



# COMUNE DI CARNATE

Provincia di Monza-Brianza



## DETERMINAZIONE GIUNTA REGIONALE 22 DICEMBRE 2005 – N. 8/1566:

Criteri ed indirizzi per la definizione della Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma, 1 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12

## DETERMINAZIONE GIUNTA REGIONALE 30 NOVEMBRE 2011 – N. IX/2616:

Aggiornamento dei "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art.57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12", approvati con d.g.r.22 dicembre 2005, n.8/1566 e successivamente modificati con d.g.r.28 maggio 2008, n.8/7374

## DETERMINAZIONE GIUNTA REGIONALE 19 GIUGNO 2017 – N. X/6738:

Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del piano di gestione dei rischi di alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza, ai sensi dell'art. 58 delle norme di attuazione del piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI) del bacino del Fiume Po così come integrate dalla variante adottata in data 7 dicembre 2016 con deliberazione n. 5 dal comitato istituzionale dell'autorità di bacino del F. Po.

# COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

## Rapporto Tecnico

*Revisione a seguito di:*

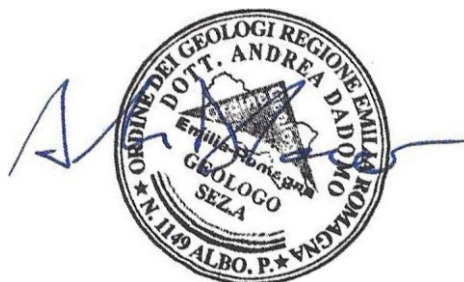
- osservazioni in seconda conferenza di VAS

- valutazione di Provincia MB sulla compatibilità al PTCP, ai sensi dell'art. 13 della l.r. 12/2005

- parere di Regione Lombardia, ai sensi della l.r. 12/2005

Dr. Geol. Roverselli Davide

Dr. Geol. Dadomo Andrea





## Sommario

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>4</b>
1.1	Inquadramento geografico.....	4
1.2	Precedenti piani.....	4
1.3	Aggiornamento attuale .....	5
<b>2</b>	<b>STRUTTURA DELLO STUDIO .....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>ANALISI COMPATIBILITA' PTCP – PROVINCIA DI MONZA BRIANZA.....</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>ASSETTO GEOLOGICO .....</b>	<b>15</b>
4.1	Aspetti geologici-geomorfologici.....	15
4.2	Aspetti geomorfologici.....	17
4.3	Aspetti pedologici .....	19
4.4	Aspetti geotecnici .....	21
4.4.1	Problematica “Occhi Pollini” .....	23
<b>5</b>	<b>ASSETTO IDROGEOLOGICO.....</b>	<b>26</b>
5.1	La struttura idrogeologica a grande scala .....	26
5.2	Idrogeologia locale e sezioni interpretative .....	27
5.3	Piezometria.....	28
5.4	Soggiacenza .....	29
5.5	Pozzi pubblici sul territorio comunale .....	30
5.6	Vulnerabilità .....	30
5.6.1	Descrizione del metodo GOD .....	31
5.6.2	Applicazione del metodo GOD al territorio comunale .....	32
5.6.3	Idrochimica.....	34
<b>6</b>	<b>ASSETTO IDROGRAFICO E IDRAULICO .....</b>	<b>34</b>
6.1	Idrografia .....	34
6.1.1	Reticolo Idrografico Minore .....	35





<b>6.2</b>	<b>Elementi idraulici .....</b>	<b>36</b>
<b>6.3</b>	<b>Attuazione PGRA.....</b>	<b>39</b>
<b>7</b>	<b>CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE .....</b>	<b>44</b>
<b>7.1</b>	<b>La normativa sismica.....</b>	<b>44</b>
7.1.1	Evoluzione normativa, pre 2003 .....	44
7.1.2	La nuova normativa sismica a livello nazionale.....	46
7.1.3	Normativa sismica a livello regionale.....	51
<b>7.2</b>	<b>Attività sismica ed elementi neotettonici e strutturali, con cenni sulla sismicità del territorio.....</b>	<b>53</b>
<b>7.3</b>	<b>La Pericolosità Sismica Locale .....</b>	<b>65</b>
7.3.1	Premessa .....	65
7.3.2	Analisi e valutazione degli effetti di sito finalizzati alla definizione dell'aspetto sismico nei Piani di Governo del Territorio (d.g.r. 30 novembre 2011, n.9/2616).....	65
7.3.3	Valutazione della Pericolosità Sismica Locale del Comune di Carnate - (1° Livello).....	72
7.3.4	Caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi (Fa) – (2° Livello) .....	74
<b>7.4</b>	<b>Valutazione dell'azione sismica di progetto (NTC 2018) .....</b>	<b>86</b>
7.4.1	Descrizione del moto sismico.....	86
7.4.2	Azione sismica di progetto e spettro di risposta del sito .....	87
<b>8</b>	<b>CARTA DEI VINCOLI.....</b>	<b>92</b>
<b>9</b>	<b>CARTA DI SINTESI DELLE PROBLEMATICHE GEOAMBIENTALI.....</b>	<b>95</b>



## 1 PREMESSA

### 1.1 Inquadramento geografico

Il comune di Carnate è situato nella parte centro settentrionale della provincia di Monza Brianza; è posto tra i comuni di Usmate e Lomagna ad ovest, Ronco a nord, Bernareggio ad est e Vimercate a sud; occupa una superficie di circa 3,52 km<sup>2</sup> e presenta quote comprese tra 210 e 240 m s.l.m.

Il suo territorio è suddiviso in tre grandi fasce, ognuna con caratteristiche proprie; a nord il territorio è definito da un terreno morfologicamente elevato, nella zona centrale sulla quale sorge l'abitato di Carnate, si individua un ampio versante degradante verso la pianura. Un gradino morfologico di circa 20 m separa il terrazzo dalla pianura posta nella parte occidentale del territorio caratterizzata dall'incisione della valle del Molgora.

Gli insediamenti produttivi si sviluppano sia nella zona di pianura (Valle della Molgora), appena al di sotto del margine del terrazzo, e sia sul terrazzo nell'area centro-orientale.

### 1.2 Precedenti piani

Il Comune di Carnate ha già sviluppato uno studio geologico per la pianificazione comunale secondo la L.R. n. 41 del 24/11/1997 da cui provengono le basi di studio per gli aspetti geologici e idrogeologici.

Nel 2007, con l'entrata in vigore della L.R. 12/2005 di governo del Territorio si è preso atto della nuova normativa tecnica in materia sismica (Ordinanza 3274/2003) e quella per le costruzioni (D.M. 14 settembre 2005).

Lo studio allora in essere ottenne il parere di compatibilità con il P.T.C.P. – Provincia di Milano - con Delibera n. 752/07 del 22/10/07 con alcune prescrizioni. Anche Regione Lombardia con parere del 26/10/07 – Prot. Z1-2007.21561 ritenne lo studio conforme ai criteri della L.R. n. 12/05 con alcune prescrizioni. Infine ARPA con lettera del 18.07.07 prot. n. 9864/07 espresse alcune osservazioni al documento in essere.

Nel 2009 furono recepite le considerazioni espresse dagli Enti e fu preso atto delle nuove normative attualmente intercorse e precisamente:

- D.G.R. n. 8/3774 del 28/05/2008 “Aggiornamento dei criteri per la definizione della componente geologica”
- “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” D.M. 14/01/2008 – in attuazione da 01/07/2009



Venne infine prodotta la tavola di “Aggiornamento del quadro del dissesto – Art. 18 – Norme Tecniche di Attuazione del PAI – con legenda uniformata”.

In merito agli aspetti relativi alle acque superficiali, si richiama lo studio del Reticolo Idrico Minore redatto nel 2021 e tuttora in corso di approvazione.

### 1.3 Aggiornamento attuale

Il presente studio, sviluppato sull'intero territorio comunale di Carnate, è stato redatto a supporto della variante generale del Piano di Governo del Territorio vigente in ottemperanza a quanto previsto dall'art. 57 della l.r. n. 12/2005 e secondo i criteri definiti da:

- **d.g.r. 22 dicembre 2005 – n. 8/1566** (*Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n.12*);
- **d.g.r. 30 novembre 2011 – n.9/2616** (*Aggiornamento dei “Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n.12”, approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28 maggio 2008, n. 8/7374*);
- **d.g.r. 19 giugno 2017 – n. X/6738** (*Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del piano di gestione dei rischi di alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza, ai sensi dell'art. 58 delle norme di attuazione del piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI) del bacino del Fiume Po così come integrate dalla variante adottata in data 7 dicembre 2016 con deliberazione n. 5 dal comitato istituzionale dell'autorità di bacino del F. Po*).

In merito agli aspetti idraulici, il presente documento considera:

- **l.r. 11 marzo 2005 - n. 12** (*Legge per il governo del territorio*) in particolare all'art. 58 bis (*Invarianza idraulica, invarianza idrologica e drenaggio urbano sostenibile*);
- **Direttiva Alluvioni 2007/60/CE**;
- **D.lgs. 2010 – n. 49** (*Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni*);
- **d.g.r. 10 dicembre 2015 - n. X/4549** (*Direttiva 2007/60/CE – Contributo di Regione Lombardia al piano di gestione del rischio di alluvioni relativo al distretto idrografico padano, in attuazione dell'art. 7 del d.lgs. 49/2010*);
- **l.r. 15 marzo 2016, n. 4** (*Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d'acqua*);





- **Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 27 ottobre 2016** (*Approvazione del Piano di gestione del rischio di alluvioni del distretto idrografico Padano*);
- **l.r. 10 marzo 2017, n. 7** (*Recupero dei vani e locali seminterrati esistenti*)
- **R.R. 23 novembre 2017 – n. 7** (*Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)*) approvato con **d.g.r. 20/11/2017 - n. 7372** e ss.mm.ii.

Per gli aspetti sismici prende atto infine di:

- **d.g.r. 11 luglio 2014 – n.10/2129** (*Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)*), modifica la zona sismica da 4 a 3;
- **d.g.r. 10 ottobre 2014 – n.10/2489** (*Differimento del termine di entrata in vigore della nuova classificazione sismica del territorio approvata con d.g.r. 21 luglio 2014, n. 2129 "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia" (l.r. 1/2000, art.3, comma 108, lett. d)"*);
- **l.r. 12 ottobre 2015 – n. 33** (*Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche*)
- **d.g.r. 30 marzo 2016 - n. X/5001** (*Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (artt. 3, comma 1, e 13, comma 1, della l.r. 33/2015)*)
- **Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018.** – (*Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»*).

L'attuale documento analizza inoltre la compatibilità con il vigente PTCP della Provincia di Monza Brianza approvato nell'ottobre 2013, le cui Norme di Piano sono state aggiornate e adottate con deliberazione del Consiglio Provinciale n.15 del 31 maggio 2017, pubblicata all'Albo della Provincia in data 7 giugno 2017.

## 2 STRUTTURA DELLO STUDIO

Lo studio geologico nel suo complesso è articolato in tre distinte e consequenziali fasi di lavoro. Tali fasi sono eseguite preliminarmente allo sviluppo del progetto urbanistico ed hanno avuto come finalità quella di offrire al processo progettuale di pianificazione urbanistica del territorio comunale, gli elementi conoscitivi indispensabili all'individuazione delle potenzialità, vocazioni e vulnerabilità del territorio dal punto di vista geologico, con specifico riferimento alla prevenzione del rischio ed alla mitigazione del dissesto idrogeologico ed ambientale.

Gli specifici aspetti presi in esame riguardano la geologia, litologia, stratigrafia, geomorfologia, pedologia, idrografia, idrogeologia, idraulica, sismica, geotecnica e geologia ambientale.



Facendo riferimento alle fasi di studio contemplate nelle norme regionali, il presente studio è stato quindi articolato nelle seguenti tre fasi di lavoro: analisi preliminare, fase di sintesi/valutazione e fase di proposta.

1. **Fase di analisi preliminare**: è stata inizialmente basata sulla raccolta, analisi, interpretazione critica ed omogeneizzazione dei dati esistenti, integrati da analisi fotointerpretativa e controlli sul terreno. L'indagine bibliografica preliminare ha consentito la raccolta dei dati geologici, geognostici, geotecnici, idraulici ed idrogeologici puntuali.

Tale fase ha portato alla redazione delle seguenti cartografie:

- **Tav. 1 – Carta geologica, geomorfologica e pedologica**
- **Tav. 2 – Tavola geologico-tecnica e delle indagini territoriali disponibili per la definizione del fenomeno degli “Occhi Pollini”**
- **Tav. 3 – Carta idrogeologica**
- **Tav. 4 – Carta PAI-PGRA**
- **Tav. 5 – Assetto idrografico-idraulico**

2. **Fase di sintesi/valutazione**: in questa fase, attraverso una valutazione incrociata degli elementi analitici raccolti, il territorio è stato interpretato in funzione degli attuali e prevedibili livelli di integrità, rischio e vulnerabilità.

Tale fase ha portato alla redazione delle seguenti cartografie:

- **Tav. 6 - Carta della Pericolosità Sismica Locale**
- **Tav. 7 – Carta dei Vincoli**
- **Tav. 8 – Carta di Sintesi**

3. **Fase di proposta**: in questa fase, le unità idro-geo-morfologiche individuate nella fase precedente sono state distinte in classi omogenee di fattibilità geologica delle azioni di piano in conformità alle disposizioni regionali vigenti.

Tale fase ha portato alla redazione della seguente cartografia:

- **Tav. 9 – Carta di Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano**

In tale tavola, l'intero territorio comunale viene suddiviso in classi (e sottoclassi, contraddistinte dalle stesse condizioni idro-geo-morfologiche, geotecniche ed idrauliche) di fattibilità geologica per le azioni di piano previste dalle direttive regionali, fornendo gli input per la formulazione delle nuove previsioni urbanistiche di PGT.



### 3 ANALISI COMPATIBILITA' PTCP – PROVINCIA DI MONZA BRIANZA

Con deliberazione di Consiglio Provinciale n.15 del 31 maggio 2017, pubblicata all'Albo della Provincia in data 7 giugno 2017, la Provincia di Monza e Brianza ha adottato la variante alle Norme del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale e al contempo lascia inalterate le cartografie di piano.

In data 12/11/2018 mediante Deliberazione n. 31 del Consiglio Provinciale la Provincia di Monza e Brianza ha approvato la variante, adeguando successivamente le Norme del Piano alla volontà complessivamente espressa dal Consiglio Provinciale con Determinazione Dirigenziale n. 1852 del 03/12/2018.

Relativamente ai contenuti individuati come minimi negli atti dei PGT nella normativa del PTCP vigente alla data di adozione del PGT, di seguito sono analizzati e definiti nel dettaglio locale gli elementi geoambientali riportati in:

- **Tavola 8 – Assetto idrogeologico** (Fig. 1)
- **Tavola 9 – Sistema geologico ed idrogeologico** (Fig. 2)

e descritti nelle Norme di Piano nella Sezione II – “Ambiti a prevalenza ambientale e naturalistico” (artt. 8 e 9) e nella sezione III – “Ambiti, Sistemi ed elementi di rilevanza paesaggistica provinciale” (artt. 10 ed 11).

Nello specifico, in ottemperanza ai contenuti minimi degli atti del PGT, in corrispondenza del territorio del Comune di Carnate si verifica che:

#### **Art. 8 – Assetto idrogeologico**

- ***Rilevazione dei dissesti idrogeologici***

Non si segnalano nuovi dissesti nel territorio comunale.

- ***Attribuzione ai predetti dissesti di adeguata classificazione di fattibilità geologica [...]***

La **Tav. 9** – “Carta di Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano” recepisce quanto già inserito nelle precedenti cartografie.



- **Aree a suscettività al fenomeno degli "occhi pollini"**

La **Tav. 2** – *"Tavola geologico-tecnica e delle indagini territoriali disponibili per la definizione del fenomeno degli "occhi pollini"* è stata redatta con l'intenzione di raccogliere i principali elementi conoscitivi diretti (penetrometrie/sondaggi) di analisi del territorio eseguiti nel passato.

La **Tav. 8** – *"Carta di Sintesi"* delimita planimetricamente il territorio potenzialmente interessato evidenziando il settore con elevata suscettività al fenomeno degli "occhi pollini", recependo la classificazione del territorio definita dal PTCP.

La **Tav. 9** – *"Carta di Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano"* classifica tali aree e le relative **Norme Geologiche di Piano** definiscono le misure e le regole specifiche per la problematica, richiamando altresì le linee guida inserite nella relazione del PTCP.

- **Aree allagabili con tempo di ritorno di cento anni [...]**

La **Tav. 4** – *"Carta PAI-PGRA"* e la **Tav. 8** – *"Carta di Sintesi"* delimitano planimetricamente il territorio potenzialmente interessato da tale fenomeno.

La **Tav. 9** – *"Carta di Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano"* classifica tali aree e le relative **Norme Geologiche di Piano** definiscono le misure e le regole specifiche per la problematica, individuando due specifiche classi per le aree con Tr 100-500 anni (Sottoclasse 3c1) e con Tr >500 anni (Sottoclasse 3c2).

- **Recepimento dei contenuti del PAI [...]**

La **Tav. 4** – *"Carta PAI-PGRA"* ha rivalutato e superato (in funzione della d.g.r. 6738 del 16 giugno 2017) le delimitazioni delle Zone Ee e Eb presenti nel territorio comunale derivanti dall'aggiornamento della cartografia PAI eseguito nel precedente PGT; per le motivazioni che hanno portato al superamento si rimanda allo specifico paragrafo.

- **Problematica antisismica**

Il Comune di Carnate, ai sensi della d.g.r. 11 luglio 2014 – n.10/2129, risulta classificato in **zona sismica 3**. Le problematiche e le linee d'applicazione secondo il D.M. 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" aggiornate con D.M. del 17 gennaio 2018 sono esplicitate nel paragrafo dedicato che segue e nella **Tav. 6** – *"Carta della Pericolosità Sismica Locale"*.

La **Tav. 9** – *"Carta di Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano"* riporta la classificazione sismica e le relative **Norme Geologiche di Piano** definiscono le misure e le regole specifiche per la problematica.



## **Art. 9 – Sistema delle acque sotterranee**

### - ***Analisi storica delle oscillazioni piezometriche e della qualità delle acque***

La tematica è affrontata nello specifico capitolo inerente l'idrogeologia e nella **Tav. 3** – “Carta idrogeologica”.

### - ***Vulnerabilità degli acquiferi***

Nella **Tav. 7** – “Carta dei Vincoli” vengono evidenziati gli elementi di vulnerabilità idrogeologica, in particolare le caratteristiche di permeabilità dei terreni superficiali. La **Tav. 8** – “Carta di Sintesi” riporta cartograficamente gli esiti della valutazione della Vulnerabilità intrinseca.

### - ***Zone di rispetto dei pozzi pubblici***

Nella **Tav. 3** – “Carta idrogeologica” vengono definiti, nel dettaglio, l'ubicazione dei pozzi pubblici attivi.

Nella **Tav. 7** – “Carta dei Vincoli” sono riportate tali ubicazioni e relative fasce di rispetto.

### - ***Criteri progettuali per le nuove trasformazioni urbanistiche e infrastrutturali volti:***

#### o ***1 - Immissione delle acque meteoriche nel sottosuolo;***

In funzione dei gradi “Alto” e “Molto Alto” di suscettività al fenomeno degli occhi pollini, in **Tav. 9** – “Carta di Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano” è stata inserita la classe 3a specifica per gli occhi pollini che, in accordo con lo stesso PTCP (Linee guida specifiche per gli occhi pollini, Relazione PTCP) non permette l'immissione delle acque meteoriche nel sottosuolo.

#### o ***2 - Invaso temporaneo delle acque meteoriche;***

Si rimanda allo Studio del Rischio Idraulico Comunale redatto da BrianzAcque.

#### o ***3 - Risparmio idrico, riciclo e riutilizzo delle acque meteoriche***

Ricadendo il Comune di Carnate in zona ad alta criticità idraulica (All. C, R.R. 23 novembre 2017, n. 7 - “Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)” e ss.mm.ii.), per una migliore definizione di quanto all'Art. 9.3.e del PTCP, si rimanda allo specifico “Studio del rischio idraulico comunale”.



### **Art. 10 – Sistema delle acque superficiali**

#### ***Reticolo idrografico***

Per la definizione del reticolo idrografico si rimanda allo specifico Studio del Reticolo Idrico Minore e relativa Tav. 1, oltre che alla **Tav. 4** – “Assetto idrografico-idraulico”.

L’unico tratto di roggia individuato nella Tavola 9 del PTCP risulta essere la “Roggia Valle”, come confermato dal nuovo Studio del Reticolo Idrico Minore.

#### ***Invarianza idraulica e idrologica***

Ricadendo il Comune di Carnate in zona ad alta criticità idraulica (All. C, R.R. 23 novembre 2017, n. 7 - “Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell’invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell’articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)” e ss.mm.ii.), si rimanda allo specifico “Studio del rischio idraulico comunale”.

### **Art. 11 – Elementi geomorfologici**

#### ***Elementi geomorfologici***

Gli elementi individuati sono stati inseriti nelle tavole **Tav. 1** – “Carta geologica, geomorfologica e pedologica”, nella **Tav. 7** – “Carta dei Vincoli” e nella **Tav. 9** – “Carta di Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano”. Nel dettaglio, nel territorio comunale sono presenti:

- Orli di terrazzo:

Si tratta di elementi specifici di delimitazione tra le valli fluviali ed i terrazzi fluvioglaciali. Nel dettaglio si localizzano in corrispondenza dell’incisione del Torrente Molgora (già individuati dal PTCP). La definizione planimetrica è stata verificata nel dettaglio a seguito di uno specifico rilievo geomorfologico; sono escluse le ridotte modificazioni morfologiche, in parte a volte assorbite dalle modificazioni dell’uso del suolo locale a scopi agricoli. In ambito urbano, laddove gli orli di terrazzo mostrano ampi tratti rimaneggiati che hanno compromesso la loro originale identità e continuità morfologica, se ne propone l’esclusione dalla salvaguardia di cui all’Art. 11.

- Ambiti vallivi dei corsi d’acqua:

Nella **Tav. 7** – “Carta dei Vincoli”, sebbene si tratti di un vincolo paesaggistico e non prettamente geologico, si è inserita la proposta di ridefinizione del perimetro dell’ambito vallivo del torrente Molgora individuata in Tavola 9 del PTCP (art. 11).



Le analisi effettuate hanno portato ad ampliare l'areale degli ambiti vallivi nei pressi di Villa Banfi e rettificare alcuni limiti in funzione della sopra citata revisione della posizione degli orli di terrazzo. Oltre a ciò sono state proposte due chiavi di lettura normativa, andando ad individuare un sotto-ambito sottoposto all'art. 29 delle N.d.A. del presente PGT.

Nella **Tav. 9** – “*Carta di Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano*” a tali aree si sono applicate le specifiche previsioni prescrittive e prevalenti indicate dall'art. 11 del PTCP (Sottoclasse 3d1) e dall'art. 29 delle N.d.A della presente variante (3d2).

- ***Riconoscimento ulteriori elementi geomorfologici***

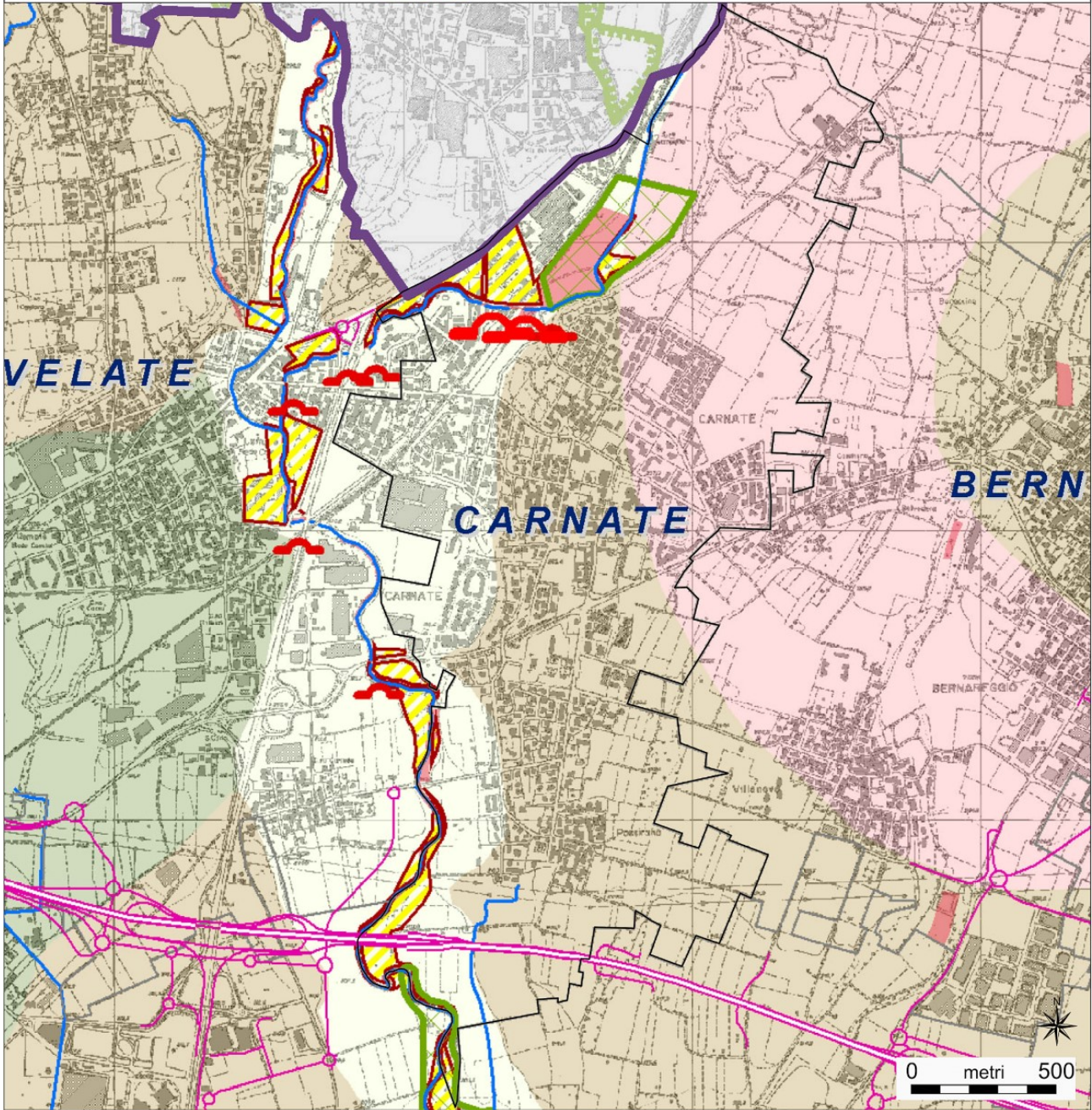
Non sono stati censiti ulteriori elementi geomorfologici locali caratterizzanti.

- ***Attribuzione classe di fattibilità agli elementi geomorfologici***

Nella **Tav. 9** – “*Carta di Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano*” agli elementi geomorfologici segnalati è stata applicata un'adeguata classe di fattibilità geologica.



Compatibilità PTCP Provincia di Monza Brianza  
Tavola 8 - Assetto idrogeologico



**RICOGNIZIONE ULTERIORI CRITICITA' IDROGEOLOGICHE**

- Aree allagabili con tempo di ritorno 100 anni\*
- Opere interferenti - alta criticità\*
- Opere interferenti - media criticità\*
- Aree di fattibilità geologica classe 4 - gravi limitazioni

**INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO**

- Interventi di laminazione indicati da Autorità di Bacino del Po\*

**Grado di suscettività al fenomeno degli "occhi pollini"**

- Molto alto
- Alto
- Moderato
- Basso
- Molto basso

**ALTRI TEMATISMI**

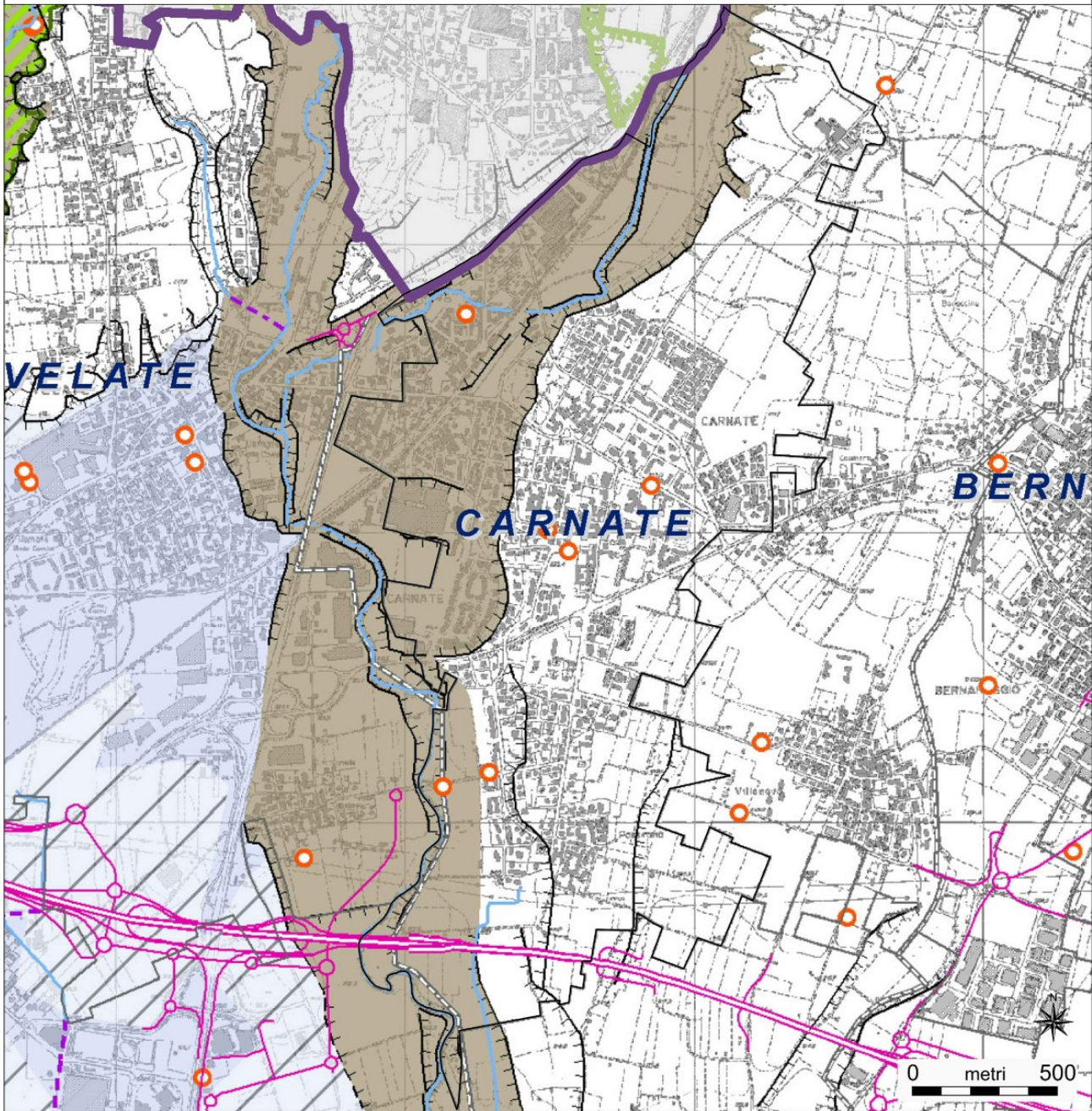
- Confini comunali
- Reticolo idrografico
- Autostrada Pedemontana e Teem

\* Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d'acqua naturali e artificiali all'interno dell'ambito idrografico di pianura Lambro-Olona  
Autorità di Bacino del Po Deliberazione Comitato Istituzionale numero 12 del 18/03/2008.

Fig. 1. Estratto fuori scala della Tavola 8 del PTCP di Monza Brianza.



Compatibilità PTCP Provincia di Monza Brianza  
Tavola 9 - Sistema geologico e idrogeologico



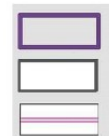
SISTEMA DELLE ACQUE SUPERFICIALI art.10

Reticolo idrografico naturale

ELEMENTI GEOMORFOLOGICI art.11

Ambiti vallivi dei corsi d'acqua

Orli di terrazzo



Confine provinciale

Confini comunali

Autostrada Pedemontana e Teem

SISTEMA DELLE ACQUE SOTTERRANEE art.9

Pozzi pubblici

Fig. 2. Estratto fuori scala della Tavola 9 del PTCP di Monza Brianza.



## 4 ASSETTO GEOLOGICO

### 4.1 Aspetti geologici-geomorfologici

Il territorio del Comune di Carnate si sviluppa su depositi quaternari appartenenti per la maggior parte alle Unità del Bacino dell'Adda. Solamente in una piccola porzione a valle del terrazzo affiora un'unità denominata Sintema del Po che è l'unità più recente non riferibile al Bacino dell'Adda.

Come riportato in Tav. 1 (Fig. 6) per la classificazione delle Unità affioranti quaternarie, si è fatto ricorso alle Unità Allostratigrafiche distinte in base alle superfici di discontinuità che le separano e che testimoniano periodi di erosione o mancata sedimentazione.

