

		5
		4
		3
		2
		1
aggiornamenti	data	agg

COMUNE DI OZZERO (MI)
P.za Vittorio Veneto

PROGETTO DEFINITIVO ED ESECUTIVO



LAVORI DI ADEGUAMENTO E MESSA IN SICUREZZA DI STRADE E PATRIMONIO COMUNALE
CON REALIZZAZIONE DI PERCORSO DI COLLEGAMENTO CICLO-PEDONALE VIA PAVESE/PIAZZA DEL
POPOLO; PERCORSO PEDONALE E MANUTENZIONE STRAORDINARIA VIA 1° MAGGIO;
MANUTENZIONE STRAORDINARIA MEDIANTE CONSOLIDAMENTO E RESTAURO COLONNE/PILASTRI
ACCESSO PIAZZA DEL POPOLO

DEA

01a

STUDIO GEOLOGICO – GEOTECNICO

Data
07.09.2020

agg.

progettista architettonico
dott. arch. Paola Pleba

geologo
dott. geol. Maria Cristina Pleba

collaboratore
dott. Giulia Elisa Negri

dis.

rev.

progettista strutture
dott. ing. Pietro Paolo Mutti

coord. Sicurezza
geom. Alberto Timo

dis.

rev.

 **PLEBA & PLEBA**
architettura urbanistica geologia

15045 SALE - VIA MENTANA n. 10 tel. 0131.828418 fax 0131 846735
E-mail plebaepleba@fastwebnet.it

PREMESSA

Nel Comune di Ozzero sono previsti lavori di adeguamento e messa in sicurezza di strade e del patrimonio comunale mediante la realizzazione di un percorso di collegamento ciclo-pedonale Via pavese/Piazza del Popolo, di un percorso pedonale, la manutenzione straordinaria Via 1° Maggio e la manutenzione straordinaria mediante consolidamento e restauro delle colonne/pilastrini accesso Piazza del Popolo, questi ultimi oggetto del presente studio.

La relazione è stata redatta al fine di illustrare le osservazioni e valutazioni geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, idrografico-idrauliche e geotecniche effettuate in località Piazza del Popolo al fine di definire le opere necessarie al consolidamento e al successivo restauro dei pilastrini esistenti.

A tal fine, è stato effettuato uno studio geologico-geotecnico nel rispetto della normativa vigente: D.M. 11/03/88 n. 47, Circolare LL.PP. 24/09/88 n. 30483, O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003, Decreto n. 3685 del 21/10/2003, D.d.u.o. n. 19904 del 21/11/2003, O.P.C.M. n. 3519 del 28/04/2006, D.G.R. Lombardia n. X/2129 dell'11/07/2014, L.R. Lombardia n. 33 del 2015, D.G.R. n. 5001 del 30/03/2016, Nuove Norme Tecniche per le costruzioni D.M. 17/01/2018 e Circolare C.S.P.P. 21/01/2019 n. 7.

Allo scopo di individuare le caratteristiche del sito e di valutare i fattori che possono influire sul comportamento delle fondazioni, è stato elaborato uno studio secondo precise fasi d'indagine:

- caratterizzazione geologica e geomorfologica dell'area oggetto di studio;
- inquadramento idrografico ed idrogeologico;
- esecuzione di una prova penetrometrica dinamica in sito, interpretazione dei dati rilevati in campagna e stima delle caratteristiche meccaniche del terreno di fondazione;
- elaborazione dell'ipotesi di calcolo della resistenza del terreno oggetto di fondazione;
- individuazione di eventuali suggerimenti tecnici e delle modalità d'intervento più idonee, al fine di garantire la stabilità e la sicurezza dei manufatti in progetto.

-

1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Piazza del Popolo è ubicata nell'abitato del Comune di Ozzero e risulta cartografata alla Sezione A6e5 "Morimondo" della C.T.R. Lombardia in scala 1:10.000 (Figg. 1 e 2)

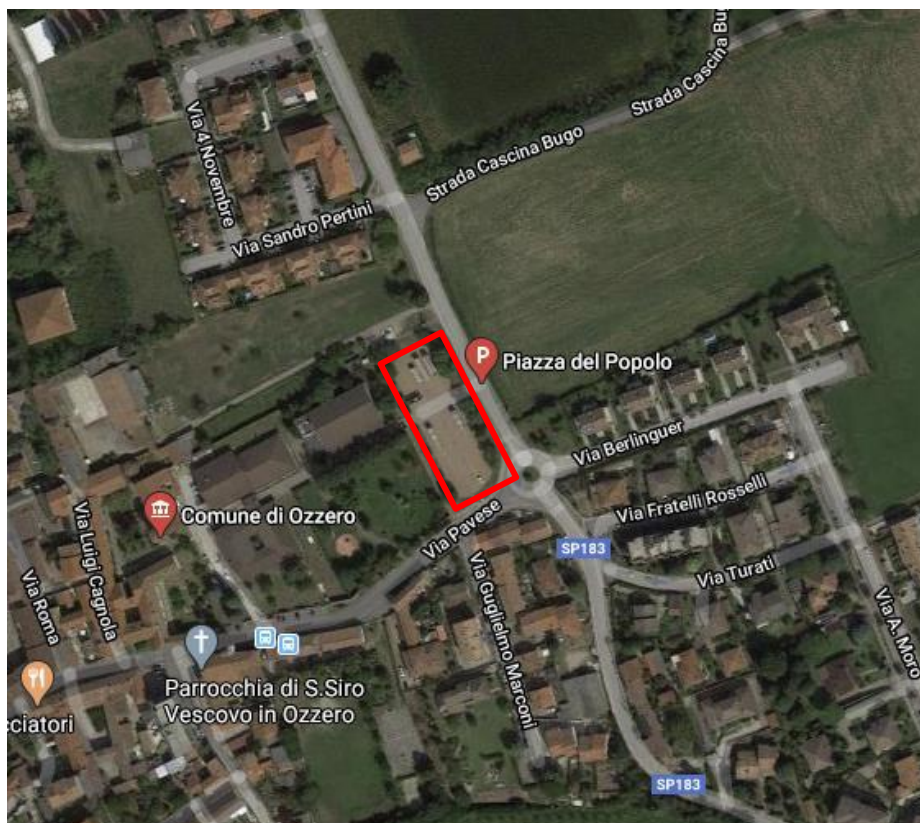


FIGURA 1 – Vista aerea della Piazza del Popolo.

