



COMUNE DI CAPONAGO
(Provincia di Monza e della Brianza)

PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

L.R.12/2005

DOCUMENTO DI PIANO COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

ai sensi della D.G.R. n. 2616
del 30.11.2011

Relazione geologica

MARZO 2021 – REVISIONE GENNAIO 2022

Dott. Geol. Gianni Del Pero
Geologia e Ambiente

Via dei Mille, 4 – 20821 MEDA (MB)
0362/343493 – 330/225140
giannidelpero.geo@gmail.com

RELAZIONE GEOLOGICA GENERALE

1. INTRODUZIONE

Con la presente relazione si illustra la “Componente geologica, idrogeologica e sismica” del Piano di Governo del Territorio del Comune di Caponago (MB) realizzata ai sensi della l.r. 12/05 e della d.g.r. n.9/2616 del 30.11.2011.

Lo studio, parte integrante del Documento di Piano del Piano di Governo del Territorio, rappresenta l’aggiornamento dei precedenti studi geologici elaborati per il territorio comunale di Caponago di cui l’ultimo, in ordine cronologico, risale all’anno 2008 (redatto dallo Studio Idrogeotecnico Associato “Ghezzi”).

Obiettivo generale della relazione e degli elaborati cartografici prodotti è definire la componente geologica, idrogeologica e sismica del territorio comunale e di assegnare, in raccordo con gli strumenti di pianificazione sovraordinata, le prescrizioni relative alle limitazioni e norme d’uso nell’ottica di contribuire alla prevenzione del dissesto idrogeologico e di fornire agli Amministratori gli strumenti più adatti per esercitare il governo del territorio.

L’aggiornamento, in particolare, tiene conto dell’evoluzione della normativa relativa al recepimento della Direttiva “Alluvioni” attuata in Regione Lombardia con il PGRA, Piano di gestione del Rischio alluvioni del Fiume Po, adottato dal Comitato Istituzionale dell’Autorità di Bacino del fiume Po con delibera n. 4 del 17 dicembre 2015, approvato con delibera del 03.03.2016 è definitivamente approvato con d.p.c.m. del 27.10.2016, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 30, serie Generale, del 6 febbraio 2017.

La pianificazione sovraordinata registra l’approvazione il 23 ottobre 2013 del PTCP della Provincia di Monza e pertanto si è proceduto all’adeguamento degli elaborati e alla verifica della congruità degli scenari di Piano con le previsioni di PTCP

E’ stata pertanto condotta l’analisi bibliografica del materiale esistente, tra cui i dati derivati dagli studi per la pianificazione sovraordinata (PTCP, PTR, PGRA,) e da relazioni geologiche a corredo di progetti edilizi, stratigrafie di pozzi, studi relativi al reticolo idrografico, estratti del Piano Cave. Dopo la fase di analisi sono state verificate le criticità geologiche, idrologiche e idrogeologiche meritevoli di attenzione presenti in Caponago.

Si è provveduto all’aggiornamento della cartografia di base con particolare riferimento alla nuova perimetrazione dell’ambito estrattivo e dei tratti autostradali nel territorio comunale, per rappresentare in modo omogeneo vincoli, situazioni di pericolosità sismica locale, aree esondabili e classi di fattibilità geologica, aggiornando anche le fasce di rispetto dei pozzi ad uso pubblico collegati all’acquedotto.

L’aggiornamento cartografico della componente geologica, morfologica e sismica del PGT è stato realizzato su tutto il territorio comunale alla scala 1:5.000 rielaborando la carta geologica e geomorfologica di inquadramento (Tav. 1) secondo le più aggiornate suddivisioni relative alle unità geologiche e la Carta Idrogeologica (Tav.2) anche con l’aggiornamento delle delimitazioni relative alle fasce di rispetto pozzi, escludendo gli elementi dismessi.

Lo studio sismico è stato realizzato mediante l’aggiornamento della carta della Pericolosità Sismica Locale – PSL (Tav. 3) estesa all’intero territorio comunale, in base ai criteri richiamati (studi relativi al primo livello di approfondimento). Per gli ambiti di trasformazione e le nuove previsioni urbanistiche è stata sviluppata l’analisi di secondo livello.

Per i vincoli di carattere geologico è stata elaborata la Tav.4 con le zone di rispetto e di tutela assoluta dei pozzi di captazione idropotabili, le fasce di rispetto dei corsi d’acqua ricavate dagli studi sul reticolo idrico e i vincoli PGRA per rischio e pericolosità alluvionale.

La redazione della Carta di sintesi (Tav. 5) ha tenuto conto di tutti gli aggiornamenti ed elementi rilevabili rispetto ai singoli studi precedenti e del contributo alla conoscenza del Rischio Idraulico con gli elementi forniti dallo Studio omonimo condotto da BrianzAcque.

Con la carta di Fattibilità geologica e delle azioni di piano (Tav. 6) in cui il territorio è stato suddiviso in classi di fattibilità geologica, viene rappresentato l'indice di compatibilità geologica alla trasformazione d'uso del territorio.

Infine è stata revisionata la normativa geologica inserendo le prescrizioni del d.m. 17/01/2018 (Norme tecniche sulle costruzioni), adeguandola alla nuova normativa sismica e introducendo le norme ed i contenuti del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni riportando le relative zonazioni nella carta PGRA (Tav. 7).

Il presente studio predisposto secondo i criteri della D.G.R. 22.12.2005 n. VIII/1566 e succ. mod. inerenti "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio" è strutturato in relazione geologica (il presente documento), normativa geologica e allegati cartografici. Lo studio geologico è parte integrante del Documento di Piano del Piano di Governo del Territorio ai sensi dell'art. 8 comma 1, lett. c) della L.R. 12/2005 e per la parte normativa applicata alla fattibilità geologica nel Piano delle Regole (art. 10, comma 1, lett. d).

In approfondimento alla rappresentazione della componente geologica per i temi del rischio e della pericolosità idraulica, è stato condotto uno studio di dettaglio per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio di esondazione del Torrente Molgora con il recepimento dei risultati dello studio e l'integrazione delle aree a rischio idraulico nella Componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT.

2. FASI DI LAVORO PER LA REALIZZAZIONE DELLA COMPONENTE GEOLOGICA

Con l'entrata in vigore della "Legge per il Governo del Territorio" (l.r. 12/2005) si è modificato l'approccio alla materia urbanistica passando da concetti pianificatori a concetti di Governo del Territorio, secondo il quale i diversi livelli di pianificazione si devono integrare armonicamente anche mediante l'approfondimento di singole tematiche territoriali in funzione della sostenibilità ambientale delle scelte pianificatorie da effettuare. Lo studio della componente geologica, sviluppata per il territorio comunale di Caponago, è stato redatto a supporto della variante generale del Piano di Governo del Territorio vigente in ottemperanza a quanto previsto dall'art. 57 della l.r. e secondo i criteri definiti da una serie di provvedimenti tra i quali:

- d.g.r. 22 dicembre 2005 – n. 8/1566 (*Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n.12*) che ha definito gli indirizzi tecnici per gli studi geologici a supporto degli strumenti urbanistici;
- d.g.r. 30 novembre 2011 – n.9/2616 (*Aggiornamento dei "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n.12", approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28 maggio 2008, n. 8/7374*);

- d.g.r. 19 giugno 2017 – n. X/6738 (*Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del piano di gestione dei rischi di alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza, ai sensi dell'art. 58 delle norme di attuazione del piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI) del bacino del Fiume Po così come integrate dalla variante adottata in data 7 dicembre 2016 con deliberazione n. 5 dal comitato istituzionale dell'autorità di bacino del F. Po*).

Per quanto attiene agli aspetti idraulici si applicano le seguenti norme:

- l.r. 11 marzo 2005 - n. 12 (*Legge per il governo del territorio*) art. 58 bis (*Invarianza idraulica, invarianza idrologica e drenaggio urbano sostenibile*);
- Direttiva Alluvioni 2007/60/CE;
- D.lgs. 2010 – n. 49 (*Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni*);
- d.g.r. 10 dicembre 2015 - n. X/4549 (*Direttiva 2007/60/CE – Contributo di Regione Lombardia al piano di gestione del rischio di alluvioni relativo al distretto idrografico padano, in attuazione dell'art. 7 del d.lgs. 49/2010*);
- l.r. 15 marzo 2016, n. 4 (*Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d'acqua*);
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 27 ottobre 2016 (*Approvazione del Piano di gestione del rischio di alluvioni del distretto idrografico Padano*);
- l.r. 10 marzo 2017, n. 7 (*Recupero dei vani e locali seminterrati esistenti*);
- R.R. 23 novembre 2017 – n. 7 (*Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 approvato con d.g.r. 7372/17*).

Per gli aspetti sismici:

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

Viene analizzata inoltre la conformità con il PTCP della Provincia di Monza e della Brianza approvato nell'ottobre 2013, con Norme di Piano aggiornate e adottate con D.C.P. n.15 del 31 maggio 2017.

La metodologia di lavoro utilizzata per lo studio della componente geologica del PGT si basa, su tre fasi distinte (**fase di analisi, fase di sintesi e valutazione e fase di proposta**). anche in riferimento alle indicazioni della citata D.g.r. 2616/2011.

La prima fase di analisi ha previsto la consultazione degli studi esistenti e disponibili, di cartografie e banche dati di carattere sovracomunale e comunale. In particolare sono stati analizzati e confrontati i seguenti studi:

1. Geoportale della Regione Lombardia;
2. ISPRA – Servizio Geologico d'Italia – Carte geologiche 1:50000 progetto CARG. Documentazione Piano Assetto Idrogeologico – PAI;
4. Documentazione Piano gestione rischi alluvione – PGRA;
5. SIF – Provincia di Monza e Brianza – Catasto pozzi;
6. Componente geologica del PGT di Caponago (dott. Geol. Efrem Ghezzi – 2008);
7. Elenco ARPA delle aree inquinate o bonificate, 2009;
8. Piano Cave della Provincia di Monza e della Brianza;
9. Relazioni geologiche e geotecniche a corredo di progetti edilizi pubblici e privati.

La fase di analisi ha previsto il rilievo delle varie aree a diversa connotazione geologica, ispezioni presso il corso d'acqua per valutarne il grado di pericolosità, ecc. In questa fase, è stata revisionata la carta geologica e geomorfologica.

E' stata quindi realizzata la carta di pericolosità sismica locale (PSL), su tutto il territorio comunale. Caponago è inserito in zona sismica 3 ai sensi della OPCM 3274 citata ed è stato, pertanto, realizzato il primo livello di approfondimento, obbligatorio per tutti i comuni e il secondo livello che consente la caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi negli scenari perimetrati nella carta PSL e fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore del Fattore di amplificazione (Fa).

La fase di sintesi e valutazione ha previsto la realizzazione delle carte dei vincoli di carattere geologico e di sintesi. La carta dei vincoli contiene la perimetrazione delle aree vincolate derivanti dalla pianificazione di bacino e degli altri vincoli geologici:

Piano di gestione del Rischio Alluvioni (PGRA): aree a differente grado di pericolosità individuate nel piano. Studio idraulico comunale e problematiche del drenaggio urbano.

Vincoli di polizia idraulica (Reticolo idrico principale del T. Molgora D.g.r. 7851/2017))

Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile D.lgs. 152/2006, Art. 94.

La carta di sintesi rappresenta un documento fondamentale, in quanto sintetizza i risultati della fase analitica in merito all'individuazione della pericolosità geologica.

Questo elaborato contiene pertanto una serie di poligoni che delimitano:

Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico;

Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico;

Aree vulnerabili dal punto di vista geotecnico (zone con riporti, settori con caratteristiche del sottosuolo scadenti, aree con diverso grado di suscettività al fenomeno degli "occhi pollini");

Aree estrattive (ambito di particolare rilevanza per il Comune di Caponago, per quanto confinato nella porzione orientale nei pressi dell'insediamento di C.na Bertagna) .

La fase di proposta costituisce la sintesi finale, è stata realizzata mediante la trasposizione dei poligoni della carta di sintesi, unitamente ai vincoli di carattere geologico, integrata con la sovrapposizione di un'apposita retinatura che descrive la pericolosità sismica locale.

Comprende quindi una cartografia alla scala 1:5000 sull'intero territorio comunale, con le classi di fattibilità geologica dedotte dagli ambiti di pericolosità identificati nella carta di sintesi.

A questo proposito sono stati introdotti alcuni aggiornamenti rispetto alle classi definite negli studi approvati, in base alla disponibilità di conoscenze aggiuntive e valutazioni accurate del grado di rischio in ordine ai fattori che lo causano, a particolari ambiti indagati nel dettaglio.

La normativa geologica e sismica sono riportate in fascicolo all'interno del Piano delle Regole.

3 RACCORDO CON GLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE SOVRAORDINATA

3.1 ANALISI DI CONFORMITA' AL PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE

Il primo livello di approfondimento della documentazione tecnica e amministrativa sovraordinata ha riguardato l'analisi del Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Monza e della Brianza approvato nell'ottobre 2013, con Norme di Piano aggiornate e adottate con D.C.P. n.15 del 31 maggio 2017, la cui cartografia contiene elementi da altri livelli di pianificazione (Piano Cave, Piano per la gestione del Rischio Alluvionale) e altre informazioni di inquadramento o attenzione per temi idrogeologici.

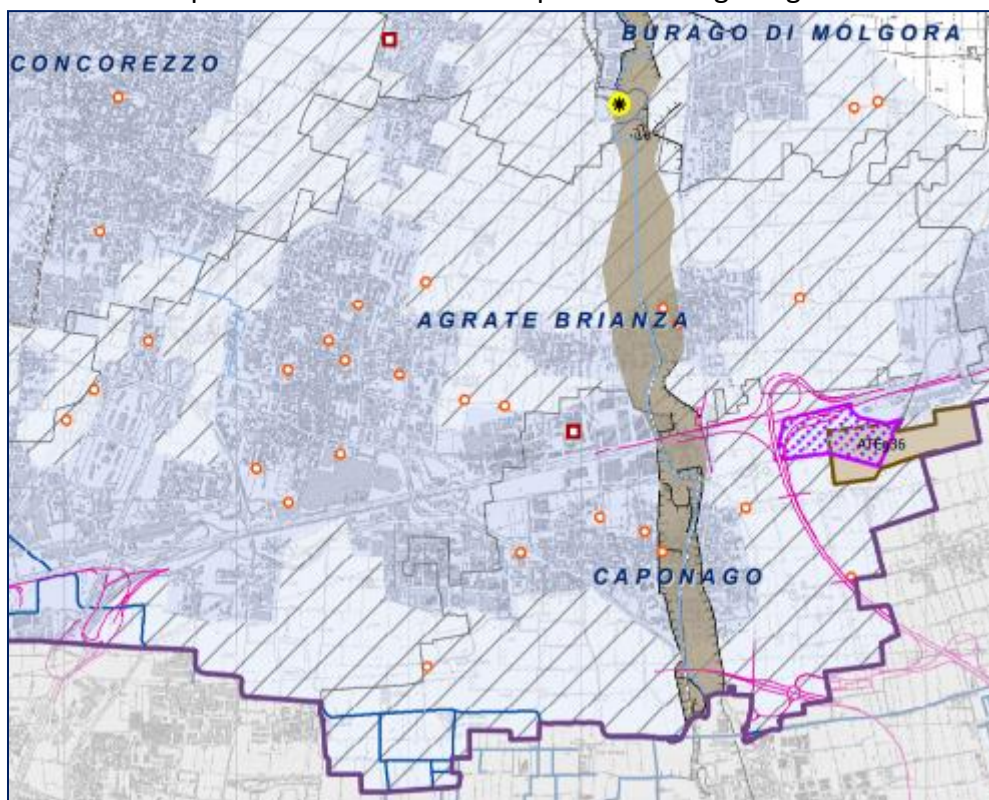
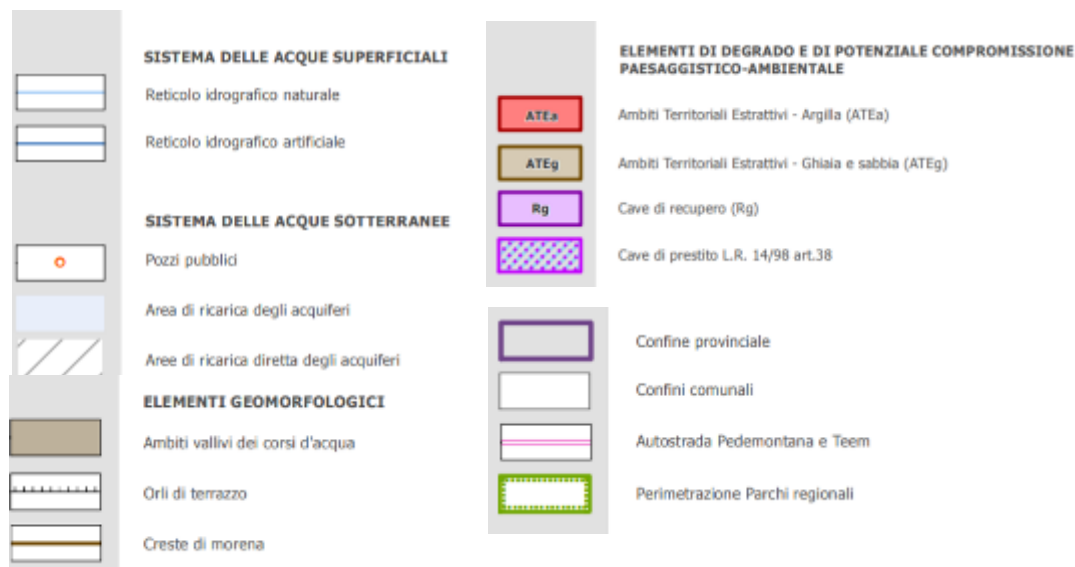


