

# **COMUNE DI CORNATE D'ADDA**

**PROVINCIA DI MONZA E DELLA BRIANZA**



## ***REVISIONE P.G.T. VIGENTE***

**AGGIORNAMENTO DELLA COMPONENTE GEOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA DELLO STUDIO GEOLOGICO**  
*ai sensi della D.g.r. n. IX/2616/2011 e della D.g.r. n. X/2129/2014.*

**RELAZIONE PR.05.01**

***settembre 2024***



## INDICE GENERALE

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. PREMESSA .....                                                              | 3  |
| 2. DOCUMENTI E FONTI BIBLIOGRAFICHE .....                                      | 4  |
| 3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....                                               | 5  |
| 4. QUADRO CONOSCITIVO RELATIVO AL FENOMENO DEGLI OCCHI POLLINI .....           | 8  |
| 5. RECEPIMENTO DELLO STUDIO DI GESTIONE DEL RISCHIO IDRAULICO<br>COMUNALE..... | 14 |
| 6. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO .....                                           | 16 |
| 5.2 Andamento della superficie piezometrica.....                               | 19 |
| 5.3 Pozzi pubblici e fasce di rispetto .....                                   | 20 |
| 5.4 Livelli di soggiacenza.....                                                | 22 |
| 5.5 Vulnerabilità dell'acquifero .....                                         | 26 |
| 7. ANALISI DEL RISCHIO SISMICO .....                                           | 29 |
| 8. VINCOLI.....                                                                | 46 |
| 9. SINTESI .....                                                               | 47 |
| 10. IL PIANO DI GESTIONE DEI RISCHI DI ALLUVIONE – CARTA DEL PAI-PGRA .....    | 48 |
| 11. CARTA DEL RISCHIO IDRAULICO .....                                          | 49 |
| 12. FATTIBILITA' GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO E NORMATIVA.....              | 50 |

## 1. **PREMESSA**

Il comune di Cornate d'Adda è dotato dello studio geologico del territorio comunale redatto nel marzo 2011 ai sensi della L.R. 12/2005 (*“Legge per il governo del territorio”*), aggiornato dallo scrivente con particolare riferimento agli aspetti sismici e al Piano di Gestione Rischio Alluvioni.

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Cornate d'Adda, nell'ambito della Revisione al PGT, lo scrivente ha provveduto ad effettuare la revisione della Componente geologica, idrogeologica e sismica ai sensi della D.g.r. n. IX/2616 del 30 novembre 2011 che rappresenta il testo aggiornato ed integrale dei *“Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57 della l.r. 11 marzo 2005 n.12.”*

Nella presente revisione dello studio geologico è stata inoltre recepita la cosiddetta *“Direttiva Alluvioni”* così come disposto dalla D.g.r. X/6738/2017 *“Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del piano di gestione dei rischi di alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza, ai sensi dell'art. 58 delle norme di attuazione del piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI) del bacino del Fiume Po così come integrate dalla variante adottata in data 7 dicembre 2016 con deliberazione n.5 dal comitato istituzionale dell'autorità di bacino del Fiume Po”*.

Si è pertanto provveduto ad integrare ed aggiornare gli studi geologici sopra citati relativamente ai seguenti aspetti:

- Revisione della **Carta della Pericolosità sismica Locale** (scala 1:5.000) ai sensi della D.g.r. IX/2616/2011;
- Redazione della **Carta PAI-PGRA** (scala 1:5.000).
- Redazione della **Carta di fattibilità delle azioni di piano** (scala 1:5.000) in cui si riportano per ciascun ambito omogeneo caratterizzato da una pericolosità geologica e geotecnica e da una vulnerabilità idraulica e idrogeologica, una determinata classe di fattibilità con le relative norme geologiche di attuazione (prescrizioni ed approfondimenti

da effettuare) fornendo indicazioni in ordine alle limitazioni e destinazioni d'uso del territorio;

Come base cartografica è stato utilizzato il database topografico messo a disposizione dal Comune di Cornate d'Adda.

## **2. DOCUMENTI E FONTI BIBLIOGRAFICHE**

Di seguito si elenca tutta la documentazione consultata per la redazione del presente studio a cui si rimanda per l'approfondimento di specifici aspetti:

- *Studio geologico comunale (anno 2011);*
- *Piano Territoriale Regionale – Regione Lombardia*
- *Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Monza e della Brianza;*
- *Piano Stralcio per l'Assetto idrogeologico del bacino del Fiume Po – PAI;*
- *Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Po (PGRA-Po);*
- *Progetto di aggiornamento delle fasce fluviali del PAI Po e delle mappe delle aree allagabili del PGRA – Torrente Molgora e sistema idrografico delle Trobbie fino alla confluenza nel canale Muzza, per le finalità di cui all'art. 68, comma 4 ter del D. Lgs. n. 152/2006;)*
- *Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico R.R. 23 Novembre 2017 N. 7 - art. 14 c. 7, redatto da Brianzacque srl;*
- *Aggiornamento del quadro conoscitivo relativo alla suscettività del territorio della Provincia di Monza e Brianza al fenomeno degli Occhi Pollini, redatto per conto di Brianzacque srl (aggiornamento di giugno 2023).*

### **3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO**

Il territorio comunale di Cornate d'Adda appartiene alla fascia dell'alta pianura terrazzata, un'area a morfogenesi fluviale/fluvioglaciale, caratterizzata da due principali ordini di terrazzi che rappresentano antichi livelli della pianura, connessi, secondo la nomenclatura geologica classica, alle glaciazioni Mindel e Riss.

L'area do studio è costituita da depositi quaternari di età compresa tra il Pleistocene medio superiore e l'Attuale. Durante il Pleistocene la fascia Alpina e la Pianura Padana sono state interessate da episodi glaciali: l'enorme quantità di materiali trasportati dai ghiacciai e dalle acque di fusione, riempì le depressioni vallive, colmandole fino al livello del ripiano più elevato della pianura terrazzata. La deposizione di una vasta coltre di sedimenti glaciali nelle aree pedemontane costituì i primi anfiteatri morenici mentre nelle zone di pianura, come per il territorio di Cornate d'Adda, si formarono depositi fluvioglaciali.

Il susseguirsi di periodi con climi sensibilmente differenti ha determinato successivi momenti di avanzata e di ritiro dei ghiacciai alpini, con relative fasi deposizionali e fasi erosive, e la conseguente formazione di depositi glaciali e fluvioglaciali. Durante le fasi interglaciali si assistette all'erosione dei depositi accumulatisi da parte di corsi d'acqua e alla conseguente creazione di una serie di terrazzi, sui quali si rinvenivano tipici depositi eolici di clima più arido (loess).

Dal Pleistocene superiore all'Olocene, con il lento innalzamento dell'alta pianura, nei settori settentrionali vengono messe a giorno le unità più antiche: il conseguente smantellamento della catena portò alla deposizione di alluvioni e la formazione del paesaggio attuale.

Secondo la Carta Geologica a scala 1:50.000 (CARG): Foglio 97 "Vimercate" le Unità affioranti, dalla più antica alla più recente, sono:

|            |                                                                                    |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>POI</b> | SINTEMA DEL PO (UNITA' POSTGLACIALE)<br>Pleistocene Superiore - Olocene            |
| <b>LCN</b> | SUPERSINTEMA DEI LAGHI - SINTEMA DI CANTU'<br>Pleistocene Superiore                |
| <b>BXE</b> | SUPERSINTEMA DI BESNATE - UNITA' DI BULGAROGRASSO<br>Pleistocene Medio - Superiore |
| <b>VE</b>  | SUPERSINTEMA DI VENEGONO<br>Pleistocene Inferiore - Superiore                      |
| <b>BO</b>  | SUPERSINTEMA DEL BOZZENTE IND.<br>Pleistocene Inferiore                            |
| <b>RZZ</b> | FORMAZIONE DI TREZZO SULL'ADDA<br>Calabriano                                       |

All'interno della carta sono state inoltre indicate le scarpate morfologiche individuate anche nel P.T.C.P. e ridefinite dallo scrivente in funzione delle evidenze rilevate a campagna.

Descrizione delle Unità affioranti:

### **Sintema del Po - Pg**

Ghiaie a supporto clastico, in prevalenti strati planari; sabbie e limi da massivi a laminati (depositi fluviali e di esondazione). Limi e argille, localmente idromorfi; alternanze di livelli fini e livelli ghiaiosi (depositi lacustri). Ghiaia e sabbia, limi con clasti sparsi (depositi di versante e colluviati). Blocchi (depositi di frana). Superficie limite superiore poco o non alterata, caratterizzata da entisuoli ed inceptisuoli.

### **Supersintema dei Laghi – Sintema di Cantù**

Ghiaie e sabbie stratificate, limi di esondazione (depositi fluvioglaciali e alluvionali). Diamicton massivi a supporto di matrice o clastico (till di ablazione e di alloggiamento). Diamicton, ghiaie, sabbie e limi a grande variabilità di facies (depositi di contatto glaciale). Ghiaie, sabbie e diamicton in foreset (depositi deltizi). Sabbie, limi e argille laminati (depositi lacustri). Ghiaie ad elementi spigolosi, ghiaie alterate con matrice argillosa arrossata (depositi di versante). Superficie limite superiore caratterizzata da: morfologia ben conservata, copertura loessica assente, profilo di alterazione poco evoluto con profondità massima del fronte di decarbonatazione di circa 1,5 m, colore 10YR

### **Supersintema di Besnate - Unità di Bulgarograsso - BXE**

Depositi fluvioglaciali e glaciali, caratterizzati da profili d'alterazione poco evoluti, che raggiungono spessori sino a 4 m. Copertura loessica sporadica. Forme ben conservate (cordoni morenici e piane fluvioglaciali terrazzate).

Ghiaie a supporto clastico, poligeniche, poco alterate (depositi fluvioglaciali)

Pleistocene medio - Pleistocene superiore.

### **Supersintema di Venegono - Ve**

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). Ghiaie massicce a supporto di matrice costituita da limi sabbiosi; ghiaie massicce a supporto di clasti (depositi di versante).

### **Allogruppo del Bozzente – BO**

Ghiaie massive o con rozza stratificazione e intercalazioni sabbiose (depositi fluviali e fluvioglaciali) Alterazione molto spinta che interessa tutto lo spessore dell'unità. L'alterazione interessa in pratica la totalità dei ciottoli ad eccezione di quelli quarzosi: i carbonati sono decarbonatati o argillificati, le arenarie sono arenizzate, i ciottoli cristallini e metamorfici sono per lo più completamente alterati, i cristallini oltre ad essere arenizzati possono mostrare un anello di arrossamento, le rocce ultramafiche hanno un cortex di alterazione molto pronunciato. Colore della matrice molto arrossato nelle porzioni superiori, meno arrossato scendendo nella successione. Copertura loessica complessa sempre presente

### **Formazione di Trezzo sull'Adda - Re**

Ghiaie a prevalente supporto di matrice, massive o rozzamente organizzate (depositi fluviali). Ciottoli poligenici arrotondati, fortemente alterati; limite inferiore per fronte di alterazione. Età di deposizione Calabriano, età di alterazione Calabriano - Pleistocene medio.

### **Ceppo dell'Adda - Cd**

Conglomerati costituiti da ghiaie a prevalente supporto clastico, con ciottoli arrotondati e matrice arenacea; cementazione in genere buona, localmente irregolare, Litologie provenienti dal bacino dell'Adda con sporadici intervalli a dominanza di litologie locali.

#### **4. QUADRO CONOSCITIVO RELATIVO AL FENOMENO DEGLI OCCHI POLLINI**

Il Comune di Cornate d'Adda appartiene a quella porzione di territorio della Lombardia caratterizzato dal verificarsi del fenomeno degli “occhi pollini”, ovvero da sprofondamenti e cedimenti che si generano improvvisamente sia in aree rurali che urbanizzate in terreni Quaternari.

Il quadro conoscitivo relativo al grado di suscettività agli occhi pollini è stato dedotto dallo studio redatto a cura di Strini & Tomasi (2020) dal titolo “*Aggiornamento del quadro conoscitivo relativo alla suscettività del territorio della provincia di Monza e Brianza al fenomeno degli occhi pollini*”, aggiornato con la versione di giugno 2023 ai quali si rimanda per i dettagli.

Riprendendo la classificazione adottata in Strini (2004), e utilizzata anche nel già citato studio fatto per il PTCP di Monza e della Brianza, si possono riconoscere le seguenti diverse forme: cavità in depositi non cementati, gallerie superficiali, cavità nel conglomerato e livelli a bassa resistenza.

Il fenomeno occhi pollini era già stato oggetto, nel 2011, di un primo approfondimento, recepito nel PTCP di Monza e Brianza (difesa del suolo e assetto idrogeologico) attualmente vigente. In esso era stata rivolta particolare attenzione nell'individuare, allo stato delle conoscenze dell'epoca, i processi genetici e le tipologie di occhi pollini presenti nel territorio provinciale, in modo da avere un primo quadro conoscitivo del fenomeno; da questo erano state poi ricavate alcune norme per la gestione del territorio considerando la presenza degli occhi pollini.

I risultati di tale approfondimento avevano portato alla suddivisione del territorio provinciale in 5 classi di suscettività agli occhi pollini (molto alta, alta, moderata, bassa, molto bassa o nulla – Fig. 1).

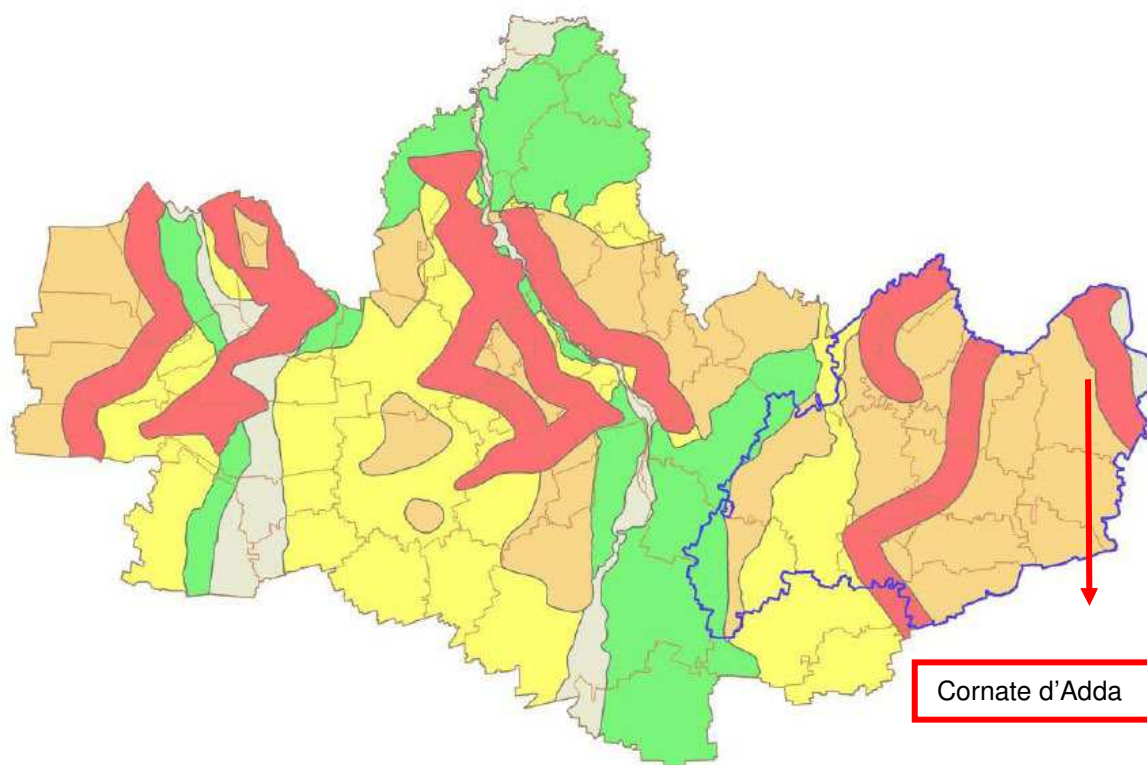


*Fig. 1: carta delle classi di suscettività al fenomeno occhi pollini per il territorio della Provincia di Monza e Brianza. In rosso classe "molto alta", in arancione classe "alta", in giallo classe "moderata", in verde classe "bassa" e in grigio classe "molto bassa o nulla".*

Lo studio costituisce quindi un ulteriore approfondimento del precedente studio "Approfondimenti sul fenomeno delle cavità sotterranee dette occhi pollini e sui siti di interesse geologico, finalizzati alla predisposizione del PTCP, marzo 2011", in quanto si basa sulla partecipazione attiva dei comuni coinvolti che hanno messo a disposizione una nutrita serie di dati più recenti, in modo da avere un quadro più omogeneo e particolareggiato di un'area che, sebbene non sia l'unica, è tra le più interessate storicamente dal fenomeno.

L'area interessata dall'analisi di dettaglio interessa la zona orientale della provincia, in cui sono compresi i comuni di: Aicurzio, Bellusco, Bernareggio, Burago di Molgora, Busnago, Carnate, Cavenago di Brianza, Concorezzo, **Cornate d'Adda**, Mezzago, Ornago, Roncello, Ronco Briantino, Sulbiate e Vimercate.

