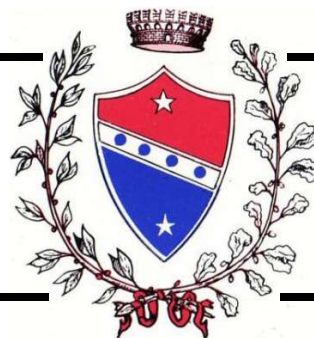


# Comune di Fombio

Provincia di Lodi

Via ex Emilia

con accesso principale da  
Viale dell'Industria, 12 nel Comune di Codogno



## *Proposta di PIANO ATTUATIVO di iniziativa privata in variante al Piano di Governo del Territorio vigente*

### Committente



**MTA S.p.A.**

viale dell'Industria, 12  
26845 Codogno (LO)  
tel: 0377.4181  
mail: info@mta.it

### Progettista



**Arch. BERNARDELLI Stefano**

Via Pietrasanta n.13  
26845 Codogno (LO)  
cell: 347 83 04 404  
mail: studio.bernardelli@libero.it

### Progettista

**Geom. PIETTA Matteo**

c/o MTA S.p.A.  
Building Management Supervisor  
tel: 0377.418493  
mail: matteo.pietta@mta.it

Descrizione

**RELAZIONE  
GEOLOGICA  
SISMICA**

Stato rappresentazione

di FATTO  
**di PROGETTO**  
COMPARATO

Scala

-- : --

Data

11.04.2023

Elaborato

**02**

REGIONE LOMBARDIA  
**COMUNE DI FOMBIO**  
PROVINCIA DI LODI

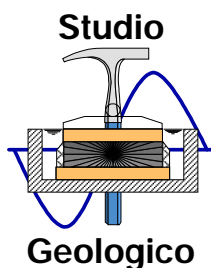
**RELAZIONE GEOLOGICA-SISMICA**

• • • • •  
**PROPOSTA DI PIANO ATTUATIVO DI INIZIATIVA  
PRIVATA IN VARIANTE ALLE PREVISIONI DEL  
VIGENTE P.G.T. COMUNALE VIGENTE**



***Località : Viale dell'Industria - Fombio***

***Committente : Società MTA S.p.A.***



**Dott. Geol. N. CAVANNA**

Via Degani, 9 (PC)

☎ 0523 / 305674 - ☎ 335 / 5734746

FAX 0523 / 317301



## SOMMARIO

<b>1.0. - PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>2.0. - STATO DEI LUOGHI .....</b>	<b>3</b>
<b>3.0. - CARATTERIZZAZIONE GEOMORFOLOGICA E GEOLITOLOGICA.....</b>	<b>4</b>
<b>4.0 – VINCOLI DI CARATTERE GEOLOGICO .....</b>	<b>9</b>
<b>5.0 – PERICOLOSITA' IDRAULICA.....</b>	<b>10</b>
<b>6.0 – CLASSE DI FATTIBILITA' DA P.G.T. ....</b>	<b>11</b>
<b>7.0 - INDAGINI GEOGNOSTICHE DISPONIBILI.....</b>	<b>13</b>
7.1. – PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE (DPM) .....	14
7.2. – REGISTRAZIONE MICROTREMORI .....	15
7.2.1 - Metodologia d'indagine .....	15
7.2.2 - Categoria di suolo .....	15
7.2.3 - Elaborati dati d'indagine .....	16
7.2.4 - Analisi delle risultanze.....	17
7.3. – STRATIGRAFIE POZZI (BANCA DATI GEOLOGICA DI SOTTOSUOLO) .....	18
7.4. – STRATIGRAFIA DESUNTA DAL SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO .....	19
<b>8.0 – CARATTERIZZAZIONE LITOTECNICHE “PRELIMINARE” .....</b>	<b>20</b>
<b>9.0 – VALUTAZIONI SISMICHE LOCALI.....</b>	<b>21</b>
9.1 - CATEGORIA DI SUOLO FONDAZIONALE .....	22
9.2 – FATTORI DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA.....	25
9.3 – LIQUEFAZIONE DEI TERRENI.....	26
<b>10.0 - ANALISI E VALUTAZIONI DEGLI EFFETTI SISMICI DI SITO .....</b>	<b>30</b>
10.1 – VERIFICA DI 2° LIVELLO .....	31
<b>11.0 – CONSIDERAZIONI FINALI .....</b>	<b>33</b>

## ALLEGATI

- Allegato 1: PLANIMETRIA UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE (NOVEMBRE 2022)
- Allegato 2: CERTIFICATI PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE (DPM)
- Allegato 3: CERTIFICATI PROSPEZIONE SISMICA (HVSr)
- Allegato 4: CERTIFICATI STRATIGRAFICI POZZI (BANCA DATI REGIONE LOMBARDIA)
- Allegato 5: STRATIGRAFIA DA CAROTAGGIO CONTINUO
- Allegato 6: STENDIMENTO SISMICO (MASW)
- Allegato 7: CERTIFICAZIONE DI BONIFICA

## 1.0. - PREMESSA

Su incarico della Società MTA S.p.A. si è eseguita nel mese di Novembre del 2022 un'indagine geologica-sismica su di un appezzamento di terreno sito in Comune di Fombio, Provincia di Lodi (vedi fig. 3.0.I - *"Inquadramento corografico"* in scala 1: 5.000, ricavato sulla base della C.T.R.).

Lo studio è finalizzato a valutare la "fattibilità geologica" della proposta di Piano Attuativo di iniziativa privata in variante alle previsioni del vigente P.G.T. comunale vigente.

Sulla base delle notizie e considerazioni ottenute durante un primo sopralluogo ed in relazione ai diversi obiettivi dello studio, su tale area si sono eseguite indagini di campagna concernenti rilievi geomorfologici-geolitologici, uso attuale del suolo, eventuali dissesti della rete stradale e lesioni nei fabbricati adiacenti; per quanto concerne le valutazioni di carattere litostratigrafico-litotecnico è stata approntata una prova penetrometrica dinamica, con relativa elaborazione dei profili longitudinale/trasversali e misurazioni piezometriche all'interno dei fori.

Inoltre, in ottemperanza alla normativa vigente, è stata esaminata una registrazione dei microtremori con tromografo digitale per valutare la compatibilità dell'area con l'obiettivo della riduzione del rischio sismico e con le esigenze di protezione civile, sulla base di analisi di pericolosità locale nonché di vulnerabilità ed esposizione urbana.

Costituiscono parte integrante della presente relazione le seguenti figure principali:

- Inquadramento corografico in scala 1: 5.000 su estratto C.T.R. (Fig. 2.0.I);
- Estratto "Carta del reticolo idrico" da P.G.T., in scala 1: 10.000 (Fig. 3.0.I);
- Estratto "Carta geologica" da P.G.T., in scala 1: 10.000 (Fig. 3.0.II);
- Estratto "Carta idrogeologica" da P.G.T., in scala 1: 10.000 (Fig. 3.0.III).

Si sottolinea il fatto che la verifica di compatibilità con gli strumenti di pianificazione vigenti a livello comunale e sovracomunale (e in particolare con quelli entrati in vigore dopo l'approvazione del PGT di Fombio) è stata finalizzata esclusivamente alla verifica generale dell'assetto geologico, geomorfologico, idrogeologico, sismico e vincolistico dell'ambito di futuro intervento, e non può in alcun modo sostituirsi o ritenersi esaustiva degli specifici approfondimenti di carattere geotecnico e antisismico che dovranno essere realizzati a supporto della progettazione di nuovi edifici (basati sul progetto esecutivo e strutturale dei medesimi, ai sensi del D.M. 17/01/2018 NTC), le cui relazioni geognostiche interpretative dovranno essere allegate agli atti di Dichiarazione Inizio Attività (DIA o SCIA) o Richiesta di Permesso di Costruire, come parte integrante e imprescindibile degli stessi e dei documenti progettuali. Il presente elaborato non contiene pertanto la definizione del modello geotecnico secondo il dettame delle NTC 2018.

## 2.0. - STATO DEI LUOGHI

L'area oggetto di studio si colloca in adiacenza al perimetro orientale del comparto MTA, in Comune di Fombio, Provincia di Lodi (vedasi *"Inquadramento Corografico"* scala 1: 5.000 in fig. 2.0.I). Il complesso industriale MTA si sviluppa a cavallo tra il Comune di Fombio ed il Comune di Codogno, e più precisamente lungo viale dell'Industria (S.P. n. 126).

La zona di pianificazione si estende entro la pianura alluvionale in sinistra idrografica del Fiume Po, fortemente modificata dalle attività antropiche e dall'urbanizzazione; essa manifesta una morfologia pressoché regolare con pendenze, medie inferiori al 0.15%. Il piano campagna dell'area giace ad una quota s.l.m. di circa 58.5 metri. Attualmente l'accesso al terreno è consentito da via Emilia, attraversando parte del complesso industriale Dupont.

La zona si presenta del tutto stabile in assenza di fenomeni erosivi di qualsiasi genere, né presenta emergenze idriche o particolari zone a deflusso difficoltoso delle acque superficiali.

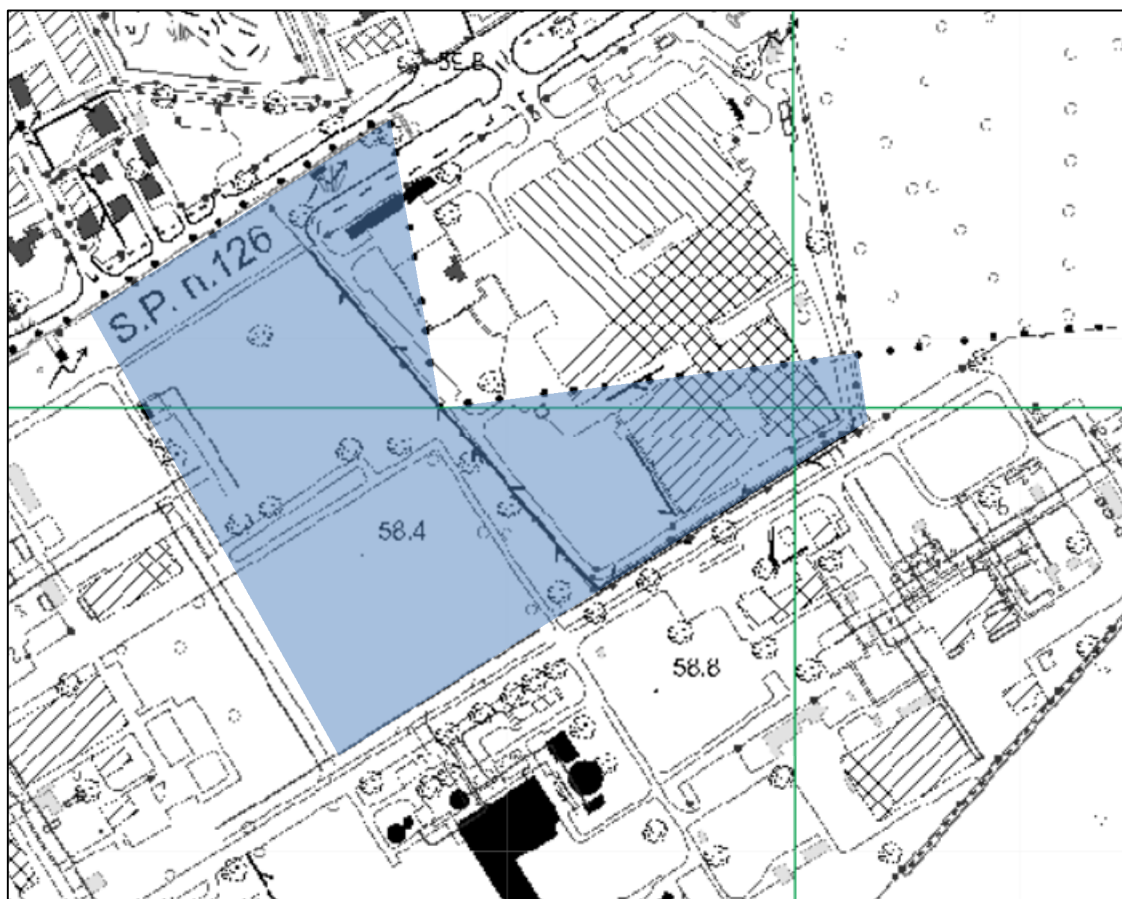


fig. 2.0.I – inquadramento corografico

### 3.0. - CARATTERIZZAZIONE GEOMORFOLOGICA E GEOLITOLOGICA

La configurazione dell'assetto morfologico e geologico del territorio è stato definito attraverso l'analisi della documentazione cartografica esistente.

Dal punto di vista geologico, il territorio della Provincia di Lodi si inserisce nel quadro stratigrafico ed evolutivo del bacino sedimentario terziario della Pianura Padana (Pieri e Groppi, 1981; Castiglioni et al., 1997; Marchetti, 2001; Regione Lombardia - Eni Divisione Agip, 2002).

Questa è costituita prevalentemente da depositi sedimentari, sciolti o cementati, riferibili ad ambienti dapprima marini (depositi torbiditici e bacinali di mare profondo; Pliocene), successivamente transizionali (litorali e deltizi; Pliocene sup. - Pleistocene inf.) e infine continentali di piana fluvioglaciale e/o fluviale (Pleistocene medio - Olocene).

L'ambito in esame fa parte del Livello Fondamentale della Pianura che occupa la maggior parte del territorio provinciale e comprende l'intero settore centrale tra le valli attuali del Po, dell'Adda e del Lambro, nonché un'ampia area situata in destra idrografica del Fiume Lambro.

L'attuale morfologia del Livello Fondamentale risente sicuramente dell'azione antropica, attraverso opere di livellamento, bonifica e canalizzazione dei corsi d'acqua naturali tese ad ottimizzare lo sfruttamento agricolo del territorio.

La conformazione originale doveva essere più ondulata e diversificata, poiché erano presenti diversi corsi d'acqua naturali alimentati da bacini imbriferi di limitata entità.

Questi furono soggetti a fenomeni di cattura e abbandono dall'inizio dell'Olocene quando, in seguito alla deglaciazione che seguì l'ultimo massimo glaciale, il Livello Fondamentale fu inciso dai fiumi Po, Adda e Lambro e progressivamente abbandonato dalla rete di drenaggio pre-esistente.

L'area oggetto di intervento edilizio si colloca ad una altitudine media di 58.5 metri s.l.m., in una zona morfologicamente identificata come "bassa pianura".

La zona si presenta morfologicamente pianeggiante con pendenze inferiori a 0.15%, non sussistono pertanto problemi di alcun genere sotto il profilo della stabilità.

Occorre segnalare che, parte del il lotto è stato oggetto in passato di locali riporti ghiaiosi.

Gran parte del territorio circostante l'area di studio si presenta come una vasta pianura, con pendenze impercettibili verso S-SO, dove si dirigono la maggior parte delle canalizzazioni naturali ed artificiali che costituiscono il reticolo irriguo e di deflusso di quest'area, attualmente a forte vocazione artigianale e industriale.

L'attuale configurazione del reticolo idrografico costituisce il risultato non solo della naturale evoluzione dell'originale maglia drenante delle acque superficiali, ma anche e soprattutto degli interventi dell'uomo che, in tempi successivi, ne ha rettificato o comunque modificato l'assetto.



Nella zona di specifico interesse non sono segnalati corsi d'acqua del reticolo principale o minore (*vedasi estratto cartografico in fig. 3.0.I – “Carta reticolo idrico” da P.G.T. in scala 1: 10.000*).

Il Livello Fondamentale della Pianura costituisce l'espressione morfologica (“fisiografica”) dei depositi fluvioglaciali e fluviali che hanno colmato il bacino padano tra il Pleistocene superiore e l'Olocene iniziale, durante l'ultimo massimo glaciale (“Wurm” Auct.).

La formazione che affiora nell'area indagata, nota nella Bibliografia Geologica, con il nome di “Fluvio-Glaciale Wurm”, è costituita da depositi lasciati da fiumi o torrenti, durante il periodo della glaciazione Wurmiana, del Pleistocene superiore (*vedasi estratto cartografico in fig. 3.0.II – “Carta geologica e geomorfologica” da P.G.T. in scala 1: 10.000*).

Tale formazione si presenta solitamente terrazzata, rispetto all'alveo dei fiumi, con quote che si elevano anche di una quindicina di metri dall'asta fluviale.

Questi depositi alluvionali sono costituiti prevalentemente da Sabbie, con lenti limose e sottili livelli Ghiaiosi, con suoli di alterazione di colore bruno, di modesto spessore.

In associazione, con interdigitazioni non sempre ben identificabili e cartografabili, esistono talvolta delle alluvioni fluviali più recenti.

La deposizione è piuttosto casuale e si possono rinvenire aree lentiformi piuttosto larghe e di piccolo spessore, allungate prevalentemente verso Sud-Ovest.

