



COMUNE DI ADRO

Provincia di Brescia

PROGETTO ESECUTIVO PER LA REALIZZAZIONE DELLA NUOVA STRADA TANGENZIALE ESTERNA ALL'ABITATO DI TORBIATO NEL COMUNE DI ADRO. SECONDO LOTTO

serie	Elaborato	modifica	revisione	
	14	0	2	Relazione geologica, relazione geotecnica

Committente: Comune di Adro

Il Progettista
ing. Renzo Savoldi

Brescia, dicembre 2023

SOMMARIO

- Premessa;
- Inquadramento geografico;
- Inquadramento geologico, geomorfologico e natura litologica dei terreni;
- Inquadramento idrogeologico ed idrografico;
- Aspetti sismici dell'area di intervento;
- Caratterizzazione litostratigrafica e geotecnica di prima approssimazione;
- Verifica della vincolistica e della fattibilità geologica dell'intervento in riferimento ai criteri indicati nella D.G.R. 2616/2011
- Considerazioni conclusive.

ALLEGATI:

- Inquadramento corografico (C.T.R. 1:10.000);
- Foto satellitare e profilo altimetrico del tracciato stradale in progetto (fonte: Google Earth);
- Planimetria di progetto con ubicazione dei punti di ripresa fotografici;
- Documentazione fotografica;

PREMESSA

Su incarico dell'Ing. Renzo Savoldi è stata predisposta la presente relazione geologica, idrogeologica e sismica dell'area interessata dal progetto di realizzazione della nuova strada di collegamento tra Via Cattaneo e Via Torbiato in comune di Adro (BS), al fine di verificare la fattibilità geologica dell'intervento in riferimento ai criteri indicati nella **D.G.R. n.9/2616 del 2011** "Aggiornamento dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT".

Al fine di un inquadramento generale dell'area, è stato ripreso lo studio geologico allegato al PGT comunale predisposto in prospettiva sismica ai sensi della D.g.r. n.8/1566 del 22 Dicembre 2005; di seguito si è proceduto a realizzare un rilievo geologico e morfologico di dettaglio lungo il tracciato di progetto al fine di verificare puntualmente le caratteristiche geologiche, idrogeologiche, geotecniche dell'area.

Sulla base del D.g.r. 11 luglio 2014 - n. X/2129 "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)", il territorio comunale di ADRO è stato classificato come ZONA 3. In riferimento all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003 e sulla base della litostratigrafia rilevata e delle conoscenze geologiche del sito, è possibile attribuire ai terreni indagati il profilo stratigrafico del suolo di fondazione di "tipo B". Tale profilo stratigrafico deriva dall'analisi sismica a rifrazione eseguita a circa 800 metri di distanza nell'ambito del PGT comunale.

Per la verifica preliminare delle caratteristiche litologiche e geomeccaniche dei terreni presenti nell'area di intervento sono state valutate le informazioni litostratigrafiche derivanti dal rilievo di dettaglio svolto sull'area. In particolare sono stati analizzati i profili stratigrafici posti in corrispondenza degli orli di scarpata o lungo le pareti dei solchi vallivi.

Nella presente relazione verranno affrontati unicamente gli aspetti legati alle caratteristiche geologiche dell'area interessata dal progetto, senza entrare nel merito degli aspetti prettamente geotecnici. Nei capitoli seguenti si fornisce solamente una caratterizzazione geotecnica di prima approssimazione effettuata sulla base delle conoscenze geologiche locali e delle informazioni acquisite mediante il rilievo esplorativo sul posto.

Per la caratterizzazione geotecnica di dettaglio dell'area oggetto dell'intervento si dovrà procedere alla realizzazione di specifiche indagini geotecniche che verifichino puntualmente le caratteristiche del sottofondo stradale. Il presente studio a carattere preliminare non contempla infatti le indagini previste dal D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni".

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il territorio comunale di Adro si estende per circa 14 kmq all'interno dell'area denominata "Franciacorta". Dal punto di vista altimetrico si passa dai 200 m slm della località Marzeghe ai 650.5 m slm della cima del monte Alto, con un'escursione altimetrica di circa 450 metri. Dal punto di vista urbanistico si individua un centro principale "Adro" ed una frazione "Torbiato".

L'area oggetto dell'intervento è ubicata nel settore Sud-Est del territorio comunale di Adro e si presenta come una superficie ondulata con salti di quota dovuti alla presenza di terrazzi morfologici riconducibili all'anfiteatro morenico del Lago di Iseo. Il dislivello massimo del tracciato stradale di progetto è di 25 metri, con una quota massima di 263

m s.l.m. in corrispondenza dell'innesto con Via Torbiato (a sud) e quota minima di 239 m s.l.m. in corrispondenza dell'innesto con la strada in previsione da PGT (a Nord).

Il tracciato della nuova strada su foto satellitare e il relativo profilo altimetrico sono riportati in allegato.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E NATURA LITOLOGICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

L'analisi delle condizioni geomorfologiche generali del territorio si è avvalsa delle conoscenze dello scrivente circa le caratteristiche medio generali del territorio comunale, approfondite nello specifico dell'area in esame da un rilievo diretto mediante il quale si sono controllati e puntualizzati gli elementi già forniti da precedenti lavori.

Il territorio comunale di Adro è formato da una porzione collinare, Corno Nero- Monte Alto caratterizzata dall'affioramento del substrato roccioso tardo giurassico-cretacico, e da una porzione a morfologia più dolce caratterizzata da depositi morenici (appartenenti all'anfiteatro morenico del Sebino) e fluvioglaciali (vedi figura 2 seguente).

In particolare l'area in esame si colloca nell'Unità **"MORENE PREVALENTEMENTE GHIAIOSO-SABBIOSE CON LIVELLI LIMOSO-SABBIOSI"**, CON SUOLI DA SOTTILI A MODERATAMENTE PROFONDI BRUNO ROSSASTRI (Würm): questi depositi morenici sono formati da elementi clastici molto eterogenei sia per natura che per dimensioni, immersi in un'abbondante matrice di fondo limoso-sabbioso-calcareo. La natura della matrice influenza sensibilmente il grado di cementazione dei depositi e la loro permeabilità. Quest'ultima è globalmente piuttosto bassa e varia inoltre in funzione della granulometria e della compattazione dei depositi. Le caratteristiche geotecniche dei depositi, sottostanti la copertura pedologica, sono generalmente buone.