L'individuazione degli occhi pollini rimane un problema di difficile soluzione; la possibilità di vedere direttamente una cavità è sostanzialmente limitata alla sua intercettazione lungo la parete o il fondo di uno scavo o alla sua intercettazione durante l'esecuzione di

un sondaggio. Le prove indirette, pur non costituendo una prova certa della presenza di occhi pollini, tuttavia in talune situazioni consentono di individuare anomalie che possono rilevare la presenza di cavità o livelli con caratteristiche particolarmente scadenti.

L'analisi si è concentrata soprattutto sulle prove penetrometriche dinamiche in quanto esse costituiscono la maggior parte delle prove raccolte.

Intuitivamente, se una cavità viene intercettata da una prova penetrometrica, darà un'anomalia facilmente individuabile nei risultati; infatti, una cavità vuota offre una resistenza formalmente nulla all'avanzamento, a parte l'attrito delle aste nel terreno sopra la cavità, e una cavità riempita di materiale soffice offre parimenti una resistenza, se non nulla, tuttavia molto ridotta rispetto al sedimento consolidato circostante. Il tutto si traduce in un numero di colpi N(spt) pari a zero o estremamente ridotto.

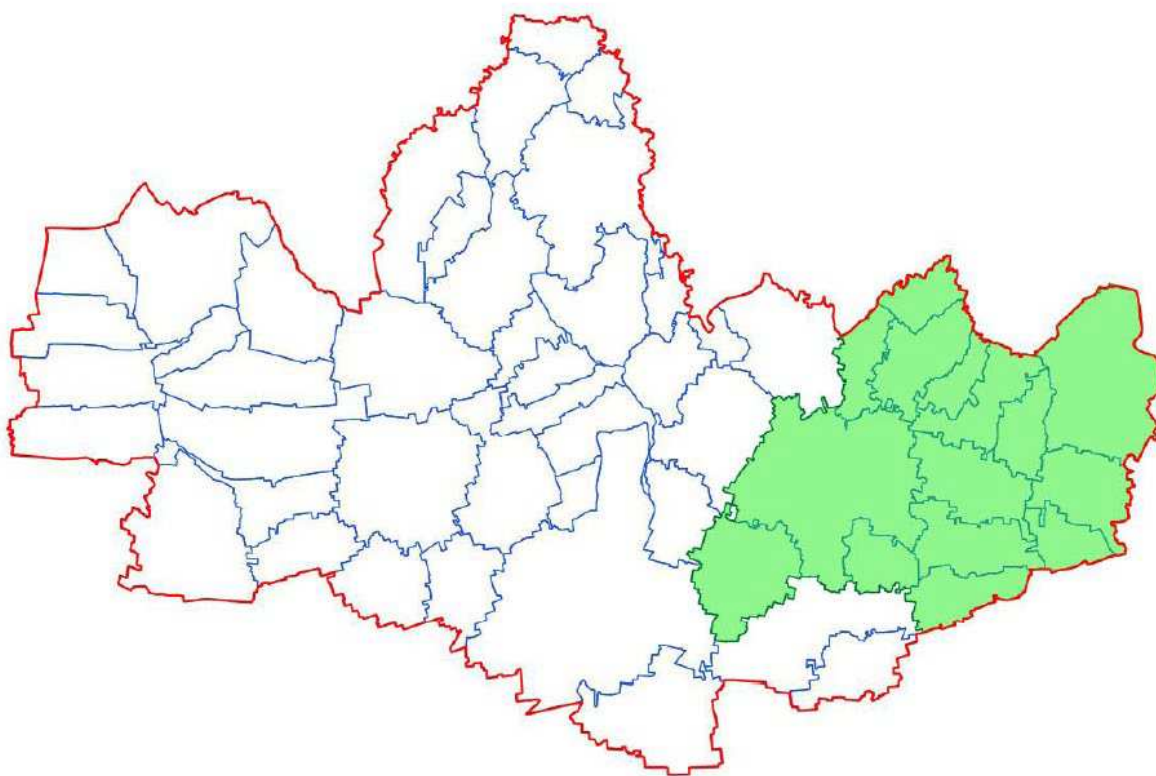


*Fig. 2: estensione della Provincia di Monza e della Brianza con in evidenza i 15 comuni interessati dalla sperimentazione*

Inoltre, il terreno nell'intorno dell'occhio pollino risente della presenza del vuoto e quindi offre una resistenza inferiore rispetto a quello di un terreno omogeneo privo di

discontinuità. Questo implica che nell'intorno dell'occhio pollino, in particolare sopra e lateralmente, vi sia una zona con caratteristiche geotecniche più scadenti rispetto a quelle di un terreno non interessato da occhi pollini, ma migliori delle caratteristiche geotecniche dell'occhio pollino stesso. Questa zona è quella definita come zona detensionata in Lorenzo et. al (2015); pur non essendo un occhio pollino vero e proprio, una zona con tale anomalia può suggerirne la presenza a poca distanza.

Una risposta analoga, cioè uno scadimento marcato delle caratteristiche geotecniche lungo un intervallo ben circoscritto, può tuttavia essere dovuto non solo all'intercettazione di cavità, ma anche alla presenza di materiale poco addensato.

#### **4.1 Risultati dello studio**

Da un punto di vista delle litologie di superficie la maggior parte delle prove che ha riportato la presenza di occhi pollini si ha nelle litologie da mediamente a fortemente alterate; esse sono, in ordine di alterazione, Formazione di Trezzo, Supersintema del Bozzente, Sintema della Specola e in certa misura, Sintema di Binago.

La distribuzione degli occhi pollini non è tuttavia da imputare solo alla litologia di superficie in quanto lo spessore dell'unità superficiale può essere estremamente ridotto e quindi l'occhio pollino essere compreso nell'unità sottostante più antica.

L'intervallo di profondità in cui si estendono gli occhi pollini varia tra il piano campagna e il massimo valore 23,1 m riscontrato in Bernareggio tramite le prove penetrometriche o i 28 m a Mezzago. Lo spessore degli occhi pollini è estremamente variabile, passando dai 30 cm occasionali di alcuni livelli a resistenza nulla o ridotta rinvenuti in profondità, a spessori di oltre 10 m, che costituiscono sicuramente livelli con ridotta resistenza e non cavità vere e proprie. In taluni casi sono stati riscontrati, nell'ambito di una sola prova penetrometrica, orizzonti con resistenza bassa ben distinti a differente profondità.

Dallo studio emerge come il comune di Cornate d'Adda rientri per la quasi totalità del suo territorio nella classe ad alta pericolosità H4 (ex suscettività in classe alta), e per settori molto limitati relativi ai versanti del fondovalle dell'Adda nella classe bassa H1.

La classe di pericolosità alta deriva dall'unione delle classi di suscettività alta e molto alta già individuate nel PTCP vigente. La classe alta è stata individuata in base alla presenza di depositi molto alterati (dal Sintema della Specola fino alla Formazione di Trezzo), tipici della formazione degli occhi pollini, che coprono le potenti e diffuse successioni conglomeratiche (es. Ceppo dell'Adda, Ceppo di Portichetto), che si

presentano continue e di età rilevante, tipiche dell'area Briantea. I depositi alterati possono costituire direttamente la superficie topografica o possono essere coperti da spessori modesti di depositi meno alterati (es. Unità del Supersintema di Besnate, in particolare Unità di Guanzate). La presenza di conglomerati anche molto alterati con sovrapposti materiali a loro volta alterati implica una marcata variabilità delle caratteristiche di permeabilità a livello locale.

Infatti, i conglomerati portano ad avere un materiale lapideo, con una permeabilità variabile, localmente estremamente elevata, a contatto con un materiale non lapideo molto meno permeabile. Inoltre, essendo questi conglomerati spesso alterati si ha un aumento della variabilità delle condizioni del sottosuolo, presentando variazioni consistenti non solo in senso verticale, ma anche orizzontale.

I conglomerati, inoltre, possono presentare fenomeni di dissoluzione (cavità e fratture allargate) che costituiscono un via preferenziale di drenaggio e quindi un ulteriore motivo di sviluppo degli occhi pollini. L'areale si estende anche al di fuori delle aree di affioramento delle unità più antiche fino a dove vi sono evidenze della presenza di questi conglomerati nel sottosuolo a contatto con i depositi alterati.

Il fenomeno degli "occhi pollini" ha ripercussioni anche per quanto riguarda la gestione delle acque di drenaggio urbano.

Allo stato attuale delle conoscenze, nelle zone che ricadono in classe H4, cioè quelle a maggiore pericolosità, e comprese nel tessuto urbanizzato o negli ambiti di trasformazione, data la vicinanza con le edificazioni e l'impossibilità di determinare a priori l'estensione areale e l'entità degli eventuali fenomeni scatenati dall'infiltrazione di acqua è auspicabile promuovere il riuso delle acque, costruendo bacini di raccolta atti allo stoccaggio delle acque in vista di un loro riutilizzo in ambito comunale, essendo questo probabilmente più realizzabile rispetto al riuso in ambito del singolo privato.

Nel caso in cui non sia realizzabile quanto indicato sopra si dovrà provvedere ad eseguire uno studio approfondito di dettaglio sull'area interessata dall'intervento in progetto che escluda la presenza di "occhi pollini" nel sottosuolo.

Questi depositi, inoltre, hanno una forte componente argillosa che li rende poco permeabili e quindi sono già, di fatto, poco adatti a consentire l'infiltrazione delle acque.

Gli occhi pollini costituendo delle zone di debolezza e, in alcuni casi costituiscono dei veri e propri condotti in cui l'acqua può circolare liberamente, possono essere in grado di veicolare potenziali inquinanti verso la falda.

Di seguito si riporta in figura 3 la nuova classificazione della pericolosità agli OP del territorio della Provincia di Monza e Brianza, dove si può vedere che il comune di Cornate d'Adda rientra per la quasi totalità del suo territorio nella classe di pericolosità alta H4 e per settori limitati alla classe bassa H1.

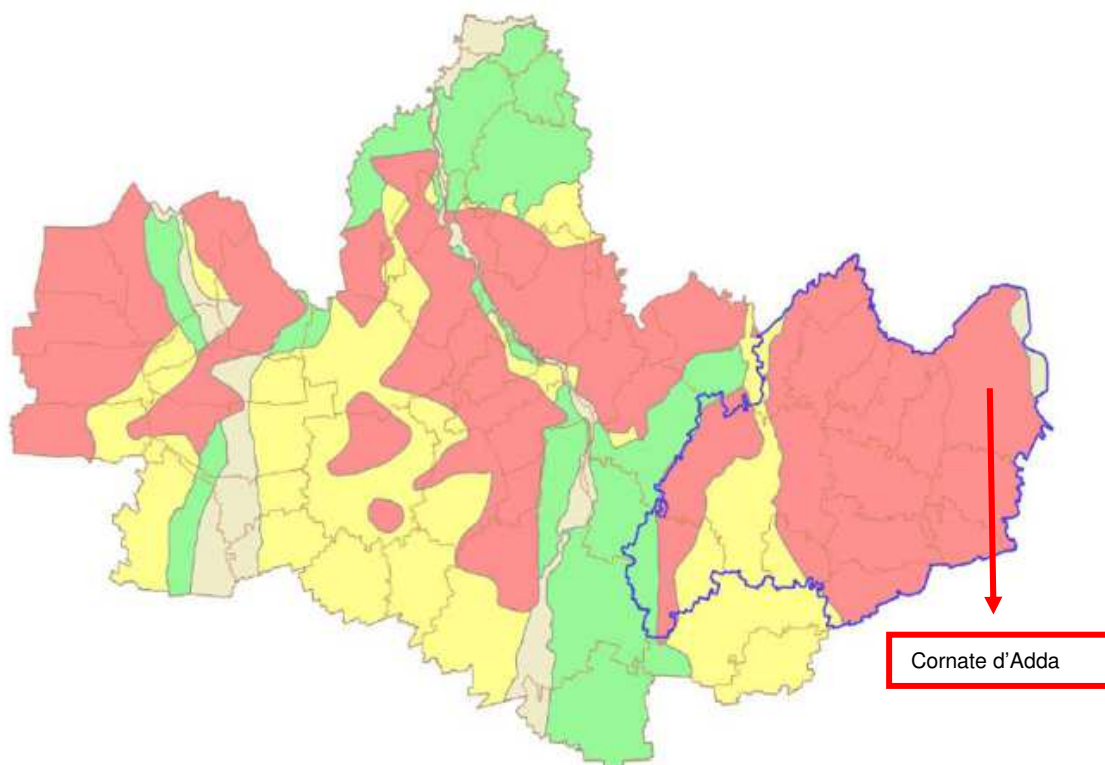


*Fig.- 3: carta della pericolosità agli OP della Provincia di Monza e della Brianza. In rosso classe alta H4, in giallo classe media (H3), in verde classe moderata (H2), in grigio classe bassa (H1). Sono indicati i confini comunali; in blu i confini dell'area oggetto della fase 1.*

## 5. RECEPIMENTO DELLO STUDIO DI GESTIONE DEL RISCHIO IDRAULICO COMUNALE

Tra gli obblighi più importanti conseguenti all'entrata in vigore del recente "Regolamento Regionale 23 novembre 2017 n. 7 - Criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica" (di seguito R.R. 7/2017), è anche previsto che i Comuni ricadenti nelle aree ad alta criticità idraulica, cioè tutti i Comuni della Provincia di Monza e Brianza, redigano lo Studio di Gestione del Rischio Idraulico.

BRIANZACQUE S.r.l., quale gestore del ciclo idrico integrato dell'intero comprensorio provinciale di Monza e Brianza – a seguito di accordi con ATO della Provincia di Monza e Brianza - ha assunto in carico il ruolo di soggetto estensore del suddetto "Studio per la Gestione del Rischio Idraulico", di cui al comma 7 dell'art. 14 del Regolamento Regionale n. 7, di 53 dei 55 Comuni della Provincia. Il suddetto "Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico" per il comune di Cornate d'Adda contiene in estrema sintesi, sia la rappresentazione delle attuali condizioni di rischio idraulico derivanti dai contributi del reticolo idrico superficiale e fognario, che le conseguenti misure atte al controllo e possibilmente alla riduzione delle suddette condizioni di rischio. Dallo "Studio di Gestione del Rischio Idraulico Comunale redatto a cura di Brianzacque (marzo 2021), si evince che le problematiche principali che possono generare allagamenti sono:

- accumuli morfologici;
- reticolo idrico;
- fognatura ed accumulo morfologico;
- fognatura e reticolo idrico;
- reticolo idrico ed accumulo morfologico.

Lo studio in sostanza ha definito le zone a diversa pericolosità idraulica che interessano il territorio comunale. Le zone di diversa pericolosità idraulica sono state definite seguendo quanto descritto al Par. 3.4 dell'Allegato 4 della D.G.R. n. IX/2616, che definisce che "all'interno delle aree esondabili individuate devono essere delimitate zone a diverso livello di pericolosità idraulica, sulla base, in particolare, dei tiranti idrici e delle velocità di scorrimento". Per la classificazione dei diversi livelli di pericolosità idraulica si fa riferimento al grafico seguente (ricavato dalla normativa):

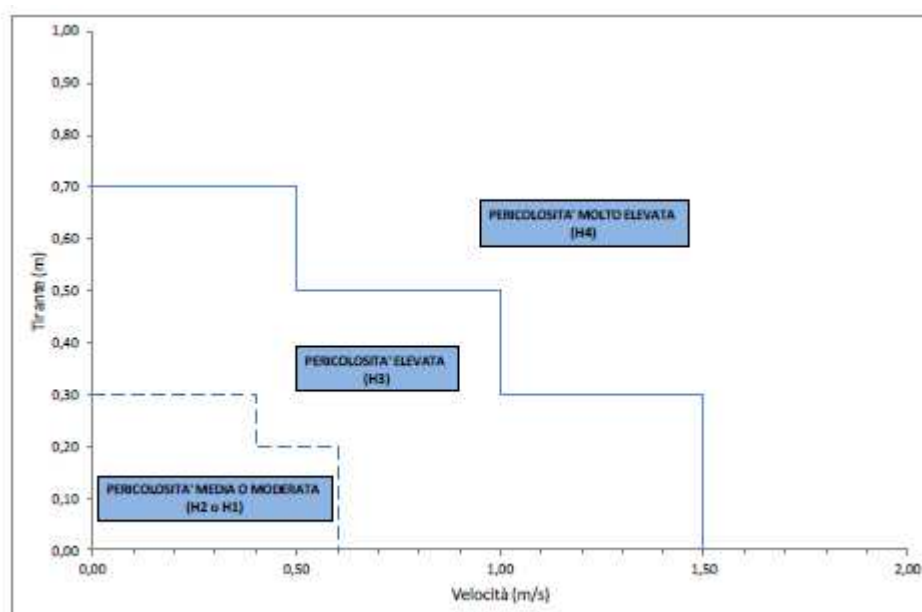


Fig. 4: grafico della pericolosità idraulica ai sensi D.G.R. IX/2616

Il grafico mette in relazione velocità e tiranti, dati utilizzati per la definizione delle diverse zone di pericolosità idraulica per il comune di Cornate d'Adda.