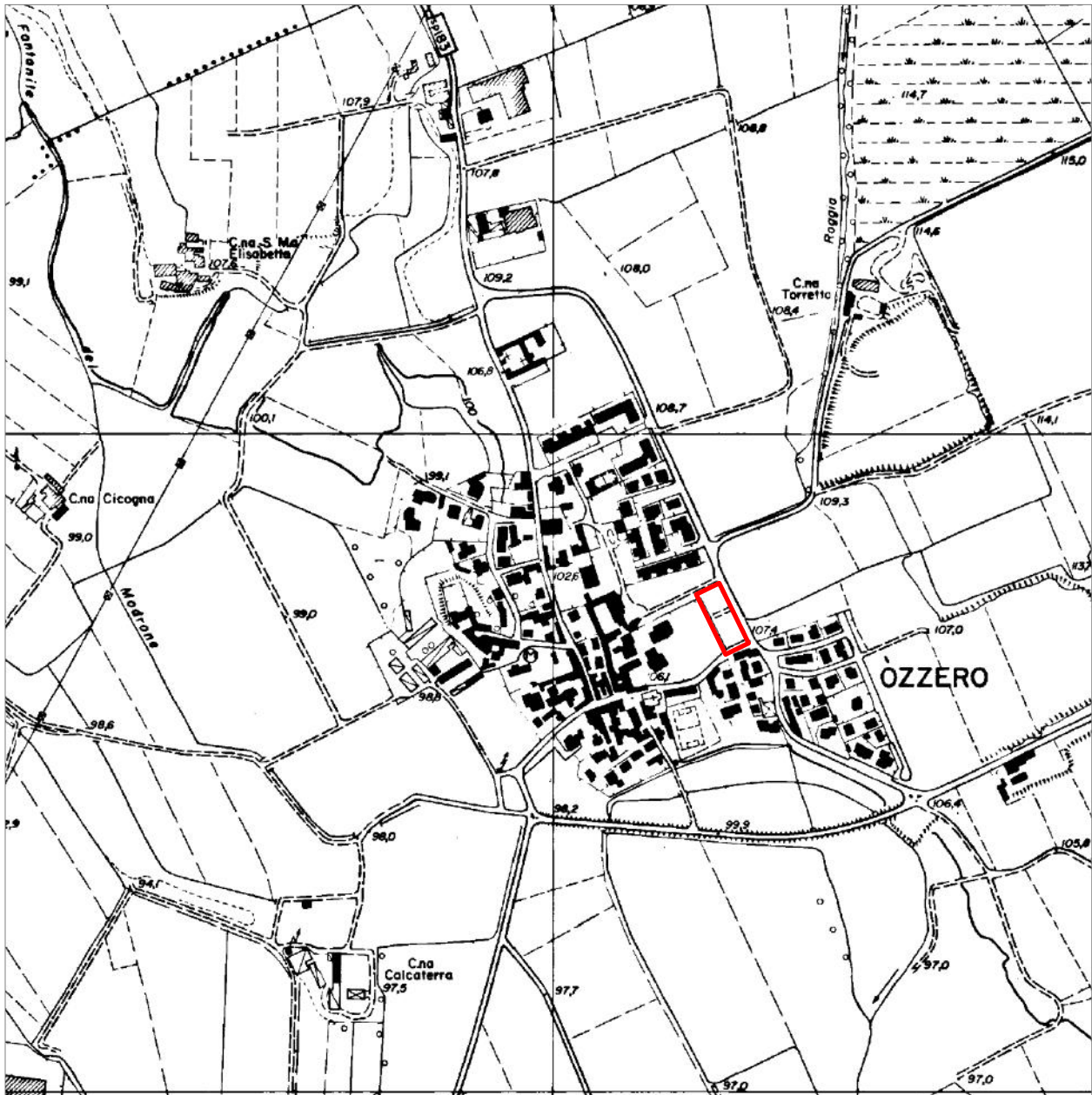


FIGURA 2 – Estratto della Carta Tecnica Regione Lombardia e localizzazione Piazza del Popolo.

Il territorio comunale di Ozzero è inserito nella porzione di pianura compresa tra la fascia dei fontanili a nord ed il Fiume Po, caratterizzata da un limite settentrionale che presenta una variazione litologica dai settori a nord più ghiaiosi ad aree meridionali con litotipi più fini.

L'elemento morfologico più evidente nell'area di studio è la scarpata del Fiume Ticino (ad ovest del sito) che suddivide il territorio comunale in una porzione altimetricamente più elevata (depositi fluvioglaciali e fluviali incoerenti pleistocenici - Würm), da quella più bassa (depositi fluviali attuali del fiume Ticino - Alluvium attuale - Olocene), separate da una scarpata di altezza variabile tra 8 m e 10 m.

Il sito è impostato sul terrazzo indicato in letteratura con la sigla Fg^w come evidenziato dalla Carta Geologica d'Italia Foglio 44 "Novara" (Fig. 3) ed è caratterizzato da alluvioni fluvioglaciali e fluviali ciottolose, sabbiose, limose, non alterate, limitate al fondo dai solchi vallivi secondari e non ricollegabili agli apparati morenici del Fluviale Würm; al piede del terrazzo si trovano alluvioni fluvioglaciali ghiaiose-ciottolose (Terrazzi superiori del Ticino) e fluviali prevalentemente sabbioso-limose (a valle del limite settentrionale dei fontanili), con debole strato di alterazione brunastro (paleosuolo würmiano), di spessore non superiore al metro.

2. CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE ED IDRAULICHE

Nella Fig. 6 sono riportati l'estratto della legenda e del Foglio 138 Sez. I – Vigevano – Ticino 05 Terdoppio 01 in scala 1:25.000 del Piano per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), con evidenziato il sito d'interesse.

Nelle Fig. 7 e 8, estratte rispettivamente dalla "Carta di dettaglio delle opere afferenti al reticolo idrico minore e individuazione delle fasce di rispetto" allegata allo studio per la "Determinazione del reticolo Idrico Minore" ai sensi dell'art. 3 comma 114 della L.R. 1/2000, della D.G.R. n. 7/7868/2002 e D.G.R. 7/13950/2003 e dalla Tavola DP B 7.2B "Reticolo Idrografico Principale", sono cartografati i canali minori che interessano l'ambito di studio; in particolare, lungo il lato est della Piazza si evidenzia la presenza del canale di scorrimento della Roggia Cagnola il cui attraversamento principale avviene in prossimità dei pilastri oggetto di consolidamento e restauro (Fig. 5).



FIGURA 5 – Roggia Cagnola e particolare dell'attraversamento di accesso alla piazza delimitato dai pilastri oggetto di manutenzione.

