



Comune di Sannazzaro de' Burgondi
Provincia di Pavia

Via Cavour n. 18 Sannazzaro de' Burgondi
Codice Fiscale 00409830189 Telefono 0382 – 995611
Pec – protocollo.comunesannazzarodeburgondi@pec.it

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

**"LAVORI DI
RIQUALIFICAZIONE
PARCO GIOCHI DI VIA TOSCANINI"**

Oggetto: **RELAZIONE GEOLOGICA**

Il Responsabile del Procedimento: Geom. Roberto Forbiti

Professionista incaricato:	Architetto Elio CONTE	Collaboratore:	Dott. Geol. Francesco Cuccurullo	visti per approvazione:	Elab. n° D2.1-RG
					Scala: ---
	Agg.		Agg.		Agg.
ARCHITETTO ELIO CONTE					
c/o Arch. Elio Conte, Via Carlo de Marco n° 135, 80137 Napoli - Tel./fax 081 7517736, PEC elio.conte@archiworldpec.it					

1. INDICE

1.	INDICE	1
2.	PREMESSA	2
3.	MODELLO GEOLOGICO AREA VASTA.....	5
4.	MODELLO GEOLOGICO LOCALE	23
5.	CONCLUSIONI	33

2. PREMESSA

Il sottoscritto dott. geol. Francesco Cuccurullo, iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Campania con il n. 2106, è stato incaricato dall'architetto Elio Conte, di redigere la presente relazione geologica finalizzata al progetto definitivo-esecutivo per i "lavori di riqualificazione Parco Giochi Di Via Toscanini" (coordinate geografiche ED50 del sito 45.110478° N – 8.910123° E), nel territorio comunale di Sannazzaro dè Burgondi, in provincia di Pavia (Figura 1).

L'area di progetto di realizzazione del Parco Giochi è individuata nell'immagine seguente:



Figura 1: Ubicazione dell'area di indagine da foto aerea di Google Earth. Nel rettangolo rosso rientra l'area da riqualificare.

Dalla relazione tecnica redatta per il progetto, a firma dell'arch. Elio Conte, si evince che gli interventi di progetto sono:

- 1) Riqualificazione delle aree verdi con rimozione di arbusti/alberature;
- 2) Demolizione dei percorsi esistenti interni al parco;
- 3) Realizzazione di nuova pista ciclabile esterna al parco e realizzazione di nuovi percorsi pedonali interni con pavimentazioni bituminose e finiture con vernici colorate;
- 4) Realizzazione e allestimento delle seguenti aree:



AREA TEMATICA 1: Sport

AREA TEMATICA 2: Giochi e movimento

AREA TEMATICA 3: Percorso musicale

AREA TEMATICA 4: Percorso sensoriale

AREA TEMATICA 5: Labirinto e giochi in gomma

- 5) Realizzazione di pavimentazioni sintetiche da inserire nelle aree tematiche in corrispondenza di giochi/attrezzature così come da elaborati grafici di progetto;
- 6) Realizzazione di un'area ad uso esclusivo della scuola;
- 7) Realizzazione di recinzione perimetrale su cordolo in cls con rete metallica e cancelli di ingresso al parco;
- 8) Sostituzione dell'attuale recinzione metallica di confine con il lotto scolastico e apertura varco per l'accesso dalla scuola;
- 9) Revisione dell'attuale impianto di illuminazione;
- 10) Realizzazione impianto di videosorveglianza;



La presente relazione è stata redatta ai sensi delle seguenti normative:

- ❖ Nuovo Codice Appalti D.Lgs. 18 aprile 2016 n. 50;
- ❖ Norme tecniche per le costruzioni (NTC 17 gennaio 2018);
- ❖ Legge 2 Febbraio 1974, n. 64 «Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche»;
- ❖ Decreto Ministero Dei Lavori Pubblici 11 Marzo 1988 (G.U. 1-6-1988, n. 127 suppl.). Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;
- ❖ Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 - Norme in materia ambientale;
- ❖ LR 33/2015 - Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche;
- ❖ DGR 5001/2016 - Linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica;
- ❖ DGR 2616/2011 - Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del territorio;
- ❖ 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)" che ha riclassificato il territorio comunale di Sannazzaro de' Burgondi (PV), definendolo di III categoria sismica;
- ❖ Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Po. Il PGRA, adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po con delibera n. 4 del 17 dicembre 2015 e approvato con delibera n. 2 del 3 marzo 2016 è definitivamente approvato con D.P.C.M. del 27 ottobre 2016, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 30, serie Generale, del 6 febbraio 2017.

La presente relazione, considerato lo scarso impatto dell'intervento a farsi (riqualificazione di un Parco Giochi), mira ad inquadrare i diversi aspetti che concorrono al quadro territoriale complessivo, con l'illustrazione dell'assetto geologico, geomorfologico, idrogeologico e tettonico di insieme e di dettaglio,



con indicazioni bibliografiche in merito alle caratteristiche geognostiche e geofisiche di situ.

Verranno illustrati i vincoli geologici ed ambientali presenti sul territorio in studio.

L'insieme di tali considerazioni ed elementi sono tratti dai dati bibliografici e di letteratura disponibili, dalla cartografia geologica di riferimento e dagli strumenti di pianificazione vigenti, ordinati e sovraordinati.

Per la caratterizzazione geologica dei terreni dell'area in esame e per le indagini geognostiche disponibili, sono state utilizzati i dati relativi a:

- 1) Piano di Governo del Territorio (PGT), Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica (redatta ai sensi del D.G.R. 30 novembre 2011, IX/2616) redatta nel gennaio 2016/febbraio 2017 dal Dr. Geol. Alberto Maccabruni.



3. MODELLO GEOLOGICO AREA VASTA

Ubicazione del sito

Il territorio comunale di Sannazzaro dè Burgondi è situato nel settore centrale della Pianura Padana, lungo l'alveo principale del Pò. Esso confina con i Comuni di Scaldasole a nord, Dorno e Pieve Albignola ad est, Bastida dè Dossi, Mezzana Bigli e Silvano pietra a sud e Ferrera Erbognone ad ovest.

Dal punto di vista altimetrico, il territorio comunale è compreso tra la quota massima di 87 m dell'estremo limite nord comunale e la quota minima di circa 69 m s.l.m. del settore meridionale, lungo l'alveo del Pò.

Il sito di interesse progettuale è ubicato nella porzione centro-settentrionale del territorio comunale di Sannazzaro dè Burgondi, nella fascia di più recente urbanizzazione (Figura 1).



Figura 2: Immagine satellitare dell'area d'interesse, indicata nel riquadro rosso.



Descrizione delle caratteristiche geomorfologiche generali dell'area

Il territorio comunale di Sannazzaro de' Burgondi è collocato su tre ripiani alluvionali principali:

- quello più alto, ad una quota di circa 84-86 m s.l.m. e con una superficie di 10.5-11.0 km², corrisponde al "Piano Generale Terrazzato della pianura" o "livello principale della pianura";
- quello intermedio, che si sviluppa su una superficie di circa 9 km², presenta quote di circa 70-75 m s.l.m. ed è collegato al primo da una scarpata (scarpata morfologica principale) più o meno ripida, alta fino a 14-15 metri.
- Il ripiano basso occupa una superficie di circa 3.5 km², di cui 0.9 km² sono occupati dall'alveo attivo del fiume Po, costituisce la zona golenale ed è localmente raccordato al ripiano precedente attraverso una scarpata alta fino a 5-6 m.