Fig. 1 - Assetto idrogeologico (da PTCP Provincia di Monza e Brianza)



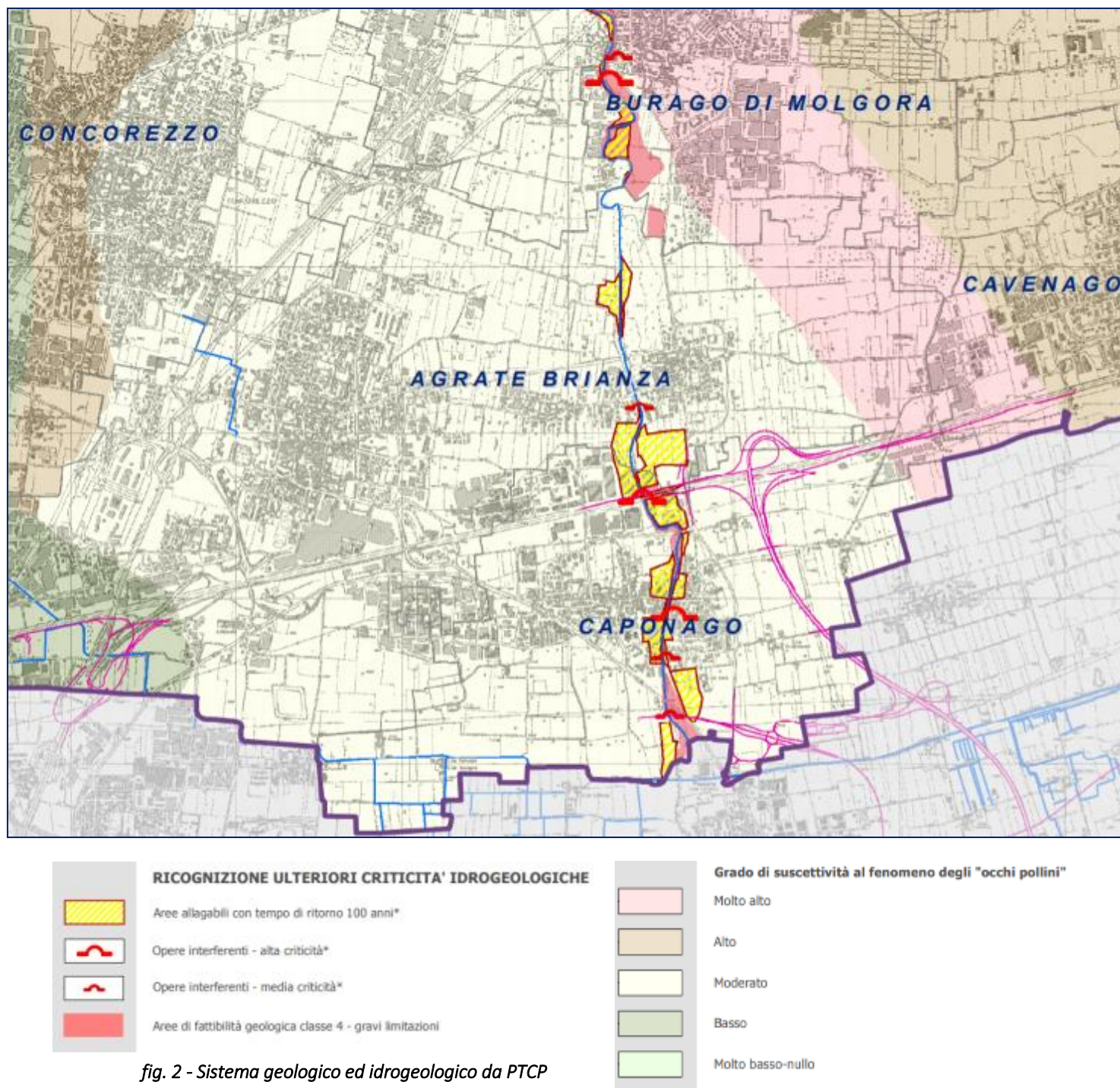


fig. 2 - Sistema geologico ed idrogeologico da PTCP

Relativamente ai contenuti individuati come minimi negli atti dei PGT nella normativa del PTCP vigente vengono analizzati gli elementi geoambientali evidenziati nelle Tavola dell'assetto idrogeologico e del sistema geologico ed idrogeologico (rispettivamente tav. 8 e tav. 9 del PTCP di Monza e Brianza)

Dall'esame della tavola emerge che Caponago è caratterizzato dalla presenza di aree che necessitano di particolare attenzione a livello di pianificazione e conseguentemente per le norme relative alla fattibilità geologica delle azioni di Piano.

Nelle diverse cartografie prodotte (Carta dei Vincoli, di Sintesi e, infine, della Fattibilità Geologica) sono riportati in dettaglio, gli elementi derivati dalla cartografia di PTCP.

3.2 IL PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONALE

Di particolare rilevanza per le implicazioni relative alla pianificazione urbanistica risulta il **Piano di gestione dei rischi di alluvione (PGRA)**, lo strumento operativo previsto dal d.lgs. n. 49 del 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.

Per l'area di interesse il Piano è stato approvato con DPCM 27.10.2016 "Approvazione del Piano di gestione del rischio di alluvioni del distretto idrografico Padano".

Le aree allagabili delimitate nella cartografia tengono conto dei livelli idrici corrispondenti a tre piene di riferimento (10-20 anni per la piena frequente, 100-200 anni per la piena poco frequente e 500 anni per la piena rara). Le mappe di pericolosità sono state tracciate tenendo conto di studi idraulici svolti a livello di asta fluviale (studi di fattibilità della sistemazione idraulica di corsi d'acqua predisposti a cura dell'Autorità di bacino del Fiume Po) o di eventi alluvionali più recenti rispetto agli studi propedeutici del PAI. Le mappe sono state tracciate utilizzando rilievi topografici di alta precisione con tecnologia laser Scanner LIDAR.

La D.g.r. 19 giugno 2017 n. X/6738 fornisce le indicazioni per il recepimento delle aree allagabili determinate dal PGRA negli strumenti urbanistici comunali.

In particolare, per corsi d'acqua già interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali, le aree allagabili determinate dal PGRA rappresentano un aggiornamento e una integrazione e non sostituiscono le fasce fluviali.

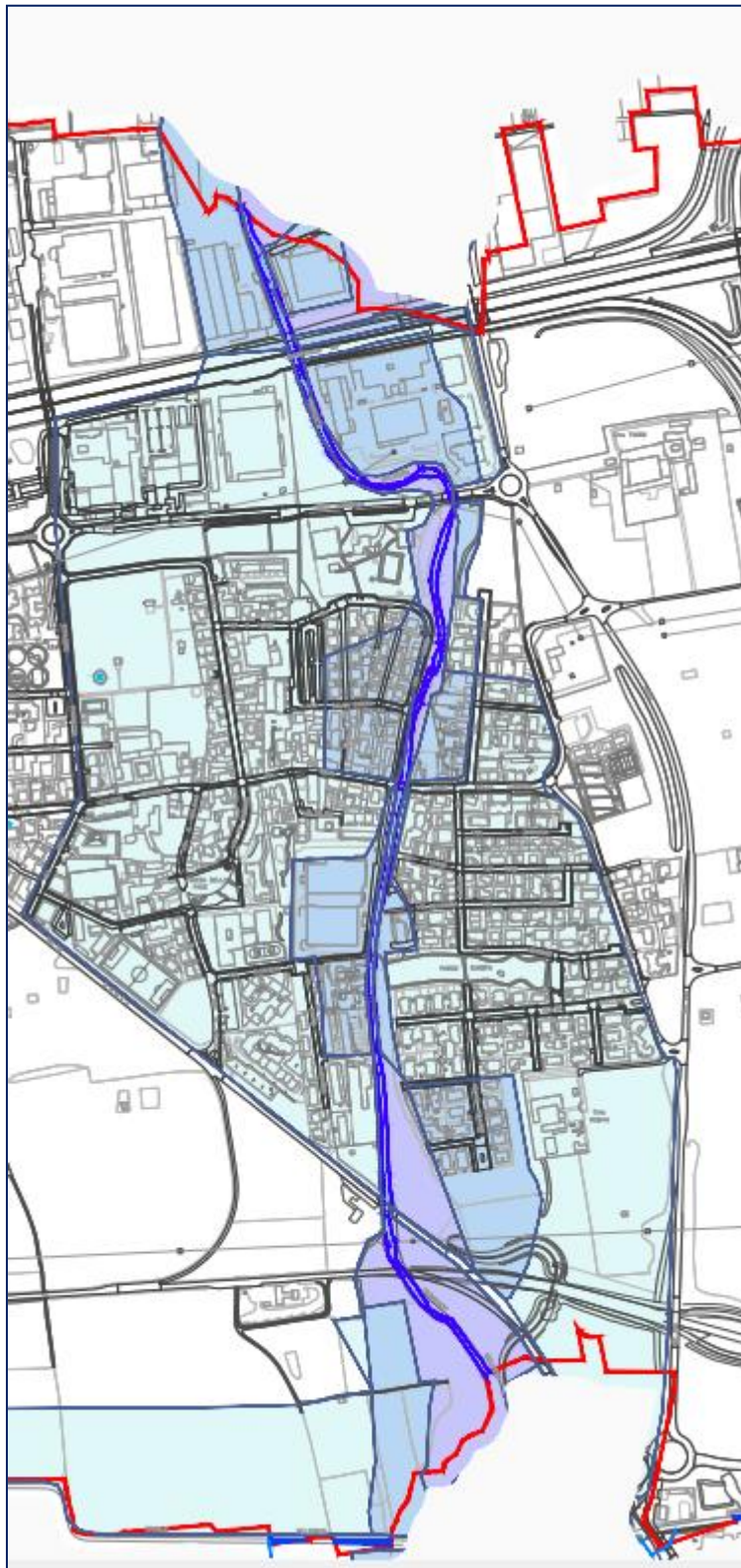


Fig. 3 - Estratto dalla Tavola allegata 7 PGRA

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 il ruolo di soggetto estensore dello "**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.

Lo Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico contiene 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 comprendendo analisi geologiche, idrauliche ed urbanistiche, definizione delle misure strutturali e non strutturali, del masterplan delle infrastrutture verdi e delle linee guida per l'adeguamento degli strumenti urbanistici.

A tale studio si rimanda per il dettaglio delle informazioni acquisite e elaborate in termini cartografici e, in particolare, per la rappresentazione dei sistemi di drenaggio integrato, della predisposizione dei terreni all'infiltrazione, anche con riferimento ai criteri utilizzati per definirne l'idoneità all'utilizzo nel quadro delle opere di invarianza, richiamando schematicamente gli ambiti di pericolosità e rischio definiti nel PGRA.

Di particolare rilevanza, per questo motivo è stata recepita nella cartografia di sintesi dei fattori di rischio (Tavola 5 dello Studio della componente geologica), è la rappresentazione delle criticità idrauliche legate ad allagamenti connessi alla inadeguatezza dei sistemi di drenaggio urbano, la cui valutazione in relazione ai fattori di rischio portano anche alla revisione della classe di fattibilità geologica (in verità per sole due entità fisiche di estensione limitatissima per le quali sarà possibile intervenire con interventi di autodifesa per l'edificato esistente).

Per le aree a rischio R4 definite nello Studio Comunale di gestione del rischio idraulico, quindi, è stato condotto uno studio di dettaglio per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio di esondazione del Torrente Molgora, allegato al presente studio della componente geologica.

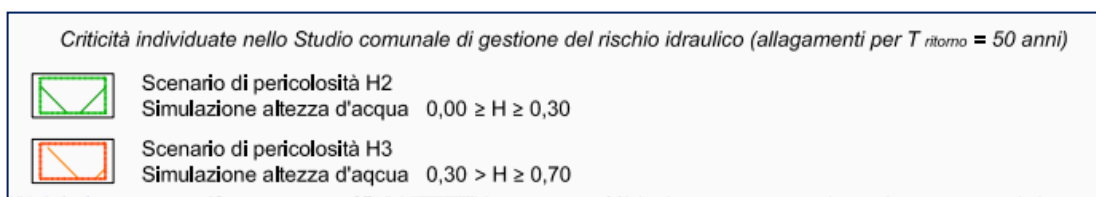


Fig. 4 - Estratto legenda carta di Sintesi

Dalla sintesi dei fattori di rischio e dallo studio di dettaglio della pericolosità e del rischio di esondazione del Torrente Molgora si giunge all'integrazione dei caratteri limitanti per la definizione della fattibilità geologica con gravi limitazioni.

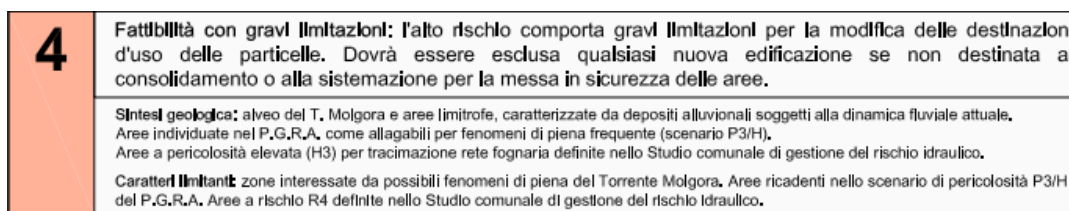


Fig. 5 - Estratto legenda carta della Fattibilità Geologica

4 - INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO

4.1 GEOMORFOLOGIA

Il Comune di Caponago appartiene all'alta pianura ghiaiosa del Molgora, delimitata ad Ovest dal terrazzo morfologico di Vimercate-Concorezzo e ad Est dal corso attuale del torrente, unico elemento idrografico rilevante della piana alluvionale.

L'ambito fluviale recente e attuale, con sabbie e limi passanti a ghiaie sabbiose, è inserito nei depositi fluvioglaciali con coltre di alterazione mediamente sviluppata.

In superficie prevalgono suoli poco evoluti con granulometria fine mentre alternanze di materiali ghiaioso-sabbiosi caratterizzano il sottosuolo e ne determinano la configurazione idrogeologica con la presenza di falde libere e semi-confinare nei litotipi più permeabili fino a circa 100 m di profondità, contenute negli acquiferi storicamente sfruttati ad uso idropotabile e per questo convenzionalmente denominato "Acquifero tradizionale".

Il *limite geologico non è caratterizzato da significativo risalto morfologico* eccettuato l'ambito in pertinenza idraulica attuale del T. Molgora. Alla scala territoriale si possono riconoscere tre Unità di Paesaggio distinte per omogeneità morfologica, litologica e grado di vulnerabilità degli acquiferi:

UNITÀ DEI TERRAZZI FLUVIOGLACIALI

Nel settore settentrionale e orientale, esterni al territorio comunale di Caponago, si rileva la presenza dei terrazzi con limitato risalto morfologico con scarpate con deboli pendenze che si raccordano alla seconda unità di paesaggio riconoscibile, la Piana Principale. Questi terrazzi di origine fluvioglaciale hanno andamento articolato con terrazzamenti minori e la loro percezione si è progressivamente ridotta e obliterata a seguito dell'urbanizzazione, in particolare negli scorsi decenni.

UNITÀ DELLA PIANA PRINCIPALE

La Piana Principale, pianeggiante come dalla denominazione, caratterizza la maggior parte del territorio comunale di Caponago e presenta alcune leggere ondulazioni, evidenti solo nelle aree che conservano la destinazione agricola, legate al tracciato di paleoalvei per quanto ancora riconoscibili (fonte dati SIT Regione Lombardia).

UNITÀ DELLA VALLE DEL TORRENTE MOLGORA

L'unico elemento morfologico di rilevanza nel territorio comunale di Caponago è costituito dall'alveo attuale e recente del Molgora e dalle aree di pertinenza idraulica. L'elemento idrografico attivo è inciso nella Piana Principale con risalto morfologico sino a 3-4 metri. Geomorfologicamente attivo per erosione spondale, presenta microfenomeni di dissesto, in parte controllati da difese spondali di diversa tipologia (dalle scogliere in massi ciclopici a opere di difesa per la protezione del livello di magra, sino a interventi più complessi a difesa delle proprietà e delle opere pubbliche).

Il "terrazzo alluvionale" non risulta riconoscibile per lo scarso dislivello con la Piana Principale (sempre inferiore ai 2 metri) e per le riprofilature spondali antropiche.