Dai risultati delle simulazioni effettuate, ottenuti i valori di tirante e velocità, sono state quindi mappate le aree a seconda della loro pericolosità idraulica secondo le classi definite in precedenza, per i tre tempi di ritorno definiti dalla normativa ( $T = 10, 50$  e  $100$  anni):

- H1 o H2, pericolosità media o moderata
- H3, pericolosità elevata
- H4, pericolosità molto elevata

La suddivisione del territorio comunale in classi di pericolosità idraulica è stata riportata negli Allegati PR.05.06 e PR.05.08 del presente aggiornamento. Nello studio sopra menzionato sono riportate le seguenti tavole a cui fare riferimento per gli aspetti particolari:

- Planimetria pericolosità idraulica T10
- Planimetria pericolosità idraulica T50
- Planimetria pericolosità idraulica T100
- Planimetria delle criticità idrauliche

## **6. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO**

Per quel concerne gli aspetti idrogeologici viene confermato quanto indicato nel precedente studio geologico per la struttura generale degli acquiferi.

Si propone l'aggiornamento della carta Idrogeologica per quanto riguarda i valori di soggiacenza della falda, aggiornati ai livelli rilevati negli ultimi tre anni (2021, 2022 e 2023) forniti da Brianzacque srl.

Sulla base dei dati individuati nel precedente studio geologico, si può definire che il flusso idrico sia diretto generalmente da NNW a SSE nel settore occidentale con la tendenza a diventare diretto da WNW a ESE nel settore sud e orientale, in seguito all'azione drenante del fiume Adda; infatti scorrendo in un letto topograficamente depresso rispetto alle acque sotterranee, causa l'abbassamento della falda e l'inflessione verso l'alto delle linee isopiezometriche.

Le linee piezometriche nel territorio esaminato variano tra 185 m.s.l.m. nella porzione nord del territorio e 150 m s.l.m. nella porzione sud; la cadente piezometrica nella maggior parte dell'area esaminata è di 0.6 %.

Regione Lombardia in collaborazione con Eni – AGIP hanno realizzato uno studio che ha permesso di acquisire ulteriori conoscenze sulla successione litostratigrafica e sulla distribuzione degli acquiferi nel bacino sedimentario padano, sintetizzate nella pubblicazione "Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia" per la classificazione degli acquiferi lombardi nell'area di pianura, 2002.

Nello studio in oggetto sono riconosciute e mappate quattro superfici di discontinuità stratigrafica estese regionalmente che rappresentano limiti di Sequenze Deposizionali che corrispondono a tappe fondamentali nell'evoluzione del bacino. Pertanto nel Pleistocene sono state individuate quattro unità stratigrafiche di tipo UBSU (Unconformity – Bounded Stratigraphic Units, 1983) che sono state denominate Unità A, Unità B, Unità C, Unità D. Le unità A, B, C, D sono state equiparate a corpi geologici di notevole estensione areale che costituiscono un dominio dello spazio fisico in cui ha sede un sistema idrogeologico distinto.

I sedimenti fini che formano la parte superiore di ogni unità costituiscono una barriera impermeabile o poco permeabile che determina un relativo isolamento idraulico di una data unità rispetto alla soprastante. Nel complesso l'insieme delle unità idrostratigrafiche

principali costituisce una successione di corpi sedimentari acquiferi (Gruppi Acquiferi) costituiti a loro volta da corpi sedimentari acquiferi di rango e dimensioni inferiori (Complessi Acquiferi).

Le Unità riconosciute dal sopraccitato studio vengono di seguito descritte dalla più recente a quelle più antiche. Nello schema di tabella 2 si riporta un confronto tra le unità sopraindicate e quelle già individuate da altri autori.

| SCALA CRONOSTRATIGRAFICA (milioni d'anni)                                                   | SCALA MAGNETO-STRATIGRAFICA | BIOSTRATIGRAFIA ANNI FOSSILI CALCAPI                                 | UNITÀ STRATIGRAFICHE        | UNITÀ IDROSTRATIGRAFICHE E IDROGEOLOGICHE TRADIZIONALI | NUOVE UNITÀ IDRO-STRATIGRAFICHE                                                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0.01<br>PLEISTOCENE SUPERIORE<br>0.12                                                       |                             | MNN21b<br>0.05<br>MNN21a<br>0.28<br>MNN20<br>0.47                    |                             |                                                        |                                                                                                  |
| 0.83<br>PLEISTOCENE MEDIO                                                                   | BRUNHES                     | MNN15f<br>0.78<br>MNN15e<br>0.98                                     | LITOZONA GHIAIOSO-SABBIOSA  | I ACQUIFERO<br>ACQUIFERO TRADIZIONALE<br>II ACQUIFERO  | UNITÀ GHIAIOSO-SABBIOSA<br>UNITÀ GHIAIOSO-SABBIOSA LIMOSA<br>UNITÀ CONGLOMERATIE ARENARIE BASALI |
| 1.01<br>SICILIANO                                                                           | JARAMILLO                   | MNN15d<br>1.24<br>MNN15c<br>1.48<br>MNN15b<br>1.61<br>MNN15a<br>1.73 | LITOZONA SABBIOSO-ARGILLOSA | VILLAFRANCHIANO<br>ACQUIFERI PROFONDI                  | UNITÀ SABBIOSO-ARGILLOSA (fasce continentali e di transizione)                                   |
| 1.32<br>EMILIANO                                                                            | ATY                         |                                                                      |                             | III ACQUIFERO                                          |                                                                                                  |
| 1.73<br>PLEISTOCENE INFERIORE (NEOCALABRIANO: "CALABRIANO" Aurona p. 2. "f")<br>SANTERNIANO | ATY                         |                                                                      | LITOZONA ARGILLOSA          |                                                        | UNITÀ ARGILLOSA (fasce marinali)                                                                 |

Fig. 5: confronto tra i diversi autori da "Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia" Eni – Agip; 2002.

### **Gruppo Acquifero A**

Nel Gruppo Acquifero A rientrano le litologie più grossolane; il gruppo è prevalentemente rappresentato da ghiaie e ghiaie grossolane, poligeniche a matrice sabbiosa da media a molto grossolana; molto subordinati gli intervalli sabbiosi, con sabbia giallastra, da media a molto grossolana, spesso ciottolosa.

All'interno del Gruppo Acquifero A sono stati individuati due Complessi Acquiferi:

A1: ghiaie grossolane e ghiaie debolmente sabbiose;

A2: sabbie da grossolane a fini, con intercalazioni limose.

Il Gruppo Acquifero A è il primo presente (dal piano campagna) nella media e bassa pianura ed è limitato alle zone dei fondovalle principali nella zona dell'alta pianura.

### **Gruppo Acquifero B**

Il Gruppo Acquifero B è rappresentato da una successione costituita da sedimenti, quali sabbie medio-grossolane e ghiaie a matrice sabbiosa, caratterizzati da porosità e permeabilità elevate. I sedimenti fini, molto subordinati, sono limitati alla parte bassa della successione con intercalazioni di argilla siltosa e silt di spessore decimetrico fino a metrico.

Alla base del Gruppo Acquifero B è possibile individuare conglomerati localmente poco cementati e il Ceppo.

All'interno del Gruppo Acquifero B sono stati identificati i seguenti Complessi:

B1: acquifero libero o semiconfinato;

B2: acquifero confinato;

Bc: ceppo e conglomerati anche poco cementati.

### **Gruppo Acquifero C**

Il Gruppo Acquifero C è stato attribuito alla parte bassa del Pleistocene medio; è costituito da sedimenti marini di piattaforma: argilla siltosa - sabbiosa, grigia fossilifera. Si passa quindi ad ambienti transizionali, prima con un sistema litorale a prevalente sabbia grigia fine e finissima, bioturbata, laminata o massiva, fossilifera; quindi a un sistema deltizio a sabbia grigia, media, classata, laminata, a stratificazione media e spessa, con frustoli vegetali.

### **Gruppo Acquifero D**

Il Gruppo Acquifero D è rappresentato da una sequenza di facies negativa (Coarsening Upward – CU) caratterizzata da argilla siltosa e silt con intercalazioni di sabbia fine e finissima in strati sottili alla base, sabbia grigia fine e media bioturbata nella parte intermedia, e ghiaia poligenica grigia alternata a sabbia nella parte alta.

### **5.1 Ricostruzione idrogeologica locale**

Il passaggio dall'inquadramento idrogeologico generale alla ricostruzione a scala locale è stato effettuato utilizzando le stratigrafie dei pozzi pubblici per l'approvvigionamento idrico.

I dati sono stati dapprima raccolti presso il Comune di Cornate d'Adda ed in seguito completati con quelli forniti dal Sistema Informativo Falda della Provincia di Monza e Brianza e integrati con i valori di soggiacenza degli ultimi 4 anni forniti da Brianzacque.

I principali dati a disposizione sono quelli dei 2 pozzi pubblici attivi nel comune di Cornate d'Adda.

Per la ricostruzione dei livelli di soggiacenza della falda sono stati utilizzati i dati forniti da Brianzacque per gli ultimi 3 anni relativi ai pozzi 5 e 6 del comune di Cornate d'Adda.

La falda sfruttata per l'approvvigionamento idropotabile comunale (vedi stratigrafia pozzo 150880006) è ubicata in livelli profondi prevalentemente di conglomerati, in subordine di ghiaie e sabbie ma sempre confinati tra livelli di notevole spessore di argille compatte che ne garantiscono la protezione da eventuali inquinanti provenienti dalla superficie.

### **5.2 Andamento della superficie piezometrica**

L'andamento generale della piezometria nel territorio di Cornate d'Adda, è caratterizzato da un flusso prevalente con direzione da NNW verso SSE, con una pendenza media del 3,5 ‰. Procedendo nel settore orientale del territorio il flusso idrico sotterraneo tende a flettere maggiormente verso EST.

Per la ricostruzione della superficie piezometrica sono stati utilizzati dati relativi a pozzi pubblici presenti sul territorio comunale forniti da Brianzacque per gli ultimi 3 anni (pozzi 5 e 6).

Risultato di questo lavoro è l'Allegato PR.05.03 "Carta idrogeologica" (scala 1:5.000) nel quale si può osservare l'andamento della superficie freatica (m. s.l.m.).

L'area oggetto di studio è caratterizzata (valori di soggiacenza anno 2023) da una superficie freatica con soggiacenza che presenta una diminuzione da nord verso sud, passando da valori di circa 68-69 metri dal piano campagna nella porzione nord del comune ai 63-64 metri da p.c. nella porzione sud del territorio comunale.

Per quanto riguarda le oscillazioni piezometriche non si evidenzia un periodo caratterizzato da minimi o massimi di soggiacenza, anche in relazione ai livelli forniti da Brianzacque srl per gli anni dal 2021 al 2023.

### **5.3 Pozzi pubblici e fasce di rispetto**

L'approvvigionamento di acqua potabile per il comune di Cornate d'Adda è garantito da n. 2 pozzi pubblici gestiti da Brianzacque. L'ubicazione dei pozzi è riportata nell'Allegato PR.05.03 (scala 1:5.000), di seguito è riportata una tabella riassuntiva con i dati noti delle opere di captazione.

Come previsto dalla normativa vigente (D. Lgs. 152/06, R.R. n. 2/06 D.G.R n. 7/12693/03, D.G.R 6/15137/96) sono state delimitate le zone di tutela assoluta dei pozzi pubblici (ZTA) e le zone di rispetto dei pozzi pubblici (ZR) con il criterio geometrico, riportate sempre nell'Allegato PR.05.03.

| Codice    | Stato  | Anno di costruzione | Ubicazione        |
|-----------|--------|---------------------|-------------------|
| 150880001 | chiuso | 1923                | P.zza Libertà     |
| 150880002 | chiuso |                     | Via XV Martiri    |
| 150880005 | attivo |                     | Via G. Rossa      |
| 150880006 | attivo | 1993                | Via G. Rossa      |
| 150880008 | chiuso |                     | Via Alzaia (sud)  |
| 150880016 | chiuso |                     | Via Alzaia (nord) |

Fig. 6: tabella con elenco e ubicazione dei pozzi pubblici di Busnago

#### **Zona di tutela assoluta (ZTA)**

Si tratta di un'area attorno al pozzo con un'estensione di raggio non inferiore ai 10 m, misura che può essere inferiore solo per i pozzi esistenti laddove la situazione territoriale non permetta di rispettare tale limite.

In questa zona devono essere insediate solo le attrezzature relative alla captazione ed alla depurazione. La testa del pozzo deve essere protetta dalle acque meteoriche e deve possibilmente restare almeno 50 cm sopra il piano campagna.

#### **Zona di rispetto (ZR)**

E' costituita dalla porzione di territorio circostante la zona di tutela assoluta delimitata con il criterio geometrico o temporale. E' un'area sottoposta a vincoli e limitazioni d'uso atti alla tutela qualitativa e quantitativa della risorsa idrica captata.