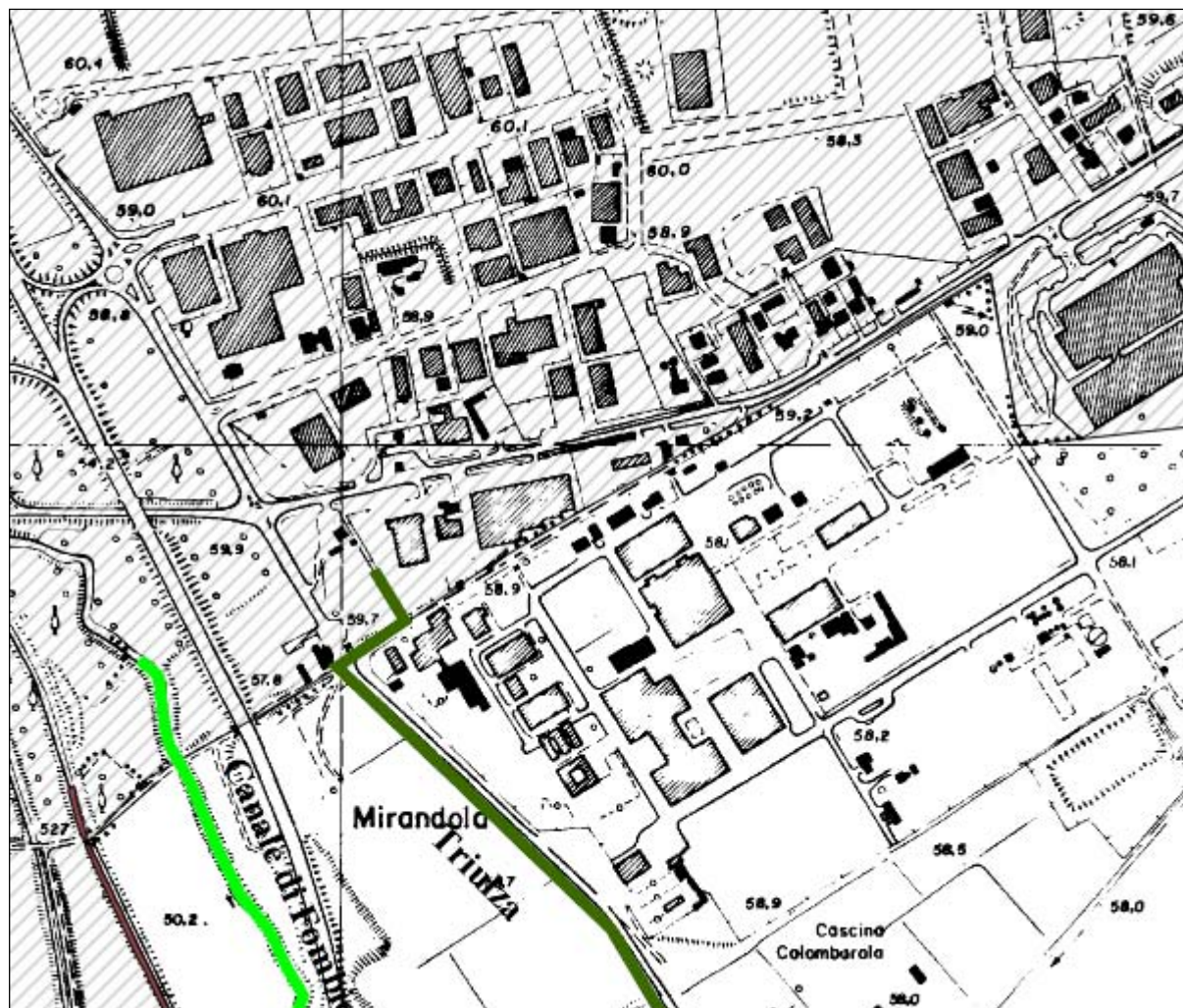
La disomogeneità deposizionale, dovuta a tali lenti, la si rinviene anche alle diverse profondità, con orizzonti che sfumano da sabbie a limi, man mano che ci si allontana dagli antichi alvei dei fiumi, che hanno costituito tutto il pacco alluvionale nel periodo glaciale e post-glaciale.

I materiali più fini, come le argille ed i limi, sono i depositi lasciati durante le piene dei fiumi, quando le correnti di torbida, al termine delle inondazioni, avevano modo di depositarsi su terreni pressoché pianeggianti delle aree circostanti: le ghiaie e le sabbie, invece, si trovano laddove le acque scorrevano abbastanza velocemente da non lasciare possibilità di deposito agli elementi terrigeni più fini.

Le parti sommitali dei depositi che si rinvergono in loco, sono prevalentemente di tipo Sabbioso-Limoso, sia per il variare dei corsi principali degli affluenti di sinistra del fiume Po, che tendevano a mutare continuamente il loro corso (in conseguenza degli accumuli deposizionali lasciati prevalentemente all'interno dell'alveo) sia a causa delle alterazioni superficiali che hanno comportato una disaggregazione degli elementi litici più grossolani, grazie all'azione meteorica e degli acidi umici dei suoli in formazione.

La profondità indicativa della falda freatica a pelo libero (dedotta da rilievi effettuati presso una locale rete di piezometri in data 08 novembre 2022) è risultata prossima a 11.50 metri, come confermato dalla bibliografia cartografica vigente (*vedasi estratto cartografico in fig. 3.0.III – “Carta idrogeologica” da P.G.T. in scala 1: 10.000*).

Si precisa infine che, visto il particolare contesto morfologico ed idrogeologico, si esclude che la pratica irrigua o le precipitazioni meteoriche, anche se intense o concentrate in taluni periodi dell'anno, siano in grado di modificare in modo sostanziale le linee di deflusso sotterraneo sul territorio comunale (*da componente geologica del P.G.T. vigente*).















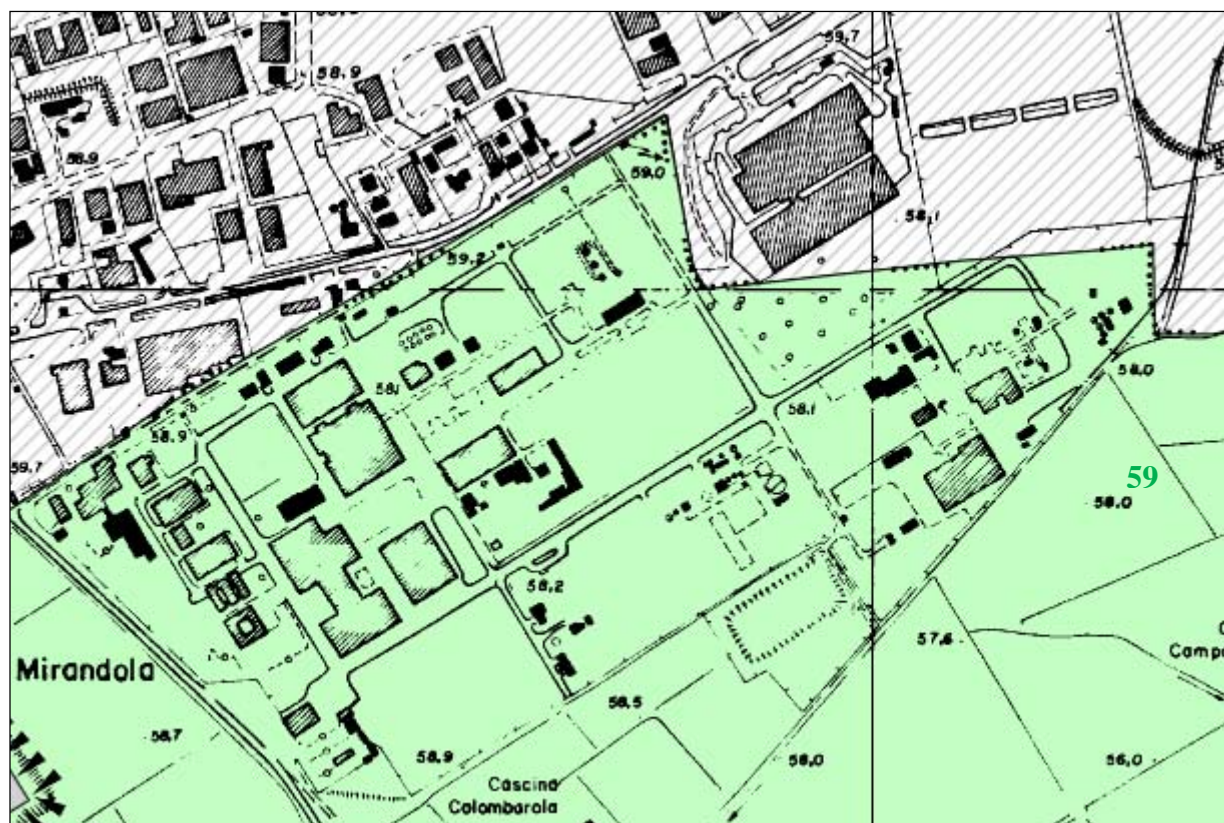
LEGENDA		
<b>RETICOLO PRINCIPALE DI COMPETENZA DELLA REGIONE LOMBARDIA</b> (Allegato A della DGRL 01.08.2003 n. 7/13950)		
Codice	Denominazione	Simbolo
LO008	Colatore Brembioso	
LO006	Colatore Morizzone	
<b>RETICOLO DI COMPETENZA DEL CONSORZIO DI BONIFICA MUZZA-BASSA LODIGIANA (DGRL 11.02.2005 n. 7/20552)</b>		
BF015	Acqualunga 2	
BF013	Costa	
BF012	Resmina	
CB009	Riale	
SE070	Trivulza	
<b>RETICOLO MINORE DI COMPETENZA DEL COMUNE DI FOMBIO</b>		
FOM 01	Canale di Fombio	
FOM 02	Roggia Balbana	
FOM 03	Roggia Lamellina	
FOM 04	Roggia Maestra	
Principali fenomeni siccitrici		

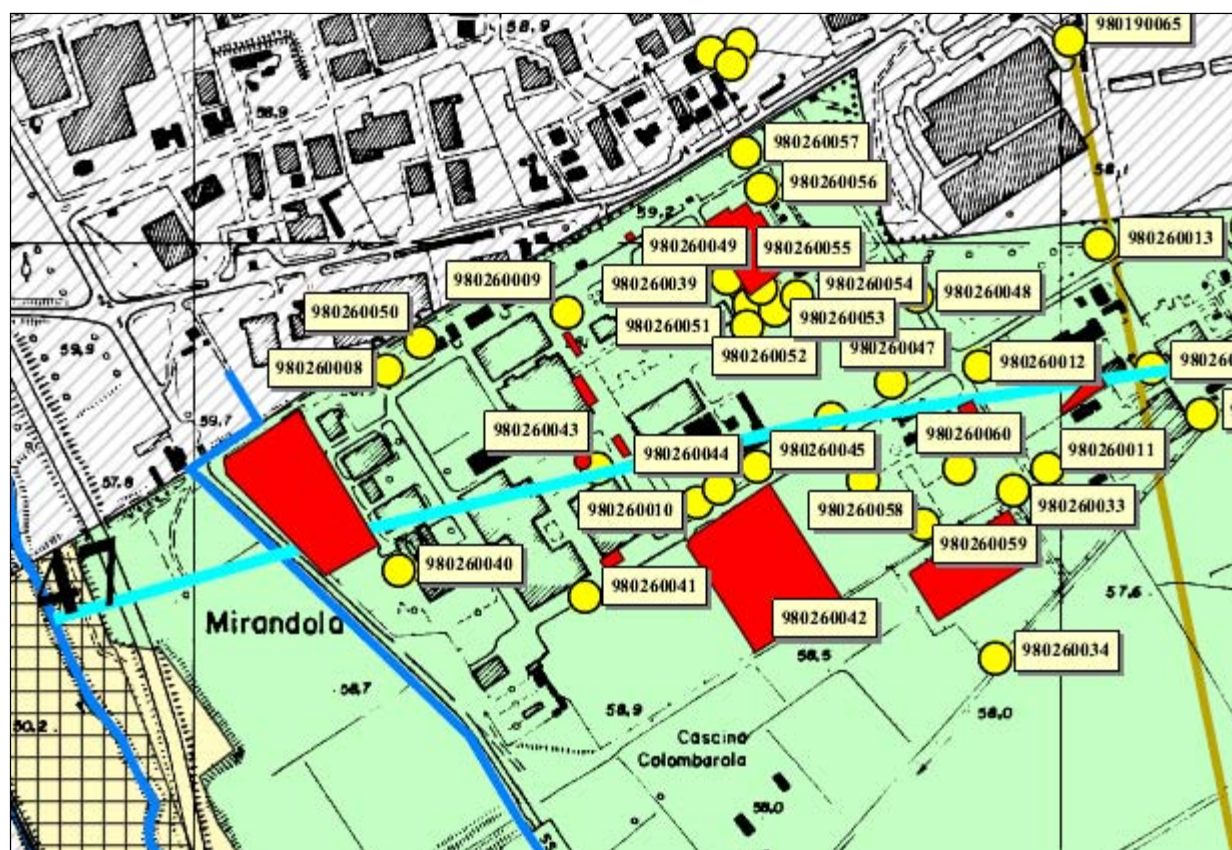
fig. 3.0.I – estratto “Carta del reticolo idrico” da P.G.T.





LEGENDA		
UNITA' STRATIGRAFICHE (da Carta Geologica d'Italia, Foglio 60 "Piacenza")	SIMBOLO	UNITA' MORFOLOGICHE
OLOCENE		
ALLUVIONI MEDIO-RECENTI Depositi alluvionali del Fiume Po e dei corsi d'acqua principali.		Ripiano costituito da depositi alluvionali medio-recenti (Olocene medio), potenzialmente inondabile per piene catastrofiche so superamento degli argini di difesa.
Depositi di origine fluviale posti all'interno dell'incisione olocenica del Brembiolo.		Ripiani immergenti verso sud, sviluppati all'interno dell'incisione olocenica del Brembiolo, raccordanti il Livello Fondamentale della Pianura con i terrazzi alluvionali del Po.
PLEISTOCENE		
DEPOSITI FLUVIALI ANTICHI (Wurm) Alluvioni fluvio-glaciali e fluviali prevalentemente sabbiose, con lenti limose e sottili livelli ghiaiosi e con strati di alterazione superficiale di debole spessore generalmente bruno-rossastro		Livello Fondamentale della Pianura (o Piano Generale Terrazzato) sviluppato a valle della linea delle risorgive
ELEMENTI MORFOLOGICI CARATTERISTICI		
Scarpate morfologiche principali sviluppate ai margini dei più importanti ripiani morfologici.		
Scarpate morfologiche ai bordi di vallecole minori incisive nel Livello Fondamentale della Pianura ad opera del reticolo idrico secondario		
Scarpate morfologiche secondarie		
Corsi d'acqua principali (Brembiolo e Mortizza).		
Traccia di corso d'acqua estinto (paleovalve)		
Depressioni morfologiche di origine naturale con acqua di falda affiorante		
Fascia di esondazione del Colatore Mortizza		

fig. 3.0.II – estratto “Carta geologica e geomorfologica” da P.G.T.



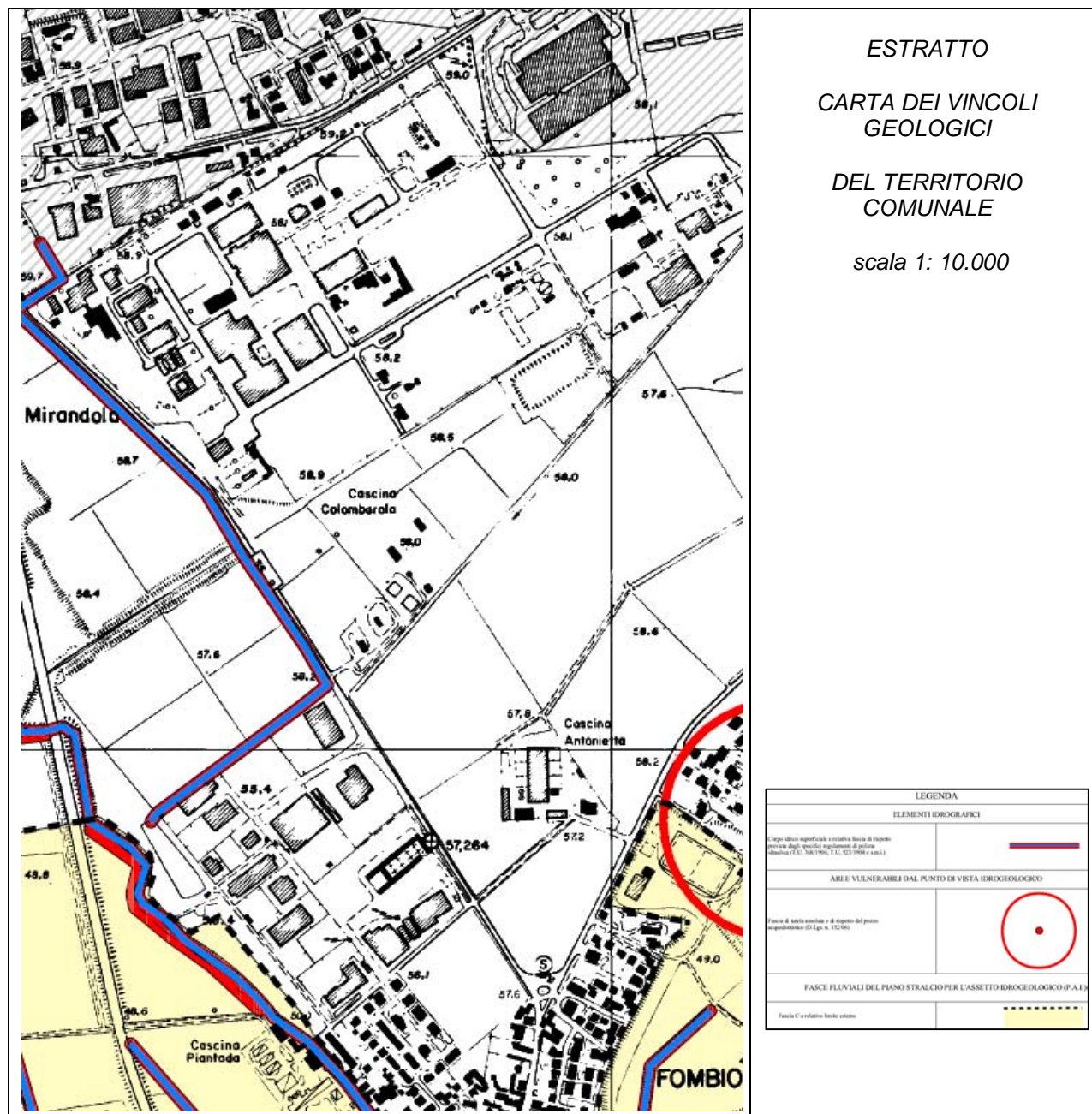
LEGENDA			
CORPI IDRICI SOTERRANEI			
Livello topografico della falda superficiale e relativa quota in m. s.l.m. (altitudine planimetrica ottobre 2006)		Direzione di flusso della falda superficiale	
Corpo idrico superficiale (fiume principale, di bonifica e minore)		Principali fenomeni sorgenti	
Depressione morfologica (naturale e artificiale) con acqua di falda affiorante		Misura di soggiacenza della falda in trincea esplorativa	
ELEMENTI ANTROPICI			
Punto pubblico ad uso acquedottistico e relativa fascia di rispetto (D.Lgs. 152/99 e s.m.i.)		Punto e relativo codice	
		Invaso idrico artificiale	
Traccia delle sversanti idrografiche di Tav. 5		Atte con matrici ambientali (ruolo d'acqua sotterranea) controllate e soggette a verifica ai sensi del D.Lgs. 152/99 e s.m.i.	
PERMEABILITA' DEI DEPOSITI SUPERFICIALI			
DA BASSA A DISCRETA		DA DISCRETA A BUONA, localmente ridotta da coperture fini	
Sabbie con diffuse coperture fini		Depositi prevalentemente sabbiosi; la presenza di coperture fini riduce localmente la permeabilità dei terreni superficiali	
SOGGIACENZA MEDIA (S) DELLA FALDA SUPERFICIALE DAL PIANO CAMPAGNA			
S < 2 m	2 m < S < 5 m	S > 10 m	

fig. 3.0.III – estratto “Carta idrogeologica” da P.G.T.