Nello specifico, nell'area del territorio comunale, affiorano le seguenti Unità:

- **POI – Sintema del Po**

*Ghiaie a supporto clastico, in prevalenti starti planari; sabbie e limi da massivi a laminati; limi e argille. Il Sintema del Po è la testimonianza principalmente di depositi fluviali e di esondazione. Ha iniziato la sua deposizione circa 15.000 anni fa non appena il ghiacciaio dell'Episodio Cantù ha iniziato a ritirarsi: le piane fluviali postglaciali che si sono venute a formare erano di piccole dimensioni e comprese entro i terrazzi del Sintema di Cantù o delle piane riconducibili al Supersintema di Besnate. Superficie limite superiore caratterizzata da suoli poco evoluti. **Pleistocene Sup.-Olocene.***

- **LCN – Supersintema dei Laghi: Sintema di Cantù**

*Ghiaie e sabbie stratificate, limi di esondazione e diamicton massivi a supporto di matrice o clastico. Il Sintema di Cantù comprende till di ablazione, di alloggiamento e depositi fluvioglaciali e fluviali Superficie limite superiore caratterizzata da profili di alterazione poco evoluti. **Pleistocene Sup.***

- **Supersintema di Besnate**

- **BEZ – Unità di Guanzate**

*Ghiaie e sabbie stratificate (depositi fluvioglaciali) e diamicton massivi a supporto di matrice. Superficie limite superiore caratterizzata da morfologia ben conservata, copertura loessica discontinua, profilo di alterazione evoluto. **Pleistocene Medio – Pleistocene Sup.***

- **BEE – Unità di Cadorago**

*Ghiaie massive o organizzate, a supporto clastico o di matrice, con ciottoli di dimensioni massime fino a 30 cm. Presenti intercalazioni sabbiose che testimoniano eventi deposizionali fluvioglaciali. Copertura loessica discontinua. Profilo di alterazione limitato alla porzione superficiale. **Pleistocene Medio – Pleistocene Sup.***





- **BIN – Sintema di Binago**

*Ghiaia a supporto di matrice, poligeniche o a dominanza di litologie locali (Depositi fluvioglaciali). Diamicton massivi a supporto clastico (Depositi glaciali). Copertura loessica presente. Profilo di alterazione evoluto. **Pleistocene Medio.***

- **PEO – Sintema della Specola**

*Diamicton a supporto di matrice (depositi glaciali). Ghiaie a supporto di matrice con locali intercalazioni sabbiose (depositi fluvioglaciali) Coperture loessica presente. Profilo di alterazione evoluto. **Pleistocene Medio.***

- **MCX – Formazione di Monte Carmelo**

*Limi argillosi massivi (loess). Limi argillosi massivi con clasti diffusi (loess colluviato). Fortemente alterati. **Pleistocene Medio.***

- **VE – Supersintema di Venegono**

*Limi debolmente argillosi con clasti debolmente alterati, sparsi (loess colluviati). Limi debolmente sabbiosi, ghiaie fini e sabbie grossolane, ghiaie poligeniche poco alterate, limi argillosi con clasti sparsi (depositi fluviali). Costituisce gran parte delle coperture dei principali versanti, del fondovalle del torrente Molgora. I depositi di questa unità, che sono rimaneggiati lungo il versante o in ambiente fluviale, coprono tutte le unità a partire dal Supersintema del Bozzente. Non hanno un'età ben definita ma si può stabilire un'età massima coincidente con quella dei corrispondenti eventi glaciali. **Pleistocene Inferiore (terminale) – Pleistocene Superiore.***

- **Supersintema del Bozzente.**

- **BO – Supersintema del Bozzente indistinto**

*Ghiaie massive con ciottoli alterati in percentuale elevata (depositi fluvioglaciali). Copertura loessica sempre presente. Profilo di alterazione molto evoluto. **Pleistocene Inferiore.***

- **BOF – Sintema di Cascina Fontana**

*Diamicton a supporto di matrice (depositi glaciali). Ghiaie a supporto di matrice e clastico con intercalazioni sabbiose (depositi fluvioglaciali). Superficie superiore caratterizzata da morene ben conservate. Alterazione superficiale. **Pleistocene Inferiore.***



- **OLG – Ceppo della Molgora**

*Conglomerati costituiti da ghiaie a supporto di matrice e ghiaie a supporto clastico (depositi fluviali). Presenza di livelli con ciottoli prevalentemente di flysch e carbonati e livelli con abbondanti litologie cristalline e metamorfiche. **Calabriano.***

La conoscenza del sottosuolo, nei suoi caratteri essenziali, è resa possibile dai dati provenienti dalle perforazioni profonde a scopo idropotabile (fino a circa 200 metri), dai dati sismici connessi alle ricerche di idrocarburi ad opera di ENI/AGIP (fino a qualche chilometro) dal progetto CROP (Crosta Profonda) supportato dal CNR (fino a qualche decina di chilometri) e da dati magnetici, gravimetrici e geoelettrici (per profondità maggiori).

Nel sottosuolo si sviluppa una struttura ad embrici con vergenza meridionale con caratteristiche diverse a seconda del diverso comportamento reologico dei materiali.

A partire dal basso si riconoscono:

- Basamento cristallino ercinico
- Successione carbonatica mesozoica
- Prisma clastico del Cretacico superiore
- Cuneo clastico terziario.

Queste unità sono ricoperte in discordanza dalla successione della Monoclinale Pedevalpina estesa tra il Messiniano ed il Quaternario.

La Monoclinale Pedevalpina è costituita da una successione detritica, sottesa alla pianura, debolmente immersa verso Sud che si ispessisce nella stessa direzione e rappresenta completamente l'intervallo stratigrafico tra il Messiniano Superiore ed il Quaternario. Può essere distinta in due litozone –inferiore e superiore. Quest'ultima –riferibile al Quaternario- è caratterizzata da facies di mare profondo associate a facies di laguna e spiaggia. Presenta una netta superficie di erosione con la separa dai sovrastanti depositi continentali di origine fluviale e fluvioglaciale.

#### **4.2 Aspetti geomorfologici**

Il territorio comunale di Carnate può essere suddiviso in tre grandi fasce ognuna con caratteristiche proprie. A Nord il territorio è definito da un terreno morfologicamente elevato passante a Sud ad un ampio versante degradante verso la pianura.





### 4.3 Aspetti pedologici

In funzione delle cartografie messe a punto da ERSAF e della conseguente classificazione (Fig. 3) è possibile osservare che il territorio di Carnate è situato dal punto di vista pedologico principalmente nelle "Valli fluviali corrispondenti ai piani di divagazione, attivi o fossili, dei corsi d'acqua dell'attuale reticolo idrografico (Olocene)" (Sistema V) e nelle "Superfici terrazzate del Pleistocene medio-superiore, emergenti dalla piana proglaciale würmiana" (Sistema T). All'interno di queste due macro aree nel territorio di Carnate sono stati riconosciuti i seguenti sottosistemi e relative unità:

#### SISTEMA V:

- **VI**, "Piane fluviali a dinamica prevalentemente deposizionale, in parte inondabili, costituite da sedimenti recenti o attuali";
  - **VI6**, "Superfici a morfologia pianeggiante, situate alla stessa quota del corso d'acqua o poco in rilievo, inondabili durante le piene di maggiore consistenza (r.i. assente o lieve). Sono presenti nel tratto medio-superiore dei corsi d'acqua e nelle piane montane, in posizione intermedia fra la piana fluviale terrazzata e le aree più inondabili limitrofe ai corsi d'acqua; a Carnate è rappresentata dall'unità tipologica di suolo FNM3.

#### SISTEMA T:

- **TA**, "Lembi residui di piane fluvioglaciali pre-würmiane costituenti superfici terrazzate sulla pianura, distinti in terrazzi superiori, attribuiti ad epoche glaciali più antiche del riss (mindel e precedenti), e terrazzi inferiori rissiani, entrambi costituiti da sedimenti grossolani molto alterati, ricoperti da coltri eoliche e/o colluviali"
  - **TA1**, "Terrazzi ben conservati e solo marginalmente in erosione, a morfologia subpianeggiante o dolcemente ondulata. La pendenza è generalmente nulla o bassa (range modale delle pendenze =2%, range estremo 1÷10%)"; a Carnate è rappresentata dalle unità tipologiche di suolo PDN1, RUG1 e VLO1.

Nel dettaglio le unità tipologiche rappresentate in Fig. 3 risultano essere le seguenti:

Pedopaesaggio	Unità tipologica di suolo	Descrizione
VI6	FNM3	Il paesaggio è quello delle valli alluvionali oloceniche, dove sono stati rilevati nelle piane alluvionali inondabili recenti dei corsi d'acqua centro orientali dai fiumi Seveso all'Adda (torrenti Curone e Molgora), con quota media di 234 m. slm e pendenza media del 0,9%, a substrato da limoso a ghiaioso, non calcareo. L'uso del suolo prevalente è il seminativo avvicendato.  I suoli FNM3 sono molto profondi a tessitura media con scheletro comune o frequente fino a 100 cm, abbondante al di sotto, reazione neutra, subacida in superficie, saturazione media, CSC alta, AWC alta, drenaggio buono e permeabilità moderata.



Pedopaesaggio	Unità tipologica di suolo	Descrizione
TA1	PDN1	<p>Il pedopaesaggio è quello dei pianalti mindeliani delle zone di Lomagna e Verderio, su substrati limoso ghiaiosi con sabbia, non calcarei e inoltre sulla superficie modale del terrazzo di Trezzo, con morfologia più o meno ondulata, con quota media di 225 m. s.l.m e pendenza media del 0,8%. Sono tipici dei terrazzi fluvio-glaciali antichi e sono caratterizzati dalla presenza di potenti coperture di materiali fini (limi eolici). L'uso del suolo prevalente è il seminativo.</p> <p>I suoli PDN1 sono moderatamente profondi limitati da fragipan, scheletro scarso, tessitura media, con reazione neutra in superficie e subacida in profondità, saturazione bassa, CSC media, AWC alta, con drenaggio da mediocre a lento e permeabilità bassa.</p>
	RUG1	<p>Il pedopaesaggio è quello delle superfici terrazzate, rilevate rispetto al livello fondamentale della pianura a rappresentare antiche superfici risparmiate dall'erosione. Tale unità si trova sulle superfici meglio conservate, modali, dei terrazzi rissiani, comprese le porzioni prossimali e centrali dei terrazzi intermedi della pianura milanese a morfologia subpianeggiante con quota media di 203 m. s.l.m. e pendenza media del 0,4%, con substrato ciottoloso a matrice sabbioso-limosa, di origine fluvio-glaciale, mediamente alterati (possono presentare clasti molto alterati a partire da circa un metro di profondità).</p> <p>I suoli RUG1 sono molto profondi, con scheletro assente, abbondante nel substrato, a tessitura media, reazione subacida, talvolta neutra in profondità, saturazione bassa, AWC molto alta; sono suoli non calcarei con drenaggio buono e permeabilità moderatamente bassa.</p>
	VLO1	<p>Il pedopaesaggio è quello delle superfici rappresentative modali e meglio conservate dei terrazzi rissiani caratterizzate da una morfologia subpianeggiante regolare con quota media di 196 m. s.l.m e pendenza media dell'1%, con suoli sviluppati su substrati ghiaiosi a matrice sabbiosa mediamente alterati. L'uso del suolo prevalente è costituito da seminativi non irrigui.</p> <p>I suoli VLO1 sono molto profondi, su ghiaie sabbioso-ciottolose mediamente alterate, con scheletro da assente a scarso, a tessitura media, reazione subacida, talvolta neutra in profondità, saturazione bassa, AWC molto alta, con drenaggio buono e permeabilità moderatamente bassa.</p>

All'unità tipologica FNM3 e VLO1 (a permeabilità moderata) è associabile un K di  $10^{-4}$  cm/s; alle unità tipologiche PDN1 e RUG1 (a permeabilità moderatamente bassa) è associabile un K di  $10^{-5}$  cm/s.



#### 4.4 Aspetti geotecnici

Sono state riscontrate aree particolarmente acclivi nel settore di scarpata verso il T. Molgora in cui vi sono forti pendenze dalle quali potrebbero innescarsi fenomeni di dissesto quindi sono considerate aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche. Queste aree sono evidenziate in Tav.2 (estratto in Fig. 4)

Il settore Nord orientale del territorio comunale è interessato da problematiche di drenaggio delle acque superficiali in cui le aree con suoli limo-argillosi risultano morfologicamente modificate, il drenaggio risulta difficoltoso e le caratteristiche geotecniche scadenti.

A titolo esemplificativo sono stati sintetizzati i risultati di alcune prove penetrometriche dinamiche ritenute significative realizzate in diversi punti del territorio (Fig. 4). Dalla loro analisi è possibile suddividere il territorio del Comune di Carnate in n. 2 differenti macro aree corrispondenti alla porzione più occidentale a valle del terrazzo e la porzione orientale a monte dello stesso.

Le caratteristiche geotecniche delle due macro aree sono illustrate in seguito:

**Macro area a valle del terrazzo:** tre livelli con caratteristiche geologiche e geotecniche differenti:

- **Livello 1:** rappresenta la porzione più superficiale e si estende fino ad una profondità variabile da 1.2 a 2.4 metri. È costituito da depositi limoso-sabbiosi con grado di addensamento basso e valori di resistenza all'avanzamento variabili da 3 a 8 colpi/30 cm
- **Livello 2:** tale livello si spinge fino a profondità comprese tra 2.1 a 4.5 metri. È caratterizzato da valori di resistenza all'avanzamento variabili da 5 a 16 colpi/30 cm È dotato di comportamento geotecnico preminentemente incoerente e risulta costituito da sabbia limosa poco addensata con ghiaia.
- **Livello 3:** la resistenza penetrometrica è elevata con valori superiori a 30 colpi/30 cm. Il livello è costituito da ghiaia con matrice limoso sabbiosa ben addensata che conduce rapidamente a valori di rifiuto alla penetrazione.

Utilizzando le correlazioni ritenute più adeguate alla natura dei terreni investigati, sono stati definiti per i livelli stratigrafici descritti i seguenti parametri geotecnici:

Livello	N <sub>c</sub>	γ g/cm <sup>3</sup>	DR%	φ	E kg/cm <sup>2</sup>
1	5	1.75	29	25°	102
2	10	1.85	41	29°	129
3	>30	1.95	79	42°	271



**Macro area a monte del terrazzo:** tre livelli con caratteristiche geologiche e geotecniche differenti:

- **Livello 1:** rappresenta la porzione più superficiale e si estende fino ad una profondità variabile da 0.9 a 1.5 metri. È costituito da depositi limoso-argillosi con sabbia. Il grado di addensamento è basso e i valori di resistenza all'avanzamento sono variabili da 1 a 5 colpi/30 cm
- **Livello 2:** si spinge fino a profondità comprese tra 9.3 e 11.1 metri. È caratterizzato da valori di resistenza all'avanzamento variabili da 7 a 12 colpi/30 cm È dotato di comportamento geotecnico preminentemente incoerente e risulta costituito da sabbia limosa mediamente addensata.
- **Livello 3:** si spinge fino alla profondità di 12 metri che corrisponde alla profondità massima raggiunta dalle prove penetrometriche considerate. È caratterizzato da valori di resistenza all'avanzamento variabili da 12 a 15 colpi/30 cm È dotato di comportamento geotecnico preminentemente incoerente e risulta costituito da limo sabbioso mediamente addensato.

Utilizzando le correlazioni ritenute più adeguate alla natura dei terreni investigati, sono stati definiti per i livelli stratigrafici descritti i seguenti parametri geotecnici:

Livello	N <sub>c</sub>	$\gamma$ [g/cm <sup>3</sup> ]	DR%	$\phi$	E [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	5	1.75	22	23°	92
2	10	1.85	37	28°	118
3	>30	1.95	48	32°	150

dove:

- N<sub>c</sub>: valore NSPT equivalente (ottenuto dalla prova SCPT), normalizzato e ritenuto caratteristico del livello;
- $\gamma$ : peso di volume efficace del terreno;
- DR%: Densità Relativa (Gibbs e Holtz);
- $\phi$ : angolo di attrito interno efficace (Schmertmann);
- E: modulo elastico (Fardis e Veneziano)

È importante evidenziare che la schematizzazione sopra riportata è da intendersi esclusivamente a titolo prettamente indicativo. Le prove penetrometriche evidenziano infatti una significativa variabilità in termini di valori di resistenza alla penetrazione. È da evidenziare inoltre che alcune delle prove eseguite nelle "Macro area a monte del terrazzo" (P20 e P23 in Tav. 2) evidenziano a profondità variabili ma comunque dell'ordine dei 10 metri alcuni livelli con caratteristiche geotecniche particolarmente scadenti riconducibili al fenomeno degli occhi pollini che verrà discusso al paragrafo seguente. È infatti fondamentale ricordare che la presenza di "occhi pollini" diffusi su tutto il territorio comunale e in particolare nel settore orientale dello stesso, determina una importante incognita nel definire parametri geotecnici che possano essere estesi e validati per tutto il territorio comunale.



#### 4.4.1 Problematica “Occhi Pollini”

Il territorio di Carnate è interessato da un problema geotecnico peculiare dell'area brianzola: nei conglomerati e nei depositi non cementati sono presenti cavità di dimensioni variabili che possono portare a sprofondamenti del terreno e a cedimenti e lesioni degli edifici sovrastanti.

Il fenomeno, noto a livello locale con il termine di “occhi pollini”, può essere distinto in realtà in tre diverse tipologie principali che hanno caratteristiche leggermente diverse. La prima tipologia è costituita da cavità presenti in conglomerati (ceppo s.l.), la seconda è data da cavità, anche di diversi metri cubi di volume, interamente comprese in depositi non cementati, mentre l'ultima è costituita da gallerie in genere superficiali.

Tra gli operatori del settore e la gente locale è inoltre invalso l'uso di identificare con il termine “occhi pollini” qualunque situazione in cui vi siano, nel sottosuolo, sedimenti molto soffici e con scadenti caratteristiche geotecniche. Tipicamente, rientrano in questa categoria terreni con risposta  $N_{(30)} < 3$  alle prove penetrometriche dinamiche, mentre negli occhi pollini veri e propri, che portano allo sviluppo di cavità vuote, si può assistere all'affondamento libero delle aste.

La variabilità di condizioni in cui gli occhi pollini possono presentarsi, legata anche alla complessità della costituzione del sottosuolo, è notevole. In particolare è stata riscontrata una predisposizione alla genesi degli “occhi pollini” in luoghi o aree in cui si è avuto un cambiamento nella circolazione idrica sotterranea, sia per abbassamenti/innalzamenti della falda, sia per immissione di acqua in sottosuolo, ad esempio tramite pozzi perdenti.

È importante sottolineare che, una volta innescato, il fenomeno può avere un'evoluzione molto rapida con formazione improvvisa di pozzi di crollo.

L'ampio spettro di contesti in cui gli occhi pollini possono generarsi fa sì che sia difficile determinare, a priori, dove essi siano presenti. Si possono individuare solo zone in cui è possibile che siano presenti occhi pollini ma non indicare il sito esatto.

L'individuazione tramite indagini geotecniche non è facile; le prove penetrometriche sono eseguite in genere con una maglia troppo ampia per individuare e descrivere con precisione il fenomeno; si tenga presente, infatti, che anche occhi pollini molto piccoli possono potenzialmente ingrandirsi una volta che è stata costruita l'opera e causare danni notevoli. Inoltre la possibilità che le cavità siano parzialmente o totalmente riempite di materiale di crollo o sedimenti derivanti dalla circolazione idrica sotterranea può rendere difficile il riconoscimento delle cavità stesse solo dall'analisi delle prove penetrometriche.



Per iniziare a mettere ordine nelle informazioni geognostiche disponibili in Comune di Carnate si è redatta la **Tav. 2** – “*Tavola geologico-tecnica e delle indagini territoriali disponibili per la definizione del fenomeno degli “occhi pollini”*” (Fig. 4), in cui sono state inserite prove penetrometriche selezionate e le risultanze di tre sondaggi geognostici.

Nella stessa tavola è stato sovrapposto il tematismo ricavato dalla Tav. 8 “Assetto idrogeologico” del PTCP della Provincia di Monza e Brianza in cui è evidenziato per tutto il territorio provinciale il grado di suscettività al fenomeno degli “occhi pollini”. Il grado di suscettività varia da Molto alto a Alto per il settore dei terrazzi e Moderato per il settore di fondovalle del T. Molgora.

Dalla tavola è possibile verificare come i profili delle prove possono cambiare sensibilmente anche tra le prove eseguite a distanze tra loro contenute. L’estrema variabilità degli occhi pollini in termini di profondità, dimensioni e sviluppo areale può quindi portare a sottostimare o sovrastimare il problema.

Per l’approfondimento del fenomeno degli “occhi pollini”, il PTCP ha redatto apposite Linee Guida (riportate nel capitolo Fattibilità Geologica, a cui si rimanda). Tale tabella, che assume un valore prescrittivo e che è riportata integralmente nelle Norme di Piano, schematizza le indagini da eseguire al fine di determinare l’eventuale presenza di “occhi pollini” definendo potenzialità e limiti d’impiego, e indica le buone pratiche progettuali per evitare l’innesco o l’amplificazione del fenomeno. A tal fine, come ribadito e prescritto nelle specifiche linee guida del PTCP (Relazione), nelle aree con grado di suscettività Alto e Molto alto è vietato utilizzare i pozzi perdenti come modalità di smaltimento delle acque nel terreno. Nelle rimanenti aree occorre in ogni caso verificare puntualmente l’opportunità di disperdere le acque nel terreno e la profondità di dispersione per evitare l’insorgenza o l’aggravamento di eventuali cavità.

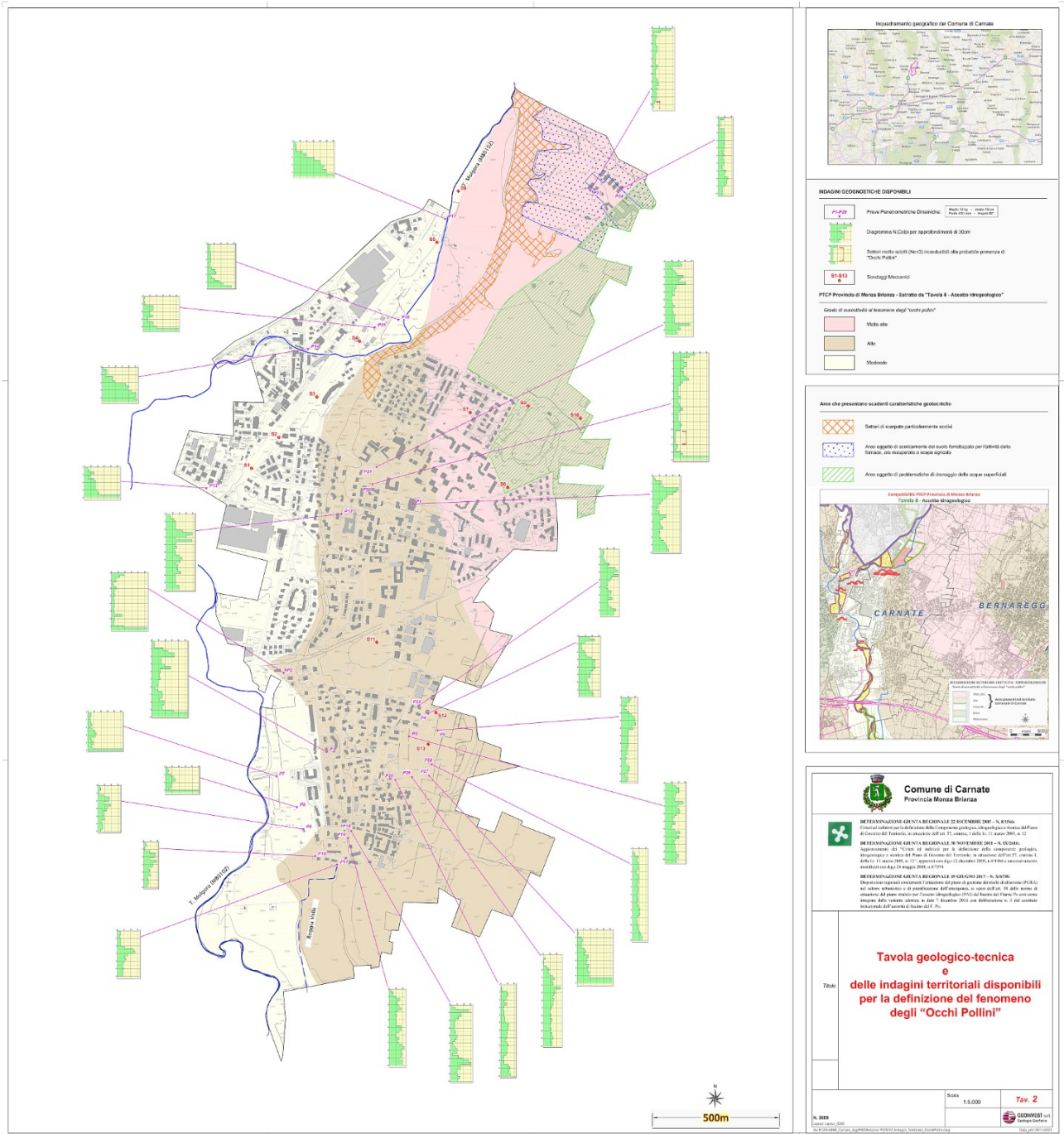


Fig. 4. Carta delle indagini territoriali disponibili per la definizione del fenomeno degli Occhi Pollini (Tav. 2, fuori scala).



### 5 ASSETTO IDROGEOLOGICO

#### 5.1 La struttura idrogeologica a grande scala

La ricostruzione della struttura idrogeologica ha la finalità di individuare la geometria e la litologia dei differenti corpi acquiferi, cioè di quei sedimenti da cui, per le loro caratteristiche di permeabilità e spessore, sono estratte ed utilizzate le acque nella pianura.

Per la definizione a grande scala degli orizzonti acquiferi si rimanda alla pubblicazione di riferimento "Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia", edita da Regione Lombardia-Eni. Tale studio, basato sull'applicazione della stratigrafia sequenziale allo studio dei depositi alluvionali della Pianura Padana, ha permesso di riconoscere quattro unità idrostratigrafiche definite da barriere di permeabilità ad estensione regionale (Gruppi Acquiferi A-B-C-D, in Fig. 5).

Il Gruppo Acquifero A è attualmente sfruttato in modo intensivo, ancorché interessato da fenomeni di inquinamento; i Gruppi Acquiferi B e C sono sfruttati nelle aree di margine del bacino. Il Gruppo Acquifero D, isolato rispetto alla superficie per gran parte della sua estensione, è sfruttato solo localmente (Fig. 6).

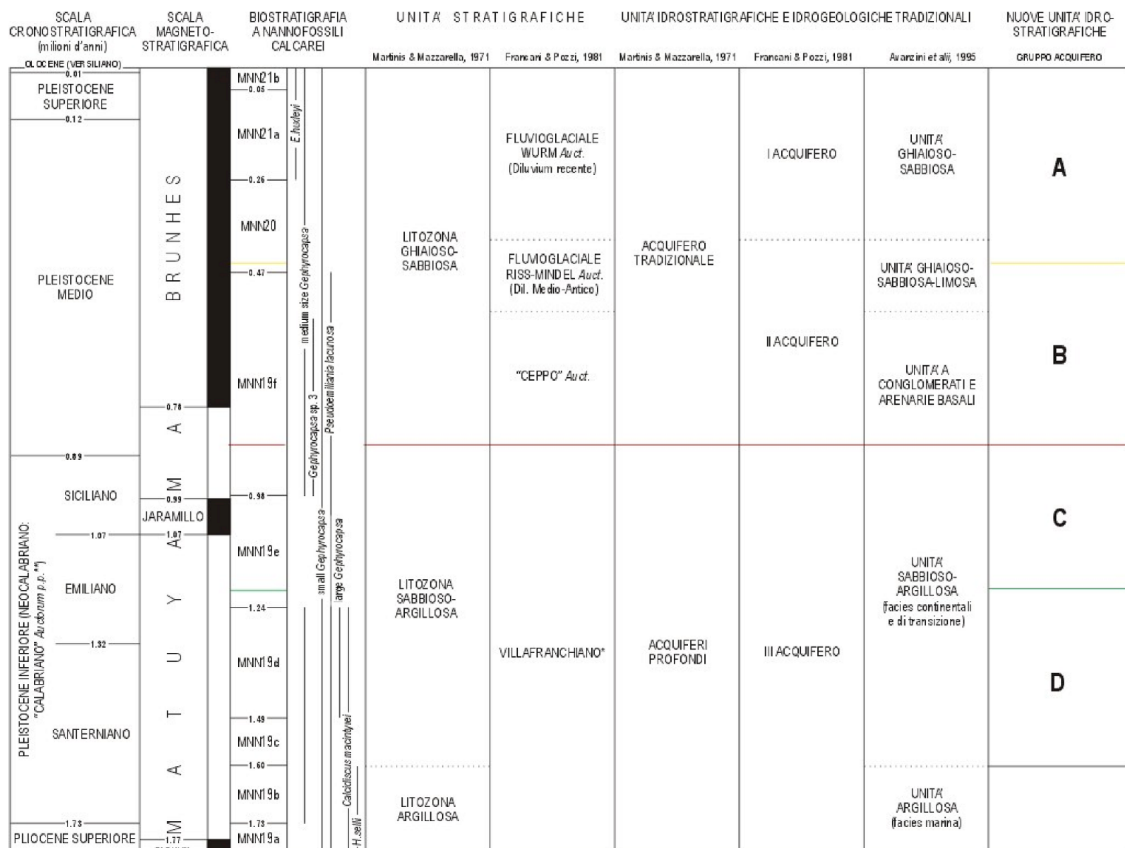


Fig. 5. Schema dei rapporti stratigrafici degli acquiferi in Lombardia.

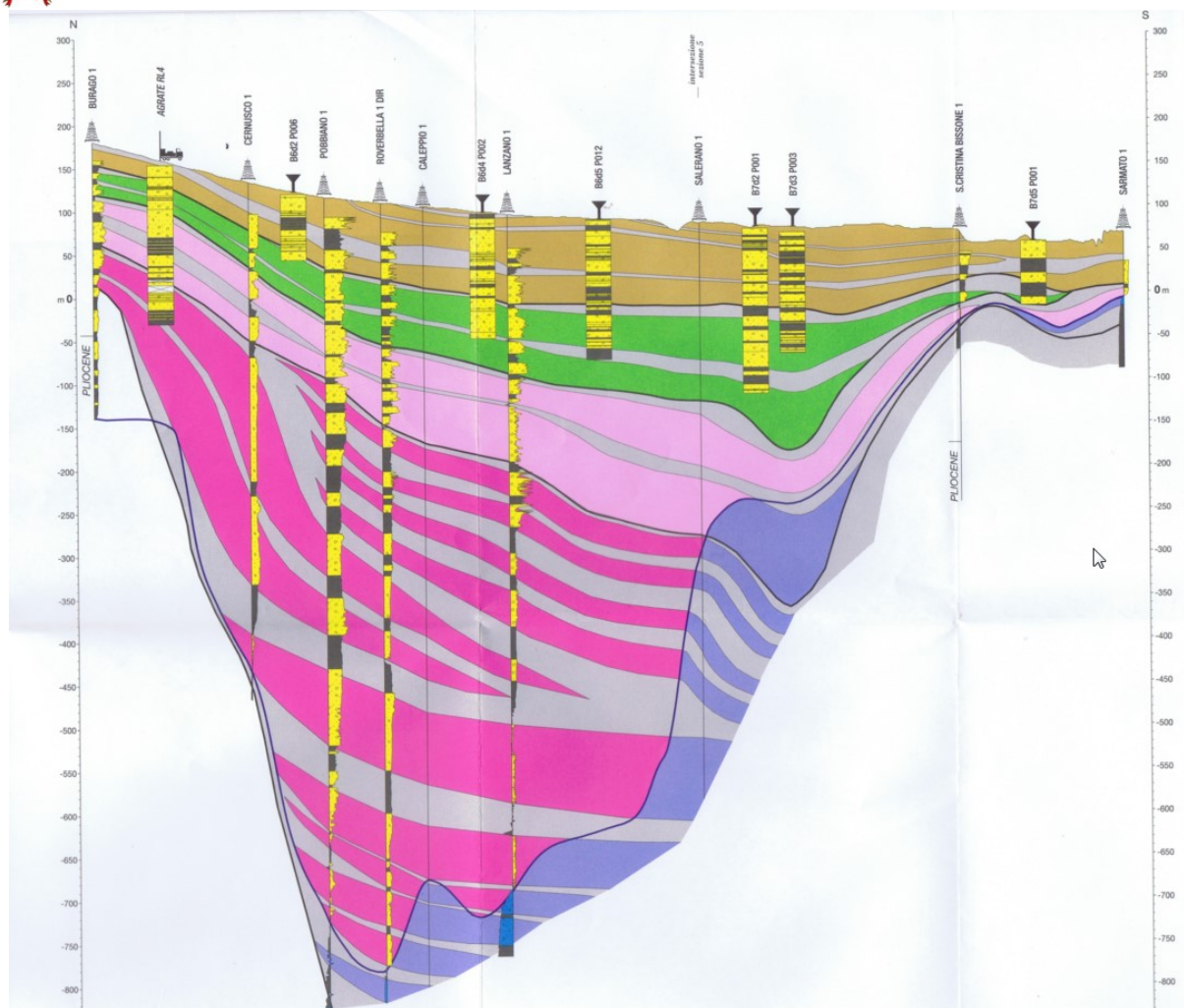


Fig. 6. Sezione idrogeologica a scala di bacino (da pubblicazione Regione Lombardia - Eni).

## 5.2 Idrogeologia locale e sezioni interpretative

Procedendo dall'alto verso il basso, nel sottosuolo del comune di Carnate si individuano due unità idrogeologiche principali.

Dapprima si riscontra la **litozona ghiaiosa-sabbiosa-conglomeratica**, in cui ha sede l'acquifero del "Ceppo" e del fluviale Wurm, il cosiddetto acquifero tradizionale, molto produttivo, ma anche più vulnerabile agli inquinamenti provenienti dalla superficie; infatti l'unità è caratterizzata da elevata permeabilità e dalla presenza di livelli argillosi limitati e discontinui. L'alimentazione avviene per infiltrazione delle acque meteoriche o da perdite dei corsi d'acqua lungo la valle della Molgora.

Nel settore settentrionale di Carnate la presenza di depositi fluviali di età mindeliana impedisce l'alimentazione: in questa zona non sono presenti i depositi fluviali del Wurm, e i terreni del fluviale appartenente al Mindel poggiano direttamente sul Ceppo. Lo spessore di questa unità è in media di 40 metri.

I pozzi situati sul terrazzo mindeliano, sono caratterizzati da produttività notevolmente inferiore rispetto a quelli posti nel settore meridionale di Carnate dove affiorano i sedimenti fluvioglaciali wurmiani. Nei primi il potenziale idrico è scarso.

Al di sotto si trova la **litozona sabbioso-argillosa**, caratterizzata dalla predominanza di orizzonti argillosi con lenti di sabbia in cui è contenuto l'acquifero in pressione. L'acquifero contenuto in questa unità risulta più protetto rispetto agli inquinamenti provenienti dalla superficie, ma la potenzialità idrica è di solito inferiore rispetto all'acquifero superficiale, per la scarsa capacità di alimentazione (Fig. 7).

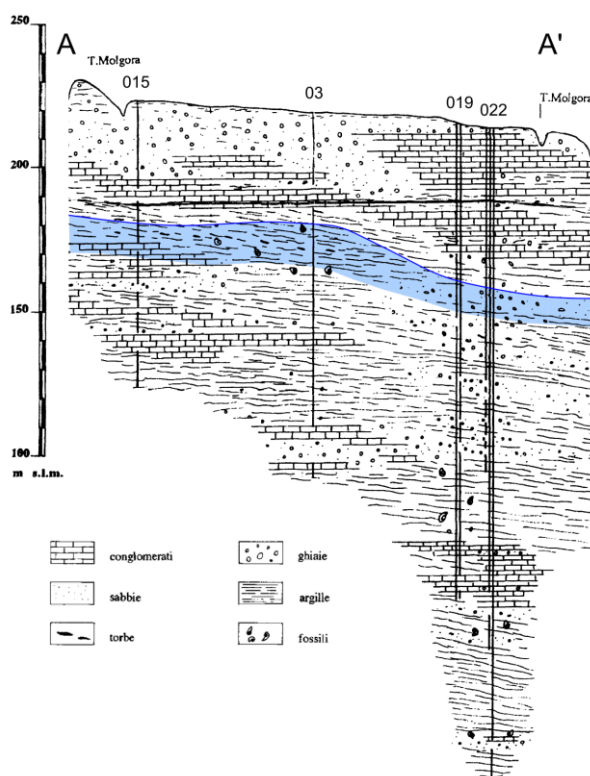


Fig. 7. Sezione tipo del contesto idrogeologico locale.

### 5.3 Piezometria

La Carta idrogeologica (**Tav. 3**) riporta le quote piezometriche del flusso idrico elaborato in base agli ultimi dati disponibili. L'elaborazione effettuata (Fig. 10) mostra un andamento complessivo del flusso idrico diretto da nord verso sud, in accordo con la distribuzione regionale.