Scolmatori con scarico in contropendenza idraulica e modifiche dell'andamento naturale del torrente, nella zona industriale e in prossimità degli attraversamenti con luci sottodimensionate al transito della piena ordinaria producono ostacoli al deflusso delle acque, sovralluvionamenti e spostamento delle linee di corrente con conseguenti fenomeni erosivi destabilizzanti. La quasi totalità di queste aree ricade negli ambiti a rischio idraulico elevato e pertanto sono assegnate alla classe di fattibilità geologica 3, con consistenti limitazioni.

4.2 GEOLOGIA

In funzione delle diverse fasi evolutive che hanno disegnato il paesaggio di Caponago, con depositi fluvioglaciali e successivi depositi fluviali e alluvionali, al di sotto del suolo poco evoluto e di un profilo di alterazione mediamente sviluppato, prevalgono litotipi ghiaioso-sabbiosi con sedimenti da fini a grossolani.

I depositi fluvioglaciali di età würmiana, sono caratterizzati da ghiaie e sabbie in matrice limosa con lenti d'argilla locali a costituire il cosiddetto "livello fondamentale della pianura", presentano un livello superficiale di sabbioso-argilloso passante a ghiaie a supporto clastico, matrice sabbioso-limosa con ciottoli centimetrici

I depositi fluviali e alluvionali, olocenici e attuali, hanno limiti morfologici ben definiti, in parte occultati da insediamenti o fenomeni di evoluzione da dissesto o degrado. Le pendenze sono contenute dell'ordine dello 0.5÷1%, sono caratterizzati da sabbie o sabbie con ghiaie anche grossolane

Le unità geo-litologiche rappresentate in cartografia in **Tavola 1** "Carta geologica e geomorfologica" sono descritte qui di seguito a partire dalla più antica, per mantenere l'ordine stratigrafico.

Supersintema di Besnate (Pleistocene medio-superiore)

L'Unità più antica è rappresentata da depositi fluvioglaciali costituiti da ghiaie medio grossolane massive e localmente isoorientate a supporto di matrice, raramente di clasti. I clasti sono poligenici con netta prevalenza di carbonati, eterometrici con dimensioni da millimetriche. Litologicamente costituita da ghiaie prevalentemente a supporto di matrice sabbiosa-limosa, più raramente a supporto clastico; sono segnalate locali lenti di ghiaia grossolana e ciottoli a supporto di clasti. I depositi sono grossolanamente stratificati, con strati definibili per variazioni granulometriche. Il profilo di alterazione è da poco a mediamente sviluppato con un fronte di alterazione di spessore variabile tra 0.5 e 3 m e presenza di suoli e sedimenti fini con rari ciottoli. In affioramento le superfici arate si presentano ciottolose, carattere questo diagnostico rispetto alle unità più antiche distribuite negli altopiani circostanti.

Il limite geologico superficiale è costituito da contatto erosionale con i depositi del Sintema del Po – Unità Postglaciale, e anche il limite inferiore è costituito da superficie di erosione tra il Supersintema di Besnate e le unità più antica, l'Alloformazione della Specola, denominato localmente "ferretto". Lo spessore complessivo stimato sulla base di stratigrafie di pozzi e piezometri è inferiore ai 10 m.

Sintema del Po - Unità Postglaciale (Pleistocene superiore – Olocene)

L'Unità più recente è rappresentata da depositi fluviali e alluvionali con sabbie costituiti da ghiaie molto grossolane a supporto di matrice sabbiosa o di clasti passanti a limi e limi con rare intercalazioni ghiaiose ed argillose, passanti a ghiaie, anche grossolane a supporto clastico o matrice sabbiosa. I clasti sono poligenici, arrotondati con diametro massimo di 1 m e medio da 10 cm a 1 cm. Grado di addensamento buono. Si riscontra localmente una struttura gradata del deposito. Caratterizzata da scarsa alterazione con suoli assenti o poco sviluppati. Il limite geologico inferiore è costituito da una superficie di erosione che pone il Sintema del Po - Unità Postglaciale a contatto con il Supersintema di Besnate. Lo spessore complessivo dell'Unità è contenuto in 3-4 m.

4.3 OSSERVAZIONI LITOSTATIGRAFICHE DI DETTAGLIO

Dallo studio geologico di cui il presente documento costituisce aggiornamento (Studio Idrogeotecnico Associato – Ghezzi, 2008) sono riprese le serie stratigrafiche ottenute con sondaggi e trincee con escavatore sino a profondità di 3 m. Nei primi 3 punti di controllo stratigrafico viene sviluppata anche la descrizione pedologica.

L'ubicazione dei punti di controllo stratigrafico è in **Tavola 5 – Carta di sintesi** mentre in allegato al presente studio sono forniti grafici di indagini, prove penetrometriche e di stratigrafie da sondaggi, anche con elaborazioni in forma di sezioni stratigrafiche, comprensivi dei dati acquisiti dalle indagini effettuate a supporto della progettazione esecutiva di una vasca di laminazione in Via Monza.

1 - Località: C.na Bertagna

Morfologia: pianeggiante (depositi fluvioglaciali)

Uso del suolo: SAU abbandonato

A	0 - 40 cm	Bruno scuro (10YR 4/3); franco; aggregazione poliedrica subangolare media debolmente espressa. Limite abrupto lineare.
Bt1	40 - 69 cm	Bruno scuro (10YR 4/3); franco limoso; aggregazione poliedrica angolare media, debolmente espressa; cutans argillosi comuni; radici molto fini comuni. Limite abrupto lineare.
Bt2	69-123 cm	Bruno scuro (10YR 4/3); franco limoso; scheletro abbondante, piccolo, alterato; aggregazione massiva; cutans argillosi comuni. Limite abrupto lineare
Bt3	123 - 130 cm	Bruno scuro (7,5YR 4/3); franco; scheletro abbondante, piccolo, alterato; aggregazione massiva; cutans argillosi comuni. Limite abrupto lineare.
BC1	130 - 179 cm	Bruno scuro (10YR 4/3); franco sabbioso; scheletro abbondante, piccolo e molto piccolo; aggregazione massiva. Limite abrupto ondulato
BC2	179 - 210 cm	Bruno scuro giallastro (10YR 4/4); sabbioso franco; incoerente; molto scarsamente calcareo. Limite abrupto irregolare.
C	> 210 cm	Bruno oliva chiaro (2,5Y 5/3); sabbioso; incoerente; scarsamente calcareo. Limite inferiore sconosciuto

Descrizione litologica

0 - 69 cm: limi

69 - 179 cm: ghiaie a supporto clastico prevalente, con matrice limoso debolmente argillosa (limoso sabbiosa verso la base).

179 - 210 cm: sabbie

2 - Località: strada per Cambiago, presso C.na Cassinazza**Morfologia:** pianeggiante (depositi fluvioglaciali) **Uso del suolo:** seminativo a foraggio

A	0 - 40 cm	Bruno scuro giallastro (10YR 4/4); franco; scheletro scarso, piccolo; aggregazione poliedrica subangolare media, debolmente espressa; radici molto fini e finicomuni. Limite abrupto lineare
Bt1	30 - 65 cm	Bruno scuro (10YR 4/3); franco limoso; scheletro abbondante, molto piccolo e piccolo; aggregazione massiva; pochi cutans argillosi; poche radici fini. Limite abrupto lineare.
Bt2	65 - 80 cm	Bruno scuro giallastro (10YR 4/4); limoso; aggregazione poliedrica subangolare grossolana, debolmente espressa; pochi cutans argillosi; poche radici fini. Limite abrupto lineare
BC1	80 - 100 cm	Bruno scuro giallastro (10YR 4/6); sabbioso franco; incoerente. Limite abrupto lineare.
BC2	100 - 130 cm	bruno chiaro giallastro (2,5Y 5/4); limoso; scheletro frequente, molto piccolo, inalterato; aggregazione massiva. Limite abrupto lineare.
C	130 - 210 cm	sabbioso; incoerente; calcareo. Limite inferiore sconosciuto.

0 - 65: ghiaie a supporto clastico prevalente, con matrice limosa sabbiosa

65 - 80 cm: limi

80 - 100 cm: sabbie debolmente limose

100 - 130 cm: ghiaie ad abbondante matrice limosa

130 - 210 cm: sabbie

3 - Località: C.na S. Giuseppe**Morfologia:** pianeggiante (depositi fluvioglaciali) **Uso del suolo:** vigna

A	0 - 35 cm	Bruno scuro (10YR 4/3); franco; scheletro scarso, molto piccolo; aggregazione poliedrica subangolare media, debolmente espressa. Limite abrupto lineare
Bt1	35 - 75 cm	Bruno scuro (10YR 4/3); franco limoso; scheletro comune, piccolo, alterato; aggregazione poliedrica subangolare media, debolmente espressa; pochi cutans argillosi; poche radici molto fini e fini. Limite chiaro ondulado.
Bt2	75 - 165 cm	Bruno scuro (7,5YR 4/3); franco limoso; scheletro abbondante, piccolo e medio, alterato; aggregazione prismatica media, debolmente sviluppata; cutans argillosi comuni. Limite abrupto lineare
Bt3	165 - 220 cm	Bruno scuro (10YR 4/3); franco limoso; scheletro abbondante, piccolo e medio, alterato; aggregazione massiva; pochi cutans argillosi comuni. Limite chiaro lineare.
BC	220 - 240 cm	Bruno scuro (10YR 4/3); franco limoso; scheletro abbondante, piccolo e medio; aggregazione massiva; scarsamente calcareo. Limite inferiore sconosciuto

0 - 75 cm: limi debolmente ghiaiosi

75 - 240 cm: ghiaie a matrice limoso debolmente sabbiosa

4: Via Senatore

- 0 - 0,70 Limi sabbiosi massivi, ben addensati, con rari ciottolisparsi. Limite inferiore netto ondulato
- 0,70 - 2,00 Ghiaie a supporto di matrice limosa con ciottoli sparsi; sono presenti livelli a supporto clastico, con frequenti embriciature ed isoorientazione dei clasti. Tutto il livello appare pedogenizzato, con clasti carbonatici alterati per i primi 80 cm. Limite inferiore netto ondulato.
- 2,30 - 2,60 Livello lenticolare, spesso fino a 30 cm, di ghiaie ben selezionate, (2-5 cm), a supporto clastico, inalterate.
- > 2,60 Ghiaie massive poco selezionate (diametro fino a 25 cm) a supporto di matrice limoso sabbiosa marrone.

5: a NW C.na Nuova

- 0 - 0,50 Sabbie limose rossastre con ciottoli (riporto?); limite inferiore netto.
- 0,50 - 1,10 Sabbie limose con ciottoli (diametro massimo: 10 cm), massive; lateralmente è presente un'intercalazione di ghiaie medie a clasti inalterati, con supporto di matrice limoso-sabbiosa. Lateralmente è presente anche una tasca, spesso fino a 30 cm, di limi argillosi massivi, con rari ciottoli sparsi. Complessivamente il livello descritto sembra deposto in ambiente di piana alluvionale. Limite inferiore netto.
- 1,10 - 3,10 ghiaie a supporto di matrice sabbiosa, organizzata in livelli piuttosto ben selezionati. I ciottoli presentano un diametro massimo di 10 cm; i carbonati sono poco alterati, i cristallini da inalterati a mediamente alterati. Pedogenesi evidente per i 20 cm superiori. Presenza di rare embriciature.

6: Via Dante

- 0 - 1,80 Sabbie fini, omogenee, di colore marrone, con rari ciottoli distribuiti in bande. Limite netto ondulato.
- 1,80 - 4,00 Ghiaie non selezionate, poco alterate, in prevalenza a supporto di matrice sabbiosa, talvolta a supporto clastico.

7: Cambiago – Loc. Torrazza dei Mandelli

- 0 - 0,50 Limi sabbiosi massivi con rari ciottoli sparsi. Limite inferiore netto ondulato.
- 0,50 - 2,50 Ghiaie eterometriche a supporto clastico, passante a supporto di matrice sabbiosa grossolana; pedogenesi altetto per 80 cm circa.

8: (fuori dal confine comunale)

- 0 - 0,50-0,80 Ghiaie a supporto di matrice sabbioso-limosa; selezione scarsa; clasti carbonatici alterati, cristallini poco alterati. Limite inferiore transizionale, espresso da cambio di colore e di grado di alterazione.
- 0,80 - 2,80 Ghiaie medie (diametro variabile tra 5 e 15 cm) a supporto generalmente di matrice sabbiosa; tasche a supporto clastico. presenti livelli discontinui di sabbie medie. Ciottoli inalterati. Limite inferiore netto.
- 2,80-3,30 limi sabbiosi di colore marrone -rossastro con rari ciottoli completamente alterati ("ferretto")

9: C.na Turro

- 0 - 3 Terreno di riporto costituito da ghiaia a supporto di matrice sabbioso-limoso-argillosa al limite con supporto clastico. Ciottoli arrotondati di diametro medio fino a 10 cm; l'alterazione interessa il 50% dei clasti (arenizzati). Presenza di laterizi fino a fondo scavo in parte argillificati. Terreno molto umido localmente bagnato; porosità elevata, grado di addensamento scarso.

10: Via dell'Industria angolo Via Simonetta

- 0 - 0,50 Terreno di riporto costituito da limo argilloso con presenza di laterizi.
- 0,50 - 0,85 Terreno di coltura costituito da limo sabbioso debolmente argilloso con abbondanti frustoli vegetali. Colore bruno giallastro (10YR 5/8).
- 0,85-1,60 Limo sabbioso debolmente argilloso con locale presenza di clasti di dimensioni medie millimetriche; presenza di sostanza organica in piccoli noduli. Colore bruno giallastro scuro (10YR 3/4). Glosse tipo gley molto diffuse di colore grigio-verdastro (5GY 5/1). Deposito normalmente consolidato.
- 1,60 - 3,20 Ghiaia a supporto di matrice argilloso-limosa passante a supporto clastico; colore rosso giallastro (5YR 4/6). Ciottoli poligenici ben arrotondati con diametro massimo di 10-15 cm, localmente embricati. E' visibile una stratificazione molto grossolana. L'alterazione dei clasti è molto spinta (da arenizzati ad argillificati) ed interessa l'80 % del totale. Locale presenza di lenti sabbiose grossolane di spessore di 5 cm e lunghezza di 20 cm. Deposito poco addensato. Lo scavo è asciutto.

11: Strada per Carugate

- 0 - 0,40 Terreno di coltura.
- 0,40 - 0,60 Limo sabbioso debolmente argilloso con clasti sparsi di diametro massimo di 1 cm e diffusa sostanza organica in noduli. Colore bruno forte (7.5YR 5/6). I ciottoli sono poligenici e non alterati.
- 0,60-0,70 Ghiaia fine a supporto di matrice limosa; clasti poligenici di diametro massimo di 2-3 cm. L'alterazione interessa il 50% dei clasti (arenizzati, argillificati). I ciottoli di maggiore dimensioni hanno isoorientazione.
- 0,70 - 2,20 Ghiaia a supporto clastico con matrice sabbioso limosa di colore bruno forte (7.5YR 5/8). Il deposito presenta stratificazione orizzontale piano parallela; si alternano strati con ciottoli ben arrotondati, isoorientati ed embricati di dimensioni medie di 10-15 cm, e strati di materiale più fine con ciottoli isoorientati di dimensioni medie di 0,5 - 1 cm. Locale addensamento di ciottoli sferici. L'alterazione è più spinta verso l'alto ed interessa il 60-65% dei clasti che appaiono da arenizzati ad argillificati.
- 2,20 - 3 Ghiaia massiva a supporto di clasti con matrice sabbioso-limosa; clasti arrotondati con diametro medio decimetrico e massimo fino a 50 cm. E' presente una tasca di sabbia grossolana massiva. Clasti alterati (arenizzati).