I depositi in oggetto costituiscono la cerchia principale dell'anfiteatro morenico del Sebino ed i cordoni ad essa interni.

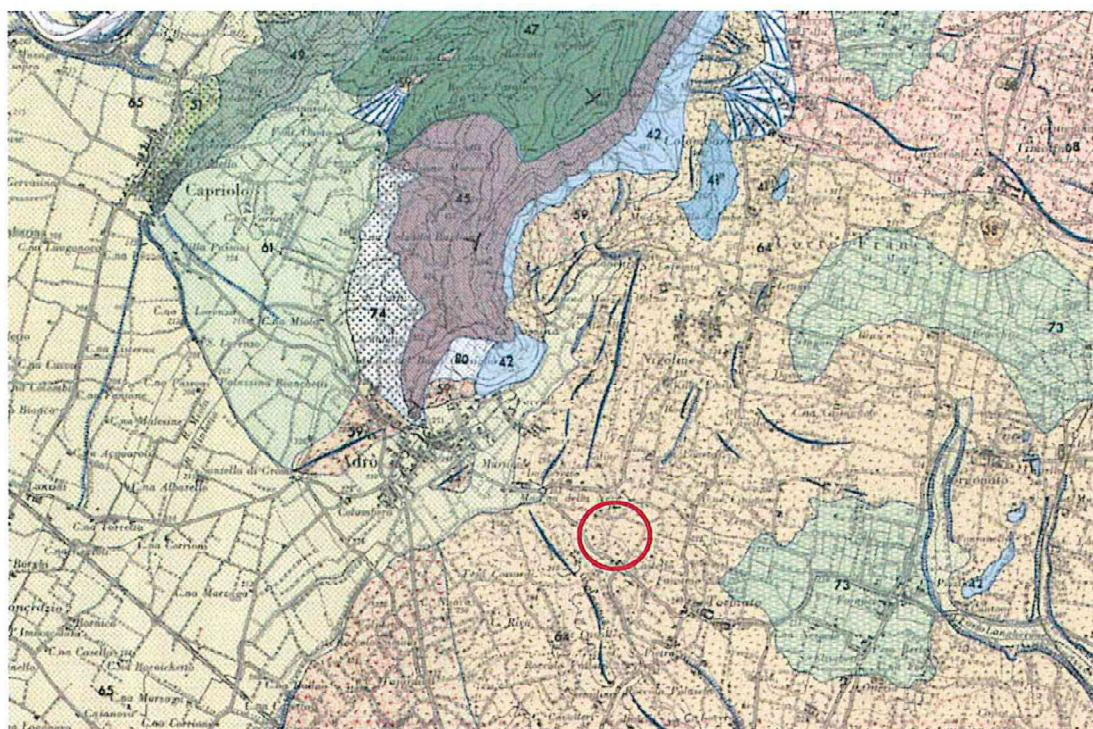


Fig. 2: Estratto Carta Geologica delle Prealpi Bresciane a sud dell'Adamello.
Legenda: 64- depositi morenici delle cerchie più elevate (Würm)

La morfologia è quella tipica delle colline moreniche con morfologia dolce intervallate da terrazzamenti e vallette intramoreniche o solchi vallivi. L'uso del suolo è prevalentemente a vigneto o seminativo. Il tracciato di progetto intercetta alcuni orli di terrazzo morfologico aventi orientazione NW-SE (vedi estratto carta geomorfologica del PGT in fig. 3), la cui altezza non supera i 3-4 metri.