La falda si dispone da una quota massima di circa 205 m s.l.m. nella parte settentrionale ad un minimo di 135 m s.l.m. nell'estremo settore meridionale. La cadente piezometrica nell'area esaminata varia da circa 1.6 % nell'area sopra il terrazzo a circa 3.3 % nel settore più meridionale.



## 5.4 Soggiacenza

La soggiacenza rappresenta la profondità alla quale si trova il livello superiore della falda dal piano campagna è stata redatta una carta che riporta le aree di ugual soggiacenza riferite al mese di ottobre 2018. La carta è un'elaborazione della carta delle isopiezometriche considerando inoltre le variazioni puntuali di quota.

La distanza della tavola d'acqua rispetto alla superficie del terreno rappresenta un importante fattore di vulnerabilità della falda stessa: nel non-saturo infatti si svolgono reazioni chimico-fisiche (potere auto depurante del terreno), che determinano generalmente un'attenuazione del carico inquinante, tanto maggiore quanto maggiore è il tempo di percorrenza necessario per raggiungere la falda.

In (**Tav. 3**) sono così rappresentate 4 classi di soggiacenza, una ogni 10 metri; le notevoli variazioni delle profondità della tavola d'acqua sono dovute sostanzialmente alle variazioni morfologiche presenti nel territorio comunale, in cui si riscontrano dislivelli che raggiungono i 20 metri fra le aree più elevate rappresentate dai terrazzi a ferretto e la parte sottostante della pianura wurmiana.

I valori massimi di soggiacenza si hanno infatti nel settore orientale del territorio comunale, in corrispondenza dei terrazzi antichi, i valori minori si riscontrano lungo la valle del Torrente Molgora.

In merito alle variazioni della falda, in Fig. 8 si riportano le serie storiche di soggiacenza e piezometria del pozzo di Via Pace, dal 1982 al 2018; sulla base dei dati disponibili non è possibile riscontrare un particolare trend.

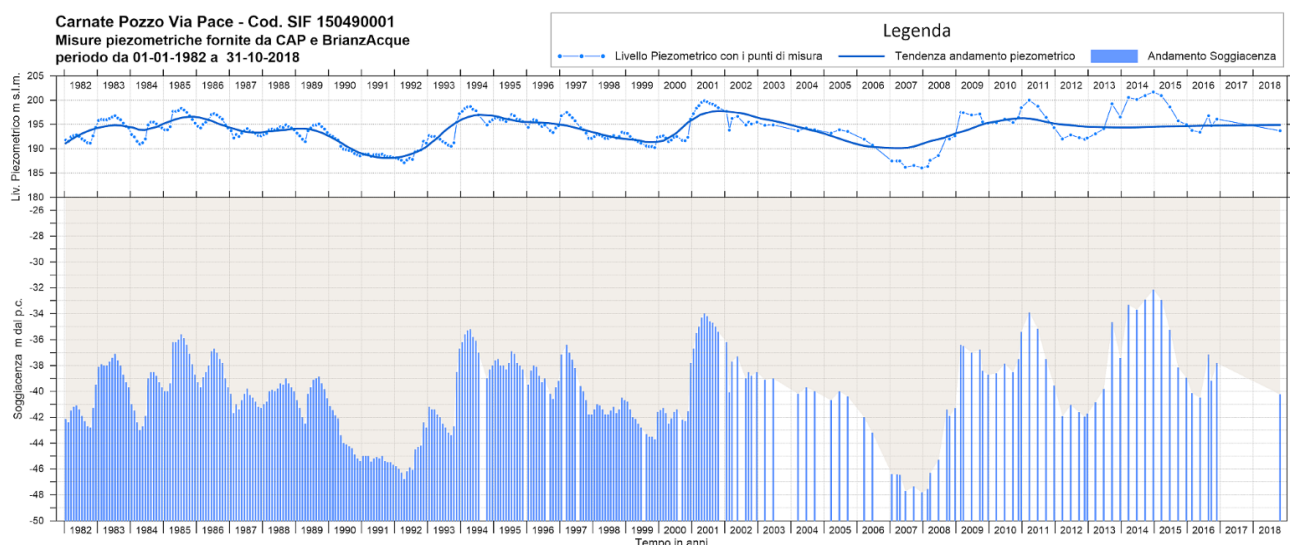


Fig. 8. Variazioni della soggiacenza e della piezometria nel pozzo di Via Pace nel Comune di Carnate (fonte CAP/Brianza Acque).



## 5.5 Pozzi pubblici sul territorio comunale

Nel territorio comunale di Carnate sono presenti n. 10 pozzi pubblici di cui 7 attivi, la cui ubicazione è riportata in **Tav. 3** (Fig. 10). Le profondità sono riassunte nella tabella seguente; in appendice 1 sono riportate le stratigrafie disponibili dei pozzi.

Cod. SIF Pozzo	Ubicazione	Q (l/s)	Profondità (m)	Stato
150490001	Via Pace	20	90,0	Attivo
150490002	P.zza Della Chiesa	3,3	40,0	Cementato
150490003	Via Europa P.zza Pio XII	29	104,0	Attivo
150490015	Via Parini	9,5	91,0	Attivo
150490017	Via Bazzini	37	158,0	Attivo
150490019	Via Grandi - Passirano		165,0	Disuso
150490021	Via Grandi - Passirano		72,0	Attivo
150490022	Via Grandi - Passirano	8,3	227,0	Disuso
150490023	Via Grandi - Passirano	22,2	227,0	Attivo
150490024	Via Grandi - Passirano	15,2	227,0	Attivo

## 5.6 Vulnerabilità

La vulnerabilità rappresenta la facilità con cui un acquifero può essere raggiunto da un inquinante introdotto sulla superficie del suolo. Maggiore è la vulnerabilità di un acquifero, più facilmente esso potrà essere contaminato da un carico inquinante rilasciato dalla superficie. La vulnerabilità intrinseca, in particolare, considera essenzialmente le caratteristiche litostrutturali, idrogeologiche e idrodinamiche del sottosuolo e degli acquiferi.

I metodi di valutazione della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi sono molteplici (DRASTIC, Aller et Al., 1987; GOD - Foster e Hirata 1987; SINTACS, Civita 1988; VOC, De Luca e Verga 1988). Essi si differenziano in base al grado di approfondimento delle fasi in cui si attua il processo di contaminazione di un acquifero (veicolazione del contaminante attraverso la zona non satura, e veicolazione e dispersione dello stesso nell'acquifero), attraverso l'utilizzo di parametri idonei a caratterizzarle.

Le metodologie proposte negli ultimi anni si basano su metodi differenti di valutazioni dei fattori della vulnerabilità, affrontando l'argomento con approcci ed impostazioni teoriche diversi. Se si eccettua il ricorso a modelli matematici, che però vengono usualmente applicati per l'analisi di dettaglio di singoli fenomeni di contaminazione, i metodi di valutazione della vulnerabilità di un acquifero si dividono fondamentalmente in tre categorie: metodi di zonazione per aree omogenee, metodi parametrici e metodi numerici. Nello specifico, al fine di indicare alcuni indici di vulnerabilità del territorio comunale, si è utilizzato il metodo parametrico a punteggio semplice definito GOD di Foster e Hirata.

### 5.6.1 Descrizione del metodo GOD

Il metodo GOD (acronimo di Groundwater occurrence, Overall lithology of aquifer, Depth to groundwater table or strike) è stato proposto da Foster e Hirata nel 1987. Tale metodo per la valutazione della vulnerabilità intrinseca di un acquifero considera tre fattori:

- **G** = tipologia della falda (libera, confinata, semiconfinata);
- **O** = tipo di acquifero, ed in particolare caratteristiche litologiche e grado di consolidazione delle rocce della zona non satura (per gli acquiferi non confinati) e dei livelli confinanti a tetto (per gli acquiferi confinati);
- **D** = soggiacenza della falda a superficie libera nel caso di acquifero non confinato o tetto dell'acquifero per gli acquiferi confinati.

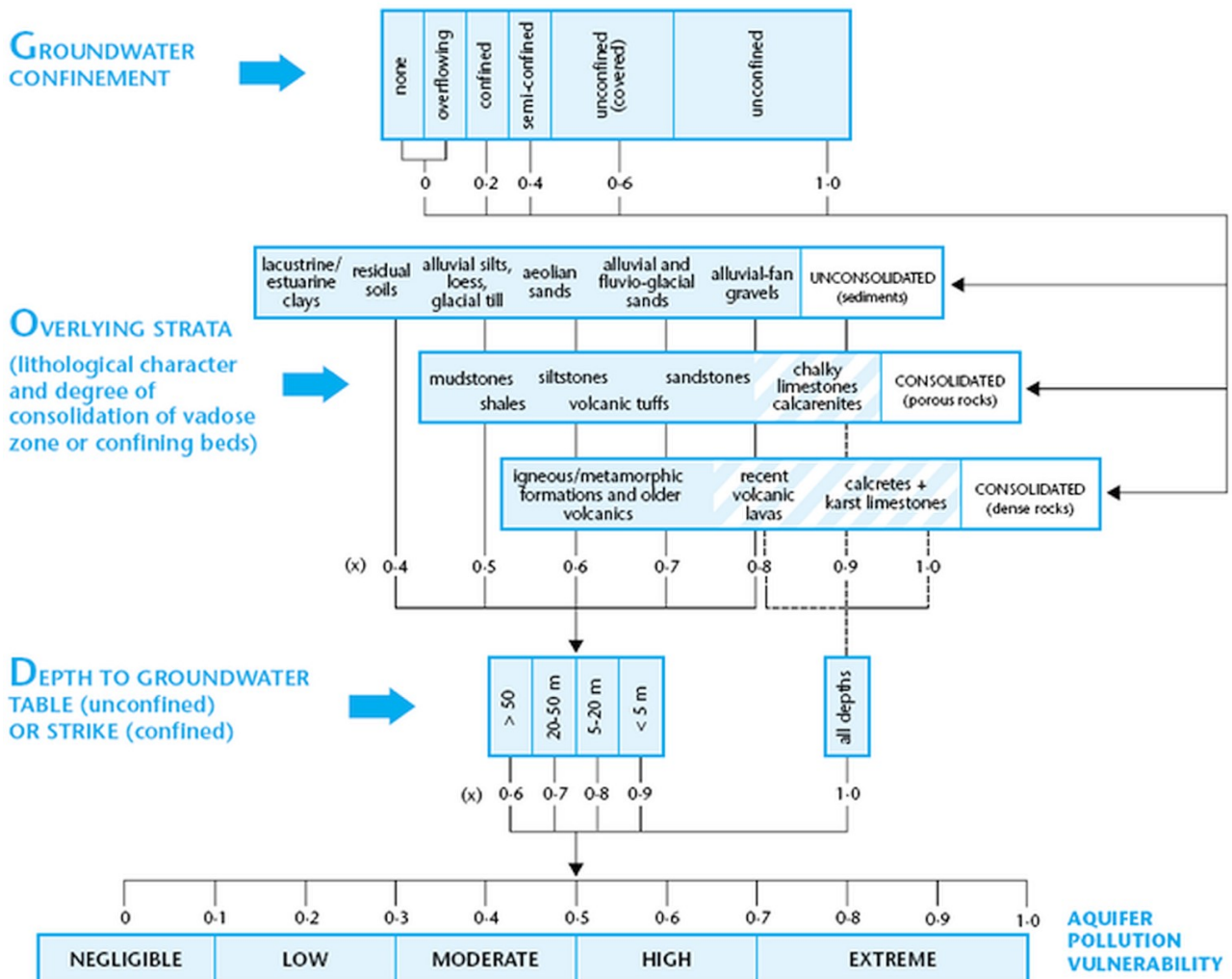


Fig. 9. Schema dei punteggi del metodo GOD.

Per quanto concerne il grado di confinamento (G), è possibile scegliere tra sei classi alle quali vengono attribuiti punteggi variabili tra 0 e 1. Alle caratteristiche litologiche (O) e allo stato di consolidazione delle rocce della zona non satura, per gli acquiferi non confinati, o degli strati confinanti, per gli acquiferi in



pressione, compete un punteggio variabile tra 0,4 e 1. Alla soggiacenza della falda (D) a superficie libera nel caso di acquifero non confinato e alla profondità del tetto dell'acquifero, per gli acquiferi confinati, può essere assegnato un punteggio compreso tra 0,4 e 1.

La vulnerabilità intrinseca è valutata come il prodotto dei tre indici numerici corrispondenti ai parametri suddetti:

$$\text{Indice GOD} = G \cdot O \cdot D$$

L'Indice GOD è compreso tra 0 e 1 e corrisponde a cinque gradi di vulnerabilità individuati dagli autori, a cui si aggiunge la classe vulnerabilità inesistente o nulla in caso si sia in mancanza di acquifero (Fig. 9).

### 5.6.2 Applicazione del metodo GOD al territorio comunale

In funzione delle caratteristiche litologiche delle unità geologiche presenti nell'area, sono stati definiti tre raggruppamenti:

- Depositi alluvionali di fondovalle (unità POI, OLG, BEE)
- Depositi fluvioglaciali (unità PEO, BO, BOF)
- Depositi fini, loess (unità VE, MCX)

Tuttavia, nello specifico caso di Carnate, occorre tenere in debita considerazione il fenomeno degli "Occhi Pollini" che, localmente e purtroppo senza particolari segnali premonitori, può modificare drasticamente il peso degli indici per quanto riguarda le aree interessate dai "Depositi Fluvioglaciali" e dai "Depositi fini, loess", identificati dalla cartografia del PTCP come a "grado di suscettività al fenomeno degli occhi pollini" Alta e Molto Alta.

	G	O	D	G*O*D	Vulnerabilità Intrinseca
<b>Depositi alluvionali di fondovalle</b>	0.8	0.7	0.7	0.392	Moderata
<b>Depositi fluvioglaciali</b>	0.8	0.85	1	0.68	Alta
<b>Depositi fini, loess</b>	0.8	0.85	1	0.68	Alta

In tabella, per ognuno dei raggruppamenti di cui sopra e in funzione del grado di protezione, litologia e soggiacenza della falda, sono stati applicati i coefficienti G, O e D e calcolati i relativi indici GOD, da cui si è ricavato il grado di Vulnerabilità Intrinseca.

Le classi della tabella sopra, in funzione della imprevedibilità (geografica e temporale) di poter definire un effettivo rischio connesso agli occhi pollini, sono state rivalutate su specifica osservazione della Provincia di



Monza e Brianza, andando ad utilizzare direttamente il rischio Alto nelle aree interessate da un grado di suscettività al fenomeno degli occhi pollini Alta e Molto Alta (PTCP). Gli esiti sono riportati nella **Tav. 8** – Carta di Sintesi (Fig. 45).

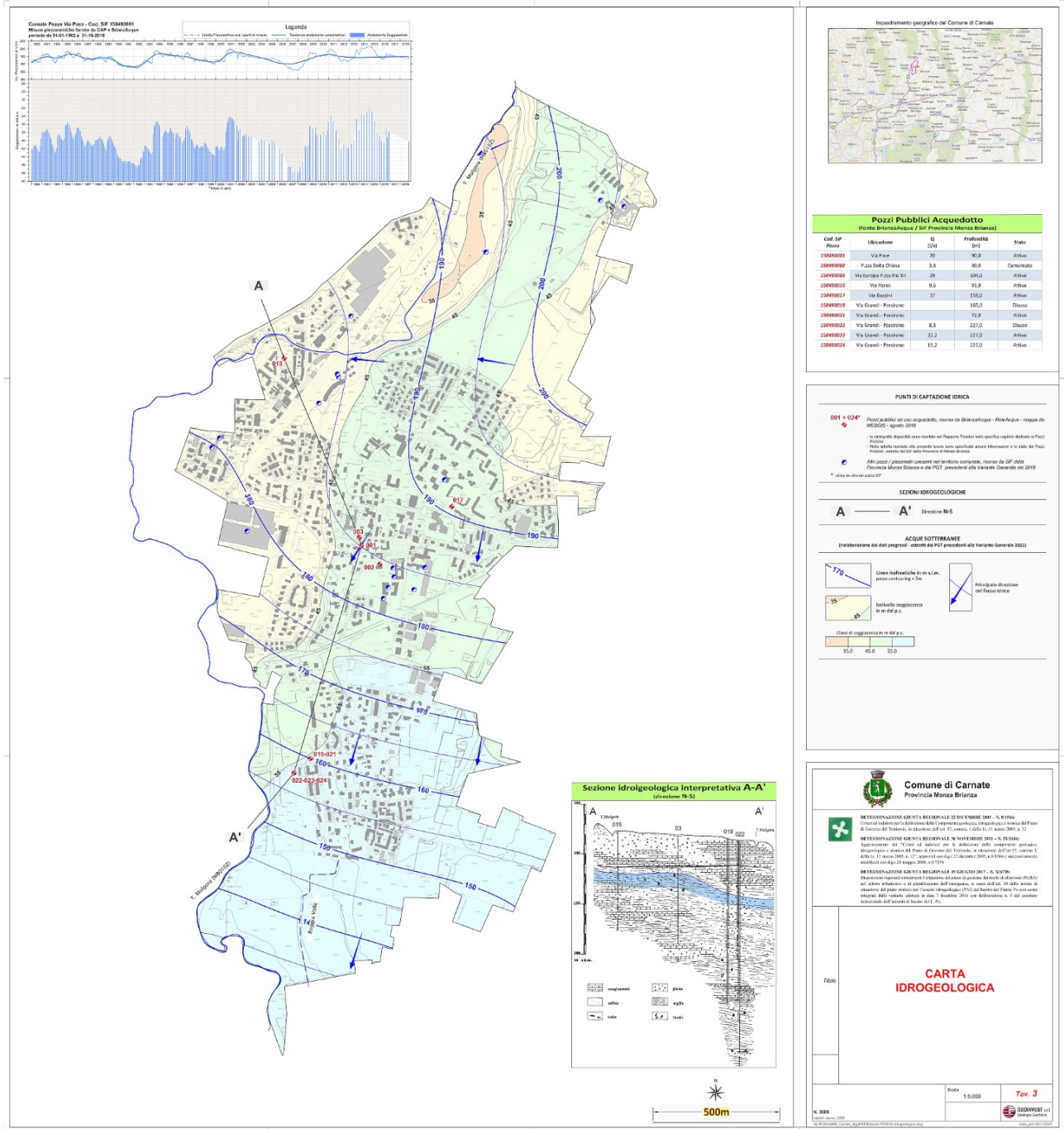


Fig. 10. Carta idrogeologica (Tav. 3, fuori scala).



### 5.6.3 Idrochimica

In Fig. 11 sono riassunti i valori medi dei principali parametri chimici delle acque distribuite da Brianza Acque in Comune di Carnate.

ANALISI CHIMICA E CHIMICO-FISICA. Punto Prelievo: Via Giuseppe Bazzini.																									
	Ph (Unità ph)	Conducibilità (µS.cm-1 a 20°C)	Residuo Secco (mg/l)	Durezza (°F)	Cloruro (mg/l)	Magnesio (mg/l)	Potassio (mg/l)	Nitrato (mg/l)	Sodio (mg/l)	Solfato (mg/l)	Calcio (mg/l)	Manganese (µg/l)	Ferro (µg/l)	Ammonio (mg/l)	Nitrato (mg/l)	Fluoruro (mg/l)	Cadmio (µg/l)	Cromo (µg/l)	Piombo (µg/l)	Alluminio (µg/l)	Nichel (µg/l)	Arsenico (µg/l)	Antimonio (µg/l)	Mercurio (µg/l)	Selenio (µg/l)
Limiti DL31/01	6.5-9.5	2500	1500	50	250			50	200	250		50	200	0.5	0.5	1.5	5	50	10	200	20	10	5	1	10
25/10/2018	7.6	543	388	32.1	16.4	20.1	1.4	25.4	8.7	20.4	95.7	< 5	< 10	< 0.05	< 0.04	< 0.15	< 0.3	< 2	< 1	< 6	< 1	< 1	< 1	< 0.2	< 1
17/01/2019	7.6	492	352	28.1	10.8	21.4	1.2	20.8	6.6	21.5	77.3	< 5	< 10	< 0.05	< 0.04	< 0.15	< 0.3	< 2	< 1	< 6	< 1	< 1	< 1	< 0.2	< 1
23/01/2020	7.6	545	390	32.4	17.4	19.2	1.3	26	9.9	19.6	98.1	< 5	< 30	< 0.15	< 0.15	< 0.15	< 1	< 5	< 3	< 20	< 3	< 1	< 0.2	< 1	

Fig. 11. Caratteristiche chimiche e chimico-fisiche distribuite in Comune Carnate

## 6 ASSETTO IDROGRAFICO E IDRAULICO

### 6.1 Idrografia

Il reticolo idrico che interessa il territorio comunale è definito da:

- **Roggia Valle**

Nasce a sud dell'abitato residenziale, da un vecchio scarico fognario da cui oggi non recepisce reflui. Il percorso, dalla tombinatura in poi, si svolge prevalentemente in campagna, attraversa il Comune di Vimercate e termina nel Torrente Molgora in località parco "Monti" (località privata). Presenta un alveo naturale, ad eccezione della zona in prossimità di attraversamenti con piccoli ponticelli per strade di campagna. Le sponde non presentano erosioni significative, così come lungo il percorso non vi sono altri scarichi fognari. Il regime della corrente è di tipo effimero. Lungo il corso, in particolare negli attraversamenti, si è notato un accumulo eccessivo di materiale che ne potrebbe impedire il deflusso regolare.

- **Torrente Molgora**

L'assetto idraulico e le relative problematiche del torrente Molgora sono state affrontate in un documento redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Po "Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d'acqua naturali e artificiali all'interno dell'ambito idrografico di pianura Lambro-Olona".



Lo studio si articolava in tre principali sezioni:

- definizione delle portate di piena di riferimento
- analisi idraulica
- valutazione delle condizioni di sicurezza

Tale studio e i successivi aggiornamenti (es. d.g.r. 4058/2015 – Convenzione sottoscritta 18/11/2015 relativo all’aggiornamento dello studio di fattibilità sul bacino del torrente Molgora) hanno riconosciuto l’esigenza di progettare una vasca di laminazione sul T. Molgora.

Tale vasca rientra tra gli strumenti operativi del PTR per il perseguimento degli obiettivi di piano ed è definita dalla più recente “Relazione idraulica a supporto del progetto definitivo di una vasca di laminazione delle piene del Torrente Molgora in Comune di Carnate (MB) – 2020”.

#### 6.1.1 Reticolo Idrografico Minore

La Roggia Valle fa parte del Reticolo Idrico Minore comunale, così come individuato dal recente studio del Reticolo Idrico Minore redatto nel 2021 (in Fig. 12 un estratto della cartografia del RIM). Si rimanda a tale documento per tutto quanto attiene la definizione e il riconoscimento del reticolo idrico a livello comunale nonché per la definizione delle aree bagnate dei corsi d’acqua e relative fasce di rispetto.

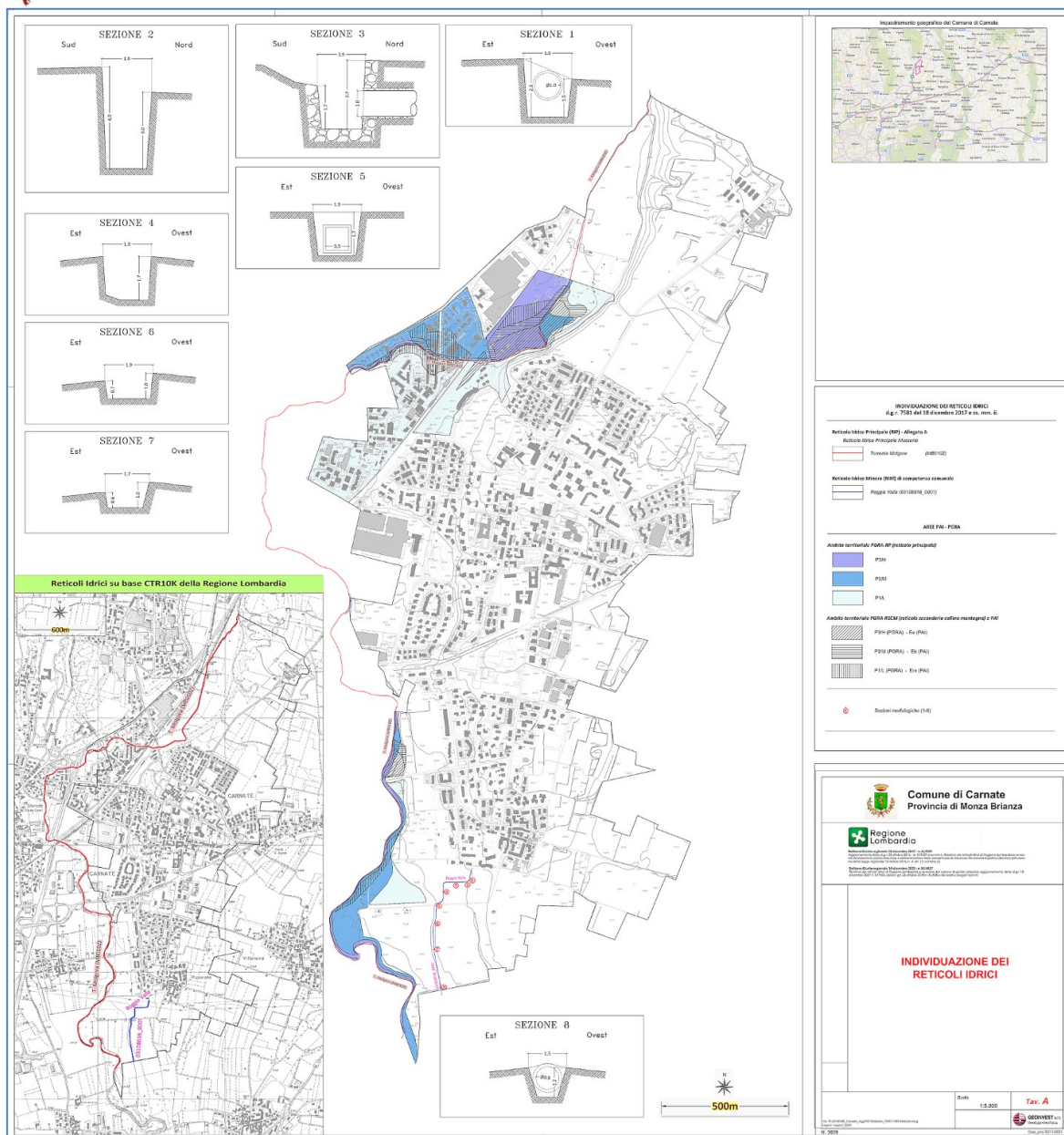


Fig. 12. Estratto fuori scala della carta dello Studio del RIM.

## 6.2 Elementi idraulici

Nella **Tav. 5 “Assetto Idrografico-Idraulico”** (Fig. 14) sono stati rappresentati i tratti di reticolo e gli elementi che possono presentare un rischio idraulico:

- opere di attraversamento potenzialmente interferenti con il Torrente Molgora e la Roggia Valle (ponti e passerelle pedonali);
- rete fognaria (Fig. 13); analisi dettagliate circa il rischio connesso al sistema fognario sono state inserite nel collegato al PGT “Documento semplificato del rischio idraulico comunale”.

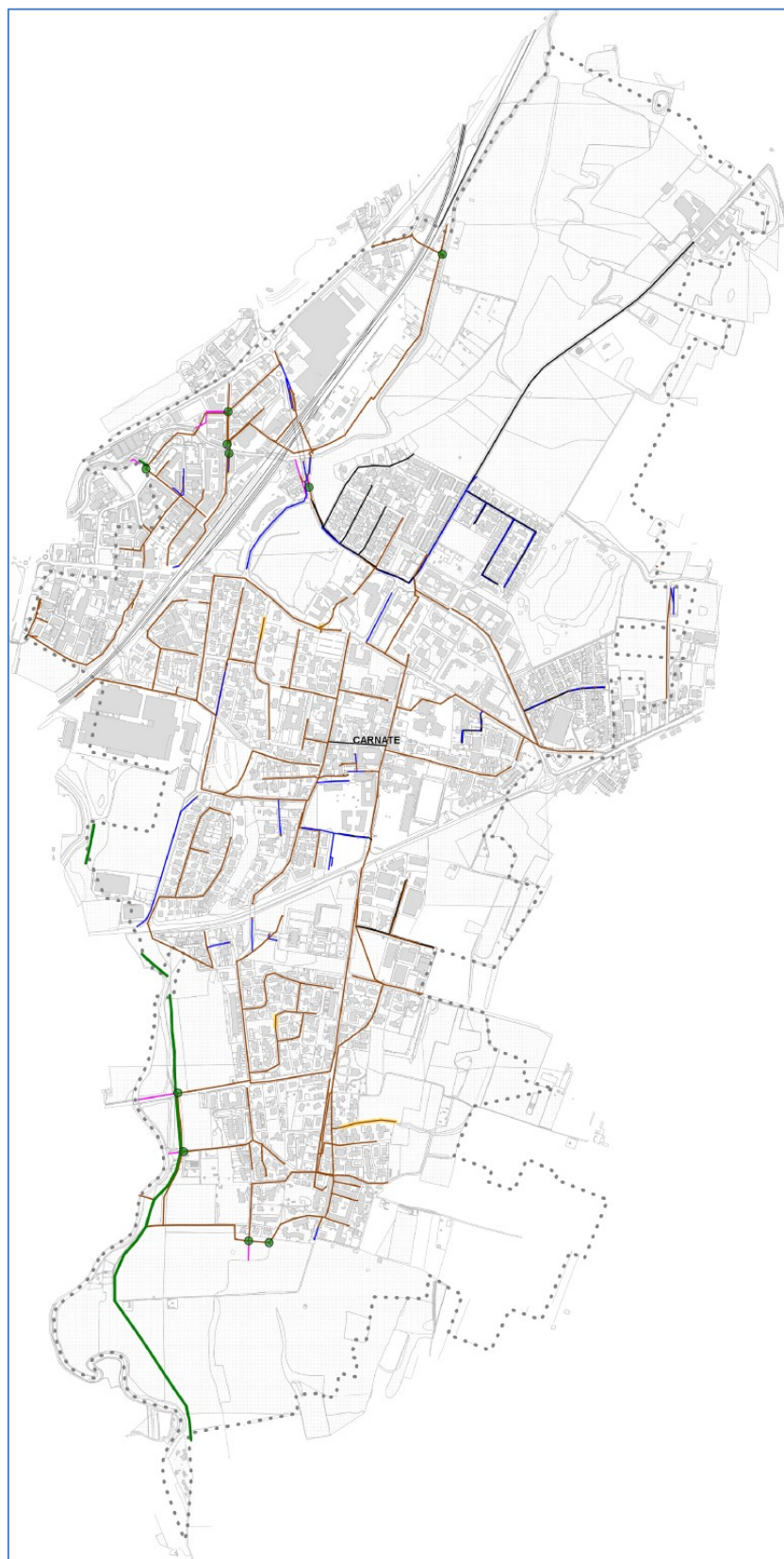


Fig. 13. Estratto fuori scala della cartografia della rete fognaria (fonte WebGis Brianzacque).

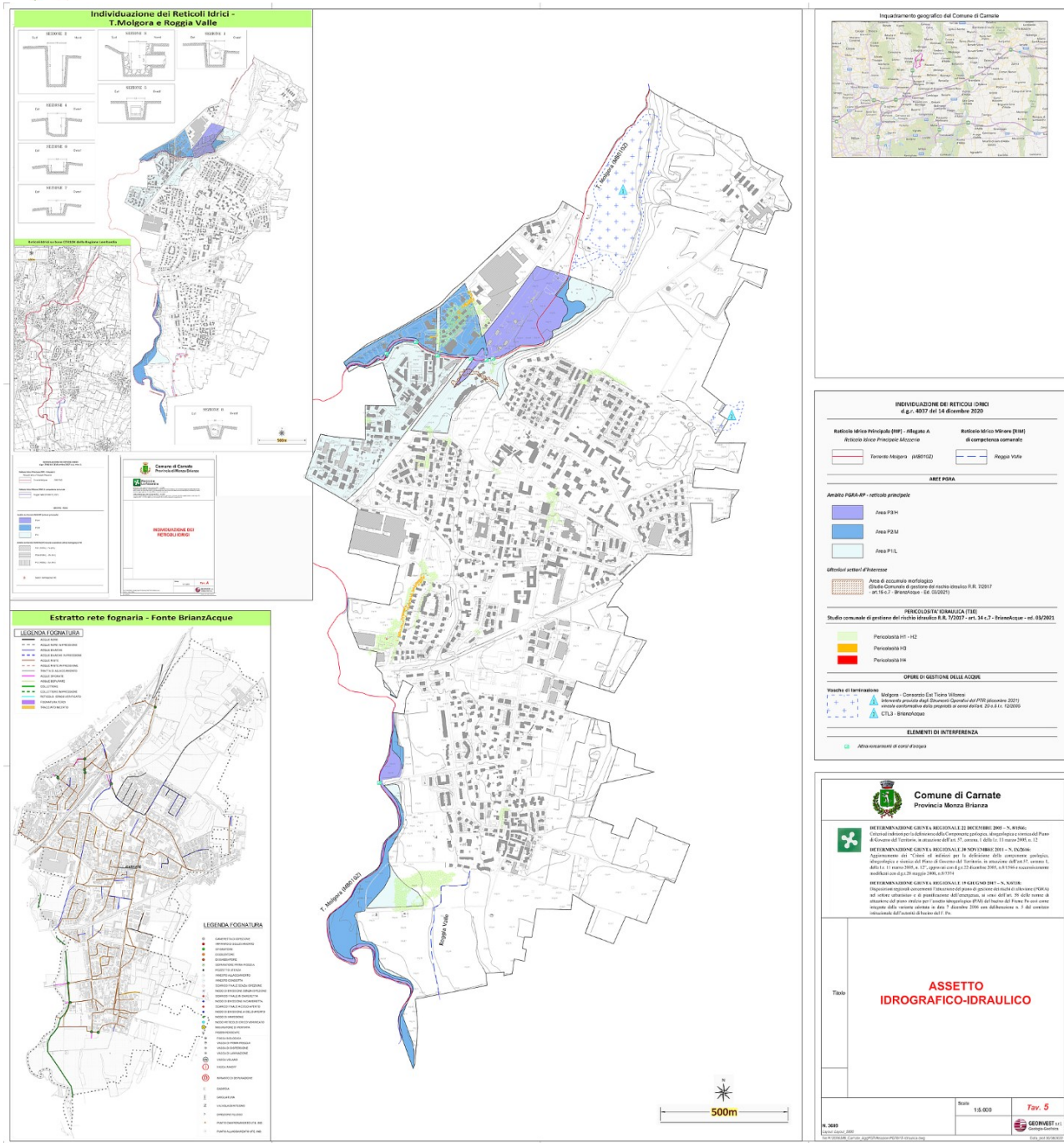


Fig. 14. Carta dell'assetto idrografico-idraulico (Tav. 5, fuori scala).



