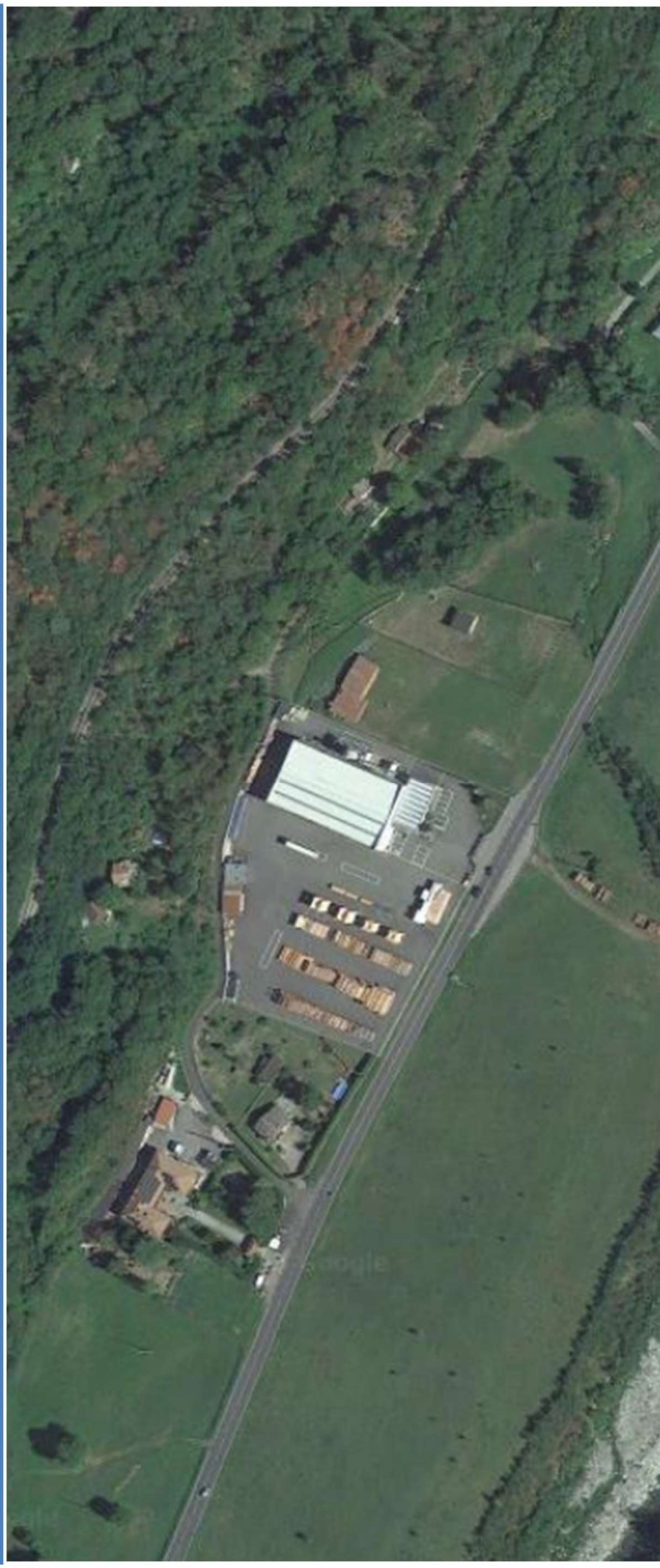
Elaborato:
RELAZIONE GEOLOGICA E
DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

OPERE ESTERNE PER L'ADEGUAMENTO DEL PIAZZALE ESISTENTE ALLE MUTATE ESIGENZE AZIENDALI – VIA NAZIONALE 3, COMUNE DI SONICO (BS)

27 APRILE 2023



Dott.ssa Miriam Toaldo | Geologa
Cell: 3476922951
E-mail: miriamtoaldo@gmail.com
C.F.: TLDMRM90S42B563D – P.I.: 05032150285
Iscrizione Albo Geologi Regione Veneto n°859

SOMMARIO

1 PREMESSA E QUADRO NORMATIVO 2

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO 3

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO 4

4 ASPETTI RELATIVI ALLA SISMICITÀ 6

4.1 BREVE CENNO AL QUADRO NORMATIVO 6

4.2 SORGENTI SISMOGENETICHE E SISMICITÀ STORICA 7

4.3 PERICOLOSITÀ SISMICA 9

5 AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA E TOPOGRAFICA 15

6 INDAGINE IN SITO E MODELLAZIONE GEOLOGICA 17

7 FATTIBILITÀ GEOLOGICA E VINCOLI 19

8 COMPATIBILITÀ IDRAULICA 22

8.1 RIFERIMENTI NORMATIVI 22

8.2 INQUADRAMENTO RISPETTO A PAI E PGRA 23

8.3 VALUTAZIONI SITO-SPECIFICHE 25

8.4 INTERVENTI DI REGIMAZIONE IDRAULICA E STUDI A SUPPORTO 28

9 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE 32

1 PREMESSA E QUADRO NORMATIVO

Il presente documento costituisce la relazione geologica e di compatibilità idraulica funzionale al progetto di adeguamento del piazzale esistente di proprietà dell'azienda Segheria Bianchi Pietro Eredi s.a.s.. Oggetto di approfondimento sono gli aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici, sismici e idraulici del lotto interessato dalle nuove opere. L'intervento in esame prevede la trasformazione dei luoghi verso la nuova destinazione d'uso commerciale mediante l'ampliamento del piazzale esistente per mutate esigenze dell'attività produttiva.

L'elaborato tecnico è stato redatto in ottemperanza alla seguente Normativa di riferimento ed alle successive raccomandazioni:

• ORDINANZA DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO 20.03.2003 N°3274 (G.U. 08.05.2003 N°105) Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normativa tecnica per le costruzioni in zona sismica;

• ORDINANZA DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO 28.04.2006 N°3519 Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone;

• D.G.R. IX/2616 DEL 30 NOVEMBRE 2011 Aggiornamento dei "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della L.R. 11 marzo 2005, n. 12", approvati con D.G.R. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con D.G.R. 28 maggio 2008, n. 8/7374;

• D.G.R. 11 LUGLIO 2014 - N. X/2129 Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r.1/2000, art. 3, c. 108, lett. d);

• LEGGE REGIONALE L.R.N. 33/2015 Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche e D.G.R.5001/2016 Nuova zonazione sismica;

• DIRETTIVA ALLUVIONI 2007/60/CE – D. Lgs. 49/2010;

• D.G.R. 19/06/2017, n. X/6738 Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza, ai sensi dell'art. 58 delle norme di attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del bacino del fiume Po così come integrate dalla variante adottata in data 7 dicembre 2016 con deliberazione n. 5 dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po;

• D.M. 17.01.2018 Aggiornamento alle "Norme Tecniche per le Costruzioni";

• CIRCOLARE ESPLICATIVA DELLE NTC 2018 – 11/02/2019 Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

• Norme di Attuazione del Piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI) – Interventi sulla rete idrografica e sui versanti;

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

• Progetto di Variante al PAI del Fiume Oglio Sopralacuale da Sonico alla confluenza nel lago d'Iseo" per adeguamento dell'Elaborato n. 8 del PAI al nuovo quadro conoscitivo risultante dalle integrazioni introdotte dalle Mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) del Distretto idrografico del fiume Po (2020);

• Relazione idraulica del Progetto definitivo-esecutivo delle opere di regimazione idraulica e messa in sicurezza del fiume Oglio a firma dell'Ing. Croci – ETATEC STUDIO PAOLETTI S.r.l..

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area di interesse si trova nella piana alluvionale del fiume Oglio, in destra orografica della media Val Camonica e nello specifico in comune di Sonico (BS).
Il lotto oggetto di intervento ricade a bordo della strada statale SS42 del Tonale e della Mendola.
Le aree sono individuabili nella Carta Tecnica Regionale (CTR) al foglio D3 alla scala 1: 50.000 e alla sezione D3C2 alla scala 1: 10.000.

Figura 1. Inquadramento su ortofoto dell'area di interesse (Fonte: Google Earth)

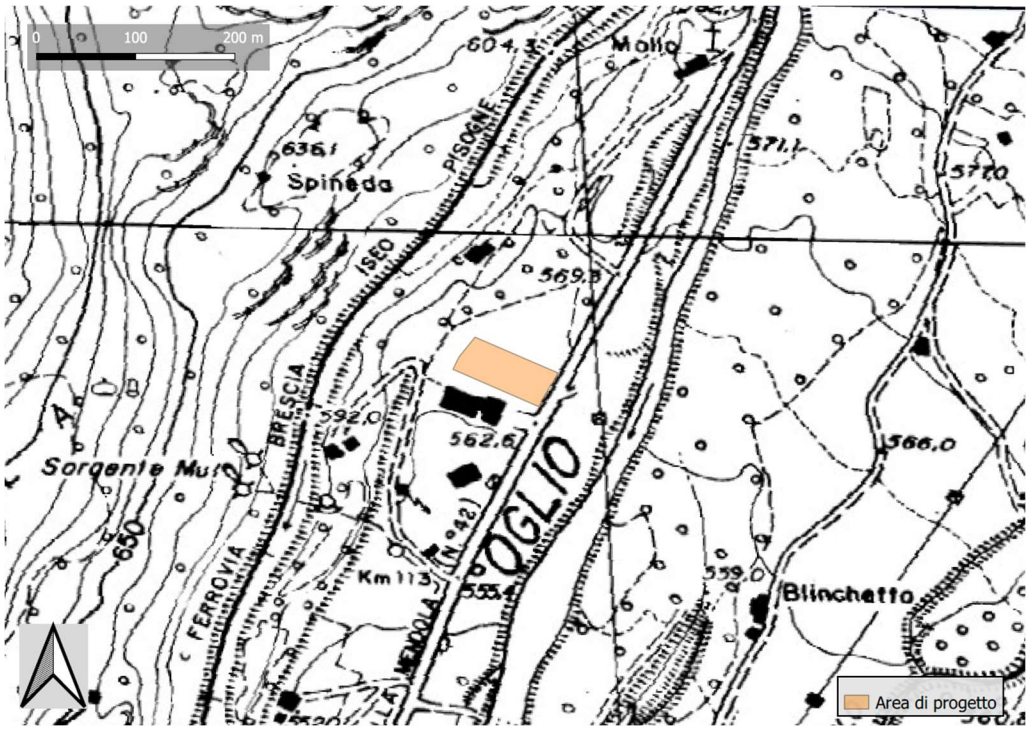


Figura 2. Inquadramento su CTR dell'area di interesse (Fonte: Geoportale Lombardia)

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

L'area su cui verrà realizzato l'intervento di progetto è caratterizzata dal punto di vista geolitologico, così come appurato sia dalla carta geologica del PGT comunale che dalla Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50'000, dalla presenza dei depositi alluvionali del fiume Oglio, appartenenti al gruppo dei depositi continentali neogenico-quaternari. Essi costituiscono la coltre detritica che forma la piana alluvionale e rappresentano pertanto quei materiali deposti durante le divagazioni dell'alveo.

Si tratta di depositi clastici sciolti che possono presentare a volte un certo grado di addensamento e sono in genere depositi grossolani costituiti in prevalenza da orizzonti di ghiaia e ciottoli, di ghiaia o ghiaia e sabbia, localmente intercalati da livelli di materiale più fine, legati ai fenomeni di esondazione, costituiti da sabbia e limo. Tali depositi, in funzione della loro granulometria prevalente possono presentare una permeabilità da media a elevata, e sono caratterizzati da discrete caratteristiche geotecniche.

In sponda idrografica destra, è presente la roccia affiorante: si tratta degli Scisti di Edolo.

Gli Scisti di Edolo comprendono micascisti e filladi di basso grado metamorfico; il litotipo più diffuso e caratterizzante la formazione è un micascisto grigio verde con superfici di alterazione rugginose e con una fitta alternanza di letti micacei e quarzoso – feldspatici bianchi.

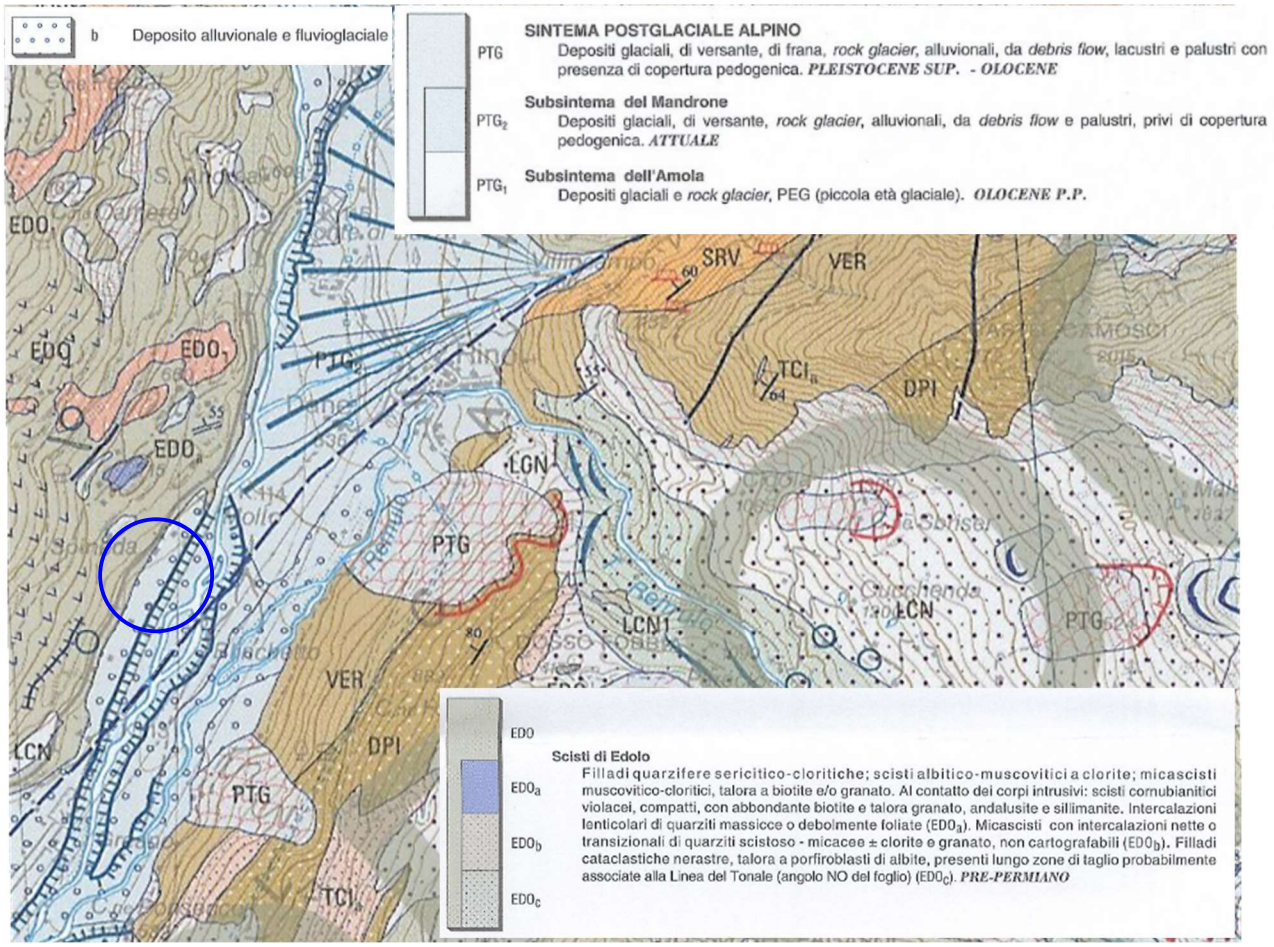


Figura 3. Stralcio della Carta Geologica ISPRA – Foglio 58 «Adamello»; in blu è evidenziata l'area di intervento

Dal punto di vista geomorfologico l'area è direttamente interessata dalle dinamiche del fiume Oglio. La carta della dinamica geomorfologica allegata al PGT Comunale evidenzia tratti di alveo sovralluvionati: i fenomeni di sovralluvionamento avvengono in concomitanza delle piene maggiori, soprattutto nel caso di fenomeni a carattere eccezionale quando i corsi d'acqua possono depositare ingenti volumi di materiale

sia lungo le sponde che in corrispondenza dell'alveo, provocando un locale innalzamento del fondo. Questo fenomeno porta a fenomeni di esondazione all'arrivo delle piene successive.