12: Area Vasca Volano di Via Monza: Il modello geologico derivato dalle indagini effettuate per l'intervento in Via Monza definisce una successione con caratteristiche geotecniche differenti, al di sotto del livello di riporto "R":

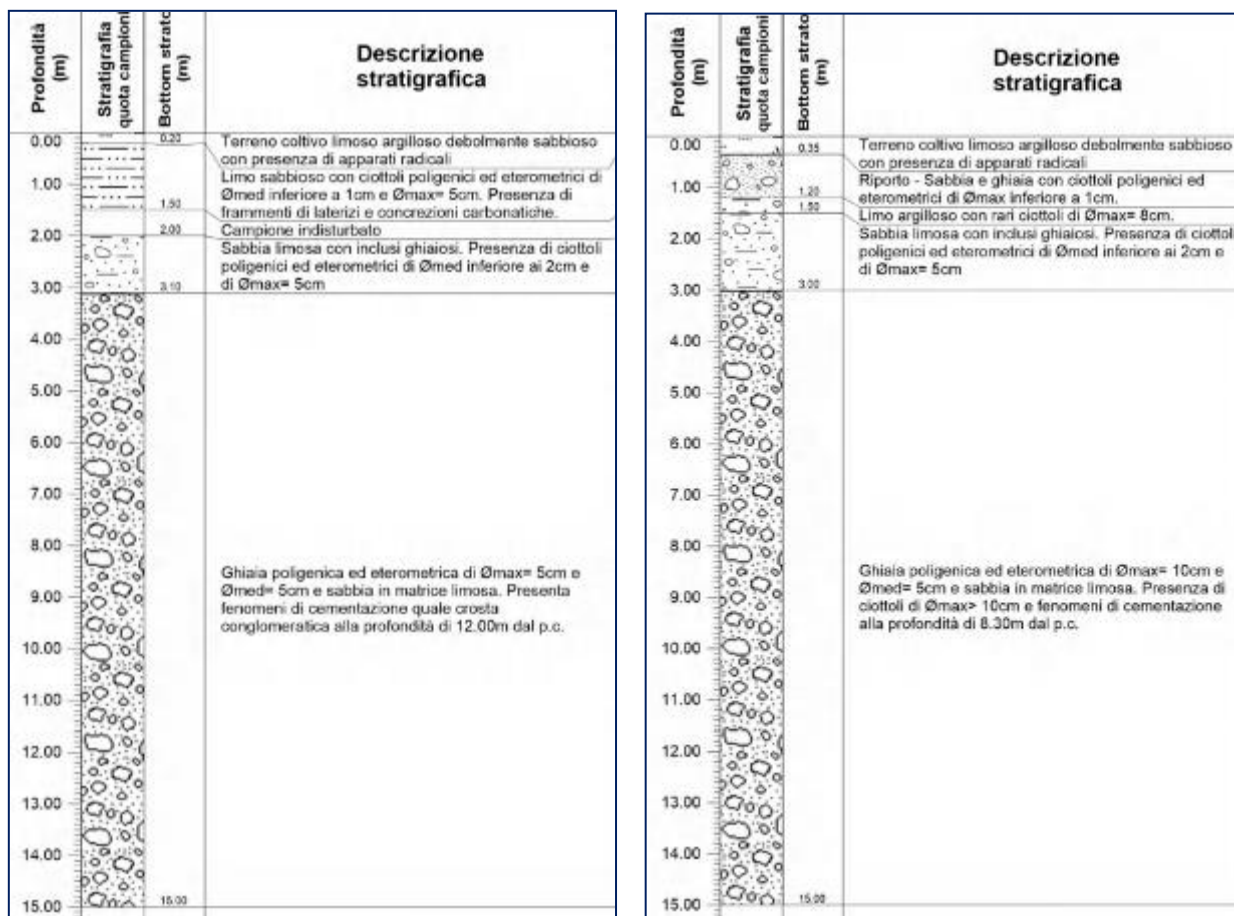


Fig. 6 - Descrizione litologica e stratigrafie da sondaggi effettuati per vasca di volano (Brianzacque)

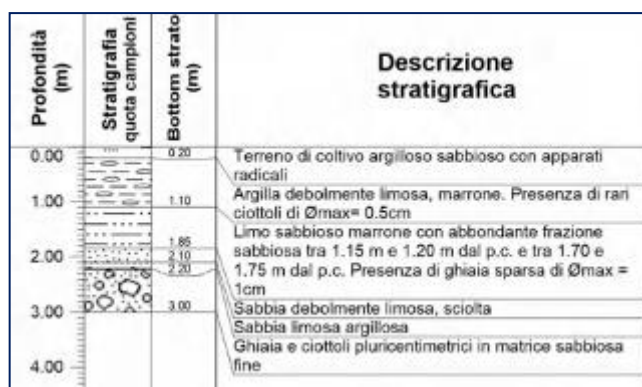


Fig. 7 - Descrizione litologica e stratigrafie da microsondaggi per vasca volano (Brianzacque)

Unità R da p.c. a -0.30/-0.60m fino a -1.20/-1.50m: Orizzonte superficiale costituito da depositi di natura varia, da limoso argilloso con presenza di apparati radicali a terreni di riporto.

Livello A (da -0.30/-0.60m a -2.10m/-3.10m) Orizzonte sub-superficiale, poco addensato, con depositi superficiali limoso-argilloso sabbiosi con diffusa presenza di ciottoli seguiti da depositi più grossolani di natura sabbiosa limosa con inclusi ghiaiosi e presenza di ciottoli sparsi, caratterizzato da un valore medio $N_{spt} = 7$.

Livello B (oltre -2.10/-3.10m dal p.c. fino ad almeno -15.00m dal p.c.) Orizzonte di fondo costituito da depositi caratterizzati da ghiaia poligenica, eterometrica e sabbia in matrice limosa, molto addensato.

5 CLIMATOLOGIA

Sono fornite le principali informazioni climatologiche, ponendo particolare attenzione alle problematiche relative alle precipitazioni atmosferiche.

Le principali caratteristiche meteorologiche di quest'area sono la spiccata continentalità, il debole regime di vento e la persistenza di condizioni di stabilità atmosferica. Dal punto di vista dinamico, la presenza della barriera alpina influenza in modo determinante l'evoluzione delle perturbazioni di origine atlantica, determinando la prevalenza di situazioni di occlusione e un generale disaccoppiamento tra le circolazioni nei bassissimi strati e quelle degli strati superiori.

Il clima che caratterizza il comune di Caponago è di tipo continentale, caratterizzato da inverni piuttosto rigidi ed estati calde. Le precipitazioni, di norma, sono poco frequenti e concentrate in primavera e autunno. La ventilazione è scarsa in tutti i mesi dell'anno e l'umidità relativa dell'aria è sempre piuttosto elevata. La presenza della nebbia è particolarmente accentuata durante i mesi più freddi. Lo strato d'aria fredda, che determina la nebbia, persiste spesso tutto il giorno nel cuore dell'inverno, ma di regola si assottiglia in modo evidente nelle ore pomeridiane.

Temperature. L'andamento della temperatura può essere quindi sintetizzato per la stagione estiva con una temperatura media di circa 23°C mentre per la stagione invernale con temperatura media di circa 3°C. Di seguito il grafico delle temperature massime e minime medie:

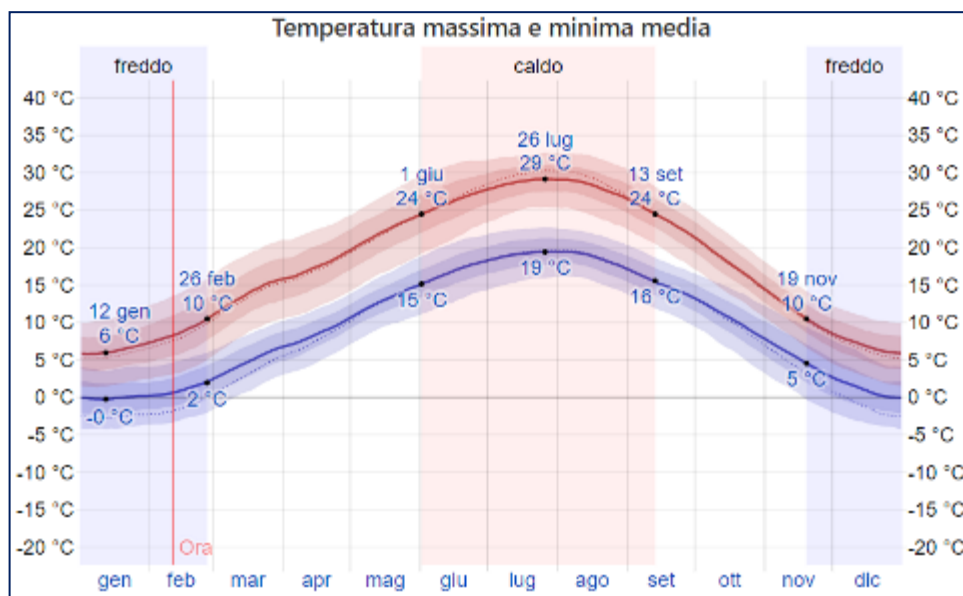


Fig. 8 – Temperatura massima e minima (valori medi)

La temperatura massima (riga rossa) e minima (riga blu) media con fasce del 25° - 75° e 10° - 90° percentile. Le righe tratteggiate rappresentano le temperature percepite.

Particolare rilevanza sta assumendo la problematica delle ondate di calore che possono essere rilevate nel periodo immediatamente antecedente al verificarsi di determinate condizioni locali e stagionali di umidità in relazione alle temperature elevate per le quali è necessaria la diffusione capillare delle informazioni monitorate da ARPA ed i Bollettini della Protezione Civile Regionale.

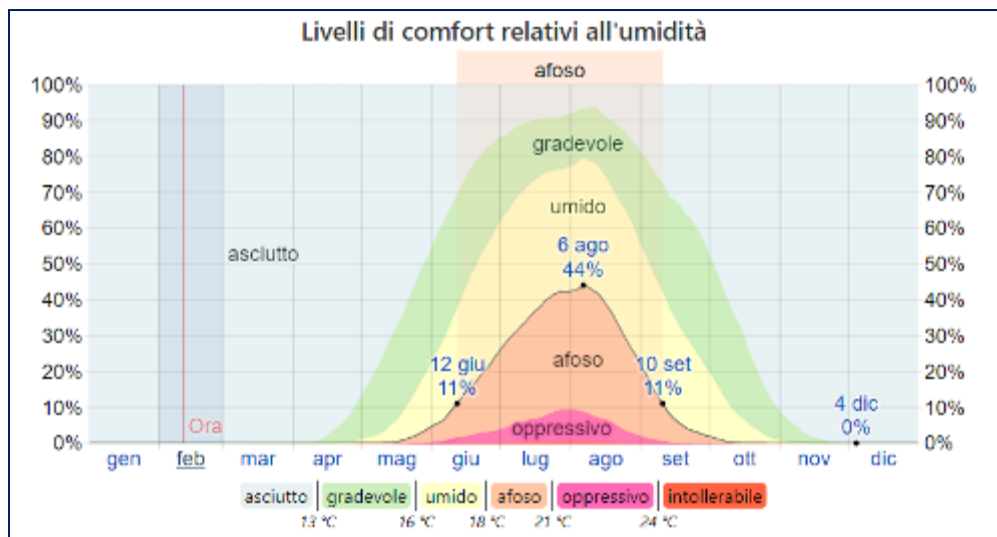


Fig. 9 – Tassi di umidità

Precipitazioni - Per quanto riguarda il regime delle precipitazioni il ciclo stagionale prevede prevalenti piogge in primavera e autunno classificabili come abbondanti, con un totale annuo medio che si attesta attorno agli 800 mm. Per il tema assunto particolare importanza i fenomeni estremi che sono andati intensificandosi negli ultimi anni.

In grafico la pioggia cumulata in periodo mobile di 31 giorni centrato su ciascun giorno.

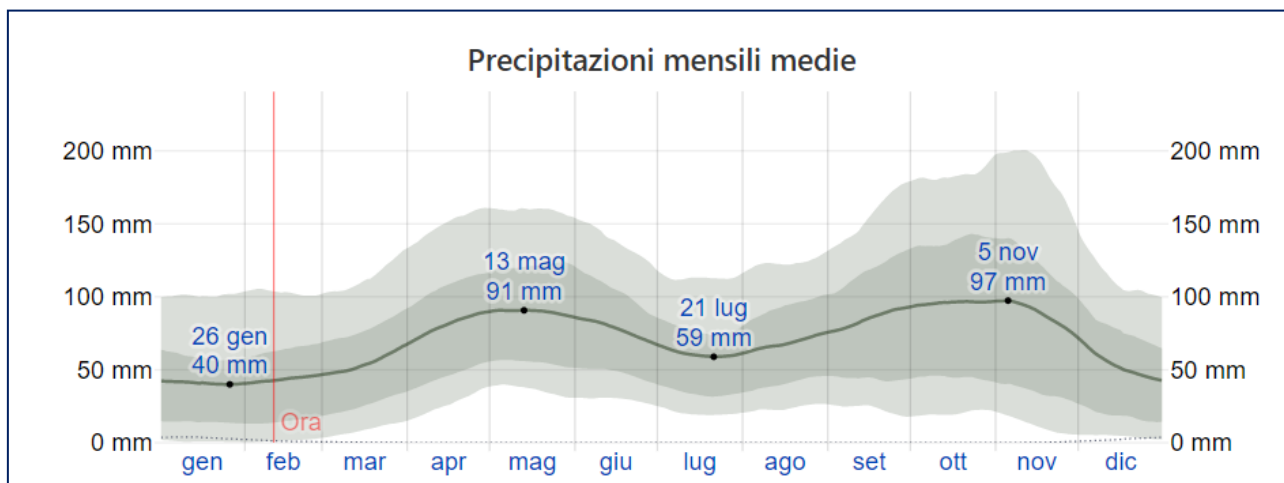


Fig. 10 – Precipitazioni medie

La pioggia media (riga continua) accumulata durante un periodo mobile di 31 giorni centrato sul giorno in questione con fasce del 25° - 75° e 10° - 90° percentile.

5.1 EVENTI PLUVIOMETRICI INTENSI ED ESTREMI

Per determinare il regime delle piogge intense nel comune di Caponago si è proceduto all'analisi della pluviometria della zona interessata; in particolare si è fatto riferimento a quanto indicato dal Piano Stralcio per l'Assetto idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino fiume Po che allega le analisi sulla distribuzione spaziale delle precipitazioni intense nella *"Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica"*.

Attraverso l'elaborazione statistica delle misure di precipitazione registrate per varie durate degli eventi dalle stazioni di misura esistenti, è possibile stimare le linee segnalatrici di probabilità pluviometrica che danno il valore dell'altezza di pioggia prevista in un dato punto per una data durata, ad un assegnato tempo di ritorno T (ossia per una data probabilità di accadimento dell'evento).

Comunemente tali curve sono espresse da una legge del tipo: $h_T(d) = a_T (d^{n_T})$

dove per altezza h di pioggia (espressa in mm) si intende l'altezza della colonna d'acqua che si formerebbe su una superficie orizzontale e impermeabile in un certo intervallo di tempo (durata d della precipitazione); nella relazione i parametri a e n dipendono dal tempo di ritorno T considerato.

Per l'analisi di frequenza delle piogge intense nei punti privi di misure dirette, l'Autorità di Bacino del fiume Po ha condotto un'interpretazione spaziale dei parametri a e n delle linee segnalatrici, suddividendo l'intero bacino del Po in celle di 2 km di lato e individuando un valore dei suddetti parametri per ogni cella. In questo modo è possibile calcolare, per ciascun punto del bacino, a meno dell'approssimazione dovuta alla risoluzione spaziale della griglia di discretizzazione, le linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni.

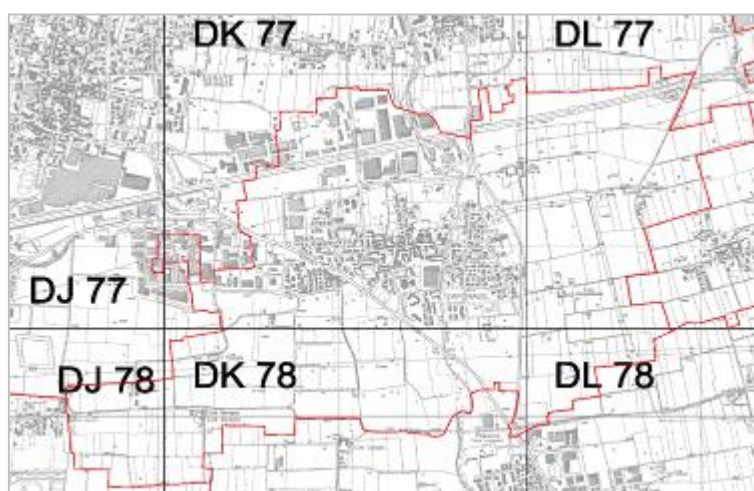


Fig. 11 – Celle pluviometriche a cui appartiene il territorio di Caponago

Nella tabella seguente si riportano i valori dei parametri delle linee segnalatrici per i diversi tempi di ritorno T anni come vengono riportati nell'allegato 3 della *"Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica"* del PAI e ora del PGRA.