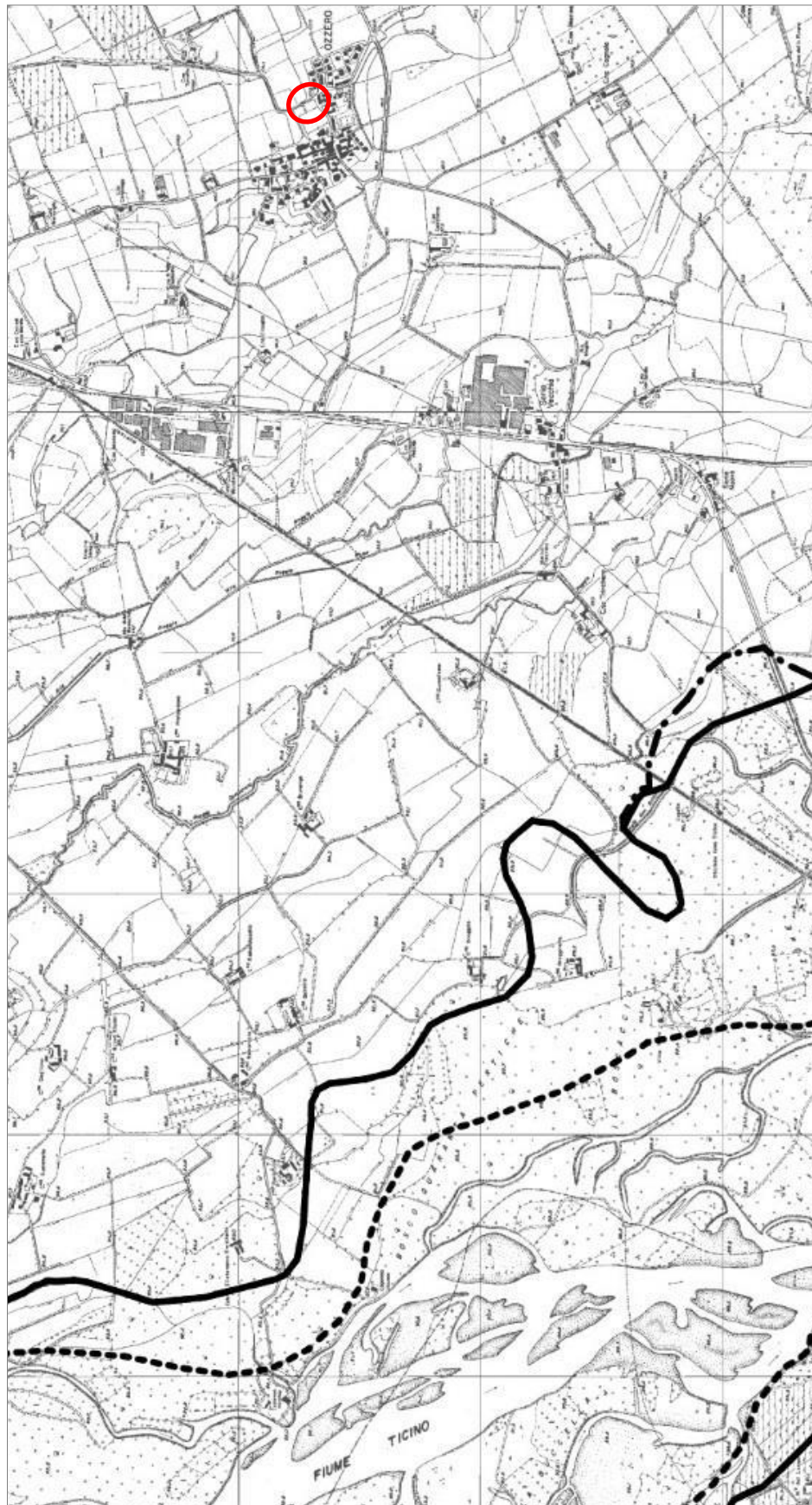


FIGURA 6 - Estratto dal Foglio 138 Sez. I – Vigevano – Ticino 05 Terdoppio 01 del P.A.I. e localizzazione Piazza del Popolo.

DELIMITAZIONE DELLE FASCE FLUVIALI RELATIVE AL "PROGETTO DI PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO" (PAI)

■ | ■ | ■ | ■ Limite della fascia di inondazione per piena catastrofica: tempo di ritorno 200/500 anni (fascia C)

RETIKOLO IDRICO PRINCIPALE Normativa di riferimento R.D. 523/1904



Reticolo principale come individuato dall'allegato "A" della Delibera G.R. n. 7/7868 del 25/01/2002 e s.m. Naviglio Bereguardo e relative fasce di rispetto di m. 10

RETIKOLO IDRICO MINORE DI COMPETENZA COMUNALE Normativa di riferimento R.D. 523/1904



Roggia Gambarera, Roggia Gambarina, Roggia Rile e relative fasce di rispetto di m.10

CORSI D'ACQUA DI COMPETENZA CONSORZI DI BONIFICA (Consorzio Est Ticino -V Illoresl) Normativa di riferimento R.D. 368/1904



CORSI D'ACQUA GESTITI DA PRIVATI Normativa di riferimento codice civile



Limite fascia di rispetto fluviale
(150m ex D.Lgs.42/2004)

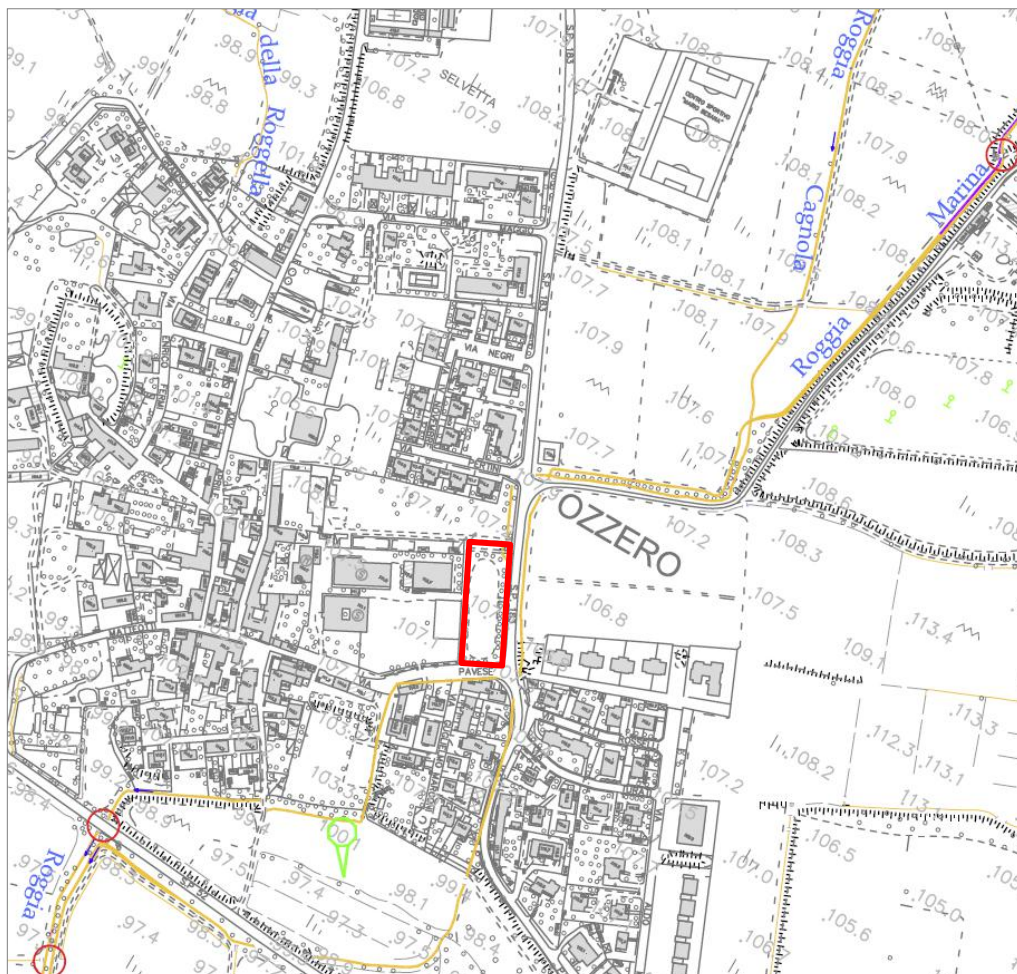


FIGURA 7 – “Carta di dettaglio delle opere afferenti al reticolo idrico minore e individuazione delle fasce di rispetto” e sito di studio.

Si riportano inoltre, la legenda e l'estratto della Tavola DP B 7.2B "Reticolo Idrografico Principale" con l'ubicazione dei pozzi in oggetto (Fig. 8).

Il sito d'interesse ricade nella fascia di rispetto del pozzo dell'acquedotto denominato 0151650003 ai sensi del DPR 236/88, DGR 6/15137 del 1996 e D.Lgs. 152/99.