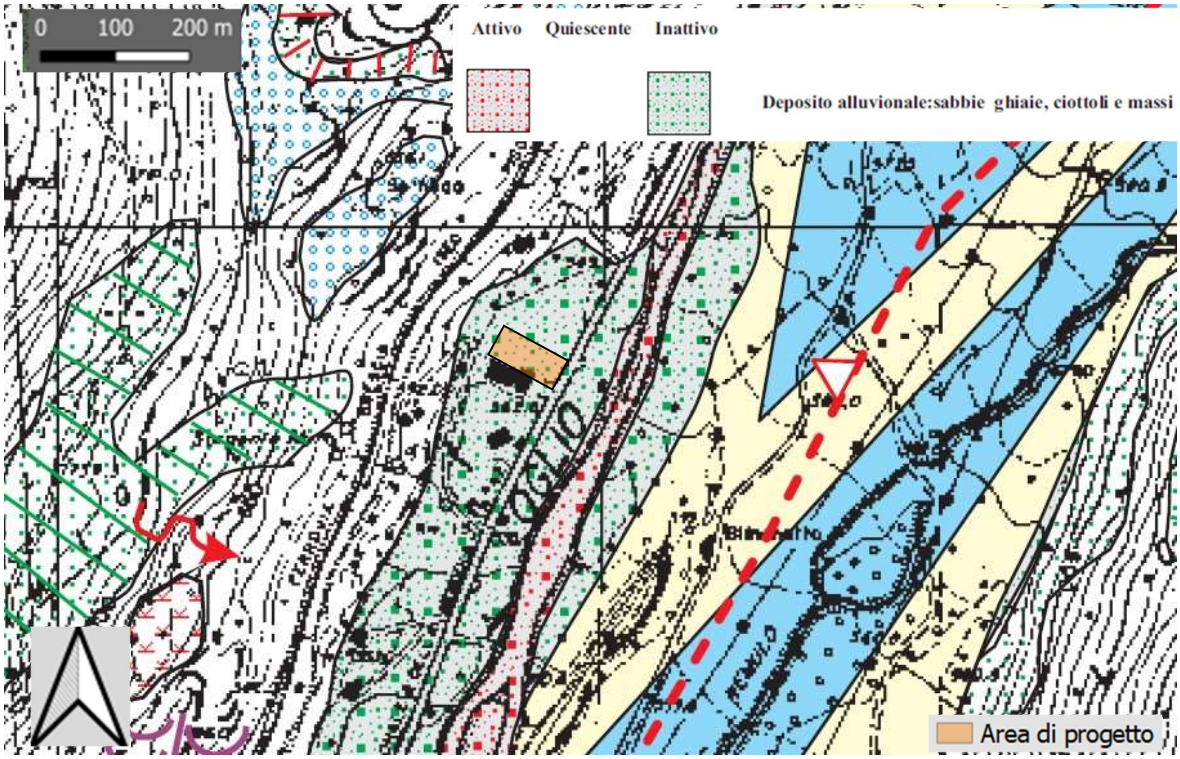


Figura 4. Stralcio della Carta Geomorfologica allegata al PGT di Sonico; in arancione l'area di intervento

Dal punto di vista idrogeologico, la cartografia a supporto del P.G.T. mostra che il sito di interesse ricade in un'area caratterizzata da una porosità primaria medio-elevata.

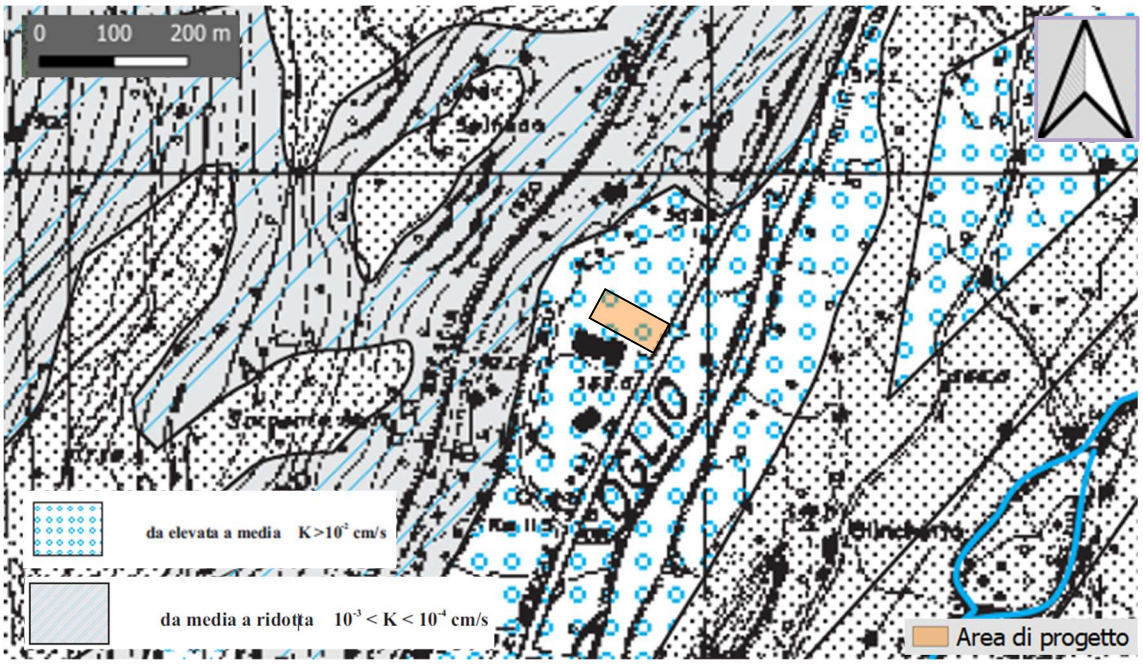


Figura 5. Stralcio della Carta Idrogeologica e del sistema idrografico del PGT di Sonico; in arancione l'area di intervento

Non è stata riscontrata presenza di acqua nello scavo. In linea generale si ritiene che la falda acquifera non interferirà con le profondità coinvolte dall'intervento in oggetto.

4 ASPETTI RELATIVI ALLA SISMICITÀ

4.1 BREVE CENNO AL QUADRO NORMATIVO

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003 introdusse le nuove classificazioni sismiche per tutto il territorio nazionale lasciando alle Regioni la facoltà di poter modificare i parametri del proprio territorio; il Comune di Sonico prima di tale data non era considerato Comune sismico. Tutto il territorio Nazionale è stato suddiviso in 4 zone sismiche, con grado di rischio decrescente da 1 a 4. La suddivisione in classi deriva dalla valutazione della pericolosità sismica su tutto il territorio nazionale, basata sul valore di accelerazione orizzontale massima al suolo, dovuta al sisma, con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni.
Con l'entrata in vigore della norma di cui sopra, tutto il territorio nazionale venne classificato sismico con differenti livelli di rischio; anche il Comune di Sonico entra in questa classificazione in zona sismica 4, associata a rischio basso. Recentemente, anche a seguito del forte evento sismico che ha colpito i territori delle province di Mantova e Modena, la Regione Lombardia ha approvato con il D.G.R. 11 luglio 2014 – n. X/2129 una nuova classificazione sismica del territorio regionale e gran parte dei comuni lombardi hanno variato la loro zona sismica. Con l'entrata in vigore nell'aprile 2016, il Comune di Sonico ricade in zona sismica 3.

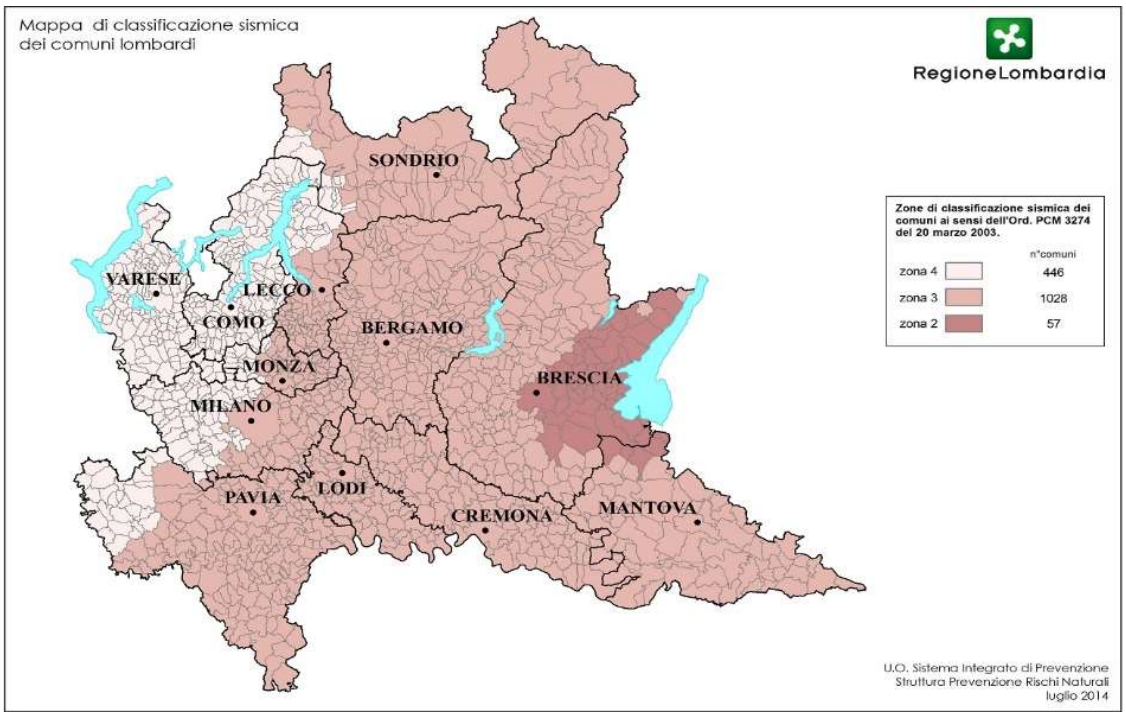


Figura 6. Mappa della classificazione sismica della Lombardia attualmente in vigore.

4.2 SORGENTI SISMOGENETICHE E SISMICITÀ STORICA

Prendendo in considerazione la zonazione sismo - genetica del territorio italiano ZS9, prodotta nel 2004 dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) utilizzata per la valutazione della pericolosità sismica, si riscontra che l'area in esame è esterna a qualsiasi zona sismogenetica.

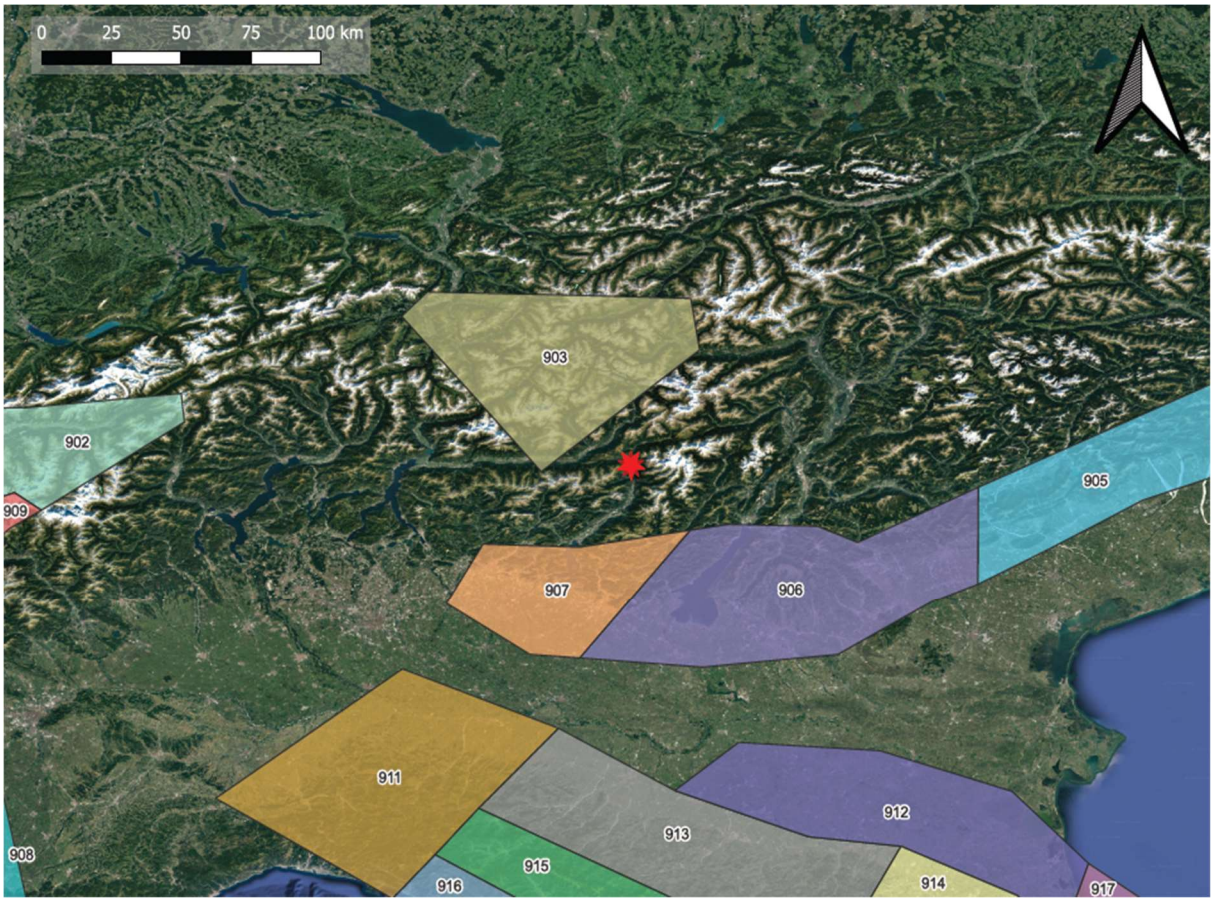


Figura 7. Indicazione del sito rispetto alla Mappa della zonazione sismogenetica ZS9

È stata inoltre eseguita un'interrogazione al DataBase Macrosismico Italiano chiamato DBMI15 (Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. 2016).