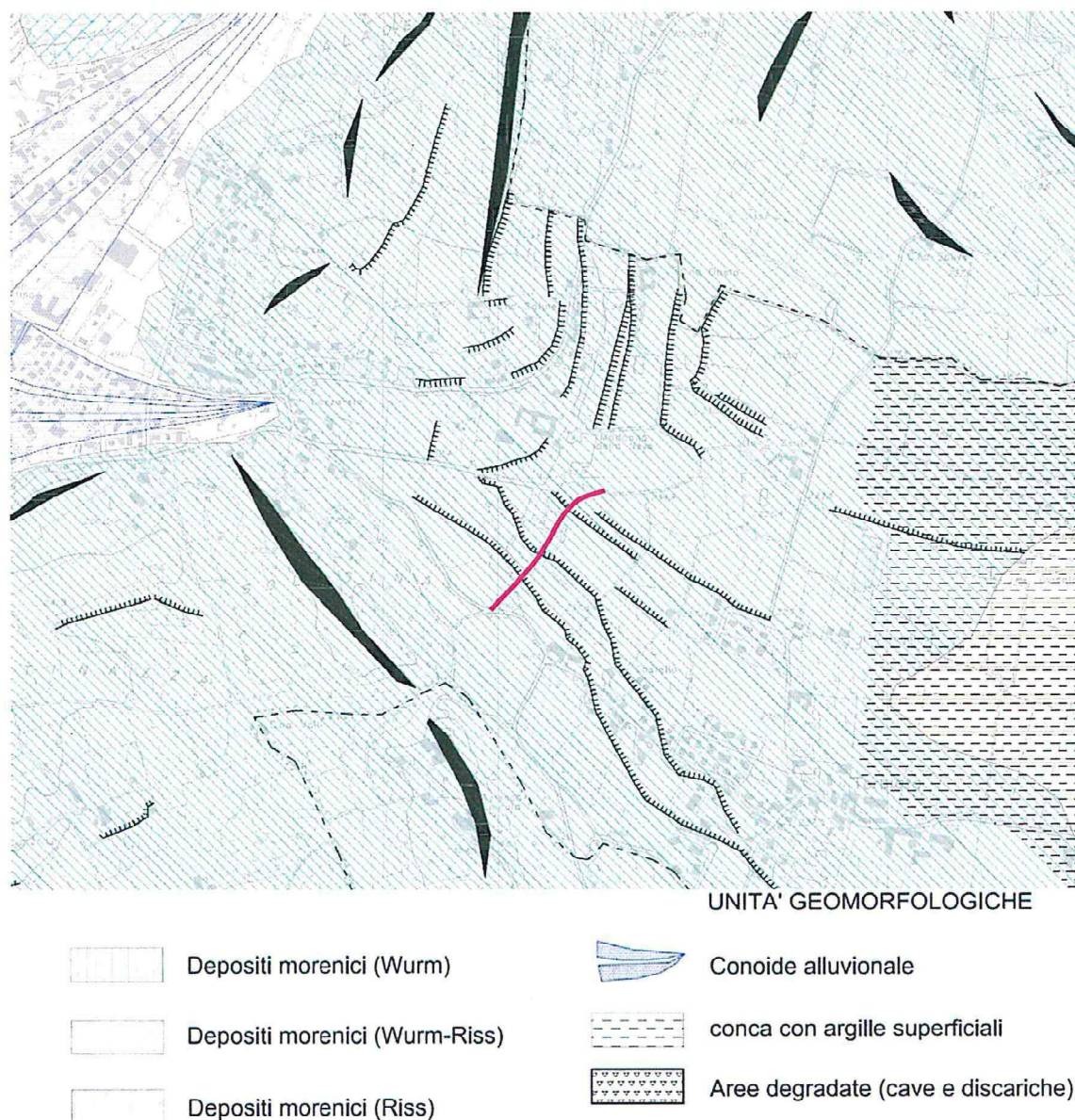


Fig. 3: Estratto della Carta geomorfologica allegata al PGT comunale.
In rosso il tracciato stradale in progetto

In sede d'indagine non si è rilevata la presenza di fenomeni morfogenetici o di dissesto attivi o pregressi.

La natura litologica dei terreni di fondazione dell'area oggetto d'indagine è stata interpretata indirettamente nei primi 3,0 metri circa di profondità con la presa visione degli affioramenti esistenti in corrispondenza degli orli di terrazzo e di alcuni solchi vallivi, che hanno permesso quindi di definire in prima approssimazione le

caratteristiche litologiche e stratigrafiche dei terreni interessati dal nuovo tracciato stradale.

In particolare il profilo stratigrafico individuato per l'area di indagine è rappresentato da una coltre superficiale costituita da sabbie e ghiaie con ciottoli e trovanti (anche di grosse dimensioni) in matrice limoso-argillosa.

Nelle foto (1÷13) allegate si vede chiaramente come le litologie affioranti siano costituite in prevalenza da litologie ghiaioso-sabbiosi-ciottolose grossolane; localmente sono presenti ciottoli o trovanti di grosse dimensioni, a testimoniare la natura glaciale di tali depositi.

INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO ED IDROGRAFICO

In fig. 4 è riportato il reticolo idrografico tratto dalla carta del reticolo idrico allegato al PGT del Comune di Adro. Come si nota il tracciato stradale in progetto non interferisce con nessuno dei corpi idrici superficiali individuati in tale cartografia. In particolare a fregio della nuova viabilità di progetto è presente un solco vallivo (alveo ben inciso) di significative dimensioni che verrà conservato come tale e manterrà la funzione di drenaggio delle acque superficiali dei terreni circostanti e della nuova viabilità.

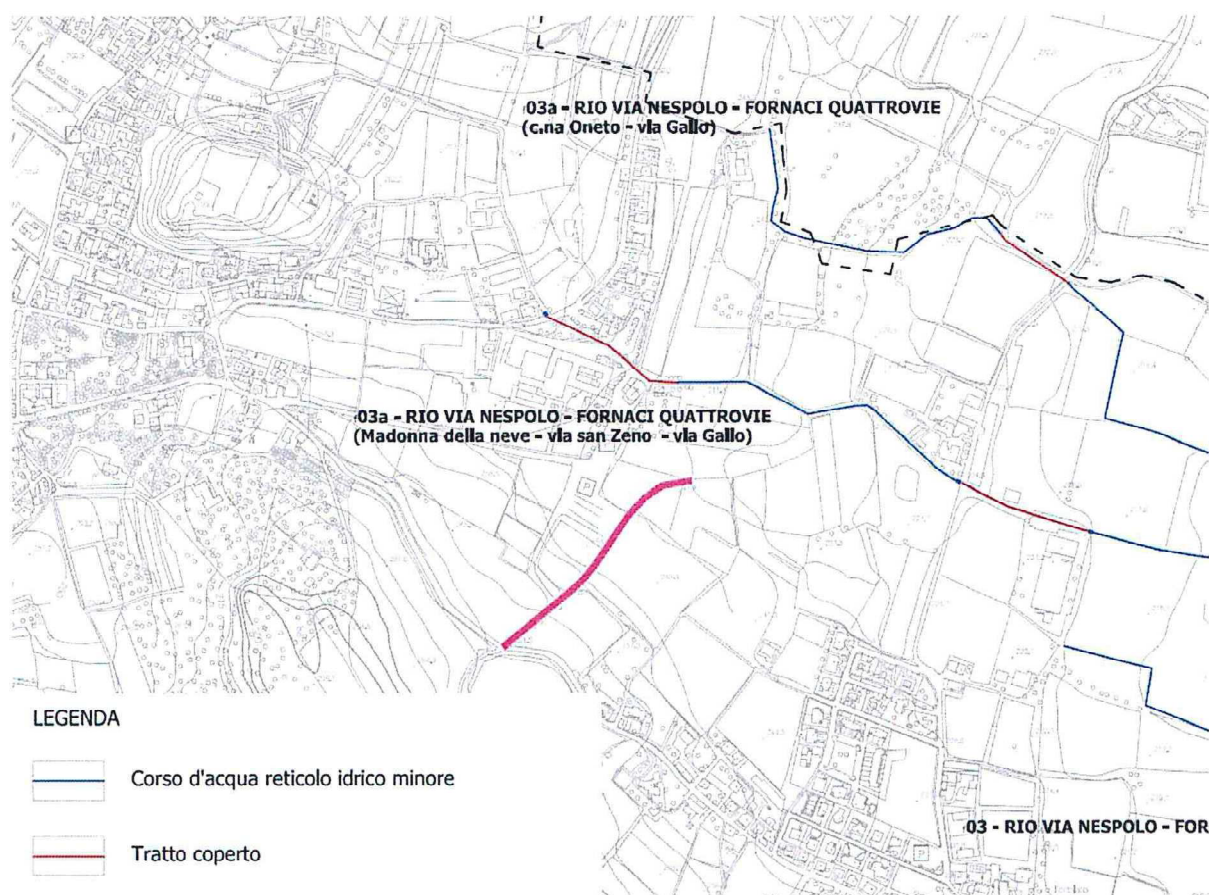


Fig. 4: Estratto della Carta idrografica allegata al PGT comunale.
in viola il tracciato stradale in progetto

La falda freatica principale si trova a profondità di oltre 100 m dal p.c. e presenta direzione di flusso da W verso E.