### 6.3 Attuazione PGRA

In funzione della d.g.r. del 19/06/2017 n. X/6738 (revisione 2019) riguardante le *“Disposizioni regionali concernenti l’attuazione del Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell’emergenza, ai sensi dell’Art. 58 delle Norme di Attuazione del Piano Stralcio per l’Assetti Idrogeologico (PAI) del Bacino del Fiume Po così come integrate dalla variante adottata in data 7 dicembre 2016 con deliberazione n. 5 dal Comitato Istituzionale dell’Autorità di Bacino del Fiume Po”*, le amministrazioni e gli enti pubblici *“devono prendere atto dei contenuti del PGRA, in particolare delle mappature della pericolosità e del rischio, delle informazioni associate - relative alle caratteristiche dell’alluvione potenziale - e della normativa vigente su tali aree, già presente nelle Norme di Attuazione del PAI così come approvato con DPCM 24 maggio 2001, introdotta dal nuovo Titolo V delle N.d.A. del PAI nonché dalle presenti disposizioni e ne tengono conto da subito in sede di attuazione dei propri strumenti pianificatori e in funzione dei loro successivi aggiornamenti e riesami”*.

Le disposizioni di cui sopra dettano indirizzi e limitazioni d’uso del suolo, e comportano la necessità, per i Comuni interessati dalle aree allagabili del PGRA, di procedere obbligatoriamente ad una verifica di coerenza tra i contenuti del proprio strumento urbanistico (PGT) e il PGRA e, ove necessario, di procedere con l’adeguamento del PGT. Parimenti è necessario procedere con una verifica di coerenza tra il Piano di Emergenza Comunale (PEC) vigente e il PGRA e, ove necessario, procedere con l’aggiornamento del PEC.

Ai fini dell’applicazione delle presenti disposizioni si è reso necessario individuare, attraverso la sovrapposizione tra il nuovo quadro conoscitivo derivante dal PGRA e quello proprio dello strumento urbanistico comunale vigente:

- 1) le aree allagabili del territorio per le quali vigono e sono confermate norme, disposizioni, indirizzi, direttive che ne regolamentano l’uso e garantiscono adeguatamente la tutela di persone e beni in relazione a possibili fenomeni alluvionali;
- 2) le aree allagabili di nuova introduzione o oggetto di modifica, per le quali valgono le presenti disposizioni.

Nell’Allegato 2 della norma, per ciascun Comune lombardo, è riportata l’indicazione della presenza o meno di porzioni di territorio ricadenti entro le fasce fluviali del PAI vigenti e/o entro le nuove aree allagabili, in riferimento ai 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);
- Aree costiere lacuali (ACL)



In Fig. 15 e Fig. 16 è mostrata la situazione del Comune di Carnate, in relazione a Pericolosità e Rischio, come presenti sul Geoportale Regionale.

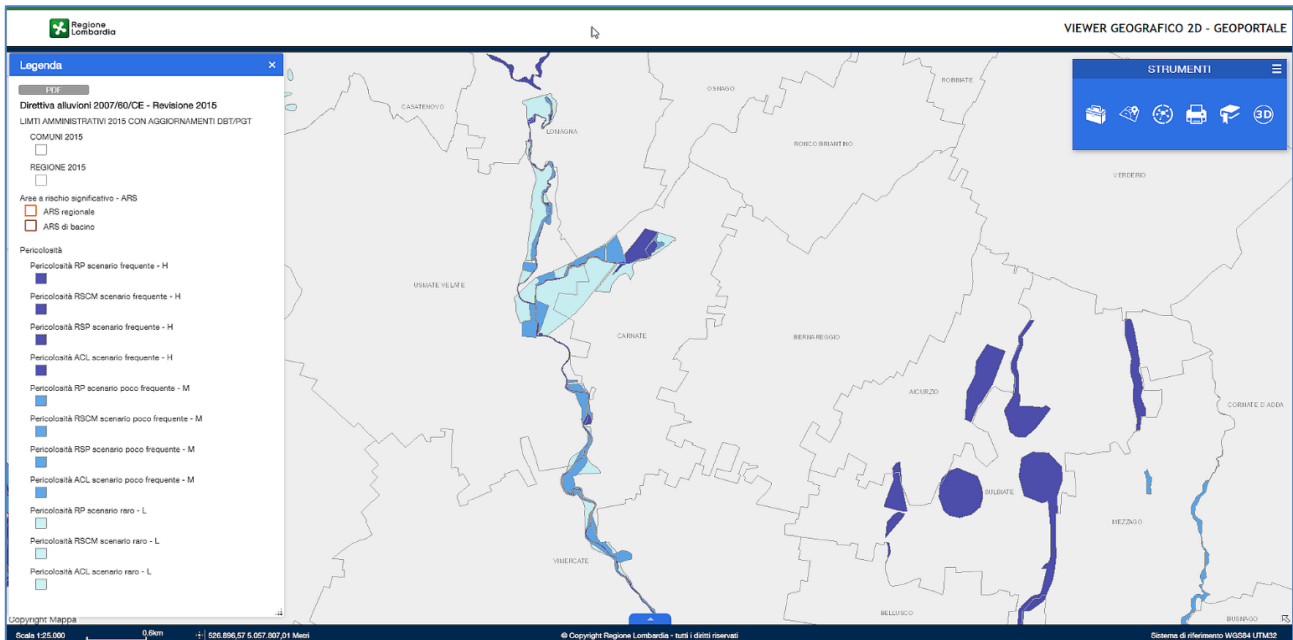


Fig. 15. Estratto del Geoportale di Regione Lombardia - Tema Pericolosità PGRA.

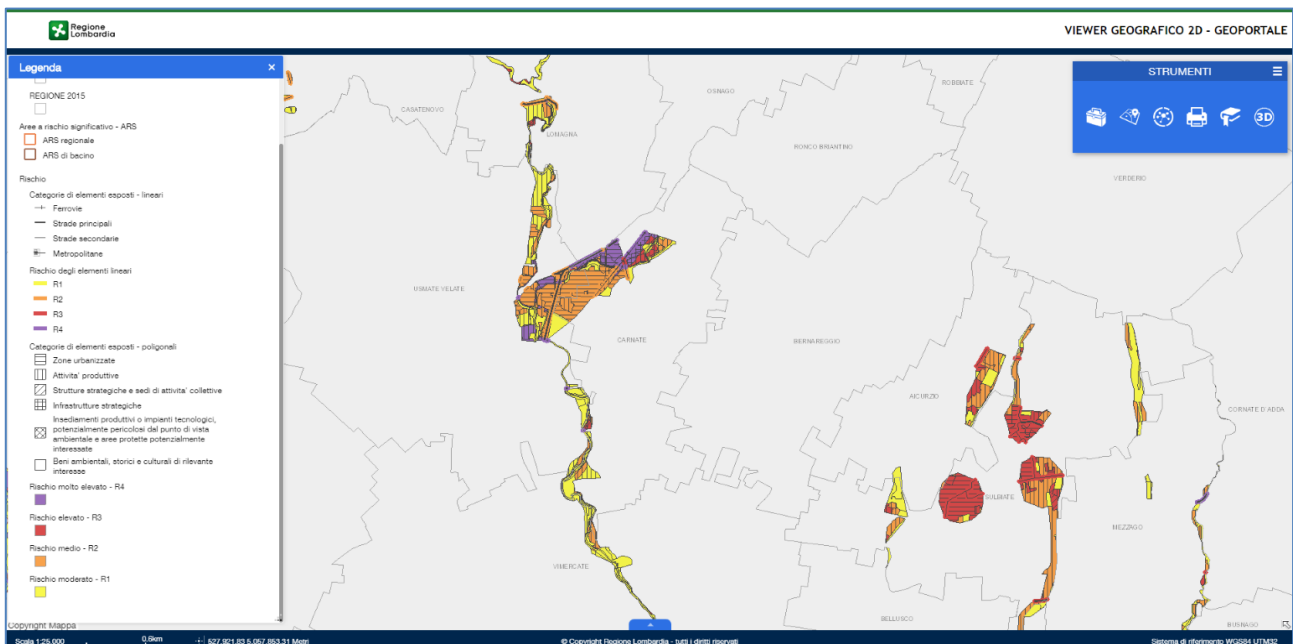


Fig. 16. Estratto del Geoportale di Regione Lombardia - Tema Rischio PGRA.

Dall'osservazione degli estratti si verifica che il Comune di Carnate è interessato dal PGRA per l'area che costeggia il Torrente Molgora.



COMUNE	PROVINCIA	CODICE ISTAT	AMBITO RP		AMBITO RSCM			AMBITO RSP				AMBITO ACL		
			COMUNI CON AREE ALLAGABILI IN AMBITO RP	COMUNI CON FASCE FLUVIALI PAI VIGENTI	COMUNI CON AREE ALLAGABILI IN AMBITO RSCM	COMUNI TENUTI ALL'AGGIORNAMENTO DELL'ELABORATO 2 DEL PAI DA D.G.R. VII/7365/2001	AMBITO RSCM	AREE ALLAGABILI DERIVANTI DA STUDI DI SOTTOBACINO IDROGRAFICO, EVENTI ALLUVIONALI RECENTI O SEGNALATE DA COMUNI (PARAGRAFO 3.2 DELLE DISPOSIZIONI)	AREE ALLAGABILI CORRISPONDENTI ALLE AREE A RISCHIO IDROGEOLOGICO MOLTO ELEVATO DI TIPO IDRAULICO GIÀ PRESENTI NEL PAI (NORME TITOLO IV)	COMUNI APPARTENENTI NELL'AMBITO RSP (NON TENUTI ALL'AGGIORNAMENTO DELL'ELABORATO 2 DEL PAI DA D.G.R. VII/7365/2001)	COMUNI CON AREE ALLAGABILI IN AMBITO RSP	AREE ALLAGABILI TRATTE DAI PGT DEI COMUNI (S - CARA DI SINTESI, P - CARTA PAI)	SEGNALAZIONI DI AREE ALLAGABILI DA CONSORZI DI BONIFICA	AREE ALLAGABILI DA STUDI SOVRACOMUNALI
CARNATE	MB	108016	X		X	X								

Fig. 17. Estratto dell'Allegato 2.

In Fig. 17 è possibile osservare che secondo la vigente versione del PGRA il Comune di Carnate è interessato da aree allagabili in ambito RP e aree allagabili in ambito RSCM.

In funzione dell'Allegato 2 della d.g.r. del 19/06/2017 n. X/6738 e dei dati presenti nel Geoportale di Regione Lombardia le aree allagabili presenti nelle mappe del PGRA per l'ambito territoriale **RP** corrispondono a:

- Torrente Molgora
  - Scenario frequente - H
  - Scenario poco frequente - M
  - Scenario raro – L

Le aree allagabili presenti nelle mappe del PGRA per l'ambito territoriale **RSCM** (Fig. 18) corrispondono invece alle aree classificate come Ee, Eb e Em nell'aggiornamento all'Elaborato del PAI ai sensi dell'art. 9 (su base morfologica) e sono rappresentate da:

- Torrente Molgora
  - Ee Grado di Pericolosità P3/H
  - Eb Grado di Pericolosità P2/M
  - Em Grado di Pericolosità P1/L

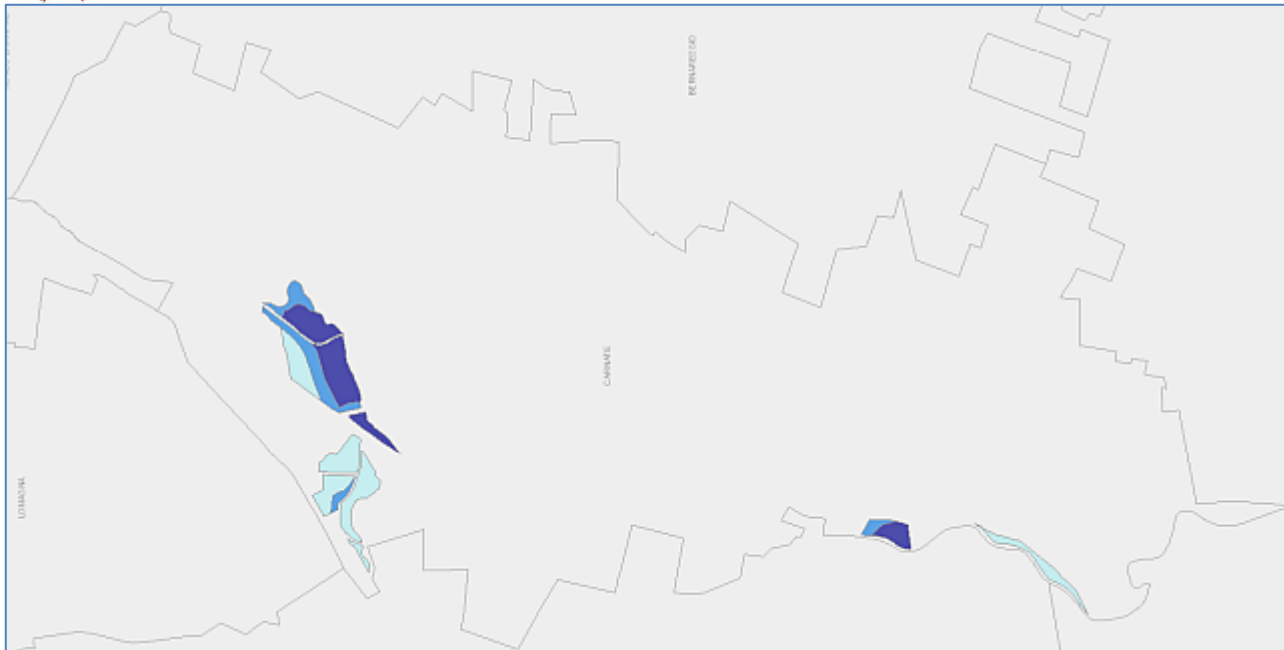


Fig. 18. Estratto del Geoportale di Regione Lombardia - Tema Pericolosità PGRA – Ambito RSCM.

Tutto ciò osservato, come richiesto al paragrafo 5 dell'All. A e in accordo alle indicazioni dell'Allegato 5 della Deliberazione, specificatamente per la sola area interessata dal PGRA si è predisposta la nuova **Carta PAI-PGRA** (Fig. 19) e i relativi shp opportunamente codificati.

Per la redazione della carta sono state operate le seguenti scelte:

- si sono sovrapposti i perimetri delle aree RSCM ai perimetri delle aree RP, al fine di evidenziare solamente le aree in cui l'ambito RSP mostra un aumento della pericolosità rispetto all'ambito RP;
- si è scelto di mantenere le aree più conservative emerse dal precedente confronto e di ricomprenderle all'interno dell'ambito RP andando ad eseguire piccole modifiche del perimetro di quest'ultimo;
- a valle della revisione dell'ambito RP sopra descritto, le precedenti aree RSCM e le aree Ee/Eb/Em sono state eliminate, in accordo con la d.g.r. 6738, All. A, punto 3.1.3, casi specifici (*Sovrapposizione con precedenti delimitazioni di aree allagabili secondo la classificazione di cui all'art. 9 delle N.d.A. del PAI - In caso le aree allagabili delimitate dal PGRA su corsi d'acqua privi di fasce fluviali si sovrappongono a precedenti delimitazioni di aree classificate ai sensi dell'art. 9 delle N.d.A. del PAI proposte dal Comune, vige la norma più restrittiva fino all'adeguamento del Piano di Governo del Territorio. In sede di adeguamento le perimetrazioni ai sensi dell'art. 9, laddove sovrapposte a perimetrazioni operate a livello d'intera asta, devono essere da queste ultime sostituite, fatto salve scelte più cautelative a discrezione dei Comuni*).



Nella tavola è stata infine aggiunta un'area di accumulo morfologico definita dallo Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico (RR 7/2017) redatto da BrianzAcque nel marzo 2021.

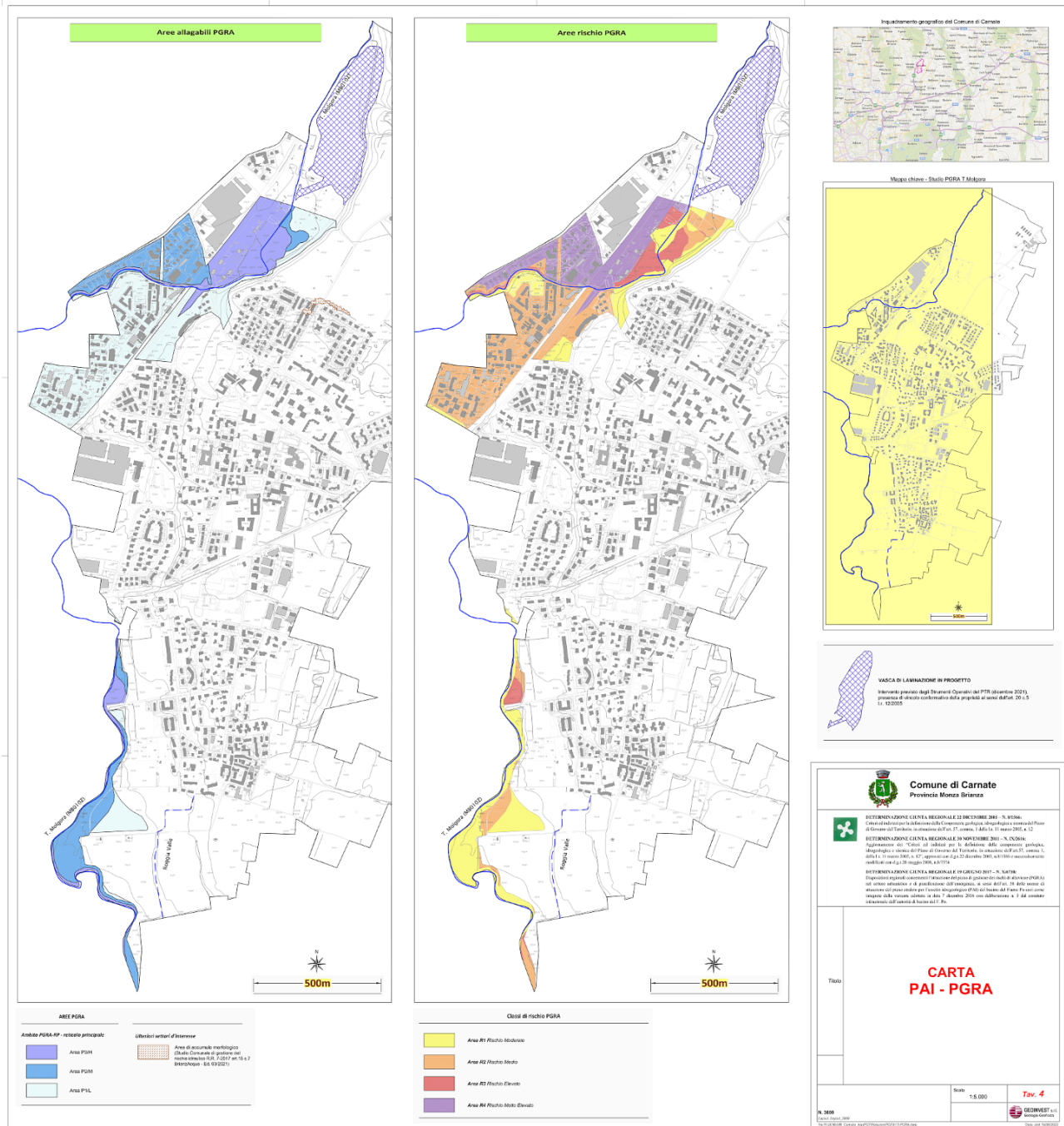


Fig. 19. Carta PAI-PGRA (ai sensi del par. 5, All. A della d.g.r. 16 giugno 2017, n. 6738 - Revisione 2019), fuori scala.



## 7 CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

### 7.1 La normativa sismica

#### 7.1.1 Evoluzione normativa, pre 2003

L'individuazione delle zone sismiche, in Italia, è avvenuta agli inizi del 1900 attraverso lo strumento del Regio Decreto, emanato a seguito dei terremoti distruttivi di Reggio Calabria e Messina del 28 dicembre 1908.

Dal 1927 le località colpite sono state distinte in due categorie, in relazione al loro grado di sismicità ed alla loro costituzione geologica. Pertanto, la mappa sismica in Italia non era altro che la mappa dei territori colpiti dai forti terremoti avvenuti dopo il 1908, mentre tutti i territori colpiti prima di tale data - la maggior parte delle zone sismiche d'Italia - non erano classificati come sismici e, conseguentemente, non vi era alcun obbligo di costruire nel rispetto della normativa antisismica. La lista originariamente consisteva, quindi, nei comuni della Sicilia e della Calabria gravemente danneggiati dal terremoto del 1908, che veniva modificata dopo ogni evento sismico aggiungendovi semplicemente i nuovi comuni danneggiati.

La legislazione antisismica vigente è essenzialmente basata sull'apparato normativo costituito dalla **legge 2 febbraio 1974, n. 64**, recante "*Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche*", che ha integralmente sostituito la legge 25 novembre 1962, n. 1684, nonché della legge 5 novembre del 1971, n. 1086, recante "*Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso e a struttura metallica*".

È quindi solamente nel 1974, attraverso la legge n. 64, è stato stabilito il quadro di riferimento per le modalità di classificazione sismica del territorio nazionale, oltre che di redazione delle norme tecniche. Tale legge ha delegato il Ministro dei lavori pubblici:

- emanazione di norme tecniche per le costruzioni sia pubbliche che private, da effettuarsi con decreto ministeriale, di concerto con il Ministro per l'interno, sentito il Consiglio superiore dei lavori pubblici, e con la collaborazione del Consiglio nazionale delle ricerche (CNR);
- aggiornamento della classificazione sismica attraverso appositi decreti ministeriali.

Si ricorda che il carattere distintivo di tale legge è stata la possibilità di aggiornare le norme sismiche ogniqualvolta fosse giustificato dall'evolversi delle conoscenze dei fenomeni sismici, mentre, per la classificazione sismica si è operato, come per il passato, attraverso l'inserimento di nuovi comuni colpiti dai nuovi terremoti.



Successivamente, gli studi di carattere sismologico effettuati all'indomani del terremoto del Friuli Venezia Giulia del 1976 e di quello in Irpinia del 1980, svolti all'interno del Progetto finalizzato "Geodinamica" del CNR, hanno portato ad un notevole aumento delle conoscenze sulla sismicità del territorio nazionale ed hanno consentito la formulazione di una proposta di classificazione sismica presentata dal CNR al Governo, che è stata tradotta in una serie di **decreti del Ministero dei lavori pubblici approvati tra il 1980 ed il 1984**, che hanno costituito, pertanto, la classificazione sismica italiana fino all'emanazione dell'ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003. La proposta del CNR, per la prima volta in Italia, è stata basata su indagini di tipo probabilistico della sismicità italiana e la classificazione sismica ha preso in considerazione tre categorie sismiche.

Relativamente, invece, alle **norme tecniche**, già con il **DM del 3 marzo 1975**, sono state emanate le prime disposizioni successivamente integrate da una serie di successivi decreti, tra cui si ricordano il DM 12 febbraio 1982, a sua volta sostituito dal **DM 16 gennaio 1996**, come modificato dal DM 4 marzo 1996, che ha provveduto ad integrare il DM del 3 marzo 1975 con alcune indicazioni contenute in alcune circolari ministeriali.

Su tale impianto normativo si è inserito il nuovo processo di distribuzione delle competenze fra Stato, regioni ed enti locali, attuato con le cd "leggi Bassanini" del 15 marzo 1997, n. 59. Conseguentemente, la competenza per l'**individuazione delle zone sismiche**, la formazione e l'**aggiornamento** degli elenchi delle medesime zone che, fino al 1998 era attribuita al Ministro dei lavori pubblici, è stata trasferita, con il **decreto legislativo n. 112 del 1998** - art. 94, comma 2, lett. a) - **alle Regioni**, mentre spetta allo **Stato** quella di definire i relativi **criteri generali** per l'individuazione delle zone sismiche e le **norme tecniche per le costruzioni** nelle medesime zone - art. 93, comma 1, lett. g).

Si ricorda, ancora, che tale residua competenza statale è rimasta incardinata nel Ministero dei Lavori Pubblici fino all'approvazione del decreto legislativo n. 300 del 1999, che l'ha assegnata alla neo istituita Agenzia di protezione civile e nuovamente attribuita al Dipartimento della protezione civile con il decreto legge n. 343 del 2001, convertito con modificazioni dalla legge n. 401 del 2001 che ha soppresso l'Agenzia, peraltro mai entrata nella piena operatività.

Inoltre, in conseguenza del riordino normativo della materia edilizia, le disposizioni antisismiche previste dalla legge n. 64 del 1974 sono confluite, con alcune modifiche, nel **DPR 6 giugno 2001, n. 380**, Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia, il cui Capo IV reca "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche", con disposizioni specifiche relative alle norme per le costruzioni in zone sismiche, alla relativa vigilanza, nonché alle modalità di repressione delle violazioni.



Il DPR n. 380, come modificato ed integrato dal decreto legislativo 27 dicembre 2002, n. 301, ha stabilito che tutte le costruzioni di rilievo per la pubblica incolumità, se realizzate in zone sismiche, devono essere conformi, oltre che alle disposizioni tecniche applicabili ad ogni tipo di costruzione edificata su tutto il territorio nazionale, anche a specifiche norme tecniche, la cui emanazione è affidata al Ministro dei lavori pubblici, di concerto con il Ministro dell'interno e sentito il Consiglio superiore dei lavori pubblici, il CNR, nonché la Conferenza unificata (art. 83). Negli articoli successivi sono state poi dettati i criteri generali cui dovranno uniformarsi le norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.

### 7.1.2 La nuova normativa sismica a livello nazionale

Immediatamente dopo il terremoto del 31 ottobre 2002 che ha colpito i territori al confine fra il Molise e la Puglia, è emanata l'**Ordinanza del 20 marzo 2003, n. 3274 del Presidente del consiglio dei Ministri**, pubblicato sulla G.U. n. 105, S.O. n. 72 del 08/05/2003 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*", al fine di fornire una risposta immediata alla necessità di aggiornamento della classificazione sismica e delle norme antisismiche.

Alla luce dell'ordinanza n. 3274 e, a differenza di quanto previsto dalla normativa precedente, **tutto il territorio nazionale è stato classificato come sismico e suddiviso in 4 zone**, caratterizzate da pericolosità sismica decrescente; tali zone sono individuate da 4 classi di accelerazione massima del suolo con probabilità di accadimento del 10% in 50 anni.

Zona 1	È la zona più pericolosa. Possono verificarsi fortissimi terremoti
Zona 2	In questa zona possono verificarsi forti terremoti
Zona 3	In questa zona possono verificarsi forti terremoti ma rari
Zona 4	È la zona meno pericolosa. I terremoti sono rari

A ciascuna zona è attribuito un valore dell'azione sismica utile per la progettazione, espresso in termini di accelerazione massima su roccia (zona 1=0.35 g, zona 2=0.25 g, zona 3=0.15 g, zona 4=0.05 g).

Le prime tre zone della nuova classificazione corrispondono, dal punto di vista degli adempimenti previsti dalla legge n. 64 del 1974, alle zone di sismicità alta, media e bassa, mentre per la zona 4, di nuova introduzione, viene data facoltà alle regioni di imporre l'obbligo della progettazione antisismica. Il collegamento tra la classificazione e le norme tecniche risulta, pertanto, molto stretto.

Oltre ai criteri per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone, con l'ordinanza sono state, infatti, approvate le seguenti norme tecniche (contenute





negli allegati 2, 3 e 4 dell'ordinanza, di cui fanno parte integrante) che riguardano, per la prima volta, la quasi totalità di tipologie di costruzioni: edifici, ponti ed opere di fondazione e di sostegno dei terreni.

L'art. 2, comma 2, dell'ordinanza n. 3274 prevede l'applicazione delle norme tecniche previgenti per le seguenti opere:

- opere i cui lavori siano già iniziati;
- opere pubbliche già appaltate o i cui progetti siano stati già approvati alla data della presente ordinanza;
- opere di completamento degli interventi di ricostruzione in corso.

Viene altresì previsto, in tutti i restanti casi, la possibilità di continuare ad applicare le norme tecniche previgenti per non oltre 18 mesi, termine più volte prorogato da una serie di successive ordinanze, di cui l'ultima – la n. 3467 del 2005 – ne ha differito l'applicabilità al **23 ottobre 2005**, data di **entrata in vigore** della nuova disciplina antisismica introdotta dal **DM 14 settembre 2005**.

Con l'ordinanza n. 3274 lo Stato ha provveduto a fissare i criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche, dando mandato alle **regioni**, in armonia con il dettato dell'art. 112 del decreto legislativo n. 112 del 1998, per l'**individuazione delle zone sismiche**.

Alle regioni, compete, quindi, la predisposizione dell'elenco dei comuni classificati rispettivamente in zona 1, 2, 3 e 4. Per procedere a tale identificazione le regioni potevano elaborare in proprio una mappa di pericolosità sismica regionale, oppure utilizzare quella fornita dallo Stato per tutto il territorio nazionale e allegata ai criteri per l'individuazione delle zone sismiche nella veste dell'elenco di tutti i comuni italiani con la loro classificazione sismica.

Con il **DM 14 settembre 2005** sono state quindi approvate le **Norme tecniche per le costruzioni**, allo scopo di riunire in un unico testo la disciplina tecnica relativa alla progettazione ed all'esecuzione delle costruzioni e di realizzarne nel contempo l'omogeneizzazione e la razionalizzazione.

Il testo, composto da un'introduzione e dodici capitoli, rappresenta una messa a punto completa della complessa normativa in materia di costruzioni, relativa alla progettazione strutturale degli edifici ed alle principali opere di ingegneria civile, accanto alle caratteristiche dei materiali e dei prodotti utilizzati, e consiste, inoltre, in un ampio aggiornamento del quadro legislativo nazionale in campo strutturale, basato sulle leggi fondamentali n. 1086 del 1971 e n. 64 del 1974.

Da ultimo occorre accennare che l'entrata in vigore del DM 14 settembre 2005 ha determinato la piena operatività della nuova classificazione sismica, comportando la necessità dell'applicazione dell'**art. 104 del**



**T.U. in materia edilizia, n. 380 del 2001**, relativo alle “*Costruzioni in corso in zone sismiche di nuova classificazione*”. In base a tale articolo, coloro che in una zona sismica di nuova classificazione avevano iniziato una costruzione prima dell’entrata in vigore del provvedimento di classificazione, erano tenuti a farne denuncia, entro quindici giorni dall’entrata in vigore del provvedimento stesso, al competente ufficio tecnico della regione.

Le novità introdotte con l’ordinanza sono state pienamente recepite e ulteriormente affinate, grazie anche agli studi svolti dai centri di competenza (Ingv, Reluis, Eucentre). Un aggiornamento dello studio di pericolosità di riferimento nazionale (Gruppo di Lavoro, 2004), previsto dall’opcm 3274/03, è stato adottato con l’**Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519** del 28 aprile **2006** (Fig. 20) e ha previsto la suddivisione delle zone sismiche in relazione all’accelerazione di picco su terreno rigido:

Zona sismica	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag)
1	$ag > 0.25$
2	$0.15 < ag \leq 0.25$
3	$0.05 < ag \leq 0.15$
4	$ag \leq 0.05$

Nel rispetto degli indirizzi e criteri stabiliti a livello nazionale, alcune Regioni hanno classificato il territorio nelle quattro zone proposte, altre Regioni hanno classificato diversamente il proprio territorio, ad esempio adottando solo tre zone (zona 1, 2 e 3) e introducendo, in alcuni casi, delle sottozone per meglio adattare le norme alle caratteristiche di sismicità. Qualunque sia stata la scelta regionale, a ciascuna zona o sottozone è attribuito un valore di pericolosità di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido (ag). Tale valore di pericolosità di base non ha però influenza sulla progettazione.

Dal 1 luglio 2009, con un anno di anticipo rispetto a quanto in previsione anche a causa del terremoto che ha colpito l’Abruzzo nell’Aprile 2009, entra in vigore il **decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 14.01.2008**, anche conosciuto come NTC2008 (**Norme Tecniche delle Costruzioni del 2008**); tali norme d’altronde erano completamente operative in quanto a Febbraio 2009 è stata pubblicata sulla gazzetta ufficiale la **Circolare del Ministero delle Infrastrutture n.617 del 2 febbraio 2009** recante le istruzioni per l’applicazione delle nuove norme. Tali norme hanno colmato le lacune presenti nel Testo Unico del 2005 e non solo si sono allineate con gli Eurocodici, ma si pongono tra le più avanzate a livello mondiale.



## ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

### Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale

(riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b)

espressa in termini di accelerazione massima del suolo

con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

riferita a suoli rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)

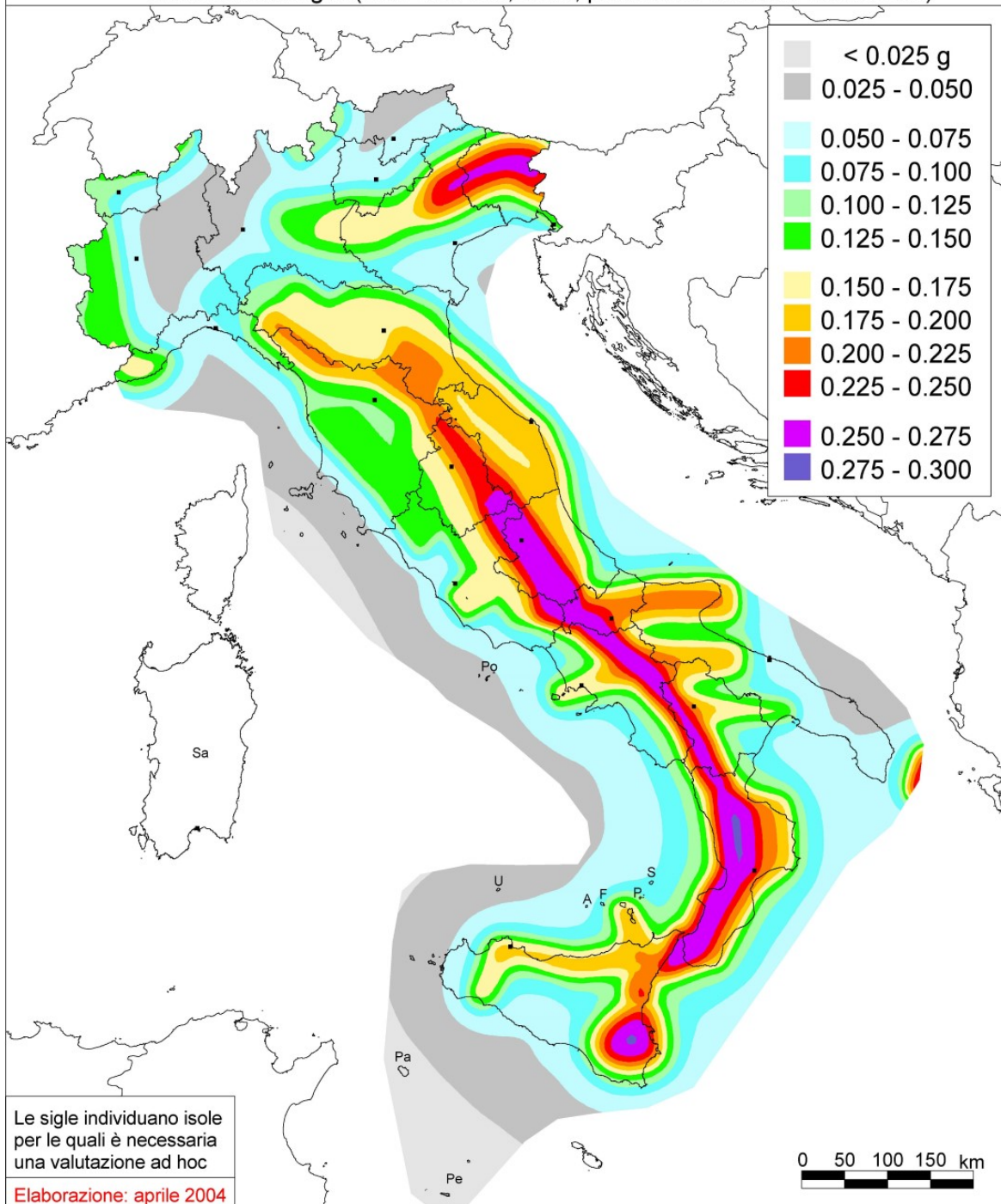


Fig. 20. Mappa di Pericolosità Sismica del territorio nazionale (OPCM 3519/2006).