I ripiani basso e intermedio sono suscettibili delle piene fluviali (T 200), tranne alcune aree a quote più alte in località Buscarella e la zona a sud ed est della frazione Mezzano dove l'argine fluviale è in grado di contenerle.

L'alveo del Po costituisce l'elemento morfologico più significativo del territorio comunale; in questa zona il fiume presenta una larghezza di circa 0.7-1.0 km e interessa direttamente Sannazzaro per due tratti: il primo lungo circa 1.5 km e il secondo circa 0.4 km. Il fiume è caratterizzato da un alveo a struttura intrecciata all'interno del quale si individuano lunghe barre sabbioso ghiaiose e isole in continua evoluzione, meandreggiamenti con formazione di ampie spiagge prevalentemente ghiaiose e lanche.

Gli alterni processi di deposizione e di erosione operati dal Po in passato hanno determinato un'ampia divagazione, di ordine chilometrico, del suo corso; sono ancora ben riconoscibili le tracce di meandro abbandonato evidenziate da scarpate di erosione e avvallamenti con andamento planimetrico arcuato, tipico delle anse fluviali. Una piccola parte di territorio comunale si spinge in sponda destra, mentre in sponda sinistra ritroviamo plaghe di territori di comuni prettamente sviluppati in sponda destra (Corana, Silvano Pietra, Bastida de' Dossi), a dimostrazione di come il fiume abbia modificato il suo corso.



Idrologicamente Sannazzaro è interessato da corsi d'acqua naturali e da una rete di canali di ordine e funzione diversificati, legati al sistema di irrigazione (di competenza dell'Associazione Irrigazione Est Sesia) e di colo dei deflussi superficiali. Al piede della scarpata morfologica principale localmente si riscontrano manifestazioni sorgentizie, raccolte da canali di scolo che confluiscono nel fiume Po.

I corsi d'acqua principali sono il Po e il suo affluente Colatore Ariazzolo, che drena tutti i corsi d'acqua presenti all'interno dei ripiani basso e intermedio, quali il Colatore Agognetta, il Cavo Balossina, la Roggia Erbognetta. Tra i principali canali irrigui e colatori, si ricordano: il Rio Erbognetta, il Cavo Malaspina, la Roggia Regina.

Sono presenti anche specchi d'acqua artificiali ubicati a sud del capoluogo, il più esteso (circa 2 Ha) in una ex cava e n. 4 (superfici di poche migliaia di mq) su appezzamenti agricoli.

Descrizione delle caratteristiche geologiche generali dell'area

Cartograficamente, l'area d'interesse rientra nel Foglio 58 – Mortara, della Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000 (Figura 3). Come si evince dalla stessa, l'area di interesse ricade sui depositi contraddistinti dalla sigla FI^w - Alluvioni fluviali, per lo più sabbiose, talora limose, con debole alterazione ocrea o bruna nella sola parte superficiale. Livello principale della pianura (Fluviale Wurm). Pleistocene recente.



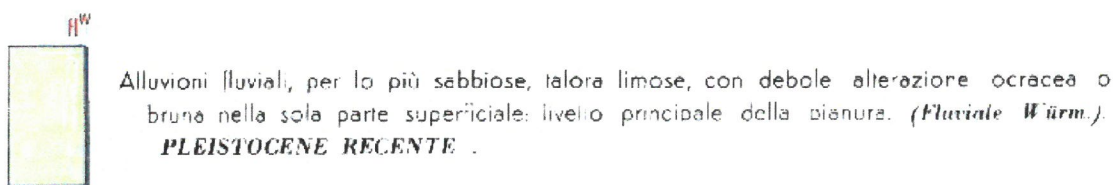
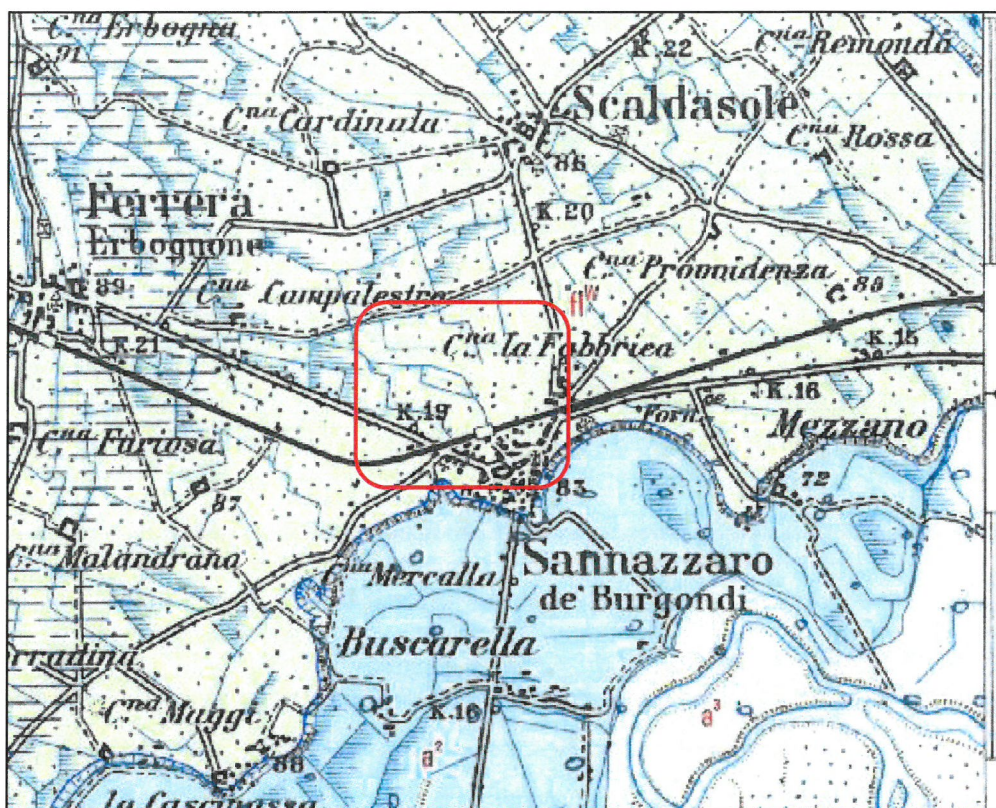


Figura 3: Stralcio Carta Geologica d'Italia Foglio 58 – Mortara, in scala 1:100.000. Nel riquadro rosso rientra l'area di interesse.