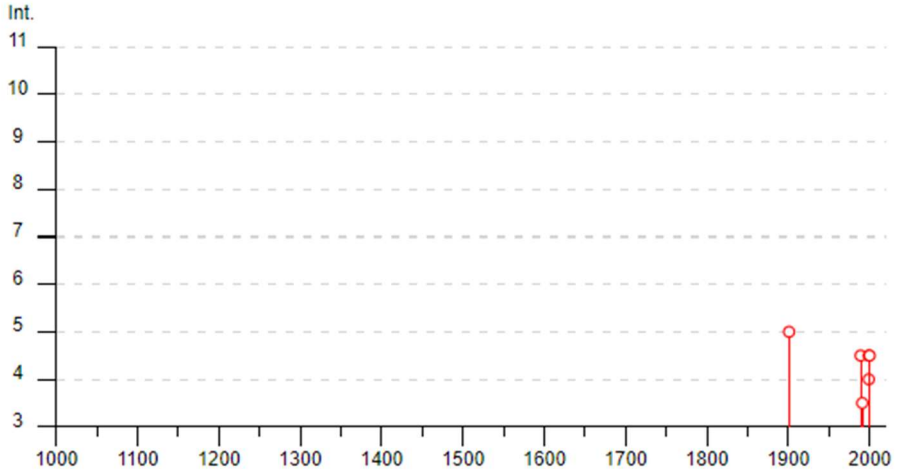
Questo Database indica una serie di intensità macrosismiche, prendendo in considerazione solo terremoti con intensità massima ≥ 5 e d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014.

La ricerca effettuata per il Comune di Sonico evidenzia la presenza di possibili effetti in 6 terremoti, con un'intensità epicentrale Io compresa tra 6 e 8, e una magnitudo momento Mw compresa tra 4,02 e 5,44.

Figura 8. Risultati dell'interrogazione al database macrosismico italiano DBMI15 per il Comune di Sonico

Sonico

PlaceID	IT_16950
Coordinate (lat, lon)	46.164, 10.354
Comune (ISTAT 2015)	Sonico
Provincia	Brescia
Regione	Lombardia
Numero di eventi riportati	6



▶ Personalizza il diagramma

Effetti	In occasione del terremoto del										
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	1901	10	30	14	49	5	Garda occidentale	289	7-8	5.44
4-5	1989	09	13	21	54	0	Prealpi Vicentine	779	6-7	4.85
3-4	1991	11	20	01	54	1	Grigioni, Vaz	468	6	4.70
4-5	1999	12	29	20	42	3	Alpi Retiche	74		4.78
4	1999	12	31	04	55	5	Alpi Retiche	99		4.11
4-5	2000	04	06	17	40	3	Alpi Retiche	40		4.02

Località vicine (entro 10km)

Località	EQs	Distanza (km)
Rino	1	2
Edolo	14	2
Monno	4	5
Malonno	5	6
Incudine	5	6
Berzo Demo (Berzo)	4	8
Corteno Golgi (Pisogneto)	8	9
Vezza d'Oglio	6	9
Cevo	3	9
Cedegolo	5	10

4.3 PERICOLOSITÀ SISMICA

Con riferimento alle NTC2018 "Norme tecniche per le costruzioni" la sismicità di base dell'area in esame è definibile in funzione del valore assunto dall'accelerazione massima attesa su suolo rigido per eventi con tempo di ritorno di 475 anni e probabilità di superamento del 10% in 50 anni, in corrispondenza dei nodi del reticolo di riferimento nazionale (Mappa interattiva di pericolosità sismica dell'INGV).

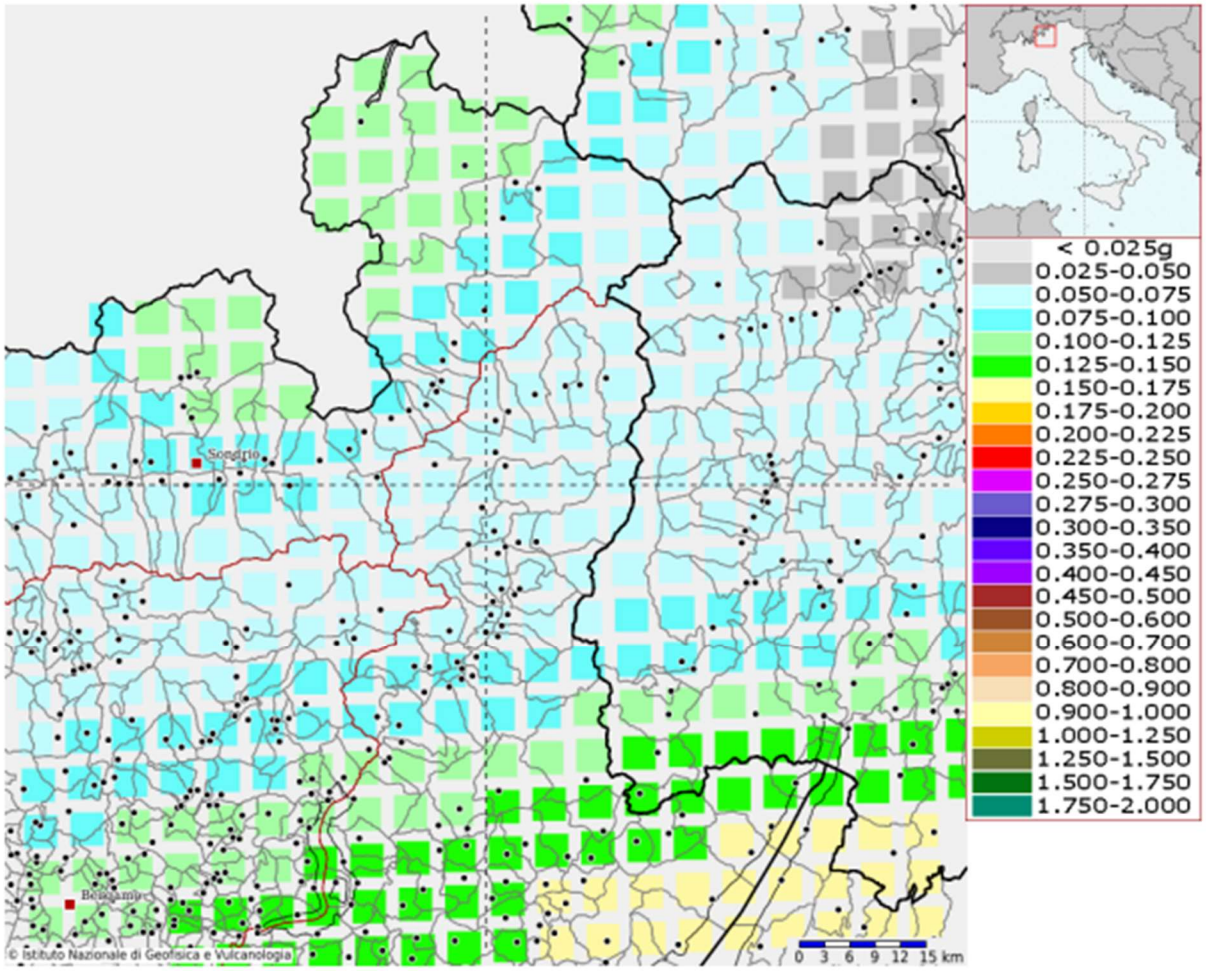


Figura 9. Stralcio Mappa interattiva di pericolosità sismica dell'INGV centrata sul Comune di Sonico.

Come si nota, il valore massimo dell'accelerazione di picco su suolo rigido per il sito d'indagine a cui corrisponde una probabilità di superamento del 10% in 50 anni, è compreso tra 0,050 g e 0,075 g.
Tale valore massimo (Agmax) in riferimento all'Allegato A della D.G.R. di Regione Lombardia n. X – 2129/2014 è il seguente:

ISTAT	Provincia	Comune	Zona Sismica	AgMax
03017181	BS	SONICO	3	0,058974

Secondo la mappa interattiva di pericolosità sismica dell'INGV, nel territorio del Comune di Sonico sono attesi eventi sismici di Magnitudo (M) media pari a 5,13 per una distanza dal nodo (Coordinate del punto lat: 46.144, lon: 10.321) pari a 46.7 Km.

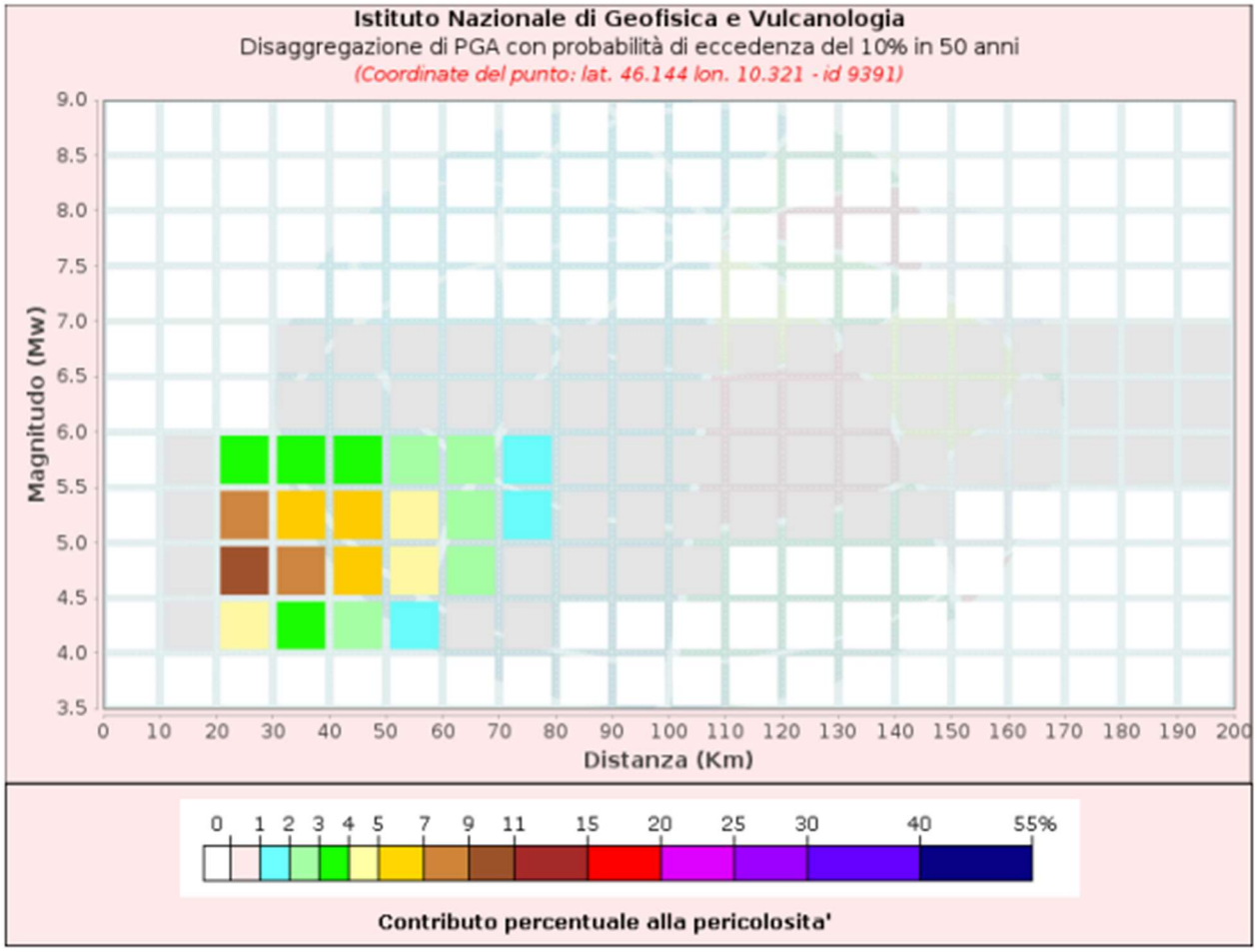


Figura 10. Disaggregazione della pericolosità sismica.

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.13	46.7	1.48

Per definire l'azione sismica di progetto, occorre determinare l'effetto della risposta sismica locale (RSL) mediante specifiche analisi che, in sintesi, si basano sulla definizione di amplificazione locale del fenomeno, i cosiddetti "effetti di sito". In assenza di analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento e sulle condizioni topografiche.

La normativa vigente identifica 5 categorie di sottosuolo, e la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio Vs, eq (m/s) definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = H / (\sum h_i / V_{si})$$

dove:

H= profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s;

hi = spessore (m) dello strato i-esimo cui corrisponde una velocità Vsi.

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.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio VS,eq è definita dal parametro VS,30, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

CATEGORIA	CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE/LITOLOGICHE
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 fine molto consistenti*** caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,eq compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	***Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti*** con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,eq compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	***Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti*** con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,eq compresi tra 100 m/s 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.

Figura 11. Categorie di sottosuolo secondo NTC2018

Inoltre vengono distinte 4 condizioni topografiche per tenere conto della morfologia del sito.

CATEGORIA	CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore uguale 15°.
T2	Pendii con inclinazione media maggiore di 15°.
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media compresa tra 15° e 30°.
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media maggiore di 30°.

Figura 12. Condizioni topografiche secondo NTC2018

Nell'ambito del PGT Comunale è stata redatta la Carta della PSL (Pericolosità Sismica Locale) di 1° livello, in cui vengono definite, sulla base della normativa regionale (Allegato 5 – Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio) le aree di potenziale amplificazione sismica.

L'area oggetto di intervento risulta interna agli scenari di amplificazione sismica Z4a: "Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi".