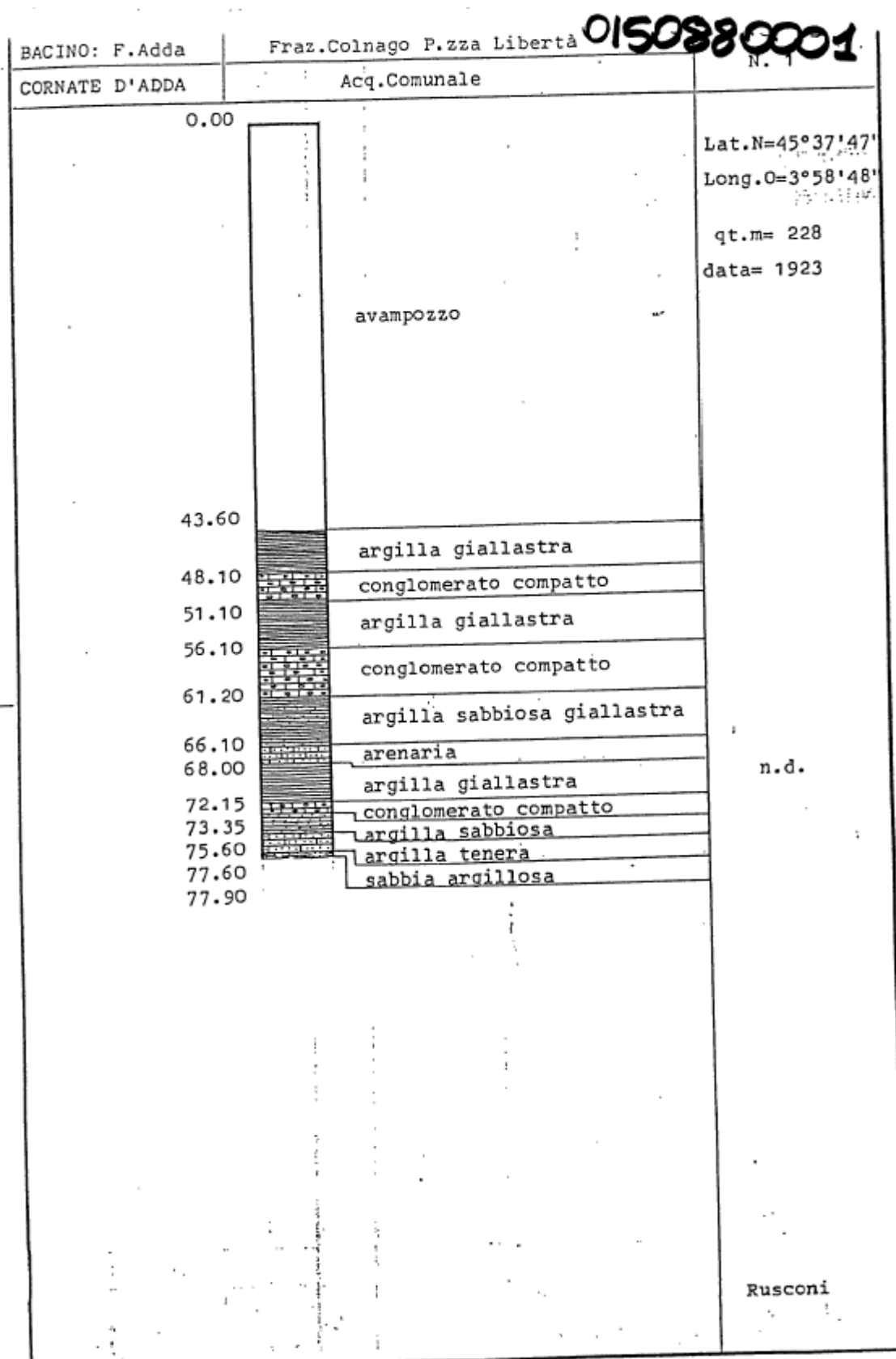
#### 5.4 Livelli di soggiacenza

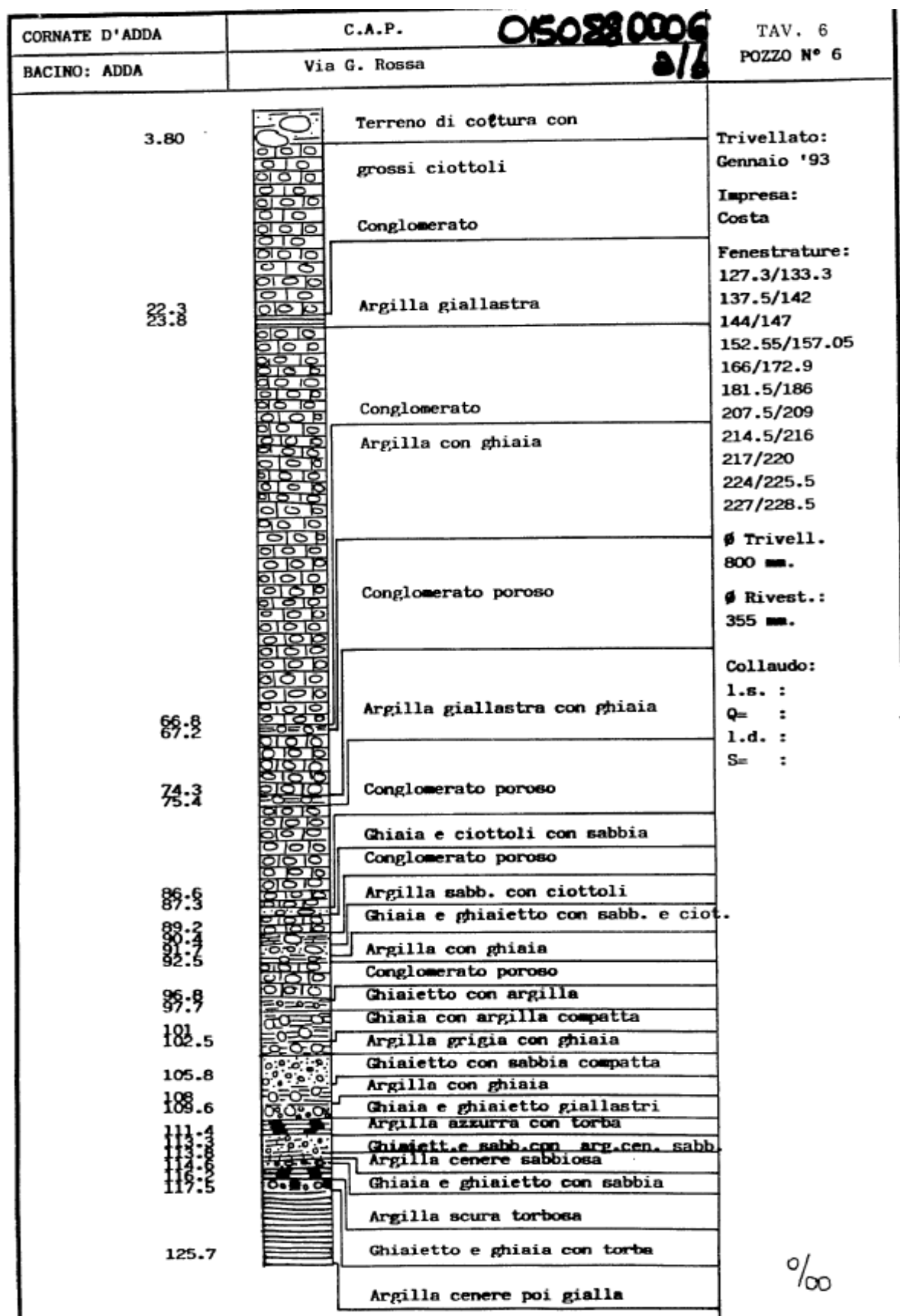
Di seguito si riportano i valori di soggiacenza forniti da Brianzacque relativi ai due pozzi pubblici attivi per gli anni 2021, 2022 e 2023. Sulla base di questi valori è stata ricostruita la soggiacenza della falda acquifera riportata nell'Allegato PR.05.03

#### VALORI DI SOGGIACENZA DEI POZZI PUBBLICI ATTIVI

| UBICAZIONE   | CODICE SIF | QUOTA  | 2021  |       | 2022  |       |       | 2023  |       |       |     |
|--------------|------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
|              |            |        | FEBB  | NOV   | MAR   | LUGL  | SETT  | GENN  | APR   | AGO   | OTT |
| VIA G. ROSSA | 0150880005 | 218,43 | 62,60 | 64,10 | 64,65 | 65,30 | 64,45 | 65,90 | 66,80 | 64,40 | ND  |
| VIA G. ROSSA | 0150880006 | 217,37 | 61,25 | 62,00 | 62,60 | 63,40 | 62,40 | 64,10 | 65,60 | 62,25 | ND  |

Di seguito si riportano le stratigrafie di alcuni pozzi pubblici attivi e non attivi:





CARLO DEGIOANNI - geologo – via Don Minzoni 4 - 20062 Cassano d'Adda (MI) - tel. 339.3342169  
 e-mail: [studiogeologia.degioanni@gmail.com](mailto:studiogeologia.degioanni@gmail.com) - Ordine dei Geologi della Lombardia  
 Albo n. 764 AP sezione A

| CORNATE D'ADDA | C.A.P.                                                                             | 0150880006                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | TAV. 6     |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| BACINO: ADDA   | Via G. Rossa                                                                       | 6/6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | POZZO N° 6 |
|                |  | <p>Conglomerato fessurato</p> <p>134 Argilla sabbiosa</p> <p>Conglomerato poroso</p> <p>143.5 Argilla giallastra</p> <p>144.0</p> <p>148 Conglomerato poroso</p> <p>151.2 Argilla plastica</p> <p>157.4 Ghiaia e ghiaietto con lenti</p> <p>Argillose grigie</p> <p>163 Ghiaia con argilla vari colori</p> <p>Conglomerato poroso</p> <p>Argilla vari colori con</p> <p>173.5</p> <p>Straterelli di congl. e arenaria</p> <p>180.6 Conglomerato poroso</p> <p>Argilla con conglomerato</p> <p>186.7</p> <p>187.2</p> <p>188.5</p> <p>190 Conglomerato durissimo</p> <p>193.5 Argilla gialla con conglomerato</p> <p>e argilla blu</p> <p>Argilla, ghiaietto, torba e fossili</p> <p>Argilla sabbiosa gialla</p> <p>201.5</p> <p>204.7 Ghiaia e argilla gialla</p> <p>206.8</p> <p>208.7</p> <p>210.10 Ghiaia con conglomerato e argilla sabbiosa gialla</p> <p>212.5</p> <p>213.4 Conglomerato poroso</p> <p>Argilla giallastra</p> <p>Conglomerato durissimo</p> <p>Argilla</p> <p>238 Conglomerato poroso</p> |            |

CARLO DEGIOANNI - geologo – via Don Minzoni 4 - 20062 Cassano d'Adda (MI) - tel. 339.3342169  
e-mail: [studiogeologia.degioanni@gmail.com](mailto:studiogeologia.degioanni@gmail.com) - Ordine dei Geologi della Lombardia  
Albo n. 764 AP sezione A

## 5.5 Vulnerabilità dell'acquifero

La vulnerabilità intrinseca di un'area viene definita principalmente in base alle caratteristiche e allo spessore dei terreni attraversati.

Al fine di determinare la vulnerabilità intrinseca della falda nel territorio di Cornate d'Adda è stato adottato il metodo di valutazione della vulnerabilità denominato G.O.D. (Foster et al., 2002 – Fig. 7).

I risultati di tali valutazioni sono stati rappresentati cartograficamente nell'Allegato PR.05.06 "Carta di Sintesi".

Il metodo G.O.D. (acronimo di Groundwater confinement, Overlaying strata, Depth to groundwater table) proposto da Foster (2002) valuta la vulnerabilità intrinseca di un acquifero come il prodotto dei seguenti fattori:

**G** = grado di confinamento dell'acquifero;

**O** = caratteristiche litologiche e grado di coesione 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.

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 e allo stato di coesione delle rocce della zona non satura, per gli acquiferi non confinati, o degli strati confinanti, per gli acquiferi in pressione, (O) compete un punteggio variabile tra 0.4 e 1.

Al termine soggiacenza della falda a superficie libera nel caso di acquifero non confinato, e alla profondità del tetto dell'acquifero, per gli acquiferi confinati (D), può essere assegnato, infine, un punteggio compreso tra 0.6 e 1.

$$\text{Indice G.O.D.} = G \times O \times D$$

Tale valore di vulnerabilità intrinseca della falda può essere compreso tra 0 e 1 e corrisponde a sei gradi di vulnerabilità:

| GRADI | MAGNITUDO | VULNERABILITA' INTRINSECA |
|-------|-----------|---------------------------|
| 1°    | 0 – 0.1   | TRASCURABILE              |
| 2°    | 0.1 – 0.3 | BASSA                     |
| 3°    | 0.3 – 0.5 | MODERATA                  |
| 4°    | 0.5 – 0.7 | ALTA                      |
| 5°    | 0.7 - 1   | ESTREMA                   |

Il territorio comunale di Cornate d'Adda sulla base dell'uso del suolo e in funzione delle caratteristiche litologiche dei terreni, è stato suddiviso in tre aree, quali:

- Aree antropizzate/urbanizzate, pressoché impermeabili;
- Aree non antropizzate/urbanizzate caratterizzate da terreni superficiali fini e limosi con bassa permeabilità;
- Aree non antropizzate/urbanizzate caratterizzate da terreni superficiali grossolani con alta permeabilità ( $10^{-2}$ -  $10^{-3}$  m/sec)

La tabella seguente esplica gli indici G.O.D. calcolati per le tre zone.

| <b>ZONA</b>                                                      | <b>G</b> | <b>O</b> | <b>D</b> | <b>INDICE<br/>GOD</b> | <b>VULNERABILITA'<br/>INTRINSECA</b> |
|------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|-----------------------|--------------------------------------|
| Aree urbanizzate                                                 | 0.6      | 0.5      | 0.7      | 0.210                 | BASSA                                |
| Aree caratterizzate da depositi fini limosi a bassa permeabilità | 0.6      | 0.5      | 0.7      | 0.210                 | BASSA                                |
| Aree caratterizzate da depositi grossolani ad alta permeabilità  | 0.6      | 0.8      | 0.7      | 0.336                 | MODERATA                             |

Sulla base delle classi di vulnerabilità il territorio comunale è stato distinto in due classi di vulnerabilità, bassa e moderata, le cui estensioni sono individuate all'interno della "Carta di Sintesi" – Allegato PR.05.06

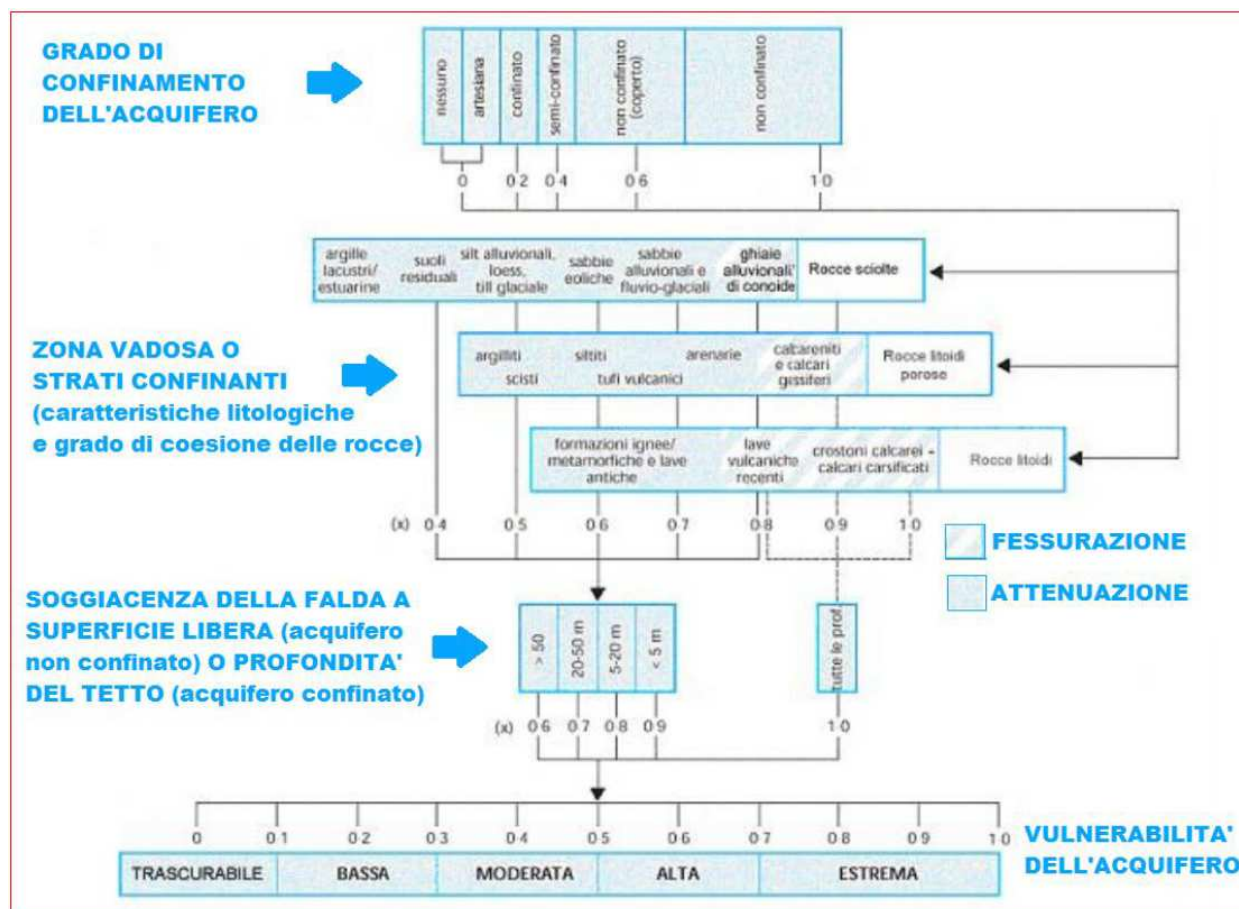


Fig. 7: metodo empirico G.O.D. per una valutazione rapida della vulnerabilità intrinseca dell'acquifero all'inquinamento (Foster et al., 2002).

## 7. ANALISI DEL RISCHIO SISMICO

### Premessa

In seguito alla pubblicazione della D.g.r. n. X/2129 del 11 luglio 2014 “*Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia*”, il Comune di Cornate d'Adda è passato **dalla zona sismica 4 (figura 1) alla zona sismica 3 (figura 2)**.

Ciò comporta, come disposto dalla citata Deliberazione, che i comuni riclassificati provvedano “*ad aggiornare la componente sismica degli studi geologici a supporto degli strumenti urbanistici, secondo le disposizioni di cui ai vigenti criteri attuativi dell'art.57 della l.r. 12/2005*”, definiti nella D.g.r. IX/2616/2011 “*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*”.

Si rende quindi obbligatorio il 2° livello di approfondimento nelle zone PSL Z3 e Z4 (individuato attraverso il 1° livello) interferenti con urbanizzato e/o con le aree di espansione urbanistica (tabella 1).

Per quanto riguarda l'individuazione delle zone di PSL, si rimanda al 1° livello di approfondimento sismico esteso a tutto il territorio comunale (inserito nello “Studio geologico, idrogeologico e sismico” del vigente PGT – anno 2011).

|                                 | <b>1° Livello<br/>Fase<br/>Pianificatoria</b> | <b>2° Livello<br/>Fase Pianificatoria</b>                                                                                  | <b>3° Livello<br/>Fase Progettuale</b>                                                                                                               |
|---------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Zona<br/>sismica<br/>2-3</b> | obbligatorio                                  | Nelle zone PSL Z3 e Z4 se <u>interferenti con urbanizzato e urbanizzabile</u> , ad esclusione delle aree già inedificabili | Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale<br><br>Nelle zone PSL Z1 e Z2                                     |
| <b>Zona<br/>sismica 4</b>       | obbligatorio                                  | Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03)          | Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale;<br><br>Nelle zone PSL Z1 e Z2 per edifici strategici e rilevanti |

Tab. 1: livelli di approfondimento sismico e fasi di applicazione in funzione della zona sismica.