#### 4.0 – VINCOLI DI CARATTERE GEOLOGICO

Nell'estratto della Tavola 8 a corredo del P.G.T., sotto riportata, sono stati cartografati i vincoli normativi di natura fisico-ambientale e geologica limitanti nella fattibilità delle azioni di piano.



L'area oggetto d'intervento risulta priva di cogenti vincoli o limitazioni di carattere squisitamente geologici.

## 5.0 – PERICOLOSITA' IDRAULICA

Per quanto riguarda l'area in esame, il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA), di cui si riporta in *Figura 5.0.1* uno stralcio, non individua alcun tipo di pericolosità per inondazione dal reticolo idrografico.

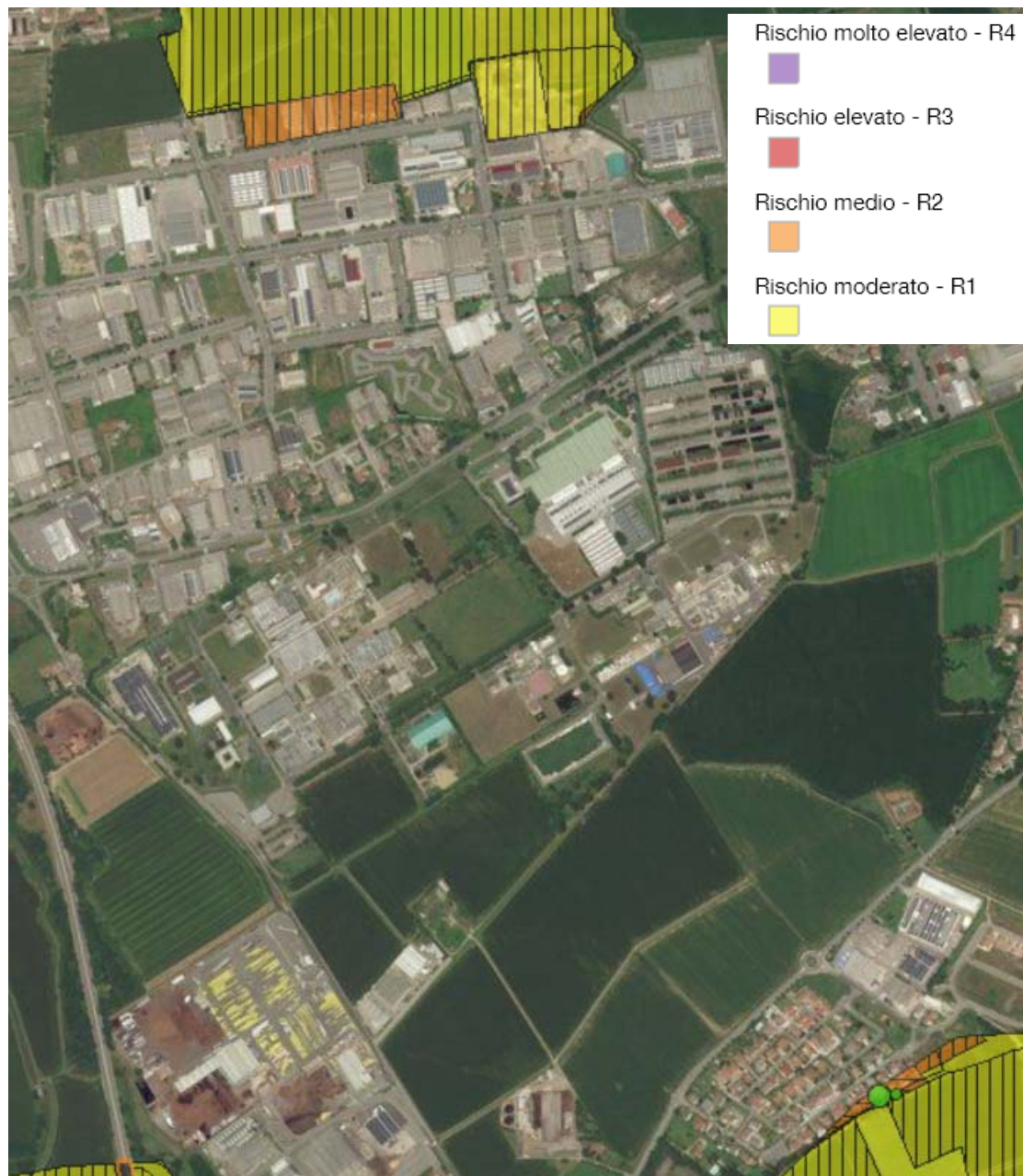


Fig. 5.0.1 - Stralcio della "Mappa della Pericolosità Idraulica" tratta dal P.G.R.A. dell'Autorità di Bacino del Fiume Po – Direttiva Alluvioni 2007/60/CE – Revisione 2022 (<https://www.cartografia.servizirl.it> – Viewer geografico 2D - Geoportale).

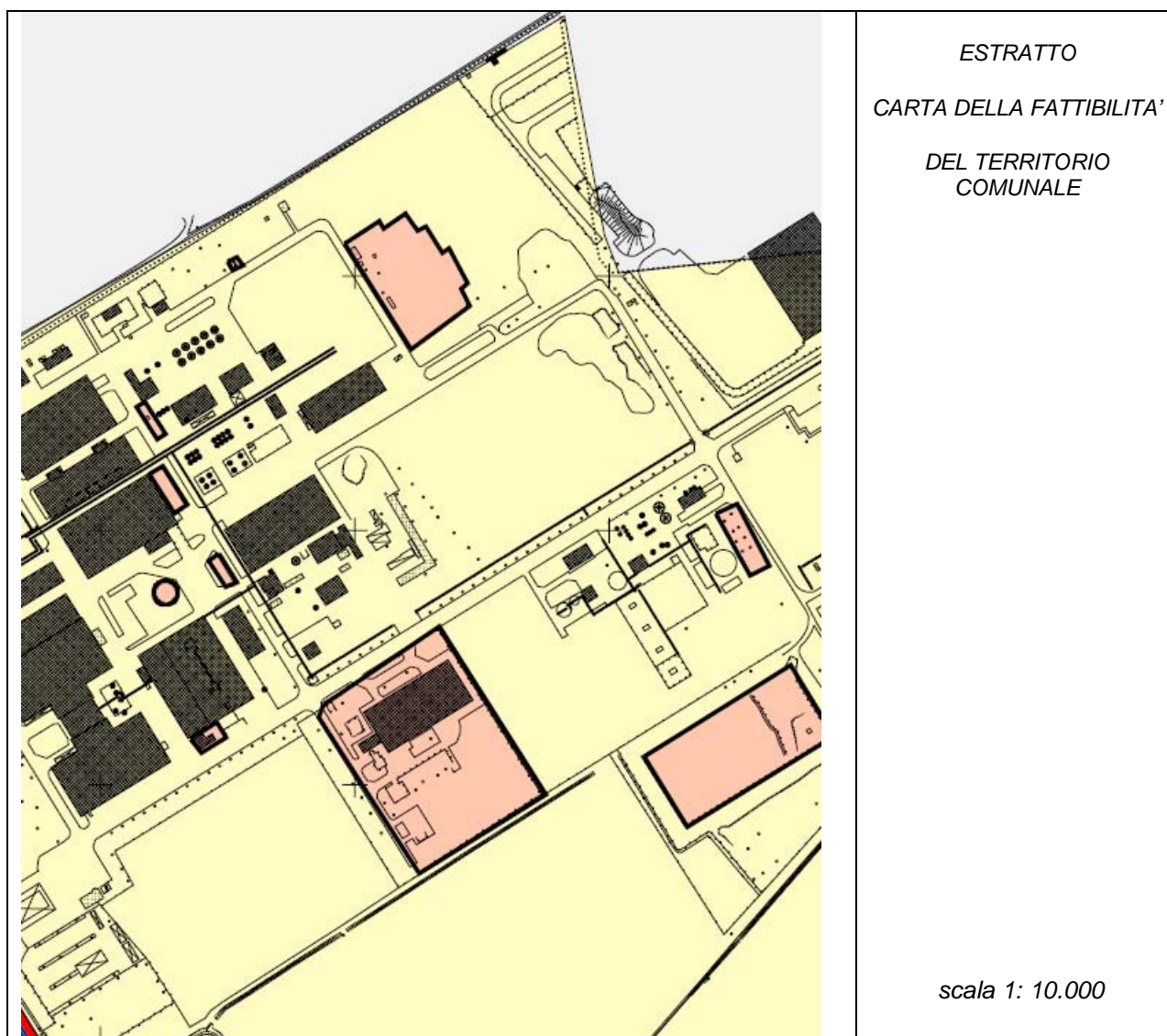


## 6.0 – CLASSE DI FATTIBILITA' DA P.G.T.








La valutazione incrociata degli elementi a disposizione, sia dell'Amministrazione Comunale che reperiti da altre fonti indicate in bibliografia e l'esito di questo studio esteso a tutti i territori comunali ha consentito di classificarli in base alla presenza di elementi che comportano limitazioni d'uso, non solo puramente geologiche, ma anche limitazioni derivanti da altri vincoli quali corpi idrici del Reticolo idrico Principale e Minore.

Nell'estratto della Tavola 8 a corredo del P.G.T., sotto riportata, l'area oggetto d'intervento edilizio si inserisce per la quasi totalità nella **classe di fattibilità denominata 2A "fattibilità con modeste limitazioni"**.

Tuttavia, una limitata porzione è inserita nella **classe di fattibilità denominata 3E "fattibilità con consistenti limitazioni"** (area con matrici ambientali contaminate o soggette a verifiche).





CLASSE DI FATTIBILITA'	SIMBOLO	SOTTOCLASSE	LIMITAZIONI E PRESCRIZIONI
CLASSE 1 - Fattibilita' senza particolari limitazioni.			Assente
CLASSE 2 - Fattibilita' con modeste limitazioni.		2A	Art.5 - Vulnerabilita' intrinseca del primo acquifero: tutela qualitativa delle acque sotterranee.
		2B	Art.6 - Fascia C del P.A.I. (meglio evidenziata in tavola 8 "Carta dei vincoli"): applicazione delle Norme di Attuazione specifiche del Piano.
CLASSE 3 - Fattibilita' con consistenti limitazioni.		3A	Art.7 - Aree a bassa soggiacenza della falda e/o acquifero in condizioni di vulnerabilita' intrinseca elevata.
		3B	Art.8 - Aree con potenziali limitazioni di natura geotecnica.
		3C	Art. 9 - Area di rispetto del pozzo potabile acquedottistico (D.Lgs. 152/06).
		3D	Art. 10 - Lineamenti morfologici vulnerabili o potenzialmente instabili (scarpate morfologiche di altezza significativa) e relative fasce estese esternamente al ciglio del terrazzo ed al piede della scarpata per una ampiezza di 10 m. * Pericolosità sismica locale Z3a - Effetti attesi: possibili amplificazioni topografiche.
		3E	Art. 11 - Aree con matrici ambientali (suolo e/o acque sotterranee) contaminate o soggette a verifiche ai sensi del D.lgs. 152/06 e s.m.i.

Si precisa che, con **Determinazione Dirigenziale n° REGDE/734/2014 del 02/07/14**, è stata certificata la **bonifica** dell'area soggetta a verifica ambientale (*vedasi allegato 7 al presente elaborato*).

Concludendo, a parere dello scrivente ed in ragione di quelle che sono le caratteristiche morfologiche, idrogeologiche e litotecniche dalla porzione di territorio in esame ed in riferimento alla tipologia dell'intervento in progetto, adottando le prescrizioni esposte nel paragrafo 11.0 del presente elaborato, non si rilevano situazioni di "pericolosità geologica locale" tali da condizionare la realizzazione del futuro intervento edilizio.

## 7.0 - INDAGINI GEOGNOSTICHE DISPONIBILI

La presente relazione geognostica ha per oggetto la definizione della successione litostratigrafia ed una caratterizzazione geo-meccanica dei terreni fondazionali siti in corrispondenza dell'area oggetto di pianificazione.

Ai fini della rappresentazione stratigrafica, oltre ai dati bibliografici disponibili ed alle indagini geognostiche approntate dallo scrivente durante la presente campagna di rilevamento datata Novembre 2022, sono state prese in esame una serie di indagini pregresse realizzate nell'ambito dei comparti produttivi adiacenti.

Allo stato attuale sono quindi disponibili le seguenti analisi geognostiche:

- *n. 1 prova penetrometrica dinamica (DPM)* (allegato 2);
- *n. 1 registrazione dei microtrempi sismici (HSRV)* (allegato 3);
- *n. 1 stratigrafia di pozzo (banca dati della Regione Lombardia)* (allegato 4);
- *n. 1 stratigrafia da carotaggio continuo (S. 01)* (allegato 5);
- *n. 1 prospezione sismica (MASW)* (allegato 6).

Le indagini prese in esame sono posizionate come da planimetria in **allegato 1** al presente elaborato.

I certificati di analisi della *prospezione sismica MASW*, realizzati nell'ambito del comparto produttivo MTA, sono riportati nell'**allegato 6** del presente elaborato.



### 7.1. – Prove penetrometriche dinamiche (DPM)

Al fine di ottenere utili informazioni litotecniche si è proceduto alla verifica delle reali caratteristiche litostratigrafiche e geomeccaniche dei terreni costituenti il sottosuolo del territorio in esame attraverso l'analisi di una prova penetrometrica dinamica "media" (vedasi diagrammi in allegato 2 al presente elaborato).

L'attrezzatura usata consiste in un penetrometro D.P.M., le cui caratteristiche standard sono:

• peso massa battente	M (Kg)	30
• altezza di caduta	H (m)	0.20
• punta conica da 10 cmq diametro	Dp (mm)	35.7
• angolo apertura punta	$\beta$ (°)	60
• passo infissione	$\delta$ (m)	0.10
• diametro aste da 1m di lunghezza	Da (mm)	20

Il numero di colpi (Nc) rilevato ogni 10 cm di infissione delle aste è perfettamente equiparabile al numero di colpi rilevabile ogni 30 cm di avanzamento nel corso di una prova con equipaggiamento standard SCPT o SPT.

I sondaggi penetrometrici dinamici consistono nell'infissione nel terreno di un'asta dotata di una apposita punta conica e nella registrazione dei colpi necessari ad ottenere una penetrazione di 10 cm.

La prova penetrometrica, approntata dallo scrivente, ha evidenziato una sequenza litostratigrafica costituita da una coltre ghiaiosa in abbondante matrice limo sabbiosa, che ricopre depositi limo sabbiosi, poco addensati, sovrastanti sabbie limose e sabbie fini con sporadiche tracce di ghiaia.

Mediante freatimetro non si è rilevata, nel foro del sondaggio penetrometrico, la presenza d'acqua fino alla massima profondità indagata di circa 9.00 metri (*data rilievo: 08 novembre 2022*).

Sono stati così distinti, procedendo dal piano campagna verso il limite inferiore d'indagine penetrometrica, i seguenti termini litologici:

Profondità rilevata (centimetri)	Descrizione	Spessore rilevato (metri)	
da p.c. a -140	A ❶ - Suolo e coltre ghiaiosa in matrice limo sabbiosa	1.40	
da -140 a -230	B ❶ - Depositi limosi e limo sabbiosi prevalenti	0.90	
da -230 a -900	C ❶ - Depositi sabbio limosi e sabbiosi con raro ghiaietto	≥6.60	

## 7.2. – Registrazione microtremori

Il paragrafo illustra e commenta l'indagine geofisica eseguita ai fini della determinazione del terreno di fondazione ai sensi del testo unitario " Norme tecniche per le costruzioni" (D.M. 17 Gennaio 2018). Si precisa che sono state effettuate tre registrazioni dei microtremori con diversi intervalli di lettura, delle quali si riporta la maggiormente significativa ai fini dell'indagine.

### 7.2.1 - Metodologia d'indagine

La misura a stazione singola del tremore sismico, attraverso l'analisi dei rapporti spettrali consente la determinazione della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo; mediante il processo di inversione le misure del microtremore consentono di stimare in maniera rapida il valore di Vs30.

La caratterizzazione dei terreni è stata effettuata tramite la tecnica sismica passiva (tecnica dei rapporti spettrali) o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio). La prova è stata condotta utilizzando un sismometro a stazione singola (tromografo digitale) in grado di registrare i microtremori lungo le direzioni X coincidente con l'Est topografico e Y coincidente con il Nord e lungo quella verticale (Z), di un ampio intervallo di frequenze (0.1-100 Hz) e per una durata sufficientemente lunga (mediamente 5-15 minuti).

Il moto indotto nel terreno è stato misurato dallo strumento in termini di velocità attraverso tre velocimetri, uno per ogni direzione di misura (X, Y e Z).

Le misure registrate sono state poi elaborate e restituite graficamente in forma di spettri H/V (rapporto H/V in funzione della frequenza) e spettri V (componente verticale del moto in funzione della frequenza).

### 7.2.2 - Categoria di suolo

Per determinare il valore delle onde di taglio VS è stato eseguito un rilievo tromografico che ha permesso di determinare:

- La frequenza di risonanza caratteristica del sito;
- Velocità media delle onde di taglio Vs.