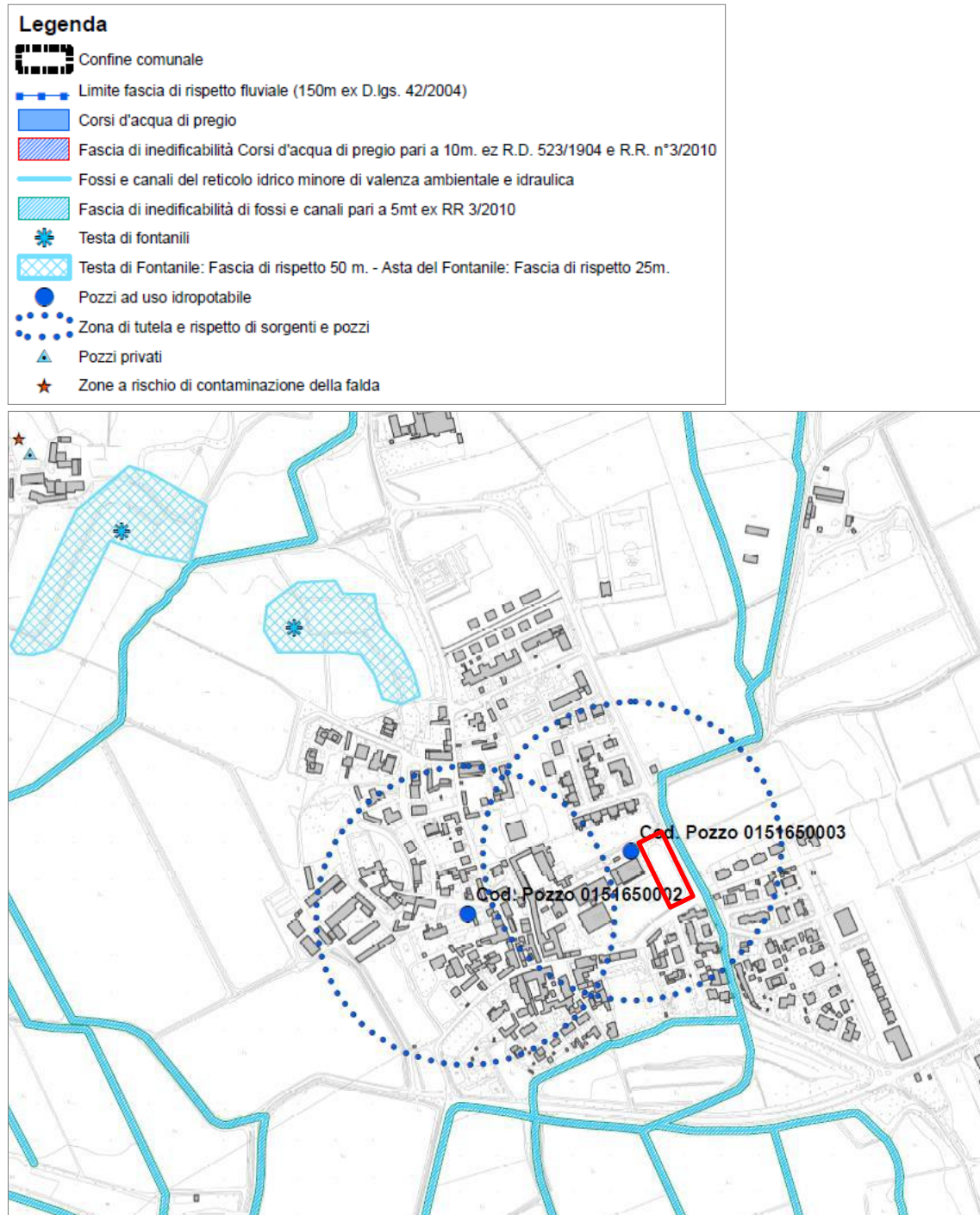


FIGURA 8 – Legenda ed estratto della Tavola DP B 7.2B "Reticolo Idrografico Principale" e localizzazione Piazza del Popolo.

3. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

La presenza di corsi d'acqua caratterizzati da notevoli portate e le condizioni di permeabilità della maggior parte dei depositi alluvionali quaternari, spiegano la ricchezza di falde profonde della pianura würmiana ed olocenica.

La linea settentrionale dei fontanili individua un cambiamento di facies dal punto di vista idrologico e determina una risalita della falda freatica verso la superficie.

Il territorio in esame è caratterizzato da una falda freatica di norma prossima alla superficie topografica e con buone caratteristiche di continuità sia su base stagionale sia annua che ha rappresentato storicamente una facile fonte di approvvigionamento.

Il sottosuolo dell'area posta tra il limite delle risorgive ed il Po, all'interno del solco vallivo del fiume Ticino, risulta costituito essenzialmente da sabbie e ghiaie molto permeabili, con frazione ghiaiosa che tende a diminuire da nord a sud, a favore di quella sabbiosa e da lenti e livelli argillosi di vari dimensioni e spessori, più frequenti verso sud che non presentano comunque continuità laterale.

Come riportato dalla Relazione Geologica allegata al vigente P.G.T., il sottosuolo della Provincia di Milano presenta tre acquiferi principali individuati sulla base di considerazioni idrogeologiche ed idrochimiche:

Primo acquifero: sede della falda freatica contenuta nei depositi fluvioglaciali wurmiani e nelle alluvioni, la cui base è costituita da alcuni metri di argilla o limo presenti, in genere, a profondità comprese tra 40 m e 60 m. Conducibilità idraulica mediamente compresa tra 10^{-3} e 10^{-4} m/sec.