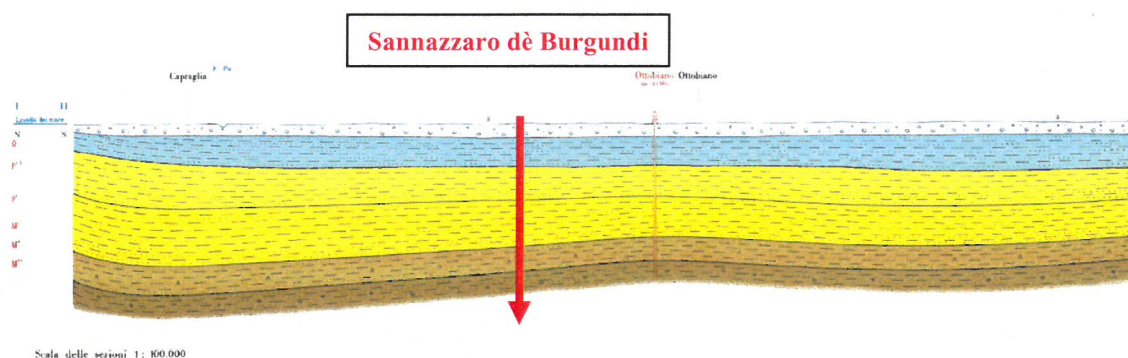
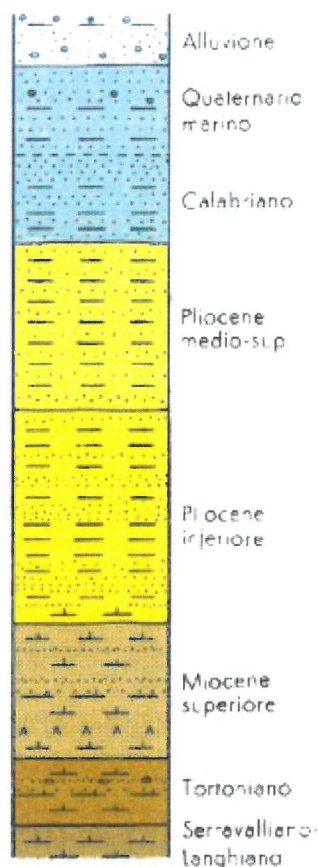


Figura 4: Sezione Geologica II - direzione Sud-Nord tratta dalla Carta Geologica al 100.000. In rosso è indicata l'area di interesse proiettata sulla sezione.



OLIGOTERZIARIO
(m. 4130)



In generale il territorio comunale di Sannazzaro de' Burgondi si estende nella fascia della bassa pianura lomellina e risulta interamente modellato in depositi fluvioglaciali e alluvionali del Quaternario, riferibili per età al Pleistocene superiore e all'Olocene. Il ripiano alto, facente parte dell'esteso Piano Generale Terrazzato della pianura, è formato da depositi fluvioglaciali riferibili al "Fluviale Würm".

I depositi olocenici sono riferibili a due epoche deposizionali: i più recenti (Alluvium attuale) si sviluppano lungo l'alveo fluviale ed un suo contorno; i più vecchi (Alluvium medio e antico) costituiscono il territorio tra i precedenti e il piede della scarpata morfologica principale che delimita il terrazzo würmiano.

L'area in esame è caratterizzata dalla presenza in superficie ed in profondità di una successione di depositi alluvionali costituiti da litologie sabbioso-ghiaiose, localmente ricoperte da una coltre limoso-argillosa di spessore da decimetrico a metrico.



Descrizione delle caratteristiche idrogeologiche generali dell'area

La definizione degli elementi litologico-strutturali del sottosuolo condiziona sensibilmente la presenza degli acquiferi legati alla struttura più generale della pianura.

Nel caso specifico si è in presenza di una situazione particolare, legata alla posizione rispetto all'area di divagazione passata del Fiume Po.

Infatti nelle prime decine di metri di sottosuolo è presente un acquifero unico, idraulicamente non differenziato ed in diretta relazione con le acque superficiali del Fiume.

Si è in presenza di un unico acquifero che si sviluppa fino ad almeno 70 m di profondità. Esso risulta costituito per i primi 40 m circa da litotipi sabbioso-ghiaiosi e al di sotto da sabbie prevalenti; localmente sono presenti intercalazioni di livelli limo-argillosi in giacitura lentiforme, di scarso o nullo significato idrogeologico in quanto la loro discontinuità areale non consente l'instaurarsi di falde diversificate. Al di sotto di 70 m (a partire dal piano campagna del ripiano alto) fino a circa 220 m si alternano livelli di ghiaia con sabbia, sabbia limosa e argilla, con aumento degli spessori e numero di degli orizzonti argillosi nelle parti più profonde.

Il senso di deflusso generale della falda, sensibilmente condizionato dalla presenza del Po, è all'incirca da nord nord ovest a sud sud est. Il gradiente piezometrico è variabile a seconda della posizione: nell'ordine di 3-4‰ in corrispondenza del ripiano alto, 1,2-1,5‰, nella zona della scarpata morfologica principale, 3-3,5‰ in corrispondenza del ripiano basso.

Ad una componente fondamentale di deflusso della struttura acquifera allineata con l'asse di scorrimento del Fiume si assommano i deflussi convergenti verso detto asse per effetto del drenaggio indotto dal Fiume stesso sulla falda.

Questo effetto risulta maggiormente accentuato nei periodi di magra, quando effettivamente la superficie della falda si abbassa notevolmente per equilibrarsi con il Fiume; viceversa, in concomitanza con le piene, si assiste ad un temporaneo innalzamento della superficie freatica, che si manifesta soprattutto nella zona prospiciente la sponda fluviale.



Il territorio comunale in base alla soggiacenza della falda rispetto al piano campagna si può suddividere in 3 classi corrispondenti a:

a) Aree con profondità dell'acquifero inferiore ai 5 m, che si sviluppano nell'ambito dei depositi alluvionali del Po, comprendendo buona parte dell'area golenale e la parte più settentrionale del territorio comunale. In corrispondenza dei paleoalvei fluviali e alla base della scarpata morfologica principale la falda localmente si avvicina alla superficie del terreno fino ad affiorare.

b) Aree con profondità dell'acquifero compresa tra 5 e 10 m, che si ritrovano nella parte mediana della piana golenale e nella fascia transizionale tra la piana lomellina e la zona marginale del ripiano würmiano.

c) Aree con profondità dell'acquifero superiore ai 10 m, che si sviluppa verso nord a partire dalla scarpata morfologica del ripiano würmiano per una fascia di ampiezza compresa tra alcune decine e alcune centinaia di metri.

Durante l'anno si verificano oscillazioni del livello freatico, condizionate dall'andamento meteorologico stagionale e dalla pratica irrigua che, attraverso la filtrazione idrica diffusa sulla quasi totalità della superficie coltivata, determina un innalzamento costante della falda durante tutto il periodo estivo.

Descrizione dei caratteri sismici e tettonici generali dell'area

La penisola italiana è una delle zone sismicamente più attive del Mediterraneo. Essa è stata, inoltre, sede di alcune tra le più antiche civiltà e ciò ha permesso la registrazione di notizie attendibili anche di eventi sismici molto antichi. Tuttavia, solo a partire dal XIX secolo gli studiosi di sismologia hanno cominciato a estrarre da queste cronache le informazioni riguardanti i terremoti nel tentativo di "scrivere" una storia sismica italiana.