Calcolo della linea segnatrice 1-24 ore

Località: Caponago

Coordinate:

Linea segnatrice

Tempo di ritorno (anni) 50

Parametri ricavati da: <http://idro.arpalombardia.it>

A1 - Coefficiente pluviometrico orario 30,98

N - Coefficiente di scala 0,2992

GEV - parametro alpha 0,29640001

GEV - parametro kappa -0,0187

GEV - parametro epsilon 0,82319999

Evento pluviometrico

Durata dell'evento [ore]

Precipitazione cumulata [mm]

Formulazione analitica

$$h_T(D) = a_1 w_T D^n$$

$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \left\{ 1 - \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]^k \right\}$$

Bibliografia ARPA Lombardia:

<http://idro.arpalombardia.it/manual/Ispp.pdf>http://idro.arpalombardia.it/manual/STRADA_report.pdf

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

Tr	2	5	10	20	50	100	200	50
wT	0,93221	1,27408	1,50444	1,72847	2,02297	2,24705	2,47323	2,02297389
Durata (ore)	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 20 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni	TR 50 anni
1	28,9	39,5	46,6	53,5	62,7	69,6	76,6	62,6717311
2	35,5	48,6	57,3	65,9	77,1	85,7	94,3	77,1151781
3	40,1	54,8	64,7	74,4	87,1	96,7	106,4	87,0615451
4	43,7	59,8	70,6	81,1	94,9	105,4	116,0	94,8872894
5	46,7	63,9	75,4	86,7	101,4	112,7	124,0	101,438663
6	49,4	67,5	79,7	91,5	107,1	119,0	131,0	107,125915
7	51,7	70,7	83,4	95,9	112,2	124,6	137,2	112,182477
8	53,8	73,5	86,8	99,8	116,8	129,7	142,7	116,755195
9	55,7	76,2	89,9	103,3	120,9	134,3	147,9	120,943087
10	57,5	78,6	92,8	106,6	124,8	138,6	152,6	124,816411
11	59,2	80,9	95,5	109,7	128,4	142,7	157,0	128,427013
12	60,7	83,0	98,0	112,6	131,8	146,4	161,2	131,814358
13	62,2	85,0	100,4	115,4	135,0	150,0	165,1	135,009255
14	63,6	86,9	102,7	117,9	138,0	153,3	168,8	138,036265
15	64,9	88,7	104,8	120,4	140,9	156,5	172,3	140,915315
16	66,2	90,5	106,8	122,7	143,7	159,6	175,6	143,662821
17	67,4	92,1	108,8	125,0	146,3	162,5	178,9	146,292482
18	68,6	93,7	110,7	127,2	148,8	165,3	181,9	148,815862
19	69,7	95,3	112,5	129,2	151,2	168,0	184,9	151,242821
20	70,8	96,7	114,2	131,2	153,6	170,6	187,8	153,58184
21	71,8	98,1	115,9	133,2	155,8	173,1	190,5	155,840274
22	72,8	99,5	117,5	135,0	158,0	175,5	193,2	158,024548
23	73,8	100,9	119,1	136,8	160,1	177,9	195,8	160,140308
24	74,7	102,1	120,6	138,6	162,2	180,2	198,3	162,192547

Fig. 12 - Calcolo della linea segnatrice di probabilità pluviometrica per Caponago (ARPA Lombardia)

6. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

6.1 STATO DI FATTO DELLE FONTI DI APPROVVIGIONAMENTO

L'acquedotto pubblico di Caponago, in gestione al CAP Gestione Spa di Milano, dispone delle seguenti fonti di approvvigionamento idrico (le principali caratteristiche dei pozzi sono riassunte in tabella):

N.	Codice SIF	Località	Anno	Prof. (m)	Filtri	Note
2	0150470002	Via Casati	1960	70.00	da 29 a 33 m da 37 a 48.5 m	Filtro GAC
3	0150470003	Via Simonetta 2	1968	144	da 28.25 a 29.6 m da 126.5 a 127.5 m	Filtro GAC
4	0150470017	C.na Bertagna	1982	96	da 31.0 a 35.0 m da 37.0 a 43.0 m	Attivo dall'Aprile 2019
5	0150470015	C.na Francesco San	1975	149.50	da 30.0 a 39.02 m da 133.86 a 136.85 m da 137.33 a 142.45 m	Filtro GAC
6°	0150470016	Via Gerole – Di Vittorio colonna A (59 m)	1992	220.00	da 42.00 a 53.00 m	Biossido di cloro Filtro GAC Dreno (per Ferro e Manganese)
6B	0150470018	Via Gerole – Di Vittorio colonna B (150 m)			da 132.50 a 137.00 m	Fermo dal 2021
7	0150470028	Via Cambiago per	1999	252.00	da 110.00 a 118.00 m	Fermo

Fig. 13 - Fonti di approvvigionamento del pubblico acquedotto (fonte dati CAP)

Le necessità dell'acquedotto sono coperte dall'interconnessione con la dorsale proveniente dal campo pozzi di Pozzuolo Martesana attiva da giugno 2007 presso il pozzo Zeneca-C.na Cassinazza,

Il tracciato dell'acquedotto comunale, fornito da CAP Gestione S.p.A., precedente gestore, è riportato in Tav. 5 dove è possibile osservare ubicazione dei pozzi, differenziazione dei tracciati nonché i diametri e tipologia del materiale delle tubazioni, l'ubicazione delle vasche di accumulo dell'impianto Gerole (pozzi 016-018), delle saracinesche e degli idranti.

Sulla base delle informazioni fornite dalla Provincia, i dati di sollevato complessivo dai pozzi pubblici e privati dal 2018 del comune di Caponago sono i seguenti:

Anno	Sollevato Pubblico mc/anno	Sollevato Privato mc/anno
2018	1.327.964	309.600
2019	1.431.673	1.542.466
2020	1.408.368	1.370.853

Fig. 14 – Dati prelievo da pozzi

Nella tabella seguente si riporta in dettaglio i dati di sollevato per ciascun pozzo nell'intervallo 2018-2020 (dati BrianzAcque).

IMPIANTO			Anno 2018	Anno 2019	Anno 2020
CASATI	SOLLEVATO TOTALE	mc.	263.937	227.677	239.215
	PORTATA MEDIA	l/s.	8,4	7,2	7,6
	ORE FUNZIONAMENTO	ore	24	24	24
SIMONETTA	SOLLEVATO TOTALE	mc.	147.106	197.510	291.926
	PORTATA MEDIA	l/s.	7	9,4	13,9
	ORE FUNZIONAMENTO	ore	16	16	16
C.NA SAN FRANCESCO	SOLLEVATO TOTALE	mc.	587.260	483.790	323.150
	PORTATA MEDIA	l/s.	21	21	21
	ORE FUNZIONAMENTO	ore	21	18	12
BERTAGNA	SOLLEVATO TOTALE	mc.	0	173.187	235.439
	PORTATA MEDIA	l/s.	-	7.3	7,5
	ORE FUNZIONAMENTO	ore	-	24	24
GEROLE VIA DI VITTORIO (P16)	SOLLEVATO TOTALE	mc.	327.090	327.870	285.380
	PORTATA MEDIA	l/s.	18	18	18
	ORE FUNZIONAMENTO	ore	14	14	12
GEROLE VIA DI VITTORIO (P18)	SOLLEVATO TOTALE	mc.	2.571	21.639	33.258
	PORTATA MEDIA	l/s.	11	11	11
	ORE FUNZIONAMENTO	ore	0,2	1,5	2,3
ZENECA C.NA CASSINAZZA	SOLLEVATO TOTALE	mc.	-	-	-
	ACQUA IN ARRIVO DA POZZUOLO	mc.	48.180	49.500	21.120

Fig. 15 – Dati prelievo da singoli pozzi

6.2 CLASSIFICAZIONE DELLE UNITÀ DI SOTTOSUOLO

L'andamento delle unità idrogeologiche del sottosuolo è stato sviluppato mediante la caratterizzazione idrogeologica degli acquiferi suddividendo le unità idrostratigrafiche, proposta da Avanzini M., Beretta G.P., Francani V. e Nespoli M, dall'alto verso il basso:

- **UNITÀ GHIAIOSO-SABBIOSA** (facies fluviali dell'Olocene-Pleistocene Sup.);
- **UNITÀ SABBIOSO-GHIAIOSA** (facies fluviali del Pleistocene Medio);
- **UNITÀ A CONGLOMERATI E ARENARIE** (facies fluviali del Pleistocene Inf.);
- **UNITÀ SABBIOSO-ARGILLOSA** (facies continentale e transizionale, Pleistocene Inf.-Villafranchiano Sup. e Medio Auct.);
- **UNITÀ ARGILLOSA** (facies marina, Pleistocene Inf.-Calabrian Auct.).

Queste unità sono state riclassificate da Regione Lombardia_ENI nelle seguenti unità:

A Caponago dall'unità più superficiale alla più profonda si riconoscono tre acquiferi senza evidenze del Gruppo Acquifero D, il più profondo (Pleistocene Inf.):

Gruppo Acquifero A (Olocene-Pleistocene Medio) corrisponde all'unità *ghiaioso-sabbiosa* costituito da litotipi ghiaioso-sabbiosi con ciottoli, localmente parzialmente cementati, con subordinate intercalazioni di livelli limoso-argillosi di limitata estensione areale. La geometria dell'unità è lenticolare con spessori variabili da 5 a 12m si presenta priva di circolazione idrica o caratterizzata da falde sospese a ridotta potenzialità.

Gruppo Acquifero B (Pleistocene Medio) corrispondente alle unità *sabbioso-ghiaiosa* e a *conglomerati e arenarie* costituito da conglomerati di origine fluviale variamente cementati con intercalazioni sabbioso ghiaiose ad elevata trasmissività. All'interno dell'unità sono presenti orizzonti a bassa permeabilità rappresentati da sabbie limose, limi e argille, generalmente caratterizzati da una limitata estensione laterale.

L'unità, con spessori medi di 30 m e massimi di 45-50 m in corrispondenza di paleovalle sepolte, è sede dell'acquifero principale di tipo libero, caratterizzato da una elevata permeabilità per porosità; l'alimentazione, oltre alla ricarica da monte, è dovuta a perdite per infiltrazione del Molgora e del Villaresi. La soggiacenza varia da circa 23 a 28 m con oscillazioni del livello piezometrico stagionali.

L'elevata vulnerabilità intrinseca è testimoniata da scadenti caratteristiche qualitative delle acque, con valori elevati del parametro nitrati.

Gruppo Acquifero C (Pleistocene Medio); corrispondente alla parte superiore dell'unità sabbioso-argillosa è costituita da potenti successioni di argille grigie e gialle, talora fossilifere e torbose, caratterizzate da una discreta continuità laterale, a cui si alternano subordinati livelli di sabbie, ghiaie sabbiose ad alto contenuto argilloso e livelli di conglomerati. Nei livelli più grossolani e permeabili sono presenti falde intermedie e profonde di tipo confinato, captate dai pozzi pubblici presenti sul territorio comunale.

Dall'esame delle stratigrafie dei pozzi pubblici di Caponago e dall'interpretazione generale delle sezioni idrogeologiche, il tetto dell'unità viene individuato a ca. 40-50 m ed è delimitato da superficie erosionale irregolare e ondulata costituita da limi sabbiosi che rappresentano un chiaro marker stratigrafico. Le serie storiche analizzate mettono in evidenza oscillazioni stagionali legate al regime meteorico localmente influenzate dalla pratica irrigua con alternanze delle fasi di asciutta (pozzo Carugate).

La dinamica della falda superiore nell'ultimo trentennio mostra il prevalere di fattori naturali di carica e ricarica legati all'andamento dei regimi meteorici, rispetto all'entità dei prelievi in atto sul territorio, generalmente stazionari o in lieve aumento.

6.3 VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI

La vulnerabilità di un'area è definita principalmente in base alle caratteristiche ed allo spessore dei terreni attraversati dalle acque di infiltrazione (e quindi dagli eventuali inquinanti veicolati) prima di raggiungere la falda acquifera, nonché dalle caratteristiche della zona satura. Dipende sostanzialmente da quattro fattori:

- **permeabilità** dell'unità acquifera e modalità di circolazione delle acque sotterranee in falda: l'acquifero più superficiale è da considerarsi omogeneo ed è caratterizzato dalla presenza di ghiaie, sabbie e conglomerati (con elevata permeabilità interstiziale) e dalla scarsità di livelli continui di sedimenti fini limitanti la diffusione di inquinanti idroveicolati.
- **soggiacenza della falda**: i valori di soggiacenza, determinata in base ai valori delle linee isopiezometriche presenti in Tav. 2, rientrano nella classe < 30 m con valori variabili tra 23 e 28 m di profondità.
- **caratteristiche litologiche e di permeabilità del non saturo**: la protezione della falda è condizionata da spessore e permeabilità dei terreni soprafalda e dalle caratteristiche dei suoli e dei livelli argillosi superficiali. La protezione dell'acquifero, quindi, data l'elevata permeabilità dei depositi superficiali, è correlata ai materiali fini superficiali e allo stato di alterazione dei depositi fluviali e fluvioglaciali. Lo spessore e le caratteristiche delle sequenze, in considerazione della loro geometria lenticolare, sono variabili e garantiscono protezione limitata all'acquifero.
- **presenza di corpi idrici superficiali**: la presenza di corpi d'acqua pensili sulla superficie piezometrica, può consentire l'ingressione in falda di acque superficiali.

Le condizioni rilevate in Caponago per i quattro fattori sono sostanzialmente omogenee in tutto il territorio comunale definibile, pertanto, a vulnerabilità elevata. Condizione che risulta aggravata dalla presenza del Molgora, sospeso e alimentante l'acquifero. L'area dell'alveo viene conseguentemente definita a vulnerabilità elevata.

La sintesi delle informazioni raccolte ha permesso la delimitazione di due aree omogenee contraddistinte da differente grado di vulnerabilità (da elevato a medio elevato), le cui caratteristiche sono riportate nella legenda di Tav. 2 relative alle aree di affioramento: nell'Unità Postglaciale l'acquifero di tipo libero in materiale alluvionale con soggiacenza < 30 m e Molgora sospeso in corrispondenza di depositi fluviali determina un grado di vulnerabilità elevato; nell'area di affioramento dell'Allogruppo di Besnate con acquifero libero in materiale fluvioglaciale e soggiacenza < 30 m, con copertura superficiale di depositi a bassa permeabilità con spessore inferiore a 3 m il grado di vulnerabilità risulta medio.

La vulnerabilità integrata considera, oltre alle caratteristiche naturali sopra elencate, la pressione antropica esistente sul sito, ed in particolare la presenza di "centri di pericolo", definibili come attività o situazioni non compatibili nella zona di rispetto dei pozzi ad uso potabile, ai sensi dell'art. 94 del D.Lgs. 152/06 e della D.G.R. n. 7/12693 del 10.04.03.

In Tav. 2 sono stati riportati alcuni elementi che concorrono alla definizione della vulnerabilità integrata riconducibili alle seguenti categorie:

Pozzi pubblici di captazione a scopo idropotabile (in rete), pozzi privati; è opportuno segnalare che i pozzi captanti acquiferi sovrapposti, oltre ad essere dei soggetti ad inquinamento, rappresentano essi stessi dei centri di pericolo per l'acquifero confinato in quanto costituiscono un'interruzione della continuità degli orizzonti di protezione.

Preventori e/o riduttori di inquinamento: Piattaforma ecologica-centro raccolta differenziata di RSU, situata in prossimità della zona industriale di Via Galilei.

Zona di rispetto dei pozzi pubblici ad uso idropotabile: definita con criterio geometrico (200 m) secondo il D.Lgs. 152/06 - D.G.R. n. 7/12693/03 per i tutti i pozzi attivi. E' stata altresì riportata la delimitazione con criterio temporale per i pozzi CAP 002, 003, 015, 017 come da tavola di azzonamento del PRG approvato con G.R. 14/2/2000 n. VI/48190 – pubblicazione su BURL 17/5/2000.

Potenziali ingestori e vie di inquinamento dei corpi idrici sotterranei

Corso d'acqua superficiale (Torrente Molgora) potenzialmente con carichi inquinanti e alimentante l'acquifero, classificato come scadente con stato ecologico in classe 4.

Ambito estrattivo: ubicato nel settore nord-orientale del territorio con porzioni cavate, caratterizzate da riduzione dello spessore della zona non satura. Gli ambiti di cava possono in generale costituire vie di contaminazione per la riduzione dello spessore della zona non satura; a seguito dell'asportazione del suolo viene infatti facilitata l'infiltrazione delle acque meteoriche annullando qualsiasi effetto di autodepurazione.

Produttori reali e potenziali di inquinamento dei corpi idrici sotterranei (informazioni dettagliate nello "Studio Comunale di Gestione del rischio Idraulico" Brianzacque 2021.

Tracciato fognario comunale, collettori fognari consortili Brianzacque s.r.l. e punti di allacciamento al collettore fognario. Le reti fognarie rappresentano uno dei centri di pericolo per il rischio di perdite accidentali (deterioramento dell'impermeabilizzazione del fondo) o sistematiche (cattiva esecuzione di tratti della rete), anche se in rete con l'impianto di depurazione di Truccazzano. Sulla base dei dati forniti da Brianzacque (aggiornamento Giugno 2021) sono stati ubicati in Tav. 2 "Idrogeologia".

Punti di sfioro. Sono stati rilevati sette punti di sfioro con recapito nel T. Molgora tramite manufatti appositi dotati di troppo pieno o soglia. Due sfioratori in prossimità della zona industriale, uno sfioratore in corrispondenza di Via Roma, due sfioratori in testa al ramo ovest del Collettore Consortile di Caponago e due sfioratori nella zona Sud del Comune nelle vicinanze della rete fognaria comunale proveniente da Agrate Brianza.

Punti di scarico in corpo d'acqua superficiale: sono presenti cinque punti di scarico in CIS (Corpo Idrico Superficiale – sponda destra T.Molgora) . Il punto di scarico più a nord è in corrispondenza di Viale dell'Industria, il secondo in Via Roma in prossimità del manufatto di sfioro, andando verso sud si trovano i due scarichi nei pressi del Parco Europa e il punto di scarico della rete fognaria proveniente dal Comune di Agrate Brianza

Strade di grande traffico (SP, A4 e Teem).

7 - CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-TECNICA

7.1 PRIMA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

La classificazione del territorio su base geologico-tecnica e geopedologica ha seguito le indicazioni della D.G.R. n. 8/1566/2005 aggiornata dalla D.G.R. n. IX/2616/2011, che raccomanda l'effettuazione di una prima caratterizzazione geotecnica sulla base dei dati disponibili e delle eventuali osservazioni dirette. La classificazione del territorio su base geologico-tecnica ha seguito le indicazioni delle D.G.R. n.8/7374/2008, che raccomandano l'effettuazione di una prima caratterizzazione geotecnica sulla base dei dati disponibili e delle osservazioni dirette.