I dodici capitoli che le compongono, confermando la natura prestazionale delle norme già parzialmente anticipata nel T.U. del 2005, hanno comportato una sensibile variazione della filosofia delle verifiche ed hanno introdotto il concetto di pericolosità sismica locale: è stata abbandonata la concezione del territorio italiano diviso in zone sismiche ed è stata formulata una completa zonizzazione mediante adozione di un reticolo i cui vertici sono dotati di caratteristiche puntuali di pericolosità sismica.

Ricapitolando, le Norme Tecniche per le Costruzioni (Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008), hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali: per ciascuna zona – e quindi territorio comunale – dove precedentemente veniva fornito un valore di accelerazione di picco e quindi di spettro di risposta elastico da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche.

Dal 1 luglio 2009 con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, per ogni costruzione ci si doveva invece riferire ad una accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera. Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

La classificazione sismica (zona sismica di appartenenza del comune) rimane utile solo per la gestione della pianificazione e per il controllo del territorio da parte degli enti preposti (Regione, Genio civile, ecc.).

Infine, il 20 febbraio 2018 in Gazzetta Ufficiale sono state pubblicate le nuove **Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018)**, approvate con Decreto del Ministero delle Infrastrutture il 17/01/2018. Le nuove norme, composte da un decreto (tre articoli e un allegato di 12 capitoli) e una circolare esplicativa, entrano in vigore il 22/03/2018.

Per ciò che riguarda in particolare la presente componente geologica, si segnala la riformulazione delle categorie di sottosuolo, che vede eliminate le classi S1 e S2 e meglio definite le altre classi, chiarendo che la priorità è quella dello studio della Risposta Sismica Locale eliminando la possibilità di una classificazione diretta sulla base del valore del NSPT e della resistenza non drenata. È stata lasciata però al progettista la facoltà di determinare la velocità di propagazione delle onde di taglio nel terreno utilizzando correlazioni empiriche (a scelta del progettista e consolidate nella letteratura scientifica) con i risultati di prove in sito.



### 7.1.3 Normativa sismica a livello regionale

In relazione all'Ordinanza n. 3274/2003, Regione Lombardia ha emanato la d.g.r. 7 novembre 2003, n. 7/14964, che ha preso atto della classificazione fornita in prima applicazione dalla citata Ordinanza. Successivamente, con **d.g.r. 11/07/2014 – n.10/2129**, la Regione Lombardia definisce una nuova classificazione sismica riportata nella Fig. 21 seguente

Mappa di classificazione sismica  
dei comuni lombardi

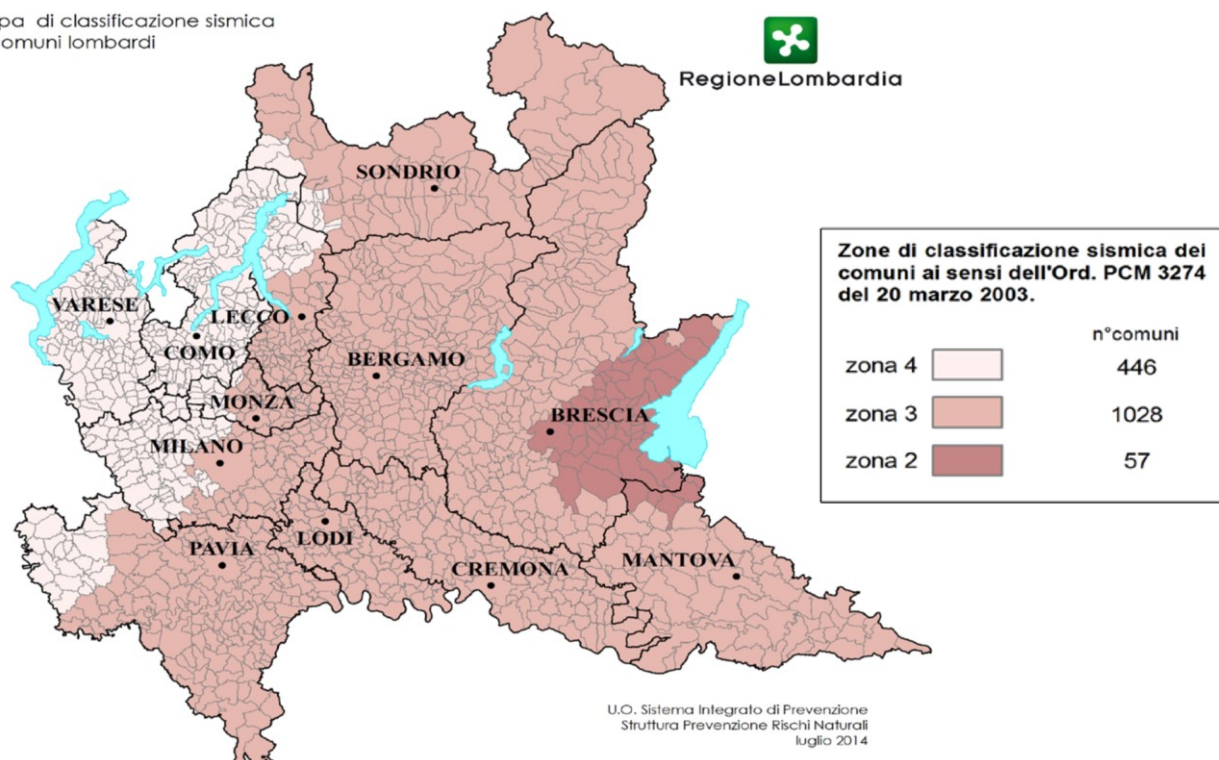


Fig. 21. Classificazione sismica dei comuni lombardi (d.g.r. 2129/2014).

A seguire, la d.g.r. 10/10/2014 – n.10/2489 – “Differimento del termine di entrata in vigore della nuova classificazione sismica del territorio approvata con d.g.r. 21 Luglio 2014, n. 2129 “Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia” (l.r. 1/2000, art.3, comma 108, lettera d)” deliberò di:

- differire al 14 ottobre 2015 il termine dell'entrata in vigore della d.g.r. 21 luglio 2014, n.2129;
- disporre che nelle more dell'entrata in vigore della nuova classificazione sismica, nei Comuni che saranno riclassificati dalla Zona 4 alla Zona 3 e dalla Zona 3 alla Zona 2, tutti i progetti delle strutture riguardanti nuove costruzioni – pubbliche e private – siano redatti in linea con le norme tecniche vigenti, rispettivamente, nelle Zone 3 e 2.



Più recentemente la Giunta Regionale ha approvato la **d.g.r. n. X/5001 del 30 marzo 2016**, che indica le linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica, ai sensi degli artt. 3, comma 1, e 13, comma 1, della **l.r. 33/2015**.

La nuova zonazione sismica e la l.r. 33/2015 sono entrambe efficaci dal 10 aprile 2016.

In particolare, la l.r. 33/2015 aggiorna la normativa sulle costruzioni in zona sismica adeguandola al D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380 (Testo Unico in materia Edilizia).

Le nuove norme si applicano ai lavori di cui all'art. 93, comma 1, del D.P.R. 380/2001 ("costruzioni, riparazioni e sopraelevazioni"), relativi a opere pubbliche o private localizzate nelle zone dichiarate sismiche, comprese le varianti influenti sulla struttura che introducano modifiche tali da rendere l'opera stessa, in tutto o in parte, strutturalmente diversa dall'originale o che siano in grado di incidere sul comportamento sismico complessivo della stessa.

Le novità immediate introdotte dalla l.r. 33/2015 e dalla d.g.r. 5001/2016 sono:

- trasferimento ai comuni delle competenze in materia di opere o costruzioni e vigilanza in zone sismiche, per le opere ricadenti sul loro territorio
- per i comuni in zona sismica 2 (alta sismicità): obbligo dell'autorizzazione preventiva all'avvio dei lavori
- per i comuni in zona 3 e 4 (sismicità bassa e molto bassa): obbligo del deposito della documentazione relativa al progetto prima dell'avvio dei lavori
- attività di controllo sistematico degli interventi relativi a opere o edifici pubblici o, in genere, edifici destinati a servizi pubblici essenziali, ovvero progetti relativi ad opere comunque di particolare rilevanza sociale o destinate allo svolgimento di attività, che possono risultare, in caso di evento sismico, pericolose per la collettività
- attività di controllo su tutti gli altri tipi di edifici in tutte le zone sismiche.

In termini di adeguamento della componente sismica del PGT occorre fare riferimento a:

- **d.g.r. 22 dicembre 2005 – n. 8/1566** (Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n.12)
- **d.g.r. 30 novembre 2011 – n.9/2616** (Aggiornamento dei "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione



dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n.12", approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28 maggio 2008, n. 8/7374)

La direttiva **d.g.r. 30 novembre 2011 – n.9/2616** era stata redatta in conformità al **D.M. 14 gennaio 2008** **"Norme tecniche per le costruzioni"** da cui furono riprese le indicazioni relative all'azione sismica.

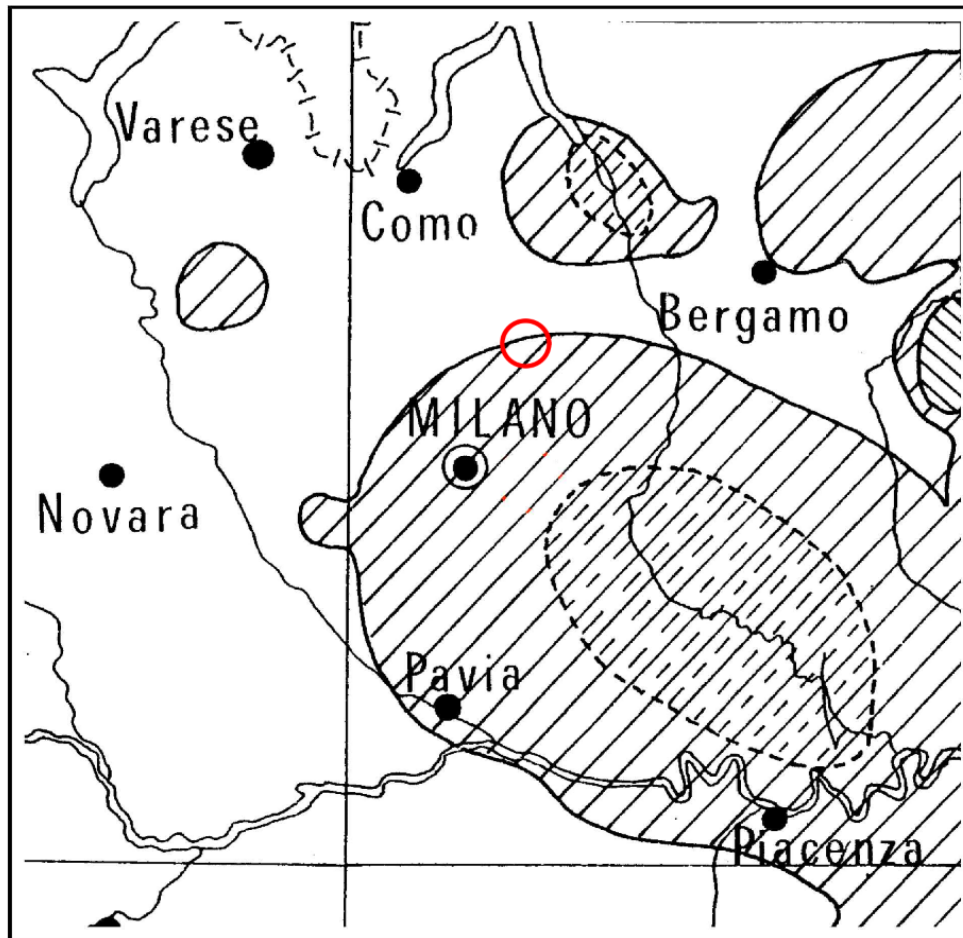
## 7.2 Attività sismica ed elementi neotettonici e strutturali, con cenni sulla sismicità del territorio

L'area comunale e quella provinciale nel suo complesso risultano caratterizzate da eventi sismici piuttosto sporadici e di intensità massima rilevata dell'ordine del VI° della scala Mercalli, come riscontrabile dai seguenti riferimenti bibliografici:

- *"Carta sismica d'Italia per il periodo 1893 - 1965 con le aree di massima intensità"* alla scala 1:1.000.000 a cura di E. Iaccarino per il Comitato Nazionale Energia Nucleare - Gruppo Attività Minerarie; Boschi E., Favali P., Scalera G. & Smeriglio G. (1995) - Fig. 22;
- *Massima intensità macrosismica risentita in Italia*. Carta scala 1:1.500.000, Istituto Nazionale di Geofisica - Fig. 23;
- Carta degli Ipocentri (Gasperini et al.) - Fig. 24;
- Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 - Database Macrosismico Italiano 2015 (INGV) - Fig. 25 e Fig. 26.

Altre analisi (es. Molin D., Stucchi M. & Valensise G., 1996 - *Carta delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni della Regione Lombardia*. "Sicurezza - 96" - Milano Fiera, 26-30/11/96 – Fig. 30) includono il territorio comunale di Carnate tra le aree in cui l'intensità massima dei sismi non ha superato in passato il VI° della scala MCS, dove gli effetti massimi attesi consistono in forti scuotimenti e possibilità di danni occasionali di lieve entità.

I maggiori terremoti lombardi si sono sviluppati nella zona bresciana, mentre nell'area brianzola gli eventi tellurici hanno sviluppato una magnitudo poco rilevante ed hanno risentito indirettamente dell'attività sismica dei comparti sismogenetici confinanti (aree appenniniche e zona bresciana in particolare).



LEGENDA



Aree che sono state interessate da eventi sismici con intensità massima rilevata pari al VI° grado della Scala Mercalli.



Aree che sono state interessate da eventi sismici con intensità massima rilevata pari al VI° - VII° grado della Scala Mercalli.

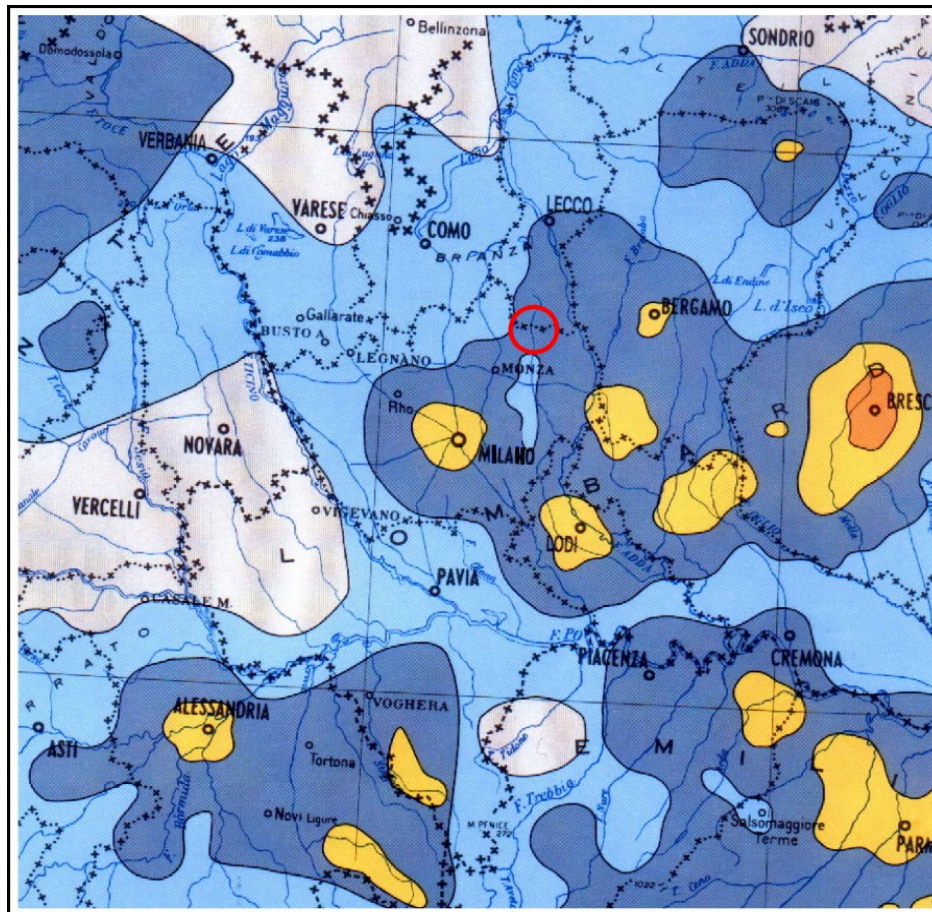


Aree che sono state interessate da eventi sismici con intensità massima rilevata pari al VII° grado della Scala Mercalli.

UBICAZIONE DELL'AREA DI INTERESSE



Fig. 22. Estratto della Carta Sismica d'Italia, periodo 1893-1965, con Aree di Massima Intensità.

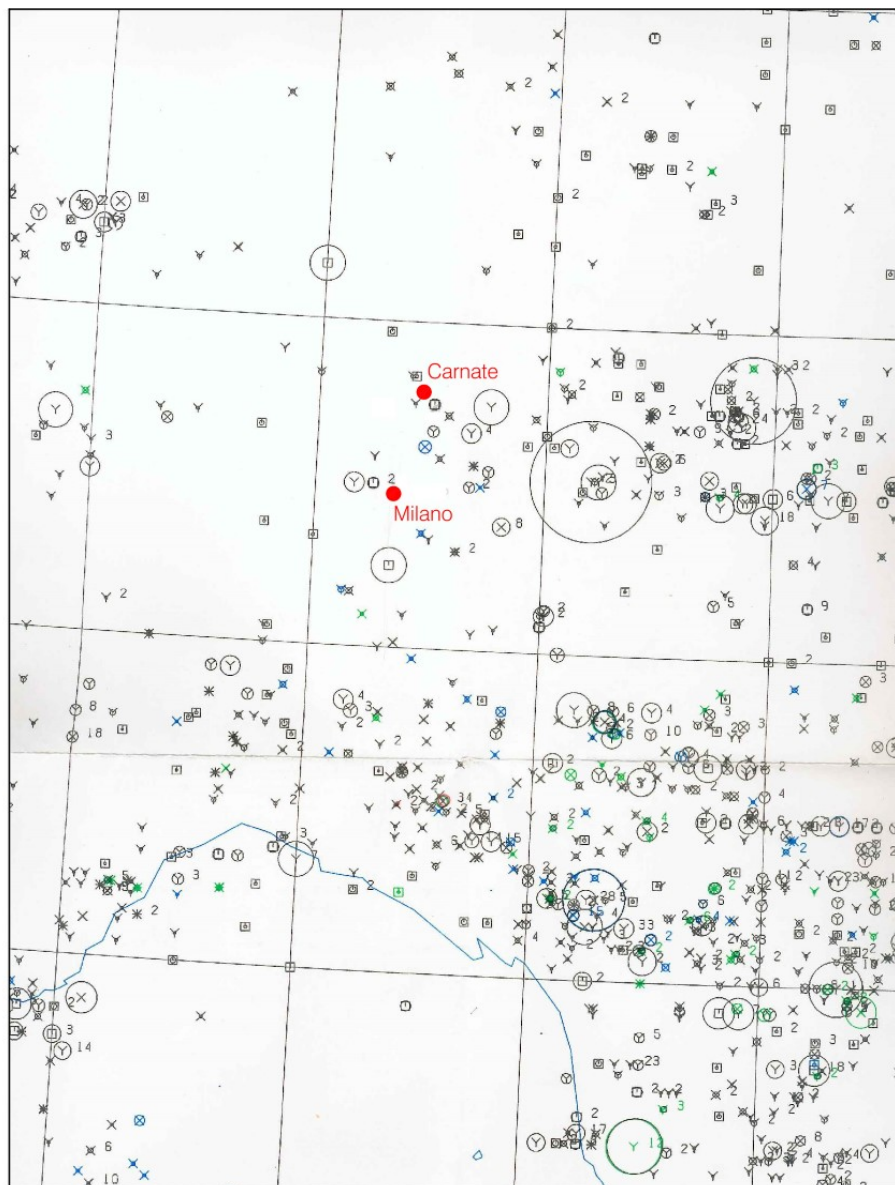


LEGENDA

Intensità espresse in scala M.C.S.

	Inferiore al VI grado <i>Less than VI degree</i>
	VI grado <i>VI degree</i>
	VII grado <i>VII degree</i>
	VIII grado <i>VIII degree</i>
	IX grado <i>IX degree</i>

Fig. 23. Estratto della Carta della Massima Intensità risentita in Italia.



**Legenda**

— Gli epicentri sono rappresentati per mezzo di cerchi il cui raggio è definito dal raggio della sfera del volume focale calcolato secondo la relazione di Bath e Duda (1964).  
— La profondità (h) del fuoco è indicata per mezzo di diversi colori:

- $h \leq 5$  Km
- $5 \leq h \leq 25$  Km e eventi per cui non si hanno informazioni
- $25 \leq h \leq 60$  Km
- $h \geq 60$  Km

Nel caso di terremoti che si sono ripetuti nello stesso luogo in periodi di tempo diversi può capitare che i diversi periodi sismici abbiano interessato diverse classi di profondità. Per evitare ambiguità e confusioni grafiche si è stabilito di rappresentare il focolaio sismico con il colore e il raggio che competono al terremoto a cui corrisponde la massima intensità; si hanno poi cerchi concentrici con raggi che decrescono di 0,5 mm con colori corrispondenti alle altre classi di profondità interessate. Il numero totale di eventi che nel catalogo interessano lo stesso focolaio sismico viene indicato a lato del simbolo centrale.

Il colore del simbolo centrale è ancora quello che compete all'evento di massima intensità della sequenza di terremoti coincidenti, e il simbolo centrale è scelto in relazione alla classe di attendibilità della localizzazione epicentrale.

In particolare i simboli utilizzati sono i seguenti:

- \* attendibilità della localizzazione inferiore a 10 Km
- X attendibilità della localizzazione inferiore a 25 Km
- Y attendibilità della localizzazione inferiore a 50 Km
- attendibilità della localizzazione superiore a 50 Km

Fig. 24. Estratto della Carta degli Epicentri (Gasparini et al.)



ID_Evento	Comune	Provincia	Massima Intensità risentita	numero di terremoti risentiti
IT_12783	Agliate	MB	4	1
IT_12492	Aicurzio	MB	3	1
IT_10694	Airuno	LC	F	2
IT_12507	Albate	MB	3	3
IT_14249	Almenno San Bartolomeo	BG	5	3
IT_14262	Almenno San Salvatore	BG	6	6
IT_14269	Ambivere	BG	D	2
IT_10711	Annone di Brianza	LC	5	2
IT_10717	Anzano del Parco	CO	3	2
IT_12519	Arcore	MB	4	2
IT_10731	Arosio	CO	3	1
IT_12558	Barlassina	MB	4	5
IT_10748	Barzago	LC	5	4
IT_14327	Barzana	BG	3	1
IT_10759	Barzanò	LC	3	3
IT_12559	Basiano	MI	2-3	3
IT_12567	Bellinzago Lombardo	MI	3-4	2
IT_12569	Bellusco	MB	NF	2
IT_12573	Bernareggio	MB	NF	3
IT_12604	Besana in Brianza	MB	5-6	6
IT_12641	Biassono	MB	5	3
IT_13234	Birago Camnago	MB	3-4	1
IT_14381	Boltiere	BG	NF	2
IT_14382	Bonate Sopra	BG	3	1
IT_14388	Bonate Sotto	BG	3-4	3
IT_13633	Bornago	MI	3-4	1
IT_14391	Bottanuco	BG	6	3
IT_12697	Bovisio Masciago	MB	4	2
IT_14413	Brembate	BG	5	4
IT_14415	Brembate di Sopra	BG	4	2
IT_10801	Brenna	CO	NF	1
IT_12710	Bresso	MI	4	4
IT_12713	Briosco	MB	4	1
IT_10804	Brivio	LC	4-5	5
IT_12728	Brugherio	MB	3	2
IT_10815	Bulciago	LC	2-3	1
IT_12743	Burago di Molgora	MB	NF	1
IT_12749	Busnago	MB	3	2
IT_12755	Bussero	MI	3	4
IT_10822	Cabiate	CO	4	1
IT_10836	Calco	LC	4-5	7
IT_14477	Calolziocorte	LC	4-5	6
IT_14495	Calusco d'Adda	BG	6	5
IT_12765	Cambiago	MI	F	6

Fig. 25. Estrazione dei terremoti in un raggio di 20 km da Carnate, fonte Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 - Database Macrosismico Italiano 2015 (INGV) (pag. 1/5).



ID_Evento	Comune	Provincia	Massima Intensità risentita	numero di terremoti risentiti
IT_12770	Camparada	MB	NF	1
IT_14511	Canonica d'Adda	BG	4-5	3
IT_14525	Capriate San Gervasio	BG	6	2
IT_14530	Caprino Bergamasco	BG	6	6
IT_12789	Carate Brianza	MB	4-5	5
IT_11326	Caravaggio	LC	2	1
IT_14556	Carenno	LC	4-5	4
IT_12800	Carnate	MB	NF	2
IT_12819	Carugate	MI	NF	2
IT_10884	Carugo	CO	3-4	2
IT_14566	Carvico	BG	F	4
IT_10911	Casatenovo	LC	3	3
IT_10940	Cassago Brianza	LC	NF	1
IT_12896	Cassano d'Adda	MI	6-7	4
IT_12907	Cassina de' Pecchi	MI	NF	2
IT_10961	Castello di Brianza (Cologna)	LC	NF	1
IT_12938	Cavenago di Brianza	MB	3-4	3
IT_14534	Celana	BG	3	1
IT_10989	Cernusco Lombardone	LC	NF	2
IT_12952	Cernusco sul Naviglio	MI	6	8
IT_10995	Cesana Brianza	LC	NF	1
IT_12982	Cesano Maderno	MB	4	1
IT_72154	Chiuso	LC	5	1
IT_12985	Cinisello Balsamo	MI	5	2
IT_14653	Cisano Bergamasco	BG	4	3
IT_14661	Ciserano	BG	4-5	3
IT_11001	Civate	LC	5	3
IT_11032	Colle Brianza (Nava)	LC	3-4	2
IT_11421	Contra	LC	3	1
IT_13054	Cornate d'Adda	MB	3-4	3
IT_13077	Correzzana	MB	NF	1
IT_14735	Costa Valle Imagna	BG	3	2
IT_11117	Cremella	LC	F	3
IT_14765	Curno	BG	3-4	3
IT_13115	Cusano Milanino	MI	3	1
IT_14767	Dalmine	BG	6	4
IT_13119	Desio	MB	5	5
IT_11143	Dolzago	LC	NF	1
IT_11161	Ello	LC	NF	1
IT_14791	Erve	LC	5	7
IT_10708	Fabbrica Durini	CO	4	1
IT_14798	Fara Gera d'Adda	BG	5	3
IT_14803	Filago	BG	6	5
IT_11217	Galbiate	LC	5	5

Fig. 26. Estrazione dei terremoti in un raggio di 20 km da Carnate, fonte Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 - Database Macrosismico Italiano 2015 (INGV)(pag. 2/5).



ID_Evento	Comune	Provincia	Massima Intensità risentita	numero di terremoti risentiti
IT_11230	Garbagnate Monastero	LC	3	1
IT_11232	Garlate	LC	5	2
IT_13160	Gessate	MI	5	3
IT_13167	Giussano	MB	NF	1
IT_13173	Gorgonzola	MI	4	11
IT_13188	Grezzago	MI	2-3	2
IT_12900	Gropello d'Adda	MI	4	1
IT_11532	Imberido	LC	4	1
IT_11276	Imbersago	LC	4-5	3
IT_11289	Inverigo	CO	4-5	2
IT_13204	Inzago	MI	3-4	3
IT_14921	Lallio	BG	4	3
IT_11299	Lambrugo	CO	4	4
IT_13248	Lesmo	MB	3	2
IT_13275	Liscate	MI	7-8	3
IT_13279	Lissone	MB	3-4	3
IT_11328	Lomagna	LC	3	4
IT_11590	Loreto	LC	3	1
IT_11349	Lurago d'Erba	CO	4-5	4
IT_13340	Macherio	MB	D	3
IT_14946	Madone	BG	NF	1
IT_14948	Mapello	BG	5-6	4
IT_11371	Mariano Comense	CO	4	4
IT_13372	Masate	MI	3	4
IT_13384	Meda	MB	3-4	3
IT_14963	Medolago	BG	2-3	3
IT_13421	Melzo	MI	4-5	5
IT_11401	Merate	LC	4-5	10
IT_11414	Merone (Pontenuovo)	CO	NF	2
IT_13430	Mezzago	MB	3	2
IT_11442	Missaglia	LC	3-4	4
IT_11455	Molteno	LC	3	2
IT_11466	Monguzzo	CO	3	2
IT_14981	Monte Marengo	LC	4	4
IT_12620	Montesiro	MB	3	1
IT_11491	Montevecchia	LC	F	1
IT_11500	Monticello Brianza	LC	5	3
IT_13492	Monza	MB	7-8	29
IT_15001	Mozzo	BG	NF	1
IT_11522	Nibionno	LC	NF	1
IT_11535	Oggiono	LC	3	3
IT_11556	Olgiate	LC	3	1
IT_11551	Olgiate Molgora (Canova)	LC	2-3	2
IT_11566	Olginate	LC	4	2

Fig. 27. Estrazione dei terremoti in un raggio di 20 km da Carnate, fonte Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 - Database Macrosismico Italiano 2015 (INGV)(pag. 3/5).



ID_Evento	Comune	Provincia	Massima Intensità risentita	numero di terremoti risentiti
IT_13565	Ornago	MB	NF	3
IT_15044	Osio Sopra	BG	NF	2
IT_15047	Osio Sotto	BG	2-3	2
IT_10988	Osnago	LC	3	1
IT_11592	Osnago	LC	NF	1
IT_11601	Paderno d'Adda	LC	3	3
IT_13581	Paderno Dugnano	MI	5	1
IT_11403	Pagnano-Cicognola	LC	4	1
IT_15050	Paladina	BG	NF	1
IT_15065	Palazzago	BG	3-4	1
IT_10993	Paravino	LC	F	2
IT_11616	Perego	LC	3	2
IT_13635	Pessano con Bornago (Pessano)	MI	3-4	2
IT_13662	Pioltello	MI	4	4
IT_15111	Ponte San Pietro	BG	5	6
IT_15135	Pontida	BG	6	3
IT_15138	Pontirolo Nuovo	BG	NF	1
IT_13669	Pozzo d'Adda	MI	4-5	2
IT_13673	Pozzuolo Martesana	MI	3-4	3
IT_15152	Presezzo	BG	2	2
IT_14953	Prezzate	BG	3-4	1
IT_11666	Pusiano	CO	5	3
IT_13681	Renate	MB	2	2
IT_11673	Robbiate	LC	NF	1
IT_11685	Rogeno	LC	NF	1
IT_13720	Ronco Briantino	MB	3	2
IT_15209	Roncola San Bernardo	BG	3-4	2
IT_14482	Rossino	LC	4	1
IT_11698	Rovagnate	LC	3-4	3
IT_71989	Sabbio Bergamasco	BG	6	1
IT_11222	Sala al Barro	LC	5	1
IT_72224	San Genesio	LC	SF	1
IT_10888	Sant'Ambrogio	CO	4	1
IT_11729	Santa Maria Hoè	LC	3-4	4
IT_11406	Sartirana	LC	4	2
IT_13867	Segrate	MI	F	1
IT_13888	Seregno	MB	5	6
IT_13891	Sesto San Giovanni	MI	5	10
IT_13912	Seveso	MB	3-4	1
IT_11759	Sirone	LC	3-4	1
IT_11765	Sirtori	LC	NF	1
IT_15367	Solza	BG	6	2
IT_15545	Somasca	LC	5	2
IT_15382	Sotto il Monte Giovanni XXIII	BG	6	2

Fig. 28. Estrazione dei terremoti in un raggio di 20 km da Carnate, fonte Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 - Database Macrosismico Italiano 2015 (INGV)(pag. 4/5).



ID_Evento	Comune	Provincia	Massima Intensità risentita	numero di terremoti risentiti
IT_13939	Sovico	MB	4	2
IT_11789	Suello	LC	NF	1
IT_15407	Suisio	BG	6	3
IT_13942	Sulbiate (Sulbiate Inferiore)	MB	NF	2
IT_15424	Terno d'Isola	BG	3	2
IT_15441	Torre de' Busi	LC	3-4	3
IT_13674	Trecella	MI	4	1
IT_15486	Treviolo	BG	4-5	3
IT_13964	Trezzano Rosa	MI	NF	1
IT_13970	Trezzo sull'Adda	MI	NF	2
IT_13997	Triuggio	MB	3-4	1
IT_14028	Usmate Velate (Usmate)	MB	3	1
IT_15510	Valbrembo (Scano al Brembo)	BG	3-4	3
IT_15442	Valcava	LC	NF	2
IT_11832	Valgrehentino	LC	NF	2
IT_14053	Vaprio d'Adda	MI	4-5	7
IT_14062	Vedano al Lambro	MB	NF	1
IT_15542	Vercurago	LC	4	2
IT_15547	Verdellino	BG	5	3
IT_11894	Verderio (Inferiore)	LC	3	3
IT_11906	Viganò	LC	NF	2
IT_14096	Vignate	MI	NF	4
IT_15572	Villa d'Adda	BG	F	3
IT_14108	Villasanta	MB	NF	3
IT_14123	Vimercate	MB	5	9
IT_14132	Vimodrone	MI	2-3	2
IT_15548	Zingonia	BG	6	1
IT_12630	Zoccorino	MB	3	1

Fig. 29. Estrazione dei terremoti in un raggio di 20 km da Carnate, fonte Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 - Database Macrosismico Italiano 2015 (INGV)(pag. 5/5).

