducano in alcun modo la sezione di deflusso dell'alveo;

- gli interventi o gli usi occasionali che interessano l'area demaniale, ma non generano interferenze significative con la stessa (es. manifestazioni culturali e/o sportive, singoli interventi di taglio piante e sfalcio erba, ecc).

8.2.1.2 *PRESCRIZIONI RIFERITE ALLA DIRETTIVA ALLUVIONI – DGR X/6738 DEL 19 GIUGNO DEL 2017 – PGRA*

Nelle porzioni del territorio comunale in cui la cartografia ufficiale del PGRA evidenzia la sovrapposizione geometrica e spaziale di due differenti scenari di pericolosità alluvionale (Scenario H - Alta pericolosità e Scenario M - Media pericolosità) caratterizzati dal medesimo Tempo di Ritorno (TR = 50 anni) e dalla medesima cinematica d'evento (Tipologia A35 - allagamenti di pianura con scorrimento superficiale a bassi tiranti e ridotta velocità), l'istruttoria edilizia e la progettazione tecnica sono regolate dal principio della massima tutela, applicando in via preliminare lo Scenario H, salvo deroga asseverata.

Le norme relative a questa tipologia di ambito **sono differenziate tra reticolo naturale e reticolo consortile**, poichè nel caso in esame le aree P3H interessano unicamente il reticolo consortile, vengono riportate solo queste ultime.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Entro le aree P3/H e P2/M, laddove negli strumenti urbanistici non siano già vigenti norme equivalenti, o fino a quando il Comune non realizzi uno studio di approfondimento al livello locale, secondo le indicazioni fornite al successivo paragrafo 3.3.4. "Procedure di adeguamento degli strumenti urbanistici comunali" è necessario:

a) Subordinare gli eventuali interventi edilizi alla realizzazione di uno studio di compatibilità idraulica, che l'amministrazione comunale è tenuta ad acquisire in sede di rilascio del titolo edilizio. Tale studio è finalizzato a definire i limiti e gli accorgimenti da assumere per rendere l'intervento compatibile con le criticità rilevate, in base al tipo di pericolosità e al livello di esposizione locali. Detto studio può essere omesso per gli interventi edilizi che non modificano il regime idraulico dell'area allagabile, accompagnando il progetto da opportuna asseverazione del progettista (es. recupero di sottotetti, interventi edilizi a quote di sicurezza);

b) Garantire l'applicazione di misure volte al rispetto del principio dell'invarianza idraulica, finalizzate a salvaguardare e non peggiorare la capacità ricettiva del sistema idrico e a contribuire alla difesa idraulica del territorio;

c) Data la cinematica dell'evento a bassi tiranti e ridotta velocità (Slow Onset Flood e Scorrimento idrico Superficiale), la realizzazione di piani interrati o seminterrati è sempre ammessa, a condizione che il progetto sia supportato dallo studio di compatibilità idraulica e preveda l'adozione obbligatoria dei sistemi di autoprotezione (es. paratie mobili) e degli idonei accorgimenti tecnici ed edilizi sotto elencati;

d) Per i piani interrati o seminterrati, dotati di sistemi di autoprotezione e idonei accorgimenti edilizi, dimensionati sulla base degli esiti dello studio compatibilità idraulica, è vitato un uso che preveda la presenza continuativa di persone;

e) Progettare e realizzare le trasformazioni consentite con modalità compatibili, senza danni significativi, con la sommersione periodica;

f) Progettare gli interventi in modo da favorire il deflusso/infiltrazione delle acque di esondazione, evitando interventi che ne comportino l'accumulo, ovvero che comportino l'aggravio delle condizioni di pericolosità/rischio per le aree circostanti.

Accorgimenti edilizi obbligatori di progetto per interrati e seminterrati: In sede di progettazione, al fine di garantire la compatibilità degli interventi con le condizioni di pericolosità di cui al quadro conoscitivo specifico di riferimento, devono essere obbligatoriamente adottati i seguenti accorgimenti tecnici mitigativi:

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

- Pareti perimetrali, pavimenti e solette realizzati a tenuta d'acqua;
- Presenza di scale/rampe interne di collegamento tra il piano dell'edificio potenzialmente allagabile e gli altri piani;
- Impianti elettrici realizzati con accorgimenti tali da assicurare la continuità del funzionamento anche in caso di allagamento;
- Aperture con sistemi di chiusura a tenuta stagna e/o provviste di protezioni idonee;
- Rampe di accesso provviste di particolari accorgimenti tecnico-costruttivi (dossi, sistemi di paratie, etc.) per impedire l'ingresso dell'acqua;
- Sistemi di sollevamento delle acque (pompe a immersione) da ubicarsi in condizioni di sicurezza idraulica e asservite a sistemi di alimentazione elettrica di emergenza (es. continuità a batteria o generatore).

Esclusione di responsabilità dell'Ente: L'Amministrazione Comunale acquisisce le risultanze dello studio di compatibilità e delle asseverazioni sulla base della pubblica fede del tecnico firmatario. Ogni responsabilità in merito all'esattezza dei calcoli idraulici, all'efficacia delle opere di autoprotezione locale e a eventuali danni futuri derivanti da eventi alluvionali rimane in capo esclusivo al privato attuatore e ai suoi aventi causa.