A tale scopo sono stati considerati i dati derivanti dai punti stratigrafici di riferimento:

- affioramenti naturali;
- sondaggi effettuati mediante escavatore appositamente messo a disposizione dal Comune per lo studio geologico del 1999;
- indagini geognostiche documentate ed originali, precedentemente effettuate per specifici interventi sul territorio di Caponago;

In Tav. 5, Carta di Sintesi, è riportata l'ubicazione dei punti di controllo stratigrafico disponibili mentre di seguito sono riportati gli assaggi, sondaggi, prove penetrometriche dinamiche ed aree oggetto di indagini geotecniche, i cui risultati sono allegati al presente studio.

7.2 SINTESI DELLE INDAGINI GEOTECNICHE DISPONIBILI

IGT 1 – Piano di Lottizzazione

Committente: Studio di architettura, Arch. Marzorati

Autore: Ipogeo studio geologico – marzo 1993

Argomento: Indagine territoriale svolta per la realizzazione di un piano di lottizzazione

Indagini: sono state effettuate 17 prove penetrometriche dinamiche standardizzate, un sondaggio geognostico a carotaggio continuo e 4 sondaggi elettrici verticali

Stratigrafia: dai dati geotecnici si è desunta la seguente stratigrafia:

Spessore da 0.60 a 1.00 metri: terreno di riporto costituito da ghiaia di varia pezzatura, detrito industriale, laterizi, depositi sabbiosi e limosi di colorazione ocrea;

Cappello superficiale: terreno di coltivo;

Spessore 2.0 – 3.0 metri: depositi limoso – argillosi più o meno sabbiosi di colore marrone;

Spessore 5.0 metri: sedimenti ghiaiosi di varia pezzatura in matrice sabbiosa e sabbioso – limosa di colore grigiastra;

IGT 2 – Cimitero di Caponago

Committente: Dott. Arch. Caprotti Autore: ROTOPI s.n.c.

Argomento: Raddoppio del cimitero di Caponago;

Indagini: sono state effettuati 4 sondaggi;

IGT 3 – STMicroelectronics S.r.l.

Committente: STMicroelectronics S.r.l. Autore: Dames & Moore - Novembre 1999

Argomento: Area di nuova acquisizione destinata a parcheggio.

Autostrada A4

Committente: SPEA S.p.A.

Autore: Servizi geotecnici – febbraio 2003

Argomento: Ampliamento alla IV corsia del tratto Milano est - Bergamo Indagini: sono state effettuati 2 pozzetti esplorativi, 4 prove di carico su piastra e 3 prove penetrometriche dinamiche.

Brianzacque S.r.l. – Vasca volano di Via Monza

Committente: Brianzacque S.r.l.

Autore: Geoinvest S.r.l. -2020/2021

Argomento: Vasca Volano di Via Monza

7.3 ASPETTI GEOLOGICO-TECNICI

Per la determinazione dei parametri geotecnici medi delle unità di sottosuolo in questa sede sono stati reinterpretati i risultati delle indagini disponibili, al fine di assicurare un più omogeneo trattamento dei dati di base.

I parametri geotecnici indicati nelle tabelle seguenti sono stati ottenuti indirettamente, mediante correlazioni empiriche, a partire dai risultati delle prove penetrometriche dinamiche continue disponibili e dai risultati delle prove SPT in foro di sondaggio.

In particolare, per ciò che riguarda l'elaborazione dei risultati delle prove penetrometriche dinamiche, è stato utilizzato un programma di calcolo che, in base alle correlazioni più comunemente accettate, permette di definire i principali parametri geotecnici, una volta noti i valori di resistenza alla penetrazione standard (N_{SPT}) direttamente ricavata dalla resistenza alla penetrazione dinamica (N_{30}) misurata nelle prove condotte secondo la correlazione:

$$N_{30} \approx 0.50 N_{SPT}$$

[Cestari, 1990]

Sulla base di tali valori e dei valori di N_{SPT} direttamente misurati all'interno di perforazioni di sondaggio, sono quindi stati calcolati i corrispondenti valori corretti in funzione del confinamento laterale (N_1), i valori di densità relativa e angolo di attrito dei terreni di natura prevalentemente non coesiva, i valori di coesione non drenata dei terreni di natura prevalentemente coesiva, i valori di velocità di propagazione delle onde di taglio ed il modulo di elasticità.

In particolare i valori di N_1 sono stati ottenuti a partire dai valori di N_{SPT} sulla base della seguente equazione:

$$N_1 = N_{SPT} / \sigma'_{vo}{}^{0.56}$$

[Jamolkowski et al., 1985]

La densità relativa è stata calcolata a partire dai valori di N_1 in accordo alle seguenti equazioni ricavate dall'analisi di numerose evidenze sperimentali [Skempton, 1986]:

$$D_r = [(N_1)_{60} / (71.7 * (N_1)_{60} - 0.056)]^{0.5} \quad \text{per } (N_1)_{60} > 8$$

$$D_r = [(N_1)_{60} / (296.6 * (N_1)_{60} - 0.728)]^{0.5} \quad \text{per } (N_1)_{60} \leq 8$$

dove $(N_1)_{60} = N_1$ in base a considerazioni relative al rendimento medio dell'attrezzatura impiegata per le prove SPT, pari a circa il 60%

L'angolo di attrito dei terreni investigati è stato determinato sulla base dei valori di densità relativa e della natura dei terreni attraversati, in accordo alla procedura US NAVY - NAV FAC DM7 - 1982. La coesione non drenata dei terreni di natura coesiva è stata determinata sulla base della correlazione empirica proposta da Terzaghi e Peck (1948):

$$c_u = 6.67 \cdot N_{SPT}$$

Per la determinazione dei parametri di deformabilità dai valori di resistenza alla penetrazione standard N_{SPT} calcolati sono stati ricavati i valori di velocità di propagazione delle onde di taglio V_s [m/s] con Yoshida et al. (1988):

$$V_s = 55 * N_{SPT}^{0.25} * \sigma'_{v0}^{0.14}$$

A partire dai valori di V_s sono stati quindi calcolati i valori di modulo di elasticità iniziale E_i dalle relazioni $G_i = \gamma \cdot V^2$ (dove G_i rappresenta il modulo di taglio iniziale e γ il peso di volume del terreno) e $E_i = G_i \cdot 2(1 + \mu)$, dove μ è il coefficiente di Poisson del terreno assunto pari a 0.35. Dai valori di E_i sono quindi stati ricavati, sulla base delle curve di decadimento del modulo di elasticità in funzione della deformazione, i moduli di elasticità operativi; in particolare il valore del modulo operativo è stato ricavato sulla base del rapporto $E_i / E = 10$ per i valori di deformazione di riferimento. Si precisa che tale modulo corrisponde ad un modulo in condizioni drenate per i terreni di natura granulare e ad un modulo in condizioni non drenate per i terreni di natura coesiva.

7.4 CARATTERI GEOLOGICO-TECNICI

Sono state individuate due unità con caratteristiche omogenee dal punto di vista morfologico, geologico e pedologico, le cui caratteristiche sono di seguito descritte.

UNITA' Be

Caratteri morfologici: pianura principale con blande ondulazioni interpretabili come relitti di paleoalvei.

Caratteri litologici: depositi fluvioglaciali costituiti da ghiaie a prevalente supporto di matrice sabbiosa fine, più raramente a supporto clastico. Profilo di alterazione poco o mediamente evoluto con spessore massimo di 3 m.

Caratteri pedologici: 37 – TCC1, suoli poco profondi su ghiaie e sabbie calcaree, scheletro comune o frequente in superficie, abbondante da 30-50 cm di profondità, tessitura media o moderatamente grossolana, reazione subacida, talvolta neutra in profondità, saturazione bassa in superficie, medio-alta in profondità, drenaggio buono.

45 – SGP1, suoli molto profondi su ghiaie e ciottoli leggermente calcarei, scheletro scarso o comune in superficie, abbondante in profondità, tessitura media in superficie, moderatamente grossolana o moderatamente fine in profondità, reazione subacida o

neutra, saturazione media, spesso bassa in superficie, drenaggio buono.

48 – SGP2: Fase fisiografica e di drenaggio più difficoltoso (mediocre) dei suoli SGP1. Suoli molto profondi, su ghiaie e sabbie leggermente idromorfe e poco calcaree, scheletro scarso o comune in superficie, abbondante oltre 50 e 100 m cm, tessitura media, reazione subacida, saturazione media, drenaggio mediocre.

Assetto geologico-tecnico: Terreni coesivi fini fino a un massimo di 3 - 4 m con discrete/scadenti caratteristiche geotecniche, passanti in profondità a terreni granulari da sciolti a moderatamente addensati con buone caratteristiche geotecniche. Permeabilità media.

Drenaggio delle acque: Drenaggio difficoltoso in superficie, buono in profondità.

UNITA' Pg

Caratteri morfologici: alveo del Torrente Molgora e aree ad esso circostanti delimitate e separate da orli di terrazzo dalla piana circostante. Tali aree sono localmente caratterizzate da un debole dislivello altimetrico rispetto alla quota dell'alveo attivo e pertanto potenzialmente esondabili.

Caratteri litologici: depositi fluviali e alluvionali costituiti da sabbie e limi con rare intercalazioni ghiaiose passanti a ghiaie medio grossolane a supporto di clasti o di matrice sabbiosa. Profilo di alterazione scarso con suoli assenti o poco sviluppati.

Caratteri pedologici: 67 – FGA1, suoli profondi su ghiaie sabbiose con limo, scheletro comune in superficie, frequente in profondità, tessitura media in superficie, moderatamente grossolana da 80 a 100 cm, reazione subalcalina, saturazione alta, calcarei, drenaggio buono.

Assetto geologico-tecnico: Terreni coesivi fini fino a un massimo di 3 - 4 m con discrete/scadenti caratteristiche geotecniche, passanti in profondità a terreni granulari da sciolti a moderatamente addensati con buone caratteristiche geotecniche. Permeabilità media.

Drenaggio delle acque: Drenaggio difficoltoso in superficie, buono in profondità.

Dal punto di vista geotecnico non si evidenziano differenziazioni tra le due unità: ad esse corrisponde pertanto un'unica unità geotecnica definita come Area Omogenea 1 di cui si fornisce il modello geotecnico elaborato in funzione della profondità.

Di seguito il modello geotecnico ottenuto dalle indagini 2021 effettuate a supporto del progetto della vasca volano di Via Monza

Modello geotecnico Area Omogenea 1:

UNITÀ A

Litologia *limi da sabbiosi a molto sabbiosi, plastici*

Resistenza alla penetrazione standard media	N_{SPT}	= 4÷8	colpi/30 cm
Peso di volume naturale	γ_n	= 18	kN/m ³
Stato di consistenza		= Mediamente consistente	
Densità relativa	D_r	= -	
Angolo d'attrito efficace	ϕ'	= -	°
Coesione non drenata	C_u	= 26÷53	kPa
Velocità di propagazione delle onde di taglio	V_s	= 84÷138	m/s
Modulo di elasticità non drenato	E'	= 3÷10	Mpa
Spessore (medio)		= 2.5÷3	M

UNITÀ B**Litologia** *ghiaia medio-grossolana, inglobante abbondanti ciottoli*

Resistenza alla penetrazione standard media	N_{SPT}	= 18÷50	colpi/30 cm
Peso di volume naturale	γ_n	= 20	kN/m ³
Stato di addensamento		= da addensato a molto addensato	
Densità relativa	D_r	= 0.67÷0.93	
Angolo d'attrito efficace	ϕ'	= 37÷41	°
Coesione efficace	c'	= 0	kPa
Velocità di propagazione delle onde di taglio	V_s	= 178÷257	m/s
Modulo di elasticità drenato	E'	= 16÷37	Mpa
Spessore (medio)		4÷4.5	M

UNITÀ C**Litologia** *ghiaia media con abbondante matrice sabbiosa*

Resistenza alla penetrazione standard media	N_{SPT}	= 16÷56	colpi/30 cm
Peso di volume naturale	γ_n	= 20	kN/m ³
Stato di addensamento		= da mediamente addensato ad addensato	
Densità relativa	D_r	= 0.45÷0.78	
Angolo d'attrito efficace	ϕ'	= 34÷39	°
Coesione efficace	c'	= 0	kPa
Velocità di propagazione delle onde di taglio	V_s	= 224÷309	m/s
Modulo di elasticità drenato	E'	= 25÷53	Mpa

Modello geotecnico da indagini per Vasca Volano Via Monza:

Livello A (da -0.30/-0.60m a -2.10m/-3.10m)	
Litologia: depositi limoso-sabbiosi prevalenti poco addensati con presenza di livelli più fini, limoso argillosi e diffusa presenza di inclusi ghiaiosi.	
Peso umido di volume γ	1.93 t/mc
Angolo di attrito ϕ	28°
Coesione c'	0.127 Kg/cm ²
Modulo di deformazione elastico E_s	80 Kg/cm ²
Densità relativa D_r	33%
Livello B (da -2.10m/-3.10m fino ad almeno -15.00m dal p.c.)	
Litologia: Depositi costituiti da ghiaia eterometrica e sabbia in matrice limosa, molto addensati	
Peso di volume γ	2.05 t/mc
Angolo di attrito ϕ	35°
Coesione c'	0.0 Kg/cm ²
Modulo di deformazione elastico E_s	328 Kg/cm ²
Densità relativa D_r	66%

8. ANALISI DEL RISCHIO SISMICO

le condizioni locali geologiche e geomorfologiche di una zona, in occasione di eventi sismici, sono in grado di influenzare la pericolosità sismica di base, determinando effetti diversi, da considerare nella valutazione della pericolosità sismica dell'area (Dgr 2616 del 30.11.2011). Tali effetti dipendono dal comportamento dinamico dei materiali coinvolti. Gli studi per distinguere le aree potenzialmente pericolose dal punto di vista sismico sono basati, in primo luogo, sulla tipologia dei terreni e delle rocce presenti nel sito considerato. Si distinguono, in generale, due gruppi di effetti locali, effetti di sito o di amplificazione sismica locale e effetti di instabilità. Nei primi sono compresi gli effetti di amplificazione topografica, legati alla presenza di creste del rilievo morfologico e gli effetti di amplificazione litologica dovuti a geometrie anomale sepolte o a irregolarità strutturali.

Gli effetti di instabilità sono invece determinati da quei terreni che dimostrano un comportamento instabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche, che possono quindi portare a collassi incompatibili con la stabilità delle strutture. Tali effetti possono verificarsi, ad esempio, in corrispondenza di versanti ad equilibrio precario, o in caso di terreni con scadenti caratteristiche meccaniche.

8.1 QUADRO NORMATIVO

L'OPCM 20.03.2003 n.3274 "Primi elementi in materia di classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" individua le zone sismiche sul territorio nazionale. L'ordinanza, in vigore dal 23.10.2005 per gli aspetti relativi alla classificazione sismica, è stata recepita dalla Regione Lombardia con D.g.r. n. 14694 del 7 novembre 2003.