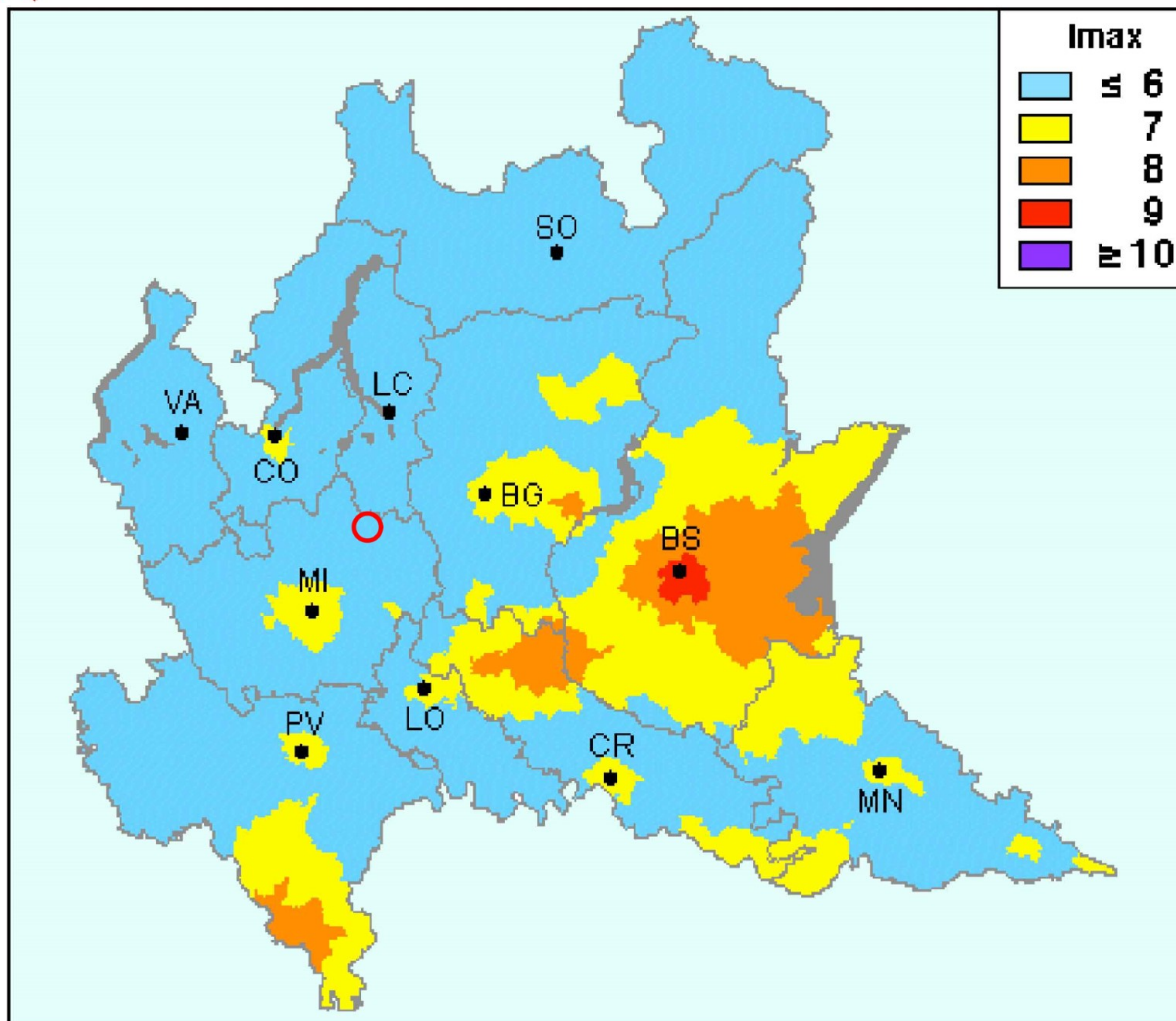


Fig. 30. Carta della Massime Intensità Macrosismiche osservate nei Comuni della Regione (Molin et al.).

Per quel che attiene all'aspetto sismotettonico, la zona in studio ricade in un ambito caratterizzato (M.S. Barbano et al., 1982) da uno spessore crostale dell'ordine dei 25÷30 Km e da una sismicità bassa. Infatti in tale porzione della Lombardia l'attività sismica è da considerarsi ovunque scarsa.

Tutto ciò trova giustificazione, dal punto di vista geologico, nella collocazione del territorio in esame all'interno di una vasta area caratterizzata da un notevole spessore di depositi alluvionali, che è stata interessata in passato da fenomeni di sollevamento modesti e pressoché continui nel Pliocene e in parte nel Pleistocene inferiore, a cui sono succeduti deboli sollevamenti (Fig. 31).

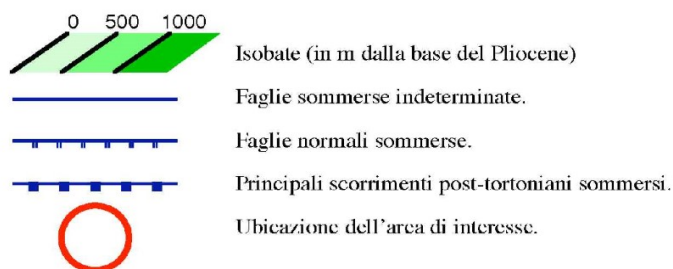
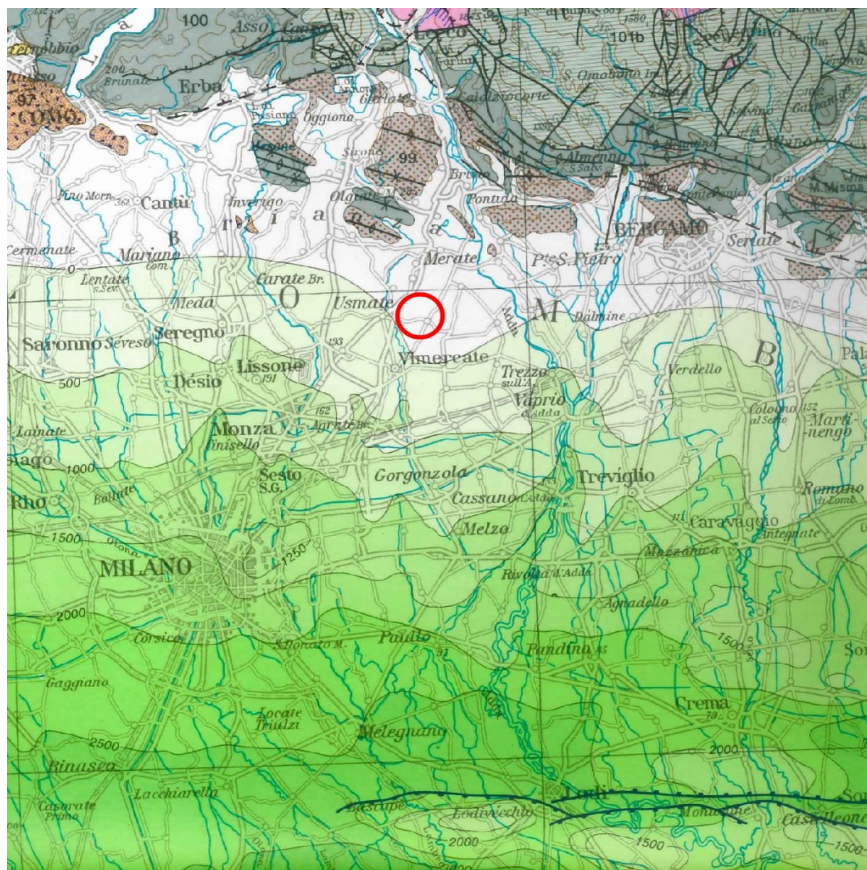
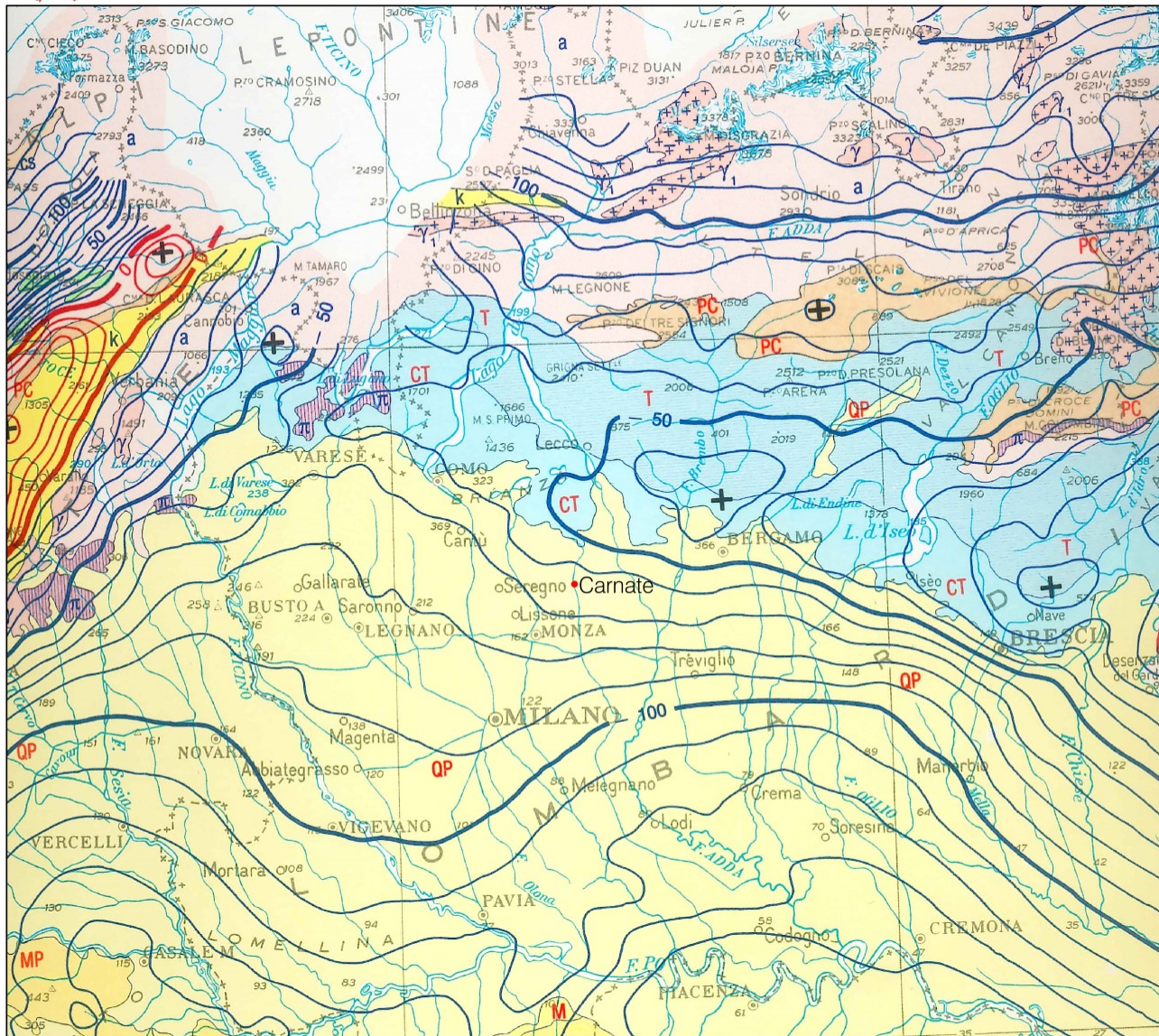


Fig. 31. Estratto del Modello Strutturale d'Italia (Barberi et al.).

Va inoltre fatto notare che l'area su cui ricade il territorio comunale, pur trovandosi a distanza piuttosto modesta rispetto a strutture sepolte della pianura o del pedemonte (Fig. 32), alcune delle quali si ritiene non abbiano ancora raggiunto un assetto tettonico definitivo, non risulta comunque direttamente interessata da alcuna di esse come osservabile anche dall'assenza di fenomeni morfologici particolari.



# Carta Gravimetrica

## ISOANOMALE DI BOUGUER

(Equidistanza: 10 mgal)

DENSITÀ DI MISURA {

- 1 staz./km<sup>2</sup> in pianura;
- 0,7 staz./km<sup>2</sup> in aree appenniniche e del mare Adriatico;
- 0,1 staz./km<sup>2</sup> in aree alpine e del mare Tirreno;

- Anomalie gravimetriche positive
- Anomalie gravimetriche negative
- Massimi gravimetrici
- Minimi gravimetrici

QUOTA DI RIFERIMENTO: livello del mare.

GRAVITÀ NORMALE = 978.049 (1 + 0,0052884 sen<sup>2</sup>φ - 0,0000059 sen<sup>2</sup>2φ) mgal.

Fig. 32. Estratto della carta Gravimetrica d'Italia (Servizio Geologico d'Italia).



## 7.3 La Pericolosità Sismica Locale

### 7.3.1 Premessa

Il Comune di Carnate, sulla base del D.M. del 5 marzo 1984 (“Dichiarazione di sismicità di alcune zone della Regione Lombardia”), riguardante l’aggiornamento delle zone sismiche della regione, non rientrava tra i comuni lombardi classificati come sismici e quindi assoggettati (ai sensi della L. n° 64/74) alla specifica normativa nazionale emanata in merito alle norme tecniche relative alle costruzioni sismiche (D.M. 3 marzo 1975, D.M. 3 giugno 1981, D.M. 19 giugno 1984, D.M. 29 gennaio 1985, D.M. 26 gennaio 1986 e D.M. 16 gennaio 1996).

In funzione dell’Ordinanza 3274/2003 e conseguente d.g.r. n. 7/14964 di recepimento, il Comune di Carnate ricadeva in zona sismica 4, definita come “bassa sismicità”.

A seguito dell’aggiornamento normativo della Regione Lombardia introdotto con la d.g.r. 2129/2014 **il territorio Comunale di Carnate è stato riclassificato e ricompreso nella zona 3.**

ELENCO DEI COMUNI CON INDICAZIONE DELLE RELATIVE ZONE SISMICHE E DELL’ACCELERAZIONE MASSIMA (AGMAX) PRESENTE ALL’INTERNO DEL TERRITORIO COMUNALE (O.P.C.M. 3519/06 E DECRETO MIN. INFRASTRUTTURE 14/01/08)

ISTAT	Provincia	Comune	Zona Sismica	AgMax
03108016	MB	CARNATE	3	0,065602

L’area d’interesse, è classificata a rischio sismico medio-basso (**zona 3**). L’accelerazione orizzontale prevista su suolo rigido ( $V_s > 800$  m/s) è di  $Ag_{max} = 0,065602g$ .

Come contemplato dalla citata d.g.r. n.9/2616 del 30/11/2011, si è quindi provveduto ad analizzare le problematiche inerenti la sismicità locale ed a predisporre la Carta della Pericolosità Sismica Locale, con alcuni approfondimenti di secondo livello in aree selezionate.

### 7.3.2 Analisi e valutazione degli effetti di sito finalizzati alla definizione dell’aspetto sismico nei Piani di Governo del Territorio (d.g.r. 30 novembre 2011, n.9/2616)

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{VR}$ , nel periodo di riferimento  $V_R$ . In alternativa è ammesso l’uso di





accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica locale dell'area della costruzione.

Effetti di sito o di amplificazione sismica locale: interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese; tali effetti sono rappresentati dall'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico (terremoto di riferimento), relativo ad una formazione rocciosa di base (bedrock), può subire, durante l'attraversamento degli strati di terreno sovrastanti il bedrock, a causa dell'interazione delle onde sismiche con le particolari condizioni locali.

Tali effetti si distinguono in due gruppi che possono essere contemporaneamente presenti nello stesso sito:

- **gli effetti di amplificazione topografica** si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie superficiali più o meno articolate e da irregolarità topografiche in generale; tali condizioni favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta del rilievo a seguito di fenomeni di riflessione sulla superficie libera e di interazione fra il campo d'onda incidente e quello diffratto; se l'irregolarità topografica è rappresentata da substrato roccioso (bedrock) si verifica un puro effetto di amplificazione topografica, mentre nel caso di rilievi costituiti da materiali non rocciosi l'effetto amplificatorio e la risultante dell'interazione (difficilmente separabile) tra l'effetto topografico e quello litologico;
- **gli effetti di amplificazione litologica** si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie sepolte (bacini sedimentari, chiusure laterali, corpi lenticolari, eteropie ed interdigitazioni, gradini di faglia ecc.) e da particolari profili stratigrafici costituiti da litologie con determinate proprietà meccaniche; tali condizioni possono generare esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno, fenomeni di risonanza fra onda sismica incidente e modi di vibrare del terreno e fenomeni di doppia risonanza fra periodo fondamentale del moto sismico incidente e modi di vibrare del terreno e della sovrastruttura.

Gli effetti di instabilità: interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento instabile o potenzialmente instabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese e sono rappresentati in generale da fenomeni di instabilità consistenti in veri e propri collassi e talora movimenti di grandi masse di terreno incompatibili con la stabilità delle strutture; tali instabilità sono rappresentate da fenomeni diversi a seconda delle condizioni presenti nel sito.

Nel caso di versanti in equilibrio precario (in materiale sciolto in roccia) si possono avere fenomeni di riattivazione o neoformazione di movimenti franosi (crolli, scivolamenti rotazionali e/o traslazionali e



colamenti), per cui il sisma rappresenta un fattore d'innescio del movimento sia direttamente a causa dell'accelerazione esercitata sul suolo sia indirettamente a causa dell'aumento delle pressioni interstiziali.

Nel caso di aree interessate da particolari strutture geologiche sepolte e/o affioranti in superficie tipo contatti stratigrafici o tettonici quali faglie sismogenetiche si possono verificare movimenti relativi verticali e orizzontali tra diversi settori areali che conducono a scorrimenti e cedimenti differenziali interessanti le sovrastrutture.

Nel caso di terreni particolarmente scadenti dal punto di vista delle proprietà fisico-meccaniche si possono verificare fenomeni di scivolamento e rottura connessi a deformazioni permanenti del suolo; per terreni granulari sopra falda sono possibili cedimenti a causa di fenomeni di densificazione ed addensamento del materiale, mentre per terreni granulari fini (sabbiosi) saturi di acqua sono possibili fluimenti e colamenti parziali o generalizzati a causa dei fenomeni di liquefazione.

Nel caso di siti interessati da carsismo sotterraneo o da particolari strutture vucolari presenti nel sottosuolo si possono verificare fenomeni di subsidenza più o meno accentuati in relazione al crollo parziale o totale di cavità sotterranee.

#### **7.3.2.1 Stati limite e relative probabilità di superamento**

Nei confronti delle azioni sismiche, sia gli Stati limite di esercizio (SLE) che gli Stati limite ultimi (SLU) sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli Stati limite di esercizio (SLE) comprendono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti in relazione alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali e orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli Stati limite ultimi (SLU) comprendono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali



cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella tabella seguente:

**Tab. 3.2.I – Probabilità di superamento  $P_{VR}$  in funzione dello stato limite considerato**

Stati Limite	$P_{VR}$ : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

### 7.3.2.2 Categorie di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi (modalità indicate nel § 7.11.3 – NTC2018). In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie di seguito definite, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_s$ . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità  $V_s$  per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo (§ 6.2.2 – NTC 2018).

I valori di  $V_s$  sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche per i terreni a grana fine.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:



$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad [3.2.1]$$

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

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

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

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono:

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

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

Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definibili come descritto al § 3.2.3 delle norme. Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.



### 7.3.2.3 Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Le categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

### 7.3.2.4 Procedure per l'analisi della sismicità del territorio e la redazione della carta della pericolosità sismica locale

La metodologia utilizzata si fonda sull'analisi di indagini dirette e prove sperimentali effettuate su alcune aree campione della Regione Lombardia, i cui risultati sono contenuti in uno «Studio-Pilota» redatto dal Politecnico di Milano - Dip. di Ingegneria Strutturale, reso disponibile sul SIT regionale.

Tale metodologia prevede tre livelli di approfondimento, di seguito sintetizzati:

**1° Livello:** riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche (cartografia di inquadramento), sia di dati esistenti. Questo livello, obbligatorio per tutti i Comuni, prevede la redazione della Carta della pericolosità sismica locale, nella quale deve essere riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo.

**2° Livello:** caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi nelle aree perimetrate nella carta di pericolosità sismica locale, che fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di Amplificazione (Fa).

Fa di soglia				
Intervallo	Suolo B	Suolo C	Suolo D	Suolo E
0.1-0.5 s	1.4	1.8	2.2	2.0
0.5-1.5 s	1.7	2.4	4.2	3.1



L'applicazione del 2° livello consente l'individuazione delle aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale ( $F_a$  calcolato superiore a  $F_a$  di soglia comunali forniti dal Politecnico di Milano).

Per queste aree si dovrà procedere alle indagini ed agli approfondimenti di 3° livello o, in alternativa, utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore e, con il seguente schema:

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

**Il secondo livello è obbligatorio per i Comuni ricadenti nelle zone sismiche 2 e 3**, nelle aree PSL, individuate attraverso il 1° livello, suscettibili di amplificazioni sismiche morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4 della Tabella 1 dell'Allegato 5) e interferenti con l'urbanizzato c/o con le aree di espansione urbanistica.

Per le aree a pericolosità sismica locale caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione e per le zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico meccaniche molto diverse (zone Z1, Z2a/b e Z5 della Tabella 1 dell'Allegato 5) non è prevista l'applicazione degli studi di 2° livello, ma il passaggio diretto a quelli di 3° livello, come specificato al punto successivo.

**3° Livello:** definizione degli effetti di amplificazioni tramite indagini e analisi più approfondite. Al fine di poter effettuare le analisi di 3° livello Regione Lombardia ha predisposto due banche dati, rese disponibili sul SIT regionale.

Tale livello si applica in fase progettuale nei seguenti casi:

- quando, a seguito dell'applicazione del 2° livello, si dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale all'interno degli scenari PSL caratterizzati da effetti di amplificazioni morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4 della Tabella 1 dell'Allegato 5);
- in presenza di aree caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti c/o liquefazione e zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico meccaniche molto diverse (zone Z1, Z2a/b e Z5).

Il 3° livello è obbligatorio nel caso in cui si stiano progettando costruzioni il cui uso prevede affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, sociali essenziali.



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

Tale sovrapposizione non comporta quindi un automatico cambio di classe di fattibilità ma fornisce indicazioni su dove poter utilizzare, in fase di progettazione, lo spettro di risposta elastico previsto dalla normativa, oppure dove sia necessario realizzare preventivamente gli studi di 3° livello, fermo restando la possibilità di utilizzare i parametri di progetto previsti dalla normativa nazionale per la zona sismica superiore.

### 7.3.2.5 Sintesi delle procedure

La tabella sotto riportata illustra in modo sintetico e esemplificativo, i percorsi da seguire, gli adempimenti e le tempistiche in funzione della zona sismica di appartenenza e del livello di approfondimento richiesto:

	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1° livello fase pianificatoria	2° livello fase pianificatoria	3° livello fase progettuale
Zona sismica 2-3	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	- Nelle aree indagate con il 2° livello quando $F_a$ calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1e Z2.

### 7.3.3 Valutazione della Pericolosità Sismica Locale del Comune di Carnate - (1° Livello)

La normativa regionale, prevede per tutti i Comuni, la redazione della Carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL). Nella carta deve essere riportata la perimetrazione areale degli scenari di pericolosità secondo quanto stabilito dalla normativa regionale.

Dal punto di vista geologico il territorio comunale di Carnate è caratterizzato dalla presenza di depositi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi di origine fluvio-glaciale. La successione ghiaioso-sabbiosa è ricoperta al tetto, da una spessa (circa 10 m) coltre di depositi sabbiosi.

Dall'esame della **Tav. 6** (Fig. 33) si possono evidenziare i seguenti aspetti:

- gran parte del territorio comunale è classificato con la sigla **Z4a** "Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi";
- un settore posto lateralmente alla valle del T. Molgora è classificato con la sigla **Z4d** "Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine elluvio-colluviale";







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

#### 7.3.4 Caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi (Fa) – (2° Livello)

L'analisi di 2° livello prevede un approccio di tipo semi-quantitativo e fornisce una stima del valore del **Fattore di amplificazione (Fa)** dell'area. Il valore di Fa si riferisce agli intervalli di periodo tra 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s: i due intervalli di periodo nei quali viene calcolato il valore di Fa sono stati scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale, in particolare:

- l'intervallo tra 0.1-0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide;
- l'intervallo tra 0.5-1.5 s si riferisce a strutture più alte più flessibili.

La procedura semplificata richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- litologia prevalente dei materiali presenti nel sito;
- stratigrafia del sito;
- andamento della Vs con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s;
- spessore e velocità di ciascun strato.

Sulla base di intervalli indicativi di alcuni parametri geotecnici, quali curva granulometrica, parametri indice, numero di colpi delle prove SPT, si individua la litologia prevalente presente nel sito e per questa si sceglie la relativa scheda di valutazione di riferimento.

Attualmente sono disponibili:

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



Una volta individuata la scheda di riferimento è necessario verificarne la validità in base all'andamento dei valori di  $V_s$  con la profondità; in particolare si dovrà verificare l'andamento della  $V_s$  con la profondità partendo dalla scheda tipo 1, nel caso in cui non fosse verificata la validità per valori di  $V_s$  inferiori ai 800 m/s si passerà all'utilizzo della scheda tipo 2. Nel caso di presenza di alternanze litologiche, che non presentano inversioni di velocità con la profondità, si potranno utilizzare le schede a disposizione solo se l'andamento dei valori di  $V_s$  con la profondità, nel caso da esaminare, risulta compatibile con le schede proposte. All'interno della scheda di valutazione si seleziona, in funzione della profondità e della velocità  $V_s$  dello strato superficiale, la curva più appropriata (indicate con il numero e il colore di riferimento) per la valutazione del valore di  $F_a$  nell'intervallo 0.1-0.5 s (curva 1, curva 2 e curva 3 e relative formule) e nell'intervallo 0.5-1.5 s (unica curva e relativa formula), in base al valore del periodo proprio del sito  $T$ .

Il periodo proprio del sito  $T$  necessario per l'utilizzo della scheda di valutazione è calcolato considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità  $V_s$  è uguale o superiore a 800 m/s.

#### 7.3.4.1 Indagini geofisiche per la ricostruzione del profilo $V_s$

Per una valutazione delle tipologie dei terreni di fondazione come definito dal D.M 17/01/2018 "Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»" sono state realizzate una serie di misure sismiche passive e attive (Re.Mi. e MASW, es. Fig. 34), i cui esiti e ubicazioni sono evidenziati nelle figure seguenti (da Fig. 35 a Fig. 38).

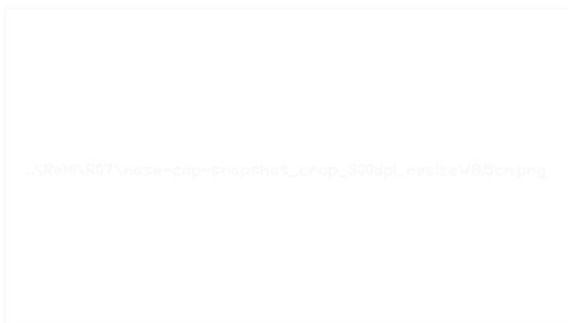


Fig. 34. Stendimento sismico per la prova ReMi/MASW sul sito d'indagine R3.

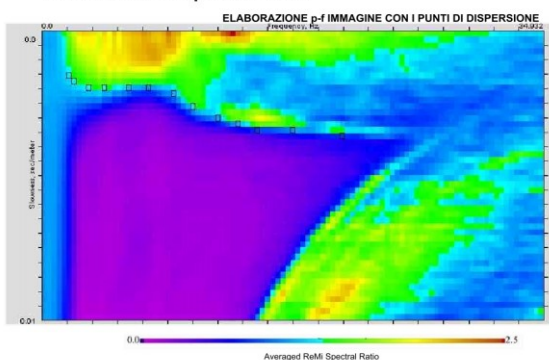


### Prova Re.Mi. – R1

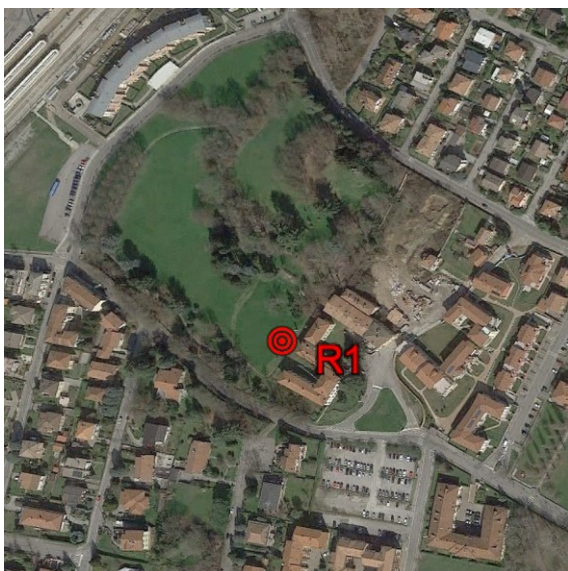
#### PROVA MASW - Spettro medio



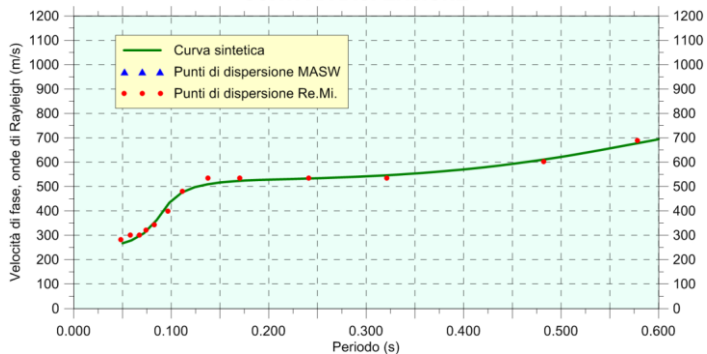
#### PROVA REMI - Spettro medio



#### Ubicazione prova



#### CURVA DI DISPERSIONE



#### PROFILO VELOCITÀ Vs

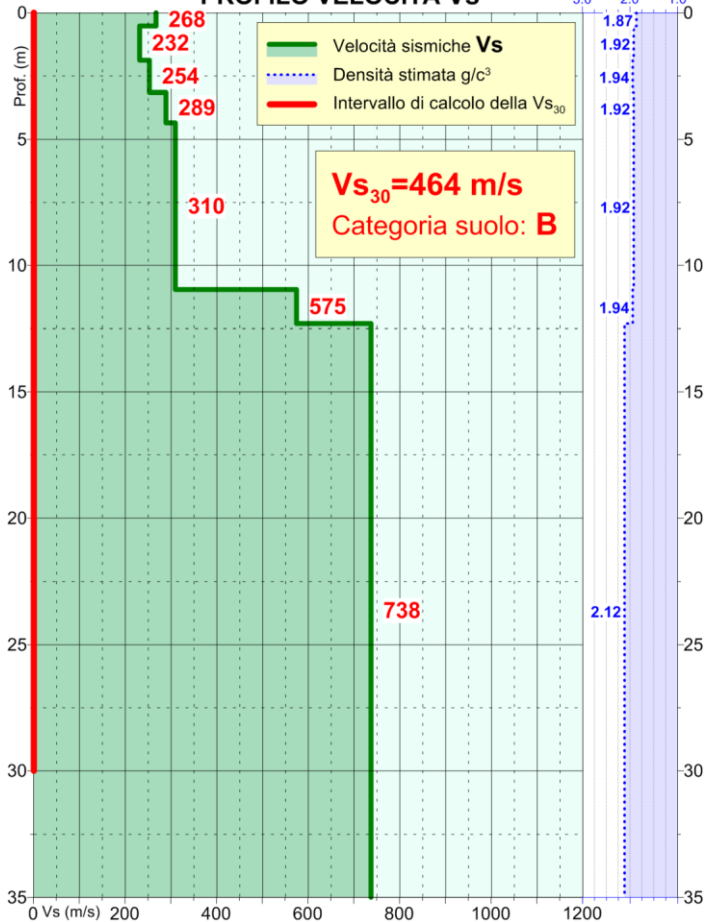
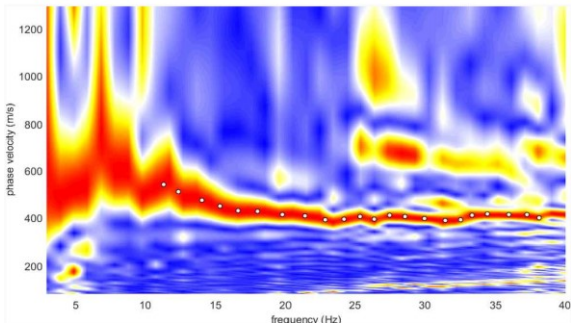


Fig. 35. Scheda prova sismica ReMi R1.

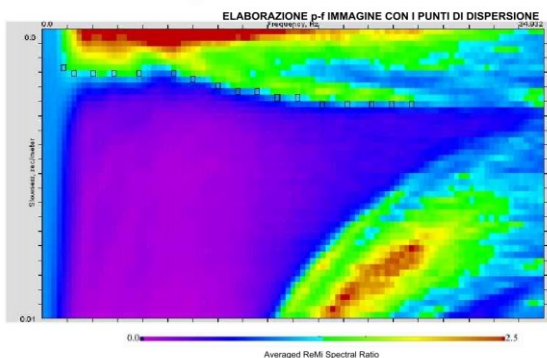


### Prova Masw/Re.Mi. – R2

#### PROVA MASW - Spettro medio



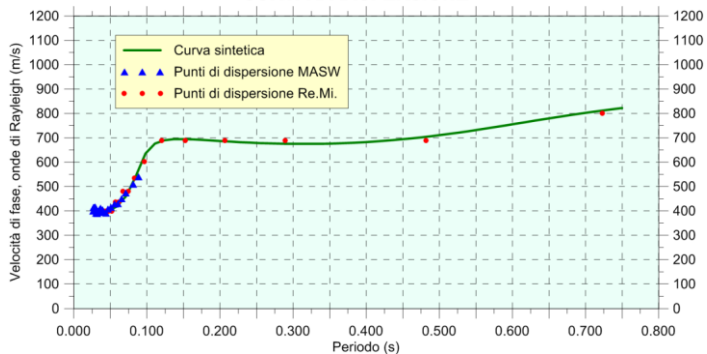
#### PROVA REMI - Spettro medio



#### Ubicazione prova



#### CURVA DI DISPERSIONE



#### PROFILO VELOCITÀ Vs

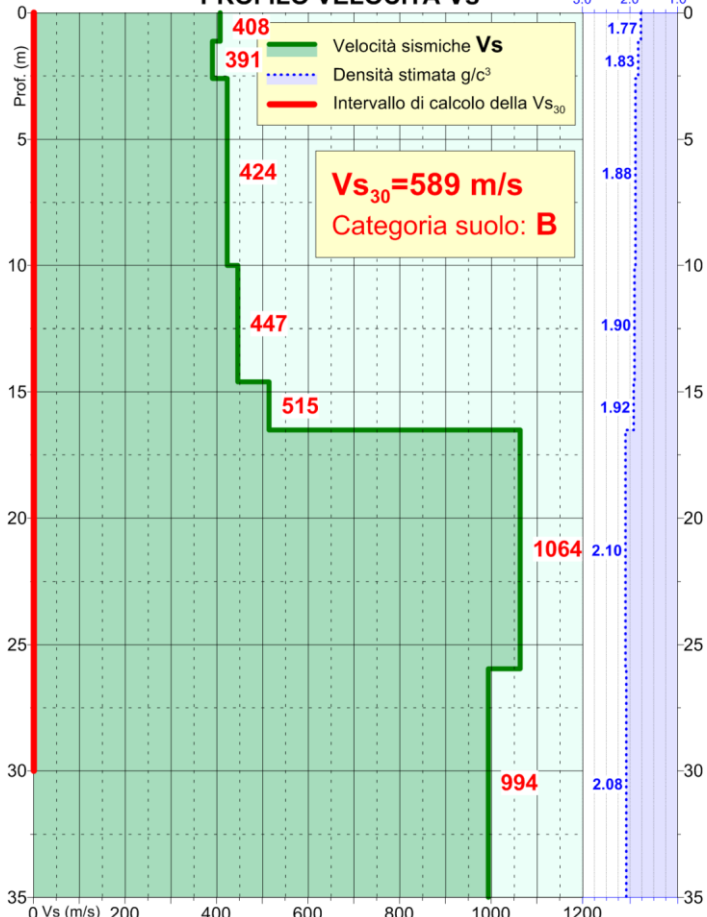
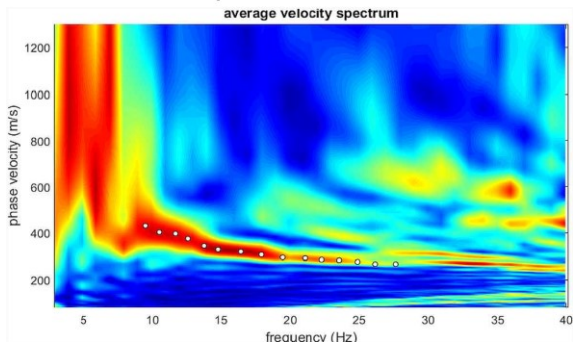


Fig. 36. Scheda prova sismica Remi/MASW R2.