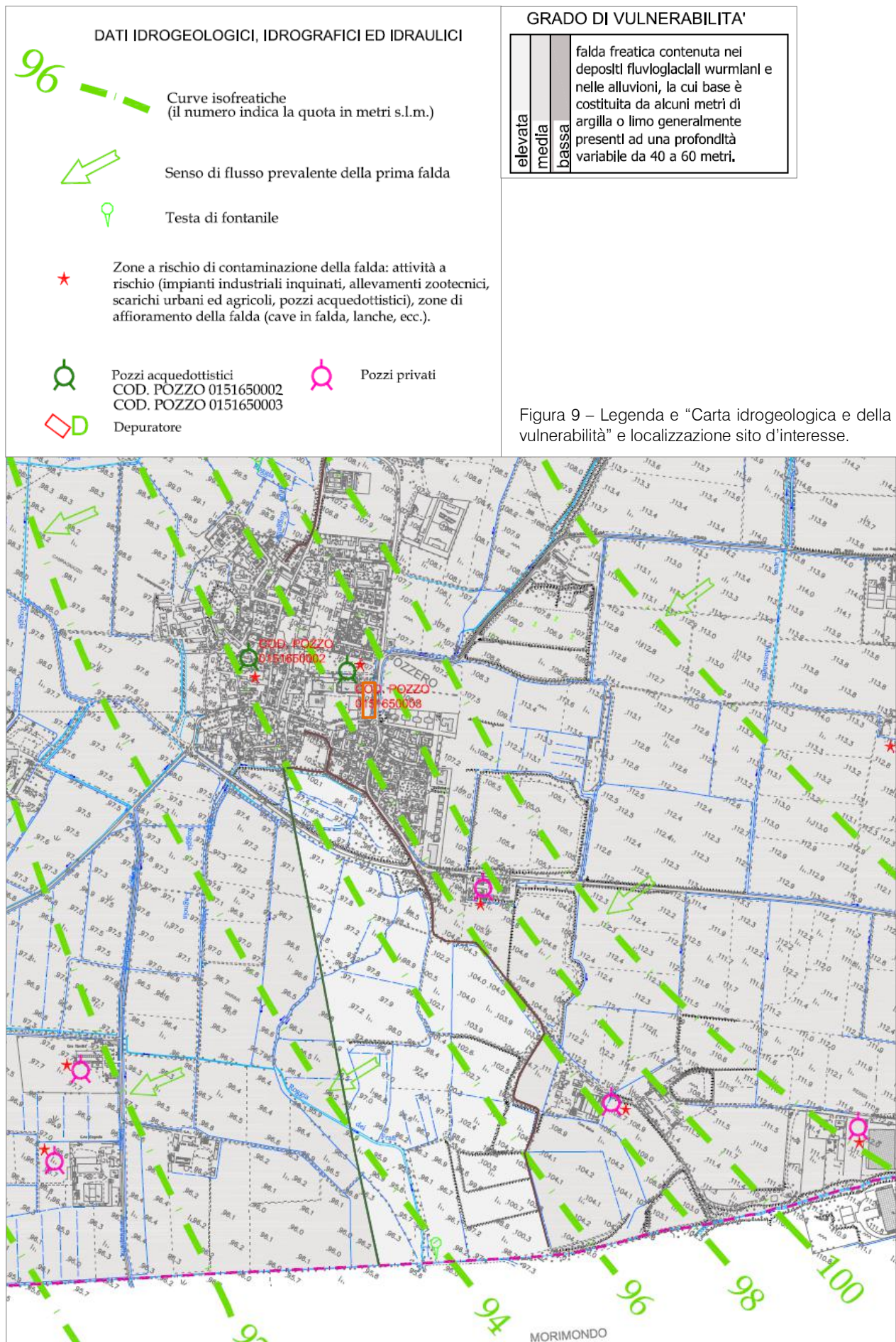
Secondo acquifero: sede di falde semiconfinare contenute nei depositi alluvionali wurmiani e rissiani con orizzonte basale a circa 100 metri di profondità. Conducibilità idraulica compresa tra 10^{-4} e 10^{-5} m/sec.

Terzo acquifero: sede di falde confinate (profonde) contenute nei depositi marini a granulometria fine del Villafranchiano, con base oltre i 250 metri di profondità. Conducibilità idraulica tra 10^{-5} e 10^{-6} m/sec.

Assumendo i valori di profondità dei limiti basali e degli spessori delle Unità Idrostratigrafiche, il contesto idrogeologico di captazione dei pozzi per acqua potabile di Ozzero risulta caratterizzato dalle Unità Idrostratigrafiche A e B.

La Tavola 3 "Carta idrogeologica e della vulnerabilità" allegata al PGT, conferisce un grado di vulnerabilità medio al sito d'interesse ed individua una direzione preferenziale della falda freatica NE – SW; considerando la quota di 107 m sul l.m.m. indicato dalla CTR, la quota della falda risulta pari a circa 8 m dal locale p.c. alla data dei rilievi per PGT (Fig. 9).

In occasione della realizzazione del sondaggio penetrometrico (29/07/2020) è stata rilevata la presenza della frangia capillare della falda freatica a circa – 5,40 m dal locale piano di campagna.



4. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA

Le principali norme volte alla definizione delle zone sismiche ed alle costruzioni sono: la Legge 2 febbraio 1974 n. 64, il D.M. LLPP 16 gennaio 1996 "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche", l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003 n. 3274 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", D.G.R. Lombardia n° 14964 del 7 novembre 2003, D.d.u.o. n. 19904 del 21 novembre 2003, D.G.R. Lombardia n° 14964 del 23 settembre 2005, l'O.P.C.M. n. 3519 del 28 aprile 2006, la Direttiva del P.C.M. 12 ottobre 2007, il D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008 e la D.G.R. Lombardia n. X/2129 dell'11 luglio 2014 relativa all'aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia che classifica il territorio comunale di Ozzero in "ZONA 4 sismicità bassa".

Nella "Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale" e nella mappa dei "Valori di pericolosità sismica del territorio nazionale" - Ordinanza PCM del 28/04/2006 n° 3519, All. 1b – (Fig. 10), realizzate dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), la pericolosità viene espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/sec); per il territorio comunale di Ozzero, meglio individuato nella Fig. 11 (mappa interattiva di pericolosità sismica), le accelerazioni orizzontali massime sono comprese nell'intervallo di $0,050 \div 0,075$ g.

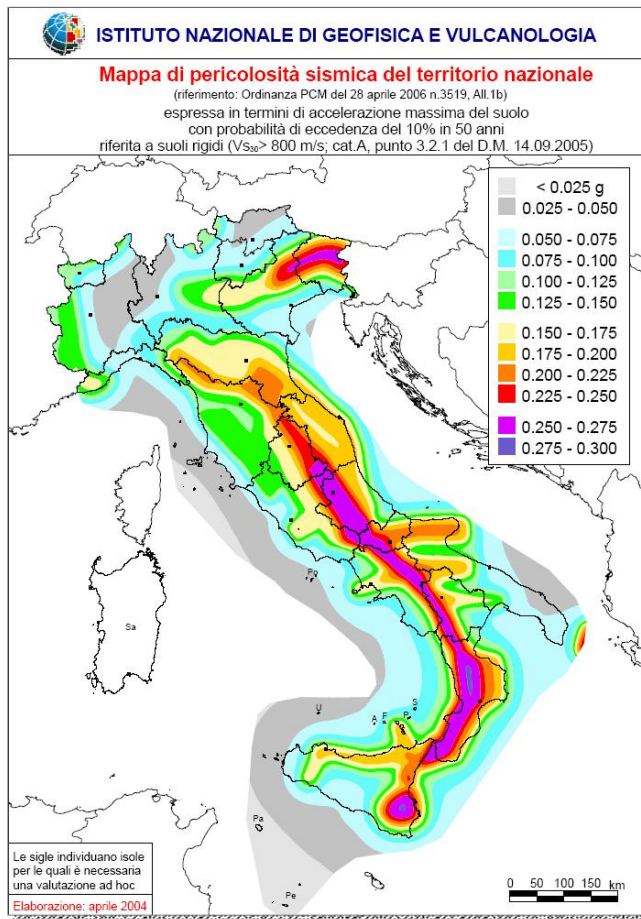


FIGURA 10 – Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (INGV).