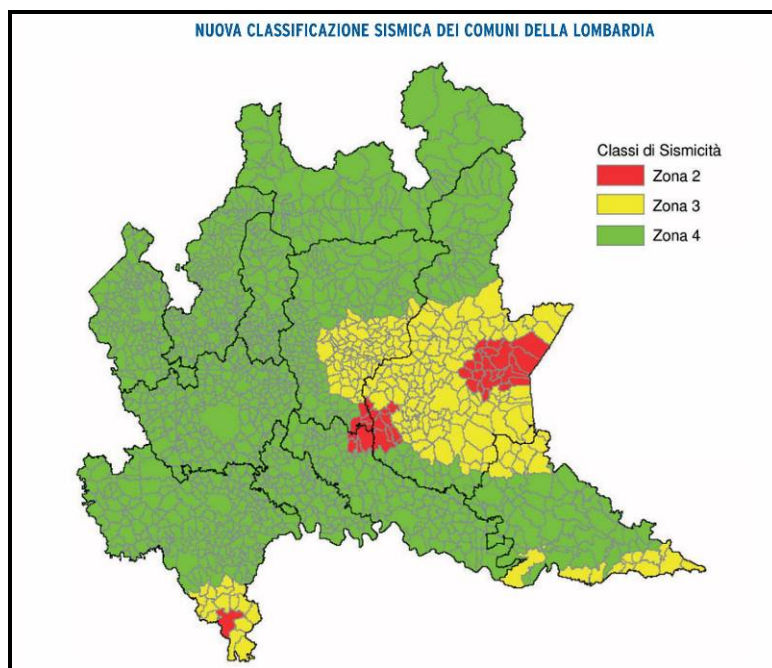


Fig. 8: classificazione sismica dei comuni della Lombardia in seguito all'Ordinanza 3274/2003 (D.G.R. n.7/14964 del 7 novembre 2003).

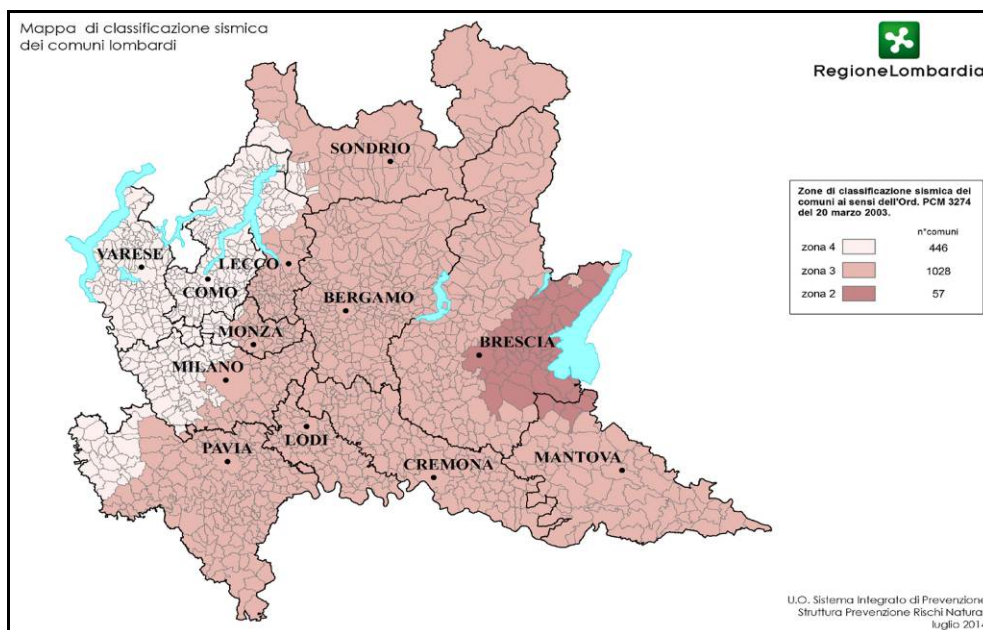


Fig. 9: classificazione sismica dei comuni della Lombardia (D.g.r. n. X/2129 del 11.07.2014).

Il passaggio dalla zona sismica 4 alla zona 3 deriva dal recepimento da parte della Regione Lombardia della O.P.C.M. 3519/2006 *“Criteri generali per l'identificazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”* con la quale viene fornita la Mappa di Pericolosità Sismica di riferimento a scala nazionale ed i valori soglia per l'attribuzione delle zone sismiche (tabella 2).

| Zona | Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [ $a_g$ ] | Accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [ $a_g$ ] |
|------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1    | $0.25 < a_g \leq 0.35g$                                                       | 0.35 g                                                                                                     |
| 2    | $0.15 < a_g \leq 0.25g$                                                       | 0.25 g                                                                                                     |
| 3    | $0.05 < a_g \leq 0.15g$                                                       | 0.15 g                                                                                                     |
| 4    | $\leq 0.05g$                                                                  | 0.05 g                                                                                                     |

Tab. 2: valori di accelerazione orizzontale per l'attribuzione della zona sismica (OPCM 3519/2006).

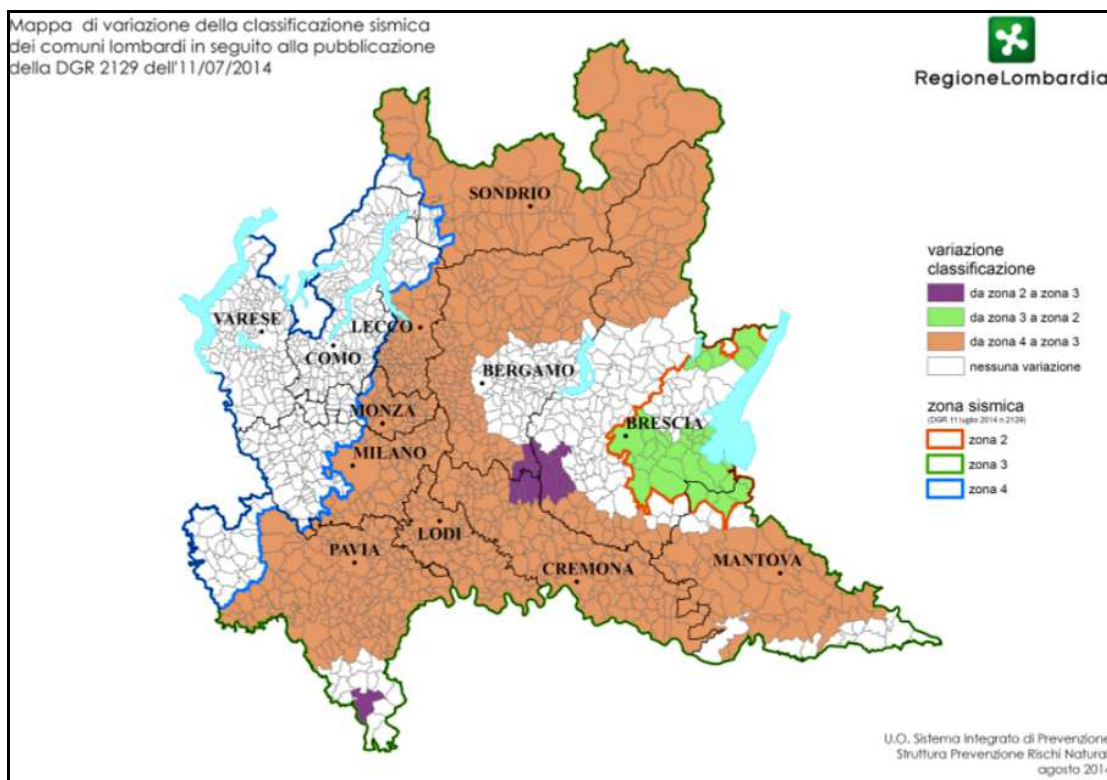


Fig. 10: mappa di variazione della classificazione sismica dei comuni della regione Lombardia.

In figura 11 si riporta un estratto della mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (elaborazione INGV 2006 e 2008 - valore di accelerazione orizzontale con la probabilità del 10% di essere ecceduto almeno una volta nei prossimi 50 anni su suolo rigido – periodo di ritorno di 475 anni) centrato sul territorio di Cornate d'Adda, da cui si ricava che l'accelerazione orizzontale massima attesa su suolo rigido è contenuta nell'intervallo tra **0.075g e 0.100 g**, ovvero superiore alla soglia della zona sismica 4 (la mappa di pericolosità sismica costituisce il riferimento di partenza per il calcolo dell'azione sismica del D.M. 17.01.2018).

La D.g.r. n. X/2129 del 11 luglio 2014 assegna infatti al comune di Cornate d'Adda un valore di accelerazione massima ( $A_{GMAX}$ ) presente all'interno del territorio comunale pari a 0.085432g sulla base del quale il comune è stato assegnato alla zona sismica 3.

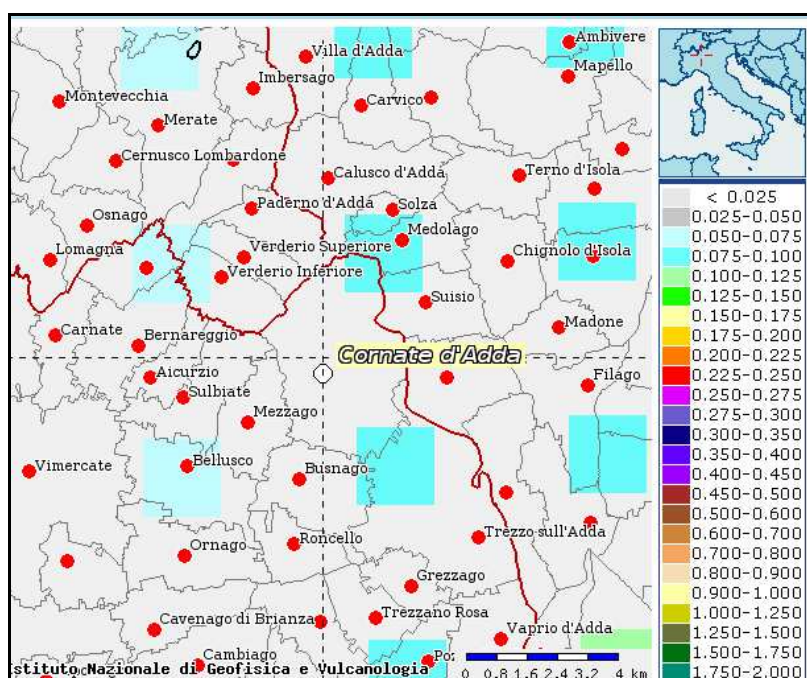


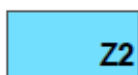
Fig. 11: mappa della pericolosità sismica relativa all'area di Cornate d'Adda.

L'aggiornamento della componente sismica dello studio geologico a supporto del PGT consente di dotare il Comune di Cornate d'Adda di uno strumento aggiornato di previsione degli **effetti locali del suolo in caso di sisma**, caratterizzando in modo semi-quantitativo gli effetti di modifica della pericolosità sismica di base dovuta alle caratteristiche litologiche e sismiche dei terreni che costituiscono il territorio in esame. Ciò permette di valutare l'adeguatezza dell'approccio semplificato previsto dalla normativa antisismica nazionale nel considerare gli effetti locali nella definizione dell'azione sismica (Cap. 3.2.2 *Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche* – D.M. 17.01.2018).

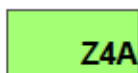
### Pericolosità sismica locale per il territorio di CORNATE D'ADDA

Dalla sovrapposizione tra i diversi geo-tematismi riportati nello studio geologico del PGT è stata effettuata l'analisi sismica di 1° livello e predisposta la *Carta della Pericolosità sismica Locale PSL (Allegato PR.05.04)* in scala 1:10.000, alla quale si rimanda per ogni dettaglio. Nella predetta carta vengono identificate le aree suscettibili di modifica del moto sismico, riconducibile a caratteristiche geologiche, geomorfologiche e geotecniche (scenario di pericolosità sismica locale).

Come mostrato nella carta di PSL, il territorio comunale è caratterizzato dai seguenti scenari:



SCENARIO:  
zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti  
EFFETTI:  
cedimenti e/o liquefazioni



SCENARIO:  
zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o  
fluvioglaciali granulari e/o coesivi  
EFFETTI:  
amplificazioni litologiche



SCENARIO:  
zona di ciglio  $H > 10$  m  
EFFETTI:  
amplificazioni topografiche



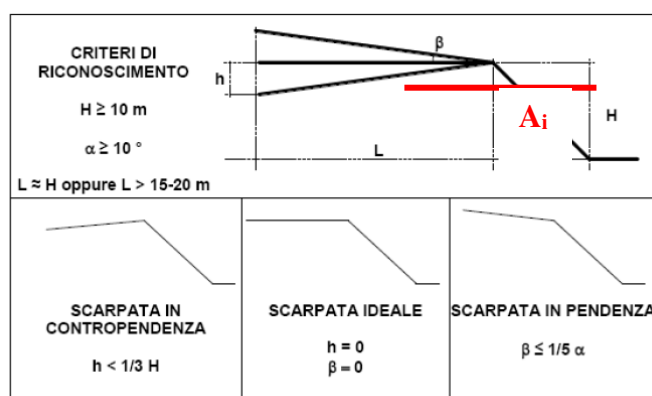
SCENARIO:  
zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con  
caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse  
EFFETTI:  
comportamenti differenziali

| 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              |

Tab. 3: scenari di Pericolosità Sismica Locale – Analisi sismica di 1° livello D.g.r. IX/2616/2011.

### Amplificazione topografica – scenario di PSL Z3a

Lo scenario della zona di scarpata **Z3a** è caratterizzato da una irregolarità morfologica con fronti di altezza ( $H$ ) uguale o superiore a 10 m ed inclinazione ( $\beta$ ) del fronte principale uguale o superiore a  $10^\circ$ . In *tabella 4* si riportano i criteri di riconoscimento che consentono di individuare la relativa classe di riferimento.



Tab. 4: criteri geometrici di riconoscimento per le scarpate (DGR 9/2616/2011).

Sulla base delle geometrie delle scarpate morfologiche presenti sul territorio comunale, la classe di appartenenza è sia la n. 1 (altezza dell'ordine dei 10-20 m) che la n.2 (altezza dell'ordine dei 20-40 m), caratterizzata da un **fattore di amplificazione**  $Fa_{topo} = 1.1-1.2$  ed una zona di influenza A dei fenomeni di amplificazione sismica pari o  $\frac{3}{4}$  dell'altezza della scarpata (tabella 5).

Per tali condizioni geometriche le NTC18 individuano una categoria topografica di tipo T2 caratterizzata da un coefficiente di amplificazione topografico  $S_T=1.2$ , ovvero uguale o superiore ai valori definiti di  $Fa_{topo}$ .

Per tale ragione, in caso di nuove costruzioni ubicate all'interno dello scenario di PSL Z3a, è possibile utilizzare il fattore di amplificazione topografico definito dalle NTC18 (categoria topografica T2), in quanto sufficiente nel considerare tali aspetti.

| Classe di appartenenza | Classe altimetrica                    | Classe di inclinazione               | Valore di Fa | Area di influenza     |
|------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--------------|-----------------------|
| A                      | $10\text{ m} \leq H \leq 20\text{ m}$ | $10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ | 1.1          | $A_i = H$             |
| B                      | $20\text{ m} < H \leq 40\text{ m}$    | $10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ | 1.2          | $A_i = \frac{3}{4} H$ |
| C                      | $H > 40\text{ m}$                     | $10^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$ | 1.1          | $A_i = \frac{2}{3} H$ |
|                        |                                       | $20^\circ < \alpha \leq 40^\circ$    | 1.2          |                       |
|                        |                                       | $40^\circ < \alpha \leq 60^\circ$    | 1.3          |                       |
|                        |                                       | $60^\circ < \alpha \leq 70^\circ$    | 1.2          |                       |
|                        |                                       | $\alpha > 70^\circ$                  | 1.1          |                       |

Tab. 5: classi di appartenenza per amplificazione sismiche di tipo topografico.

#### Analisi sismica di 2° livello – Scenario di PSL Z4a

L'analisi sismica di 2° livello prevista dalla D.g.r. IX/2616/2011 consiste nella caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi e si concretizza con una stima della risposta sismica dei terreni in termini di Fattore di amplificazione (Fa).

La valutazione del fattore Fa permette di "quantificare" l'effetto prodotto dalle caratteristiche stratigrafiche e/o morfologiche capaci di modificare l'intensità delle onde sismiche generate da un terremoto (pericolosità di base).

La procedura prevede il confronto tra il valore di Fa caratteristico dell'area (FAC) ed il valore di Fa caratteristico del territorio comunale: quest'ultimo valore, detto di "soglia" (FAS), è contenuto in un apposito elenco redatto dalla Regione Lombardia.

Per il Comune di Cornate d'Adda i valori di Fa di soglia, riferiti all'intervallo 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s per le diverse categorie di sottosuolo soggette ad amplificazioni litologiche (B, C, D e E), sono i seguenti:

| Fa_Soglia - FAS |         |         |         |         |
|-----------------|---------|---------|---------|---------|
| Intervallo      | Suolo B | Suolo C | Suolo D | Suolo E |
| 0.1-0.5         | 1.4     | 1.8     | 2.2     | 2.0     |
| 0.5-1.5         | 1.7     | 2.4     | 4.2     | 3.1     |

Tab. 6: valori di soglia del fattore di amplificazione per il comune di Cornate d'Adda - Regione Lombardia.

I due intervalli per i quali viene calcolato il valore di Fa derivano dal periodo proprio delle tipologie costruttive che costituiscono la maggior parte del patrimonio edilizio: in particolare l'intervallo tra 0.1-0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e rigide (massimo 5 piani), mentre l'intervallo 0.5-1.5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili (edifici con più di 5 piani).