8.2.1.3 *PRESCRIZIONI RIFERITE ALLE FASCE DI RISPETTO DA CAPTAZIONE ACQUE POTABILI*

In comune di Brusaporto non sono presenti captazioni ad uso idropotabile ne fasce di rispetto di pozzi esterni al comune. Nel caso venissero realizzati pozzi con questa finalità, all'interno delle zone di rispetto dei pozzi ad uso potabile, costituite da un cerchio di 200 metri di raggio, sono vietate le seguenti attività o destinazioni:

a) dispersione di fanghi ed acque reflue, anche se depurati;

b) accumulo di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi;

c) spandimento di concimi, fertilizzanti o pesticidi, salvo l'impiego di tali sostanze 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 bianche provenienti da piazzali e strade;

e) aree cimiteriali;

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

f) aperture di cave che possono essere in connessione con la falda;

g) aperture di pozzi ad eccezione di quelli che estraggono acque destinate al consumo umano e di quelli finalizzati alla variazione della 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. E' comunque vietata la stabulazione di bestiame in zona di rispetto ristretta.

Per la disciplina delle aree di salvaguardia delle acque sotterranee destinate al consumo umano si rimanda, inoltre, a quanto disposto dalla d.g.r. 10 aprile 2003 n.7/12693.

8.2.1.4 *FASCE DI RISPETTO E SALVAGUARDIA IDRAULICA ED IDROGEOLOGICA*

Nelle aree perimetrate è istituito un vincolo conformativo di **inedificabilità assoluta**. Sono vietati:

- Nuovi interventi di trasformazione urbanistica ed edilizia comportanti aumento di volume o di superficie coperta;
- Opere di scavo o modellazione del terreno che possano alterare il regime di infiltrazione;
- Realizzazione di manufatti interrati o seminterrati (es. autorimesse, cantine, locali tecnici).

Sono fatti salvi esclusivamente gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria del patrimonio edilizio esistente (senza aumento di volume o carico urbanistico) e la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico specificamente destinate alla regimazione idraulica, alla difesa del suolo e alla mitigazione del rischio, previa Relazione Idrogeologica di dettaglio e parere favorevole del Consorzio di Bonifica competente.

8.2.1.5 *PRESCRIZIONI DI PREVENZIONE SISMICA*

Il territorio di Brusaporto è classificato secondo la nuova normativa regionale in materia di costruzioni in zona sismica (D.G.R. n. X/2129 del 14/07/2014) in "ZONA SISMICA 3", pertanto le prescrizioni tecniche antisismiche sono da applicare a tutti gli edifici.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

8.2.2 NORME DI ATTUAZIONE DEL PGT RELATIVE ALLA COMPONENTE SISMICA

Si riassumono qui le norme descritte nello "studio sugli effetti di amplificazione sismica di sito" a firma del Dott. Carlo Pedrali, che lo scrivente fa proprie, non ravvisando alcuna necessità di integrazione relativamente agli aspetti legati all'applicazione delle procedure di secondo livello.

Scenari di amplificazione topografica: le elaborazioni sugli scenari di cresta o cocuzzolo non hanno individuato situazioni suscettibili di amplificazione morfologica, pertanto l'applicazione delle NTC vigenti è in grado di tenere in considerazione anche questi effetti.

Scenari di amplificazione litologica:

Scenari Z1a, Z1c e Z2a: frane attive o zone potenzialmente franose o zone con possibili terreni particolarmente scadenti (aree di cava colmata).

La normativa prescrive che per queste situazioni vengano attivati direttamente studi di 3° livello in fase di progettazione. I contenuti di tali studi saranno definiti dal professionista incaricato che dovrà adeguatamente motivare le scelte operate.

Scenari Z4a e Z4d:

Per l'intervallo di oscillazione caratteristico T = 0.1-0.5 s - edifici a pianta larga, a struttura rigida e relativamente bassi (fino a 4-5 piani)

Gli approfondimenti effettuati hanno riguardato 5 siti investigati con tecnica MASW. Quattro di questi siti ricadevano in categoria B e uno solo in C. In due casi (rispettivamente caratterizzati da suolo di categoria B e C), la stima del fattore di amplificazione ha evidenziato il supero del corrispondente valore di soglia per il periodo di oscillazione T=0,1-0,5 sec.

Poiché lo scopo dell'applicazione della procedura di secondo livello in fase pianificatoria ha una valenza di tipo ricognitivo, si prescrive che in fase di progettazione, i risultati di cui sopra vengano verificati e validati localmente, mediante l'applicazione autonoma delle procedure di secondo livello di R.L. con la definizione dello specifico modello geologico e geotecnico rilevato in loco sulla base di una adeguata campagna di indagini geognostiche e sismiche. In linea generale le conclusioni che si possono comunque formulare sono le seguenti:

- **in presenza di suoli classificabili in categoria D/E**, l'applicazione della normativa nazionale, visti gli elevatissimi valori di soglia, è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

lo spettro previsto dalla normativa nazionale (Norme Tecniche per le Costruzioni vigenti) per la categoria di suolo corrispondente;