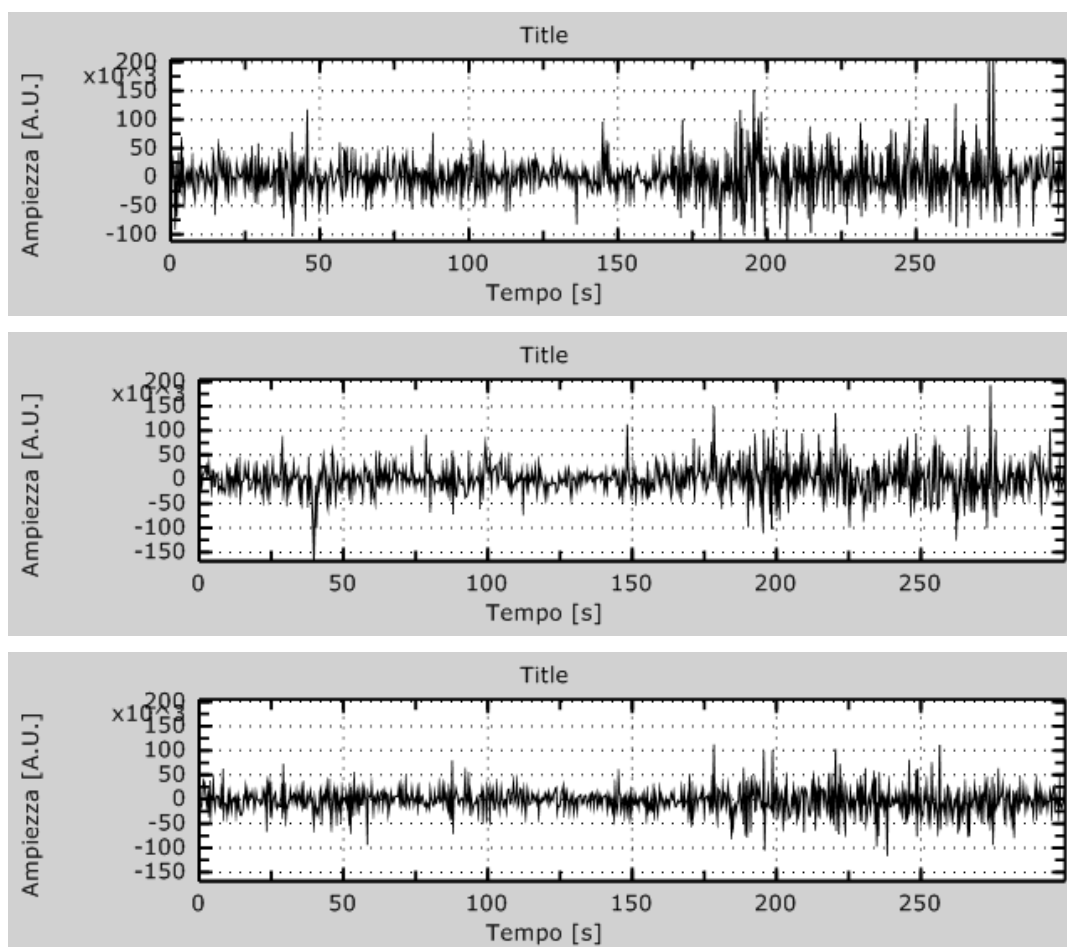
Per la determinazione delle onde di taglio Vs è stata utilizzata l'inversione vincolata dello spettro H/V ottenuto attraverso il rilievo tromografico.

La relazione seguente correla la frequenza di risonanza del terreno (f) alla velocità delle onde S (Vs) con la profondità della base dello strato (H).

$$f(Hz) = \frac{V_s}{4H}$$

### 7.2.3 - Elaborati dati d'indagine

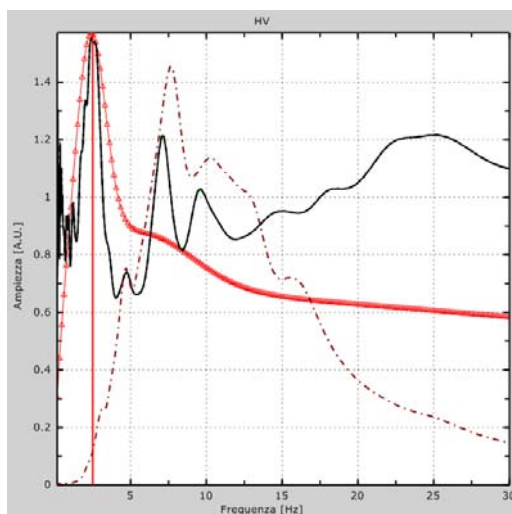
Nome	MTA\dati HVSR\fombio.SAF
Passo temporale	6.45 ms
Numero di campioni	46500
Istante finale	300s
Numero di sotto-intervalli	1



**Figura. 7.2.3.I:** Dati sperimentali in direzione Z (alto), N-S (centro) e E-W (basso).

Nota indicativamente la profondità di ogni livello stratigrafico, ottenuta attraverso l'elaborazione dei dati ricavati dai sondaggi e dai rilevamenti geologici in sito, è possibile procedere all'inversione dello spettro H/V, modellando la curva numerica in modo da ottenere la sovrapposizione con quella misurata (vedasi fig. 7.2.3.II), per poi ricavare la  $V_s$  media per ogni singolo strato.





**Figura 7.2.3.II:** Curva HVSR; Curva H/V numerica (rosso); Curva H/V sperimentale (nero).

Finestra temporale	60 sec
Frequenza massima	30 Hz
Numero di campioni	200
Passo in frequenza	0.15 Hz

Sulla base di tali elaborazioni è ottenuto l'andamento della  $V_s$  al variare della profondità (vedasi Grafico in allegato 3). In conclusione, la velocità equivalente delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri è definita come:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{h_i}{V_i}}$$

#### 7.2.4 - Analisi delle risultanze

Dall'esame delle risultanze emerge quanto segue:

- ✓ La velocità equivalente delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri risulta, pari a circa **285 m/s**, quindi in base all'attuale normativa il sito d'interesse presenta un suolo di fondazione di tipo **"C"**;
- ✓ L'area in esame sarà soggetta ad amplificazioni dovuti ad una particolare frequenza di risonanza del terreno in caso di sisma; la frequenza in oggetto che potrebbe provocare seppur limitati problemi di "accoppiamenti di risonanza" fra strutture e terreno è stata individuata a **2,62 ±0,1 Hz**;

Si precisa che il dato delle  $V_{s30}$  ottenuto tramite la registrazione dei microtremori sismici ha un valore puramente indicativo; tuttavia, nel caso specifico, risulta in linea con le correlazioni di carattere geo-tecnico proposte dalla normativa vigente e da quanto emerso analizzando le stratigrafie profonde, presenti in zona.

### 7.3. – Stratigrafie pozzi (Banca Dati Geologica di Sottosuolo)

La Banca Dati Geologica di sottosuolo è finalizzata all'archiviazione dei dati stratigrafici delle zone lombarde di pianura.

L'informatizzazione è sempre in corso in modalità off line (attraverso una banca dati denominata CASPITA).

Ogni 3 mesi circa si procede all'aggiornamento del servizio di mappa Banca Dati Geologica di Sottosuolo, esposto nel Geoportale della Lombardia, con l'aggiunta dei nuovi set di dati informatizzati.

I dati stratigrafici sono stati acquisiti dalle seguenti fonti:

- componente geologica, idrogeologica e sismica dei Piano di Governo del Territorio dei Comuni Lombardi (carta idrogeologica ed allegati);
- raccolte specifiche avviate durante la realizzazione dei fogli geologici in scala 1:10.000 e 1:50.000;
- raccolte specifiche avviate tramite accordi di collaborazione con alcune Province lombarde).

Il patrimonio informativo costruito nell'ambito del Progetto di Cartografia Geologica della Regione Lombardia è reso disponibile al pubblico dal GEOPortale della Lombardia anche tramite l'applicativo Cartografia geologica (progetto CARG), che mostra lo stato di avanzamento dei fogli della Carta Geologica Nazionale alla scala 1:50.000 e ne rende disponibili gli elaborati (in formato raster e vettoriale) sia in visualizzazione che in download.

Le litologie che caratterizzano la porzione di territorio in esame sino ad una profondità di circa 35 metri, evidenziate attraverso la certificazione stratigrafica riportata nell'allegato 4 del presente elaborato, sono principalmente costituite da sabbie fini e sabbie da medie a grossolane.

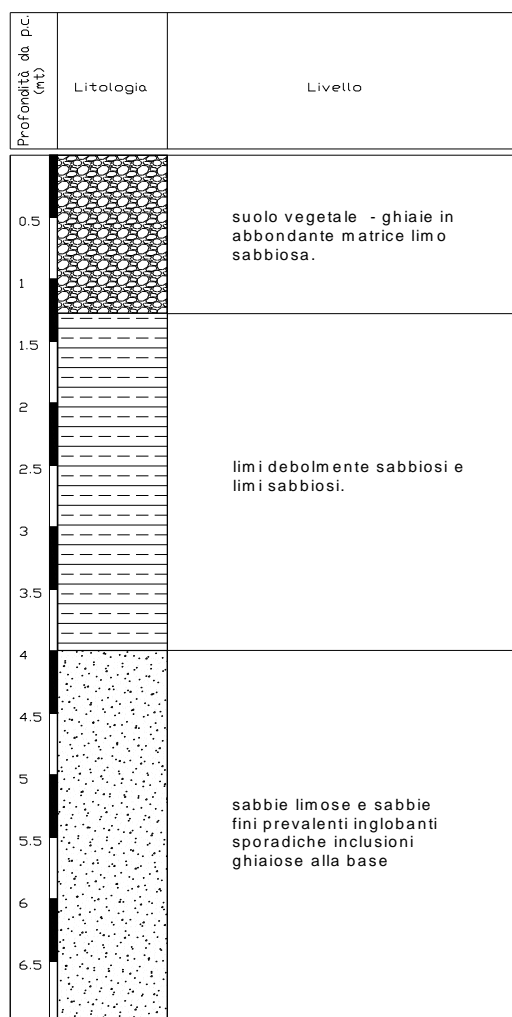
#### 7.4. – Stratigrafia desunta dal sondaggio a carotaggio continuo

I sondaggi a carotaggio continuo hanno evidenziato una discreta omogeneità litostratigrafica su tutta l'area indagata (ex area Chemval), costituita da un orizzonte superficiale di ghiaie in abbondante matrice limo sabbiosa, che ricopre una sequenza di straterelli limosi e limo sabbiosi prevalenti, con un aumento progressivo della componente sabbiosa in profondità.

Durante la fase di perforazione non si è rilevata la presenza di acqua nei fori dei sondaggi (massima profondità raggiunta 8,50 metri dal piano campagna).

Il certificato stratigrafico del sondaggio preso in esame (S. 01), ubicato come da planimetria in allegato 1, è riportato nell'allegato 6 del presente elaborato.

Nella sezione stratigrafia seguente sono elaborate analiticamente le risultanze emerse dai singoli sondaggi a carotaggio continuo approntati nell'ex area Chemval.



## 8.0 – CARATTERIZZAZIONE LITOTECNICHE “PRELIMINARE”

Sulla scorta delle informazioni acquisite tramite le indagini in situ si è proceduto ad una caratterizzazione geomeccanica “preliminare” dei terreni siti in corrispondenza dell’area oggetto di variante.

La definizione dalle indagini in situ dei parametri geotecnici è basata su rapporti empirici che utilizzano i valori  $N_{scpt}$  e  $N_{spt}$  per le prove penetrometriche dinamiche. Ai fini dell’attendibilità dei valori, per il calcolo dei singoli parametri associati a ciascuno dei livelli stratigrafici individuati, i risultati sono stati correlati con quelli derivanti da prove di laboratorio su terreni simili.

Si è ottenuto una serie di valori medi “cautelativi”, riassunti nella seguente tabella:

UNITA' GEOTECNICHE (strato)	A	B	C
Litologia prevalente	Coltre ghiaio limo sabbiosa	Limi e limi sabbiosi	Sabbie limose e sabbie
Spessore presunto (m)	$\sim 1.40 \div 1.50$	$\sim 0.90 \div 1.00$	$\geq 6.50$
Profondità presunta (m)	$\sim 1.40 \div 1.50$	$\sim 2.30 \div 2.50$	$\geq 9.00$
Peso di vol. naturale (t/mc)	$\gamma_{a0} \cong 19.0$	$\gamma_{b1} \cong 18.0$	$\gamma_{c1} \cong 18.5$
Peso di vol. saturo (t/mc)	--	--	$\gamma'_{c1} \cong 20.05$
Classificazione AGI	moderatamente addensato	poco addensato	moderatamente addensato
Modulo Edometrico (Kg/cmq)	--	--	--
Coesione non drenata (Kg/cmq)	--	--	--
Coesione drenata (Kg/cmq)	--	--	--
Densità relativa (%)	$Dr \cong 45 \div 50$	$Dr \cong 15 \div 20$	$Dr \cong 35 \div 40$
Angolo di attrito interno (°)	$\varphi \cong 35 \div 36$	$\varphi \cong 24 \div 25$	$\varphi \cong 29 \div 31$
Modulo di Young (Kg/cmq)	$E \cong 200 \div 230$	$E \cong 50 \div 60$	$E \cong 180$
Coefficiente di Poisson	$0.31 \div 0.32$	$0.35 \div 0.36$	$0.33 \div 0.34$

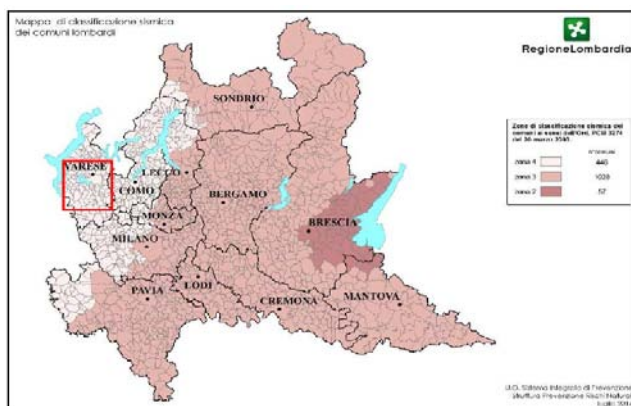
8.0.I – tabella parametri geotecnici “preliminari”

Non avendo avuto disposizioni dal tecnico progettista di eseguire una serie di sondaggi a carotaggio continuo con prove geotecniche di laboratorio (su campioni indisturbati di terreno), le suddette correlazioni hanno validità orientativa ed andranno verificate mediante una specifica campagna d’indagine geognostica a supporto della progettazione di nuovi edifici produttivi (*basati sul progetto esecutivo e strutturale dei medesimi, ai sensi del D.M. 17/01/2018 NTC*).

## 9.0 – VALUTAZIONI SISMICHE LOCALI

Ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante *“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”* (G.U. n. 105 del 8.5.2003), allegato 1, il territorio comunale di Fombio era classificato in zona 4, definita come un'area con accelerazione orizzontale  $ag/g$ , con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, inferiore a 0.05.

Con DGR 2129-2014 la Regione Lombardia ha tuttavia provveduto a riclassificare, dal punto di vista sismico, il territorio di propria competenza, e ha inserito il comune di Fombio in **Zona Sismica 3**, definita come un'area con accelerazione orizzontale  $ag/g$ , con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, compresa tra 0,05 e 0,15: si tratta pertanto di una classificazione maggiormente cautelativa, anche se mantiene il Comune di Fombio tra quelli definiti a bassa sismicità (aree in zona 3 e 4).



Tale ri-classificazione sismica è stata confermata da Regione Lombardia con 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 (L.R. 33/2015, art. 23 comma 1 e art. 13 comma 1)”*, entrata definitivamente in vigore il 10 aprile 2016.

Pertanto tutti gli interventi di trasformazione del territorio, edificazione pubblica e privata e realizzazione di infrastrutture devono essere uniformati, a norma di legge, alla nuova classificazione sismica di Fombio, ovvero alla Zona Sismica 3.

In tale ambito infatti la preventiva caratterizzazione in chiave antisismica dei suoli e dei terreni di fondazione è prevista dalla legislazione regionale lombarda per tutte le opere pubbliche e private, e non più, come in precedenza nella zona 4, esclusivamente per le opere sensibili definite a carattere strategico e rilevante, ricomprese nell'elenco contenuto nel Decreto D.U.O. n. 19904/2003 della Regione Lombardia.

Pertanto, preso ora atto in sede di pianificazione della nuova classificazione sismica cui appartiene l'area in esame, sarà con la progettazione strutturale definitiva/esecutiva e sulla conoscenza del tipo e delle dimensioni (in particolare l'altezza) degli edifici in costruzione o in completamento/adeguamento/trasformazione che si espliciterà o meno nelle diverse casistiche contemplate dalle norme la progettazione antisismica vera e propria, anche alla luce del dettame del D.M. 17/01/2018 *“Norme Tecniche sulle Costruzioni”*, attualmente in vigore.



## 9.1 - Categoria di suolo fondazionale

*Per la definizione complessiva dell'azione sismica di progetto si deve considerare, oltre che la zonazione sismica, anche la tipologia del terreno di fondazione.*

*L'importanza della determinazione della funzione spettrale del sisma (Risposta Sismica locale) è dovuta al fatto che un deposito incoerente poggiante su un basamento rigido può modificare un impulso sismico determinando amplificazioni o attenuazioni di alcune delle componenti in frequenza in esso contenute.*

*Il contributo della Pericolosità al Rischio per una struttura sottoposta ad uno stress sismico dipende infatti dall'intensità del terremoto che la colpisce, ma anche, e forse principalmente, dalle caratteristiche delle componenti a varie frequenze contenute nel segnale sismico, in particolare quello relativo alle onde S.*

*Queste a loro volta possono subire amplificazioni differenziali che dipendono dalle caratteristiche meccaniche e geometriche del materiale che costituisce il sottosuolo del terreno di fondazione.*

*E' quindi necessaria, per valutare le modifiche dell'impulso sismico provocate dal terreno, una parametrizzazione geometrica, geolitologica e geosismica, del sottosuolo dell'area interessata ad una costruzione, che consenta una valutazione corretta della Pericolosità sismica del sito di costruzione.*

*Gli impulsi sismici provenienti da una sorgente distante varie decine di chilometri che giungono ad un basamento ricoperto da terreni sciolti posto nel sottosuolo di siti distanti fra loro solo qualche centinaio o migliaio di metri sono praticamente identici.*

*Essi si sono attenuati rispetto alla sorgente d'origine in dipendenza della distanza dalla sorgente stessa e, quindi, del percorso, che, comunque, è per tutti praticamente identico. Gli impulsi sismici registrati in superficie nei detti siti, invece, possono differire sostanzialmente a causa delle possibili diverse caratteristiche geosismiche dei depositi incoerenti che il raggio sismico attraversa nel suo ultimo tratto e che, come detto precedentemente, "modulano" in ampiezza e frequenza gli impulsi sismici.*

*Questo effetto, il cui spettro di ampiezza è detto Fattore di Amplificazione Dinamica (FAD), dipende dalle proprietà fisiche (densità, contenuto d'acqua, ecc...), dai parametri dinamici (Modulo di Taglio,  $G_{din}$ ; Coefficiente di smorzamento,  $D$ ), caratteristici della particolare litologia dei depositi incoerenti e dalla loro geometria (spessore, profondità).*

*La Fase di indagini relative ai progetti esecutivi è quindi rivolta essenzialmente alla determinazione della Risposta Sismica di Sito in corrispondenza di una struttura edilizia esistente o in fieri e lo studio dovrà prevedere, in particolare, indagini di prospezioni geofisiche tese a determinare le caratteristiche sismiche del sottosuolo ed al fine di valutare l'eventualità di possibili fenomeni di amplificazione locale dell'intensità sismica, quale era stata prevista, in generale, dalle precedenti indagini di Microzonazione Sismica per lo Strumento Urbanistico Generale.*

Le indagini da effettuarsi sono, quindi, prevalentemente finalizzate alla determinazione della giacitura e potenza degli strati nei siti scelti, fino ad una profondità di 30 m dal piano di posa delle fondazioni, ed alla caratterizzazione sismica dei terreni presenti, intesa come determinazione in particolare della Velocità delle onde sismiche trasversali  $V_s$  dei singoli sismostrati, con calcolo della media pesata per i primi 30 metri ( $V_{s30}$ ) ed attribuzione alla categoria di suolo di cui alla OPCM n.3274/03 con la verifica della significatività, in senso orizzontale, di tale attribuzione.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s.eq}$  è definita dal parametro  $V_{s.30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

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

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	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.
B	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.
C	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.
D	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.
E	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.