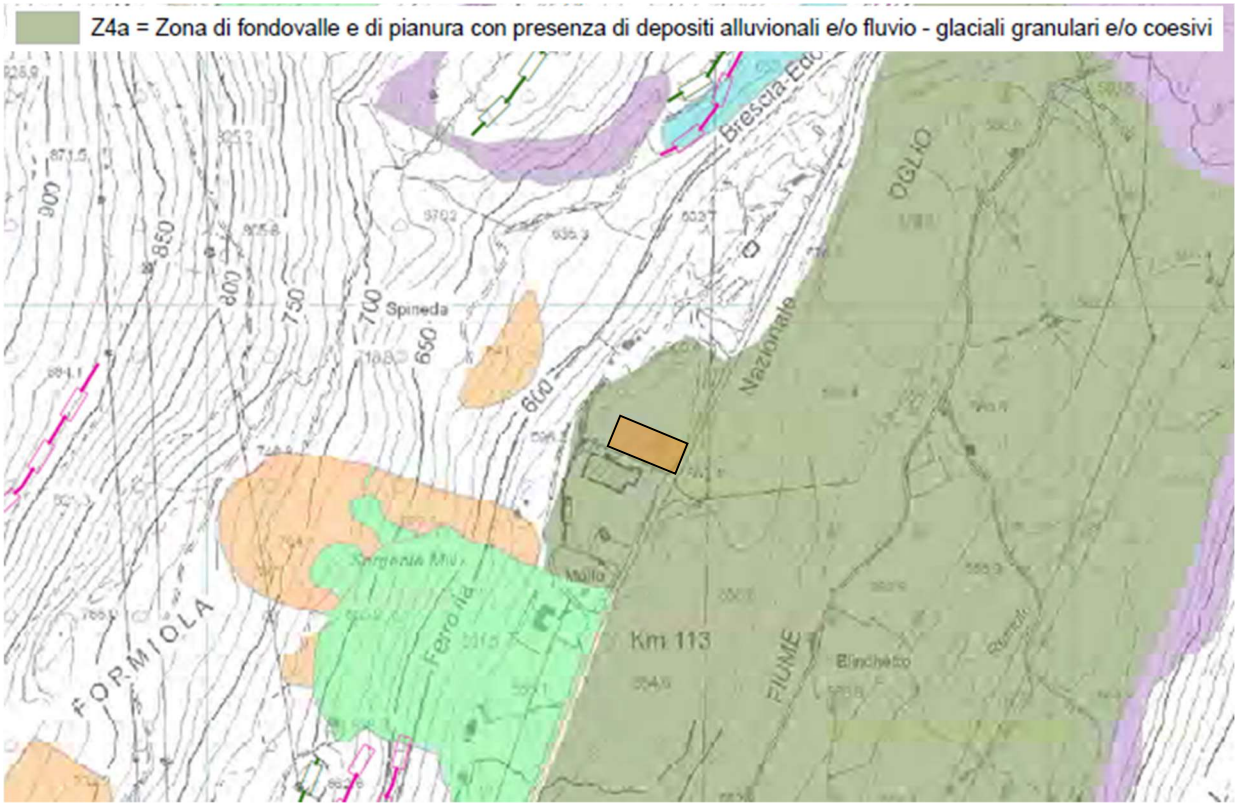


Figura 13. Stralcio della Carta PSL da P.G.T. Comunale; in evidenza il lotto in colore arancio

Secondo l'Allegato 5 della D.G.R. n. IX/2616/2011 di Regione Lombardia, i livelli di approfondimento sismico e le fasi di applicazione sono strettamente legati alla zona sismica nella quale ricade il Comune d'indagine, allo scenario sismico interessato e alla fase di progettazione.

Figura 14. Tabella di sintesi degli "adempimenti sismici" – da All.5 D.G.R. n. IX/2616/2011 di Regione Lombardia.

	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1^ livello fase pianificatoria	2^ livello fase pianificatoria	3^ livello fase progettuale
Zona sismica 2-3	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	- Nelle aree indagate con il 2^ livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1e Z2.
Zona sismica 4	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03)	- Nelle aree indagate con il 2^ livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1 e Z2 per edifici strategici e rilevanti.

PSL = Pericolosità Sismica Locale

Sulla base della tabella sopra, si evince che, per quanto riguarda il Comune di Sonico, inserito in classe sismica 3 e ricadente in quella specifica area in uno scenario di pericolosità Z4a, è necessario il 2^ livello di approfondimento.

Dal momento che non sono previste strutture, per la caratterizzazione sismica si è fatto riferimento allo studio geologico comunale che ha provveduto all'aggiornamento della componente sismica nel febbraio 2017.

Si è quindi considerata l'indagine MASW eseguita in corrispondenza della piana alluvionale, in un'area sempre classificata Z4a, a nord del sito in oggetto.

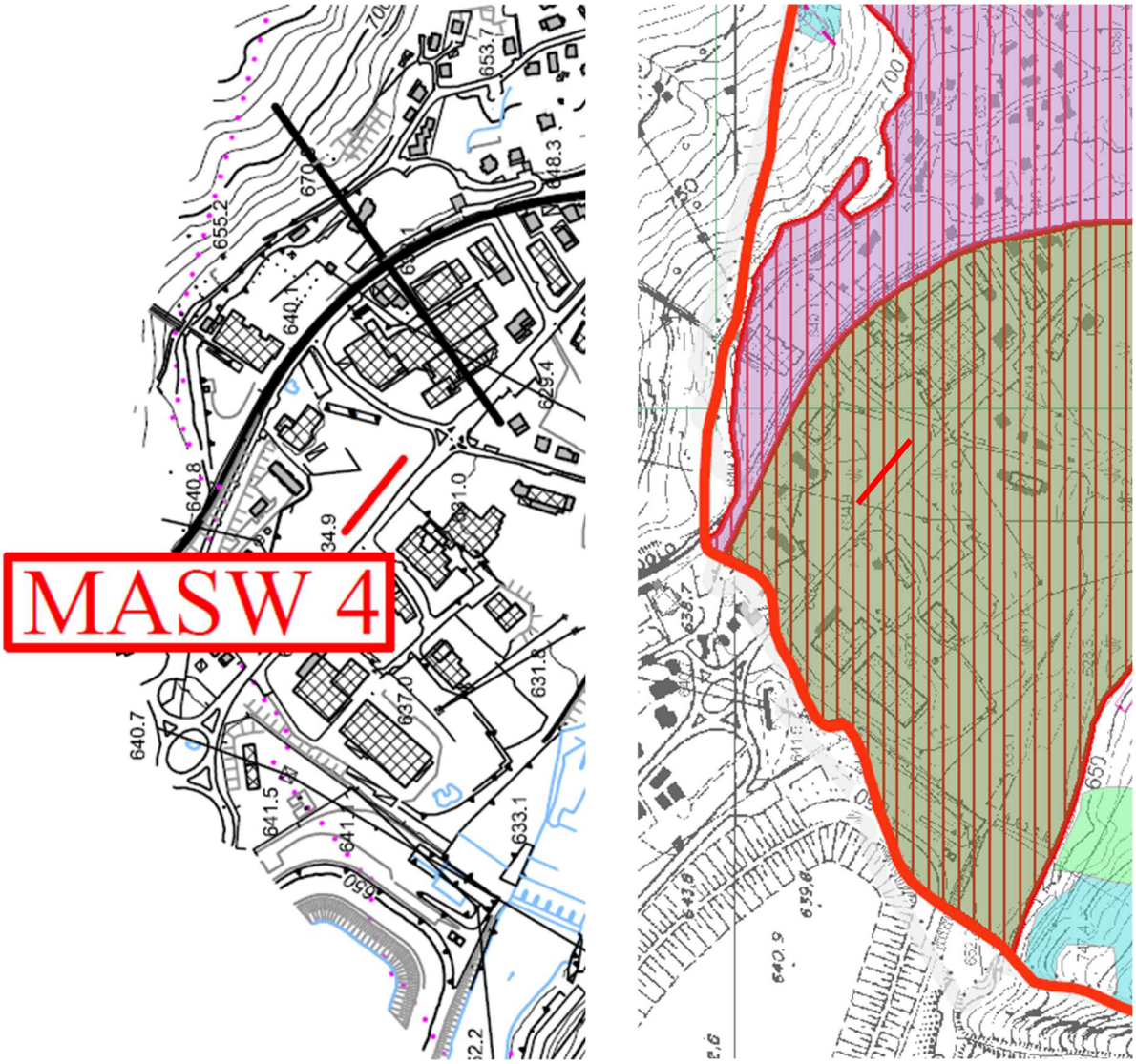


Figura 15. Estratto dello stendimento MASW da Carta di ubicazione delle indagini (a sx) e PSL (a dx) del PGT

Di seguito si riporta il grafico *velocità di fase (m/s)* vs *Frequenza (Hz)* che descrive il procedimento di inversione della curva di dispersione, estratto dal report di elaborazione della MASW.

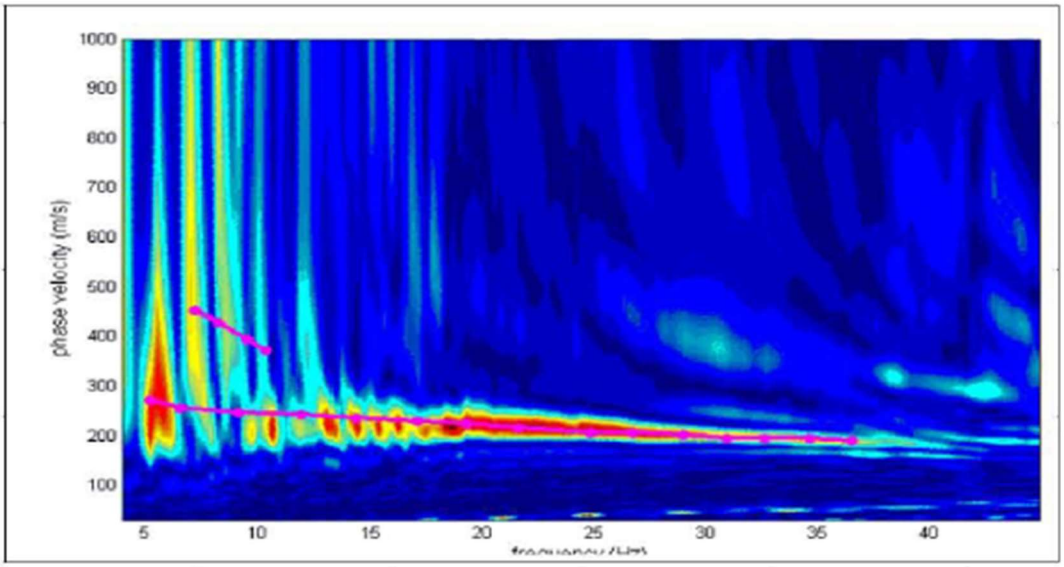


Figura 16. Processo di inversione della curva di dispersione (Phase Velocity vs Frequency)

Nella tabella che segue vengono mostrati i sismostrati significativi, che rappresentano la suddivisione in orizzonti geologici con un determinato spessore ai quali sono associati valori specifici di velocità delle onde Vs derivanti dall'elaborazione dei sismogrammi acquisiti in campagna.

TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi	VsX	G
0	.3	207	.0014	207	73
.3	.7	230	.0016	219	91
.7	3.8	200	.0156	203	68
3.8	8.8	260	.0192	232	119
8.8	14.1	320	.0167	259	186
14.1	25.7	250	.0464	255	109
25.7	31.5	280	.0206	259	140
31.5	45.1	459	.0297	298	413
45.1	50.1	634	.0078	315	858

VALORE CALCOLATO VS30 = 258 m/s

Figura 17. Elenco dei sismostrati individuati nell'ambito del report allegato al PGT

5 AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA E TOPOGRAFICA

In riferimento all'indagine MASW reperita dai documenti geologici a supporto della pianificazione urbanistica si assume ***la categoria di sottosuolo 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".***

Per quanto riguarda la categoria topografica, si è attribuito ***la categoria T1:" Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore uguale 15°".***

La definizione del moto sismico sul piano di fondazione avviene in termini di ordinate (Tb, Tc, Td) dello spettro di risposta elastico S_e(T) in riferimento a delle prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R, dato dal prodotto tra la vita nominale della costruzione V_N e il coefficiente d'uso C_u, funzione della classe d'uso della costruzione.

I valori di V_N e C_u sono riportati in apposite tabelle nelle NTC:

Tab. 2.4.I – *Valori minimi della Vita nominale* V_N *di progetto per i diversi tipi di costruzioni*

	TIPI DI COSTRUZIONI	Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Tab. 2.4.II – *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

Alle opere in progetto si è attribuita una Vita Nominale ≥ 50 anni e una classe d'uso II, a cui corrisponde un coefficiente C_u pari a 1. Pertanto il periodo di riferimento V_R è pari a 50 anni.

In funzione della probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento considerato, si ottengono i valori del tempo di ritorno dell'azione sismica TR riportati nella tabella seguente:

Stato limite	TR
Operatività SLO	30anni
Danno SLD	50 anni
Salvaguardia Vita SLV	475 anni
Prevenzione Collasso SLC	975 anni

Per il sito oggetto di intervento si ottengono, per i diversi tempi di ritorno TR, i valori dei parametri:
- ag: accelerazione orizzontale massima al sito;
- Tc*: periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;
- F0: valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.

Come visibile in Tabella 1 alla pagina seguente.

STATO LIMITE	T_r (anni)	a_g (g)	F_0 (-)	T_c* (s)
SLO	30	0,025	2,554	0,183
SLD	50	0,031	2,611	0,201
SLV	475	0,059	2,733	0,296
SLC	975	0,071	2,802	0,314

Tabella 1. Valori di a_g, F_0 e T_c associati agli stati limite da verificare

A partire dai valori di questi parametri, si possono ricostruire le ordinate dello spettro elastico in accelerazione delle componenti orizzontali, che sono riportate nelle NTC2018, e che andranno poi considerate nelle verifiche strutturali. Tali espressioni sono anche funzione del coefficiente S che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche, in funzione dei parametri caratteristici che definiscono l'amplificazione stratigrafica (Ss e Cc) e topografica (St).
Di seguito si riportano le tabelle delle NTC2018 dalle quali è possibile desumere il valore dei coefficienti Ss, Cc e St.