L'assetto delle strutture idrogeologiche è illustrato nella carta idrogeologica riportata in fig. 5; esiste una Falda Freatica Principale (F.F.P.) profonda la quale è alimentata dal fiume Oglio ed ha andamento NW ---> SE. Al di sopra della stessa si riconoscono almeno n. 2 falde sospese le quali diventano via via più potenti e numerose verso l'abitato di Adro. La presenza di tali circolazioni idriche sospese testimoniano l'esistenza di corpi geologici a bassissima conducibilità idraulica verticale nel territorio di Adro in grado di fornire una protezione naturale alla falda principale profonda. Mentre la Falda Freatica Principale è governata dalle alimentazioni del fiume Oglio e quindi si sovrappone alla struttura geologica dell'anfiteatro morenico del Sebino, le falde sospese rappresentano generalmente la prosecuzione sotterranea di tale apparato morenico e dei relativi rimaneggiamenti fluvio-glaciali e, venendo alimentate dalle infiltrazioni meteoriche locali e del Monte Alto. La direzione di flusso delle falde sospese è controllata dall'assetto geologico dei corpi glaciali (acquiferi) in cui esse risiedono, e/o su cui (basi argillose) esse sono sostenute.

Nello stralcio di carta idrogeologica sotto riportata oltre all'andamento della falda principale profonda si riportano anche le isofreatiche delle falde sospese, dalle quali emerge come in corrispondenza della strada in progetto la soggiacenza della falda sospesa sia compresa tra circa 8÷10 m dal p.c. nel settore Nord e circa 30 m dal p.c. nel settore Sud altimetricamente più elevato.

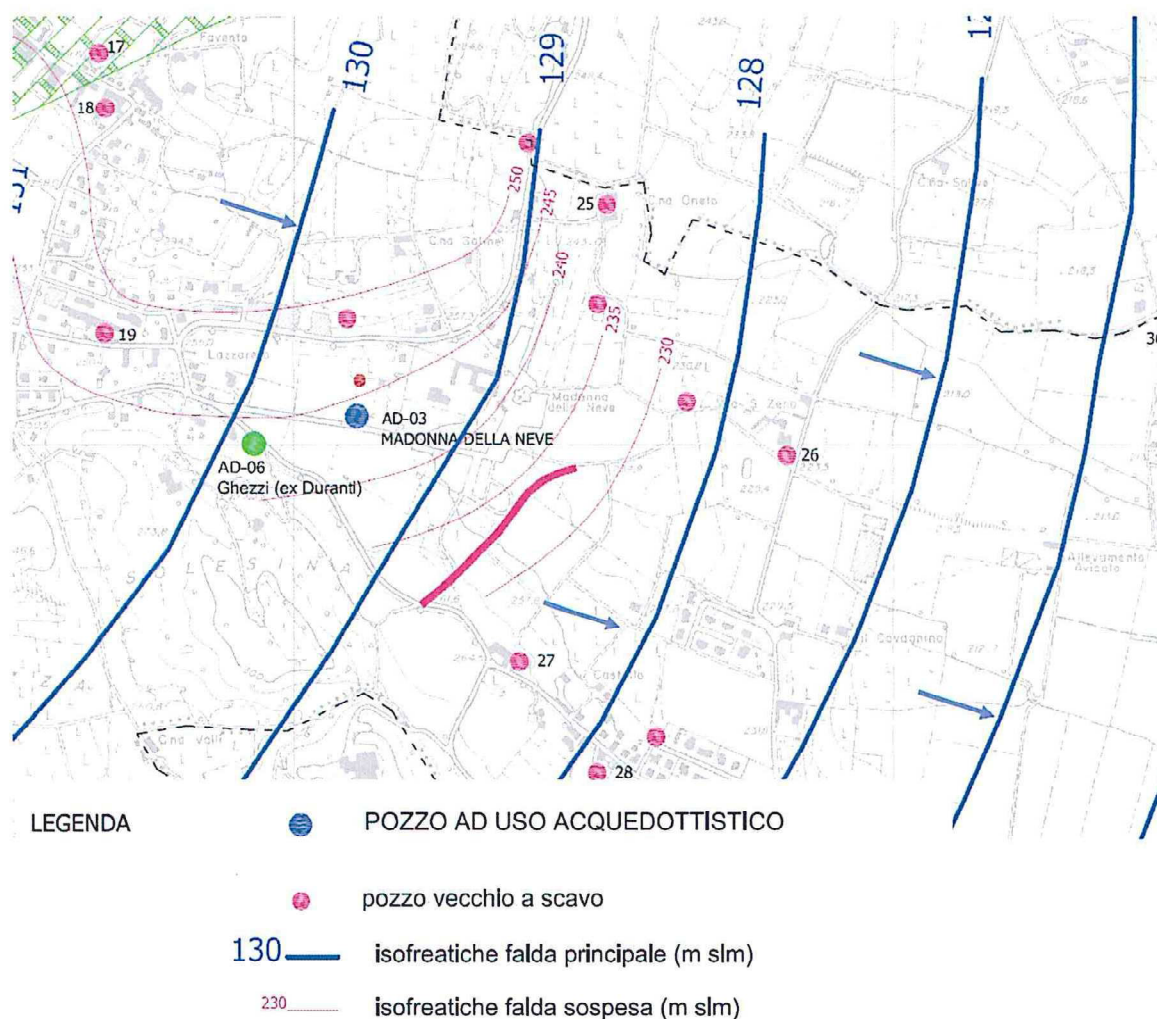


Figura 5: Estratto della Carta idrogeologica allegata al PGT comunale.
in viola il tracciato stradale in progetto

ASPETTI SISMICI DELL'AREA

Con l'introduzione dell'O.P.C.M. n. 3274 del 20 Marzo 2003 e succ. modif. sono stati rivisti i criteri per l'individuazione delle zone sismiche. Inoltre sono state definite le norme tecniche per la progettazione di nuovi edifici, di nuovi ponti, per le opere di fondazione, per le strutture di sostegno. La suddetta ordinanza riporta, sino alla deliberazione delle regioni (cosa che in Lombardia è avvenuto con la D.g.r. 11 luglio 2014 - n. X/2129), le nuove classificazioni sismiche individuate sulla base del documento "Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale". In particolare, l'intero territorio nazionale è stato suddiviso in quattro zone.