- **in presenza di suoli classificabili in categoria B e C**, il valore di *Fa* nei siti investigati ha fornito valori non univoci, pertanto è possibile che il valore di Fa stimato possa essere superiore al valore di soglia corrispondente, ciò che non consentirebbe alla normativa nazionale di tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica. Si prescrive pertanto, in fase di progettazione edilizia, di procedere ad applicare o effettuare analisi più approfondite (3° livello), o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo caratterizzata da Fa superiore, (anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della categoria di suolo C, o in caso di categoria di suolo C si utilizzerà quello della categoria D);

Per l'intervallo di oscillazione caratteristico T = 0.5-1.5 s - edifici a pianta stretta, a struttura flessibile e relativamente alti (oltre i 5 piani)

- In presenza di suoli di qualunque categoria, il valore di Fa è sensibilmente inferiore al corrispondente valore di soglia e quindi si può ritenere che gli spettri di progetto previsti dalla normativa nazionale siano in grado di tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica di sito che è lecito attendersi per il comune di Brusaporto. Si impiegano gli spettri di progetto della corrispondente categoria di suolo.

Si ribadisce ancora una volta che poiché le indagini sismiche effettuate per l'applicazione della procedura di secondo livello hanno una validità esclusivamente locale, in altre zone, dovrà essere comunque verificato il rispetto dei valori di soglia eseguendo la verifica di secondo livello.

In fase di progettazione come previsto dalla normativa vigente, sarà compito del tecnico incaricato quello di verificare con le indagini che riterrà più adeguate, la categoria di sottosuolo che meglio si adatta alla situazione locale e alla quota di posa delle fondazioni.

8.2.3 PRESCRIZIONI DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA

Classe 1 – (colore bianco): Fattibilità senza particolari limitazioni

Pur non essendo presenti particolari situazioni geologiche ostative alla modifica del territorio, susssiste l'obbligo di conformarsi rigorosamente alle prescrizioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni vigenti (NTC 2018). Pertanto, per ogni singolo intervento edilizio, permane la necessità di programmare ed eseguire un adeguato piano di indagini geognostiche, volto alla corretta caratterizzazione del modello geologico di dettaglio del sito d'interesse.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

- Prescrizioni per le aree in Classe 1 ad “alta” vulnerabilità dell'acquifero:

Per gli ambiti territoriali inseriti in Classe di Fattibilità Geologica 1 (colore bianco) che la Carta di Sintesi individua contestualmente come "Aree ad alta vulnerabilità dell'acquifero" (sensu Civita, De Maio, procedura SINTACS), e in considerazione del fatto che tutto il territorio comunale risulta inserito (PTUA 2025) nelle Zone di protezione delle acque sotterranee per l’utilizzo potabile, attuale e futuro, specificamente classificate come Zone di riserva e aree di ricarica della falda, si ritiene di stabilire l'incompatibilità assoluta con le seguenti destinazioni d'uso e attività:

Attività Industriali e Artigianali a Rischio Ambientale: Nuovi impianti chimici, galvanici, di trattamento superfici, officine meccaniche pesanti, autolavaggi e qualsiasi attività che comporti la produzione, l'impiego diffuso o lo stoccaggio di sostanze tossiche, nocive o idrocarburi liquidi.

Gestione e Stoccaggio Rifiuti: Centri di raccolta, stoccaggio, trattamento o smaltimento di rifiuti, siano essi urbani, speciali, pericolosi o non pericolosi.

Depositi di Carburanti e Sostanze Pericolose: Nuovi impianti di distribuzione carburante o serbatoi interrati e fuori terra destinati all'accumulo di combustibili o agenti chimici industriali (fatta eccezione per i piccoli serbatoi domestici a servizio del riscaldamento residenziale, purché dotati di sistemi di contenimento a doppio bacino di sicurezza).

Per le destinazioni d'uso ammesse dal Piano delle Regole (Residenziale, Commerciale ordinario, Terziario, Verde), le trasformazioni del suolo restano subordinate alle seguenti prescrizioni di compatibilità idrogeologica:

Gestione delle acque di prima pioggia: Per tutti gli interventi che comportino la realizzazione di piazzali, parcheggi scoperti o aree di movimentazione merci, è fatto obbligo di prevedere sistemi idonei di captazione, separazione, trattamento e disoleazione delle acque di prima pioggia prima di qualunque ipotesi di infiltrazione o scarico nel sottosuolo.

Invarianza Idraulica e Idrologica: Trova applicazione tassativa il Regolamento Regionale n. 7/2017. I sistemi di infiltrazione diffusa (trincee drenanti, pozzi perdenti) dovranno essere preferiti per le sole acque meteoriche provenienti dalle coperture degli edifici (acque pulite), previo accertamento della reale capacità filtrante e di autodepurazione dei primi orizzonti pedologici superficiali.

Nota di indirizzo per le attività estrattive: Fermo restando che la competenza pianificatoria e autorizzativa in materia di attività estrattive fa capo esclusivamente agli Enti sovraordinati

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

(Provincia e Regione), in considerazione della classificazione del territorio comunale quale Zona di riserva e area di ricarica della falda (PTUA 2025), si segnala l'opportunità che il Comune, nelle sedi di concerto e nei procedimenti di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) di competenza terzi, promuova un approccio di spiccata cautela. Si suggerisce di porre particolare attenzione alla tutela del franco di sicurezza dalla falda idrica e alla salvaguardia del potere filtrante dei terreni superficiali, al fine di garantire la massima protezione dell'acquifero idropotabile.