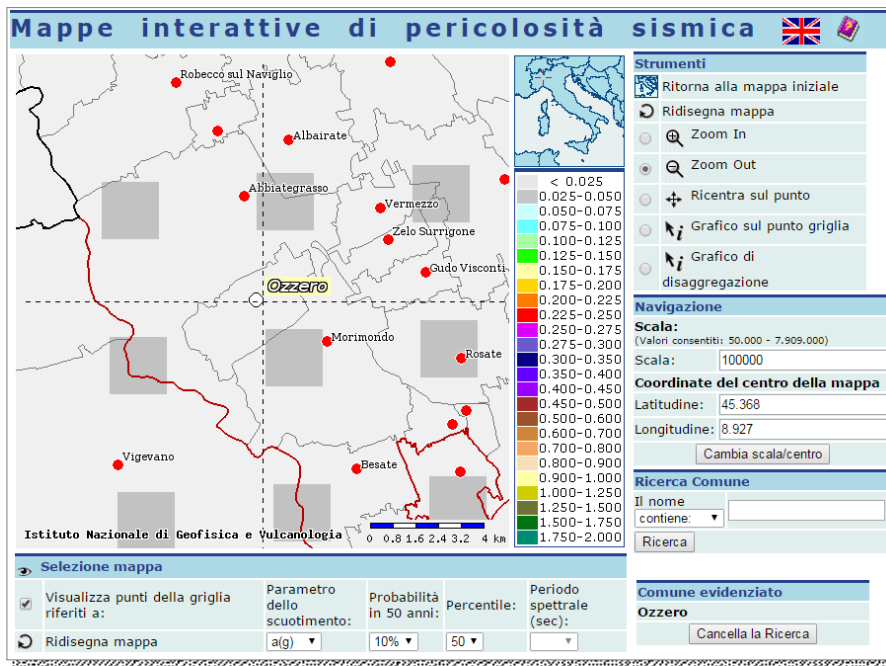


FIGURA 11 – Mappa interattiva di pericolosità sismica (INGV) e ubicazione comune di Ozzero.

La normativa regionale inserisce il territorio comunale di Ozzero nella Zona 4 a sismicità bassa. A livello locale, gli effetti da considerare sono riconducibili ad amplificazioni dovute alla litologia ed alla geometria e pertanto, come descritto nello Studio Geologico a supporto del Piano di Governo del Territorio, il territorio è da considerare come “Z4a: zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e fluvio-glaciali granulari e coesivi”.

L'intervento in progetto non rientra tra le opere strategiche o rilevanti per le quali sono previsti approfondimenti di secondo grado.

La “Pericolosità Sismica di Base” (P.S.B.) nelle NTC del 2018, cioè, le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse, per una determinata probabilità di superamento, è definita quando vengono designati l'accelerazione orizzontale massima attesa (a_g) in condizioni di campo libero ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale.

Il moto sismico, pertanto, viene sostanzialmente ricostruito a partire dai valori di tre parametri di riferimento: l'accelerazione orizzontale massima al sito (a_0), il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale (F_0) e il periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale (T^*_c).

Il moto generato da un terremoto dipende dalle particolari condizioni locali: litostratigrafiche e morfologiche che influiscono sulla propagazione e sull'eventuale amplificazione delle onde sismiche nel sottosuolo; dall'individuazione delle categorie di sottosuolo e topografiche in cui ricade l'area d'interesse, andranno a definirsi i coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica che concorrono nella ricostruzione degli spettri di risposta elastici caratteristici del sito.

Per la singola opera o il singolo sistema geotecnico la risposta sismica locale consente di definire le variazioni che un segnale sismico subisce a causa dei fattori evidenziati, rispetto a quello di un sito rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo categoria A).

Secondo le NTC 2018, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione dei terreni del sottosuolo in funzione dei valori di velocità di propagazione delle onde di taglio V_s .

Per le fondazioni superficiali ed i muri di sostegno, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse.

Le categorie di suolo che permettono l'approccio semplificato sono definite nella Tabella 3.2.II (Fig. 12):

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

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>

Figura 12 – Categorie dei terreni secondo le NTC 2018.

I coefficienti sismici orizzontale K_h e verticale K_v dipendono dal punto in cui si trova il sito oggetto di analisi e del tipo di opera. Gli altri parametri che entrano in gioco sono il tempo di ritorno (TR) dell'evento sismico, la vita di riferimento (VR) della costruzione e PVR la sua probabilità di superamento, associata allo stato limite considerato; la VR dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione, previste dalle NTC 2018.

La capacità del complesso fondazione-terreno deve essere verificata allo stato limite ultimo (SLV) per carico limite e per scorrimento del piano di posa; la verifica nei confronti dello Stato Limite di esercizio (SLD) può essere soddisfatta impiegando le azioni corrispondenti allo SLD e determinando il carico limite di progetto.

Gli stati limite delle fondazioni previsti dalle NTC rappresentano la condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per la quale è stata progettata e fanno riferimento alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti: due sono Stati Limite di Esercizio (SLE) e due sono Stati Limite Ultimi (SLU).

Le opere e le tipologie strutturali devono garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (sicurezza nei confronti di SLE) e la capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone, comportare la perdita di beni, provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera (sicurezza nei confronti di SLU).

Ad ogni stato limite è associata una probabilità di superamento PVR, ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento VR, si verifichi almeno un evento sismico ($n \geq 1$) di a_g prefissata (a_g =accelerazione orizzontale massima del suolo) avente frequenza media annua di ricorrenza $I=1/TR$ (TR=periodo di ritorno).

Per la determinazione dei parametri sismici sono state considerate la Categoria di sottosuolo "D" e la Categoria topografica T1 (superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$).

5. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL TERRENO DI FONDAZIONE

Nel sito oggetto di studio è stato realizzato un sondaggio penetrometrico dinamico (Figg. 13 e 14); la prova consiste nell'infiiggere verticalmente nel terreno la punta conica posta all'estremità di una batteria di aste mediante percussione, rilevando il numero dei colpi necessario per l'avanzamento di ciascun tratto unitario di lunghezza pari a 30 cm.

Sulla base del numero delle battute del maglio e della resistenza alla penetrazione dinamica R_{pd} , parametro caratteristico dello stato di addensamento e di compattezza dei terreni incoerenti (ghiaie e sabbie) e del grado di consistenza dei terreni coesivi (limi e argille) e di correlazioni bibliografiche, sono stati valutati i parametri geotecnici del terreno.

Per la realizzazione della prova è stato utilizzato un penetrometro dinamico standard PAGANI (DPSH), autoancorante e cingolato, avente le seguenti caratteristiche:

- peso della massa battente = 63,50 Kg

- altezza di caduta del maglio = 75 cm
- area della punta: 20 cm²
- angolo di apertura punta conica = 90°
- passo penetrazione di riferimento = 20 cm
- peso asta = 6,3 Kg/m
- lunghezza asta = 1 m
- diametro asta = 32 mm



Figura 13: pilastri oggetto d'intervento e attraversamento.

Figura 14: Ubicazione prova penetrometrica dinamica.

Il sondaggio è stato spinto fino alla profondità massima di 10 m dal locale p.c., quota considerata più che sufficiente per la definizione delle caratteristiche geotecniche del sottosuolo in relazione alle litologie presenti, alla tipologia dei manufatti in oggetto.

E' stata rilevata la frangia capillare attribuibile alla falda freatica alla profondità di – 5,40 m il 14 luglio 2020, data di esecuzione della prova.