Dalla raccolta e classificazione sistematica di eventi sismici sono nati i primi cataloghi dei terremoti. La prima versione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, CPTI99, è stata realizzata utilizzando tutti gli studi macrosismici e strumentali resi disponibili dal 1999 in poi. L'ultima versione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, CPTI15, aggiornata al 2015, comprende tutti i terremoti a partire dall'anno 1000 al 2014.

Numerosi studi hanno sottolineato che la pericolosità sismica non dipende solo dal tipo di terremoto, dalla distanza tra l'epicentro e la località interessata, ma, soprattutto, dalle caratteristiche geologiche dell'area di interesse. Infatti, la



geometria della struttura del sottosuolo, le variazioni dei tipi di terreni e delle sue proprietà con la profondità, le discontinuità laterali e la superficie topografica sono all'origine delle larghe amplificazioni delle vibrazioni del terreno e sono stati correlati alla distribuzione del danno durante i terremoti distruttivi (Aki, 1993; Bard, 1994; Faccioli, 1991, 1996; Chavez - Garcia et alii, 1996).

Questi fattori sono particolarmente importanti per la corretta valutazione dell'azione sismica nell'ambito della difesa dai terremoti, per tale motivo, ai fini della riduzione del rischio sismico, è importante riconoscere le aree in cui le oscillazioni del suolo sono più ampie e definire le frequenze con le quali esse tendono ad oscillare.

L'azione esercitata localmente dagli strati più superficiali, che operano sia da filtro che d'amplificatore, costituisce quello che va sotto il nome d'Effetto di Sito. Riconoscere in dettaglio le aree caratterizzate in media da uguale Risposta di Sito, dovuta alle caratteristiche geologiche o alla topografia, è diventata una richiesta fondamentale negli studi geologici e geofisici relativi alle costruzioni.

Anche la nuova normativa sismica del territorio italiano (OPCM, n. 3274/2003; OPCM n. 3519 del 28/04/2006, D.M. 14 gennaio 2008 e D.M. 17 gennaio 2018), sottolineano l'importanza della conoscenza delle condizioni geologiche del sito per adeguare le tecniche di costruzione.

Il territorio comunale di Sannazzaro dè Burgundi, non rientra in alcuna zona sismogenetica definita dalla Zonazione Sismogenetica ZS9 a cura di Meletti e Valensise (marzo 2004) (Figura 5). Tale settore, però, è stato interessato nell'arco della sua storia sismica da più eventi che si sono generati nelle fasce sismogenetiche poste nelle aree a contorno come, ad esempio:

- 907: Province di Bergamo e Brescia;
- 911: Appennino settentrionale e centrale.



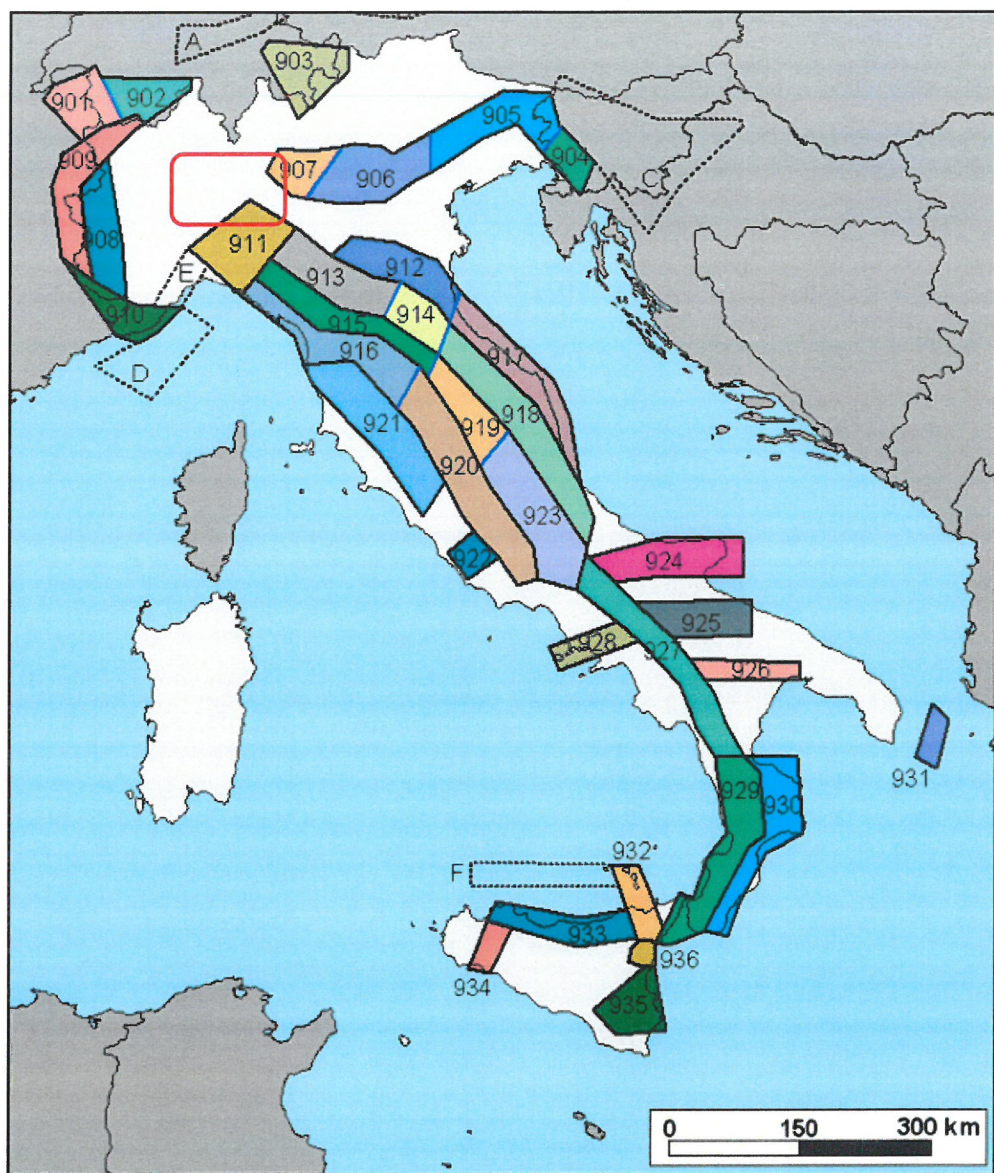


Figura 5: Zonazione Sismogenetica ZS9. Nel riquadro rosso è evidenziata l'area di interesse.

Per quanto riguarda la storia sismica di Sannazzaro dè Burgundi, il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani non annota nessun sisma e, quindi, di seguito si fa riferimento agli eventi storici per la città di Voghera (PV) (Tabella 1 e Figura 5).