Lo **scenario Z4a** descrive la possibilità che si verifichino effetti di amplificazione sismica correlabili alle caratteristiche stratigrafiche e meccaniche dei terreni che costituiscono il substrato (amplificazione di tipo litologico). Per effettuare l'analisi di 2° livello con uno scenario Z4a è necessaria la conoscenza dei seguenti parametri: 1) litologia prevalente dei materiali presenti nel sito; 2) stratigrafia del sito; 3) andamento delle Vs con la profondità e spessore e velocità di ciascuno strato.

Tali parametri possono essere ricavati con metodi differenti, ciascuno contraddistinto da un diverso grado di attendibilità, così come riportato nella tabella seguente.

| <b>Dati</b>                         | <b>Attendibilità</b> | <b>Tipologia</b>                                          |
|-------------------------------------|----------------------|-----------------------------------------------------------|
| <b>Litologici</b>                   | Bassa                | Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe                |
|                                     | Alta                 | Da prove di laboratorio e da prove in sito                |
| <b>Stratigrafici<br/>(spessori)</b> | Bassa                | Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe                |
|                                     | Media                | Da prove indirette (penetrometriche e/o geofisiche)       |
|                                     | Alta                 | Da indagini dirette (sondaggi)                            |
| <b>Geofisici (Vs)</b>               | Bassa                | Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe                |
|                                     | Media                | Da prove indirette e relazioni empiriche                  |
|                                     | Alta                 | Da prove dirette (sismica in foro o sismica superficiale) |

*Tab. 7: livelli di attendibilità per la stima del rischio sismico e delle amplificazioni di sito.*

La valutazione dei fattori di amplificazione è stata effettuata attraverso una specifica campagna di indagini geofisiche (prove MASW): in *figura 12* si riporta l'ubicazione delle aree indagate (A1\_PGT=MASW1 e A2\_PGT=MASW2).

Per tali aree è stato ricostruito l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità (Vs-z – modello sismico monodimensionale) attraverso il quale sono state valutate le possibili modifiche della pericolosità sismica di base (accelerazione attesa su suolo rigido o suolo A) dovute alle proprietà dei terreni che costituiscono l'area stessa (fattori di amplificazione Fa).

In *figura 13* si riportano i profili di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità ricostruiti per le aree investigate.

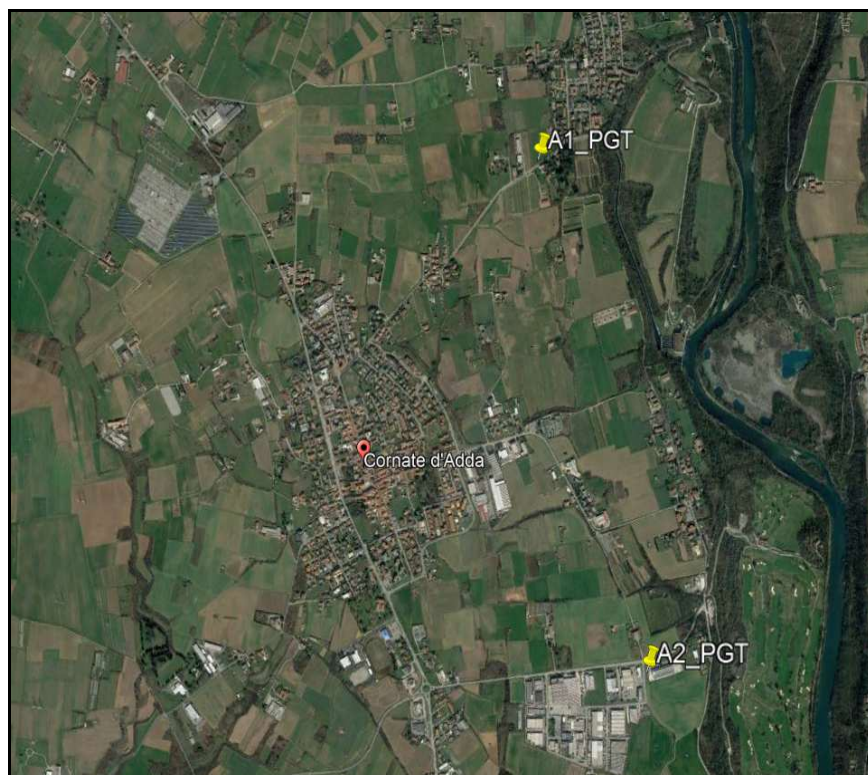


Fig. 12: individuazione delle aree all'interno delle quali sono state eseguite le indagini geofisiche.

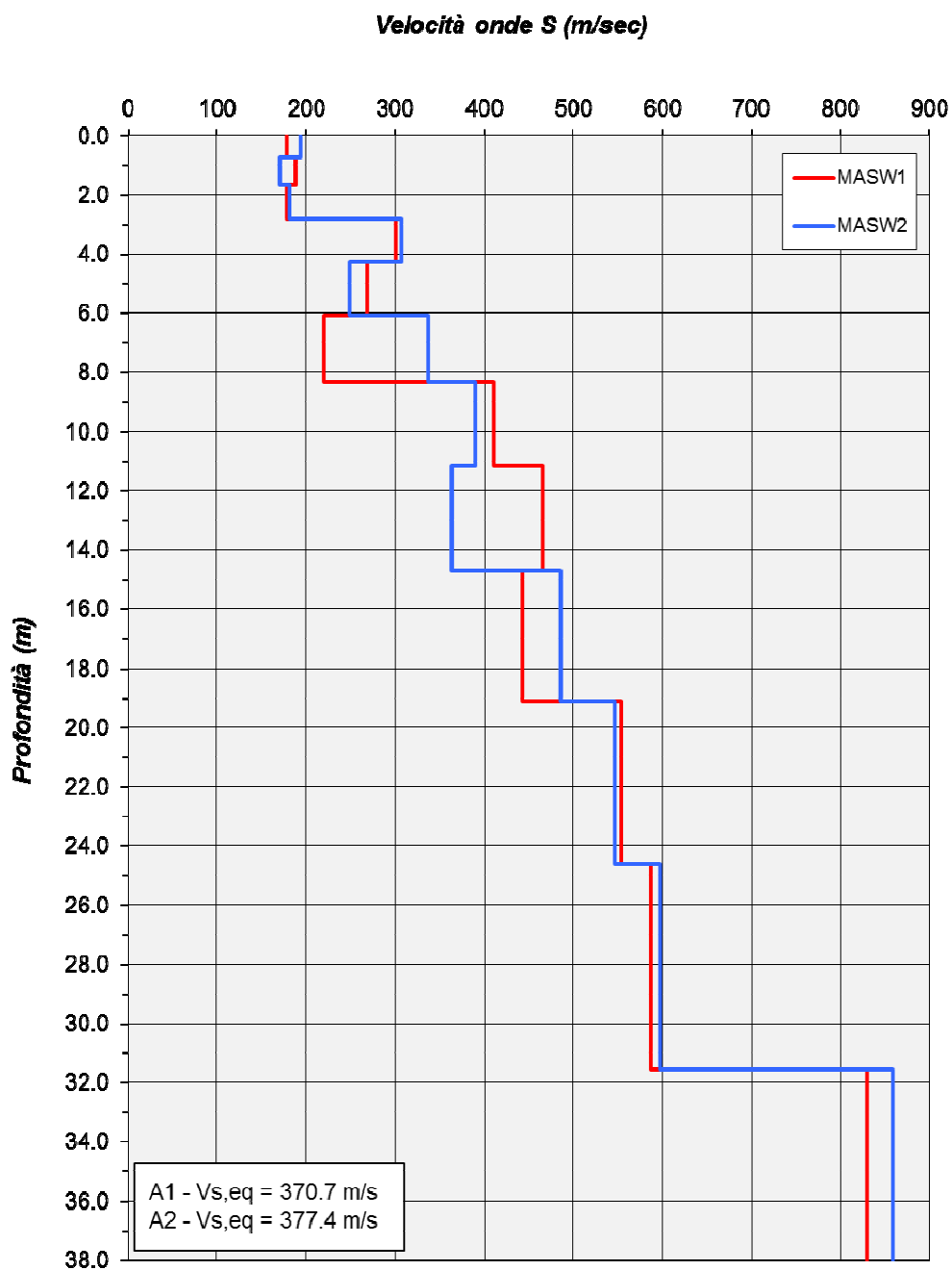


Fig. 13: andamento con la profondità della velocità delle onde sismiche di taglio per le aree indagate.

Secondo la procedura prevista per il 2° livello di approfondimento, il primo passo consiste nell'individuare la scheda litologica di riferimento che meglio approssima l'andamento del profilo Vs-z proprio del sito in esame (andamento Vs-z posto all'interno del "campo di validità" della scheda).

All'interno della scheda stabilita, in funzione della profondità e della velocità delle onde S dello strato superficiale, è stata scelta la curva più appropriata per la valutazione del valore di Fa, calcolando successivamente il periodo proprio del sito con la seguente espressione:

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

dove  $h_i$  e  $V_{s_i}$  sono lo spessore e la velocità dello strato i-esimo del modello fino al bedrock sismico (strato con  $V_s > 800$  m/s).

In questo modo, utilizzando l'equazione propria della curva stabilita, è stato possibile determinare il fattore di amplificazione Fa.

Sulla base dei modelli monodimensionali ricostruiti, si ottengono i seguenti risultati (il calcolo della velocità dello strato equivalente è stato fatto a partire da -1.0 m da p.c.):

| Area | Categoria Sottosuolo da $V_{s,eq}$ | Scheda            | Curva | Periodo $T_0$ [s] | Fa (0.1-0.5) | Fa (0.5-1.5) |
|------|------------------------------------|-------------------|-------|-------------------|--------------|--------------|
| A1   | B                                  | Limoso-argillosa2 | 3     | 0.27              | 1.7          | 1.2          |
| A2   | B                                  | Limoso-argillosa2 | 3     | 0.27              | 1.7          | 1.2          |

*Valutazione dei fattori di amplificazione per le aree in esame.*

Successivamente i valori di Fa ottenuti con l'analisi di 2° livello (tabella 8) sono stati confrontati con i corrispettivi valori di Fa di soglia (tabella 6), da cui risulta:

| Area | Cat. Sottosuolo | Fa (0.1-0.5) |         |                         | Fa (0.5-1.5) |         |                         |
|------|-----------------|--------------|---------|-------------------------|--------------|---------|-------------------------|
|      |                 | FAC          | FAS     | Verifica $FAC \leq FAS$ | FAC          | FAS     | Verifica $FAC \leq FAS$ |
| A1   | B               | 1.7          | 1.4+0.1 | No                      | 1.2          | 1.7+0.1 | Si                      |
| A2   | B               | 1.7          | 1.4+0.1 | No                      | 1.2          | 1.7+0.1 | Si                      |

Tab. 8: verifica dei fattori di amplificazione di sito.

## Conclusioni e prescrizioni

Lo studio relativo alla pericolosità sismica locale ha evidenziato come l'intero territorio comunale sia soggetto a fenomeni di amplificazione locale generati dalle caratteristiche litologiche dei terreni che costituiscono il sottosuolo (**scenario di PSL del tipo Z4a**).

L'applicazione dell'analisi sismica di 2° livello ai sensi della d.g.r. IX/2616/2011 nelle aree indagate nel corso del presente aggiornamento ha evidenziato che la categoria di sottosuolo ricavata secondo le procedure contenute nella normativa antisismica (approccio semplificato secondo il D.M. 17.01.2018) per **una categoria di sottosuolo di tipo B non è mediamente sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica** propri del sito **per le strutture con periodo proprio compreso tra 0.1 e 0.5s**, mentre risulta **sufficiente per l'intervallo di periodo compreso tra 0.5 e 1.5 s**:

- Categoria di sottosuolo B  $FAC > FAS$  per intervallo 0.1-0.5s;
- Categoria di sottosuolo B  $FAC \leq FAS$  per l'intervallo 0.5-1.5s

Per l'intervallo di periodo compreso tra 0.1 e 0.5 s, la condizione  $FAC \leq FAS$  viene raggiunta utilizzando una **categoria di sottosuolo di tipo C**.

Tale risultato è applicabile alle sole aree indagate e nelle valutazioni dei fattori di amplificazione si sottolinea che le analisi sono state condotte a partire da -1.0 m da p.c.: si potrebbero ottenere delle variazioni dei valori di  $F_a$  o anche della scheda litologica di riferimento a seconda del sottosuolo sismico di riferimento specifico, che è quello ove poggiano direttamente le fondazioni degli edifici.

Per tali ragioni, ***qualsiasi trasformazione d'uso del suolo e qualsiasi nuova edificazione, dovrà essere preceduta da una valutazione della pericolosità sismica locale attraverso l'attuazione del 2° livello di approfondimento, secondo quanto riportato nella D.G.R. 9/2616/2011. Tale analisi si dovrà basare su apposite indagini geofisiche, riferite all'area ed all'intervento specifico, in grado di ricostruire il profilo Vs-profondità secondo quanto stabilito dal D.M. 17.01.2018 (indagini sito specifiche).***

Qualora il fattore  $F_{a\text{sito}}$  risultasse inferiore a  $F_{a\text{soglia}}$ , in fase progettuale si potrà definire l'azione sismica di progetto attraverso la categoria di sottosuolo ai sensi delle NTC18. Nel caso in cui invece  $F_{a\text{sito}}$  risultasse maggiore a  $F_{a\text{soglia}}$ , dovrà essere definita l'azione sismica

di progetto, applicando o l'analisi sismica di 3° livello o lo spettro di norma adeguato (categorie di sottosuolo superiori che soddisfino la condizione  $F_{a_{\text{sito}}} < F_{a_{\text{soglia}}}$ ).

Si sottolinea infine che lo spettro previsto dalla normativa con la procedura semplificata (categorie di sottosuolo) potrebbe non cogliere alcuni aspetti correlati a processi di amplificazione molto marcati per specifici periodi: per questo si consiglia, in fase di progettazione di edifici pubblici e con valenza strategico-rilevante, di effettuare comunque l'approfondimento sismico di 3° livello.

Per gli interventi ricadenti nello scenario di **PSL del tipo Z2a** è necessario in via preliminare verificare l'esclusione del fenomeno della liquefazione o sulla base delle condizioni previste dalle NTC18 o utilizzando i metodi semplificati-ingegneristici basati sul calcolo del rapporto CSR/CRR impiegando i risultati delle indagini in sito (prove penetrometriche dinamiche/statiche, prove SPT in foro di sondaggio, indagini geofisiche). Una volta esclusa la liquefazione è necessario applicare le prescrizioni sopra riportate per lo scenario di PSL del tipo Z4a.

Con riferimento al rischio di liquefazione dei terreni di fondazione, il territorio di Cornate d'Adda si colloca in prossimità del bordo della zona sismogenetica 907 (denominata "Bergamasco") caratterizzata da una magnitudo di riferimento  $M_w=6.14$ , un valore di  $a_{\text{max}}$  di circa 0.093-0.116g (valore riferito al centro del territorio comunale – condizione SLV,  $V_R=50$  anni e categoria sottosuolo B e C) ed una soggiacenza media della falda superiore ai 15 m da p.c. in corrispondenza del territorio comunale delimitato ad est dalla scarpata morfologica del fiume Adda ("ripiano di Cornate d'Adda-Colnago" e "ripiano di Porto d'Adda-Villa Paradiso")

**La condizione di profondità della falda è tale da escludere, ai sensi delle NTC18 (Cap. 7.11.3.4.2), la verifica del potenziale di liquefazione dei terreni in condizioni sismiche.**

### **Indagine MASW A1**

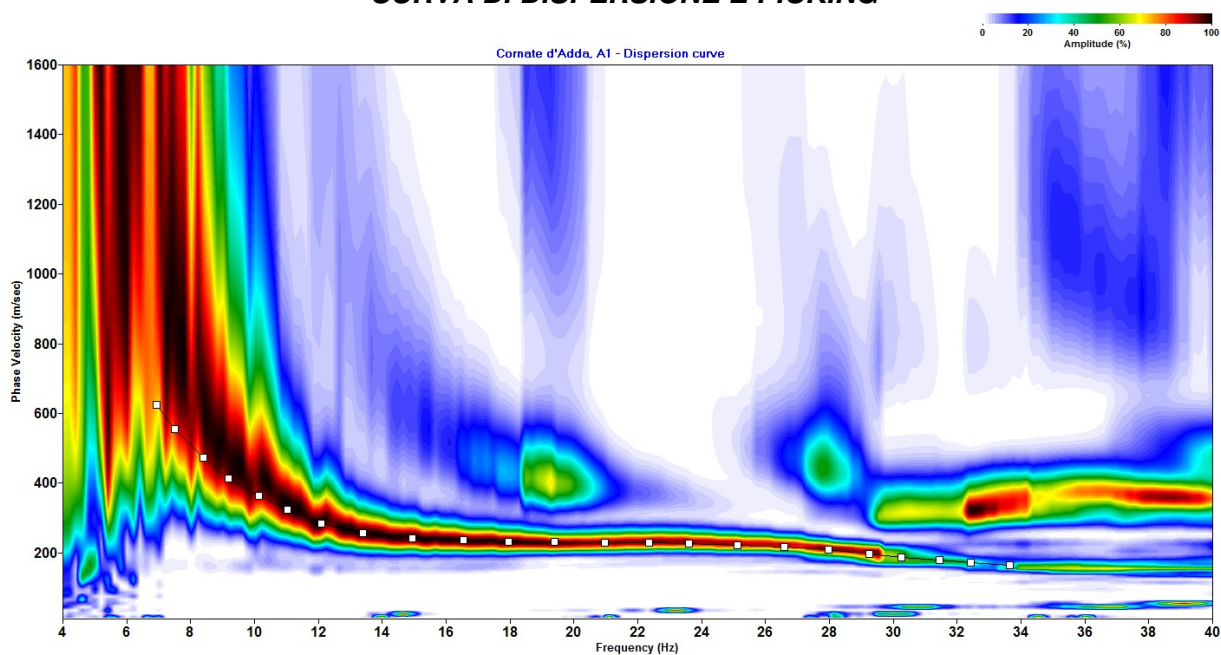
Acq. attiva: 24 geofoni con interdistanza = 1.5 m, Sorgente = 6-12 m,  $T_S = 1$  msec,  $T_L = 2$  sec.