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°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Tab. 3.2.IV – *Espressioni di* S_S *e di* C_C

Categoria sottosuolo	S_S	C_C
A	1,00	1,00
B	$1{,}00 \le 1{,}40 - 0{,}40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1{,}20$	$1{,}10 \cdot (T_C^*)^{-0{,}20}$
C	$1{,}00 \le 1{,}70 - 0{,}60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1{,}50$	$1{,}05 \cdot (T_C^*)^{-0{,}33}$
D	$0{,}90 \le 2{,}40 - 1{,}50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1{,}80$	$1{,}25 \cdot (T_C^*)^{-0{,}50}$
E	$1{,}00 \le 2{,}00 - 1{,}10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1{,}60$	$1{,}15 \cdot (T_C^*)^{-0{,}40}$

I valori dei coefficienti sismici corrispondenti sono di seguito riportati (Tabella 2).

STATO LIMITE	Ss	Cc	St	kh	kv	Amax (m/s²)	β
SLO	1,5	1,84	1,00	0,008	0,004	0,370	0,200
SLD	1,5	1,78	1,00	0,009	0,005	0,451	0,200
SLV	1,5	1,57	1,00	0,018	0,009	0,870	0,200
SLC	1,5	1,54	1,00	0,021	0,011	1,049	0,200

Tabella 2. S_S, C_C, S_t, K_h, K_v, A_{max}, β per i diversi stati limite

6 INDAGINE IN SITO E MODELLAZIONE GEOLOGICA

Al fine di valutare la stratigrafia del sito, in data 28 marzo 2023 è stata eseguita una trincea esplorativa con mezzo escavatore, consentendo di verificare in maniera diretta il profilo di sottosuolo dell'area interessata dal progetto.

Figura 18. Fase di scavo con mezzo cingolato (in alto a sinistra), vista del terreno nel transetto (in alto a destra) e masso individuato nella porzione a est del lotto (in basso)

Dal transetto è stato possibile ricostruire la stratigrafia degli strati più superficiali; al di sotto della copertura vegetale, si ha evidenza di depositi alluvionali e di versante matrice-sostenuti, costituiti in prevalenza da limi sabbiosi subordinatamente argillosi. Con l'aumentare della profondità, a circa 1 metro dal locale piano campagna, si ha un arricchimento della frazione sabbiosa con presenza di massi e blocchi di varia natura, trasportati dalle piene del Fiume Oglio.
È stata inoltre eseguita una prova di permeabilità a carico variabile, dato necessario per il calcolo dell'invarianza; per tale aspetto si rimanda pertanto al documento dedicato.

Quanto di seguito riportato è stato dedotto da dati generali, riportati nelle cartografie ufficiali e da studi pregressi. Trattandosi, come già sopra esposto, di interventi di ridotta importanza, non si è proceduto ad eseguire indagini specifiche.
Sulla base delle evidenze durante il sopralluogo per la progettazione delle opere, i depositi sono essenzialmente costituiti da massi e ciottoli in matrice fine limoso-argillosa.
Per la parametrizzazione geotecnica, considerando la natura litotecnica dei depositi, si è deciso di fornire cautelativamente un angolo di attrito di 26-28°. Nel caso in cui l'area dovesse essere oggetto di opere diverse da pavimentazioni o simili, quali locali tecnici o strutture che prevedono un sovraccarico non trascurabile, si dovrà valutare l'esecuzione di specifiche indagini in sito, dal momento che il terreno superficiale presenta modeste caratteristiche dal punto di vista geotecnico.

7 FATTIBILITÀ GEOLOGICA E VINCOLI

Per quanto riguarda la fattibilità geologica, all'area di intervento è associata la classe di fattibilità 2, ovvero "Fattibilità con modeste limitazioni" e lo scenario di pericolosità sismica locale di tipo Z4a, ovvero *Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali*.

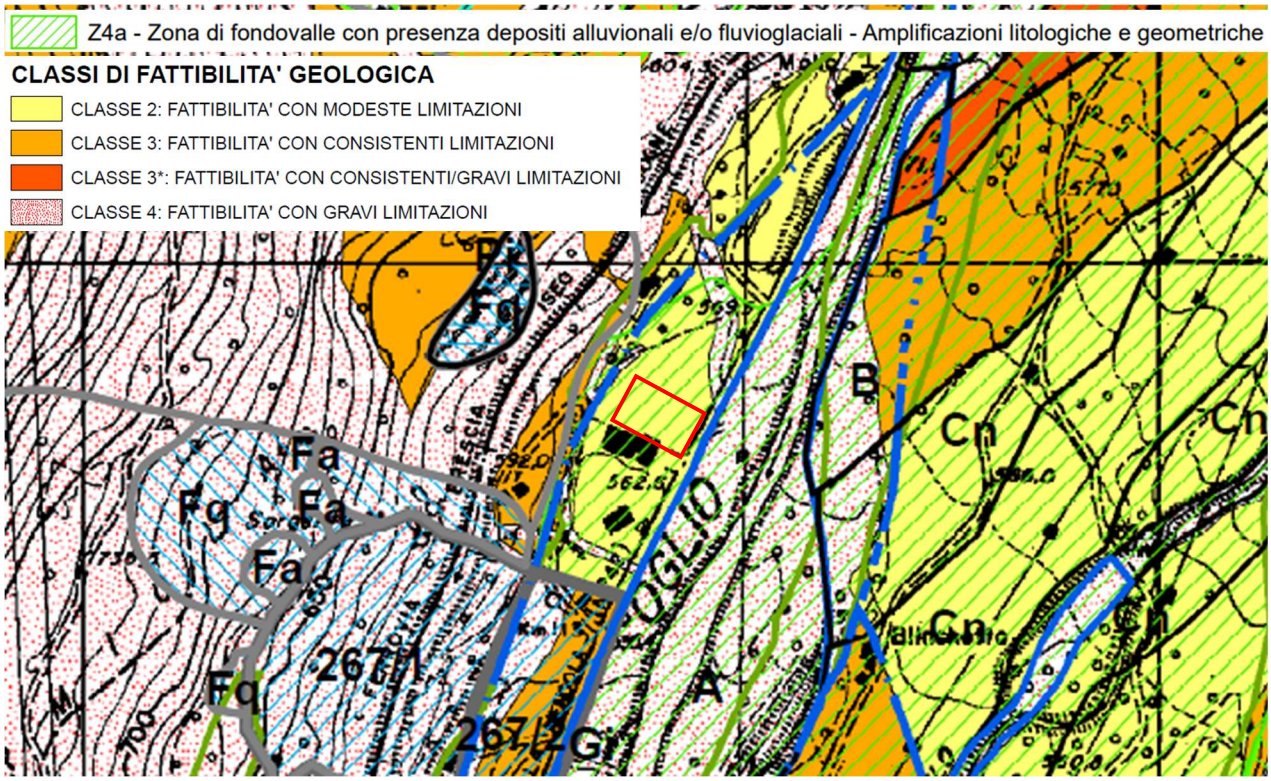


Figura 19. Estratto dalla Carta della Fattibilità della Variante al PGT di Sonico

Secondo la norma regionale, rientrano in questa categoria le aree nelle quali sono state rilevate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico-costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa. Per gli ambiti assegnati a questa classe devono essere indicati, nelle norme geologiche di piano, gli approfondimenti da effettuare e le specifiche costruttive degli interventi edificatori.

Nelle Norme Tecniche della Variante del comune di Sonico, si riportano le seguenti prescrizioni:

In Classe 2 ricadono le aree nelle quali sono state rilevate condizioni limitative, di modesta entità, alla modifica di destinazione d'uso dei terreni e a scopi edificatori, per superare le quali si rende necessario realizzare approfondimenti direttamente dipendenti dalla sottoclasse individuata, nonché dalle caratteristiche morfologiche dei luoghi in esame con riferimento a quanto contenuto nella carta di sintesi e nelle carte propedeutiche alla carta di sintesi (geologica, idrogeologica, geomorfologica, carta della dinamica geomorfologica) contenute nello studio geologico comunale redatto ai sensi della L.R. 41/97 del 1999.

Questa classe comprende:

- aree da debole a media acclività fino a 25° per terreni e 35° per le rocce;
- aree caratterizzate da terreni con potenziali problematiche geotecniche (terreni a variabilità granulometrico composizionale, con proprietà tecniche scadenti soprattutto in caso di parziale o totale saturazione, terreni a bassa permeabilità con potenziali problematiche legate al drenaggio

delle acque e con fenomeni di ristagno idrico, terreni di riporto di significativa ampiezza areale e spessore, di cui si ignora la reale composizione e stato di addensamento) individuate dalla sigla G, Gi (per potenziali problematiche legate alla manifestazione di fenomeni di ristagno idrico e per terreni con difficoltà di drenaggio) e Gr (per presenza di terreni di riporto);

- zone di possibile risalita del livello della falda e/o con bassa soggiacenza dei livelli della falda (sottoclasse Gi);
- zone prossime a scarpate morfologiche e ai versanti ripidi oggetto di potenziali fenomeni di instabilità;
- zone interessate in passato da fenomeni gravitativi limitati arealmente e ben circoscrivibili (piccoli smottamenti, aree in erosione) e/o legati allo scorrimento delle acque superficiali (ruscellamenti diffusi e concentrati), comunque di modesta entità stabilizzati e/o già bonificati con effetti verificati nel tempo;
- aree sub-pianeggianti con potenziali problematiche di carattere idrologico e idraulico, legate sia a fenomeni di esondazione (fascia C del ex PSFF dell'Autorità di Bacino) sia a potenziale tracimazione su conoide di tipo essenzialmente liquido - fangoso caratterizzate da basso grado di pericolosità (sottoclassi CnH1, CnH2).

In queste aree è consentito realizzare nuove edificazioni di carattere edilizio e interventi, nel rispetto delle normative urbanistiche vigenti, con le eventuali limitazioni che verranno evidenziate nelle relazioni geologiche e geologico-tecniche a supporto dei progetti stessi.

I progetti, con particolare riferimento a quelli edificatori, sono subordinati a indagini che devono evidenziare le possibili interferenze delle opere con le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrografiche, idrogeologiche e di stabilità esistenti al contorno.

Di seguito si riporta la Carta dei Vincoli del PGT di Sonico, nella quale sono indicate le zone di rispetto dei corsi d'acqua.

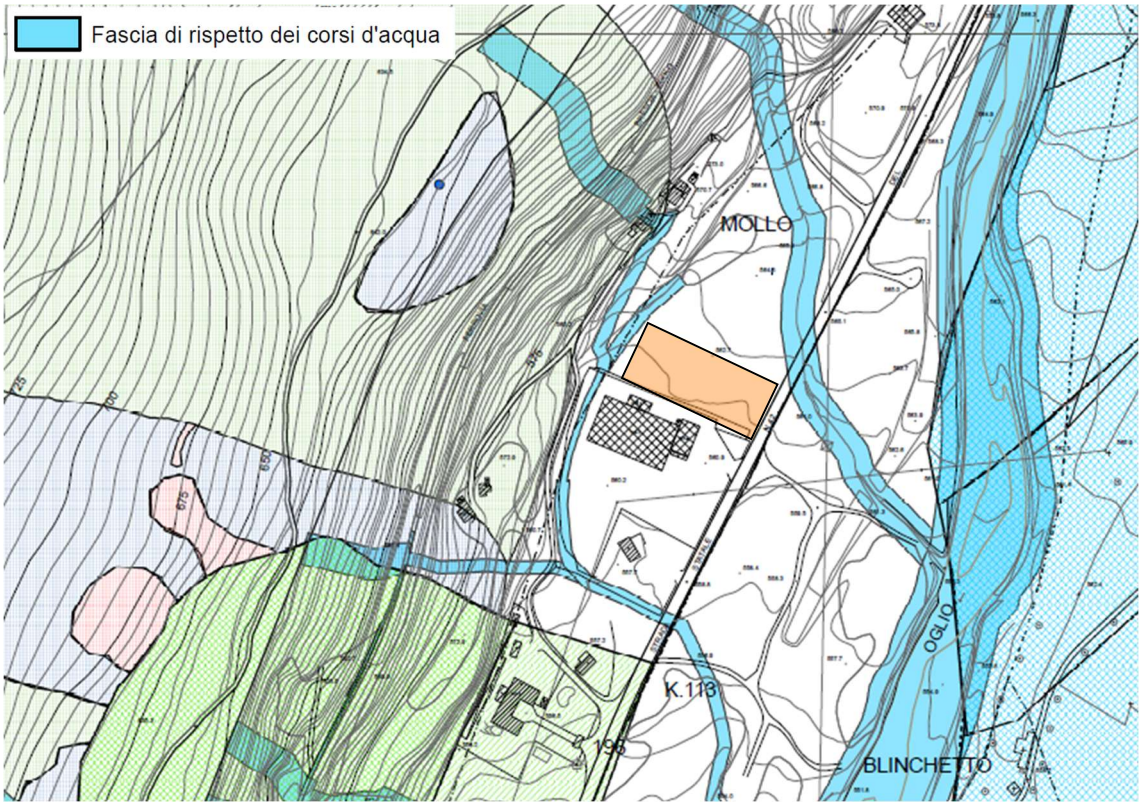


Figura 20. Estratto da Carta dei Vincoli della Variante al PGT di Sonico

Il lato orientale del lotto in oggetto risulta essere contiguo a un elemento del Reticolo Idrico Minore, ovvero Torrente Spineda codificato come 45-01-BS001 dalla Carta delle Criticità redatta nell'anno 2004, della quale si riporta uno stralcio di seguito.