Tabella 1: *Catalogo dei terremoti più forti che hanno interessato il territorio comunale di Cantù dall'anno 1349 al 2005. LEGENDA: Int = intensità nella località (MCS); Io = intensità epicentrale dell'evento; Mw = magnitudo momento; NMDP = Numero di Macroseismic Data Points. (Dati INGV- Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).*

Int.	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
4	1802 05 12 09 30	Valle dell'Oglio	94	8	5.6
F	1811 07 15 22 44	Modenese-Reggiano	19	6-7	5.13



Int.	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
5	1824 02 04 21 50	Oltrepò Pavese	8	5	4.49
7	1828 10 09 02 20	Oltrepò Pavese	110	8	5.72
5-6	1828 10 09 08	Oltrepò Pavese	6		
5	1828 10 10 01 30	Oltrepò Pavese	18		
2-3	1832 03 13 03 30	Reggiano	97	7-8	5.51
3	1873 06 29 03 58	Alpago Cansiglio	197	9-10	6.29
NF	1882 02 15 05	Val Borbera	18	6	4.77
5	1887 02 23 05 21 50.00	Liguria occidentale	1511	9	6.27
4	1891 06 07 01 06 14.00	Valle d'Ilasi	403	8-9	5.87
2-3	1894 11 27 05 07	Bresciano	183	6	4.89
3	1898 03 04 21 05	Parmense	313	7-8	5.37
5	1901 01 23 00 17 10.00	Oltrepò Pavese	90	5	4.23
3	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
3	1912 05 31 21 40	Canavese	51	5-6	4.71
4-5	1913 03 27 02 25 44.00	Val Trebbia	58	4-5	4.24
4-5	1913 12 07 01 28	Valle Scrivia	56	5	4.57
3-4	1914 10 26 03 43 22.00	Torinese	63	7	5.24
4	1920 09 07 05 55 40.00	Garfagnana	750	10	6.53
6	1945 06 29 15 37 13.00	Oltrepò Pavese	31	7-8	5.1
5	1951 05 15 22 54	Lodigiano	179	6-7	5.17
4-5	1952 08 22 02 25 31.00	Lomellina	21	4	4.11
4-5	1971 01 06 11 10 55.00	Oltrepò Pavese	23	4-5	3.85
4	1972 10 25 21 56 11.31	Appennino settentrionale	198	5	4.87
4	1980 12 23 12 01 06.00	Piacentino	69	6-7	4.57
4	1983 11 09 16 29 52.00	Parmense	850	6-7	5.04
5	2003 04 11 09 26 57.78	Valle Scrivia	78	6-7	4.81
NF	2005 04 13 18 46 07.69	Valle del Trebbia	163	4	3.68

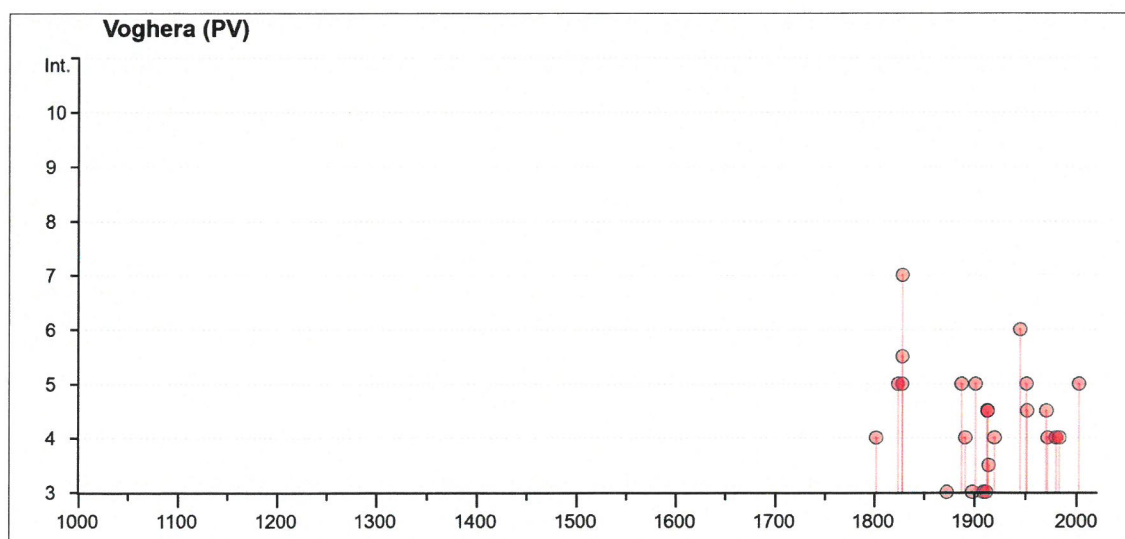


Figura 6: Storia sismica di riferimento di Voghera (PV).



Dalla banca dati DISS (Database of Individual Seismogenic Sources dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia: INGV) è possibile ricavare le sorgenti sismogenetiche dell'area.

Per sorgente sismogenetica individuale si intende una struttura geologica che sia in grado di generare, ripetitivamente ed esclusivamente, il terremoto massimo ad essa associato.

Un'altra proprietà è quella di possedere una consistenza interna in termini di lunghezza, larghezza, entità della dislocazione per evento e magnitudo.

Una sorgente sismica areale rappresenta un insieme di strutture geologiche aventi tra loro caratteristiche geometriche e cinematiche comuni, quali profondità, direzione, immersione, verso e pendenza ed è potenzialmente in grado di generare terremoti di magnitudo maggiore di 5.5.

Infine, le sorgenti macrosismiche sono state ottenute, nella suddetta banca dati, sulla base dei campi macrosismici dei terremoti storici di magnitudo uguale o superiore a 5.5 attraverso il programma Boxer (Gasperini et al., 1999) che consente di determinare la posizione (coincidente con l'epicentro macrosismico del terremoto), le dimensioni e, nel caso in cui i dati siano sufficienti, la direzione della sorgente sismogenetica.

Per quanto concerne l'area oggetto del presente studio, non insistono sul territorio comunale sorgenti sismogenetiche (Figura 7).

Le sorgenti sismogenetiche prossime al sito oggetto di indagini sono quelle di Rivanazzano - Stradella (ITCS018) e dell'est Monferrato di Bojano (ITCS180).