Acq. passiva: 24 geofoni con interdistanza = 1.5 m,  $T_S = 4$  msec,  $T_L = 30$  sec.



Fig. 14: ubicazione indagine MASW A1

### ***CURVA DI DISPERSIONE E PICKING***



**CARLO DEGIOANNI - geologo – via Don Minzoni 4 - 20062 Cassano d'Adda (MI) - tel. 339.3342169**  
**e-mail: [studiogeologia.degioanni@gmail.com](mailto:studiogeologia.degioanni@gmail.com) - Ordine dei Geologi della Lombardia**  
**Albo n. 764 AP sezione A**

### **Indagine MASW A2**

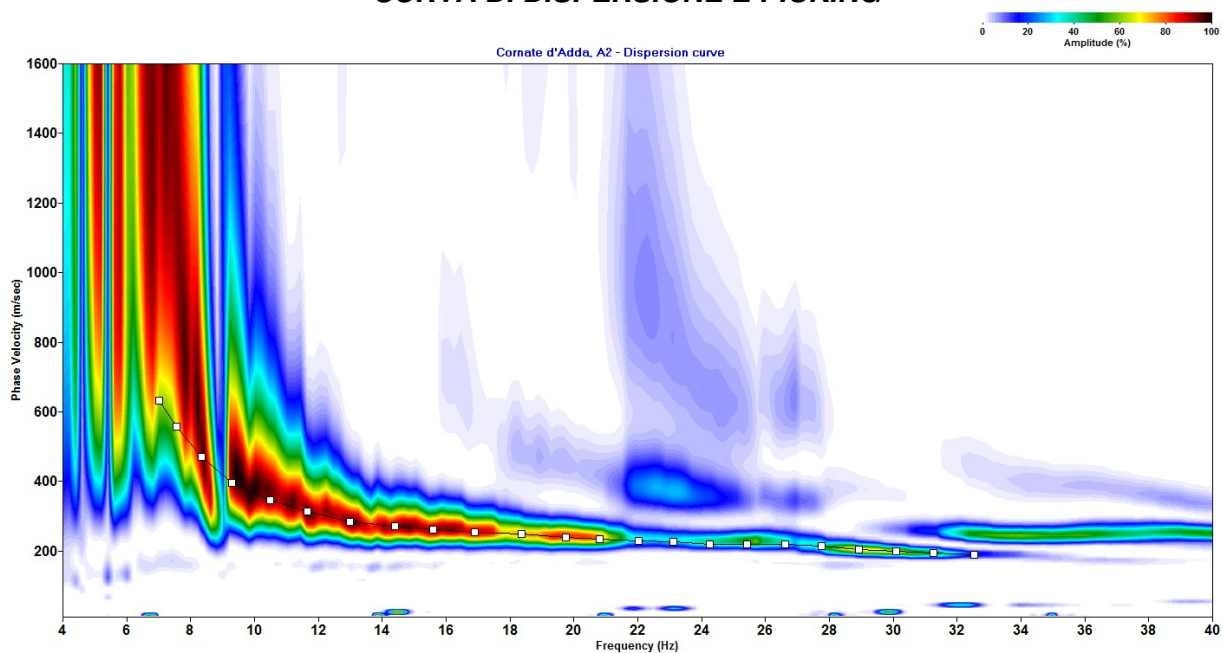
Acq. attiva: 24 geofoni con interdistanza = 1.5 m, Sorgente = 6-12 m,  $T_S = 1$  msec,  $T_L = 2$  sec.

Acq. passiva: 24 geofoni con interdistanza = 1.5 m,  $T_S = 4$  msec,  $T_L = 30$  sec.



Fig. 15: ubicazione indagine MASW A2

### ***CURVA DI DISPERSIONE E PICKING***



**CARLO DEGIOANNI - geologo – via Don Minzoni 4 - 20062 Cassano d'Adda (MI) - tel. 339.3342169**  
**e-mail: [studiogeologia.degioanni@gmail.com](mailto:studiogeologia.degioanni@gmail.com) - Ordine dei Geologi della Lombardia**  
**Albo n. 764 AP sezione A**

## **8. VINCOLI**

Nella carta dei vincoli sono stati cartografati i vincoli di natura fisico-ambientale e geologica, limitanti nella fattibilità geologica delle azioni di piano. In particolare sono stati cartografati:

- Le fasce Fluviali PAI;
- le aree potenzialmente interessate da alluvioni del Fiume Adda (alluvioni frequenti P3/H, poco frequenti P2/M e rare P1/L) secondo il PGRA - Direttiva Derivazioni (rev. 2019);
- il reticolato idrografico: le attività consentite e quelle vietate, così come le fasce di rispetto, sono normate da specifico regolamento di polizia idraulica;

Nello specifico elaborato cartografico, inoltre, sono stati cartografati anche i vincoli derivanti dal P.T.C.P., in particolare:

- gli orli di terrazzo;
- i geositi di rilevanza regionale;
- gli ambiti vallivi dei corsi d'acqua.

## 9. SINTESI

La Carta di Sintesi costituisce il documento nel quale vengono riassunti tutti i fenomeni naturali ed antropici che costituiscono una limitazione geologica alle scelte urbanistiche: l'elaborato contiene gli elementi più significativi emersi nella fase di analisi.

Nella cartografia di sintesi sono stati rappresentati i lineamenti più significativi dopo aver classificato l'intero territorio comunale per aree omogenee; in quest'ultima operazione, sono state prese in considerazione le seguenti componenti:

- **Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico;**
- **aree vulnerabili dal punto di vista idraulico;**
- **aree che presentano problematiche relativamente alla stabilità dei versanti;**
- **aree con scadenti caratteristiche geotecniche;**
- **pericolosità relativa al fenomeno degli occhi pollini.**

Tra le tematiche morfologiche, idrogeologiche e idrografiche sono stati inoltre rappresentati:

- le **scarpate morfologiche** di rilevanza paesistica (parte delle quali sono già sottoposte a tutela del PTCP);
- tutti i **corpi idrici superficiali** già assoggettati a specifico regolamento di polizia idraulica;
- i **pozzi acquedottistici** attivi.

## **10. IL PIANO DI GESTIONE DEI RISCHI DI ALLUVIONE – CARTA DEL PAI-PGRA**

Il *Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA)* è stato adottato con deliberazione n.4 nella seduta del 17 dicembre 2015 ed approvato con deliberazione n.2 del 3 marzo 2016 dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po.

Il Piano di Gestione Rischio Alluvioni è lo strumento operativo previsto dal d.lgs. 49/2010, in attuazione alla Direttiva Europea 2007/60/CE, per individuare e programmare le azioni necessarie a ridurre le conseguenze negative delle alluvioni per la salute umana, per il territorio, per i beni, per l'ambiente, per il patrimonio culturale e per le attività economiche e sociali. Successivamente, con D.g.r. 6738 del 19/06/2017, la Regione Lombardia ha approvato le Disposizioni concernenti l'attuazione del PGRA nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza, definendo la normativa che i Comuni devono applicare nella fase transitoria, fino all'adeguamento degli strumenti urbanistici comunali.

Come si evince dal viewer geografico del Geoportale della Regione Lombardia (*Direttiva Alluvioni 2007/60/CE - revisione 2019*), il territorio comunale di Cornate d'Adda è interessato da tutti gli scenari di pericolosità relativa al reticolo principale (Fiume Adda), come indicato nella seguente legenda:

### **PGRA - Direttiva Derivazioni - Pericolosità Reticolo Principale**

|                                                                                     |                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
|  | P3 - H: aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti      |
|  | P2 - M: aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti |
|  | P1 - L: aree potenzialmente interessate da alluvioni rare           |

## 11. CARTA DEL RISCHIO IDRAULICO

Nel presente aggiornamento viene recepito lo “Studio per la Gestione del Rischio Idraulico” (redatto da Brianzacque srl – marzo 2021), di cui al comma 7 dell’art. 14 del Regolamento Regionale n. 7, adottato dal comune di Cornate d’Adda. Il suddetto “Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico” per il comune di Cornate d’Adda contiene in estrema sintesi, sia la rappresentazione delle attuali condizioni di rischio idraulico derivanti dai contributi del reticolo idrico superficiale e fognario, che le conseguenti misure atte al controllo e possibilmente alla riduzione delle suddette condizioni di rischio. Lo studio in sostanza ha definito le zone a diversa pericolosità idraulica che interessano il territorio comunale. Le zone a diversa pericolosità idraulica (H1-H2, H3 e H4) sono state riportate nell’allegato PR.05.06 - Carta di Sintesi.

Tuttavia per maggior chiarezza è stato realizzato l’Allegato PR.05.08 – Carta del rischio idraulico, nel quale vengono riportate le zone a diversa pericolosità idraulica con i valori relativi al tirante d’acqua, alla velocità d’acqua e ai tempi di ritorno dell’evento.

In sintesi il territorio comunale è stato suddiviso come indicato nella legenda dell’Allegato PR.05.08 qui di seguito riportata:

### AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO (classi di pericolosità T10- T50 - T100)

|                                                                                     |                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
|  | Pericolosità H2. |
|  | Pericolosità H3. |
|  | Pericolosità H4. |

#### **Pericolosità idraulica H2 (T10 – T50 – T100)**

Fattori limitanti per la pericolosità idraulica:

- Tirante d’acqua: fino a 0,3 m;
- Velocità acqua: fino a 0,6 m/sec;
- Tempi di ritorno T10 – T50 – T100

### **Pericolosità idraulica H3 (T10 – T50)**

Fattori limitanti per la pericolosità idraulica:

- Tirante d'acqua: fino a 0,7 m;
- Velocità acqua: fino a 1,5 m/sec;
- Tempi di ritorno T10 – T50

### **Pericolosità idraulica H4 (T100)**

Fattori limitanti per la pericolosità idraulica:

- Tirante d'acqua: > 0,7 m;
- Velocità acqua: >1,5 m/sec;
- Tempi di ritorno T100

## **12. FATTIBILITA' GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO E NORMATIVA**

### **PRESCRIZIONI GENERALI**

Per una corretta programmazione e progettazione degli interventi edilizi ed urbanistici, sull'intero territorio comunale (in qualsiasi classe di fattibilità essi ricadano), varranno le seguenti norme:

#### ***A - Caratterizzazione geologica, geotecnica e sismica dei terreni di fondazione***

1. Per qualsiasi nuova infrastruttura e/o edificazione e per ogni intervento che modifichi le caratteristiche delle strutture di fondazione già esistenti e/o i carichi su di essi applicati troverà applicazione il D.M. 17.01.2018 e s.m.i.. In particolare dovranno essere eseguite specifiche indagini allo scopo di definire il modello geologico e le caratteristiche geotecniche e sismiche dei terreni, finalizzati a un corretto dimensionamento delle opere in progetto. A tal fine, per l'approvazione da parte dell'Autorità comunale, a ciascun progetto dovrà essere allegato specifico studio geologico, geotecnico e sismico. La definizione dell'azione sismica dovrà essere effettuata per qualsiasi categoria di edificio/costruzione secondo quanto disposto dal D.M. 17.01.2018;

2. Nel caso della progettazione di edifici, nello studio di cui al comma 1) dovranno essere analizzati anche gli aspetti derivanti dalla pericolosità sismica locale secondo quanto riportato nell'allegato 5 della D.G.R. 8/7374 e della D.G.R. n. IX/2616, attraverso l'attuazione del 2° livello di approfondimento (scenario di PSL del tipo Z4a);

3. Le indagini e gli approfondimenti prescritti dai precedenti commi devono essere eseguiti prima della fase progettuale in quanto propedeutici alla pianificazione ed alla progettazione degli interventi previsti. Copia delle indagini effettuate e della relazione geologica, geotecnica e sismica deve essere consegnata, congiuntamente alla restante documentazione, in sede di presentazione dei Piani attuativi (l.r. 12/05, art. 14) o in sede di richiesta del permesso di costruire (l.r. 12/05, art. 38) o altra forma di richiesta o di comunicazione/denuncia di inizio attività.

### ***B - Pianificazione e tutela idraulica del territorio***

1. Al fine di consentire il corretto drenaggio del territorio e prevenire fenomeni di esondazione dei corsi d'acqua, qualsiasi progetto di urbanizzazione e di infrastruttura che preveda l'impermeabilizzazione di nuove superfici dovrà essere corredato da studio idraulico e/o idrogeologico mirato ad individuare un adeguato recettore delle acque meteoriche;

2. Ogni intervento che possa modificare il reticolato idrografico (anche se non classificato come reticolo idrico principale, di bonifica o minore) dovrà prevedere, in fase progettuale, il complesso delle opere mirate al ripristino o alla realizzazione di varianti del reticolato stesso;

3. Nella progettazione delle opere di urbanizzazione e delle infrastrutture di cui al comma 1 dovrà essere applicato il principio di invarianza idraulica e idrologica (L.r. n. 4 del 15 marzo 2016 e Regolamento Regionale n. 7 del 23 novembre 2017).

La Regione Lombardia ha infatti approvato la L.r. n. 4 del 15 marzo 2016 "*Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d'acqua*" che introduce il concetto di invarianza idraulica e modifica la L.r.12/2005 e s.m.i., inserendo l'art.58 bis. Tale articolo stabilisce che le trasformazioni dell'uso del suolo comportanti variazioni di permeabilità superficiale debbano rispettare il principio dell'invarianza idraulica e idrologica, anche mediante l'applicazione dei principi e dei metodi del drenaggio urbano sostenibile, attenendosi a quanto specificato nel 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)", pubblicata sul B.U.R.L. Supplemento Ordinario n.48 del 27/11/2017). Il concetto di invarianza idraulica ed idrologica ed i

metodi per il raggiungimento dell'obiettivo di invarianza dovranno essere recepiti anche all'interno del regolamento edilizio comunale.

### ***C - Disciplina delle aree industriali***

Per le aree precedentemente interessate da attività produttiva e assoggettate a nuovi interventi edilizi e/o urbanistici dovrà essere verificata la qualità dei suoli e/o delle acque sotterranee ed il rispetto dei limiti indicati dal D.Lgs. 152/06 in relazione all'attività pregressa o attuale e alla destinazione urbanistica.

In particolare:

1. I piani attuativi, i progetti di opere pubbliche e gli interventi di ristrutturazione edilizia, di ampliamento, di ricostruzione di fabbricati esistenti e gli interventi di nuova costruzione coinvolgenti aree precedentemente interessate da attività produttiva non possono essere approvati o assentiti se i relativi progetti non sono corredati da specifica documentazione tecnico-scientifica volta a documentare lo stato qualitativo del suolo e/o delle acque sotterranee (considerato l'intero piano attuativo o costituente area di sedime e/o di pertinenza del fabbricato oggetto dello specifico intervento previsto).
2. La documentazione tecnico-scientifica di cui al precedente comma deve essere costituita almeno da:
  - a. Un piano delle indagini preliminari, a firma di tecnico incaricato, redatto in considerazione dell'attività produttiva in atto o pregressa e delle matrici ambientali potenzialmente compromesse ed indagate; l'esecuzione delle indagini sarà subordinata all'approvazione del piano da parte dell'Amministrazione comunale.
  - b. I referti delle analisi (condotte sui terreni e/o sulle acque sotterranee come da piano delle indagini di cui al comma 2a) eseguite da laboratorio o da ente di competenza e di esperienza comprovate secondo le metodiche e con le garanzie prescritte dalla legislazione vigente in materia; le analisi saranno finalizzate ad accertare la qualità del suolo e delle acque in conformità al D.Lgs. 152/06 e s.m.i. per la destinazione d'uso, attuale e/o prevista, dell'area.
  - c. La dichiarazione, a firma del proponente l'intervento, di esclusione di circostanze e di condizioni che comportino la compromissione delle matrici ambientali e la conseguente riduzione o limitazione dell'utilizzo edificatorio del suolo in funzione sia della specifica destinazione, sia degli standard di qualità previsti dal D.Lgs. 152/06.