I dati registrati in campagna sono stati elaborati mediante software ed i risultati proposti in forma di istogramma "profondità - numero di colpi" e "profondità - resistenza alla penetrazione, di seguito allegato ed utilizzato per la determinazione dei parametri geotecnici (Fig. 15):

Committente: COMUNE DI OZZERO

Data: 28/07/2020

Descrizione: MANUTENZIONE STRAORDINARIA MEDIANTE CONSOLIDAMENTO E RESTAURO COLONNE/PILASTRI

Località: PIAZZA DEL POPOLO

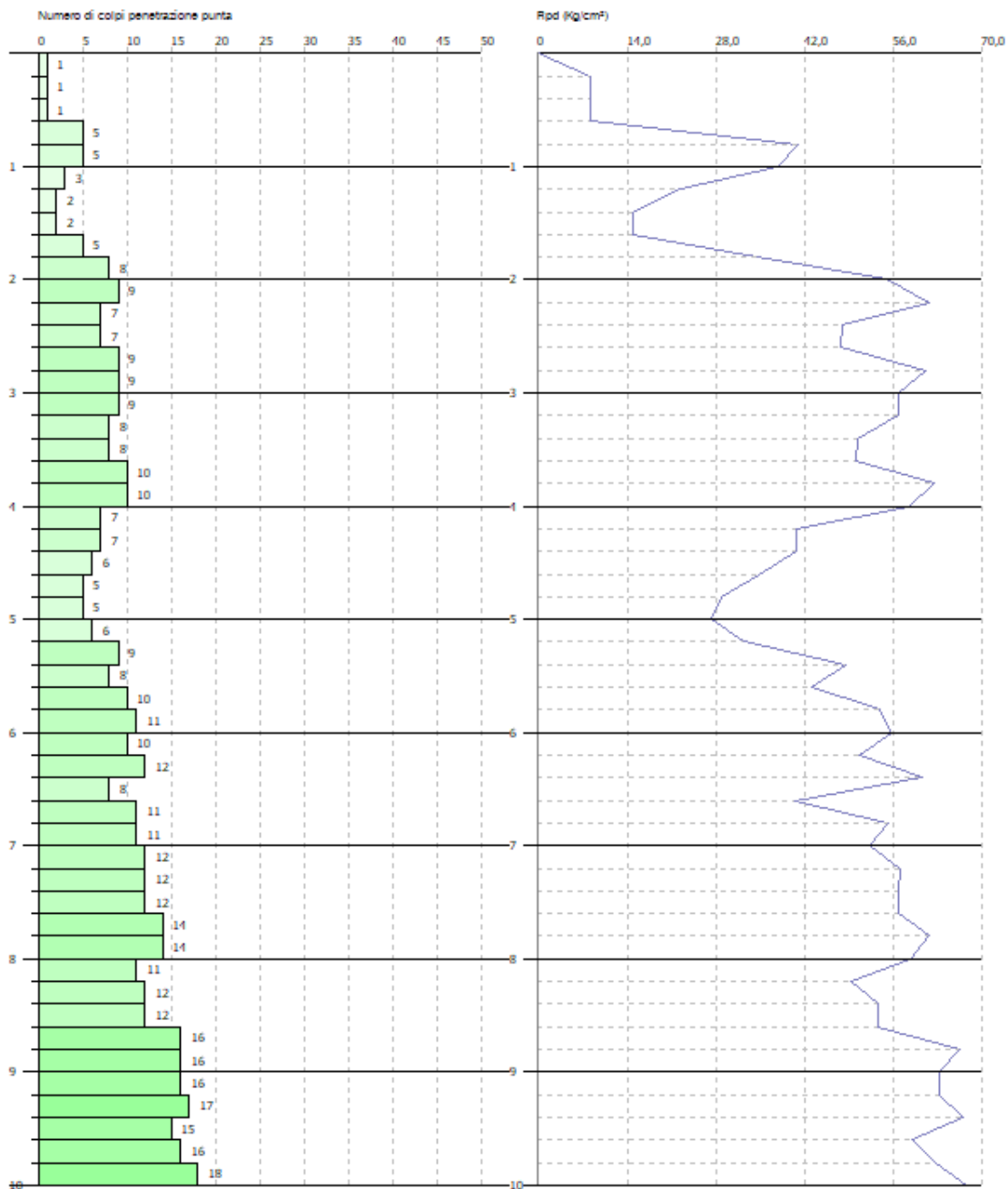


FIGURA 15 – Restituzione prova penetrometrica dinamica.

6. STIMA DELLE CARATTERISTICHE DI PORTANZA DEL TERRENO

L'intervento in progetto consiste nel consolidamento e successivo restauro dei pilastri di accesso a Piazza del Popolo e la presente relazione è stata realizzata al fine di effettuare una stima dei parametri geotecnici, della resistenza del terreno di fondazione e di definire gli stati limite (Stato Limite Ultimo e Stato Limite di Esercizio) cioè, la condizione in cui l'opera non è più in grado di soddisfare e svolgere la funzione per la quale è stata progettata ai sensi delle NTC 2018.

Il territorio comunale di Ozzero è classificato in Zona sismica 4 secondo l'aggiornamento ed adeguamento delle zone sismiche Regione Lombardia n. X/2129 dell'11 luglio 2014.

A tal fine sono stati definiti la classe d'uso, il tipo delle opere, la vita nominale e di riferimento, i parametri

sismici ed i parametri geotecnici.

A fini conservativi, avendo riscontrato terreni superficiali prevalentemente coesivi e cedevoli (circa 1,80 m), è stata valutata la “**condizione non drenata**”.

Non essendo a conoscenza delle effettive caratteristiche delle fondazioni esistenti che si presume a plinto, al fine di effettuare la stima delle caratteristiche di portanza del terreno per valutare le opere necessarie al consolidamento, come indicato dal tecnico strutturista, è stata valutata una fondazione a trave rovescia delle dimensioni di 1 m x 6 m, una quota imposta pari a – 1 m dal p.c. ed un livello di falda freatica pari a – 5,40 m dal locale piano campagna (frangia capillare).

DATI GENERALI

Normativa		NTC 2018
Larghezza fondazione	1 m	
Lunghezza fondazione	6 m	
Profondità piano di posa	1 m	
Profondità falda	5.4 m	

SISMA

Accelerazione massima (amax/g)	0.0580
Coefficiente sismico orizzontale	0.0117

Coefficienti sismici Zona sismica 4

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe I
Vita nominale:	50 anni
Vita di riferimento:	35 anni

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30	0.167	2.535	0.160
S.L.D.	35	0.177	2.528	0.169
S.L.V.	332	0.382	2.644	0.265
S.L.C.	682	0.461	2.693	0.294

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.2505	0.2	0.0051	0.0026
S.L.D.	0.2655	0.2	0.0054	0.0027
S.L.V.	0.5730	0.2	0.0117	0.0058
S.L.C.	0.6915	0.2	0.0141	0.0071

STIMA PARAMETRI CARATTERISTICI TERRENO

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [kN/m ³]	Peso unità di volume saturo [kN/m ³]	Angolo di attrito [°]	Coesione non drenata [kN/m ²]	Modulo Elastico [kN/m ²]	Modulo Edometrico [kN/m ²]
1.6	15.48	18.19		30.24	2235.39	2455.69
2.4	14.66	18.93	28.05		13278.60	4988.18
1.2	14.25	18.68	26.77		12518.19	4328.71
3.4	15.08	19.19	28.98		14688.26	5706.10
1.4	15.57	19.50	29.87		16818.82	6581.19

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE A1+M1+R3

Autore: Brinch - Hansen

Carico limite [Qult] 176.09 kN/m²

Resistenza di progetto [Rd] 76.56 kN/m²

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES

Costante di Winkler 7043.79 kN/m³**A1+M1+R3**

Autore: HANSEN

Peso unità di volume	15.48 kN/m ³
Peso unità di volume saturo	18.19 kN/m ³
Angolo di attrito	0.0 °
Coesione	30.24 kN/m ²
Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattore forma [Sc]	0.03
Fattore profondità [Dc]	0.4
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
Carico limite	238.27 kN/m ²
Resistenza di progetto	103.59 kN/m ²