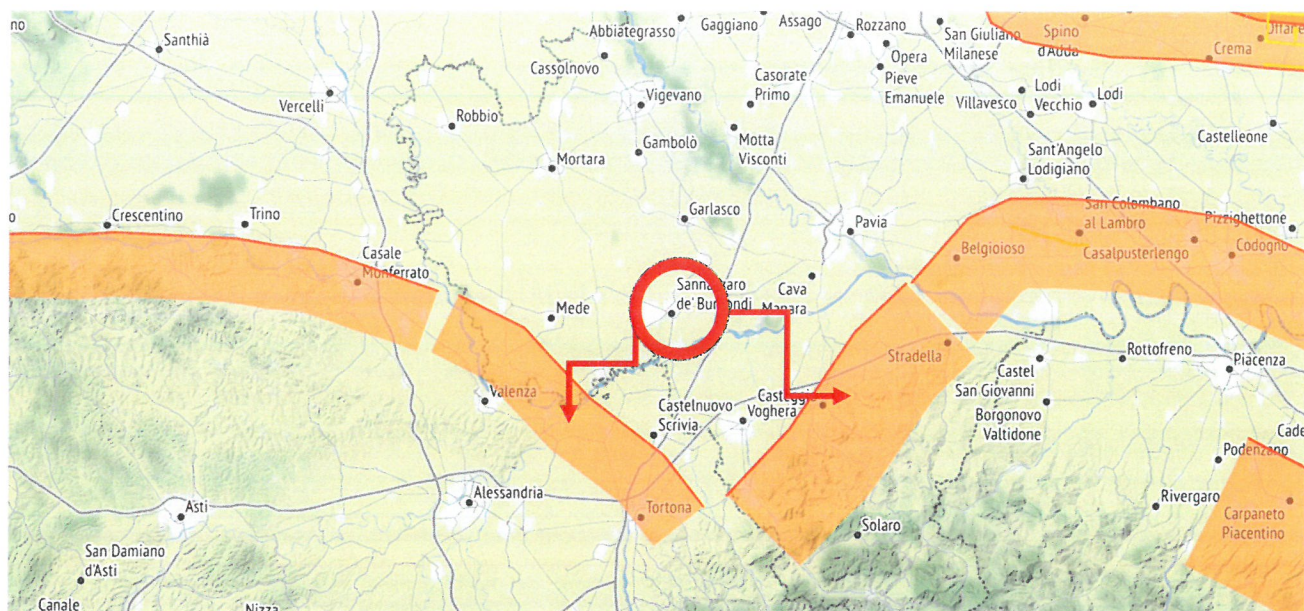


Figura 7: Database of Individual Seismogenic Sources dell'INGV.
<http://diss.rm.ingv.it/dissmap/dissmap.phtml>.



Individuazione della vincolistica geologica gravante sul sito

Rischio Sismico

In base alla delibera di Giunta Regionale dell'11 luglio 2014 - n. X/2129 "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (L.R. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)" il comune di Sannazzaro dè Burgundi (PV) è stato classificato in zona sismica III (Figura 8).

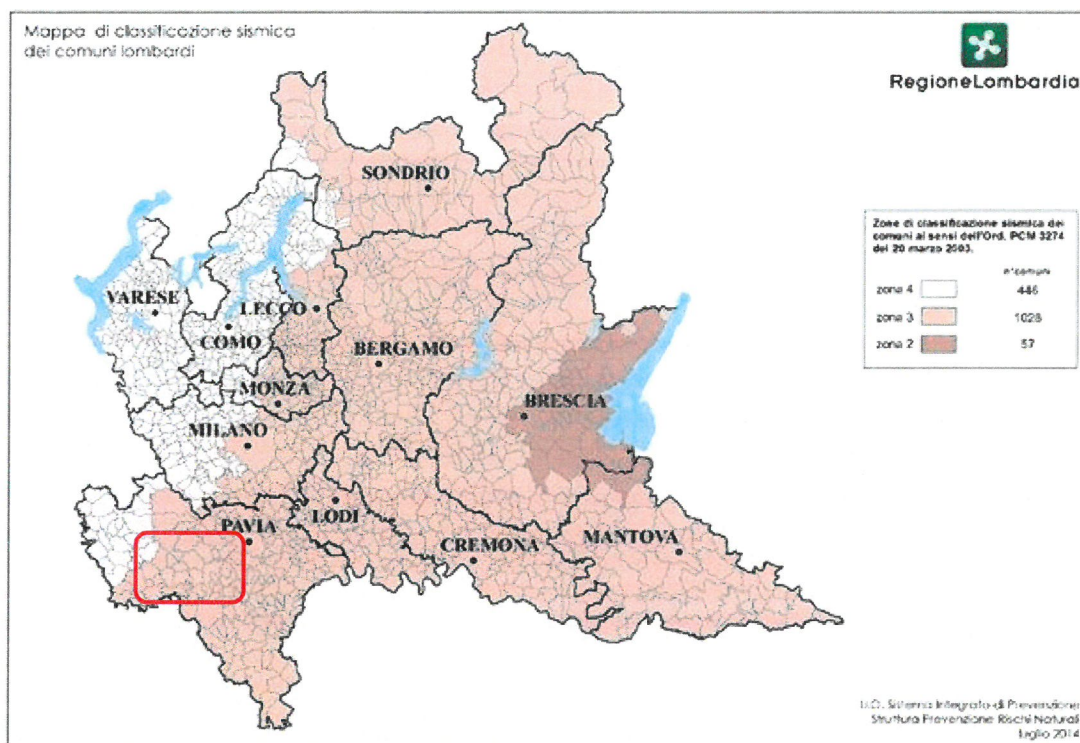


Figura 8: Classificazione sismica dei comuni della Lombardia. Nel riquadro rosso rientra l'area di interesse.

Inoltre, la mappa del territorio nazionale per la pericolosità sismica (Figura 9), disponibile on-line sul sito dell'INGV di Milano, indica che il territorio comunale di Sannazzaro dè Burgundi rientra nelle celle contraddistinte da valori di a_g di riferimento compresi tra 0.050 e 0.075 (punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento a_g ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50).