- d. Ogni altro elaborato, referto o progetto prescritto dal competente ufficio comunale.
3. Per quanto concerne le attività elencate al comma 2, sarà facoltà dell'Amministrazione comunale, nei casi in cui lo ritenga opportuno, avvalersi della supervisione di ARPA per la verifica dei piani d'indagini e l'esecuzione dei campionamenti e delle analisi in contraddittorio con il proponente.
4. Nel caso in cui gli esiti analitici accertassero un'alterazione delle matrici ambientali, dovranno essere avviate le procedure di messa in sicurezza, di caratterizzazione e di bonifica previste dal D.Lgs. 152/06.
5. L'istruttoria amministrativa dei piani attuativi e delle pratiche edilizie può prendere avvio solo una volta ultimato l'accertamento di cui al precedente comma 2) e acquisito il parere favorevole degli organi competenti in materia di tutela ambientale, i quali potranno apportare modifiche o richiedere integrazioni in sede di parere o di approvazione.
6. In caso di interventi di sola demolizione, gli stessi non potranno comunque essere avviati in mancanza dei referti di cui al comma 2) e di una relazione attestante la qualità del suolo e la condizione in cui esso si verrà a trovare a demolizione avvenuta.
7. Le disposizioni di cui ai precedenti commi si applicano allorché il piano attuativo o gli interventi sopra indicati interessino, in tutto o in parte, porzioni del territorio comunale sulle quali siano insediate o vi siano state svolte attività produttive di qualsiasi tipo. Anche esternamente ad aree precedentemente interessate da attività produttiva, le suddette disposizioni si applicano altresì ove il Comune ne ravvisi – motivatamente o su conforme proposta o parere del competente organo tecnico – la necessità.
8. In caso di area industriale dismessa di cui all'art. 7 della L.R. n. 1 del 02.02.2007, si attiveranno tutte le procedure e le attività di verifica previste nel medesimo articolo.
9. Nelle aree dove sia stata effettuata un'analisi di rischio ai sensi del D.Lgs. 152/06 e siano state individuate delle CSR (concentrazioni soglia di rischio), dovrà essere prevista, per le operazioni che comportino una modifica dello stato dei luoghi (es. D.I.A. o permessi di costruire relativi ad interventi che coinvolgano il sottosuolo o portino ad un aumento delle superfici edificate), una preliminare valutazione con gli Enti competenti circa la conformità con l'analisi di rischio già eseguita o la necessità di modifica della stessa.

La suddivisione del territorio comunale di Cornate d'Adda in classi di fattibilità geologica è stata attuata attraverso la valutazione incrociata degli elementi contenuti nella cartografia analitica (Carta di Sintesi e Carta dei Vincoli) riportante i fattori ambientali, territoriali ed antropici propri del territorio in esame (tali aspetti non sono variati rispetto allo studio precedente).

La carta di fattibilità costituisce dunque l'elaborato finale del percorso conoscitivo in grado di fornire un quadro analitico e sintetico sullo stato del territorio con lo scopo di favorirne l'utilizzo ottimale segnalando le problematiche da affrontare allorché si renda necessario modificare la destinazione d'uso di una data area.

In tal senso, pertanto, individuare aree caratterizzate da fattibilità con limitazioni di vario grado, significa stabilire che ogni cambiamento alle destinazioni d'uso previste potrà eventualmente essere effettuato solo dopo aver debitamente preso in considerazione l'entità delle limitazioni che caratterizzano quella determinata zona, in stretta connessione con la tipologia di opera prevista.

### **VINCOLI GEOLOGICI**

Di seguito si riassumono i vincoli geologici (1-2) e le aree di pericolosità/vulnerabilità (3-4) presenti sul territorio comunale di Cornate d'Adda:

1. **Vincoli di polizia idraulica** (*R.D. n. 523/1904; D.G.R. 7868/2002; D.G.R. 13950/2004; D.G.R. 8127/2008*): sono riportati i corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrico e le relative fasce di rispetto pari a 10 m dalle sponde;

2. **Vincoli di tutela dei pozzi ad uso potabile-acquedottistico** (D.Lgs. 152/06 e D.G.R. 10/04/2003 n. 7/12693): rientrano la zona di tutela assoluta (Z.A.) definita secondo il criterio geometrico (raggio di 10 m) e la zona di rispetto (Z.R.) anch'essa definita con criterio geometrico (raggio di 200 m dalla testa del pozzo);

3. **Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche**: la classe comprende la quasi totalità del territorio comunale; si sono riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica delle destinazioni d'uso delle aree per le condizioni geologico-tecniche dovute ai materiali presenti nei primi 9-12 metri di terreno e alla possibile presenza di "occhi pollini";

4. **Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico:** si tratta delle zone immediatamente adiacenti al Rio Vallone e al cavo Vareggio (zone assimilabili alla fascia A del PAI). In queste aree è esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti.

Alla luce degli aspetti che caratterizzano il territorio comunale di Cornate d'Adda sono state individuate aree appartenenti a n. 2 classi di fattibilità.

In particolare il territorio risulta suddiviso fra le seguenti classi: Classe 3 (fattibilità con consistenti limitazioni) e Classe 4 (fattibilità con gravi limitazioni).

Esse sono riportate nella **Carta della Fattibilità geologica (Allegati Pr.05.09 N e PR.05.09 S)**, come peraltro espressamente previsto dalla normativa vigente, per evidenziare meglio le loro caratteristiche geologiche e/o le loro problematiche progettuali.

### **CLASSE III: FATTIBILITA' CON CONSISTENTI LIMITAZIONI**

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni per l'entità e la natura dei rischi individuati nell'area di studio o nell'immediato intorno. L'utilizzo di queste zone sarà pertanto subordinato alla realizzazione di specifici studi ed indagini: ciò dovrà consentire di precisare le idonee destinazioni d'uso, le tipologie costruttive più opportune, nonché le opere di sistemazione e bonifica.

**Art. 1 - Scarpate morfologiche;**

**Art. 2 - Aree con scadenti caratteristiche geotecniche e con bassa pericolosità relativa al fenomeno degli occhi pollini (H1);**

**Art. 3 - Aree con scadenti caratteristiche geotecniche e alta pericolosità al fenomeno degli occhi pollini (H4).**

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni per l'entità e la natura dei rischi individuati nell'area di studio o nell'immediato intorno. L'utilizzo di queste zone sarà pertanto subordinato alla realizzazione di specifici studi ed indagini: ciò dovrà consentire di

precisare le idonee destinazioni d'uso, le tipologie costruttive più opportune, nonché le opere di sistemazione e bonifica.

Tali aree comprendono:

- aree caratterizzate da alta pericolosità al fenomeno degli occhi pollini (classe H4) e bassa pericolosità (classe H1);
- aree con scadenti caratteristiche geotecniche, difficoltà di drenaggio superficiale per ridotta permeabilità;
- Aree caratterizzate da PSL: scenario Z4a, Z2, Z3a e Z5

#### Fattori limitanti

- elevato rischio presenza di “occhi pollini” (classe di pericolosità H4);
- presenza di materiali con scadenti e disomogenee caratteristiche geotecniche;
- difficoltà di drenaggio e scarse capacità di dispersione acque nel sottosuolo, per presenza di terreni superficiali a bassa permeabilità con spessori anche consistenti;
- variabilità laterale e di spessore delle unità superficiali.

#### Prescrizioni, indagini preliminari e indirizzi di studio

- si dovranno definire le caratteristiche litologiche e geotecniche delle unità presenti nel sottosuolo per uno spessore minimo di 16 m da p.c. (pericolosità agli occhi pollini – classe H4);
- le indagini dovranno stabilire la presenza o meno di “occhi pollini” con l'esecuzione di indagini e approfondimenti come previsto dalla DGR 15 dicembre 2022 – n. XI/7564 – Allegato B (Fase 3). La DGR XI/7564 prevede anche quanto prescritto per la gestione delle acque meteoriche. Nelle aree interessate dai fenomeni in oggetto, va posta particolare attenzione alle modalità di gestione delle acque meteoriche che, soprattutto in caso di cavità presenti in depositi incoerenti, possono determinare lo sviluppo in estensione, e/o l'insorgenza di nuove discontinuità nei terreni. È quindi da valutare attentamente in tali zone, nei progetti di invarianza idraulica, l'infiltrazione nel sottosuolo, secondo quanto riportato nel Regolamento Regionale 7/2017.
- nel caso in cui si dovesse procedere con la dispersione nel sottosuolo di acque, gli studi e le indagini svolte dovranno escludere la presenza di “occhi pollini” nelle aree interessate dagli interventi fino ad una profondità di almeno 16 m e in una fascia in aderenza alla precedente entro la quale si possano verificare interferenze dei carichi applicati o effetti dovuti all'infiltrazione di acqua;
- si dovrà caratterizzare l'area sia in forma complessiva (indagini geofisiche) sia in forma diretta (indagini dirette);

- le trasformazioni dell'uso del suolo comportanti variazioni di permeabilità superficiale dovranno rispettare il principio dell'invarianza idraulica e idrologica, anche mediante l'applicazione dei principi e dei metodi del drenaggio urbano sostenibile, come previsto dalla L.r. n. 4 del 15 marzo 2016 *“Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d'acqua”*;
- capacità portante e cedimenti indotti;
- qualsiasi trasformazione d'uso del suolo e qualsiasi nuova edificazione, dovrà essere preceduta da una valutazione della pericolosità sismica locale attraverso l'attuazione del 2° livello di approfondimento, secondo quanto riportato nella D.G.R. 9/2616/2011. Tale analisi si dovrà basare su apposite indagini geofisiche, riferite all'area ed all'intervento specifico, in grado di ricostruire il profilo Vs-profondità secondo quanto stabilito dal D.M. 17.01.2018 (indagini sito specifiche). In fase di progettazione di edifici pubblici e con valenza strategico-rilevante, si dovrà effettuare comunque l'approfondimento sismico di 3° livello;
- caratterizzazione ambientale del sito in caso di presenza di materiali di riporto o di cambio di destinazione d'uso.

Per maggiore chiarezza si riporta di seguito una tabella con le principali metodologie di indagine e relativi vantaggi e svantaggi come riportato nella DGR 15 dicembre 2022 – n. XI/7564 - Allegato B (Fase 3):

| INDAGINE                              | VANTAGGI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | SVANTAGGI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Prove penetrometriche dinamiche (PPD) | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Economiche, di facile realizzazione</li> <li>- Buona definizione della profondità sulla verticale in caso di intercettazione di cavità vuote - Per la loro economicità e per il fatto di acquisire dati di resistenza in continuo, costituiscono la prova principe ai fini della delineazione del quadro geotecnico di riferimento. La loro distribuzione minimale deve essere condotta seguendo la distribuzione geometrica consigliata dalla AGI 1977 e s.m.i. (maglia regolare anche per strutture di modesta entità)</li> <li>- La loro corretta distribuzione consente la migliore mappatura di base realizzabile attraverso prove dirette di tipo meccanico</li> </ul> | <p>Puntuali, quindi ad esempio l'intercettazione di occhi pollini è fortuita</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La profondità raggiungibile dipende dal tipo di terreno</li> <li>- Prove indirette, quindi non consentono la visione diretta della stratigrafia di sottosuolo</li> <li>- Non è sempre fattibile riconoscere gli occhi pollini, quando questi si presentano come cavità riempite da depositi detensionati o cavità di piccole dimensioni</li> </ul> |
| Prove penetrometriche statiche (PPS)  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Definizione delle litologie attraversate migliore che nelle PPD</li> <li>- Per la loro economicità e per il fatto di acquisire dati di resistenza in continuo, costituiscono la prova principe ai fini della delineazione del quadro geotecnico di riferimento. La loro distribuzione minimale deve essere condotta seguendo la distribuzione geometrica consigliata dalla AGI 1977 e s.m.i. (maglia regolare anche per strutture di modesta entità)</li> <li>- La loro corretta distribuzione consente la migliore mappatura di base realizzabile attraverso prove dirette di tipo meccanico</li> </ul>                                                                     | <p>Stessi delle PPD, in più:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Adatte per terreni fini</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Prove SPT in foro di sondaggio        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prove standardizzate</li> <li>- Raggiungono profondità maggiori rispetto alle PPD o PPS</li> <li>- Se eseguite con punta aperta, consentono di prelevare un campione di terreno</li> <li>- Eventuali livelli a rifiuto possono essere superati con l'esecuzione del foro</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sono puntuali come le PPD e PPS</li> <li>- Non sono continue lungo la verticale e quindi è possibile non intercettare un occhio pollino;</li> <li>- Costi e tempi di realizzazione maggiori che per le PPD</li> </ul>                                                                                                                                                                                                               |
| Sondaggi                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Consentono la visione diretta dei terreni attraversati</li> <li>- Possono essere eventualmente accoppiati a prove SPT</li> <li>- La loro esecuzione, sempre consigliabile, deve essere considerata un compendio alle indagini geotecniche in continuo di cui sopra (PPD e PPS)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sono puntuali</li> <li>- Costi elevati - L'esecuzione del sondaggio può obliterare un occhio pollino, in special modo se si usa acqua quale fluido di circolazione</li> <li>- Possibile difficoltà nel recupero di materiale molto sciolto</li> </ul>                                                                                                                                                                               |

|                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Indagini Ground Penetrating Radar (GPR)                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Si prestano ad indagini su superfici ampie, solo se lisce e regolari, o comunque laddove può essere garantito un efficace accoppiamento tra antenna e terreno</li> <li>- In caso di cavità vuote di media dimensione, a bassa profondità (1-3 m p.c.) e su superfici ottimali, le anomalie radar ad esse associate hanno un'elevata probabilità di riconoscimento utilizzando antenne a media-bassa frequenza (400-500 MHz)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Necessitano di una taratura</li> <li>- La propagazione degli impulsi EM è fortemente attenuata dai materiali ad alto-assorbimento, quali terreni ad elevata componente argillosa e terreni alterati</li> <li>- Poiché la riflessione degli impulsi è funzione del contrasto nelle proprietà EM dei materiali, nel caso di cavità riempite con materiale di caratteristiche simili a quello di contenimento (in particolare, per la presenza di frazione argillosa diffusa) la probabilità di riconoscimento è molto bassa</li> <li>- In contesti urbanizzati la presenza di sottoservizi e infrastrutture a bassa profondità diminuisce la riconoscibilità dei segnali a profondità elevata</li> <li>- Per la generale scarsa profondità di investigazione, soprattutto in terreni a matrice fine ad elevato assorbimento elettromagnetico, viene consigliata solo per la ricerca di strutture tipo "occhi pollini" vuote a piccola profondità (1-3 m circa di profondità da P.C.) - necessario compromesso tra costi e obiettivi di progettazione</li> </ul> |
| Indagini geoelettriche multi-elettrodo 2D e 3D (Earth Resistivity Imaging; ERI) | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Indagine robusta, sia come acquisizione sia come elaborazione, laddove può essere garantito un efficace accoppiamento tra elettrodi ed terreno</li> <li>- Consente di indagare ampi volumi di terreno in profondità con una buona risoluzione (funzione del passo elettrodo), adottando strategie di acquisizione/elaborazione quasi-2D e 3D e in presenza di lunghezze adeguate per gli stendimenti</li> <li>- Consente di ottenere in ogni caso una visione/immagine di insieme del sottosuolo in forma continua e ripetibile nel tempo, altrimenti non ottenibile con altri metodi indiretti</li> <li>- Costituiscono l'indagine geofisica più versatile e rappresentativa, in quanto sensibile a caratteristiche sia litologico-tessiturali che di saturazione; i risultati sono massimizzati quando realizzate a compendio e integrazione di adeguate indagini geotecniche</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- L'interpretazione dei valori di resistività, soprattutto quando non calibrata a livello locale, è affetta da incertezza in relazione alla complessità, all'eterogeneità e all'anisotropia dei terreni tipici del contesto di formazione degli occhi pollini e richiede necessariamente un approccio integrato geologico-geofisico e idro-geotecnico</li> <li>- È uno strumento diagnostico potente, ma le anomalie ERI hanno caratteristiche che dipendono sia dalle caratteristiche della struttura sia da quelle del terreno che le circonda, per cui le anomalie non sono prevedibili a priori</li> <li>- Necessario compromesso tra costi e obiettivi di progettazione</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

#### **CLASSE IV: FATTIBILITA' CON GRAVI LIMITAZIONI**

L'alto rischio comporta gravi limitazioni per la modifica delle destinazioni d'uso delle particelle e dovrà essere esclusa qualsiasi nuova edificazione. Per gli edifici esistenti sono consentite esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo. Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica. Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico potranno essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili e per, una loro puntuale valutazione, nella fase progettuale dovrà essere redatto apposito studio che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio.

##### **Art. 4 - Fascia di tutela assoluta dei pozzi acquedottistici.**

Tutte le aree seguenti ricadono in bassa pericolosità relativa al fenomeno degli occhi pollini

##### **Art. 5 - Aree a media-elevata acclività, soggetti a potenziale degradazione meteorica o gravitativa.**

##### **Art. 6 - Frane attive e quiescenti.**

##### **Art. 7 - Aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti (a) e poco frequenti (b) da parte del reticolo principale;**

##### **Art. 8 - Reticolo idrografico secondario**

25 settembre 2024

Il Professionista

*Dr. Geol. Carlo Degioanni*