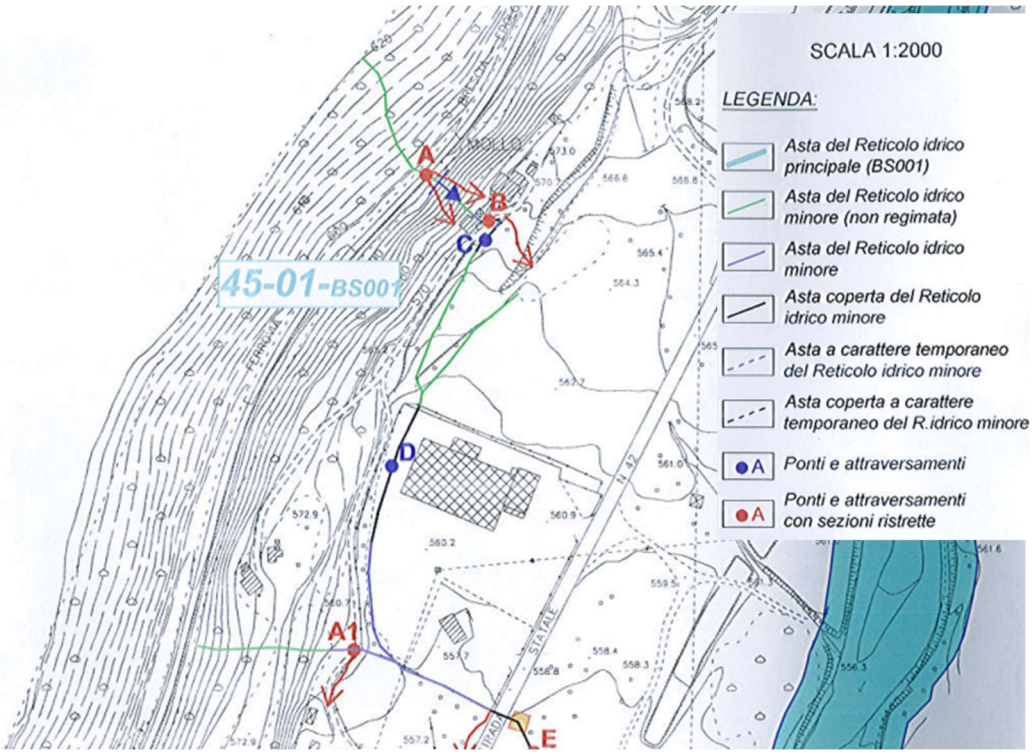


Figura 21. Estratto da Carta delle Criticità allegata alla revisione dello Studio Geologico

8 COMPATIBILITÀ IDRAULICA

8.1 RIFERIMENTI NORMATIVI

Il Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) è lo strumento operativo previsto dalla legge italiana, in particolare dal d.lgs. n. 49 del 2010, che dà attuazione alla Direttiva Europea 2007/60/CE, per individuare e programmare le azioni necessarie a ridurre le conseguenze negative delle alluvioni per la salute umana, per il territorio, per i beni, per l'ambiente, per il patrimonio culturale e per le attività economiche e sociali. Esso deve essere predisposto a livello di distretto idrografico. La prima revisione del 2° ciclo dei Piani di Gestione del Rischio Alluvioni (2022-2027) è stata adottata dalla Conferenza Istituzionale Permanente dell'Autorità di Bacino Distrettuale del fiume Po con delibera n. 5 del 20 dicembre 2021 e approvata con DPCM 1° dicembre 2022, con il contributo di Regione Lombardia (D.G.R. 5715 del 15 dicembre 2021).

Nella trattazione della tematica idraulica si sono consultati i seguenti documenti:

- Autorità di Bacino del fiume Po. "*Variante di aggiornamento della delimitazione delle Fasce fluviali del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino del fiume Po: fiume Oglio Sopralacuale da Sonico alla confluenza nel lago di Iseo*" ai fini dell'adeguamento dell'Elaborato n. 8 del PAI al nuovo quadro conoscitivo risultante dalle integrazioni introdotte dalle Mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) del Distretto idrografico del fiume Po (2020);
- PGRA – Piano di Gestione del Rischio Alluvioni dell'Autorità di bacino distrettuale del fiume Po;
- Norme di Attuazione del Piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI) – Interventi sulla rete idrografica e sui versanti.

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Bacino del Fiume Po (PAI), adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino con Deliberazione n. 18 del 26 aprile 2001, è stato approvato con DPCM del 24 maggio 2001. Obiettivo prioritario del PAI è la riduzione del rischio idrogeologico entro valori compatibili con gli usi del suolo in atto, in modo tale da salvaguardare l'incolumità delle persone e ridurre al minimo i danni ai beni esposti.

Il PAI, riguardo alla pericolosità e al rischio di alluvioni, contiene nell'Elaborato 8 la delimitazione delle fasce fluviali (Fascia A, Fascia B, Fascia B di progetto e Fascia C) dell'asta del Po e dei suoi principali affluenti, tra cui il F. Oglio. Inoltre, nell'Elaborato 7 "Norme di attuazione" sono contenute le norme alle quali le sopracitate aree sono assoggettate.
Nel 2013 sono state condotte attività di mappatura della pericolosità e del rischio di alluvione, consentendo di delimitare le aree allagabili per i diversi scenari di piena della Direttiva Alluvioni (Tr 500, 200 e 20 anni), e di valutare gli elementi esposti e le condizioni di rischio lungo l'intera asta fluviale.
Nel 2020 è stata approvata la "Variante di aggiornamento della delimitazione delle Fasce fluviali del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino del fiume Po: fiume Oglio Sopralacuale da Sonico alla confluenza nel lago di Iseo".

Le portate al colmo di piena per i diversi tempi di ritorno (TR 20, 200 e 500 anni) e i corrispettivi profili longitudinali delle quote idriche medie di massima piena e delle massime velocità medie di piena nelle diverse sezioni di deflusso sono definiti nell'elaborato "Profili di piena dei corsi d'acqua del reticolo principale" del PGRA. Tali valori derivano dalle analisi idrologiche e idrauliche effettuate nell'ambito dello Studio di fattibilità della sistemazione idraulica, e, anche in attuazione a quanto disposto nella Deliberazione di Comitato Istituzionale n. 12/2008 (Indirizzi e modalità per la revisione del quadro conoscitivo del PAI), costituiscono i valori di riferimento della presente Variante ed aggiornano quelli riportati nella Direttiva Piena di progetto del PAI.

La delimitazione delle fasce fluviali è stata aggiornata in coerenza con il metodo definito nel PAI (Allegato 3 alle Norme di Attuazione e Annesso alla Direttiva Sedimenti) e tenendo conto delle nuove conoscenze acquisite. Fra i dati che hanno contribuito in modo determinante a definire una delimitazione più dettagliata e confidente, sia dal punto di vista idraulico che dal punto di vista morfologico, vi sono quelli del DTM del 2008 del MATTM e del DTM con ortofoto del 2014 della Regione Lombardia.

8.2 INQUADRAMENTO RISPETTO A PAI E PGRA

Dalla consultazione del PAI vigente sul Geoportale Lombardia, l'intero lotto ricade nelle Aree Allagabili a tergo della fascia B di Progetto e in prossimità di una frana stabilizzata (**Fs**), presente appena a ovest del sito stesso.

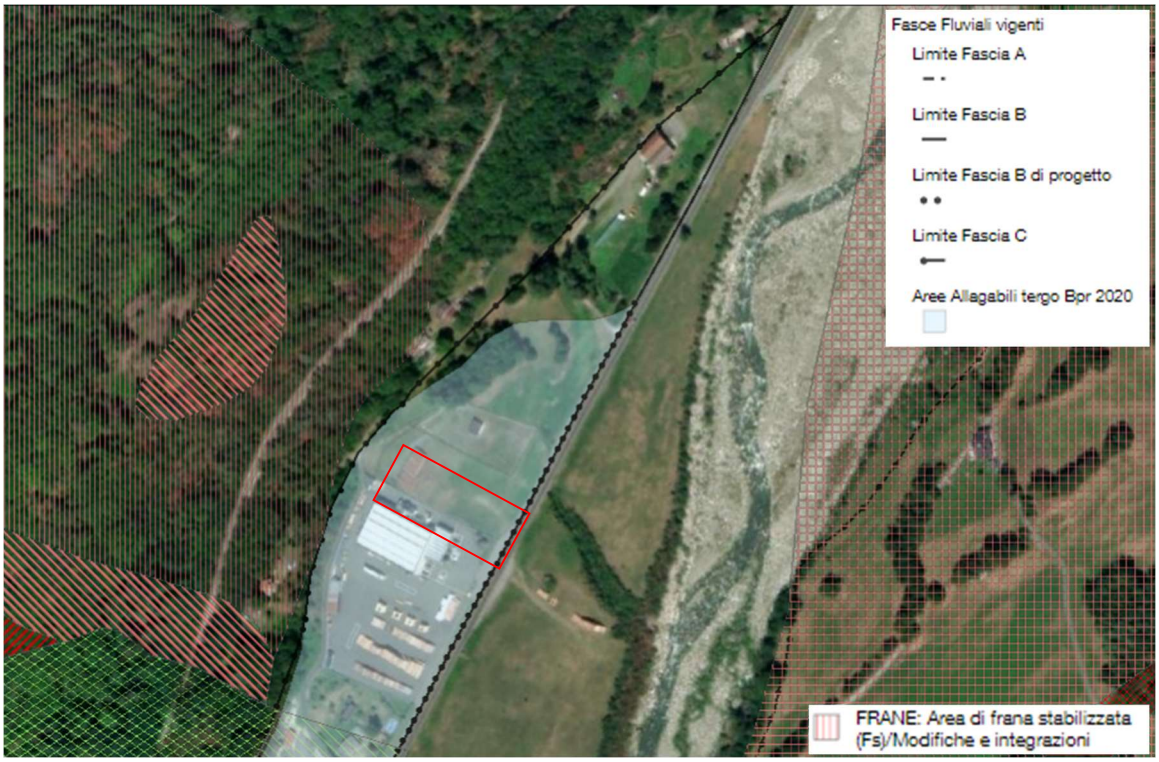


Figura 22. Estratto della cartografia del PAI su base ortofoto (Fonte: Geoportale Lombardia)

Poiché tali zone in destra idrografica del fiume Oglio, a valle della confluenza della Val Rabbia, sono risultate essere soggette a esondazione e allagamento, è stata posta una Fascia B di Progetto corrispondente al sedime della S.S. 42, in sostituzione della fascia B esistente.

A seguito dell'introduzione della variante d'asta sopra citata, che ha reso coerenti le fasce fluviali con le zone allagabili individuate dagli studi, la fascia B di progetto individua le aree che hanno necessità di realizzare opere di difesa e che, in virtù di questo, devono essere oggetto di valutazione.

Secondo la normativa vigente, fino alla realizzazione e collaudo delle opere di difesa necessarie, la valutazione di dettaglio di pericolosità e rischio connessi alla fascia B di progetto è demandata ai comuni.

In assenza di uno studio eseguito dal comune sul territorio di Sonico, si è proceduta alla valutazione sul singolo intervento.

Secondo le Mappe di pericolosità del Piano di Gestione Rischio Alluvioni sul Geoportale Lombardia rev. 2022, il lotto ricade all'interno dello scenario di pericolosità H, corrispondente ad aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti, all'interno dell'ambito territoriale del Reticolo principale di pianura e fondovalle (RP).

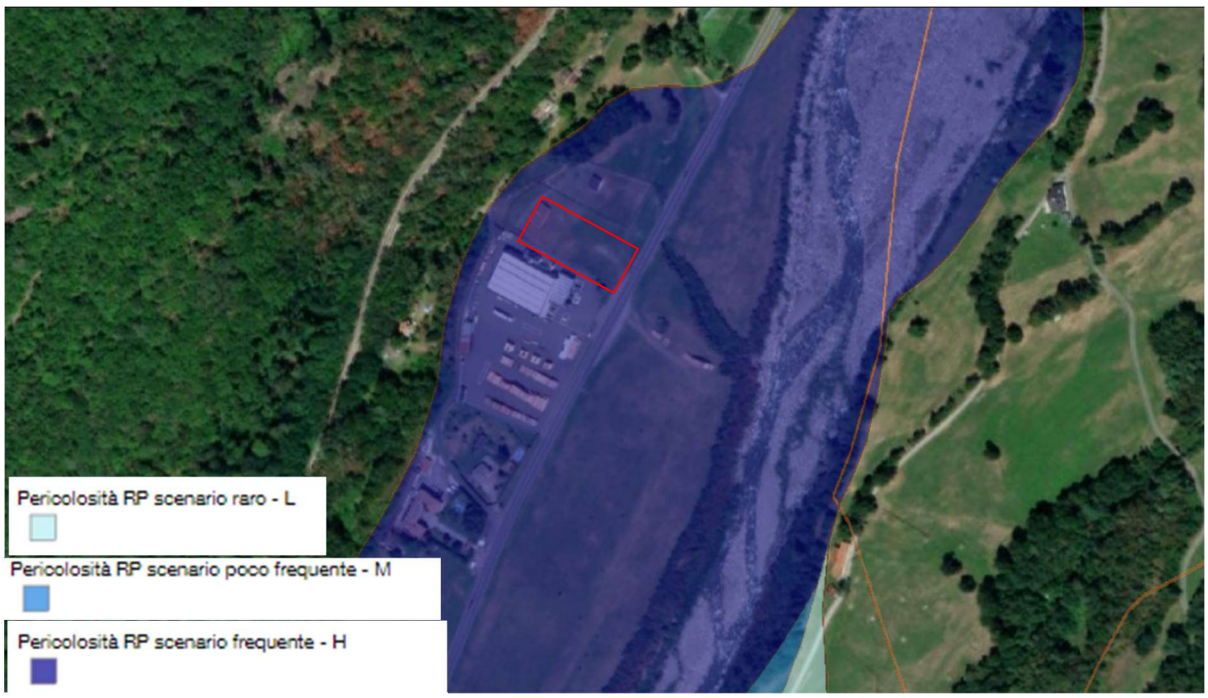


Figura 23. Estratto delle Mappe di pericolosità del PGRA su base ortofoto (Fonte: Geoportale Lombardia)

Nelle aree a valle della confluenza del Fiume Oglio con la Val Rabbia, emergono le seguenti criticità:

- presenza di insediamenti ed infrastrutture molto vicine al corso d'acqua, che spesso hanno ristretto l'alveo a dimensioni insufficienti ed inadeguate sia in relazione al deflusso delle portate di piena che in relazione ai processi di dinamica morfologica e di trasporto solido;
- inadeguatezza, soprattutto in corrispondenza dei centri abitati, delle opere di contenimento delle piene (generalmente muri arginali) che possono generare l'inondazione di significative parti di tessuto residenziale con tiranti significativi (anche 2 – 3 m) e velocità di deflusso elevate;
- presenza di diversi ponti inadeguati al deflusso delle portate di piena che concorrono ad incrementare le situazioni di rischio in corrispondenza di centri abitati ed insediamenti produttivi;
- condizioni di disequilibrio geomorfologico e delle dinamiche di trasporto solido con rilevanti processi di restringimento ed incisione dell'alveo;
- condizioni di elevata pericolosità da dinamica morfologica in corrispondenza dei tratti terminali in conoide degli affluenti principali;
- diffusa presenza di impianti di lavorazione di inerti all'interno delle fasce fluviali, con esigenze di riconversione ad impianti di betonaggio con utilizzo di rifiuti derivanti da attività di demolizione.

8.3 VALUTAZIONI SITO-SPECIFICHE

Di seguito si riportano le tabelle contenute nell'elaborato "*Profili di piena dei corsi d'acqua del reticolo principale*" del PGRA, relative al fiume Oglio sopralacuale. Il tratto di fiume Oglio che interessa il presente lotto è compreso tra le sezioni 063 e 062.

Sez.	Progr. (km)	T = 200 anni		Sez.	Progr. (km)	T = 200 anni		Sez.	Progr. (km)	T = 200 anni	
		Quota idrometrica (m s.m.)	Q (m3/s)			Quota idrometrica (m s.m.)	Q (m3/s)			Quota idrometrica (m s.m.)	Q (m3/s)
063	32.538	574.74		041	54.373	317.41		020	70.803	224.63	
062	33.538	543.55		040	55.233	307.69		019	71.503	222.62	

Figura 24. Estratto dell'elaborato "Profili di piena dei corsi d'acqua del reticolo principale" del PGRA, relativo ai valori di portata e ai livelli di piena del fiume Oglio nel tratto di interesse.