La D.G. Sicurezza, polizia locale e protezione civile di Regione Lombardia con il D.d.u.o. 21.11.2003 - n. 19904 "Approvazione elenco tipologie degli edifici e opere infrastrutturali e programma temporale delle verifiche di cui all'art. 2, commi 3 e 4 dell'ordinanza P.c.m. n. 3274 del 20 marzo 2003, in attuazione della D.g.r. n. 14964 del 7 novembre 2003" e Regione Lombardia con altre specifiche normative per la classificazione sismica del territorio regionale e in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche ha disposto:

- D.g.r. 11 luglio 2014 n. X/2129 "Aggiornamento delle zone sismiche in Lombardia" (l.r. n.1/2000, art.3, c.108, lett.d), rappresenta la norma di riferimento per la classificazione sismica del territorio regionale. Il Comune di Caponago è incluso nella zona sismica 3 e l'accelerazione massima attesa al suolo per il territorio comunale è definita in $A_g \max = 0,068467g$.
- Legge Regionale 12 ottobre 2015, n. 33 "Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche" reca disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche.
- D.g.r. 30 marzo 2016 - n. X/5001 "Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (artt. 3 e 13 l.r. 33/2015)" norma le seguenti materie

- a) Modalità per lo svolgimento in forma associata, da parte dei comuni, delle funzioni di cui all'art. 2, comma 2, della l.r.33/2015;
- b) Linee di indirizzo e coordinamento di cui all'art. 3, comma 1, della l.r. 33/2015, comprensivo della relativa modulistica (moduli da n. 1 a n. 13);
- c) Modalità di attuazione del sistema informativo integrato di cui all'art. 3, comma 2, della l.r. 33/2015;
- d) Modalità e criteri per l'individuazione delle varianti di cui all'art. 5, comma 1, della l.r. 33/2015;
- e) Contenuto minimo della documentazione e dell'istanza di cui all'art. 6, comma 1, lettera c), della l.r. 33/2015;
- f) Criteri per il rilascio dell'autorizzazione sismica di cui all'art. 8, comma 1, della l.r. 33/2015;
- g) Casi e modalità per la richiesta del parere tecnico alla regione di cui all'art. 8, comma 4, della l.r. 33/2015;
- h) Termini e modalità di svolgimento dei controlli di cui all'art.10;
- i) Linee guida per le costruzioni in corso in zone sismiche di nuova classificazione di cui all'art.12 commi 6 e 8.b), della l.r. 33/2015;

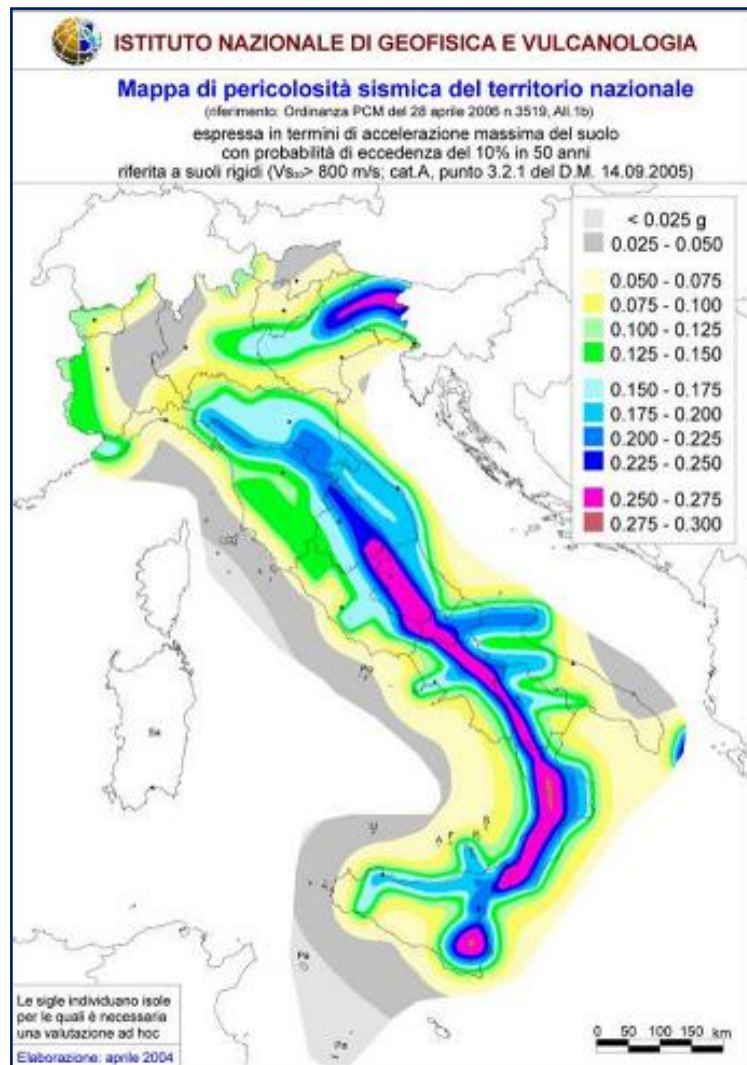


Fig. 16 – Mappa di pericolosità sismica INGV

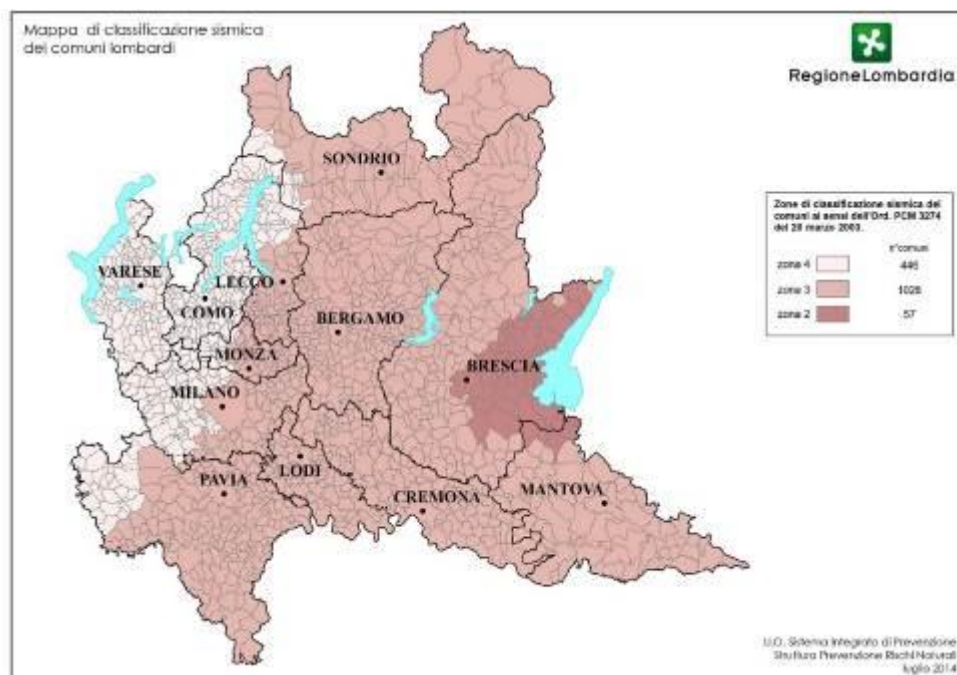


Fig. 17 – Classificazione sismica dei comuni lombardi

8.2 METODOLOGIA DI ANALISI SISMICA

L'analisi è stata effettuata secondo la metodologia descritta nell'Allegato 5 alla DGR 30.11.2011 richiamata nell'introduzione. Tale metodologia prevede tre livelli di approfondimento e studio crescenti, in funzione della classificazione sismica, delle caratteristiche proprie del sito e della tipologia di progetto, da applicarsi sia in fase pianificatoria (PGT) sia in fase progettuale.

Il **primo livello** di approfondimento è obbligatorio, in fase di redazione della componente geologica del PGT, su tutto il territorio comunale; consiste nel riconoscimento di aree a diversa capacità di risposta nei confronti della sismicità e nella redazione della cartografia di pericolosità sismica locale, in base alle litologie e alle situazioni morfologiche definite nel rilievo geologico di superficie.

Il **secondo livello** di approfondimento è obbligatorio, in fase di redazione della componente geologica del PGT, nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti (elenco tipologico di cui al DDUO n. 19904/2003). Per le aree a pericolosità sismica locale caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti o liquefazioni (zone Z1 e Z2, vedi oltre) non è invece prevista la redazione di studi di secondo livello, in quanto è necessaria l'applicazione diretta del terzo livello.

Il **terzo livello** è obbligatorio in fase di progettazione degli edifici strategici e rilevanti, nelle aree indagate con il 2° livello, nel caso in cui risulti dimostrata l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale in relazione agli scenari di pericolosità sismica locale, nelle zone Z3 e Z4 riportate sulla carta di PSL. E' parimenti obbligatorio in presenza di aree suscettibili di effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazioni (zone Z1 e Z2).

A seguito dell'Ordinanza 3274/2003 con d.g.r. n. 7/14964 ha introdotto specifiche normative tecniche per le costruzioni in aree geografiche caratterizzate dal medesimo rischio sismico e il Comune di Caponago veniva assegnato alla zona sismica 4, ovvero a "bassa sismicità". Con d.g.r. 2129/2014, "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia" entrata in vigore il 10.04.2016, Caponago è stato riclassificato e ricompreso nella zona 3, rischio sismico medio-basso con accelerazione orizzontale prevista su suolo rigido ($V_s > 800$ m/s) $A_{gmax} = 0,068467g$.

Come contemplato dalla citata d.g.r. n.9/2616 del 30/11/2011, si è quindi provveduto ad analizzare le problematiche inerenti la sismicità locale ed a predisporre la Carta della Pericolosità Sismica Locale, con gli approfondimenti richiesti dalla normativa.

Primo livello di approfondimento – Carta PSL

L'applicazione del primo livello di studio ha consentito la realizzazione della Carta di Pericolosità Sismica Locale (Tavola 4) che è stata costruita in base alle osservazioni geologiche, dedotte dalla cartografia lito-morfologica, integrate da valutazioni e rilievi di superficie effettuati nell'ambito del presente studio.

Nella carta sono state perimetrate aree omogenee in funzione delle caratteristiche dedotte dalla Tab. 1 , All. 5 dei criteri attuativi. Nella normativa sismica (Piano delle Regole) sono riportate le prescrizioni relative ad ogni classe individuata.

Nell'ambito del comune di Caponago sono state riconosciute le seguenti situazioni:

Sigla	Scenario Pericolosità Sismica Locale	Possibili effetti	Classe di Pericolosità sismica	Approfondimento richiesto
Z2a	Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)	Cedimenti	H2	III° livello
Z4a	Zona di fondovalle e pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche	H2	II° livello; III° livello per le aree con superamento del Fa nel II° livello

Fig. 18 – Scenari di pericolosità sismica da PSL

Secondo livello di approfondimento

Il secondo livello di approfondimento consente la caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi negli scenari perimetrati nella carta PSL e fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore del Fattore di amplificazione (Fa). L'applicazione di tale livello consente di individuare aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare edifici e infrastrutture dagli effetti attesi di amplificazione sismica locale (Fa calcolato superiore a Fa di soglia comunale riportato in tabelle fornite dalla Regione Lombardia e calcolate dal Politecnico di Milano)

Il livello di approfondimento 2° deve comunque essere applicato in fase di pianificazione urbanistica di edifici o infrastrutture strategici e rilevanti di cui al D.D.U.O 21 novembre 2003 n. 19904 di Regione Lombardia "Approvazione elenco tipologie degli edifici e opere infrastrutturali e programma temporale delle verifiche di cui agli Art. 2, commi 3 e 4 dell'O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003 in attuazione della DGR n. 14964 del 7 novembre 2003".

Terzo livello di approfondimento

Il terzo livello di approfondimento, caratterizzato dalla definizione degli effetti delle amplificazioni sismiche sulla base di ricerche e analisi più approfondite, deve essere applicato in fase progettuale di edifici o infrastrutture strategici e rilevanti in due casi:

qualora, a seguito dell'applicazione del secondo livello, si dimostra l'inadeguatezza della normativa nazionale all'interno di perimetri definiti nella carta PSL come zone Z4;

In presenza di aree caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti o liquefazioni. In questo caso l'analisi di terzo livello sarà eseguita direttamente, senza effettuare l'approfondimento di secondo livello.

Con la pubblicazione del D.M. 17 gennaio 2018, aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» si definiscono i criteri definitivi per la classificazione sismica del territorio nazionale che prevedono la valutazione dell'azione **definita puntualmente al variare del sito e del periodo di ritorno considerati, in termini sia di accelerazione del suolo a_g sia di forma dello spettro di risposta.**

"l'azione sismica è quindi valutata sito per sito e costruzione per costruzione e non riferendosi ad una zona sismica territorialmente coincidente con più entità amministrative, ad un'unica forma spettrale e ad un periodo di ritorno prefissato ed uguale per tutte le costruzioni come avveniva in precedenza".

Ai sensi delle “Norme Tecniche per le Costruzioni” l’azione sismica viene valutata in fase di progettazione a partire da una “pericolosità sismica di base” in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

La pericolosità sismica di un determinato sito deve essere descritta sia in termini geografici che temporali, fornendo, di conseguenza i risultati del suddetto studio:

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta (F_0 – valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale, T^*C – periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale);
- in corrispondenza dei punti di un reticolo di riferimento (reticolo di riferimento) i cui nodi non siano distanti più di 10 km;
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno TR ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni.

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

Fig. 19 - *Categorie di sottosuolo che consentono l'utilizzo dell'approccio semplificato*

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

Gli **Stati limite di esercizio (SLE)** comprendono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti in relazione alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

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

Gli *Stati limite ultimi (SLU)* comprendono:

- *Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)*: a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

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

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

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento VR. In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica locale dell'area della costruzione.

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

Fig. 20 - Categorie di superficie topografica

Ai fini della normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento PVR nel periodo di riferimento VR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g accelerazione orizzontale massima al sito;

F_o valore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

*** TC** valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per i valori di a_g , F_o e * TC, necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n.29, ed eventuali s.m.i. o su siti commerciali come <https://geoapp.eu/parametrisismici2018/>

ANALISI SISMICA 2° LIVELLO applicata agli Ambiti di Trasformazione e a interventi strategici (d.g.r. n.2616 del 30.11.2011)

E' stata applicata la tecnologia applicata MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves – analisi multicanale delle onde di superficie). Il metodo MASW individua il profilo di velocità delle onde di taglio (V_s) in base alla misura delle onde superficiali, fatta in corrispondenza di diversi geofoni posti sulla superficie del suolo. Tali indagini sono finalizzate alla determinazione della tipologia di terreno e alla valutazione del parametro V_sE per la classificazione sismica dei terreni ai sensi del D.M. 17.01.2018.

In particolare vengono utilizzate le onde di Rayleigh (R), con un range di frequenze tra 5 e 70 Hz. Attraverso una specifica procedura in tre fasi, è possibile definire il modello stratigrafico del sito, le velocità V_s dei diversi strati e infine determinare il valore del parametro V_sE , base per la classificazione sismica dei terreni (D.M.17/01/2018).

L'acquisizione dei dati in campagna è avvenuta mediante una strumentazione per l'acquisizione di dati sismici comprendente:

- Sismografo a 24 canali, cavi sismici, interfaccia con pc;
- Sistema di energizzazione costituito da massa battente e piastra, completo di trigger;
- N. 24 geofoni dedicati all'analisi MASW (4,5 Hz).

Per ogni sito sono stati registrati n.4 dataset con energizzazione alle due estremità dello stendimento, è stato quindi scelto, per l'elaborazione, il migliore dataset disponibile. L'elaborazione è stata realizzata con software WIN_MASW.

Sono stati applicati opportuni sistemi di filtraggio per eliminazione dei disturbi, selezione dei treni d'onda significativi, ricampionamenti dei segnali, ecc. al fine della migliore definizione della curva frequenza/velocità di fase.

La taratura del modello stratigrafico è stata effettuata utilizzando i dati geologici disponibili (stratigrafie di pozzi, prove penetrometriche dinamiche disponibili in ambito comunale)

Ambito di trasformazione AT3: L'acquisizione è stata effettuata nell'area verde retrostante lo stabilimento Trocellen.



Fig. 21 - Acquisizione dati sismici area AT3

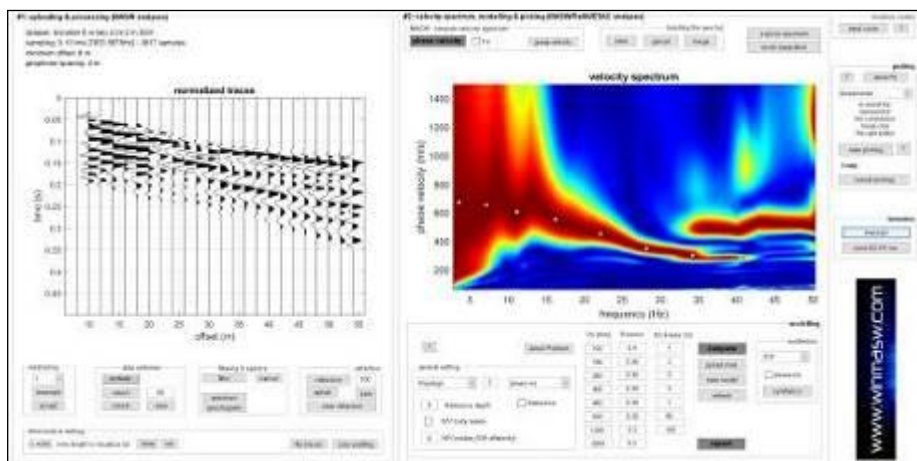


Fig. 22 Elaborazione dati MASW area AT3

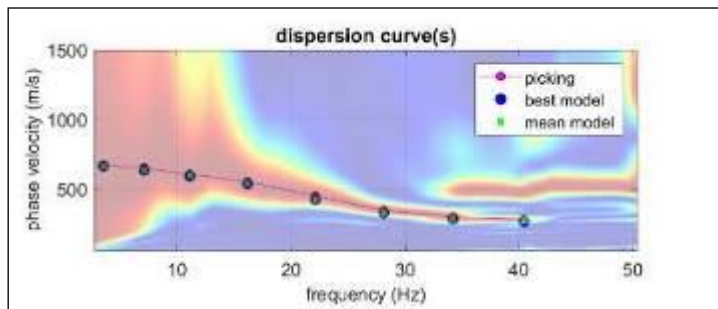


Fig. 23 - Curva frequenza/velocità di fase area AT3

Spessore (m)	Vs (m/s)	Modulo di taglio dinamic o MPa	Densità kN/m3	Modulo di Poisson
4.0	273	146	19.6	0.40
4.5	441	395	20.3	0.35
4.2	651	902	21.3	0.35
8.9	699	1048	21.5	0.35
>	750	1202	21.4	0.30