Nello specifico il territorio comunale di **ADRO** ricade, per quanto indicato in Allegato A della D.g.r. 11 luglio 2014 - n. X/2129 "elenco dei Comuni con indicazione delle relative zone sismiche e dell'accelerazione massima (a_{gmax}) presente all'interno del territorio comunale" in **ZONA 3**.

<i>ISTAT</i>	<i>Provincia</i>	<i>Comune</i>	<i>Zona Sismica AgMax</i>	<i>Ag_{max}</i>
03017002	BS	ADRO	3	0,138295

Il terreno indagato secondo lo schema presente nell'Ordinanza risulta appartenente alla categoria di **suolo di fondazione tipo B**, (Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità caratterizzati da valori di V_{s30} compresi fra 360 e 800 m/s (**NSPT >50, Cu > 250 Kpa**) così come specificato al paragrafo 3.1 del Capitolo 3 "Azione sismica" di dette norme.

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento V_R . In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo di fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T^*C periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per il calcolo dei valori sopra citati sono stati considerati i seguenti parametri in base al tipo di opera in progetto:

Vita nominale dell'opera VN: intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purchè soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata

Tabella 1 – Vita nominale v_n per diversi tipi di opere

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali -Strutture in fase costruttiva ¹	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

L'opera in progetto appartiene alla Classe d'uso II: costruzioni il cui uso preveda NORMALI AFFOLLAMENTI.

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un **periodo di riferimento V_R** che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la **vita nominale N_V** per il **coefficiente d'uso C_U** :

$$V_R = V_N \times C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella seguente Tabella:

Tabella n. 2 -Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0.7	1.0	1.5	2.0

Se $V_R \leq 35$ anni si pone comunque $V_R = 35$ anni

Dopo aver definito la Vita Nominale e la Classe d'uso è possibile, quindi, calcolare il **Periodo di riferimento per l'azione sismica V_R** come:

$$V_R = V_N \times C_U = 50 \times 1,0 = 50 \text{ anni}$$

Tabella 3 -riassuntiva

tipo di costruzione	2
vita nominale	≥ 50
classe d'uso	II
coefficiente C_U	1,0
vita di riferimento $V_r = V_n \times C_u$	50

CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

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

Tabella n.4 -Categorie topografiche

Categoria topografica	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 $i \leq 15^\circ \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA

Per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E il *coefficiente di Amplificazione stratigrafica* (S_s) e il *coefficiente funzione della categoria di sottosuolo* (C_c) possono essere calcolati in funzione dei valori di F_0 (Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e T_c^* (Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale) relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella seguente Tabella, nella quale g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi:

Tabella n. 5 -Espressioni di S_s e di C_c

CATEGORIA SOTTOSUOLO	S_s	C_c
A	1.00	1.00
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 * F_0 \text{ ag/g} \leq 1.20$	$1.10 * (T_c) - 0.20$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 * F_0 \text{ ag/g} \leq 1.50$	$1.05 * (T_c) - 0.33$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 * F_0 \text{ ag/g} \leq 1.80$	$1.25 * (T_c) - 0.50$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 * F_0 \text{ ag/g} \leq 1.60$	$1.15 * (T_c) - 0.40$

AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico ST riportati nella seguente Tabella, in funzione delle categorie topografiche definite in Tabella n.1 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Tabella n. 6 -Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica ST

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	ST
T1		1.0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	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 ST assume valore unitario.

L'elaborazione dei dati è stata effettuata mediante l'utilizzo del programma **GEOSTRU**, da cui sono stati ottenuti i seguenti **parametri sito-specifici**:

Determinazione dei parametri sismici	
Coordinate WGS 84	
Lat.	45,615196
Long.	9,9776331
Classe dell'edificio	
II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...	
Vita nominale	50

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento per l'azione sismica: 50 anni

Coefficiente c_u : 1,0

In funzione della probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} vengono calcolati i valori ag , F_0 , T^*C e del periodo di ritorno:

Tabella 7 – Probabilità di superamento P_{VR} al variare dello stato limite considerato

Stati limite		PVR	Periodo di ritorno (anni)	ag (g) valori nominali	F_0	T^*C (sec)
SLE esercizio	Operatività SLO	81%	30	0,038	2,435	0,210
	Danno SLD	63%	50	0,051	2,379	0,231
SLU ultimo	Vita SLV	10%	475	0,136	2,459	0,274
	Collasso SLC	5%	975	0,174	2,493	0,285

Dove:

SLE = stati limite di esercizio

SLO = stato limite di operatività: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

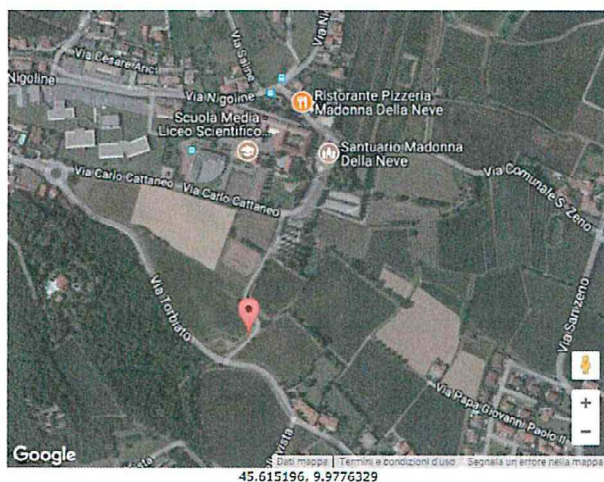
SLD = stato limite di danno: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità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

SLU = stati limite ultimi

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

SLC = stato limite di prevenzione del collasso: a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli nei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Tabella n. 8 - Coefficienti sismici stati limite



☒ Visualizza vertici della
maglia di appartenenza

(1)* Il software converte i dati dal sistema WGS84 al sistema ED50, prima di elaborare i risultati è comunque possibile inserire direttamente le coordinate nel sistema ED50. I punti sulla mappa sono da considerarsi esclusivamente in coordinate WGS84.
(2)* Il file creato con "Salva file" può essere importato automaticamente negli applicativi GeoStru.