Classe 2 – (colore giallo): Fattibilità con modeste limitazioni (GEO1 – GEO2)

Le principali limitazioni geologiche che contraddistinguono le aree ricadenti in classe 2, sono essenzialmente di tipo geotecnico, legate alla possibilità che la stratigrafia del sottosuolo incontri livelli con scarse caratteristiche geotecniche e a limitata portanza. Occasionalmente si evidenzia la possibilità che interventi in queste aree incontrino falde sospese stagionali.

Poiché tuttavia le problematiche geotecniche possono essere superate attraverso una corretta progettazione edilizia supportata da dati geologici e geotecnici puntuali, si è ritenuto che l'assegnazione della classe di fattibilità 2 fosse la più corretta.

Gli approfondimenti geologico-tecnici, dovranno essere finalizzati all'acquisizione di una diretta conoscenza delle condizioni stratigrafiche locali, alla determinazione puntuale dei parametri fisici del terreno, alla stima della capacità portante dei terreni di fondazione e dei cedimenti indotti dai carichi applicati e alla individuazione dell'eventuale presenza e profondità di falde sospese.

Le indagini, preliminari alla fase di progettazione esecutiva, dovranno prevedere l'esecuzione di prove geotecniche in sito e di laboratorio scelte a seconda dei casi dal professionista responsabile dell'indagine. Tali prove si rendono necessarie per una corretta stima dei parametri geotecnici principali, da utilizzarsi nel calcolo della capacità portante dei terreni e dei cedimenti. A titolo indicativo le indagini in sito potranno includere sondaggi geognostici e/o prove penetrometriche, all'occorrenza attrezzate a piezometri, mentre le prove di laboratorio potranno comprendere: classificazione dei terreni, determinazione delle proprietà indice dei materiali, prove edometriche, di compressione monoassiale, triassiali e/o di taglio diretto.

Si precisa che le previste indagini geognostiche sono necessarie solo per i nuovi interventi edificatori e non interessano le operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria o qualsiasi altra attività che non implichi la realizzazione di scavi e/o l'incremento di carico sul terreno.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Si evidenzia inoltre che gli approfondimenti di tipo geotecnico di cui sopra, non si applicano solo alle aree descritte, ma a tutto il territorio comunale, essendo essenziali per una corretta progettazione edilizia.

Classe 3: Fattibilità con consistenti limitazioni

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa.

La progettazione di queste ultime dovrà essere basata su approfondimenti delle condizioni locali (geologiche, geotecniche, idrauliche) da attuare mediante una adeguata campagna di indagini.

I risultati di questi approfondimenti costituiranno parte integrante della documentazione progettuale che andrà consegnata in fase di richiesta del titolo autorizzativo rilasciato dall'ufficio tecnico.

In questa classe rientrano porzioni di territorio con le seguenti problematiche:

GEO3 - Zone interessate da attività estrattiva in essere o cessata: Ogni intervento edilizio, infrastrutturale o di trasformazione urbanistica ricadente nelle aree classificate in Classe 3 per la presenza di attività estrattive (attive, dimesse o in fase di recupero), è subordinato all'esecuzione preliminare di indagini specialistiche. I progetti dovranno essere corredati da una specifica Relazione Geologica, Geotecnica e Ambientale di dettaglio.

Per tali ambiti, qualsiasi intervento è condizionato all'esecuzione di indagini geognostiche profonde (sondaggi e campionamenti) volte alla caratterizzazione geotecnica delle coltri di riempimento. Dovrà inoltre essere obbligatoriamente eseguito uno screening ambientale preventivo (carotaggi con campionamento di terreno e analisi chimiche di laboratorio) volto a escludere la presenza di contaminanti o passività ambientali.

Nel caso in cui tali rinterri siano costituiti da materiali antropici o industriali dismessi (es. scorie di fonderia), si rimanda interamente alle procedure di caratterizzazione e alle prescrizioni ambientali dell'articolo 8.1.3 delle presenti Norme di Piano.

IDR3: Aree inserite nello scenario P3H del PGRA:

Le aree perimetrate come Zona H (Pericolosità elevata P3 ai sensi del PGRA) identificano normalmente porzioni di territorio in cui la probabilità di accadimento di eventi alluvionali è frequente (20-50 anni) o i cui battenti d'acqua attesi possono generare un rischio severo per

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

l'incolumità pubblica e l'integrità dei beni. Questi scenari non si ritengono applicabili al caso di Brusaporto in quanto le problematiche idrauliche riscontrate sono lo scorrimento idrico superficiale (SS) con basse velocità e tiranti e lo Slow Onset Flood (alluvione a lento sviluppo).

Limitazioni alle Trasformazioni Urbanistiche ed Edilizie: È vietata la realizzazione di nuovi volumi edificabili, ampliamenti residenziali o produttivi, e l'istituzione di nuove destinazioni d'uso che comportino l'incremento del carico insediativo o la presenza continuativa di persone. Sono consentiti esclusivamente gli interventi di manutenzione ordinaria, straordinaria, restauro, risanamento conservativo e ristrutturazione edilizia senza aumento di volume o superficie coperta, finalizzati prioritariamente alla messa in sicurezza e al miglioramento della resilienza idraulica del fabbricato esistente.