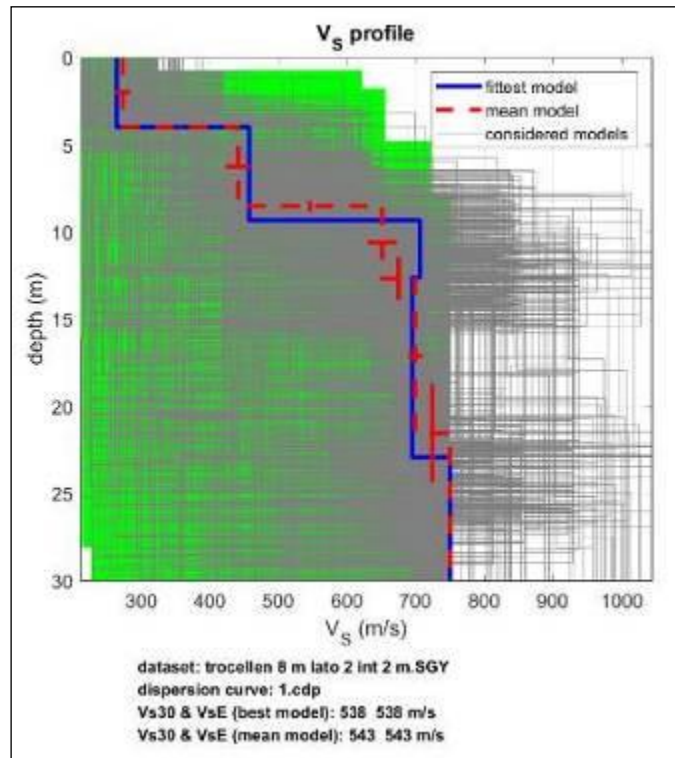


Fig. 24 - Profilo verticale Vs – Area AT3

VsE = 577 m/s

Fig. 25 - Modello sismostratigrafico area AT3

Il substrato sismico con $V_s > 800$ m/s non è stato identificato, ma ne è stata stimata la profondità alla profondità di circa 38 m sulla base della stratigrafia di un pozzo in area limitrofa (via Casati). Sulla base dell'indagine MASW eseguita il sottosuolo di fondazione può essere attribuito alla categoria B e alla categoria topografica T1 (suolo pianeggiante). È possibile l'utilizzo dell'approccio semplificato. In relazione alle disposizioni della D.g.r. n.2616 del 30.11.2011 è stato applicato il 2° livello di approfondimento sismico in fase pianificatoria. In riferimento all'Allegato 5 della DGR n.2616 del 30.11.2011 è stata utilizzata la scheda "Litologia sabbiosa" che meglio si adatta allo schema di variazione di V_s con la profondità del modello stratigrafico del sito. Il calcolo del periodo proprio del sito è stato effettuato con la formula:

$$T = 4 \times \sum h_i / (\sum V_{si} \times h_i / \sum h_i)$$

strati	spessore	prof	velocità	prodotti	
Limi e sabbie limose	4	4	273	1092	
Sabbie e ghiaie	4,5	8,5	441	1984,5	
Sabbie ghiaiose	4,2	12,7	651	2734,2	
Ghiaie e sabbie	8,9	21,6	699	6221,1	
Ghiaie e sabbie	16,4	38	750	12300	
			800		
	t		0,237384822		

Il periodo proprio del sito T è risultato pari a 0,24. La profondità del primo strato è 4 m, $V_s=273$ m/s, pertanto per quanto riguarda l'intervallo di oscillazione 0.1-0.5 s utilizzando le curve modello risulta $F_a=1,65$, per l'intervallo di oscillazione 0.5-1.5 risulta $F_a=1,3$. Tali valori sono stati confrontati con i valori di soglia riportati nelle apposite tabelle fornite dalla Regione Lombardia. Il confronto è riportato nella seguente tabella.

Suolo di tipo B			
Intervallo di oscillazione	Fa sito	Fa soglia Regione Lombardia	Superamento valore di soglia
0,1-0,5 s	1,65	1,4	SI
0,5-1,5 s	1,3	1,7	NO

Fig. 26 – Verifica F_a con soglia Regione Lombardia

Poiché risulta **Fa sito > Fa soglia** si può concludere che la normativa nazionale non risulta sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica del sito. Pertanto in fase progettuale dell'edificazione prevista per l'ambito AT3 sarà necessario utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore (categoria C) oppure effettuare una analisi con il terzo livello di approfondimento sismico.

2) Ambito di trasformazione AT2 - Via Galilei

L'acquisizione è stata effettuata nell'ampia area a prato, attualmente libera da ostacoli.



Fig. 26 - Acquisizione dati sismici area AT2

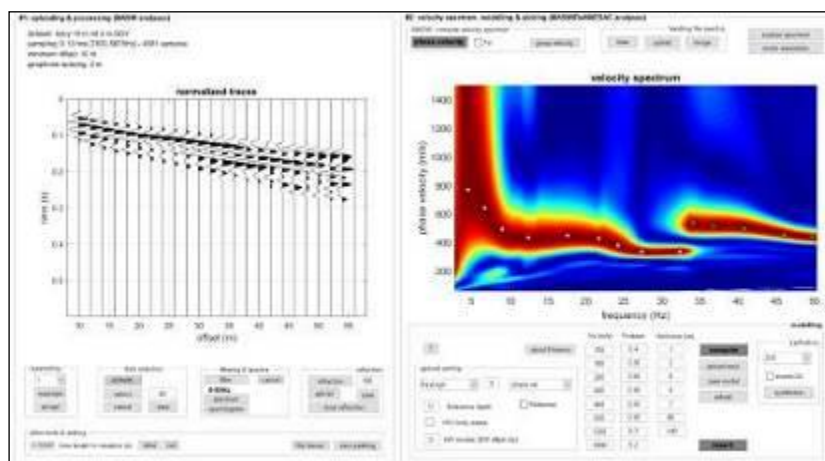


Fig. 27 - Elaborazione dati MASW area AT2

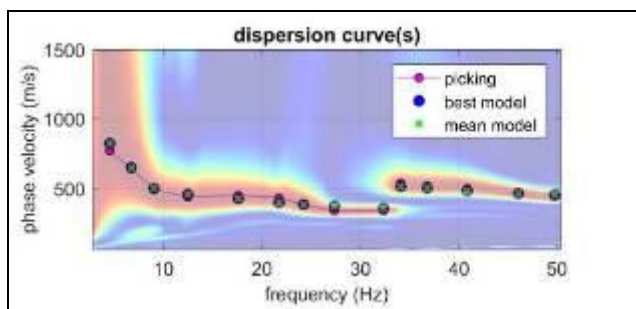


Fig. 28 - Curva frequenza/velocità di fase area AT2

Spessore (m)	Vs (m/s)	Modulo di taglio dinamico MPa	Densità kN/m3	Modulo di Poisson
4.9	344	238	20.1	0.40
7.7	441	395	20.3	0.35
5.8	669	955	21.3	0.35
10.9	440	394	20.3	0.35
>	1027	2334	22.1	0.30

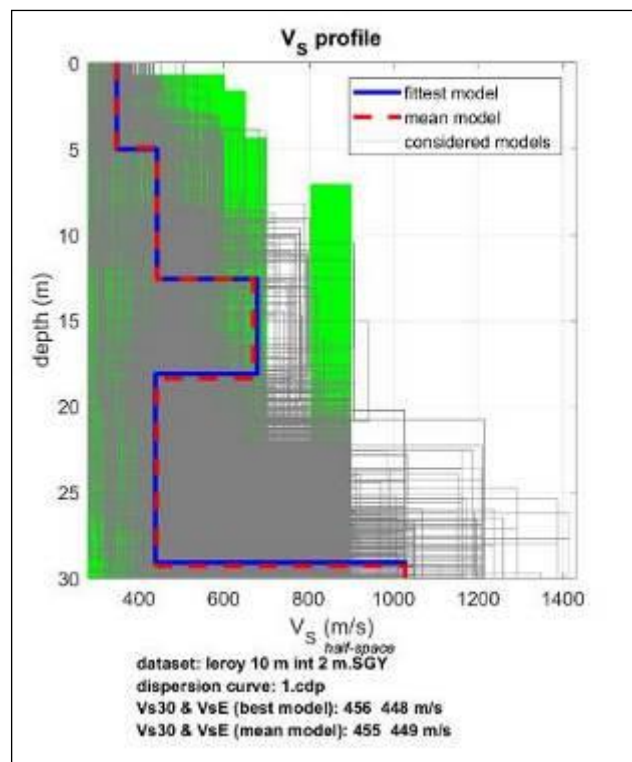


Fig.29 Profilo verticale Vs – Area AT2

VsE = 449 m/s

Fig. 30 - Modello sismostratigrafico area AT2

Il substrato sismico con Vs>800 m/s è stato identificato alla profondità pari a 29,3 m dal p.c. Sulla base dell'indagine MASW eseguita il sottosuolo di fondazione può essere attribuito alla categoria B e alla categoria topografica T1 (suolo pianeggiante). E' stata utilizzata la scheda "Litologia sabbiosa" che meglio si adatta allo schema di variazione di Vs con la profondità del modello stratigrafico del sito. Il calcolo del periodo proprio del sito è stato effettuato con la formula:

$$T = 4 \times \sum h_i / (\sum V_{si} \times h_i / \sum h_i)$$

strati	spessore	prof	velocità	prodotti
Limi e sabbie limose	4,9	4,9	344	1685,6
Sabbie e ghiaie	7,7	12,6	441	3395,7
Sabbie ghiaiose	5,8	18,4	669	3880,2
Ghiaie e sabbie	10,9	29,3	440	4796
Ghiaie e sabbie			1027	0
somma	29,3			13757,5
	t		0,249606397	

Il periodo proprio del sito T è risultato pari a 0,25. La profondità del primo strato è circa 5 m, $V_s=344$ m/s, pertanto per quanto riguarda l'intervallo di oscillazione 0.1-0.5 s risulta $F_a=1,95$. Per l'intervallo di oscillazione 0.5-1.5 s Risulta $F_a=1,3$ i valori sono stati confrontati con i valori di soglia riportati nelle tabelle fornite dalla Regione Lombardia.

Suolo di tipo B			
Intervallo di oscillazione	Fa sito	Fa soglia Regione Lombardia	Superamento valore di soglia
0,1-0,5 s	1,95	1,4	SI
0,5-1,5 s	1,3	1,7	NO

Poiché risulta $F_a \text{ sito} > F_a \text{ soglia}$ si conclude che la normativa nazionale non risulta sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica del sito. Pertanto in fase progettuale dell'edificio sarà quindi necessario utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore (C) oppure effettuare una analisi con il terzo livello di approfondimento sismico.

3) Ambito di trasformazione AT1

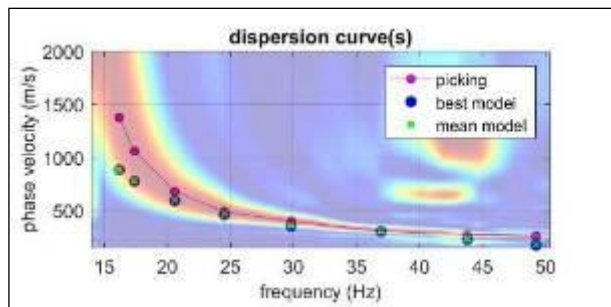
L'acquisizione è stata effettuata nell'ampia area a prato con accesso da Via Pellico



Fig. 31 – Acquisizione dati di campagna ambito AT1



Fig. 32 – Acquisizione dati di campagna ambito AT1



AcquisizioFig. 33. Elaborazione dati MASW area AT1

Spessore (m)	Vs (m/s)	Modulo taglio MPa	Densità kN/m3	Modulo Poisson
1.3	134	32	17.8	0.40
2.5	342	231	19.7	0.35
1.2	419	355	20.2	0.35
1.9	503	522	20.7	0.35
>	1504	5173	22.9	0.25

Fig. 35 - Modello sismostratigrafico area AT1

Il substrato sismico con $V_s > 800$ m/s è stato identificato alla profondità pari a circa 7 m dal p.c. Sulla base dell'indagine MASW eseguita il suolo di fondazione può essere attribuito al tipo E e alla categoria topografica T1 (suolo pianeggiante). E' stata utilizzata la scheda "Litologia ghiaiosa" che meglio si adatta allo schema di variazione di V_s con la profondità del modello stratigrafico del sito. Il calcolo del periodo proprio del sito è stato effettuato con la formula:

$$T = 4 \times \sum h_i / (\sum V_{si} \times h_i / \sum h_i)$$

strati	spessore	prof	velocità	prodotti	
Limi e sabbie limose	1,3	1,3	134	174,2	
Sabbie e ghiaie	2,5	3,8	342	855	
Sabbie ghiaiose	1,2	5	419	502,8	
Ghiaie	1,9	6,9	503	955,7	
			1500		
somma	6,9			2487,7	
	t		0,076552639		

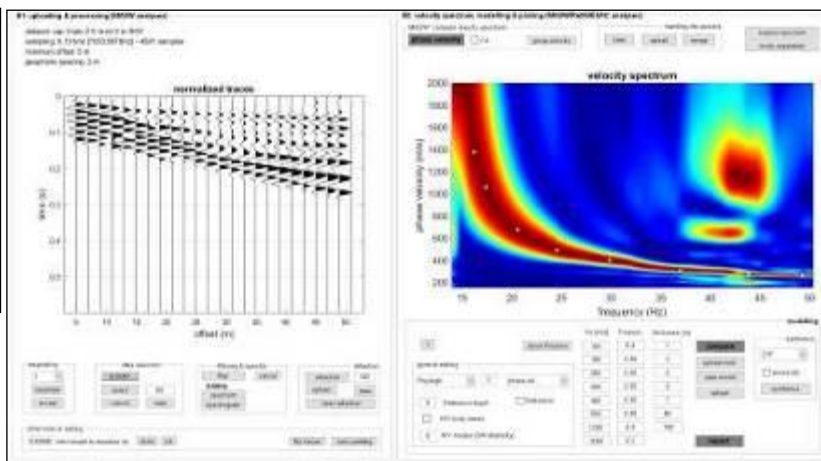


Fig. 34. Curva frequenza/velocità di fase area AT3

$V_{sE} = 293$ m/s

Il periodo proprio del sito T è risultato pari a circa 0,8. La profondità del primo strato è minore di 4 m, $V_s=174$ m/s, pertanto per quanto riguarda l'intervallo di oscillazione 0.1-0.5 s risulta **Fa=1,35** per l'intervallo di oscillazione 0.5-1.5 s risulta **Fa=1,01**. I valori sono stati confrontati con le tabelle fornite dalla Regione Lombardia.

Suolo di tipo B			
Intervallo di oscillazione	Fa sito	Fa soglia Regione Lombardia	Superamento valore di soglia
0,1-0,5 s	1,35	2,0	NO
0,5-1,5 s	1,3	3,1	NO

Poiché risulta **Fa sito < Fa soglia** la normativa nazionale risulta sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica del sito. Pertanto in fase progettuale nell'ambito di trasformazione AT1 sarà necessario utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo identificata dall'analisi (E).

4) Vasca Volano di Via Monza



Fig. 36 Ubicazione prove per Vasca Volano di Via Monza



Il parametro V_{s30} determinato con le prove di tipo MASW/Re ha fornito risultati pari a $M1/R1=423$ m/s e $M2/R2=405$ m/s.

9 - CLASSI DI FATTIBILITA' GEOLOGICA, SISMICA E NORME TECNICHE DI ATTUAZIONE

L'utilizzazione del territorio, sia dal punto di vista edilizio privato, pubblico o industriale sia da quello agricolo o forestale è condizionata da fattori geologici e urbanistici.

Nella presente nota vengono esaminati soltanto gli aspetti geologici, idrogeologici e sismici (intendendo con ciò i molteplici aspetti trattati nella D.g.r. 2616/2011).

Mentre una determinata area può risultare idonea alla realizzazione di particolari interventi edilizi dal punto di vista geologico-idrogeologico o sismico, l'effettiva utilizzazione della stessa potrà essere definita diversamente in base ad altri parametri.

Al contrario le possibilità di utilizzazione condizionata di alcune aree, determinate da particolari situazioni geomorfologiche, geolitologiche o geoidrologiche, da ritenersi pericolose per le persone e le cose, devono essere considerate prevalenti su ogni altro punto di vista. Pertanto, ad esempio, l'utilizzo per scopi edificatori di aree soggette a pericolo di alluvionamento dovrà essere vietato, a meno che con opportune opere di sistemazione idraulica sia possibile risolvere tale problematica.

Le indicazioni normative relative alle diverse classi di fattibilità geologica individuate nel presente studio, sono riportate in un apposito fascicolo "Norme tecniche di attuazione", parte integrante del Piano delle Regole.

Il testo normativo è stato suddiviso nelle seguenti categorie:

- A) Normativa di fattibilità geologica;
- B) Normativa sismica;
- C) Normativa derivante dai vincoli di carattere geologico;
- D) Aree di salvaguardia di captazioni ad uso idropotabile;
- E) Vincoli di polizia idraulica.

Le indicazioni normative fanno specifico riferimento alle seguenti cartografie:

Tavola 3	Carta PSL della pericolosità sismica locale;
Tavola 4	Carta dei vincoli;
Tavola 6	Carta di fattibilità delle azioni di piano;
Tavola 7	Carta PGRA (Piano di Gestione Rischio Alluvionale)



Dott. Geol. Gianni Del Pero
Ordine dei Geologi della
Lombardia al n. 517