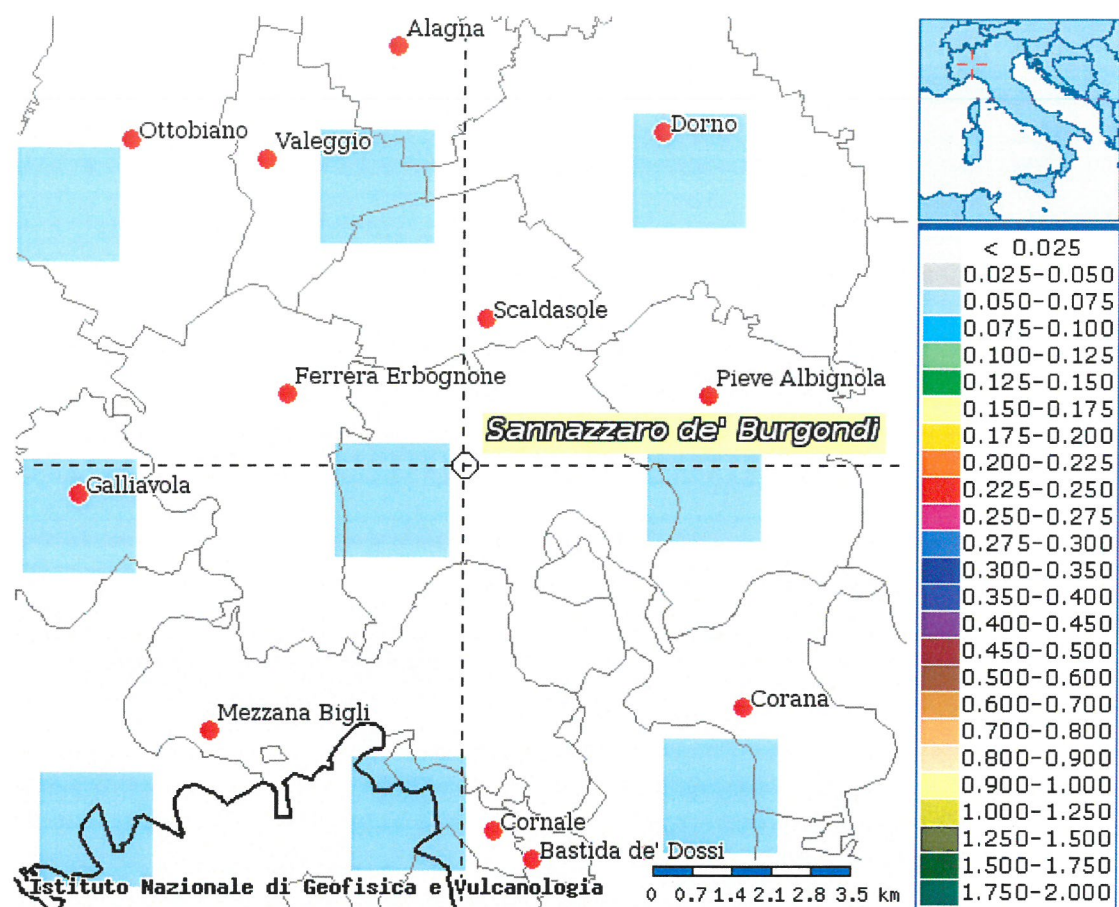


Figura 9: Mappa di pericolosità sismica redatta a cura dell'INGV di Milano - Punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento ag; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50.

Rischio idrogeologico

Per la valutazione del rischio idraulico si fa riferimento al Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Po.

Il PGRA, adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po con delibera n. 4 del 17 dicembre 2015 e approvato con delibera n. 2 del 3 marzo 2016 e definitivamente approvato con D.P.C.M. del 27 ottobre 2016, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 30, serie Generale, del 6 febbraio 2017.

Dall'analisi della cartografia del PRGA l'area di stretto interesse non risulta perimetrata nelle aree di pericolosità e di rischio individuate (Figura 10 e Figura 11).



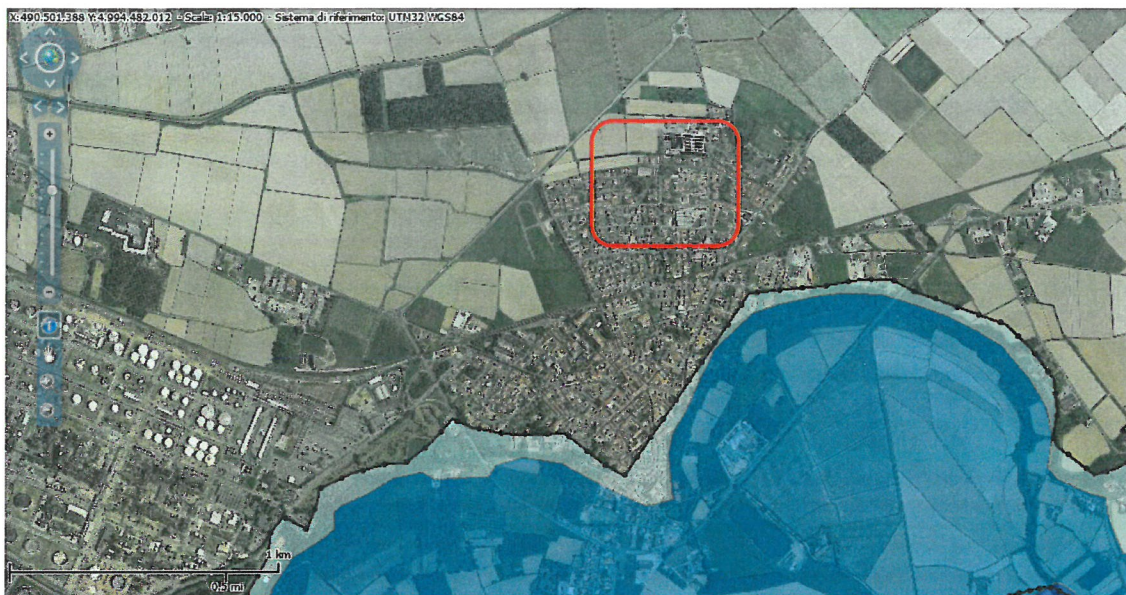
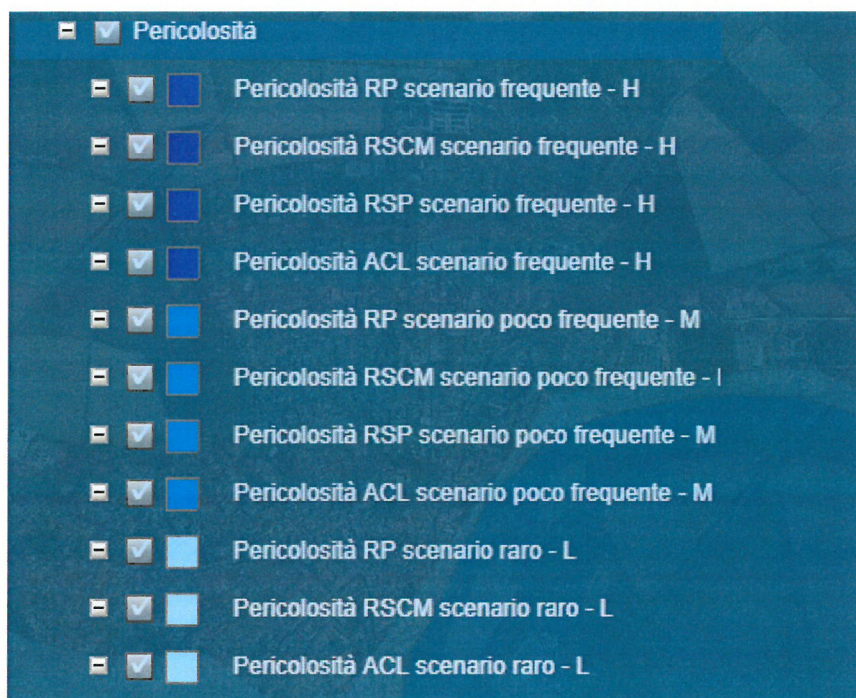


Figura 10: Stralcio da foto aerea tratta dal Geoportale della Regione Lombardia per il PRGA Po con tematismo relativo alla pericolosità idraulica.