La velocità media  $V_{s30}$  è definita dall'espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1..N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove:

$h_i$  = spessore (m.) della  $i$ -esima formazione o strato compreso nei primi 30 m di profondità;

$V_i$  = velocità delle onde di taglio nella stessa formazione o strato;

$n$  = numero di formazioni o strati compresi nei primi 30 m di profondità.

Per sottosuolo di categoria **A** i coefficienti  $S_s$  e  $C_c$  valgono 1. Per le categorie di sottosuolo **B**, **C**, **D** ed **E** i coefficienti  $S_s$  e  $C_c$  possono essere calcolati, in funzione dei valori di  $F_0$  e  $T_c$  relativi al sottosuolo di categoria **A**, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.IV, nelle quali  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  è l'accelerazione di gravità e  $T_c$  è espresso in secondi.

Tab. 3.2.IV – Espressioni di  $S_s$  e di  $C_c$ 

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Quindi, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, come indicato al capo 7.11.3 delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018.

In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (vedasi Tabella 3.2.II).

Da ricerche di carattere bibliografico (stratigrafie pozzi acquedottistici) e dalle indagini geognostiche realizzate nella zona oggetto d'intervento il suolo di fondazione risulta costituito da depositi fluvioglaciali.

La velocità media di propagazione delle onde di taglio nei primi trenta metri nel sottosuolo è stata valutata dai rilievi HVSR e MASW indicativamente pari a **285 m/s** (vedasi nel dettaglio paragrafo 7.2).

In conformità al capo 3.2.II. delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018, a tale condizione litostratigrafica, corrisponde una categoria di suolo fondazionale ascrivibile al "**tipo C**" [Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 180 m/sec e 360 m/sec ( $15 < N_{spt} < 50$ ,  $70 < cu < 250 \text{ kPa}$ )].

Quindi il coefficiente di amplificazione stratigrafica  **$S_s$**  risulta pari a **1.50**.

## 9.2 – Fattori di amplificazione topografica

Con riferimento alla *Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018*, per la determinazione dell'azione di progetto dovranno essere definiti i fattori di amplificazione topografica dell'azione sismica. Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale.

Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.III delle sopraccitate norme tecniche):

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

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

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

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico  $S_T$  riportati nella Tab. 3.2.V delle sopraccitate norme tecniche, in funzione delle categorie topografiche e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Tab. 3.2.V – *Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$*

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a $30^\circ$	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di $30^\circ$	1,4

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base dove  $S_T$  assume valore unitario.

L'area oggetto di analisi geognostica si presenta a morfologia sub-pianeggiante con pendenze impercettibili verso Sud Sud-Est.

Quindi, per quanto concerne la "*determinazione dell'azione di progetto*", si dovrà fare specifico riferimento alla categoria topografica **T1**, nella quale il coefficiente **ST** è pari a **1,00**.



### 9.3 – Liquefazione dei terreni

Le norme per la verifica alla liquefazione dei terreni sono esplicitate nell'Euro Codice 8 "UNI-ENV 1998-5- 1998" al p.to 4.1.3 "*terreni potenzialmente liquefacibili*".

Per liquefazione si intende il fenomeno in base al quale un terreno incoerente (sabbia) di particolari caratteristiche, durante una sollecitazione sismica tende a comportarsi come un fluido, vale a dire perde la resistenza al taglio e può colare anche su pendenze molto modeste.

Il fenomeno dipende dal tipo di sedimenti, dal loro grado di compattazione, dalle pressioni iniziali agenti e soprattutto dal livello della falda acquifera (condizioni di saturazione).

I terreni maggiormente colpiti dalla liquefazione sono le pianure alluvionali, le spiagge, i terrazzi e i depositi di estuario (Youd & Hoose, 1977-tesi).

In Italia, malgrado l'elevata pericolosità sismica, il fenomeno è molto limitato; ciò può essere dovuto al fatto che le aree più sismiche sono prevalentemente montuose, mentre i terreni potenzialmente liquefacibili sono situati nella Pianura Padana o lungo le coste.

Come vedremo in seguito, in riferimento ai parametri litostratigrafici-idrogeologici che caratterizzano l'area oggetto d'intervento, alla categoria sismica del territorio comunale e considerando le massime intensità microsismiche (magnitudo storica inferiore o pari a 5) osservate per un intorno significativo all'area d'intervento (rif. GNDT-ING-SSN – Servizio Sismico Nazionale), **non sussistono le condizioni perché si verifichino fenomeni di liquefazione** [rif. *Metodo di Seed e Idriss modificato da Tokimatsu & Yoshimi (1983) e semplificato da GNDT-CNR*].

Il metodo di Seed e Idriss è il più noto e utilizzato dei metodi semplificati e richiede solo la conoscenza di pochi parametri geotecnici: la granulometria, il numero dei colpi nella prova SPT, la densità relativa, il peso di volume.

Per determinare il valore del coefficiente riduttivo  $r_d$  viene utilizzata la formula empirica proposta da Iwasaki et al. (1978):

$$r_d = 1 - 0.015z$$

mentre per il fattore correttivo MSF si veda la Tabella 1 dove viene riportato il valore di questo fattore ottenuto da vari ricercatori, tra cui Seed H. B. e Idriss I. M (1982).



Tabella 1 - Magnitudo Scaling Factor

Magnitudo	Seed H. B. & Idriss I. M. (1982)
5.5	1.43
6.0	1.32
6.5	1.19
7.0	1.08
7.5	1.00
8.0	0.94
8.5	0.89

La resistenza alla liquefazione CRR, viene calcolata in funzione della magnitudo, del numero di colpi, della pressione verticale effettiva, della densità relativa.

Si ottiene un grafico (Fig. 1) ottenuto selezionando i casi di terreni in cui si è avuta liquefazione e non liquefazione durante i terremoti.

Si calcola inizialmente il numero dei colpi corretto alla quota desiderata per tenere conto della pressione litostatica mediante la seguente espressione:

$$(N_{1.60}) = C_N \cdot N_m$$

dove:

$N_m$  è il numero medio dei colpi nella prova penetrometrica standard SPT;

$C_N$  è un coefficiente correttivo che si calcola mediante la seguente espressione:

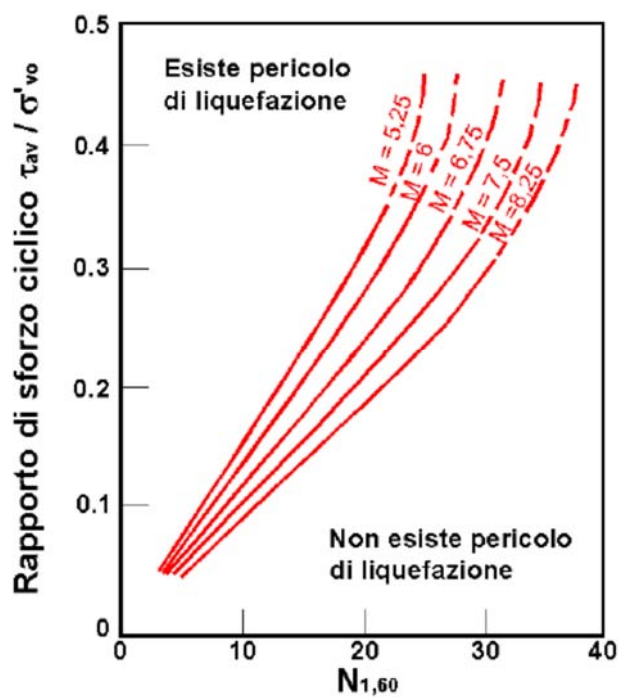
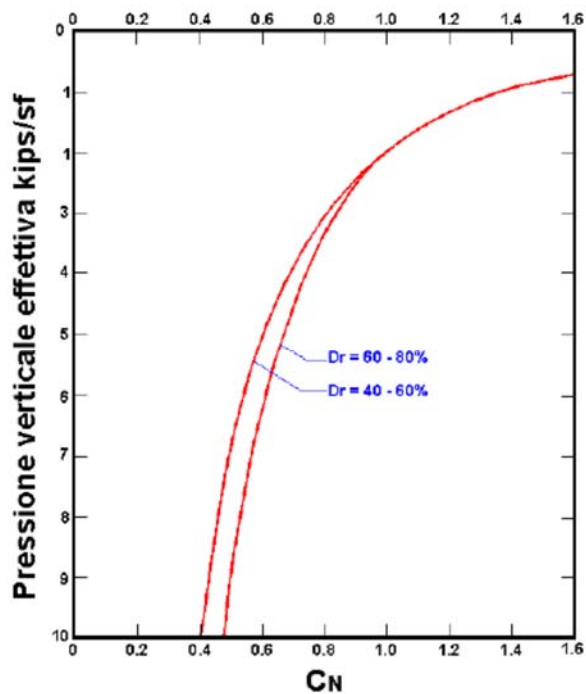
$$C_N = \left( \frac{Pa}{\sigma'_{v0}} \right)^{0.5}$$

dove:

$\sigma'_{v0}$  è la pressione verticale effettiva;

$Pa$  la pressione atmosferica espressa nelle stesse unità di  $\sigma'_{v0}$ ;

$n$  un'esponente che dipende dalla densità relativa del terreno (Fig. 2).

Figura 1 – Correlazione fra CSR e  $N_{1,60}$ .Figura 2 – Coefficiente correttivo  $C_N$

E' stato dimostrato che per un terremoto di magnitudo pari a 7,5 CRR è:

$$CRR \approx \frac{N_{1.60}}{90}$$

Si applica quindi la:

$$F_s = \frac{CRR}{CSR}$$

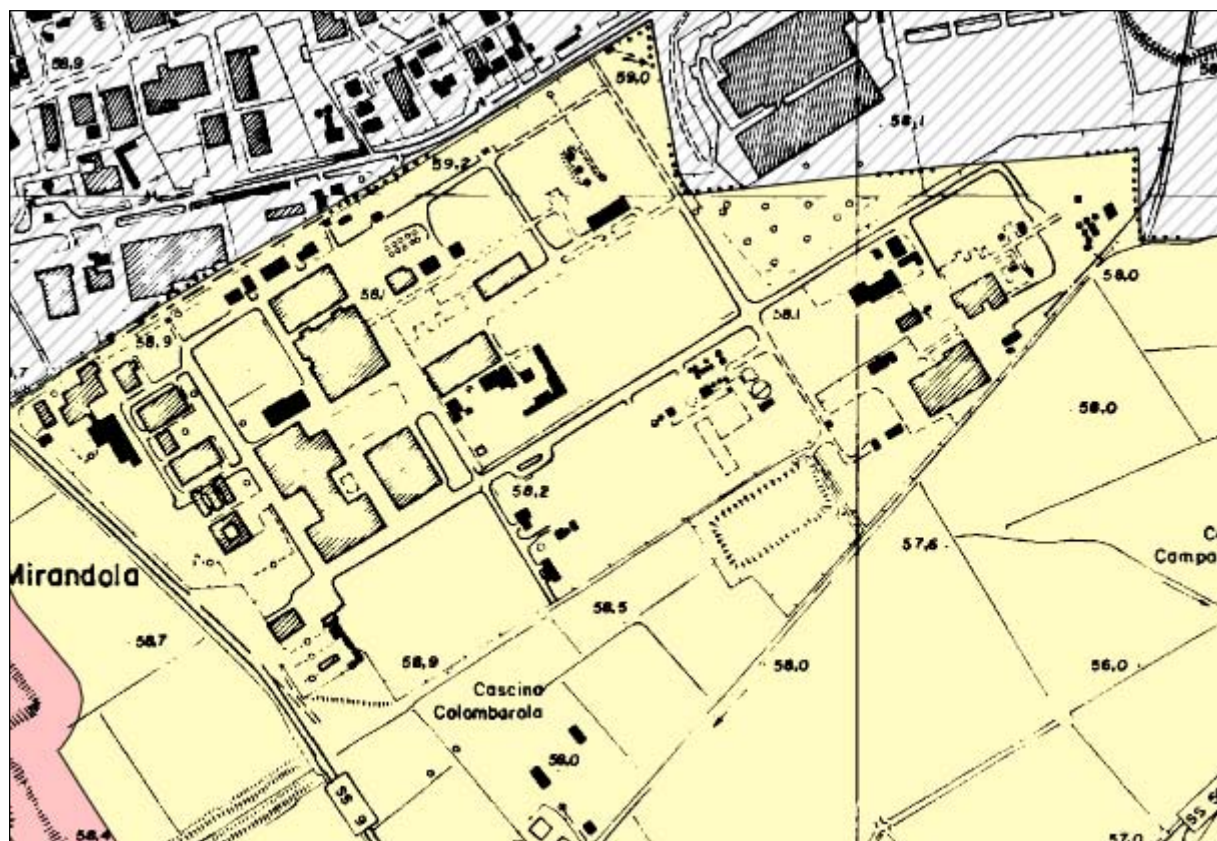
se  $F_s > 1,3$  il deposito non è liquefacibile.

Nel caso specifico, in relazione alle condizioni idrogeologiche del territorio (profondità falda) e degli elementi geognostici in nostro possesso (litologie e parametri litotecnici), la  $F_s$  è risultata sempre superiore a **2,0**.

## 10.0 - ANALISI E VALUTAZIONI DEGLI EFFETTI SISMICI DI SITO

L'analisi consiste nell'individuazione delle aree passibili di amplificazione sismica, basandosi su diversi scenari di pericolosità sismica locale.

Nella cartografia proposta a corredo del P.G.T. vigente l'area oggetto d'intervento edilizio è ascritta alla zona **Z4a** (vedi fig. 10.0.I - estratto "Carta della pericolosità sismica" in scala 1: 10.000, redatta a corredo del P.G.T. vigente).





LEGENDA			
SIGLA	SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA	EFFETTI	CLASSE DI PERICOLOSITA' SISMICA
 Z3a	Orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica di altezza prossima o superiore a 10 m	Amplificazioni topografiche	H2
 Z4a	Zona con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi.	Amplificazioni litologiche	H2

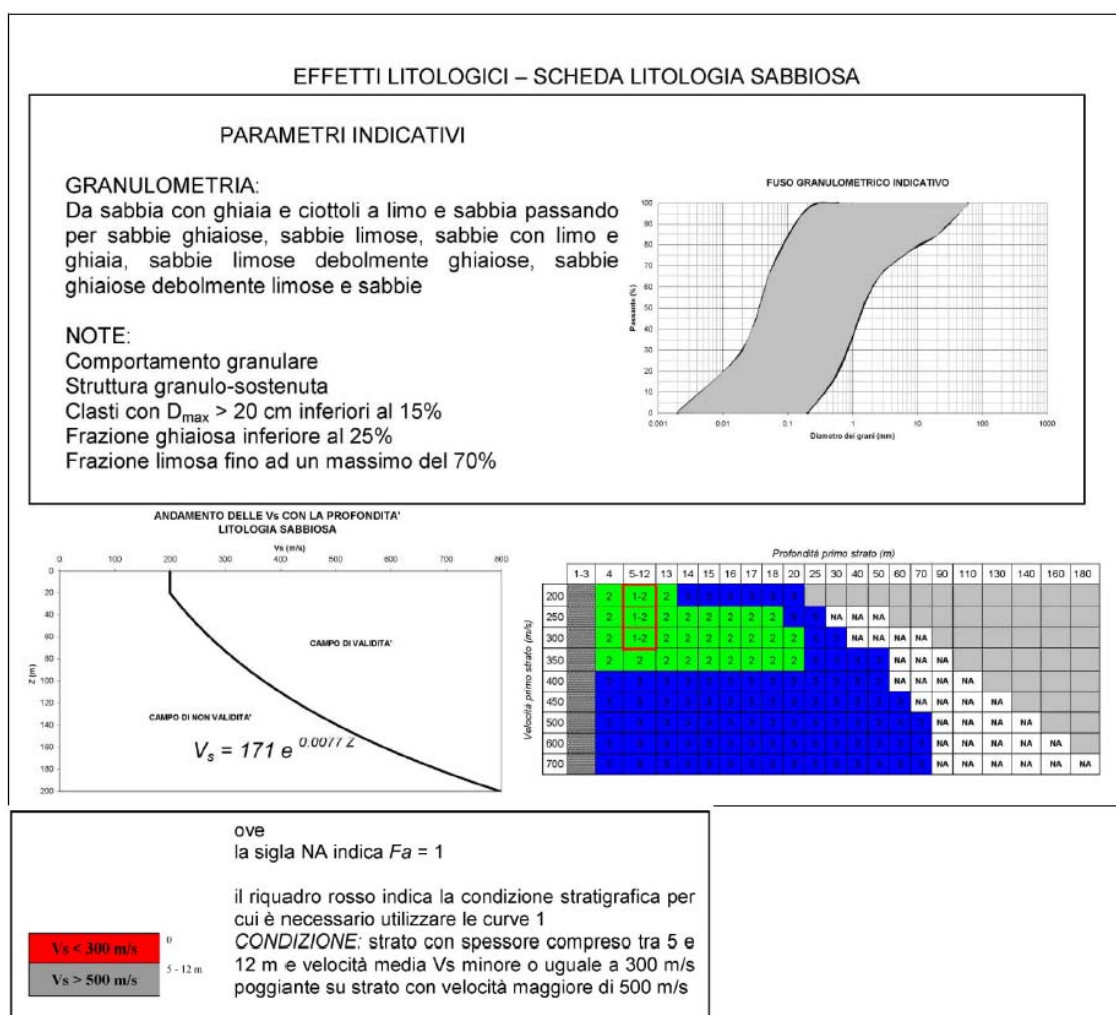
fig. 10.0.I – estratto carta della pericolosità sismica da P.G.T.