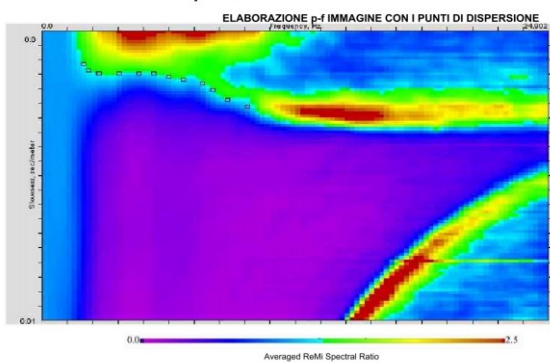


### Prova Masw/Re.Mi. – R3

#### PROVA MASW - Spettro medio



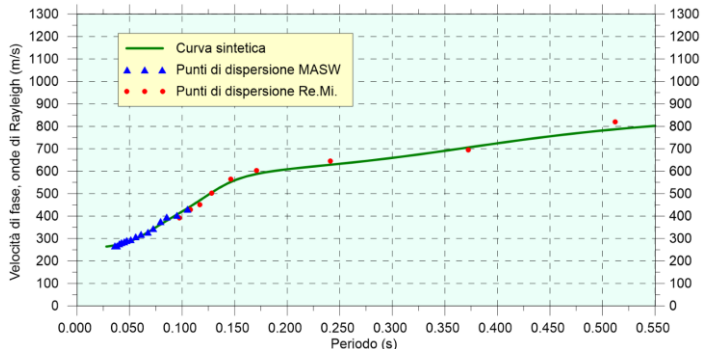
#### PROVA REMI - Spettro medio



#### Ubicazione prova



#### CURVA DI DISPERSIONE



#### PROFILO VELOCITÀ Vs

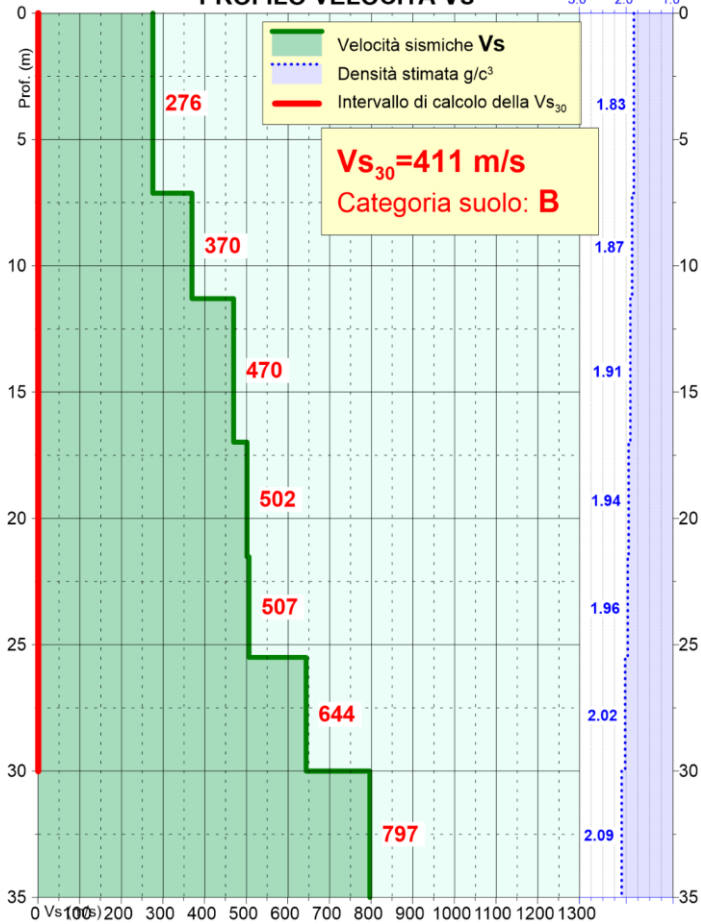
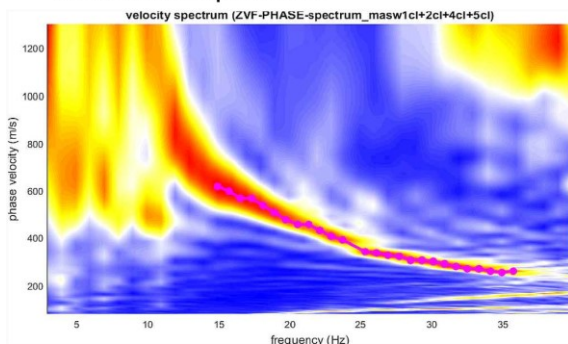


Fig. 37. Scheda prova sismica Remi/MASW R3.

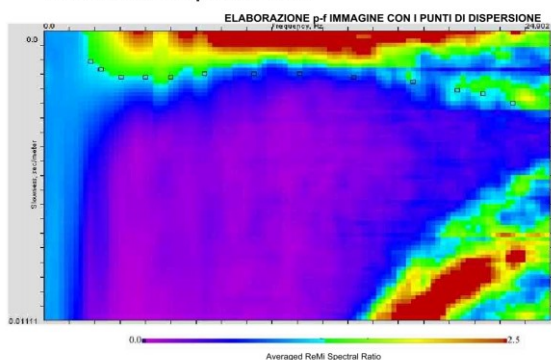


### Prova Masw/Re.Mi. – R4

#### PROVA MASW - Spettro medio



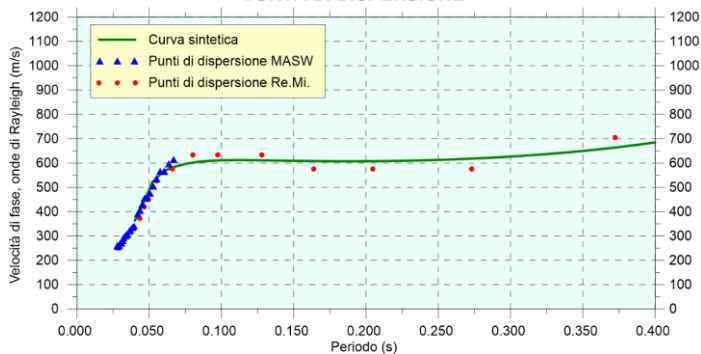
#### PROVA REMI - Spettro medio



#### Ubicazione prova



#### CURVA DI DISPERSIONE



#### PROFILO VELOCITÀ Vs

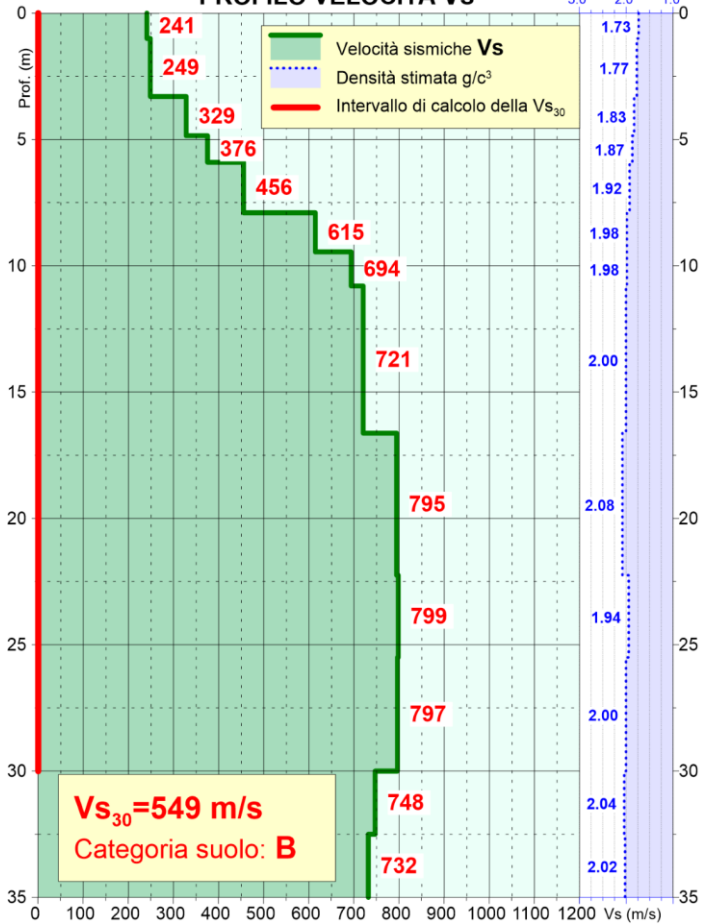


Fig. 38. Scheda prova sismica Remi/MASW R4.



### 7.3.4.2 Stima del fattore di amplificazione

Per valutare il fattore di amplificazione in base alla normativa regionale il profilo di velocità delle “onde S” ottenuto è confrontato con quelli relativi alle singole schede litologiche di riferimento (da Fig. 39 a Fig. 42).

In base sia a criteri litologici che al profilo di velocità delle “onde S”, per il calcolo dell’amplificazione è stata scelta la scheda sabbiosa, l’unica che ricomprende l’intero profilo Vs nel campo di validità.

Per ogni punto di misura è stata definita la profondità del Bedrock sismico e assegnata una categoria di suolo da verificare.

Il periodo proprio del sito è stato calcolato a partire dal profilo delle velocità  $V_s$  ricostruito mediante le prove ReMi-MASW.

Punto di misura	Prof. Bedrock sismico	Periodo T di sito	Categoria di suolo assegnata e da verificare
R1	163 m	1.02 s	B
R2	163 m	0.89 s	B
R3	111 m	0.65 s	B
R4	148 m	0.86 s	B

All’interno delle schede di valutazione, in base alla velocità degli strati superficiali, per tutti i punti è stata scelta la curva 2. I fattori di amplificazione calcolati sono stati confrontati con i valori soglia calcolati per il Comune dalla Regione Lombardia.

Punto di misura	Suolo da verificare	Periodo tra 0.1 e 0.5 s		Periodo tra 0.5 e 1.5 s	
		Calcolato	Soglia	Calcolato	Soglia
R1	B	1.00	1.44 (+0.1)	1.72	1.71 (+0.1)
R2	B	1.00	1.44 (+0.1)	1.80	1.71 (+0.1)
R3	B	1.21	1.44 (+0.1)	1.98	1.71 (+0.1)
R4	B	1.00	1.44 (+0.1)	1.82	1.71 (+0.1)



Dai risultati delle elaborazioni si può evidenziare che:

- Il valore del fattore di amplificazione calcolato per il periodo 0.1-0.5 s è **sempre inferiore al valore soglia** in tutti i punti di verifica e quindi la normativa nazionale è da ritenersi applicabile senza operare un declassamento della categoria di suolo;
- Il valore del fattore di amplificazione calcolato per il periodo 0.5-1.5 s (riferibile a strutture alte e più flessibili) è inferiore al valore soglia in tutti i punti di verifica ad eccezione dei punti R3 e R4:
  - o nei punti R1 e R2 la normativa nazionale è da ritenersi formalmente applicabile senza operare un declassamento della categoria di suolo. Occorre tuttavia osservare che in entrambi i punti il valore del fattore di amplificazione calcolato è inferiore al valore soglia solo applicando la tolleranza di +0.1; si raccomanda perciò particolare attenzione in tale aree e si segnala l'opportunità di ulteriori puntuali e specifiche valutazioni in occasione di interventi edilizi che riguardino tale tipologie di costruzioni, fino alla realizzazione di eventuali studi di terzo livello o declassamento della categoria del suolo;
  - o nei punti R3 e R4 la normativa nazionale NON è da ritenersi applicabile utilizzando un suolo di tipo B; si è quindi provveduto ad effettuare la verifica declassando il suolo da B a C, ottenendo in questo modo la compatibilità con la normativa nazionale per la categoria di suolo C (tabella seguente) per il periodo 0.5-1.5 s.

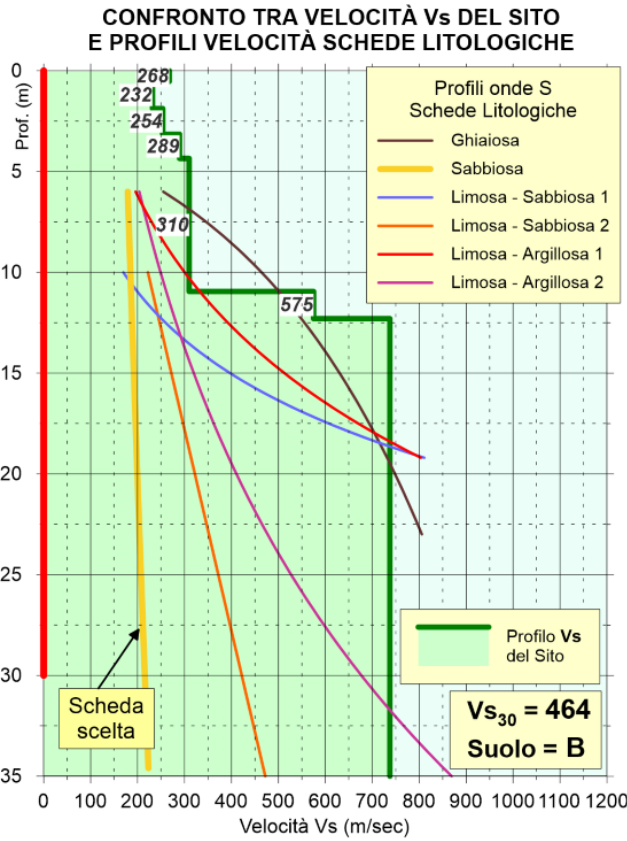
Punto di misura	Suolo da verificare	Periodo tra 0.1 e 0.5 s		Periodo tra 0.5 e 1.5 s	
		Calcolato	Soglia	Calcolato	Soglia
R3	<b>C</b>			1.98	2.51 (+0.1)
R4	<b>C</b>			1.82	2.51 (+0.1)



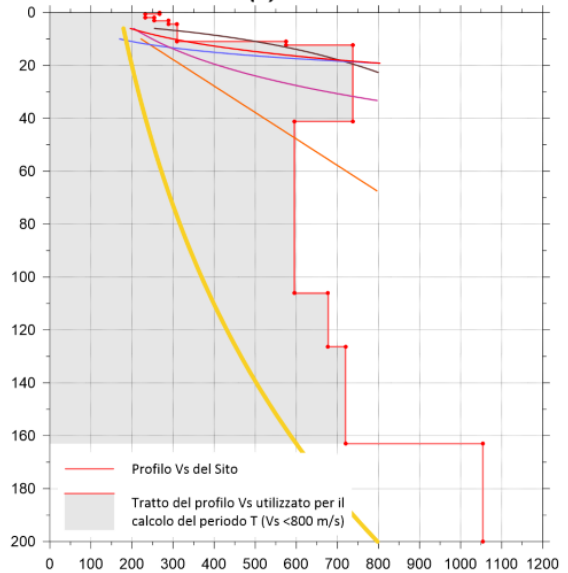
**CALCOLO DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE**  
 Comune di Riferimento: **CARNATE**

**R1**

**SCHEDA LITOLOGIA SABBIOSA**



**CALCOLO DEL PERIODO PROPRIO DEL SITO**  
 $T(s) = 1.02$



**SELEZIONE CURVA DI AMPLIFICAZIONE**  
 (In funzione della profondità e velocità  $V_s$  dello strato superficiale)

Profondità primo strato (m)	1-3	4	5-12	13	14	15	16	17	18	20	25	30	40	50	60	70	90	110	130	140	160	180	
200	2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
250	2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
300	2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
350	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
400	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
450	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
500	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
600	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
700	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

**CURVE DI AMPLIFICAZIONE DI STRUTTURE CON PERIODO PROPRIO COMPRESO TRA  $F_a$  0.1 e 0.5**

Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico	Tratto rettilineo
1	$0.03 \leq T \leq 0.50$ $F_{a(0.1-0.5)} = -12.21 T^2 + 7.79 T + 0.76$	$0.50 < T \leq 1.00$ $F_{a(0.1-0.5)} = 1.01 - 0.94 \ln T$	$T > 1.00$ $F_{a(0.1-0.5)} = 1.00$
2	$0.03 \leq T \leq 0.45$ $F_{a(0.1-0.5)} = -8.65 T^2 + 5.44 T + 0.94$	$0.45 < T \leq 0.80$ $F_{a(0.1-0.5)} = 0.83 - 0.88 \ln T$	$T > 0.80$ $F_{a(0.1-0.5)} = 1.00$
3	$0.03 \leq T \leq 0.40$ $F_{a(0.1-0.5)} = -9.68 T^2 + 4.77 T + 0.86$	$0.50 < T \leq 0.55$ $F_{a(0.1-0.5)} = 0.62 - 0.65 \ln T$	$T > 0.55$ $F_{a(0.1-0.5)} = 1.00$

**CURVA DI AMPLIFICAZIONE DI STRUTTURE CON PERIODO PROPRIO COMPRESO TRA  $F_a$  0.5 e 1.5**

Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.08 \leq T \leq 1.80$ $F_{a(0.5-1.5)} = 0.57 T^2 - 2.18 T^2 + 2.38 T + 0.81$	$0.80 \leq T \leq 1.80$ $F_{a(0.5-1.5)} = 1.73 - 0.61 \ln T$
2	$0.08 \leq T < 0.80$ $F_{a(0.5-1.5)} = -6.11 T^2 + 5.79 T^2 + 0.44 T + 0.93$	
3		

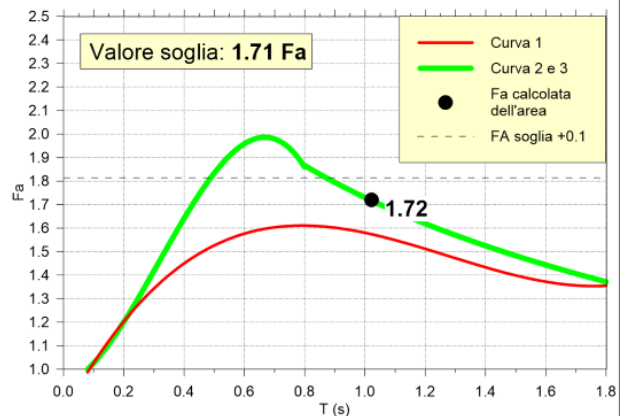
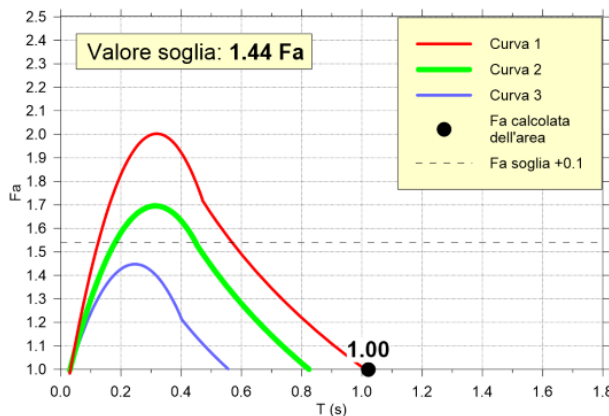


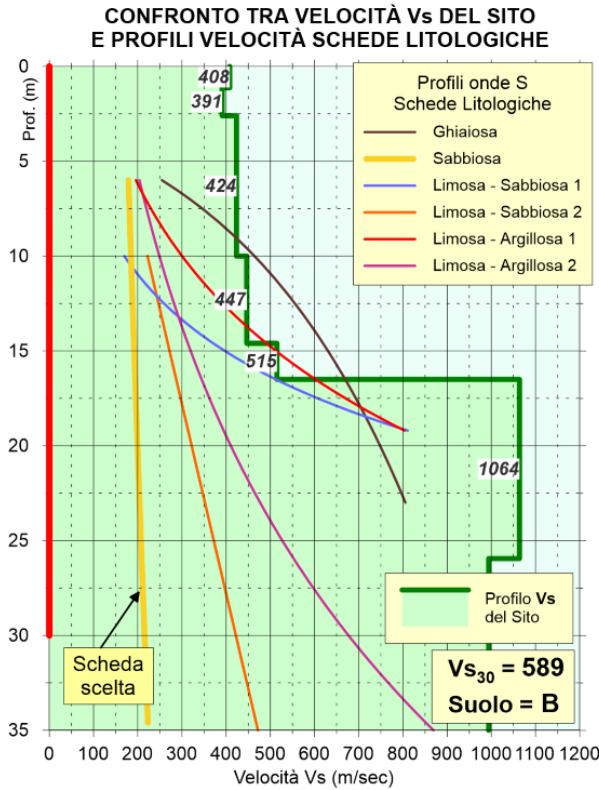
Fig. 39. Scheda litologica per il punto di prova R1.



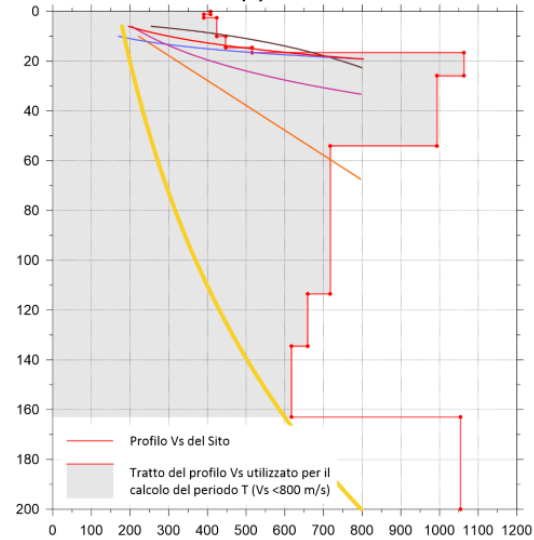
**CALCOLO DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE**  
 Comune di Riferimento: **CARNATE**

**R2**

**SCHEDA LITOLOGIA SABBIOSA**



**CALCOLO DEL PERIODO PROPRIO DEL SITO**  
 $T(s) = 0.89$



**SELEZIONE CURVA DI AMPLIFICAZIONE**  
 (In funzione della profondità e velocità  $V_s$  dello strato superficiale)

Profondità primo strato (m)

	1-3	4	5-12	13	14	15	16	17	18	20	25	30	40	50	60	70	90	110	130	140	160	180	
200	2	1,2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
250	2	1,2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
300	2	1,2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
350	2	1,2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
400	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
450	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
500	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
600	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
700	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

**CURVE DI AMPLIFICAZIONE DI STRUTTURE CON PERIODO PROPRIO COMPRESO TRA  $F_a$  0.1 e 0.5**

Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico	Tratto rettilineo
1	$0.03 \leq T \leq 0.50$ $F_{a_{0.1-0.5}} = -12.21 T^2 + 7.79 T + 0.76$	$0.50 < T \leq 1.00$ $F_{a_{0.1-0.5}} = 1.01 - 0.94 \ln T$	$T > 1.00$ $F_{a_{0.1-0.5}} = 1.00$
2	$0.03 \leq T \leq 0.45$ $F_{a_{0.1-0.5}} = -8.65 T^2 + 5.44 T + 0.84$	$0.45 < T \leq 0.80$ $F_{a_{0.1-0.5}} = 0.83 - 0.88 \ln T$	$T > 0.80$ $F_{a_{0.1-0.5}} = 1.00$
3	$0.03 \leq T \leq 0.40$ $F_{a_{0.1-0.5}} = -9.68 T^2 + 4.77 T + 0.86$	$0.50 < T \leq 0.55$ $F_{a_{0.1-0.5}} = 0.62 - 0.65 \ln T$	$T > 0.55$ $F_{a_{0.1-0.5}} = 1.00$

**CURVA DI AMPLIFICAZIONE DI STRUTTURE CON PERIODO PROPRIO COMPRESO TRA  $F_a$  0.5 e 1.5**

Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.08 \leq T \leq 1.80$ $F_{a_{0.5-1.5}} = 0.57 T^3 - 2.18 T^2 + 2.38 T + 0.81$	
2	$0.08 \leq T < 0.80$ $F_{a_{0.5-1.5}} = -6.11 T^3 + 5.79 T^2 + 0.44 T + 0.93$	$0.80 \leq T \leq 1.80$ $F_{a_{0.5-1.5}} = 1.73 - 0.61 \ln T$
3		

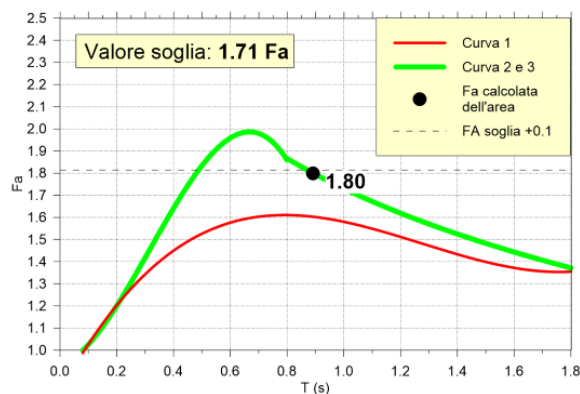
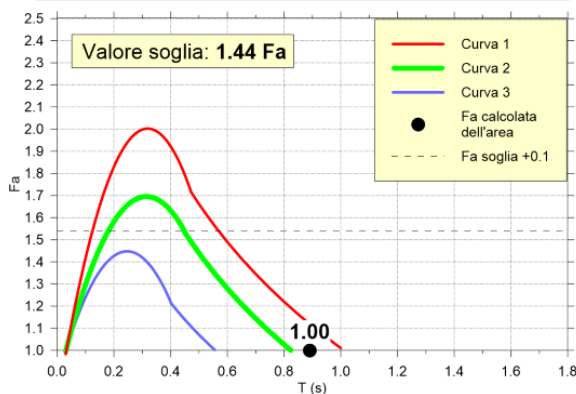


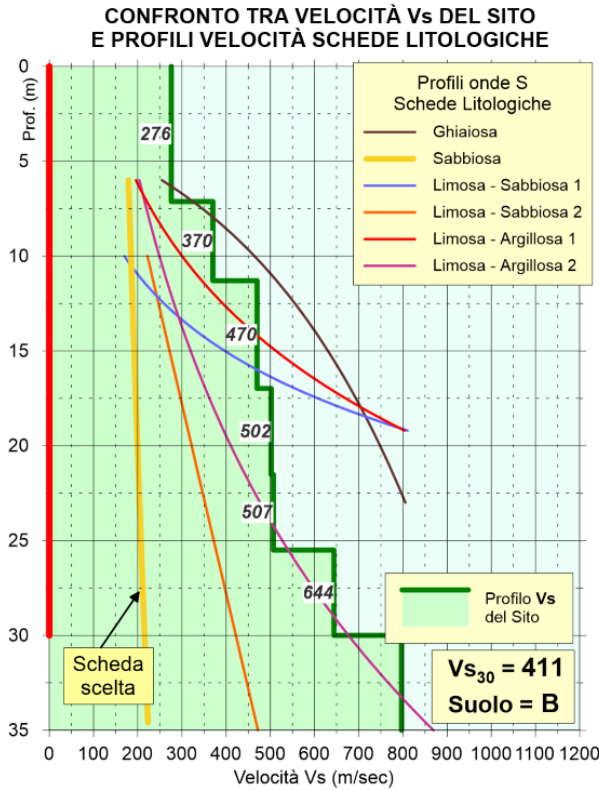
Fig. 40. Scheda litologica per il punto di prova R2.



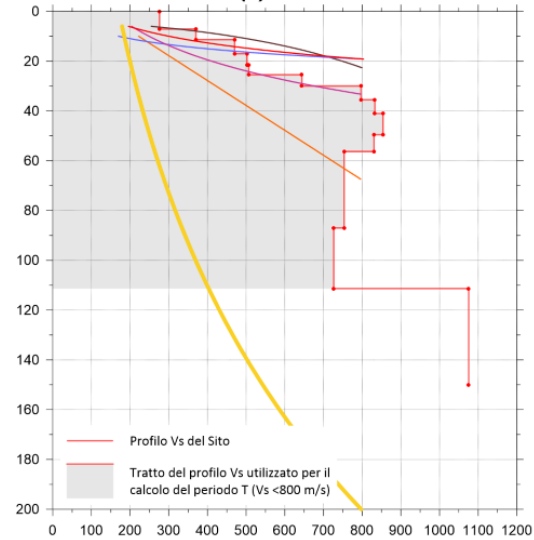
**CALCOLO DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE**  
 Comune di Riferimento: **CARNATE**

**R3**

**SCHEDA LITOLOGIA SABBIOSA**



**CALCOLO DEL PERIODO PROPRIO DEL SITO**  
 $T(s) = 0.65$



**SELEZIONE CURVA DI AMPLIFICAZIONE**  
 (In funzione della profondità e velocità  $V_s$  dello strato superficiale)

Profondità primo strato (m)	Velocità primo strato (m/s)																					
	1-3	4	5-12	13	14	15	16	17	18	20	25	30	40	50	60	70	90	110	130	140	160	180
200	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
250	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
300	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
350	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
400	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
450	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
500	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
600	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
700	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

**CURVE DI AMPLIFICAZIONE DI STRUTTURE CON PERIODO PROPRIO COMPRESO TRA  $F_a$  0.1 e 0.5**

Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico	Tratto rettilineo
1	$0.03 \leq T \leq 0.50$ $F_{a_{0.1-0.5}} = -12.21 T^2 + 7.79 T + 0.76$	$0.50 < T \leq 1.00$ $F_{a_{0.1-0.5}} = 1.01 - 0.94 \ln T$	$T > 1.00$ $F_{a_{0.1-0.5}} = 1.00$
2	$0.03 \leq T \leq 0.45$ $F_{a_{0.1-0.5}} = -8.65 T^2 + 5.44 T + 0.84$	$0.45 < T \leq 0.80$ $F_{a_{0.1-0.5}} = 0.83 - 0.88 \ln T$	$T > 0.80$ $F_{a_{0.1-0.5}} = 1.00$
3	$0.03 \leq T \leq 0.40$ $F_{a_{0.1-0.5}} = -9.68 T^2 + 4.77 T + 0.86$	$0.50 < T \leq 0.55$ $F_{a_{0.1-0.5}} = 0.62 - 0.65 \ln T$	$T > 0.55$ $F_{a_{0.1-0.5}} = 1.00$

**CURVA DI AMPLIFICAZIONE DI STRUTTURE CON PERIODO PROPRIO COMPRESO TRA  $F_a$  0.5 e 1.5**

Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.08 \leq T \leq 1.80$ $F_{a_{0.5-1.5}} = 0.57 T^3 - 2.18 T^2 + 2.38 T + 0.81$	
2	$0.08 \leq T < 0.80$ $F_{a_{0.5-1.5}} = -6.11 T^3 + 5.79 T^2 + 0.44 T + 0.93$	$0.80 \leq T \leq 1.80$ $F_{a_{0.5-1.5}} = 1.73 - 0.61 \ln T$
3		

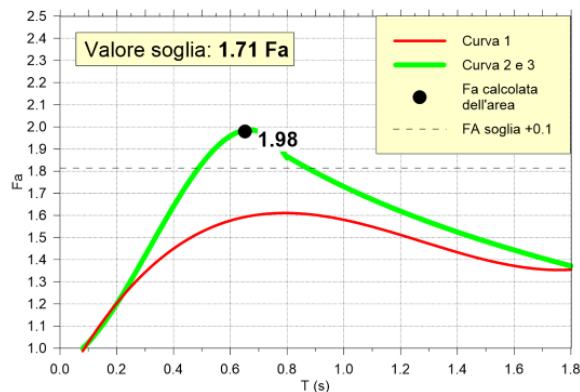
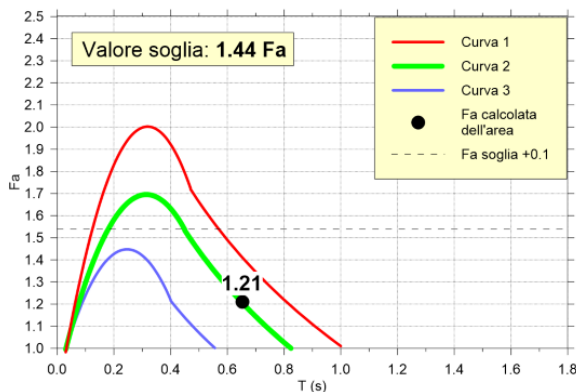


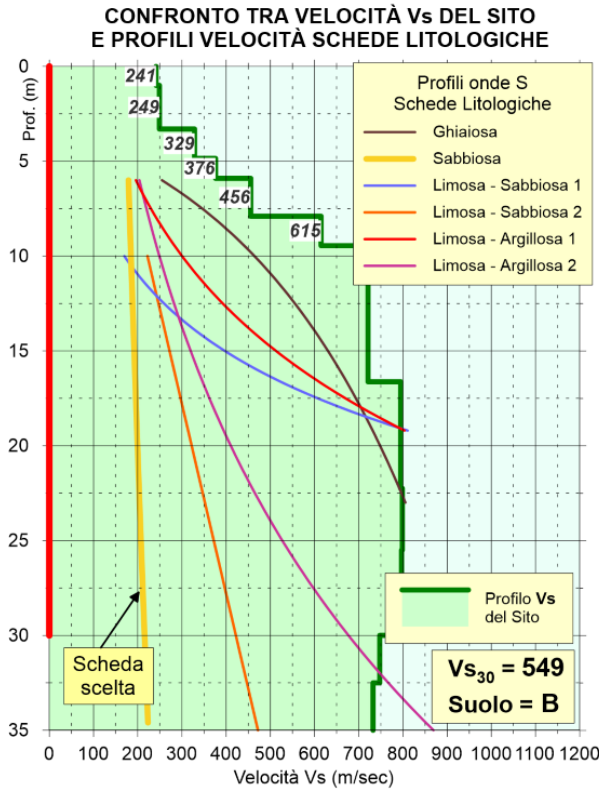
Fig. 41. Scheda litologica per il punto di prova R3.