Autore: TERZAGHI

Peso unità di volume	15.48 kN/m ³
Peso unità di volume saturo	18.19 kN/m ³
Angolo di attrito	0.0 °
Coesione	30.24 kN/m ²
Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.7
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
Carico limite	187.85 kN/m ²
Resistenza di progetto	81.67 kN/m ²

Autore: MEYERHOF

Peso unità di volume	15.48 kN/m ³
Peso unità di volume saturo	18.19 kN/m ³
Angolo di attrito	0.0 °
Coesione	30.24 kN/m ²
Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattore forma [Sc]	1.03
Fattore profondità [Dc]	1.2
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.0
Fattore profondità [Dq]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
Carico limite	208.22 kN/m ²
Resistenza di progetto	90.53 kN/m ²

Autore: VESIC

Peso unità di volume	15.48 kN/m ³
Peso unità di volume saturo	18.19 kN/m ³

Angolo di attrito	0.0 °
Coesione	30.24 kN/m ²
=====	
Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattore forma [Sc]	0.03
Fattore profondità [Dc]	0.4
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
=====	
Carico limite	238.27 kN/m ²
Resistenza di progetto	103.59 kN/m ²
=====	

CEDIMENTI

Il terreno ove, presumibilmente, sono impostate le fondazioni è quello più superficiale, caratterizzato da litotipi coesivi cedevoli; la stima del cedimento è stata effettuata utilizzando la quota imposta fondazione pari a – 1 m dal locale p.c. ed una resistenza di progetto pari a 80 kN/m² al fine di contenere il cedimento risultato pari a circa 3.062 mm:

Cedimento edometrico metodo consolidazione monodimensionale di Terzaghi

Pressione normale di progetto	80 kN/m ²
Cedimento dopo T anni	10
Cedimento totale	3.062 cm

Strato	Z (m)	Tensione (kN/m ²)	Dp (kN/m ²)	Metodo	Wt (cm)
1	1.3	20.124	60.439	Edometrico	1.4767
2	2.8	42.36	21.067	Edometrico	1.0136
3	4.6	68.502	9.328	Edometrico	0.2586
4	6.9	94.143	4.385	Edometrico	0.2613
5	9.3	116.879	2.419	Edometrico	0.0515

Z: Profondità media dello strato; Dp: Incremento di tensione; Wt: Cedimento totale.

7. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Dalle osservazioni effettuate in sito e dall'esame delle caratteristiche geologico-geomorfologiche-geotecniche, si desume quanto segue:

- il sito d'interesse risulta impostato sul terrazzo indicato in letteratura con la sigla Fg^w come evidenziato dalla Carta Geologica d'Italia Foglio 44 "Novara" (Fig. 3), caratterizzato da alluvioni fluvio-glaciali e fluviali ciottolose, sabbiose, limose, non alterate; al piede del terrazzo si trovano alluvioni fluvio-glaciali ghiaiose-ciottolose (Terrazzi superiori del Ticino) e fluviali prevalentemente sabbioso-limose (a valle del limite settentrionale dei fontanili), con debole strato di alterazione brunastro;
- nelle immediate vicinanze dei pilastri oggetto d'intervento, è stata effettuata una prova penetrometrica dinamica che ha evidenziato un primo strato di circa 1,6 m di spessore caratterizzato da limi e limi argillosi, cedevoli e, successivamente, un'alternanza di terreni limosi, sabbioso-limosi, sabbiosi, contenenti localmente ciottoli;
- l'area di studio risulta inserita nella Classe di fattibilità 2: Fattibilità con modeste limitazioni", per la presenza di terreni con mediocre capacità portante e soggetti a locali ristagni d'acqua;
- considerando che il terreno ove presumibilmente sono impostate le fondazioni presenta litotipi prevalentemente coesivi e cedevoli, a scopo cautelativo, le stime della portanza sono state eseguite nelle condizioni "non drenate";
- prima di iniziare i lavori di restauro delle colonne, si consiglia di effettuare scavi per valutare le effettive condizioni e caratteristiche delle fondazioni esistenti in relazione al terreno riscontrato durante il sondaggio penetrometrico; a tal fine è stata effettuata la stima delle caratteristiche di portanza del terreno considerando di realizzare una fondazione a trave rovescia che colleghi entrambi i pilastri, della

dimensione di 1 m x 6 m, quota imposta – 1 m dal p.c.;

- per la determinazione dei parametri sismici sono state considerate la Categoria di sottosuolo "D" e la Categoria topografica T1 (superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$); Esaminando le litologie oggetto d'imposta fondazione ed al fine di contenere il cedimento, si è ritenuto significativo effettuarne la stima considerando l'applicazione di un carico pari a 80 kN/m^2 ; si rimanda al progettista, sulla base degli effettivi carichi applicati alla fondazione, la verifica allo slittamento, l'esame della disuguaglianza tra l'azione di progetto e la resistenza di ($E_d \leq R_d$), la scelta della resistenza di progetto adeguata al fine di contenere i cedimenti ed evitare eventuali danni alle strutture esistenti;
- al fine di evitare il peggioramento delle proprietà geotecniche del terreno d'imposta fondazione a seguito di eventuali ristagni, le acque di precipitazione dovranno essere costantemente allontanate dal sito mediante convogliamento nella rete fognaria.

Alla luce delle considerazioni sopra esposte e fatte salve le ulteriori eventuali determinazioni e precisazioni da effettuarsi in via esecutiva durante le fasi di cantiere, la scelta progettuale relativa alle caratteristiche dimensionali ed alla profondità d'imposta delle fondazioni, si ritiene realizzabile l'intervento in progetto ai sensi del D.M. 11/03/88 n. 47, della Circolare LL.PP. 24/09/88 n. 30483, dell'O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003, del Decreto n. 3685 del 21/10/2003, del D.d.u.o. n. 19904 del 21/11/2003, dell'O.P.C.M. n. 3519 del 28/04/2006, della D.G.R. Lombardia n. X/2129 dell'11/07/2014, della L.R. Lombardia n. 33 del 2015, della D.G.R. n. 5001 del 30/03/2016, delle Nuove Norme Tecniche per le costruzioni D.M. 17/01/2018 e Circolare C.S.P.P. 21/01/2019 n. 7.

Bibliografia e Cartografia

Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 Fogli 44 e 58 Novara Mortara e relative Note Illustrative

CTR Lombardia in scala 1:10.000

Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, Ordinanza PCM del 28/04/2006 n° 3519 All. 1b, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV)

Mappa interattiva di pericolosità sismica, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV)

Mappe interattive Regione Lombardia

Piano per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), Fasce Fluviali Foglio 138 Sez. I – Vigevano – Ticino 05 Terdoppio 01 in scala 1:25.000, l'abitato di Ozzero risulta esterno alle fasce fluviali.

Studio Geologico a supporto del Piano di Governo del Territorio ex art. 57 Legge Regionale 12 marzo 2005, D.G.R. n. 8/1566 del 22 dicembre 2005, D.G.R. n. 8/7374 del 28 maggio 2008 (definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica)

Studio per la "Determinazione del Reticolo Idrico Minore" ai sensi dell'art. 3 comma 114 della L.R. 1/2000, della D.G.R. n. 7/7868/2002 e D.G.R. 7/13950/2003