## 10.1 – Verifica di 2° livello

La verifica consiste in un approccio che fornisce la stima quantitativa della risposta sismica in termini di fattore di amplificazione  $F_a$ . La procedura fornisce per gli effetti litologici (nel ns. caso gli effetti morfologici sono trascurati essendo l'area sita in pianura) valori di  $F_a$  per tempi di oscillazione propri delle costruzioni compresi tra 0.1-0.5 sec (piccole costruzioni) e tra 0.5-1.5 sec (costruzioni di maggiore altezza). Malgrado l'area sulla quale verrà realizzato il capannone in progetto ricada in una zona priva di cogenti vincoli di carattere sismico si è ritenuto opportuno effettuare una verifica litologica e geometrica di 2° livello.

Per valutare il fattore di amplificazione  $F_a$  con la procedura prevista per il 2° livello occorre scegliere tra le "schede litologiche" proposte dalla DGR 8/7374 quella che meglio approssima l'andamento delle  $V_s$  del sito in esame.

Nel caso in questione, esaminando l'andamento del valore della velocità delle onde di taglio con la profondità, determinato con le indagini geofisiche, e confrontando tale andamento con quello riportato sulle diverse schede litologiche, si riscontra una generale validità applicativa con la scheda "Effetti litologici sabbiosa".



Nella "Scheda litologica sabbiosa" costruendo il grafico "Vs versus z" si ricava che quello della curva Vs versus z del nostro terreno appartiene senz'altro al campo di validità delle calcolazioni. Ciò accertato, si entra ora nella "scheda di valutazione" scegliendo, in funzione dello spessore del 1° strato e della Vs attribuitagli la curva appropriata, contraddistinta da una campitura colorata. Questa scheda di valutazione fornisce la correlazione tra Fa ed il periodo proprio To del sito. Noto To, determinabile con l'equazione sotto riportata, si ricava graficamente, oppure espressioni matematiche, Fa.

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

essendo  $h_i$  e  $V_{s_i}$  lo spessore e la velocità dello strato iesimo.

Nel caso in esame, dal momento che le indagini condotte non hanno consentito l'individuazione "certa" della profondità del bedrock sismico è stata condotta una estrapolazione in profondità sulla base dell'andamento misurato all'interno delle massime profondità investigate. Il valore di T (Periodo proprio del sito) ottenuto è il seguente: **T  $\cong$  0.381 s**

Entrando con tale valore nel grafico correlativo (**curva 3** di cui alla scheda per le litologie sabbiose) si ottiene il valore di Fa corrispondente al periodo 0.5÷1.5 s in funzione della tipologia edilizia ipotizzata (*struttura flessibili con altezze prossime ai 20 metri*): **Fa = 1.55**.

Successivamente si confrontano i valori di Fa ricavati con quelli "di soglia" predeterminati dalla Regione Lombardia per il Comune di Fombio, sotto riportati.

VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.5÷1.5 S					
		Valori soglia			
COMUNE	CLASSIFICAZIONE	Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Fombio	3	1.4	1.8	2.2	1.9

Si ricava che per l'intervallo di periodo (T) 0.1-0.5s e cioè per edifici fino a 5 piani, risulta una Fa (**1.55**) inferiore al valore di soglia corrispondente (**1,80**).

**Non risulta pertanto necessario procedere alla esecuzione di analisi di 3° livello.**



## 11.0 – CONSIDERAZIONI FINALI

Riepilogando, la Committenza ha affidato allo scrivente la realizzazione di una serie di verifiche preliminari di carattere geologico al fine di verificare la compatibilità di futuri insediamenti produttivi nell'area sita nel Comune di Fombio (vedasi *"Inquadramento Corografico"* scala 1: 5.000 in fig. 3.0.I), con l'assetto geologico, idrogeologico, geomorfologico e sismico del contesto nel quale si inseriscono.

Il lavoro è stato articolato in una fase d'indagine bibliografica preliminare, che ha consentito la ricostruzione dell'assetto geologico dell'ambito di pianificazione considerato nel suo insieme.

Tale assetto è stato successivamente verificato mediante speditivi rilievi geologici e geomorfologici, estesi all'area interessata e ad un suo immediato intorno, integrati da una campagna di indagini geofisiche, per la misurazione della velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio di tipo S nei primi 30 m di sottosuolo.

È stata quindi valutata la compatibilità di un eventuale insediamento produttivo con gli strumenti di pianificazione urbanistica comunali (Studio Geologico Comunale di supporto al PGT e vincolistica di carattere geologico) e sovraordinati (Piano per l'Assetto Idrogeologico come integrato e modificato dal Piano Generale Rischio Alluvioni e nuova Classificazione Sismica del territorio regionale).

Le indagini approntate e la documentazione consultata consentono di esprimere le seguenti considerazioni conclusive:

- le prove condotte hanno evidenziato caratteristiche stratigrafiche del terreno costituente il primo sottosuolo dell'area investigata tipiche dei contesti alluvionali di pianura quali quello in esame e tali da non pregiudicare nuovi interventi edilizi, pur nel rispetto delle prescrizioni di carattere geologico e geotecnico imposte dalle Norme Tecniche sulle Costruzioni nazionali;
- la falda libera freatica è attestata a profondità comprese tra circa 11÷12 m da p.c., livello passibile di oscillazioni stagionali, tale comunque da non precludere la realizzazione di vani interrati, che comunque andrebbero idoneamente impermeabilizzati;
- per quanto riguarda la compatibilità di nuovi insediamenti produttivi nell'ambito in esame con gli strumenti di pianificazione territoriale vigenti a livello comunale e sovracomunale e inerenti le tematiche geologiche e idrogeologiche, la consultazione dello Studio Geologico comunale e del P.A.I. – Delimitazione delle Fasce Fluviali unitamente al P.G.R.A. non ha evidenziato la presenza di vincoli che si pongano in contrasto con opere edilizie;
- in particolare, l'ambito di futuro intervento appartiene ad aree inserite nella classe di fattibilità geologica 2A, definita con "modeste limitazioni", a cui sono attribuite norme che consentono la trasformazione di destinazione d'uso del territorio secondo le linee guida e le prescrizioni previste dalle Norme Geologiche di Piano del P.G.T. (linee guida e prescrizioni in parte assolute a mezzo del presente elaborato e per quanto non ancora analizzato si demanda alla futura relazione geologica e geotecnica, che incorporerà le relazioni R1, R2 E R3 previste dalla D.G.R. 5001/2016);

- per quanto riguarda la gestione delle acque bianche (pluviali e di dilavamento tetti, piazzali) si ricorda che la crescente urbanizzazione dei territori costituisce una concausa importante nello sviluppo di fenomeni di piena di fiumi e torrenti sempre più intensi (in termini di portata) e violenti (in termini di rapidità di sviluppo dell'onda di piena). Ciò è dovuto al fatto che le superfici impermeabili delle aree lottizzate impediscono la percolazione nel sottosuolo delle acque di origine meteorica, che viceversa tendono a ruscellare (con tempi di corrivazione piuttosto contenuti) e alimentano la rete fognaria (o direttamente i canali di scolo) che, sovraccaricata, sfiora il troppo pieno nei corsi d'acqua superficiali; Ciò, laddove non esista la rete separata delle acque bianche da quelle nere, comporta ulteriori conseguenze negative, rappresentate sia dall'immissione in corpi idrici superficiali di acque non propriamente bianche, sia dall'eccessiva diluizione di quelle nere che determina il cattivo funzionamento degli impianti di depurazione; Pertanto, come previsto anche dal Regolamento Regionale 24 Marzo 2006 n. 2 *"Disciplina dell'uso delle acque superficiali e sotterranee, dell'utilizzo delle acque, del risparmio idrico e del riutilizzo dell'acqua in attuazione dell'articolo 52, della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26,"* che prevede che *"I progetti di nuova edificazione e gli interventi di recupero del patrimonio edilizio prevedono, per gli usi diversi da quello umano, ove possibile, l'adozione di sistemi di captazione, filtro e accumulo delle acque meteoriche provenienti dalle coperture degli edifici; nonché, al fine di accumulare liberamente le acque meteoriche, la realizzazione, ove possibile in relazione alle caratteristiche dei luoghi, di vasche di invaso, possibilmente interrato....."*, al fine di determinare un risparmio della risorsa idrica, sempre più preziosa e oggetto della crescente sensibilità ecologica, si raccomanda, se tecnicamente possibile, l'accumulo delle acque meteoriche, ad esempio per un loro riutilizzo nell'irrigazione dei giardini; inoltre sul tema si richiama l'attenzione dei progettisti al disposto del recente Regolamento Regionale della Lombardia n. 7 del 23 novembre 2017 (BURL n. 48, Supplemento del 27/11/2017);
- si ricorda inoltre che, a seguito dell'entrata in vigore del D.P.R. 120/2017 e s.m.i., le terre e rocce da scavo, anche di gallerie, ottenute quali sottoprodotti, possono essere utilizzate per reinterri, riempimenti, rimodellazioni e rilevati purché sia accertato che non provengono da siti contaminati o sottoposti ad interventi di bonifica e che le loro caratteristiche chimiche e chimico-fisiche siano tali che il loro impiego nel sito prescelto non determini rischi per la salute e per la qualità delle matrici ambientali interessate; In particolare deve essere dimostrato che il materiale da utilizzare non è contaminato con riferimento alle pregresse attività occorse nel sito oltre che alla destinazione d'uso del medesimo; La sussistenza di tali requisiti, nonché i tempi dell'eventuale deposito in attesa di utilizzo, che non possono superare un anno, devono essere dimostrati e verificati nell'ambito della procedura per il permesso di costruire, se dovuto, o secondo le modalità della dichiarazione di inizio di attività (DIA/scia);
- infine si ritiene che le caratteristiche geologiche del contesto in cui si inserisce l'intervento in esame siano compatibili con la realizzazione di impianti di climatizzazione degli edifici basati sull'energia geotermica; Si suggerisce

pertanto di valutare la scelta di tale fonte energetica alternativa ed ecocompatibile nella progettazione degli impianti di riscaldamento e raffrescamento delle strutture in previsione, in particolare attraverso la messa in opera di impianti di scambio termico a pompa di calore alimentata da acque di falda.

*Sulla scorta di quanto sopra definito, considerate le caratteristiche dell'area in esame ed dell'avvenuta **bonifica** (vedasi certificato in allegato 7), si ritiene che la sua trasformazione sia compatibile e conforme alle previsioni dello studio geologico, idrogeologico e sismico del vigente Piano di Governo del Territorio del Comune di Fombio.*

*Riassumendo, in ragione della bassa sismicità dell'ambito comunale (zona sismica 3) e di quelle che sono le condizioni morfologiche e litostratigrafiche dalla porzione di territorio in esame non si rilevano condizioni di "pericolosità geologica locale" tali da condizionare la realizzazione di futuri insediamenti produttivi, o che comunque non potranno essere superate mediante interventi abitualmente messi in opera nella comune pratica di ingegneria civile.*

Si precisa infine che, le correlazioni geognostiche esposte nel presente elaborato, hanno validità orientativa ed andranno verificate mediante una specifica campagna d'indagine geognostica a supporto della progettazione di nuovi edifici produttivi (*basati sul progetto esecutivo e strutturale dei medesimi, ai sensi del D.M. 17/01/2018 NTC*).

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Panoramiche dell'area oggetto di pianificazione

*Nel dichiararci a disposizione per eventuali chiarimenti o rilevazioni che si rendessero necessarie, cogliamo l'occasione per porgere i più distinti saluti.*

Piacenza: Marzo 2023

IL GEOLOGO

Dott. Nicola Cavanna

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'N. Cavanna'. The signature is fluid and cursive, with a large initial 'N' and a long, sweeping underline.



*Provincia di Lodi*

*Comune di Fombio*

# **ALLEGATO 1**

## ***UBICAZIONI INDAGINI GEOGNOSTICHE SU BASE ORTOFOTO REGIONE LOMBARDIA***






*Scala 1: 2.000*

**1 pagina**

**Committenza:**

**Società MTA S.p.A.**

**LEGENDA**

	PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE	(DPM)
	PROSPEZIONE SISMICA	(HVSR)
	POZZO	(Banca dati Regione Lombardia)
	SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO	(S. 01 - area ex Chemval)
	STENDIMENTO SISMICO	(MASW)

*Provincia di Lodi*

*Comune di Fombio*

## **ALLEGATO 2**

### ***CERTIFICATI PENETROMETRICI (D.P.M.)***



**3 pagine**

**Committenza:**

**Società MTA S.p.A.**

**PROVA ... Nr.1**

Strumento utilizzato...  
 Prova eseguita in data  
 Profondità prova  
 Falda non rilevata

DMP 3020 PAGANI  
 08/11/2022  
 9,00 mt

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,10	2	0,857	6,47	7,56	0,32	0,38
0,20	9	0,855	29,06	34,00	1,45	1,70
0,30	18	0,803	54,58	68,00	2,73	3,40
0,40	25	0,751	70,90	94,44	3,55	4,72
0,50	22	0,749	62,24	83,11	3,11	4,16
0,60	17	0,797	51,18	64,22	2,56	3,21
0,70	18	0,795	54,07	68,00	2,70	3,40
0,80	17	0,793	50,95	64,22	2,55	3,21
0,90	17	0,792	48,39	61,14	2,42	3,06
1,00	17	0,790	48,28	61,14	2,41	3,06
1,10	16	0,788	45,34	57,54	2,27	2,88
1,20	22	0,736	58,25	79,12	2,91	3,96
1,30	17	0,785	47,97	61,14	2,40	3,06
1,40	15	0,783	42,23	53,95	2,11	2,70
1,50	3	0,831	8,97	10,79	0,45	0,54
1,60	4	0,830	11,93	14,39	0,60	0,72
1,70	4	0,828	11,91	14,39	0,60	0,72
1,80	3	0,826	8,92	10,79	0,45	0,54
1,90	3	0,825	8,49	10,30	0,42	0,51
2,00	2	0,823	5,65	6,86	0,28	0,34
2,10	2	0,822	5,64	6,86	0,28	0,34
2,20	2	0,820	5,63	6,86	0,28	0,34
2,30	4	0,819	11,24	13,73	0,56	0,69
2,40	7	0,817	19,63	24,02	0,98	1,20
2,50	8	0,816	22,39	27,45	1,12	1,37
2,60	9	0,814	25,15	30,89	1,26	1,54
2,70	9	0,813	25,11	30,89	1,26	1,54
2,80	12	0,811	33,42	41,18	1,67	2,06
2,90	10	0,810	26,58	32,82	1,33	1,64
3,00	10	0,809	26,54	32,82	1,33	1,64
3,10	13	0,757	32,31	42,66	1,62	2,13
3,20	10	0,806	26,45	32,82	1,32	1,64
3,30	10	0,805	26,41	32,82	1,32	1,64
3,40	12	0,803	31,64	39,38	1,58	1,97
3,50	14	0,752	34,56	45,94	1,73	2,30
3,60	11	0,801	28,91	36,10	1,45	1,80
3,70	8	0,800	20,99	26,25	1,05	1,31
3,80	7	0,798	18,34	22,97	0,92	1,15
3,90	11	0,797	27,57	34,59	1,38	1,73
4,00	13	0,746	30,49	40,87	1,52	2,04
4,10	15	0,745	35,13	47,16	1,76	2,36
4,20	15	0,744	35,07	47,16	1,75	2,36
4,30	15	0,743	35,02	47,16	1,75	2,36
4,40	12	0,791	29,86	37,73	1,49	1,89
4,50	15	0,740	34,92	47,16	1,75	2,36
4,60	15	0,739	34,86	47,16	1,74	2,36
4,70	15	0,738	34,81	47,16	1,74	2,36
4,80	13	0,737	30,13	40,87	1,51	2,04
4,90	11	0,786	26,09	33,19	1,30	1,66
5,00	14	0,735	31,05	42,25	1,55	2,11
5,10	14	0,734	31,01	42,25	1,55	2,11
5,20	12	0,783	28,35	36,21	1,42	1,81
5,30	10	0,782	23,60	30,18	1,18	1,51
5,40	11	0,781	25,93	33,19	1,30	1,66
5,50	11	0,780	25,89	33,19	1,29	1,66