Studio di Compatibilità Idraulica: Ogni intervento ammesso sull'esistente o relativo a infrastrutture pubbliche lineari non delocalizzabili deve essere corredato da uno specifico studio idraulico di dettaglio, volto a dimostrare che le opere non rechino pregiudizio al regime dei deflussi, non riducano la capacità di invaso della piana di inondazione e non causino rigurgiti idraulici a monte o a valle.

Invarianza Idraulica: Trova applicazione rigorosa la disciplina regionale vigente in materia di invarianza idraulica ed idrologica (R.R. 7/2017 e s.m.i.). Le portate di picco generate dalle superfici impermeabilizzate a seguito dell'intervento dovranno essere compensate e mantenute pari o inferiori a quelle dello stato indisturbato.

Prescrizioni Costruttive Specifiche: È fatto assoluto divieto di realizzare locali interrati o seminterrati. I locali posti al piano terra non possono essere destinati a funzioni sensibili, civili abitazioni o depositi di materiali inquinanti/galleggianti. I progetti devono prevedere l'utilizzo di materiali da costruzione resistenti all'acqua e all'imbibizione, l'innalzamento delle reti impiantistiche ed elettriche al di sopra del livello di battente critico calcolato o l'installazione di sistemi passivi di difesa (es. paratie stagne o valvole antiriflusso sulle reti di scarico).

IDR1: Aree allagabili per esondazione del RIM comunale:

Le presenti disposizioni disciplinano le aree già edificate del territorio comunale in cui si registrano ricorrenti criticità di allagamento, riconoscendo che tali fenomeni derivano dal progressivo deficit di funzionamento strutturale delle reti pubbliche di drenaggio e dall'insufficienza localizzata del Reticolo Idrico Minore (RIM).

L'Amministrazione Comunale e i soggetti privati operano congiuntamente, ciascuno per le proprie competenze, per ridurre la vulnerabilità del tessuto urbano esistente.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Al fine di risanare progressivamente le carenze strutturali della rete pubblica e attenuare il rischio idraulico a monte, il Comune si impegna a programmare interventi pubblici prioritari volti alla ricalibratura delle sezioni critiche del RIM, alla pulizia sistematica dei tratti tombinati e al potenziamento dei collettori stradali delle acque bianche nei punti di crisi documentati. Si impegna altresì ad individuare e realizzare aree di laminazione pubblica diffusa o vasche volano comunali a monte del tessuto edificato critico, sfruttando aree verdi o standard urbani, per alleggerire la portata di picco diretta verso i quartieri già consolidati.

Riconoscendo lo stato di fatto degli immobili regolarmente edificati in forza di passati titoli abilitativi, gli interventi edilizi sul patrimonio esistente (ristrutturazioni, risanamenti) sono finalizzati esclusivamente alla protezione passiva del bene, secondo criteri di sostenibilità e senza l'imposizione di oneri sproporzionati a carico dei proprietari.

Negli interventi di ristrutturazione edilizia profonda che interessano i piani terra o locali ipogei esistenti, si consiglia di prevedere l'inserimento di dispositivi di protezione idraulica passiva (es. predisposizione di guide per paratie rimovibili sugli accessi esposti o installazione di valvole antiriflusso sulle reti di scarico interne).

Al fine di non incrementare l'esposizione delle persone al rischio, all'interno dei locali interrati o seminterrati esistenti soggetti ad allagamento non è ammesso l'insediamento di nuove funzioni residenziali o commerciali continuative (permanenza di persone).

Ciascun intervento edilizio che comporti la modifica di cortili o aree scoperte pertinenziali deve garantire il principio del non aggravio idraulico, privilegiando soluzioni che evitino l'impermeabilizzazione dei suoli (es. uso di autobloccanti, grigliati erbosi) per favorire l'infiltrazione naturale in posto della pioggia e ridurre il deflusso idrico superficiale veros le reti di smaltimento.

IDG1: Aree con presenza accertata di faldine sospese:

Le presenti disposizioni si applicano alle specifiche porzioni di territorio comunale in cui è accertata la presenza di una falda idrica sospesa e di livelli idrici sub-superficiali stabilmente attestati a quote ridotte dal piano di campagna. In tali ambiti, la presenza costante dell'acqua nel primo sottosuolo determina severe criticità geotecniche e igienico-sanitarie per le strutture interrate, nonché il rischio di alterazione dei flussi idrici sotterranei.

Al fine di prevenire gravi danni strutturali, fenomeni di allagamento ricorrenti e insalubrità dei locali, nelle aree perimetrate per la presenza di falda superficiale è vietata la realizzazione di nuovi locali

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

interrati e seminterrati, indipendentemente dalla loro destinazione d'uso (sia essa residenziale, commerciale, produttiva o accessoria come cantine e autorimesse).

Qualsiasi nuovo volume edilizio, ampliamento o ristrutturazione urbanistica con demolizione e ricostruzione dovrà svilupparsi interamente al di sopra del piano campagna originario.

I nuovi interventi edilizi privi di interrato dovranno comunque verificare l'interazione delle strutture di fondazione con l'escursione massima della faldina sospesa.