Stato Limite	Tr [anni]	a_2 [g]	Fo	Tc' [s]
Operatività (SLO)	30	0,038	2,435	0,210
Danno (SLD)	50	0,051	2,379	0,231
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,136	2,459	0,274
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,174	2,493	0,285
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

CALCOLO COEFFICIENTI SISMICI

☐ Muri di sostegno
 ☐ Paratie

☒ Stabilità dei pendii e fondazioni

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m)

 us (m)

Categoria sottosuolo

 Categoria topografica

	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss *	1,20	1,20	1,20	1,20
Amplificazione stratigrafica				
Cc *	1,50	1,47	1,43	1,41
Coeff. funz categoria				
St *	1,00	1,00	1,00	1,00
Amplificazione topografica				

☐ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,009	0,012	0,039	0,050
kv	0,005	0,005	0,020	0,025
Amax [m/s²]	0,448	0,604	1,603	2,048
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA E GEOTECNICA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE

Le conoscenze geologiche acquisite dallo scrivente riguardo le caratteristiche medio generali del territorio comunale dell'area, hanno permesso di ricostruire l'assetto litostratigrafico del sottosuolo e, contestualmente, di **fornire una prima caratterizzazione geotecnica di massima dei terreni interessati dalle opere in progetto. Per la caratterizzazione geotecnica di dettaglio si rimanda a specifiche indagini geotecniche mediante prove penetrometriche e/o sondaggi esplorativi**

Modello litostratigrafico del sottosuolo

Il sottosuolo dell'area investigata si presenta caratterizzato da un orizzonte superficiale (**ORIZZONTE A**) caratterizzato da sabbie e ghiaie grossolane con ciottoli in matrice limoso-argillosa fino ad almeno 4-5 m dal p.c.

Nella seguente tabella, viene riportato il profilo geotecnico dei livelli riconosciuti, suddivisi in base delle seguenti caratteristiche: litologia prevalente, stato di addensamento e proprietà fisico-meccaniche; per ciascuna grandezza fisica considerata, è stato riportato un range di valori di riferimento.

Orizzonte A – SABBIE E GHIAIE GROSSOLANE CON CIOTTOLI IN MATRICE LIMOSO-ARGILLOSA (da 0,0 m a 4-5 m da piano campagna)			
Parametri	Simbolo	Unità di misura	Valore
Addensamento			costipato
Peso di volume	g	t/m ³	1,9
Angolo di attrito	Ø	°	33
Coesione non drenata	Cu	Kg/cm ²	/
Modulo elastico	E	Kg/cm ²	250-300
Densità relativa	Dr	%	65-70

Nella seguente tabella, viene riportato per ogni orizzonte individuato il valore caratteristico * di resistenza al taglio ottenuto analiticamente partendo dai valori medi sopra riportati:

Orizzonte A

Ø'm	33° valore medio
Ø'k	33° valore caratteristico*
Ø'd	27° valore di progetto

*il valore caratteristico k rappresenta la soglia al di sotto della quale si colloca non più del 5% dei valori desumibili da una serie teoricamente illimitata di prove. Nel caso specifico è stato determinato il valore caratteristico dell'angolo di attrito

I valori caratteristici di Ø' sono determinabili con la seguente relazione:

$$\text{Ø}'k = \text{Ø}'m (1 + C_x V \text{Ø})$$

dove:

ϕ'_k = valore caratteristico dell'angolo di attrito interno;

ϕ'_m = valore medio dell'angolo di attrito;

$V\phi$ = coefficiente di variazione (COV) di ϕ' , definito come il rapporto fra lo scarto quadratico medio (deviazione standard) e la media dei valori di ϕ ;

C = parametro dipendente dalla legge di distribuzione della probabilità e dalla probabilità di non superamento adottata.

L'Eurocodice 7 fissa, per i parametri della resistenza al taglio, una probabilità di non superamento del 5%, alla quale corrisponde, per una distribuzione di tipo gaussiano, un valore di $C = -1,645$.

Di conseguenza la precedente relazione diventa:

$$\phi'_k = \phi'_m (1 - 1,645 V\phi)$$

° coefficiente di variazione $=V\phi$ = rapporto fra lo scarto quadratico medio e la media dei valori

Si riportano per completezza alcune importanti precisazioni riportate nelle Istruzioni del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (CSLP) sulle NTC 2008

A) Valori caratteristici circa uguali ai valori medi

Nelle valutazioni che il geotecnico deve svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato, secondo il CSLP, il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno (in fondazioni superficiali o in una frana il volume interessato dalla superficie di rottura è grande), con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti.

B) Valori caratteristici circa uguali ai valori minimi

Valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici appaiono più giustificati nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno (ad es. terreno di base di un palo, verifica a scorrimento di un muro), con concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo, o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti a causa della sua insufficiente rigidità. La scelta di valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici può essere dettata anche solo dalle caratteristiche dei terreni; (ad esempio, effetto delle discontinuità sul valore operativo della resistenza non drenata).

Una migliore approssimazione nella valutazione dei valori caratteristici può essere ottenuta operando le opportune medie dei valori dei parametri geotecnici nell'ambito di piccoli volumi di terreno, quando questi assumano importanza per lo stato limite considerato.

I valori di progetto (ϕ_d) di ϕ sono determinabili invece con la seguente relazione:

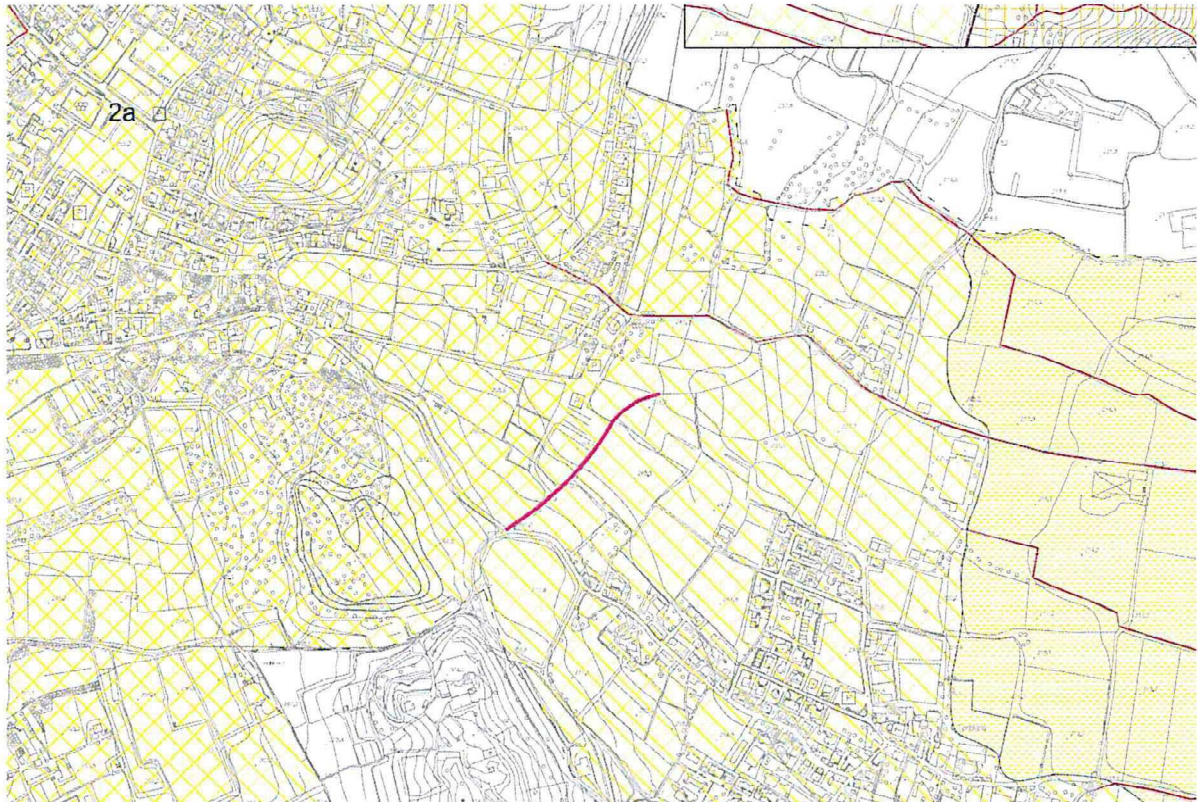
$$\phi_d = \tan^{-1} \left(\frac{\tan \phi_k}{1,25} \right)$$

dove:

ϕ_k = valore caratteristico dell'angolo di attrito interno

VERIFICA DELLA VINCOLISTICA E DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA AI SENSI DELLA D.G.R. 2616/2011

LA CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA, redatta ai sensi della L.R. 12/05 e allegata al PGT, attribuisce all'area in esame una **CLASSE DI FATTIBILITÀ 2a "fattibilità con modeste limitazioni"** (indicata in giallo).



CLASSE 2 FATTIBILITA' CON MODESTE LIMITAZIONI

2a

sottoclasse 2a
(depositi morenici, depositi alluvionali d'ombra e coni di deiezione)

2b

sottoclasse 2b
(argille lacustri della conca inframorenica loc. Fornace-Quattrovie)

Fig.6: Estratto della carta della fattibilità geologica del PGT comunale.
In viola il tracciato stradale in progetto

Dall'analisi sismica di 1° livello del PGT comunale, l'area in esame viene identificata come zona "Z4c": zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (vedi carta della pericolosità sismica del PGT comunale in fig.7).

Per l'area in esame risulta inoltre che il fattore di amplificazione sismica F_a locale < del valore di F_a soglia comunale previsto dalla Regione Lombardia.