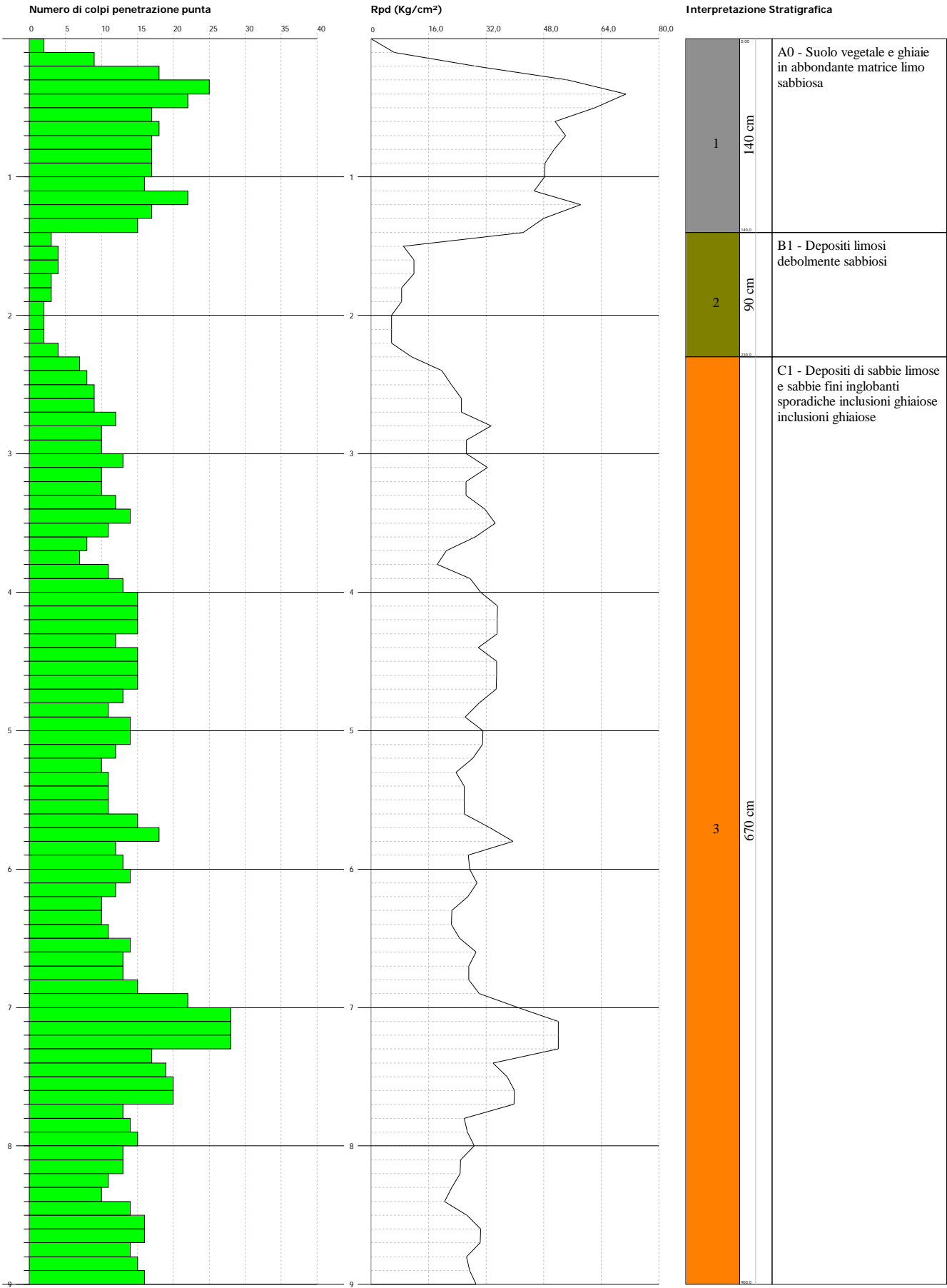
5,60	11	0,779	25,86	33,19	1,29	1,66
5,70	15	0,728	32,96	45,26	1,65	2,26
5,80	18	0,727	39,50	54,32	1,98	2,72
5,90	12	0,776	27,03	34,81	1,35	1,74
6,00	13	0,725	27,36	37,71	1,37	1,89
6,10	14	0,725	29,43	40,61	1,47	2,03
6,20	12	0,774	26,93	34,81	1,35	1,74
6,30	10	0,773	22,42	29,01	1,12	1,45
6,40	10	0,772	22,40	29,01	1,12	1,45
6,50	11	0,771	24,61	31,91	1,23	1,60
6,60	14	0,720	29,26	40,61	1,46	2,03
6,70	13	0,720	27,14	37,71	1,36	1,89
6,80	13	0,719	27,10	37,71	1,36	1,89
6,90	15	0,718	30,08	41,89	1,50	2,09
7,00	22	0,667	40,99	61,44	2,05	3,07
7,10	28	0,666	52,11	78,20	2,61	3,91
7,20	28	0,666	52,05	78,20	2,60	3,91
7,30	28	0,665	51,99	78,20	2,60	3,91
7,40	17	0,714	33,91	47,48	1,70	2,37
7,50	19	0,713	37,86	53,06	1,89	2,65
7,60	20	0,713	39,81	55,86	1,99	2,79
7,70	20	0,712	39,77	55,86	1,99	2,79
7,80	13	0,711	25,82	36,31	1,29	1,82
7,90	14	0,711	26,79	37,70	1,34	1,88
8,00	15	0,710	28,67	40,39	1,43	2,02
8,10	13	0,709	24,83	35,00	1,24	1,75
8,20	13	0,709	24,80	35,00	1,24	1,75
8,30	11	0,758	22,45	29,62	1,12	1,48
8,40	10	0,757	20,39	26,93	1,02	1,35
8,50	14	0,707	26,64	37,70	1,33	1,88
8,60	16	0,706	30,41	43,08	1,52	2,15
8,70	16	0,705	30,39	43,08	1,52	2,15
8,80	14	0,705	26,57	37,70	1,33	1,88
8,90	15	0,704	27,45	38,99	1,37	1,95
9,00	16	0,703	29,26	41,59	1,46	2,08

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1  
Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI

Committente: Società M.T.A. S.p.A.  
Cantiere: Piano Attuativo  
Località: Comune di Fombio (LO)

Data: 08/11/2022

Scala 1:39



*Provincia di Lodi*

*Comune di Fombio*

## **ALLEGATO 3**

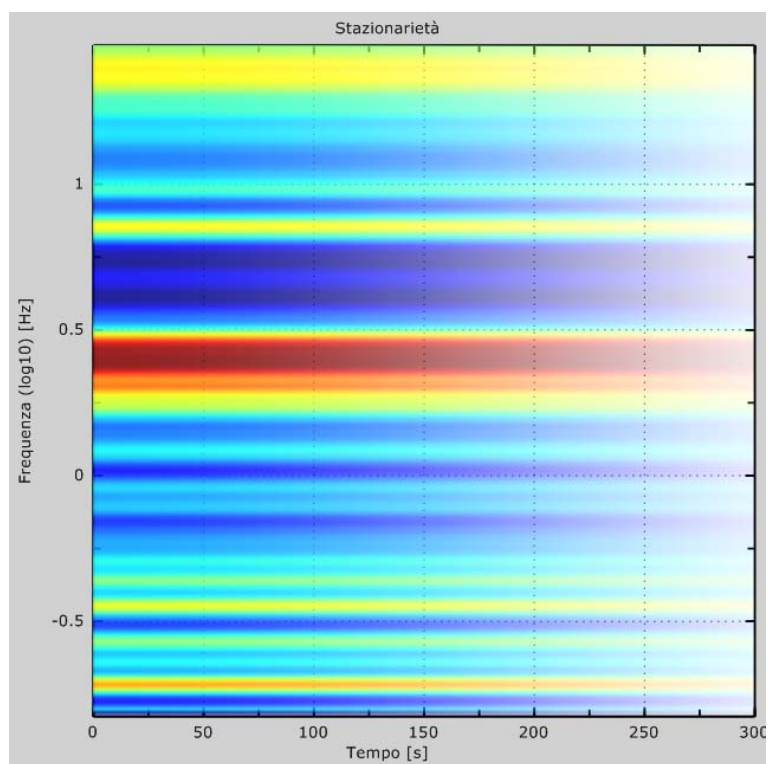
### **PROSPEZIONE SISMICA (HVSR)**



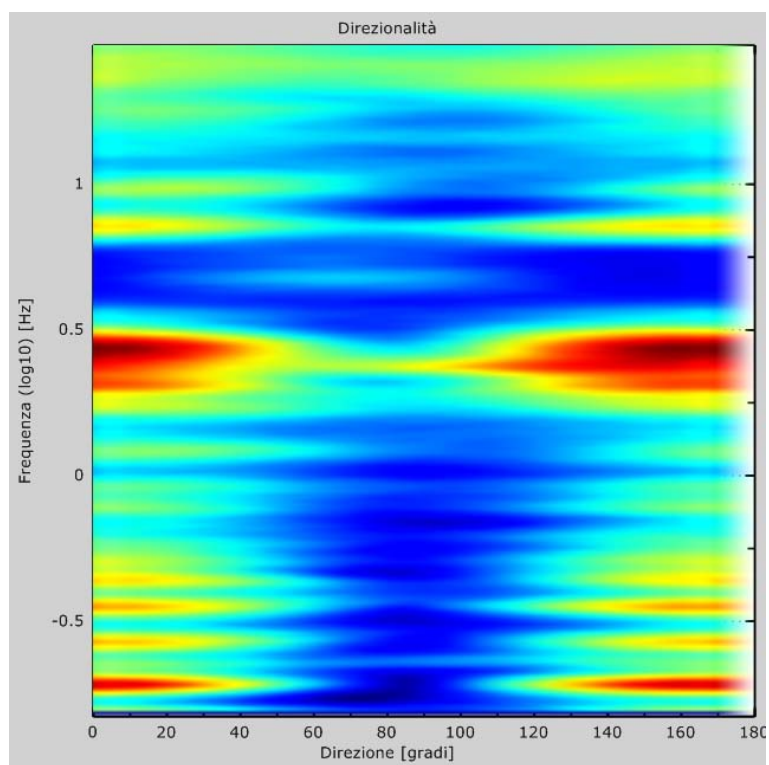
**2 pagine**

**Committenza:**

**Società MTA S.p.A.**

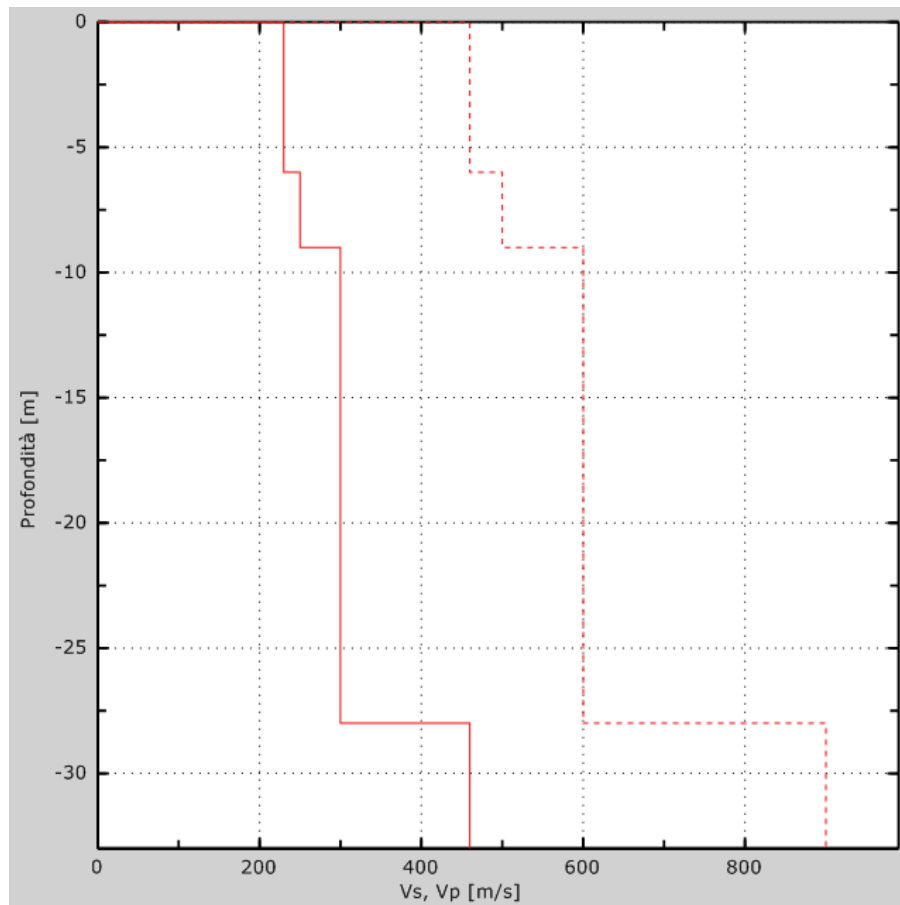


Stazionarietà



Direzionalità





Profili di velocità Vs e Vp

La velocità equivalente delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri risulta, pari a circa **285 m/s**, quindi in base all'attuale normativa il sito d'interesse presenta un suolo di fondazione di tipo **"C"**;

La Frequenza di risonanza caratteristica dell'area è risultata pari a **2.62 Hz.  $\pm 0.1$**

*Provincia di Lodi**Comune di Fombio*

## ALLEGATO 4

### **UBICAZIONE E STRATIGRAFIE POZZI**

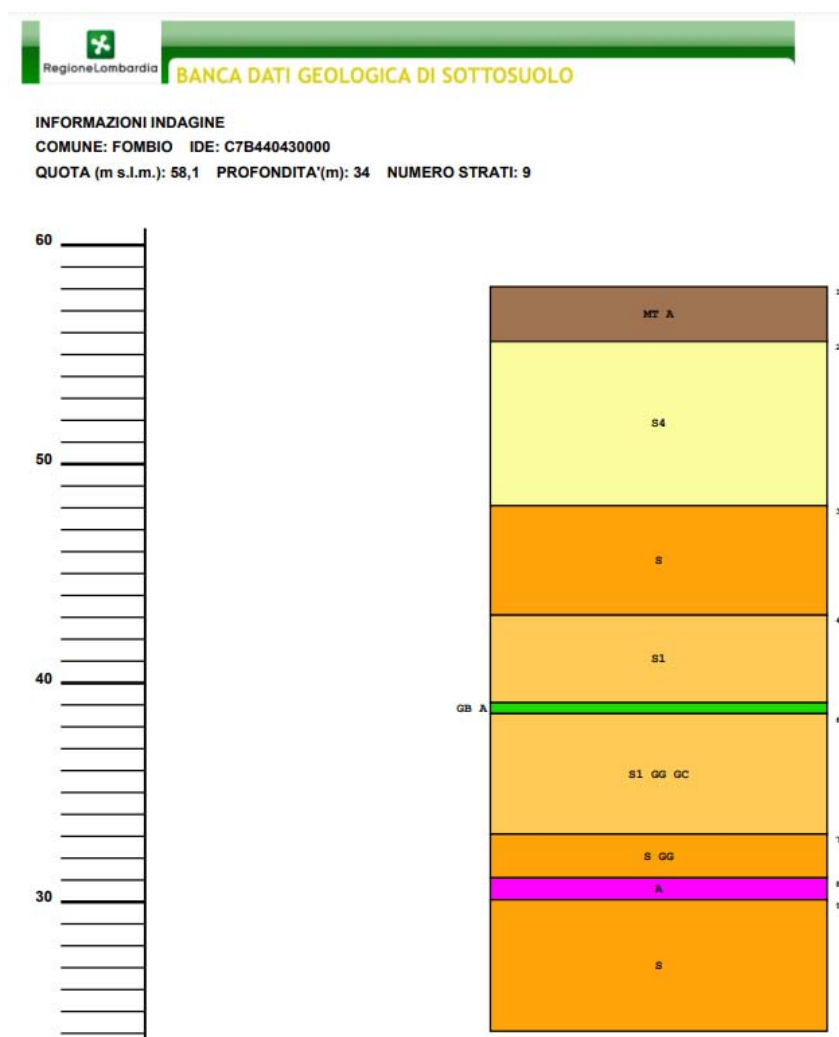
**2 pagine****Committenza:****Società MTA S.p.A.**

**INFORMAZIONI INDAGINE**

COMUNE: FOMBIO IDE: C7B440430000

QUOTA (m s.l.m.): 58,1 PROFONDITA'(m): 34 NUMERO STRATI: 9

Strato	Da	A	Spessore	descrizione	sigla
1	0	2,5	2,5	Terra argillosa	MT A
2	2,5	10	7,5	Sabbia fine	S4
3	10	15	5	Sabbia acquifera chiara	S
4	15	19	4	Sabbia acquifera granosa	S1
5	19	19,5	0,5	Trovanti argilla	GB A
6	19,5	25	5,5	Sabbia acquifera grigia granosa con poco ghiaietto e qualche ciottolo	S1 GG GC
7	25	27	2	Sabbia acquifera grigia scura con poco ghiaietto	S GG
8	27	28	1	Lenti di argilla	A
9	28	34	6	Sabbia acquifera scura	S





*Provincia di Lodi*

*Comune di Fombio*

## ALLEGATO 5





### **CERTIFICATO SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO**



**1 pagina**

**Committenza:**

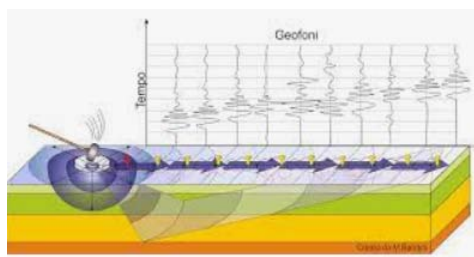
**Società MTA S.p.A.**

Scala (m)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio	Campioni	Falda	
				0 20 40 60 80 100			
		Soletta in c.a.	0.20		C		
1		Ghiaia sabbiosa			C	0.70	
			1.30		C	1.20	
		Ghiaia sabbioso-limosa di colore marrone	1.70		C		
2		Sabbia limosa con presenza di fustoli vegetali			C		
3					C		
4					C	4.30	
5			5.50		C	4.80	
6							
7							
8							
9							

*Provincia di Lodi**Comune di Fombio*

## ALLEGATO 6

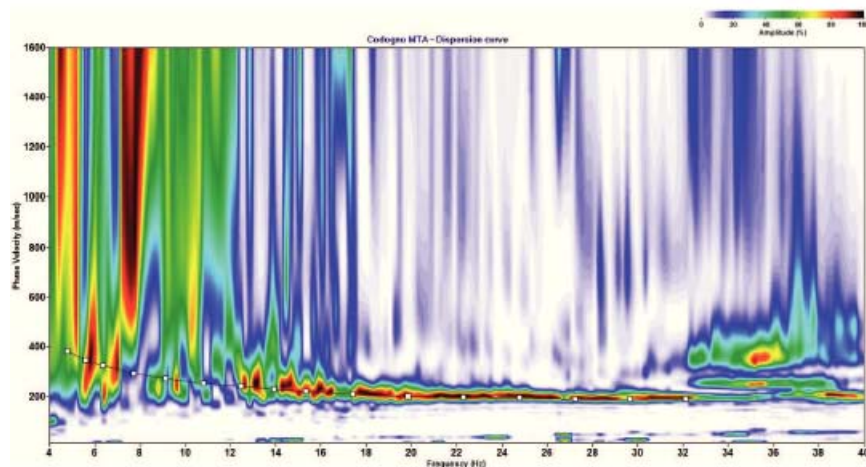
### STENDIMENTO SISMICO (MASW)

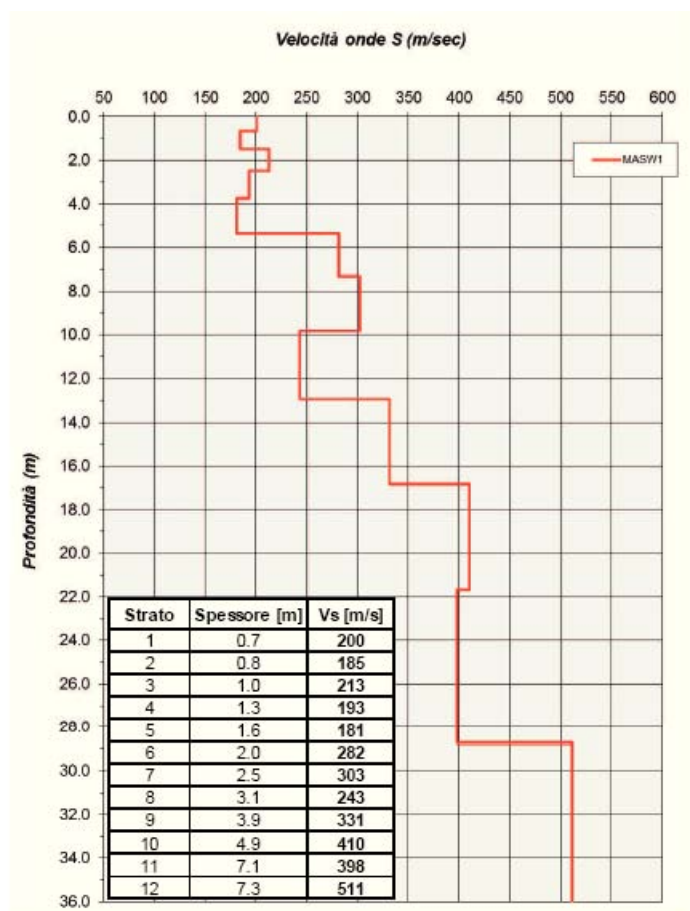
**2 pagine****Committenza:****Società MTA S.p.A.**