Per i nuovi edifici o gli interventi di demolizione e ricostruzione, al fine di garantire il perfetto isolamento idrico e igienico-sanitario delle strutture, è suggerita la realizzazione del piano di calpestio del piano terra al di sopra di un terrapieno artificiale di modesta altezza (compresa indicativamente tra 40 cm e un massimo di 80 cm) rispetto al piano di campagna originario. Il terrapieno dovrà essere realizzato con materiale inerte, granulare, pulito e costipato meccanicamente (es. misto granulometrico stabilizzato o vespai in pietrame), avente funzione di rottura della risalita capillare dell'umidità proveniente dal sottosuolo saturo.

La modellazione del terreno attraverso il terrapieno artificiale non deve in alcun modo alterare il deflusso naturale delle acque piovane a danno delle proprietà confinanti o della viabilità pubblica. Considerata la ridotta soggiacenza della falda superficiale, è fatto assoluto divieto di ricorrere a sistemi di infiltrazione o dispersione diretta nel sottosuolo (quali pozzi perdenti o trincee drenanti). Le acque meteoriche di ruscellamento generate dal lotto dovranno essere interamente raccolte tramite canalizzazioni perimetrali impermeabili e convogliate verso sistemi di laminazione (vasche volano) realizzati a perfetta tenuta stagna. Da qui, le portate accumulate dovranno essere rilasciate con continuità e a portata rigorosamente limitata verso il ricettore pubblico, in conformità con il Regolamento Regionale sull'Invarianza Idraulica (R.R. 7/2017).

Ai fini del rispetto dei limiti di altezza massima degli edifici previsti dal Piano delle Regole, la quota di riferimento del terreno (piano di campagna) s'intende quella del terrapieno artificiale così autorizzato, purché contenuto nei limiti di altezza modesta stabiliti dal presente articolo.

Per i fabbricati esistenti legittimamente edificati in passato che presentano locali interrati o seminterrati (quali taverne, cantine o garage), è vietato il cambio di destinazione d'uso dei locali ipogei esistenti verso funzioni che comportino la permanenza continuativa di persone (es. trasformazione da cantina/sgombero ad abitazione o ufficio). Gli interventi edilizi ammessi su tali locali devono essere finalizzati esclusivamente al risanamento igienico-sanitario,

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

all'impermeabilizzazione passiva (es. realizzazione di "vasche bianche" interne o isolamenti geosintetici) e alla messa in sicurezza.

STA2: Aree potenzialmente instabili per morfologie predisponenti all'accumulo di ingenti spessori di depositi eluvio colluviali (aree a spiccata concavità):

Le presenti disposizioni si applicano alle aree collinari classificate in Classe 3 caratterizzate da marcata concavità morfologica (impluvi, testate di valle, nicchie di distacco storiche). In tali ambiti l'accumulo naturale di ingenti spessori di depositi eluvio-colluviali, unito alla convergenza delle acque di drenaggio superficiali e profonde, determina condizioni di potenziale instabilità e rischio di mobilizzazione di massa (colate di detrito/fango o scivolamenti), come già registrato in analoghi contesti locali. Ogni intervento edilizio, infrastrutturale o di sistemazione del suolo in tali aree è subordinato alla redazione di uno studio geologico-geotecnico specialistico che deve comprendere obbligatoriamente: esecuzione di sondaggi geognostici (meccanici o trincee esplorative) integrati da indagini geofisiche volti a mappare con precisione geometrica l'andamento del contatto tra il corpo eluvio-colluviale instabile e il substrato roccioso rigido sottostante. Si prescrive inoltre l'esecuzione di verifiche di stabilità del pendio mediante metodi dell'equilibrio limite o codici numerici avanzati. Tali verifiche dovranno essere condotte introducendo i parametri geotecnici dei terreni eluvio-colluviali determinati in laboratorio e assumendo scenari cautelativi di completa saturazione del terreno, simulando l'effetto delle pressioni neutre indotte dalle acque di drenaggio profondo.

Considerato che l'acqua rappresenta il principale fattore scatenante dell'instabilità in queste aree, i progetti devono valutare la possibilità di realizzazione di opere di drenaggio e canalizzazione superficiale (fossi di guardia, canalette impermeabilizzate) a monte dell'area di intervento, in grado intercettare l'acqua piovana e deviarla veso aree meno suscettibili alla instabilizzazione.

Qualora lo studio geologico evidenzi la presenza di flussi idrici sotterranei o lenti di saturazione profonda all'interno dei depositi superficiali, le opere di fondazione o di sostegno dovranno essere tassativamente integrate da sistemi di drenaggio profondo (es. trincee drenanti profonde o tubi microforati sub-orizzontali) per abbattere le pressioni idrauliche interstiziali. È vietato lo scarico non controllato di tali drenaggi sul pendio sottostante. In queste aree è vietata qualsiasi opera di dispersione o infiltrazione sul posto delle acque meteoriche (sia dei tetti che dei piazzali). Tutte le acque bianche raccolte devono essere convogliate tramite tubazioni a perfetta tenuta stagna verso recettori idrici sicuri o raccolte in apposite vasche volano. Le portate accumulate dovranno poi essere rilasciate, alla portata consentita, verso il ricettore pubblico, in conformità con il Regolamento Regionale sull'Invarianza Idraulica (R.R. 7/2017).