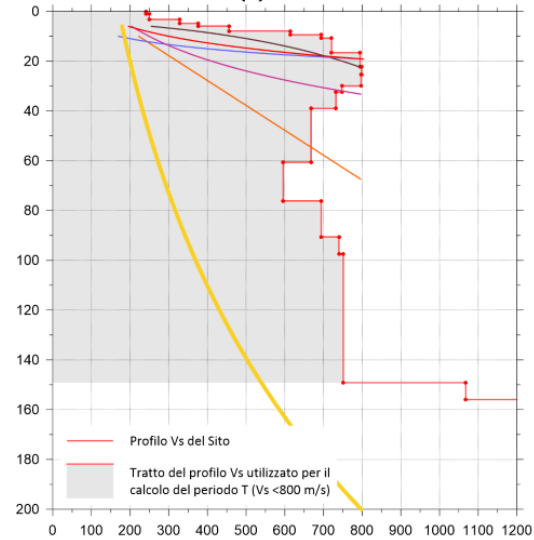
**CALCOLO DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE**  
 Comune di Riferimento: **CARNATE**

**R4**

**SCHEDA LITOLOGIA SABBIOSA**



**CALCOLO DEL PERIODO PROPRIO DEL SITO**  
 $T(s) = 0.86$



**SELEZIONE CURVA DI AMPLIFICAZIONE**  
 (In funzione della profondità e velocità  $V_s$  dello strato superficiale)

Profondità primo strato (m)

	1-3	4	5-12	13	14	15	16	17	18	20	25	30	40	50	60	70	90	110	130	140	160	180	
200	2	1,2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
250	2	1,2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
300	2	1,2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
350	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
400	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
450	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
500	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
600	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
700	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

**CURVE DI AMPLIFICAZIONE DI STRUTTURE CON PERIODO PROPRIO COMPRESO TRA  $F_a$  0.1 e 0.5**

Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico	Tratto rettilineo
1	$0.03 \leq T \leq 0.50$ $F_{a_{0.1-0.5}} = -12.21 T^2 + 7.79 T + 0.76$	$0.50 < T \leq 1.00$ $F_{a_{0.1-0.5}} = 1.01 - 0.94 \ln T$	$T > 1.00$ $F_{a_{0.1-0.5}} = 1.00$
2	$0.03 \leq T \leq 0.45$ $F_{a_{0.1-0.5}} = -8.65 T^2 + 5.44 T + 0.84$	$0.45 < T \leq 0.80$ $F_{a_{0.1-0.5}} = 0.83 - 0.88 \ln T$	$T > 0.80$ $F_{a_{0.1-0.5}} = 1.00$
3	$0.03 \leq T \leq 0.40$ $F_{a_{0.1-0.5}} = -9.68 T^2 + 4.77 T + 0.86$	$0.50 < T \leq 0.55$ $F_{a_{0.1-0.5}} = 0.62 - 0.65 \ln T$	$T > 0.55$ $F_{a_{0.1-0.5}} = 1.00$

**CURVA DI AMPLIFICAZIONE DI STRUTTURE CON PERIODO PROPRIO COMPRESO TRA  $F_a$  0.5 e 1.5**

Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.08 \leq T \leq 1.80$ $F_{a_{0.5-1.5}} = 0.57 T^3 - 2.18 T^2 + 2.38 T + 0.81$	
2	$0.08 \leq T < 0.80$ $F_{a_{0.5-1.5}} = -6.11 T^3 + 5.79 T^2 + 0.44 T + 0.93$	$0.80 \leq T \leq 1.80$ $F_{a_{0.5-1.5}} = 1.73 - 0.61 \ln T$
3		

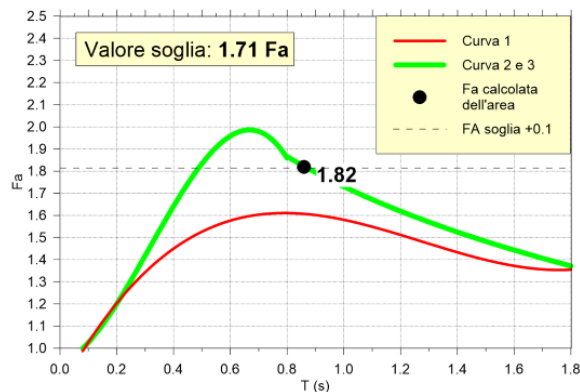
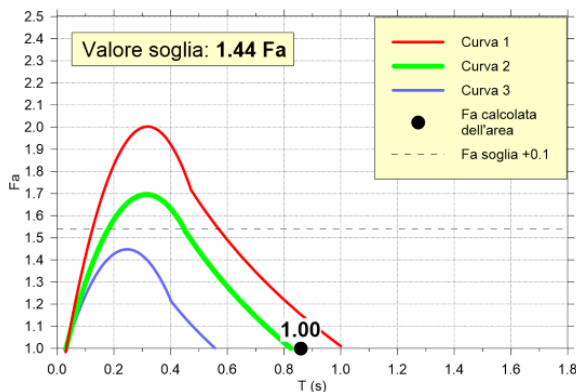


Fig. 42. Scheda litologica per il punto di prova R4.



## 7.4 Valutazione dell'azione sismica di progetto (NTC 2018)

### 7.4.1 Descrizione del moto sismico

Ai fini delle presenti norme l'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X e Y ed una verticale contrassegnata da Z, da considerare tra di loro indipendenti.

Le componenti possono essere descritte, in funzione del tipo di analisi adottata, mediante una delle seguenti rappresentazioni:

- accelerazione massima in superficie;
- accelerazione massima e relativo spettro di risposta in superficie;
- storia temporale del moto del terreno.

Le due componenti ortogonali indipendenti che descrivono il moto orizzontale sono caratterizzate dallo stesso spettro di risposta o dalle due componenti accelerometriche orizzontali del moto sismico.

La componente che descrive il moto verticale è caratterizzata dal suo spettro di risposta o dalla componente accelerometrica verticale. In mancanza di documentata informazione specifica, in via semplificata l'accelerazione massima e lo spettro di risposta della componente verticale attesa in superficie possono essere determinati sulla base dell'accelerazione massima e dello spettro di risposta delle due componenti orizzontali. La componente accelerometrica verticale può essere correlata alle componenti accelerometriche orizzontali del moto sismico.

Ai fini della normativa NTC 2018 le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{V_g}$ , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_c^*$  valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per tali valori, necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n. 29, ed eventuali successivi aggiornamenti.

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, nei modi chiaramente precisati dalle **NTC**, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente



presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche definiscono la risposta sismica locale.

#### 7.4.2 Azione sismica di progetto e spettro di risposta del sito

Nel presente lavoro l'azione sismica è descritta in termini di "accelerazione massima e relativo spettro di risposta atteso in superficie".

Una volta determinati i parametri del sito (accelerazione massima in superficie, suolo di fondazione e categoria topografica) è possibile calcolare con appositi programmi di calcolo, lo spettro di risposta del sito d'interesse.

Per il calcolo dell'azione sismica e degli spettri di risposta del sito (Fig. 43 e seguenti), è stato utilizzato il programma di calcolo fornito dal Ministero dei Lavori Pubblici "Spettri di Risposta" versione 1.0.3.

Le prove sismiche realizzate e la conseguente verifica del fattore di amplificazione come da norma di Regione Lombardia hanno consentito di osservare un comportamento sismico abbastanza omogeneo a livello comunale e di confermare il suolo di fondazione nella categoria "B".

I parametri di input relativi alle aree in cui sono state realizzate le prove, riferiti allo stato limite **SLV** ( $T_R = 475$  anni), sono:

<b>Accelerazione massima in superficie</b>	<b>0.065 g</b>
<b><math>F_0</math>, valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale</b>	<b>2.584</b>
<b><math>T_c</math> periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale</b>	<b>0.282 s</b>

Gli ulteriori parametri selezionati sono:

<b><math>V_N</math> vita nominale della costruzione</b>	<b>50 anni</b>
<b><math>c_u</math> coefficiente d'uso della costruzione</b>	<b>1</b>
<b>Categoria topografica</b>	<b>T1</b>
<b><math>S_t</math> Coefficiente di amplificazione topografica</b>	<b>1.00</b>

Di seguito sono riportate le elaborazioni effettuate per la categoria di suolo B individuata nel territorio comunale nei punti presi in esame.



### Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno $T_R$ di riferimento

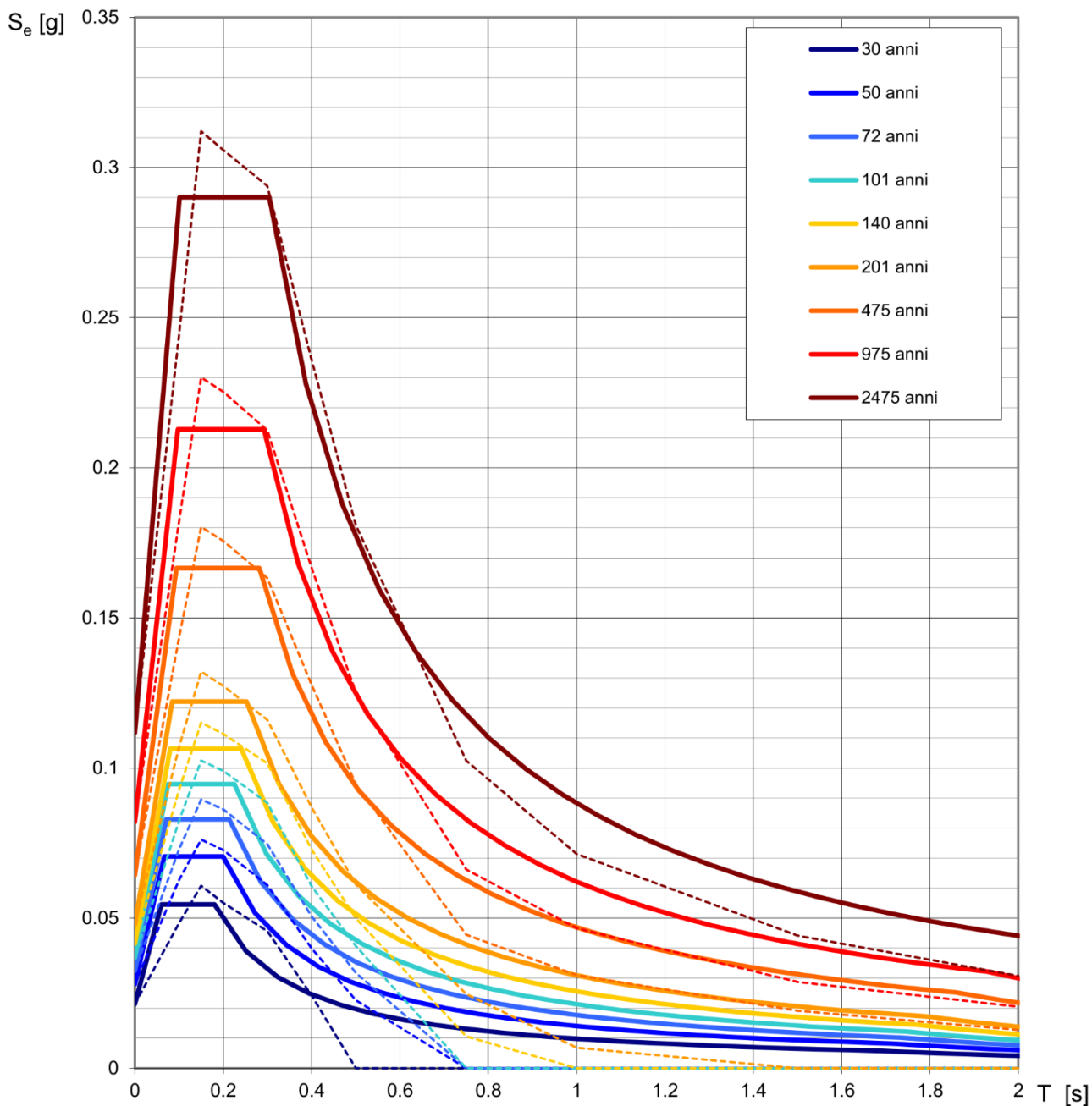
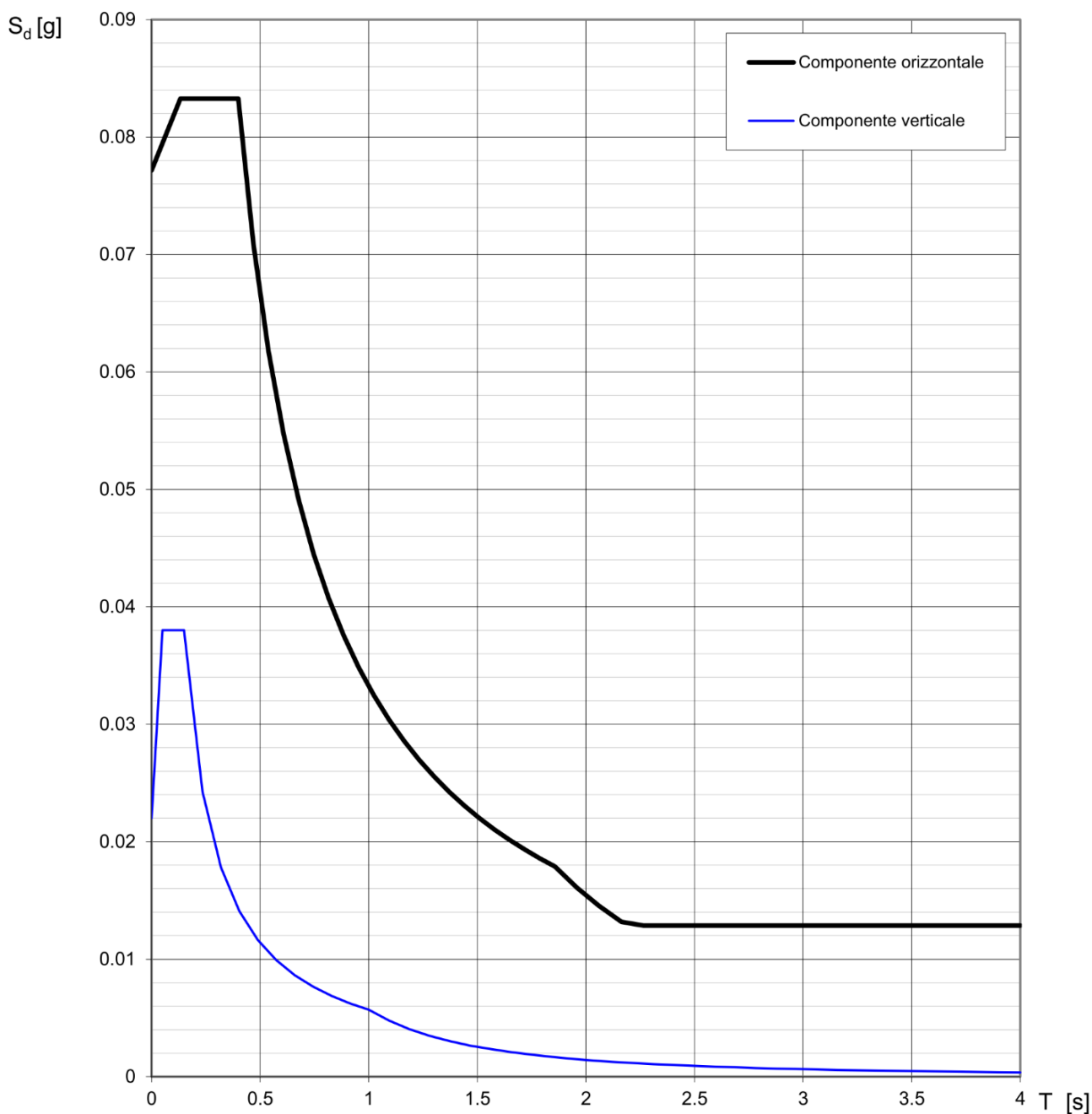


Fig. 43. Spettri di risposta elastici di input dei diversi Stati Limite (componenti orizzontali) per il Comune di Carnate.



**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV**



**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV****Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.064 g
$F_o$	2.590
$T_C^*$	0.282 s
$S_S$	1.200
$C_C$	1.417
$S_T$	1.000
$q$	2.400

**Parametri dipendenti**

$S$	1.200
$\eta$	0.417
$T_B$	0.133 s
$T_C$	0.399 s
$T_D$	1.857 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)**

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.077
$T_B \leftarrow$	0.133	0.083
$T_C \leftarrow$	0.399	0.083
	0.469	0.071
	0.538	0.062
	0.607	0.055
	0.677	0.049
	0.746	0.045
	0.816	0.041
	0.885	0.038
	0.955	0.035
	1.024	0.032
	1.093	0.030
	1.163	0.029
	1.232	0.027
	1.302	0.026
	1.371	0.024
	1.441	0.023
	1.510	0.022
	1.579	0.021
	1.649	0.020
	1.718	0.019
	1.788	0.019
$T_D \leftarrow$	1.857	0.018
	1.959	0.016
	2.061	0.015
	2.163	0.013
	2.265	0.013
	2.367	0.013
	2.469	0.013
	2.571	0.013
	2.674	0.013
	2.776	0.013
	2.878	0.013
	2.980	0.013
	3.082	0.013
	3.184	0.013
	3.286	0.013
	3.388	0.013
	3.490	0.013
	3.592	0.013
	3.694	0.013
	3.796	0.013
	3.898	0.013
	4.000	0.013

**Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLV****Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_{gv}$	0.022 g
$S_S$	1.000
$S_T$	1.000
$q$	1.500
$T_B$	0.050 s
$T_C$	0.150 s
$T_D$	1.000 s

**Parametri dipendenti**

$F_v$	0.887
$S$	1.000
$\eta$	0.667

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g}\right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)**

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.022
$T_B \leftarrow$	0.050	0.038
$T_C \leftarrow$	0.150	0.038
	0.235	0.024
	0.320	0.018
	0.405	0.014
	0.490	0.012
	0.575	0.010
	0.660	0.009
	0.745	0.008
	0.830	0.007
	0.915	0.006
$T_D \leftarrow$	1.000	0.006
	1.094	0.005
	1.188	0.004
	1.281	0.003
	1.375	0.003
	1.469	0.003
	1.563	0.002
	1.656	0.002
	1.750	0.002
	1.844	0.002
	1.938	0.002
	2.031	0.001
	2.125	0.001
	2.219	0.001
	2.313	0.001
	2.406	0.001
	2.500	0.001
	2.594	0.001
	2.688	0.001
	2.781	0.001
	2.875	0.001
	2.969	0.001
	3.063	0.001
	3.156	0.001
	3.250	0.001
	3.344	0.001
	3.438	0.000
	3.531	0.000
	3.625	0.000
	3.719	0.000
	3.813	0.000
	3.906	0.000
	4.000	0.000



## 8 CARTA DEI VINCOLI

L'elaborazione della Carta dei Vincoli (**Tav. 7**) prende atto degli elementi di vincolo geologico territoriale presenti sul territorio (Fig. 44) che possiamo suddividere in:

### - **Vincoli determinati nell'ambito del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni – PGRA**

Sono riassunti in questa dicitura i vincoli connessi al Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione (PGRA), che per il territorio comunale prevede un'area che si sviluppa su entrambi i lati del torrente Molgora e che è caratterizzata da tre scenari in funzione del grado di pericolosità:

- Scenario P3/H (aree allagabili per piena frequente con tempo di ritorno  $Tr$  di 10 anni) che prevede l'applicazione delle disposizioni previste dalla Fascia "A" di cui all'art. 29 delle N.d.A. del PAI;
- Scenario P2/M (aree allagabili per piena poco frequente con tempo di ritorno  $Tr \geq 100-200$  anni) che prevede l'applicazione delle disposizioni previste dalla Fascia "B" di cui all'art. 30 delle N.d.A. del PAI;
- Scenario P1/L (aree allagabili per piena rara di estrema intensità con tempo di ritorno  $Tr > 500$  anni) che prevede l'applicazione delle disposizioni previste dalla Fascia "C" di cui all'art. 31 delle N.d.A. del PAI.

### - **Vincoli di Polizia Idraulica**

Sono riassunti in questa dicitura i vincoli connessi alla presenza del Torrente Molgora (RIP) e del reticolo di competenza comunale (RIM) così come rappresentati e descritti nello Studio del Reticolo Idrico Minore allegato. Nello specifico:

- Torrente Molgora (MB010) e fascia di rispetto di 10 metri (art. 96 del R.D. n. 523/1904)
- reticolo di competenza comunale (Roggia Valle) e relativa fascia di rispetto di 10 metri (così come individuata dal recente studio sopra richiamato)

### - **Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile:**

- **zone di tutela assoluta ( $r = 10$  metri)** – D.Lgs. n. 258/00 art. 5 comma 4, d.g.r. n. 7/12693 del 10/04/03, D.Lgs. n. 152/06 – art. 94;
- **zona di rispetto ( $r = 200$  m) secondo il criterio geometrico** - D.Lgs. n. 258/00 art. 5 comma 5, 6 e 7 - d.g.r. n. 7/12693 del 10/04/03 – D.Lgs. n. 152/06 – art. 94



- **zona di rispetto secondo il criterio temporale** - (come da Studio Comune di Carnate / Presa d'atto ARPA Prot. N. 1496521/09) relativa al pozzo 0150490015
  
- **Vincoli territoriali – Norme del Piano PTCP di Monza-Brianza**
  - **Settori con grado di suscettività Alto e Molto Alto al fenomeno degli “occhi pollini”** definizione a grande scala secondo il PTCP (Art. 8);
  - **Sistema delle acque superficiali (Art. 10 del PTCP)**
    - **Reticolo idrografico naturale ed artificiale:** previsioni prescrittive e prevalenti di cui al comma 4;
  - **Elementi geomorfologici (Art. 11 del PTCP)**
    - **Orli di terrazzo:** localizzati in sponda sinistra del T. Molgora;
    - **Ambiti vallivi dei corsi d'acqua:** riferiti a settori specifici della valle del T. Molgora.
  
- **Vincoli territoriali – Norme del Piano del Parco Agricolo Nord Est:** Parco istituito con Decreto Deliberativo Presidenziale della Provincia Monza Brianza, n. 83 del 20/07/2017. Incorpora l'ex Parco del Torrente Molgora; in carta è inserita anche la proposta di ampliamento della presente variante di PGT.
  
- **Aree industriali per trasformazione d'uso** che in fase di modifica dovranno essere sottoposte alle analisi di caratterizzazione secondo le procedure del D.L. n. 152/06 “Norme in materia ambientale” – Titolo V parte quarta – siti contaminati – valori di riferimento: Tab. 1 – colonne A e B – Allegato 5 del Titolo V.
  
- **Aree sottoposte a bonifica o con AdR in corso:** Dal confronto tra la banca dati dei siti bonificati/contaminati di Regione Lombardia, database ARPA Lombardia, banca dati della Provincia di Monza e Brianza e da quanto riportato dall'Ufficio Tecnico comunale, al momento della redazione del presente elaborato, risulta essere presente il solo sito della Ex Mellin.
  
- **Vasca di laminazione in corso di realizzazione sul T. Molgora,** Intervento previsto dagli Strumenti Operativi del PTR (dicembre 2021), presenza di vincolo conformativo della proprietà ai sensi dell'art. 20 c.5 l.r. 12/2005.
  
- **Vasca di laminazione in corso di realizzazione in area CTL 3,**



- **“Aree escluse dal recupero dei vani e locali seminterrati esistenti”** – secondo la l.r. n. 7/2017 (BURL N. 11 del 13/03/2017) e la Delib. del Consiglio Comunale n. 12 del 27/04/2022.

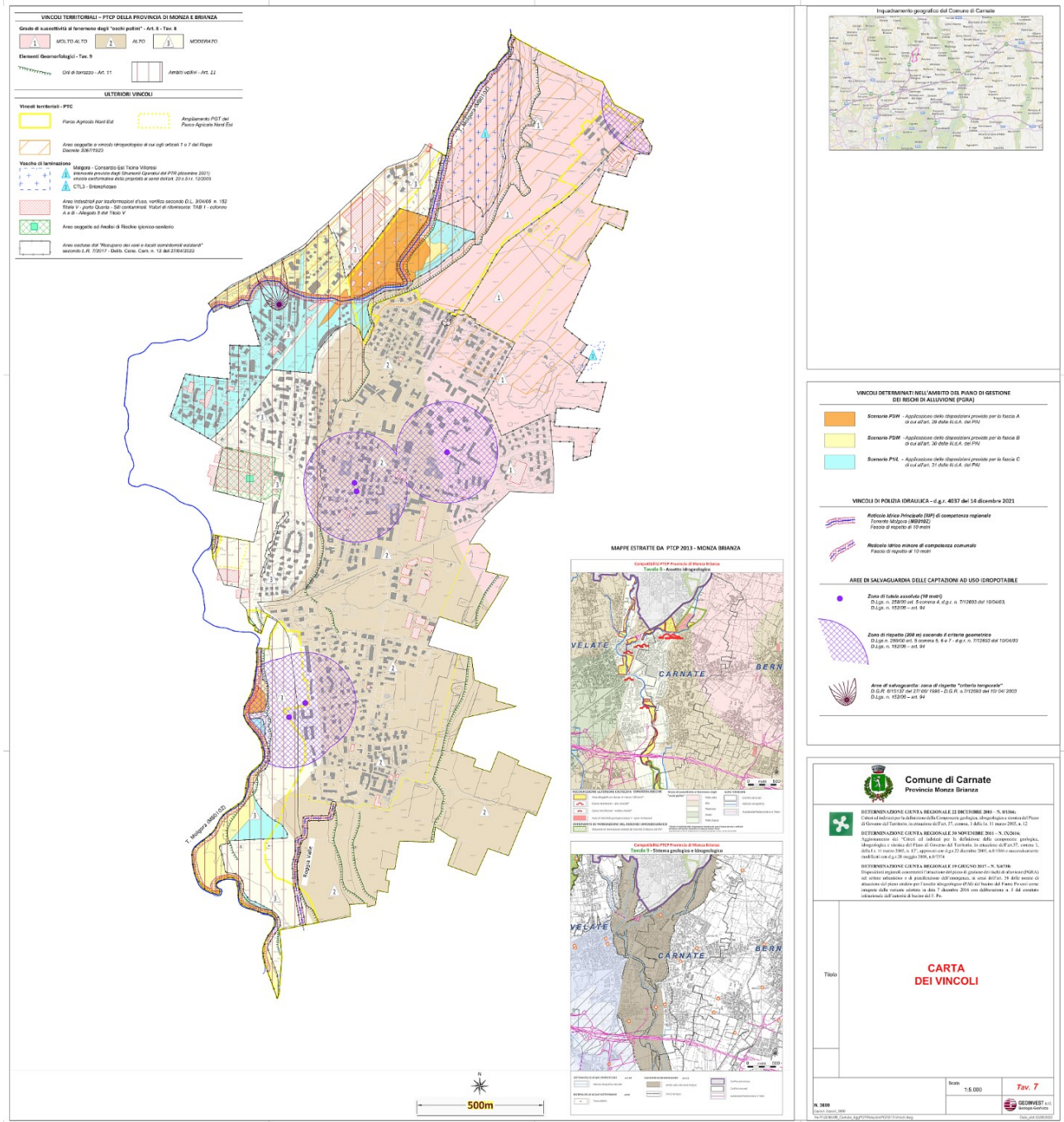


Fig. 44 Carta dei Vincoli (Tav. 7, fuori scala).



## 9 CARTA DI SINTESI DELLE PROBLEMATICHE GEOAMBIENTALI

La sintesi proposta evidenzia e riorganizza gli elementi conoscitivi raccolti in funzione del loro significato rispetto alle scelte di utilizzo del territorio e, in particolare, alle destinazioni e trasformazioni d'uso definibili in sede di pianificazione locale.

L'elaborato cartografico di Sintesi (**Tav. 8**, in Fig. 45) è stato redatto a partire dalle indagini di base condotte sul territorio comunale, per le quali si rimanda ai capitoli precedenti.

A tal fine, sono stati individuati differenti problematiche, di seguito brevemente descritte:

- **AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDROGEOLOGICO**

Il problema della salvaguardia delle acque sotterranee può essere affrontato sia considerando la litologia dei complessi idrogeologici e le caratteristiche della loro copertura (vulnerabilità intrinseca degli acquiferi) sia da quello delle possibili fonti di rischio presenti sul territorio (quali le fonti di rischio industriale, non contemplate nell'ambito del presente studio).

Un'elevata vulnerabilità idrogeologica, o la prossimità di punti di captazione idrica ad uso idropotabile, richiedono forme crescenti di salvaguardia del territorio e la limitazione o l'esclusione di forme di uso del suolo che possano costituire una fonte di rischio - inquinamento - per le acque sotterranee o che possano interferire in senso fisico con gli acquiferi sotterranei e con la loro ricarica.

In funzione delle elaborazioni di cui al capitolo relativo all'Idrogeologia, sono definiti due settori rispettivamente con:

- Vulnerabilità Intrinseca MODERATA (metodo parametrico G.O.D.)
- Vulnerabilità Intrinseca ALTA, grado di suscettività agli occhi pollini Alto e Molto Alto (fonte PTCP) (metodo parametrico G.O.D.)

- **AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO**

In funzione dell'analisi delle situazioni di possibile alluvionamento e conseguente rischio idraulico, espresse nella presente relazione e nel collegato Documento Semplificato del Rischio Idraulico Comunale (a cui si rimanda), sono definite:

- Aree frequentemente inondabili in occasione di eventi con tempo di ritorno di 10 anni (scenario P3/H del PGRA).





Sono riferite all'alveo attivo del Torrente Molgora. Attesi significativi valori di velocità ed altezze d'acqua tali da pregiudicare l'incolumità delle persone, la funzionalità di edifici e infrastrutture e lo svolgimento di attività economiche.

- Aree potenzialmente inondabili in occasione di eventi con tempo di ritorno superiore a 100 anni (scenari P2/M e P1/L del PGRA).

Sono riferite sostanzialmente alle aree esterne alle sponde del torrente Molgora. Attesi valori di velocità ed altezze d'acqua tali da non pregiudicare l'incolumità delle persone, la funzionalità di edifici e infrastrutture e lo svolgimento di attività economiche.

- Aree di accumulo morfologico (Fonte: Studio del rischio idraulico comunale – marzo 2021 - BrianzAcque).
- Settori interessati da pericolosità idraulica ascrivibile al sistema fognario (pericolosità H3 e H4 con Tr pari a 10 anni), a seguito di approfondimento dello specifico Studio del rischio idraulico comunale (marzo 2021) redatto da BrianzAcque.

- **AREE CHE PRESENTANO SCADENTI CARATTERISTICHE GEOTECNICHE**

Vengono cartografate le aree caratterizzate da:

- settori con problematiche di drenaggio
- settori con limi/argille superficiali con spessore dell'ordine di 2-4 metri e con caratteristiche geotecniche molto variabili; presenza di occhi pollini
- area oggetto di scoticamento del suolo ferrettizzato per l'attività della fornace, ora recuperate a scopo agricolo
- area ghiaioso-sabbiose con modeste capacità portanti
- settori di scarpate particolarmente acclivi

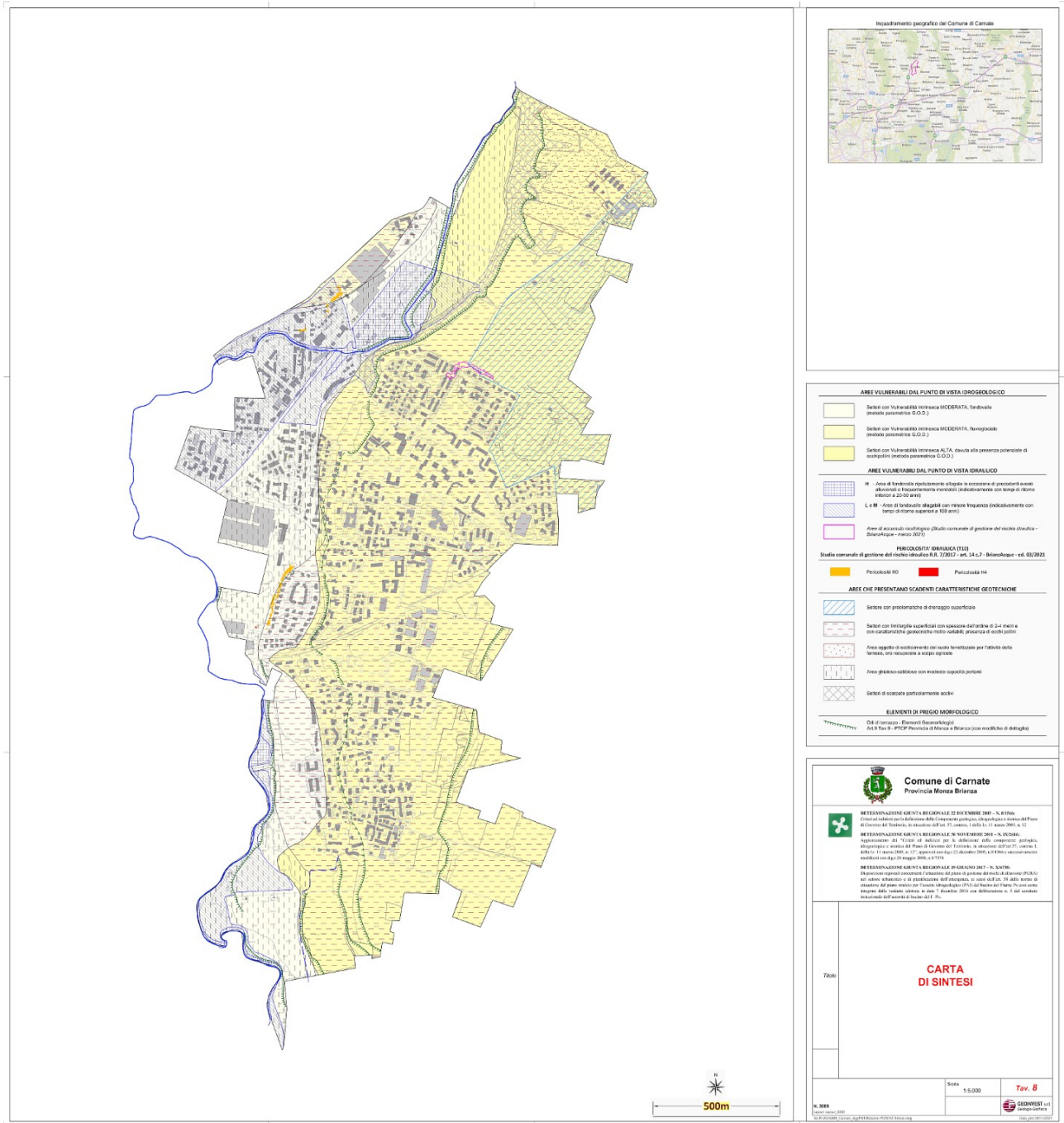


Fig. 45 Carta di Sintesi (Tav. 8, fuori scala)