**Indagine MASW**

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

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

***CURVA DI DISPERSIONE E PICKING***



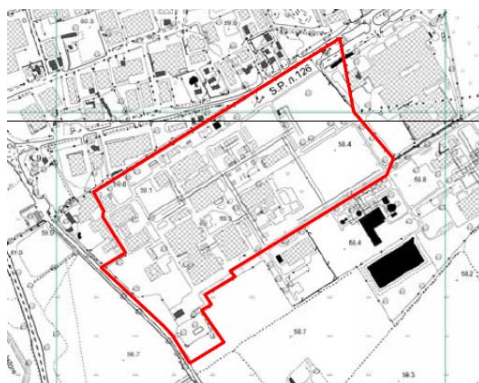


*Provincia di Lodi*

*Comune di Fombio*

# ALLEGATO 7

## CERTIFICAZIONE DI BONIFICA



**5 pagine**

**Committenza:**

**Società MTA S.p.A.**



## **Dipartimento Tutela Ambientale**

---

U.O. Rifiuti Attività estrattive ed A.I.A

Determinazione n° REGDE / 734 / 2014

Lodi 02-07-2014

(Tutela Ambientale - 122 - 2014)

**OGGETTO: AKZO NOBEL COATINGS S.P.A., CON SEDE LEGALE IN TREZZANO SUL NAVIGLIO (MI), VIA GOLDONI 38/40. CERTIFICAZIONE, AI SENSI DELL'ART. 248, C. 2, DEL D.LGS. 152/06, DEL COMPLETAMENTO E DELLA CONFORMITÀ AL PROGETTO APPROVATO DEGLI INTERVENTI DI BONIFICA (SUOLO E FALDA) DEL SITO PRODUTTIVO DISMESSO UBICATO IN FOMBIO (LO), VIA EMILIA 2. LOTTI DENOMINATI "AREA 3", "AREA 8", "AREA 9", "AREA 20", "AREA POZZO P7" E "AREA RETE FOGNARIA" (FOGLIO 2, PARTICELLE 1, 209, 213, 214 E 215).**

### **IL DIRIGENTE DEL DIPARTIMENTO II**

visti:

- l'art. 248, c. 2, del D.Lgs. 152/06, che prevede che il completamento degli interventi di bonifica, messa in sicurezza permanente e messa in sicurezza operativa dei siti contaminati, nonché la conformità degli stessi al progetto approvato, siano accertati dalla Provincia mediante apposita certificazione, sulla base di una relazione tecnica predisposta dall'ARPA territorialmente competente;
- la D.G.R. 23/05/12, n° 3509, con cui la Regione Lombardia ha disciplinato il procedimento per il rilascio della certificazione ai sensi dell'art. 248, c. 2, del D.Lgs. 152/06 da parte delle Province;

premesso che:

- nell'ambito di accertamenti effettuati nell'anno 1998 per la certificazione ambientale del proprio stabilimento per la produzione di vernici e resine sito in Fombio (LO), Via Emilia 2, la Soc. Akzo Nobel Coatings S.p.A., attualmente con sede legale in Trezzano sul Naviglio (MI), Via Goldoni 38/40, ha rilevato la presenza di rifiuti interrati e di sostanze inquinanti (principalmente composti organici aromatici, in subordine alifatici clorurati e metalli), sia nei terreni che nelle acque sotterranee, in concentrazioni superiori a quelle massime previste dalla D.G.R. 17252/96 e dal D.P.R. 236/88, assunte come valori di riferimento in vigore dell'art. 17 del D.Lgs. 22/97 ma non essendo ancora stato emanato il relativo regolamento tecnico attuativo;
- sulla base del parere tecnico redatto congiuntamente da personale di Comune di Fombio, ASL della Provincia di Lodi, PMIP di Lodi, Provincia di Lodi e Regione Lombardia in data 16/09/98 (rif. nota dell'ASL della Provincia di Lodi prot. n° 4949/98), con provvedimento prot. n° 3732 del 01/10/98 il Sindaco del Comune di Fombio ha approvato il progetto di bonifica e messa in sicurezza del sito, presentato da Akzo Nobel Coatings S.p.A. con nota del 15/06/98 ed integrato con nota del 08/07/98 (prot. Provincia di Lodi n° 13240/98 e n° 14953/98), autorizzando gli interventi e le indagini integrative da esso previste;
- il progetto di cui sopra, modificato sulla base degli esiti delle indagini integrative e del test pilota eseguiti ante operam (si veda la nota di Akzo Nobel Coatings S.p.A. del 02/03/99, integrata con nota del 18/10/99 - prot. Provincia di Lodi n° 5096/99 e n° 21961/99), prevedeva interventi in n. 8 distinti lotti/settori del sito, come sinteticamente di seguito riportato:

- § "Area 3" (bonifica mediante scavo e smaltimento del terreno contaminato);
- § "Area 8" (bonifica mediante Soil Vapor Extraction - SVE);
- § "Area 9" (bonifica mediante SVE ed Air Sparging - AS);
- § "Area 18" (messa in sicurezza mediante ripristino della pavimentazione in asfalto);
- § "Area 20" (bonifica mediante SVE e AS e contenimento della contaminazione delle acque sotterranee tramite barriera idraulica, con scarico delle acque emunte in fognatura);
- § "Area pozzo P7" (bonifica mediante emungimento delle acque sotterranee e scarico delle stesse in fognatura);
- § "Aree rete fognaria" (bonifica mediante SVE);
- § "Area a prato lato est" (bonifica mediante scavo e smaltimento dei rifiuti interrati e successivo trattamento mediante SVE);
- il completamento e la conformità al progetto approvato degli interventi di bonifica nel settore denominato "Area a prato lato est" sono già stati certificati dalla scrivente Amministrazione con Determinazione Dirigenziale n° REGTA/80/2007 del 05/02/07, ed esulano pertanto dal presente provvedimento;
- gli interventi di messa in sicurezza eseguiti nel settore denominato "Area 18" non sono oggetto dell'istanza di certificazione, ed esulano pertanto dal presente provvedimento;
- in sede di definizione del protocollo di collaudo degli interventi oggetto del presente provvedimento, approvato dal Comune di Fombio con Determinazione n° 59 del 14/07/11 del Responsabile dell'Area Tecnica, sono state assunte quali obiettivi di bonifica le concentrazioni limite accettabili (CLA) di cui al D.M. 471/99 o, per i parametri privi di una CLA, i valori limite suggeriti dall'Istituto Superiore di Sanità;
- con nota del 25/11/13 (prot. Provincia di Lodi n° 35172/13) la Soc. Akzo Nobel Coatings S.p.A. ha chiesto il rilascio della certificazione del completamento e della conformità al progetto approvato degli interventi di bonifica eseguiti nei settori "Area 3", "Area 8", "Area 9", "Area 20", "Area pozzo P7" e "Area rete fognaria";

preso atto che:

- il sito in oggetto, così come perimetrato nel progetto di bonifica e messa in sicurezza approvato, ricade nelle Sezioni "C7b4" e "C7b5" della CTR 1:10.000 della Regione Lombardia (di cui si riporta uno stralcio in Allegato A al presente provvedimento) e ricomprende le aree attualmente individuate catastalmente al Foglio 2 - Particelle 1, 203, 204, 207, 208, 209, 212, 213, 214, 215, 216, 217 e Foglio 3 - Particelle 160, 161, 190, 191, 195, 220, 221, 223, 237, 238 del Comune di Fombio; parte di tali aree è stata ceduta da Akzo Nobel Coatings S.p.A. a terzi;
- le aree direttamente interessate dagli interventi di bonifica oggetto del presente provvedimento, evidenziate nell'estratto di mappa catastale in Allegato B, ricadono nel Foglio 2 - Particella 1 (proprietà Akzo Nobel Coatings S.p.A.), ad eccezione del settore "Area 9" che ricade nel Foglio 2 - Particella 209 (proprietà Chemval S.r.l. in Liquidazione – Curatore fallimentare: Dott.ssa Lucrezia Martinelli, con sede in Lodi, Via Villani 2) e del settore "Area 20" che ricade nel Foglio 2 - Particelle 213 (proprietà Akzo Nobel Coatings S.p.A.) e 214-215 (proprietà Vallicella S.p.A., con sede in Milano, Viale Tunisia 43); ai sensi del vigente PGT comunale, tali aree hanno una destinazione d'uso "*Tessuto urbano consolidato: funzione produttiva*";
- il sito è interessato da un altro procedimento ai sensi della Parte Quarta – Titolo V del D.Lgs. 152/06, tuttora in corso, che esula dai contenuti e dalle finalità del presente atto e riguarda alcune aree (denominate "Area Arsenico", "Area W8" e "Area 39"), parzialmente sovrapposte a quelle in oggetto denominate "Area 9", "Area pozzo P7" e "Area rete fognaria", in cui la contaminazione è stata individuata successivamente;
- in tutto il sito, compresi i settori oggetto del presente provvedimento, è stata accertata una diffusa contaminazione delle acque sotterranee da alifatici clorurati che, sulla base delle numerose indagini eseguite, non è stato possibile riferire a sorgenti interne e su cui verranno effettuati ulteriori approfondimenti nell'ambito dei programmi d'intervento per la definizione dei plumes di contaminazione di cui alla D.G.R. 3510/12 e s.m.i.;

visti, in particolare:

- la relazione di fine lavori trasmessa da Tauw Italia S.r.l., per conto di Akzo Nobel Coatings S.p.A., con nota del 10/04/13 (prot. Provincia di Lodi n° 11404/13), integrata con nota del 17/10/13 (prot. Provincia di Lodi n° 31215/13);
- le note di Akzo Nobel Coatings S.p.A. del 10/01/14, 17/03/14 e 17/06/14 (prot. Provincia di Lodi n° 839 del 13/01/14, n° 8268 del 17/03/14 e n° 18567-18568 del 18/06/14), con cui è stata regolarizzata l'istanza di certificazione e sono state trasmesse integrazioni alla relazione di fine lavori;
- la relazione tecnica, ai sensi dell'art. 248, c. 2, del D.Lgs. 152/06, trasmessa da ARPA Lombardia con nota prot. n° 145720 del 04/11/13, che ha attestato il raggiungimento degli obiettivi di bonifica sia nei terreni che nelle acque sotterranee;

vista la relazione di istruttoria redatta dall'ufficio competente in data 20/06/14, in atti al n° 19328/14, che, alla luce di quanto segnalato da ARPA Lombardia, evidenzia la sostanziale conformità degli interventi di bonifica eseguiti al progetto approvato dal Comune di Fombio, così come modificato sulla base degli esiti delle indagini integrative e del test pilota eseguiti ante operam ed in relazione ai nuovi obiettivi approvati in sede di collaudo, segnalando in particolare la necessità/opportunità di:

- mantenere tutti i piezometri presenti nel sito, in funzione del procedimento ancora in corso ai sensi della Parte Quarta – Titolo V del D.Lgs. 152/06 e dei monitoraggi da eseguire a cura degli Enti sugli alifatici clorurati di provenienza esterna, fermo restando che, qualora si rendesse necessaria la chiusura di piezometri in relazione all'assetto futuro delle aree, le modalità operative dovranno essere concordate con gli Enti di controllo;
- procedere alla chiusura di tutti i pozzetti di aspirazione e iniezione (SVE/AS) presenti nelle aree bonificate, previa rimozione di tutte le parti degli stessi interrati e fuori terra tecnicamente asportabili, con le modalità già definite in sede di approvazione del protocollo dei collaudi (Determinazione n° 59/11) e dando comunicazione agli Enti di controllo, con congruo anticipo, del programma e dei dettagli operativi delle attività;
- prevedere, come principio generale e per analogia con quanto previsto per il settore "Area a prato lato est", il ripristino e la messa in sicurezza delle aree preferibilmente mediante ritombamento degli scavi/depressioni con idonei materiali di qualità e provenienza certificate e, comunque, garantendo la sicurezza delle persone e la rimozione di tutti i materiali (teste pozzo, tubazioni fuori terra, opere edili deteriorate e/o inutilizzabili, ecc.) che si configurerebbero come rifiuti ai sensi del D.Lgs. 152/06, dando comunicazione con congruo anticipo agli Enti di controllo del programma e dei dettagli operativi dei lavori;
- segnalare che i collaudi hanno verificato il raggiungimento degli obiettivi progettuali, ma che le concentrazioni residue di alcuni inquinanti nei terreni (Idrocarburi pesanti C>12 in "Area 3", "Area 8" e "Area 20", ed eventualmente 1,3,5-Trimetilbenzene in "Area 3") potrebbero risultare incompatibili con diversi utilizzi delle aree e condizionare il riutilizzo di eventuali terre da scavo che dovessero essere prodotte in futuro nelle stesse, in quanto superiori alle CLA fissate dal D.M. 471/99 (o suggerite dall'Istituto Superiore di Sanità) per siti ad uso verde/residenziale;
- analogamente a quanto avvenuto in altro sito nelle vicinanze per la stessa problematica, demandare all'ASL le valutazioni di competenza in merito ai potenziali rischi sanitari per i lavoratori, in riferimento alla presenza nelle acque sotterranee di alifatici clorurati di provenienza esterna;

ritenuto, per quanto sopra riportato, di poter rilasciare la certificazione ai sensi dell'art. 248, c. 2, del D.Lgs. 152/06, con le prescrizioni di seguito riportate;

richiamato il Decreto del Commissario Straordinario della Provincia di Lodi n° 98 del 18/12/13, con il quale si attribuisce al sottoscritto la funzione di dirigente del Dipartimento II – Tutela Ambientale;

attestata sul presente provvedimento, ai sensi dell'art. 147 bis del D.Lgs. 267/00, la regolarità e la correttezza amministrativa;

dato atto che il presente provvedimento non comporta alcun impegno di spesa da parte

dell'Amministrazione Provinciale;

## CERTIFICA

per quanto riportato in premessa, ai sensi dell'art. 248, c. 2, del D.Lgs. 152/06, che gli interventi di bonifica dei terreni e delle acque sotterranee eseguiti da Akzo Nobel Coatings S.p.A. all'interno del sito ubicato in Fombio (LO), Via Emilia 2, nei lotti denominati "Area 3", "Area 8", "Area 9", "Area 20", "Area pozzo P7" e "Area rete fognaria", censiti catastalmente al Foglio 2, Particelle 1, 209, 213, 214 e 215 del Comune di Fombio (si vedano lo stralcio della CTR 1:10.000 della Regione Lombardia in Allegato A e l'estratto di mappa catastale in Allegato B), sono stati completati in sostanziale conformità a quanto previsto dal progetto approvato dal Sindaco del Comune di Fombio con provvedimento prot. n° 3732 del 01/10/98, così come modificato sulla base degli esiti delle indagini integrative e del test pilota eseguiti ante operam (nota di Akzo Nobel Coatings S.p.A. del 02/03/99, integrata con nota del 18/10/99 - prot. Provincia di Lodi n° 5096/99 e n° 21961/99) ed in relazione ai nuovi obiettivi approvati dal Comune di Fombio in sede di collaudo con Determinazione del Responsabile dell'Area Tecnica n° 59 del 14/07/11;

## PRESCRIVE

- 1) il mantenimento di tutti i piezometri presenti nel sito, fermo restando che, qualora se ne rendesse necessaria la chiusura in relazione all'assetto futuro delle aree, le modalità operative dovranno essere concordate con gli Enti di controllo;
- 2) la chiusura di tutti i pozzetti di aspirazione e iniezione (SVE/AS) presenti nelle aree bonificate, previa rimozione di tutte le parti degli stessi interrate e fuori terra tecnicamente asportabili, con le modalità già definite in sede di approvazione del protocollo dei collaudi (Determinazione n° 59/11) e dando comunicazione agli Enti di controllo, con congruo anticipo, del programma e dei dettagli operativi delle attività;
- 3) il ripristino e la messa in sicurezza delle aree preferibilmente mediante ritombamento degli scavi/depressioni con idonei materiali di qualità e provenienza certificate e, comunque, garantendo la sicurezza delle persone e la rimozione di tutti i materiali (teste pozzo, tubazioni fuori terra, opere edili deteriorate e/o inutilizzabili, ecc.) che si configurerebbero come rifiuti ai sensi del D.Lgs. 152/06, dando comunicazione con congruo anticipo agli Enti di controllo del programma e dei dettagli operativi dei lavori;
- 4) l'attivazione delle procedure di cui alla Parte Quarta – Titolo V del D.Lgs. 152/06 nel caso in cui un eventuale mutamento di utilizzo dell'area, in conformità allo strumento urbanistico comunale, comportasse l'adozione di concentrazioni soglia di contaminazione più restrittive degli obiettivi di bonifica approvati, tenendo comunque conto delle concentrazioni residue degli inquinanti riscontrate in sede di collaudo (Idrocarburi pesanti C>12 in "Area 3", "Area 8" e "Area 20", ed eventualmente 1,3,5-Trimetilbenzene in "Area 3") nella gestione di eventuali terre da scavo che dovessero essere prodotte;

## DETERMINA

- di precisare che il presente provvedimento non riguarda i settori denominati "Area a prato lato est" (già certificato dalla Provincia di Lodi con Determinazione Dirigenziale n° REGTA/80/2007 del 05/02/07) e "Area 18" (non oggetto dell'istanza di certificazione presentata da Akzo Nobel Coatings S.p.A.);
- di demandare all'ASL le valutazioni di competenza in merito ai potenziali rischi sanitari per i lavoratori, in riferimento alla presenza nelle acque sotterranee di alifatici clorurati di origine esterna al sito ancora ignota;
- di notificare il presente provvedimento ad Akzo Nobel Coatings S.p.A., Regione Lombardia, Comune di Fombio, ARPA Lombardia, ASL Lodi, Chemval S.r.l. in Liquidazione, Vallicella S.p.A.;
- di disporre la pubblicazione sull'Albo Informatico degli Allegati A e B sopra citati.



Contro il presente provvedimento può essere presentato ricorso giurisdizionale al T.A.R. entro 60 giorni dalla data della sua notifica, ovvero ricorso straordinario al Presidente della Repubblica entro 120 giorni dalla stessa data.

IL DIRIGENTE: Marco Vignati

*Documento informatico sottoscritto con firma digitale (art.24 del D.Lgs. 07/03/2005, n.82)*