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Sono da escludersi fondazioni di tipo superficiale poggianti direttamente sul corpo eluvio-colluviale. Le strutture dovranno adottare fondazioni profonde (pali o micropali) interamente attestate e ancorate all'interno del substrato roccioso stabile profondo, dimensionate per resistere anche alle azioni di spinta laterale e di trascinamento esercitate dalla massa colluviale sovrastante in caso di parziale movimento. Sono vietati scavi o sbancamenti al piede del pendio concavo che possano scalzarne la base, così come l'accumulo di terre da scavo o sovraccarichi alla testata della concavità, che aumenterebbero le forze destabilizzanti.

STA3: Aree di versante con pendenza compresa tra 15° e 30°

Le presenti disposizioni si applicano alle zone collinari che presentano pendenze medie del terreno naturale comprese tra 15° e 30°, in assenza di altre concause aggravanti quali forme concave di accumulo o dissesti storici. In tali ambiti, generalmente stabili, l'esecuzione di modifiche morfologiche o alterazioni del regime idrico sotterraneo richiede l'adozione di accorgimenti tecnici atti a preservare i coefficienti di sicurezza del pendio. Ogni intervento che comporti trasformazioni edilizie, infrastrutturali o movimenti di terra significativi deve essere supportato da una relazione geologica e geotecnica che contenga un'analisi quantitativa semplificata o una modellazione della stabilità del pendio nell'intorno dell'opera, volta a dimostrare che le strutture previste e le relative fondazioni mantengano i coefficienti di sicurezza prescritti dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) vigenti. Gli approfondimenti dovranno accertare lo spessore della coltre di terreno superficiale alterato o sciolto rispetto al substrato roccioso sano, al fine di calibrare la corretta profondità d'imposta delle fondazioni.

Per prevenire fenomeni di erosione superficiale accelerata (ruscellamento) o l'infiltrazione concentrata che possa ridurre la resistenza al taglio dei terreni le acque meteoriche raccolte dalle coperture dei fabbricati e dalle superfici pavimentate devono essere tassativamente convogliate in tubazioni a tenuta stagna e immesse nel reticolo idrografico pubblico o fognario di fondovalle. È vietato lo scarico libero o la dispersione concentrata delle acque bianche direttamente sul corpo del pendio naturale. Eventuali scarichi di supero o di troppo pieno devono essere dotati di opere di dissipazione dell'energia cinetica (es. massicciate in pietrame o pozzetti dissipatori) per evitare l'innesco di solchi di erosione.

Classe 4 – (colore rosso): Fattibilità con gravi limitazioni:

La Classe 4 **(STA1)** comprende le porzioni di territorio comunale interessate da fenomeni franosi attivi, quiescenti o potenziali ad alta pericolosità, così come individuate e delimitate nella Carta della

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Fattibilità Geologica. Tali aree presentano condizioni di instabilità intrinseca che costituiscono un rischio potenziale o manifesto per l'incolumità pubblica e l'integrità dei beni.

Queste zone sono sottratte a qualsiasi tipo di modifica o trasformazione urbanistica, edilizia e morfologica del territorio. Nello specifico, sono tassativamente vietate nuove costruzioni di qualsiasi genere e destinazione d'uso, ampliamenti volumetrici o di superficie degli edifici esistenti, opere infrastrutturali lineari o puntuali, se non strettamente collegate alla funzione di messa in sicurezza, scavi, reinterri, rimodellazioni del terreno o alterazioni del regime idrografico superficiale e sotterraneo, interventi che possano incrementare il carico antropico o aggravare le condizioni di instabilità dei versanti.

Per gli edifici esistenti sono consentite esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 3 del DPR 380/2001, comma 1 lettere a), b), e c), senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo. Sono consentite inoltre le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica.

Sono inoltre consentiti esclusivamente gli interventi di sistemazione idrogeologica, consolidamento dei versanti e stabilizzazione dei fenomeni franosi.

Qualsiasi intervento di sistemazione e stabilizzazione deve essere supportato da un apposito progetto specialistico, finalizzato alla mitigazione del rischio e al miglioramento delle condizioni di sicurezza del sito. Il progetto deve essere redatto e sottoscritto da un professionista abilitato (Ingegnere/Geologo), secondo le rispettive competenze di legge. Il progetto deve essere corredato da una dettagliata relazione (Geologica, Geotecnica, Idraulica ai sensi delle NTC vigenti) che dimostri la compatibilità degli interventi co la situazione di pericolosità esistente, l'efficacia delle opere e l'assenza di effetti negativi sulle aree circostanti. L'esecuzione di ogni intervento è subordinata all'ottenimento del preventivo titolo abilitativo edilizio rilasciato dal Comune (Permesso di Costruire, SCIA o altro provvedimento autorizzativo applicabile), previa acquisizione degli eventuali pareri degli enti sovracomunali competenti.

Eventuali opere pubbliche e di interesse pubblico possono essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili; dovranno comunque essere puntualmente e attentamente valutate in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio che determinano l'ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

9 ALLEGATI

Gli allegati alla presente relazione illustrativa sono di seguito elencati. Si precisa che essi non sono inseriti nel presente documento, ma costituiscono documentazione a parte.

1. Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito, finalizzata alla definizione dell'aspetto sismico nel piano di governo del territorio, (Dott. Carlo Pedrali 2009), **limitatamente alla applicazione della procedura di secondo livello.**
2. Documento Semplificato di Rischio Idraulico del comune di Brusaporto.