Si è inoltre consultato il servizio di mappa "Sezioni Trasversali corsi d'acqua" del Geoportale Lombardia, dove si mostra l'ubicazione delle sezioni trasversali dei corsi d'acqua e, interrogando le singole sezioni, è possibile visionare i dati associati relativi alla geometria dell'alveo, dei terreni circostanti e i relativi dati idraulici.

Dal servizio Webgis regionale si ha evidenza delle sezioni di cui sopra (OGS062 e OGS063) unitamente a una sezione in posizione intermedia, codificata come OGS_062_01, ricadente nel lotto immediatamente a sud a quello oggetto di studio.

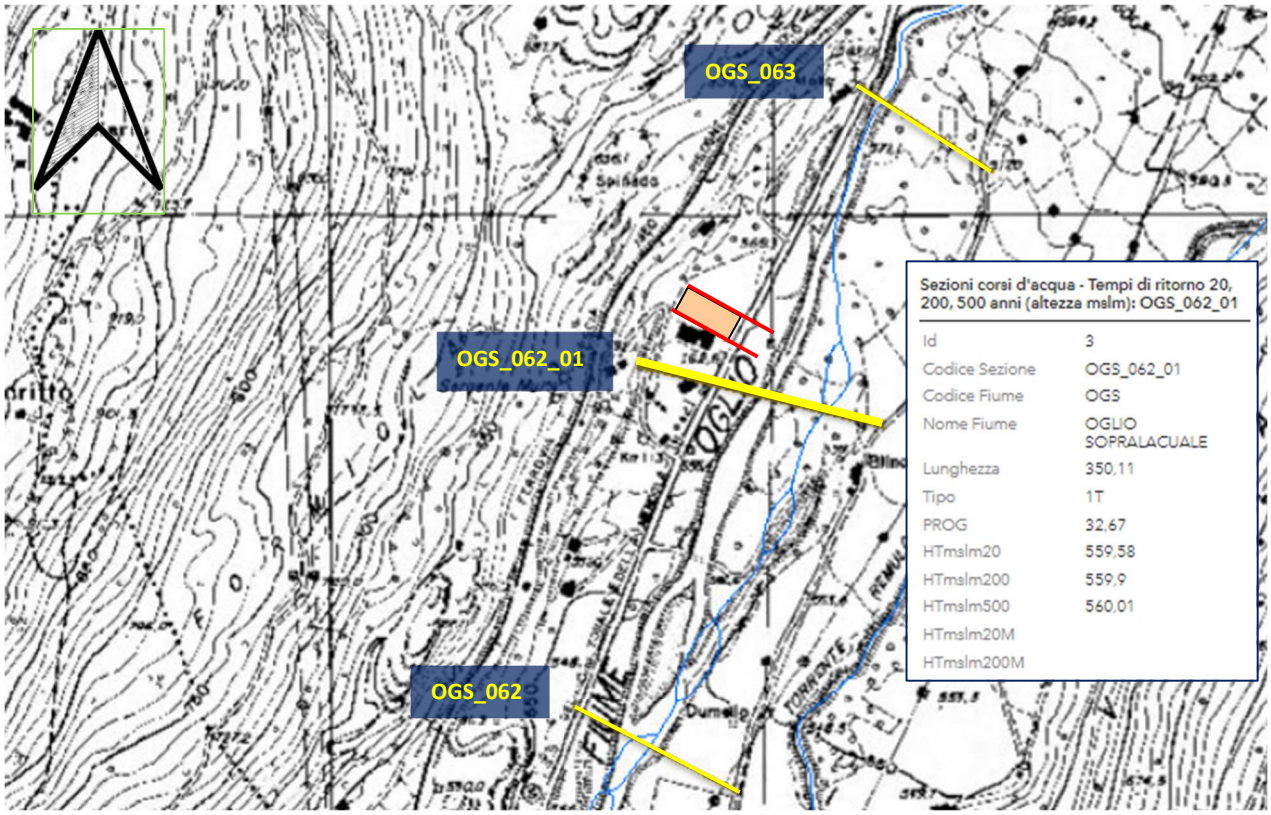


Figura 25. Estratto da Mappa delle Sezioni Trasversali corsi d'acqua sovrapposto alla Carta Tecnica Regionale (Fonte: Geoportale Lombardia)

Si assume che gli ipotetici profili delle sezioni lungo il lato di monte e valle della nuova area di manovra siano paragonabili alla sezione trasversale da Geoportale OGS_062_01, con la differenza di incremento di quota rispettivamente pari a 1,5m sul lato sud e 3,5m sul lato nord del lotto, rappresentati in maniera semplificata dai due segmenti in rosso nell'estratto sopra. Le quote del manto stradale a sud del lotto sono state reperite dal modello digitale del terreno DTM 5X5 ed. 2015 nel Geoportale.

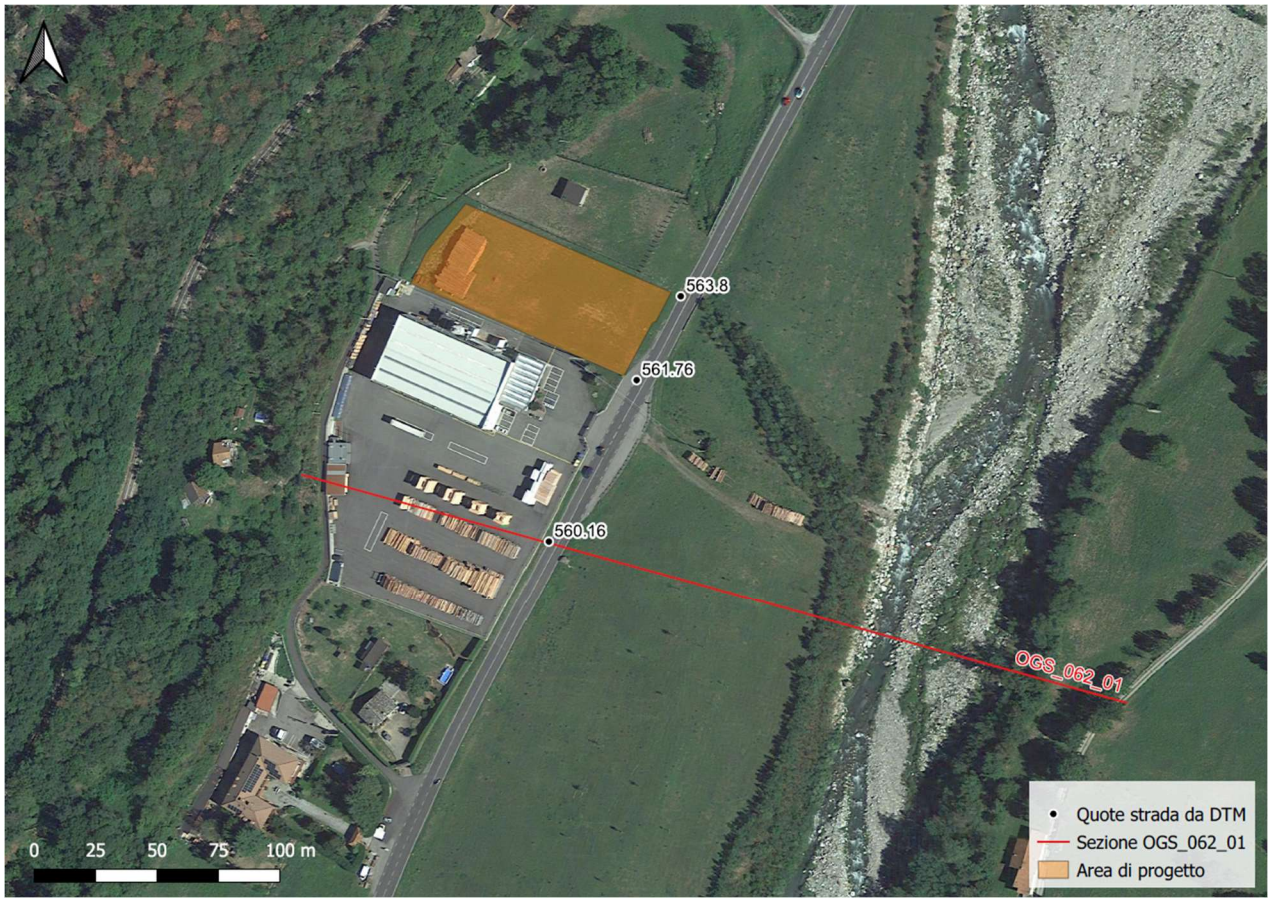


Figura 26. Dettaglio della sezione con le quote topografiche ricavate da DTM 5X5m (Fonte: Geoportale Lombardia)

Di seguito vengono riportate le quote del terreno per ogni progressiva metrica (0-350metri) della sezione trasversale PAI OGS_062_01.

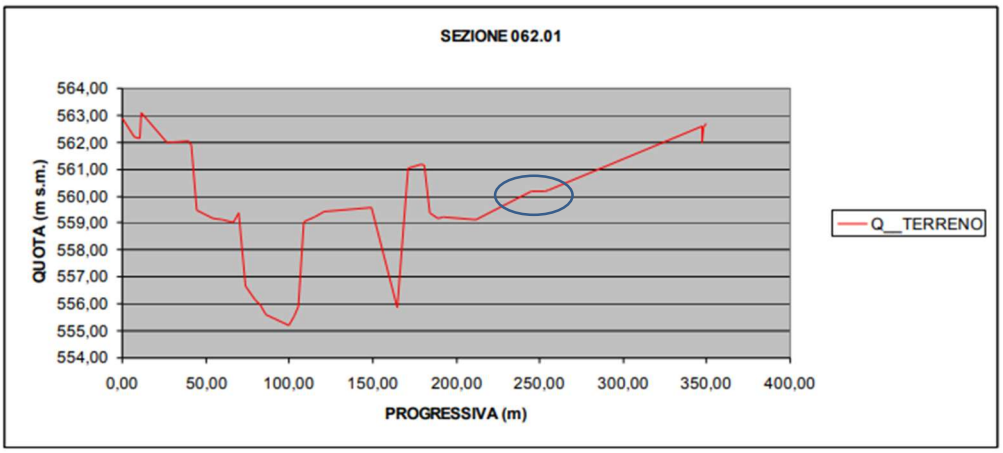


Figura 27. Quote topografiche della sezione OGS_062_01

PROGR.	Q. TERRENO
350,09	562,68
347,69	562,56
347,47	561,99
347,16	562,58
255,71	560,24
252,75	560,16
244,93	560,19
211,79	559,15
192,41	559,25
189,26	559,20
184,37	559,37
180,88	561,13
179,10	561,21
170,95	561,04
164,45	555,85
149,47	559,56
120,98	559,44
114,81	559,21
109,56	559,08
108,72	559,01
105,28	555,89
102,67	555,55
99,96	555,19
86,37	555,59
82,85	555,97
79,51	556,15
73,96	556,64
70,01	559,37
66,34	559,01
60,02	559,12
54,62	559,20
44,66	559,48
41,62	561,90
39,96	562,02
26,89	562,01
11,22	563,12
10,53	562,15
7,30	562,19
0,00	562,91

Figura 28. Elenco delle quote per ogni valore di progressiva metrica.

Il dato di riferimento è stato estrapolato dalla quota della strada, a sua volta ricavata dalla tabella della sezione PAI del Geoportale, nello specifico coincidente con progressiva 244,93m.

Pertanto, in riferimento alla quota della piena con tempo di ritorno di 200 anni (HTmslm200) pari a 559,9m s.l.m., per il lotto considerato la quota riferita alla piena equivalente risulta essere pari a:

- 561,4 m s.l.m (ovvero 559,9+1,5m) per il lato sud;
- 563,4 m s.l.m. (ovvero 559,9+3,5m) per il lato nord.

8.4 INTERVENTI DI REGIMAZIONE IDRAULICA E STUDI A SUPPORTO

Si segnala inoltre che il tratto in cui ricade il lotto risulta essere oggetto di interventi di sistemazione idraulica, di cui alcuni progetti risultano essere già avviati, altri lo saranno a breve.

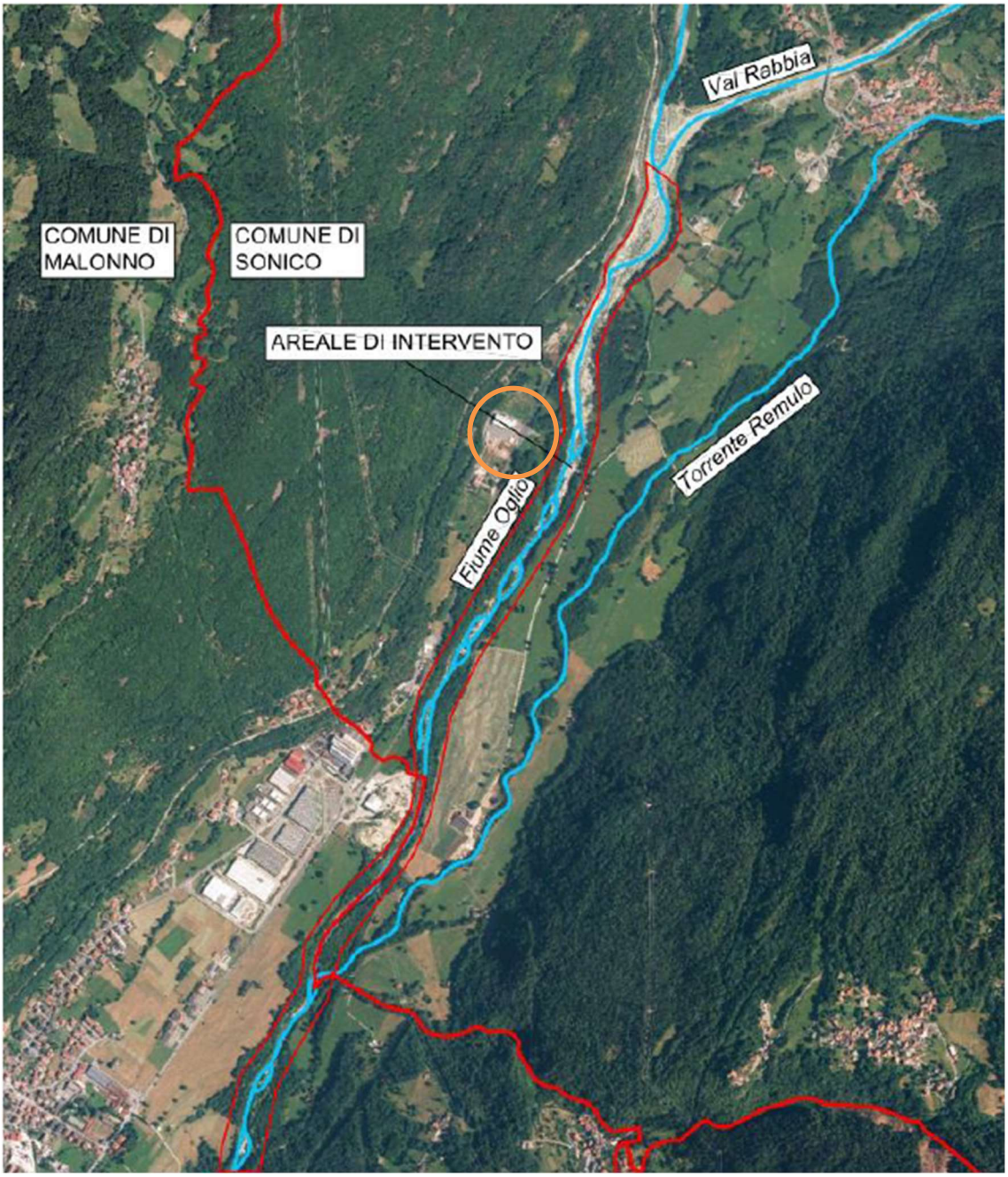


Figura 29. Inquadramento degli interventi di progetto; in arancio il lotto oggetto del presente studio

Nello specifico sono previsti interventi sia internamente che esternamente all'alveo del Fiume Oglio, quali consolidamenti di scogliere, operazioni di svaso del materiale detritico in alveo e innalzamento delle difese spondali. In particolare quest'ultima tipologia di intervento riguarda anche un'area in destra idrografica appena a est del lotto in oggetto, che prevede accumulo di materiale di svaso per un volume di 9.000 - 15.000 mc da definire in fase di direzione lavori, per un'altezza fino a 2 metri rispetto allo stato di fatto. Di seguito l'individuazione dell'area oggetto del rialzo spondale.