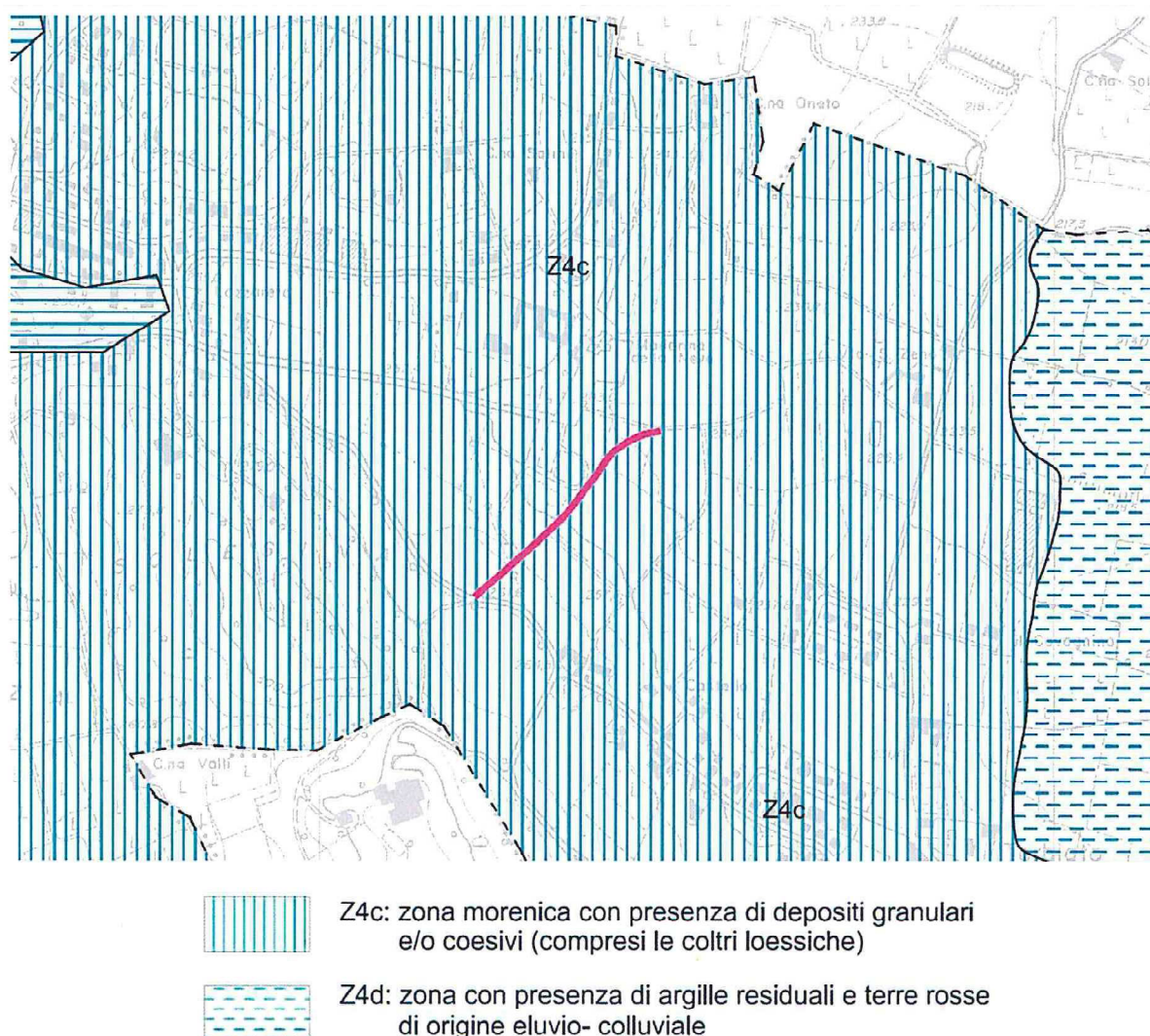
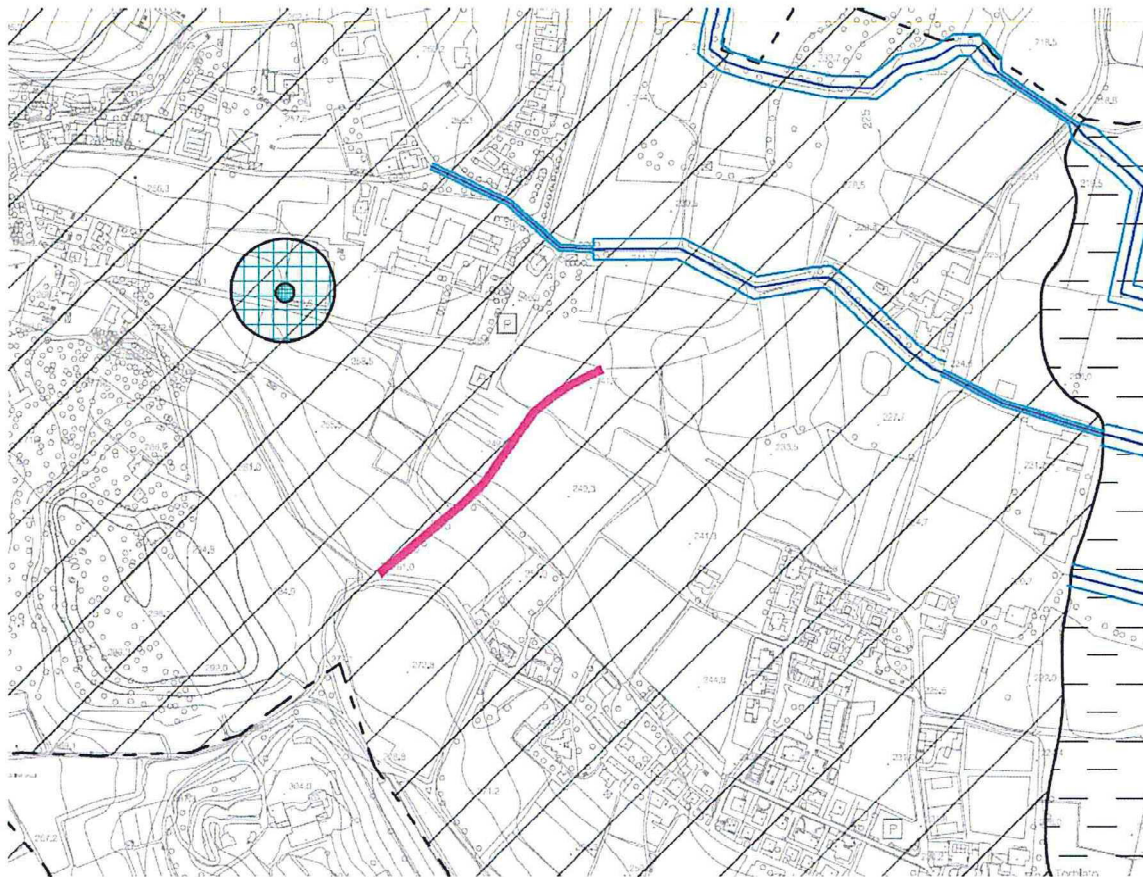





Fig. 7: Estratto della carta della pericolosità sismica del PGT comunale.
In viola il tracciato stradale in progetto

Si precisa inoltre che l'area di intervento non ricade ne nella aree a vincolo idrogeologico (L.R. 05/04/76 e L.R. 33/88 e) ne nelle aree perimetrate PAI, come visibile nella carta di sintesi e dei vincoli riportata in fig. 8.



Anche il Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) - Direttiva Alluvioni 2007/60/CE, non individua alcun scenario di pericolosità per l'area in esame (vedi in allegato estratto carta della pericolosità – fonte: sistema informativo Regione Lombardia).



VINCOLI

-  Vincoli di polizia idraulica
(DGR 7/7868 del 25.01.02 e DGR 7/1390 del 01.08.03)
-  Aree di salvaguardia pozzi ad uso acquedottistico
(DGR 6/15137 del 27.06.96 e D.lgs n.152/06)
-  Vincolo idrogeologico
(L.R. 05.04.76 n.8 e L.R. n. 33/88)

SINTESI

-  Area Montuosa
(substrato roccioso e coperture quaternarie addossate)
-  Depositi glaciali
(depositi morenici, depositi alluvionali d'ombra e con di deiezione)

*Fig.8: Estratto della carta di sintesi e dei vincoli del PGT comunale.
In viola il tracciato stradale in progetto*

CONCLUSIONI

L'indagine eseguita ha permesso di giungere ad una buona caratterizzazione degli aspetti geologici, idrogeologici, litostratigrafici e sismici dell'area indagata, permettendo di ritenere le condizioni riscontrate favorevoli all'intervento di progetto. Dal punto di vista geologico-tecnico, nulla osta all'esecuzione dei lavori, purchè si verifichino puntualmente le condizioni del sottosuolo in fase esecutiva.

Si suggerisce l'esecuzione di scavi esplorativi e di prove penetrometriche lungo il tracciato di progetto che accertino la natura e composizione del terreno di substrato.

Si rimane quindi a disposizione per ulteriori approfondimenti di indagine in modo da definire le caratteristiche geomeccaniche dei terreni di sottofondo.

Orzinuovi, 30/10/2017

Geol. Guido Torresani