10 BIBLIOGRAFIA

Basili, R., Valensise, G., Vannoli, P., Burrato, P., Fracassi, U., Mariano, S., Tiberti, M. M., & Boschi, E. (2008). "The Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), version 3.3.0: Summarizing 20 years of research on Italy's earthquake geology". Tectonophysics, 453(1-4), pp. 20–43. https://doi.org

Bersezio, M., Bini, A., Ferliga, C., & Gelati, R. (A cura di). (2010). "Carta e Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, foglio 098 Bergamo". ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale - Servizio Geologico d'Italia.

Bersezio, M., Bini, A., Gelati, R., Ferliga, C., Rigamonti, I., & Strini, A. (A cura di). (2014). "Carta e Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, foglio 097 Vimercate". ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale - Servizio Geologico d'Italia.

Boni, P., & Castiglioni, G. B. (1995). "I depositi quaternari della pianura bergamasca: Lineamenti stratigrafici e morfo-tettonici". Il Quaternario, 8(1), pp. 145–158.

Burrato, P., Ciucci, F., & Valensise, G. (2003). "An inventory of river anomalies in the Po Plain, Northern Italy: Evidence for active blind thrust faulting". Annals of Geophysics, 46(5), pp. 865–882. https://doi.org

D.G.R. n. X/4383 del 20 novembre 2015 - Regione Lombardia. (2015). "Aggiornamento delle disposizioni per l'esercizio delle funzioni relative alla componente geologica, idrogeologica e sismica dei piani di governo del territorio (PGT)". Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia.

Denti, E., Francani, V., Fumagalli, L., Pezzera, G., & Sala, P. (1988). "Studio idrogeologico del foglio Vimercate I.G.M. 1:50.000". Studi idrogeologici sulla Pianura Padana (Vol. 4).

ERSAF. (2004). "Suoli e paesaggi della Provincia di Bergamo". ERSAF e Regione Lombardia.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Fantoni, R., & Franciosi, R. (2010). "Tectono-sedimentary setting of the Po Plain and Adriatic foreland". Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali, 21(S1), pp. 197–209. https://doi.org

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA). (2015). "Linee guida per l'analisi e la mitigazione del rischio idrogeologico a supporto dei piani comunali". Quaderni di protezione ambientale, ISPRA.

Jadoul, F., Forcella, F., Bini, A., & Ferliga, C. (A cura di). (2000). "Carta geologica della Provincia di Bergamo alla scala 1:50.000 e Note illustrative". Servizio Territorio della Provincia di Bergamo.

Locati, M., Camassi, R., Rovida, A., Ercolani, E., Bernardini, F., Castelli, V., Caracciolo, C. H., Tertulliani, A., Rossi, A., Azzaro, R., D'Amico, S., & Antonucci, A. (A cura di). (2016). "Database Macrosismico Italiano: DBMI15 Versione 4.0". Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

Meletti, C., & Valensise, G. (2004). "Zonazione sismogenetica ZS9 – App.2 al Rapporto Conclusivo". In: Gruppo di Lavoro MPS, Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV.

Pieri, M., & Groppi, G. (1981). "Subsurface geological structure of the Po plain, Italy" (Pubbl. 414). Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Progetto Finalizzato Geodinamica (Sottoprogetto 'Modello Strutturale').

Pomicino, N., Bini, A., Violanti, D., Riva, R., & Zuccoli, L. (2001). "Geologia di sottosuolo della pianura bergamasca compresa tra i fiumi Serio e Brembo". Geologia Insubrica, 6, pp. 113–124.

Regione Lombardia. (2001). "Acque sotterranee in Lombardia, gestione sostenibile di una risorsa strategica". Regione Lombardia, Risorse Idriche e Servizi di Pubblica Utilità.

Regione Lombardia – ENI. (2002). "Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia" (C. Carcano & A. Piccin, A cura di). Ed. S.e.l.c.a.

Regione Lombardia. (2005). "Aggiornamento geologico – stratigrafico, Marzo 2005". Rapporto nell'ambito dello studio "Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia" e del Progetto CARG.

Regione Lombardia. (2025). "Piano di Tutela delle Acque (PTA) - Aggiornamento e Direttive di attuazione". Direzione Generale Ambiente, Energia e Sviluppo Sostenibile.

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026

Rovida, A., Locati, M., Camassi, R., Lolli, B., Gasperini, P., & Antonucci, A. (A cura di). (2016). "Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, CPTI15 Versione 4.0". Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

Servizio Geologico d'Italia. (1954). "Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000. Foglio 33 Bergamo". Servizio Geologico d'Italia.

Servizio Geologico d'Italia. (1969). "Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000. Foglio 46 Treviglio". Servizio Geologico d'Italia.

Sistema Informativo Geografico SIDRO di Arpa Lombardia. (n.d.). "Banca dati cartografica online".

Stucchi, M., Meletti, C., Montaldo, V., Crowley, H., Calvi, G. M., & Boschi, E. (2011). "Seismic hazard assessment of Italy: MPS04 version 1.1". Bulletin of the Seismological Society of America, 101(4), pp. 1885–1911. https://doi.org

Vannoli, P., Burrato, P., & Valensise, G. (2015). "The Seismotectonics of the Po Plain (Northern Italy): Tectonic Diversity in a Blind Faulting Domain". Pure and Applied Geophysics, 172(5), pp. 1105–1142. https://doi.org

Registro Protocollo
Prot.N 0010202
Data 31/08/2026