Figura 30. Ubicazione dell'intervento di rialzo spondale; in arancio il lotto oggetto del presente studio

Una futura progettualità prevederà interventi anche sulla sede stradale della SS42, che sarà oggetto di rialzo di circa 3 metri rispetto allo stato attuale.
La società ETATEC STUDIO PAOLETTI e lo studio Griffini hanno prodotto uno studio idraulico a corredo del progetto Definitivo-Esecutivo relativo alle Opere di regimazione idraulica e messa in sicurezza del Fiume Oglio.
Si riportano di seguito gli estratti delle simulazioni del modello idraulico bidimensionale, prima e dopo la realizzazione delle opere sopra descritte, considerando il tempo di ritorno di 200anni.
In particolare, mentre allo stato attuale l'area oggetto di studio risulta essere caratterizzata da tiranti idrici compresi tra 0,02 m e 0,5 m, allo stato di realizzazione delle opere di progetto non sarà interessata da fenomeni di allagamento.

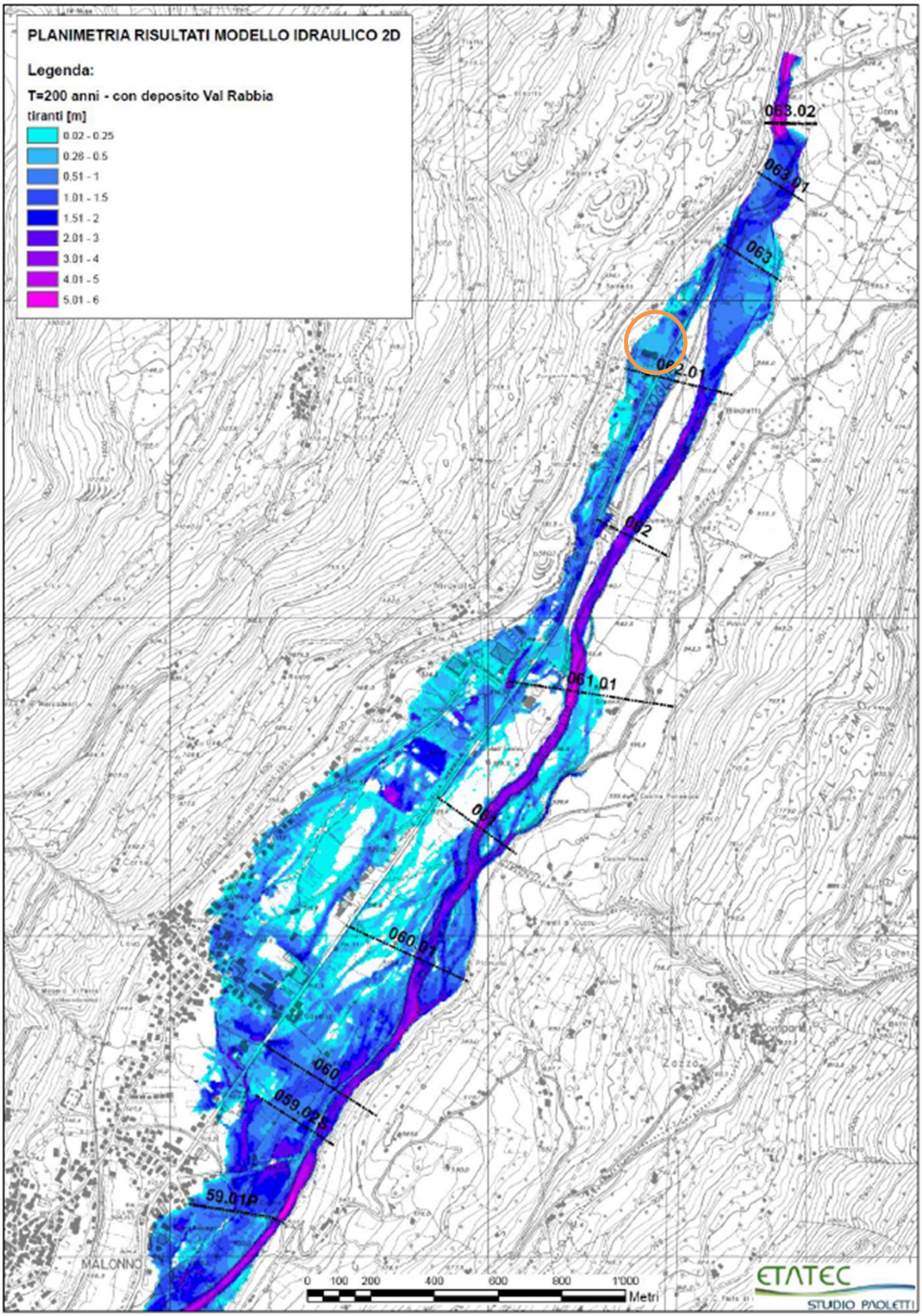


Figura 31. Planimetria dei tiranti idrici del Fiume Oglio per T = 200 anni (stato attuale); in arancio il lotto oggetto del presente studio

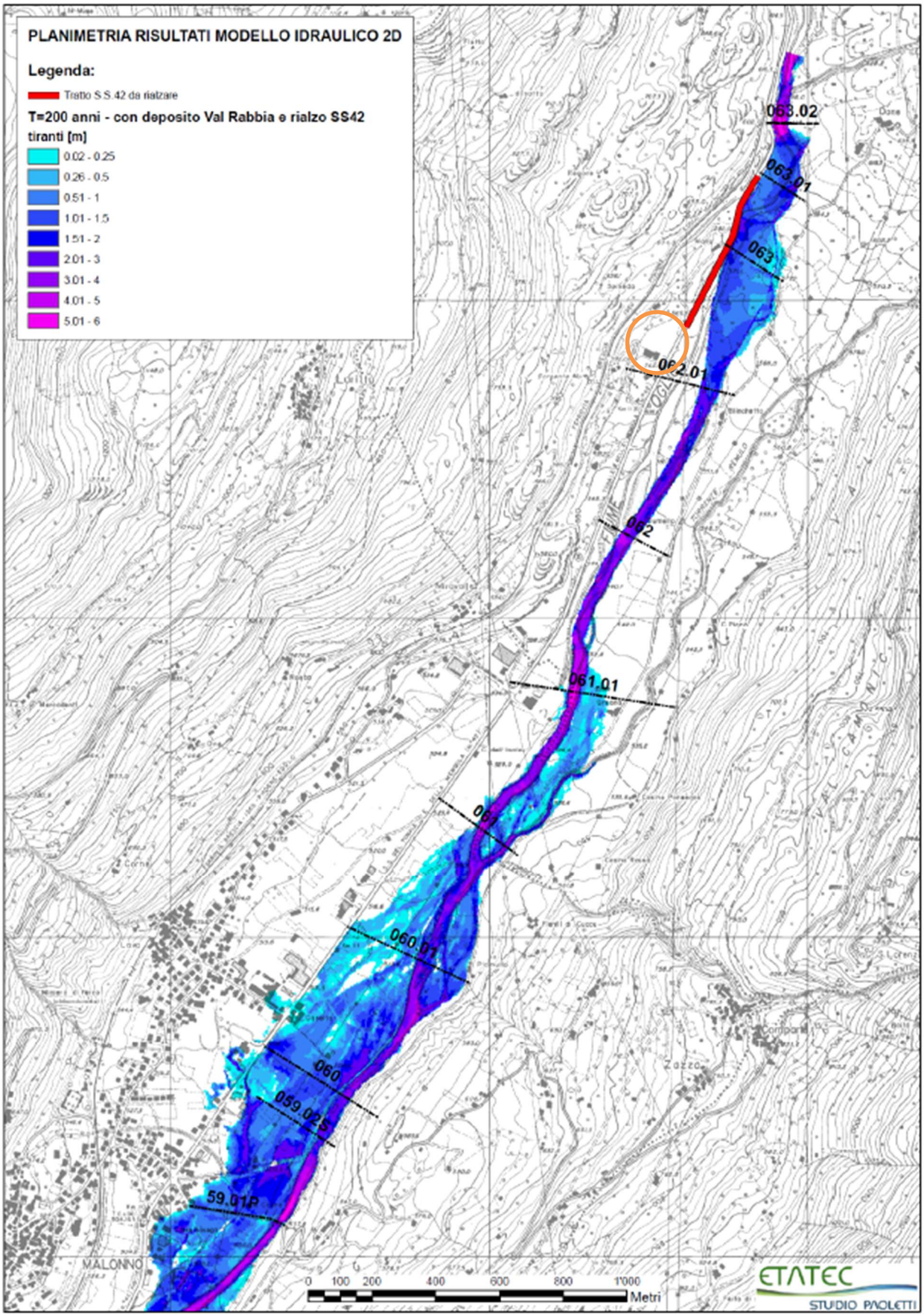


Figura 32. Planimetria dei tiranti idrici del Fiume Oglio per T = 200 anni (assetto di progetto); in arancio il lotto oggetto del presente studio

9 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il presente documento sintetizza gli aspetti geologici e idraulici che caratterizzano l'area oggetto di realizzazione di un piazzale di manovra per la Segheria Bianchi Pietro Eredi s.a.s.., lungo la SS 42 in comune di Sonico (BS).

La caratterizzazione geologica ha messo in evidenza la presenza di depositi alluvionali a grana fine, costituiti da limi argilloso-sabbiosi. Al di sotto di una profondità di circa 1 metro dal locale piano campagna sono presenti blocchi e massi di notevoli dimensioni, in particolare nella porzione di lotto verso la strada e pertanto più vicina al fiume Oglio.

La falda si trova a una profondità superiore ai 2 metri, in quanto in fase di indagine lo scavo è rimasto asciutto. Secondo i dati bibliografici la permeabilità dei depositi è media, confermata anche dalla prova di permeabilità eseguita per il progetto di invarianza, che ha dato esito di una k pari a $7x10^{-4}$ m/s.

Secondo la classificazione sismica attualmente vigente, approvata con D.G.R. 11 luglio 2014 – n. X/2129, il comune di Sonico ricade in zona sismica 3. All'area di intervento è associata una classe di fattibilità 2, ovvero con *modeste limitazioni* e uno scenario di pericolosità sismica locale di tipo Z4a che produce amplificazioni di tipo litologico.

Vista l'assenza di strutture di progetto, si è fatto riferimento alle indagini sismiche eseguite nell'ambito della variante al PGT. In particolare si è assunta la categoria di sottosuolo C, derivante dallo stesso scenario Z4A e del medesimo ambiente deposizionale di piana alluvionale.

Nonostante la Carta della fattibilità geologica associ al sito la Classe 2 riferita a *modeste limitazioni*, quest'ultimo rientra nelle Aree Allagabili a tergo della fascia B di progetto secondo il PAI e nello scenario H (alluvioni frequenti) delle Mappe di pericolosità del PGRA.

Si è proceduto a consultare le sezioni trasversali del PAI dal Geoportale Regionale e si è estrapolata l'altezza di piena in corrispondenza del lato sud e nord del lotto. Tuttavia, dal momento che il profilo topografico della sezione 062.01 non sembra rispecchiare perfettamente lo stato di fatto, si sono voluti considerare anche i dati di uno studio idraulico redatto per valutare l'effetto delle opere di regimazione, alcune delle quali in corso, sulle caratteristiche di estensione delle aree allagabili e relativi tiranti idrici con tempo di ritorno di 200 anni.

Dal momento che l'intervento di asfaltatura prevede un abbassamento del locale piano campagna, occorre se possibile prevedere che il piano finito di progetto si trovi a una quota superiore dei valori indicati al cap. 8.3, specificatamente la fascia di lotto contigua alla strada, in modo da poter fungere da barriera nel caso di eventi di piena.

Nel rispetto delle norme di invarianza idraulica, è stata prevista un'opera di mitigazione consistente nella realizzazione di una trincea costituita da moduli Rigofill, che consentono la dispersione delle acque con elevate portate di infiltrazione, quasi alla stregua di un'area a verde.

Dal momento che l'area manovra dovrà essere dotata di una certa pendenza per lo scolo delle acque in caso di eventi meteorici intensi o eventi di piena è probabile che vi siano alcuni punti più depressi che potranno essere interessati dalla permanenza di uno spessore trascurabile di acqua. In riferimento alla finalità progettuale di area di manovra, considerando che non è prevista la realizzazione di edifici o stazionamento di persone se non occasionale, l'intervento risulta pertanto compatibile sia dal punto di vista geologico che idraulico.

Sonico (BS), lì aprile 2023

Dott.ssa Geol. Miriam Toaldo

ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE DEL VENETO
Dott. Geol. Miriam TOALDO N° 859