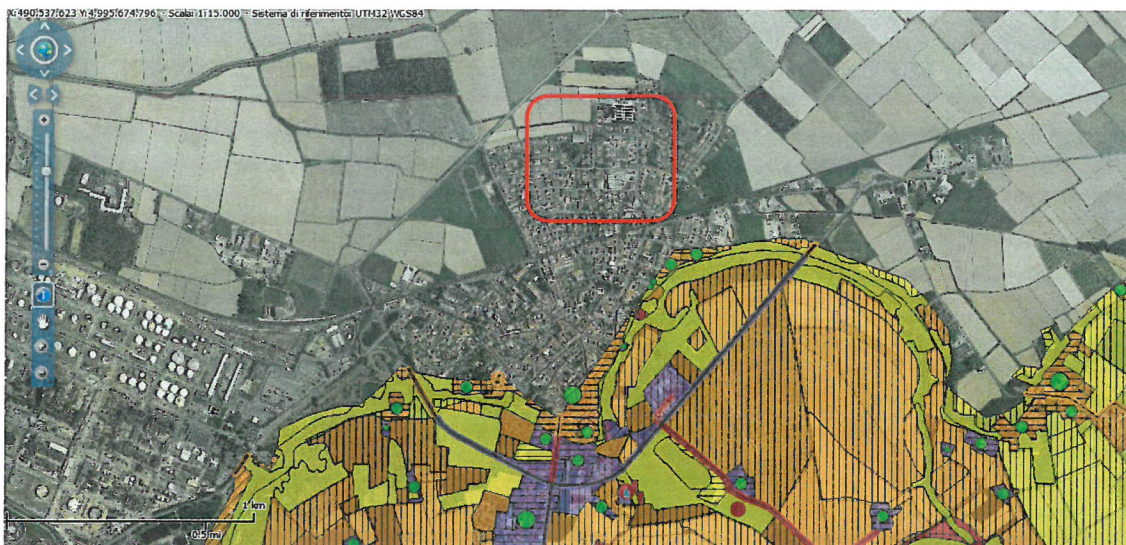
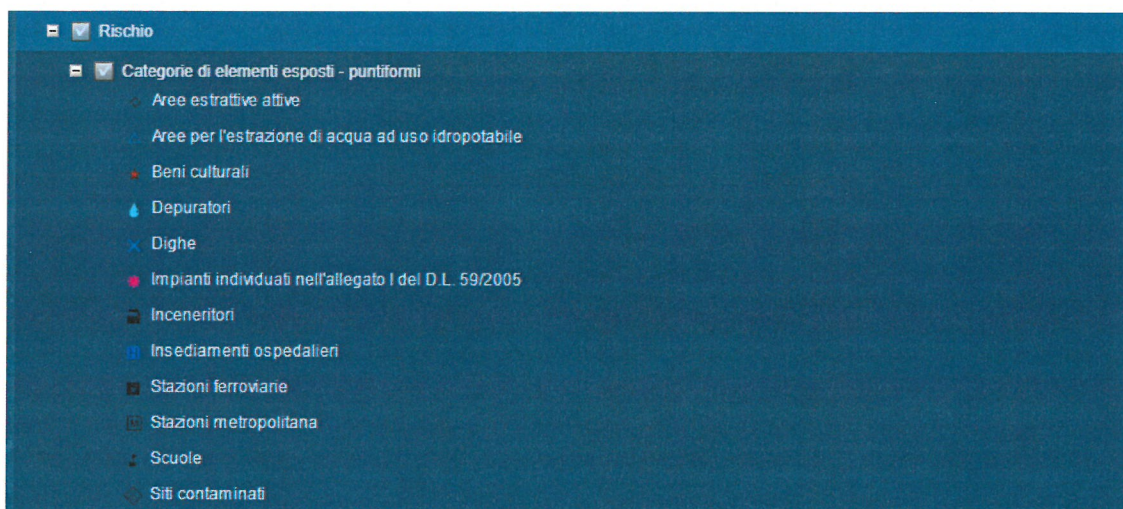
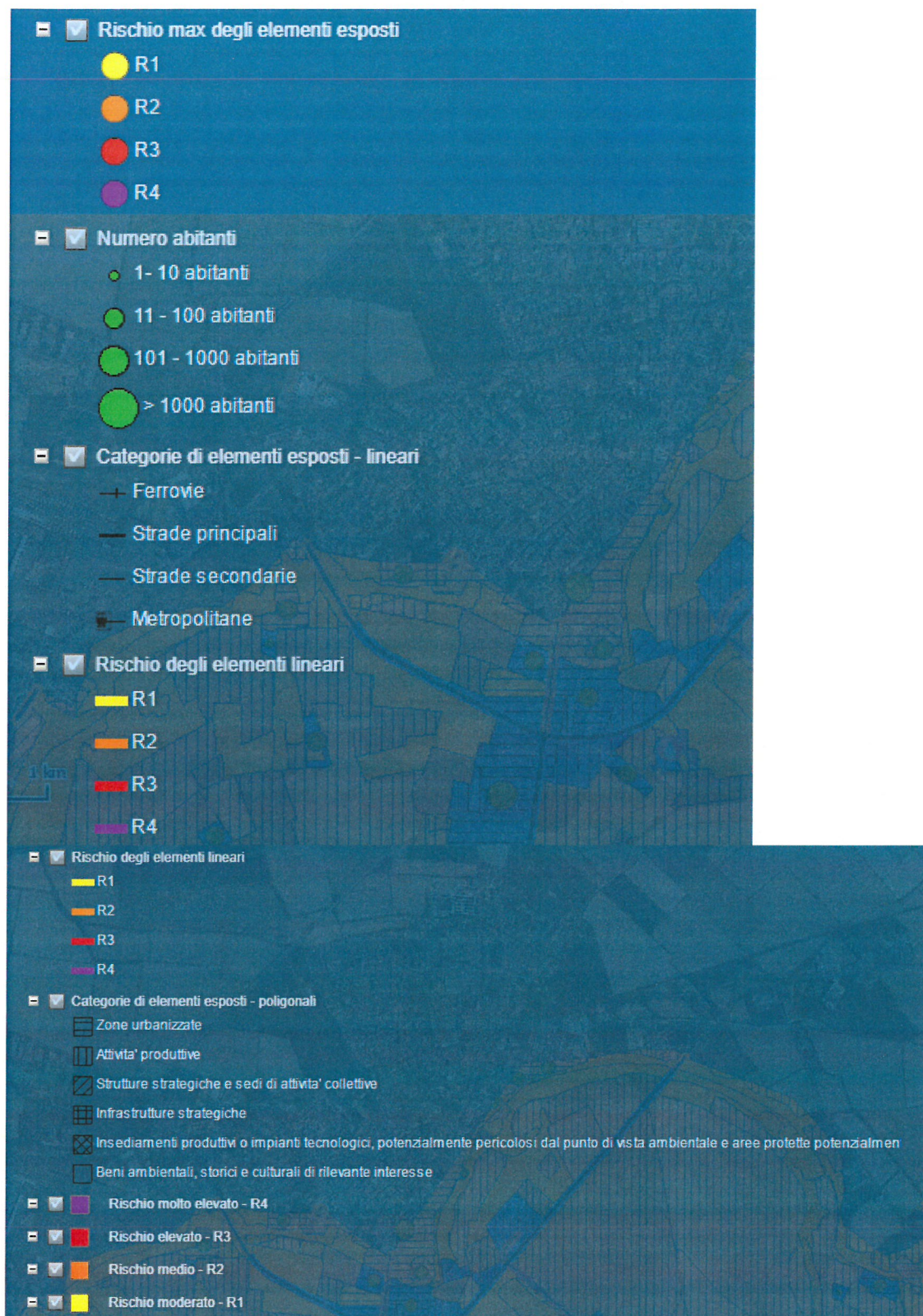


Figura 11: Stralcio da foto aerea tratta dal Geoportale della Regione Lombardia per il PRGA Po con tematismo relativo al Rischio idraulico.





4. MODELLO GEOLOGICO LOCALE

Caratterizzazione morfologica locale del sito oggetto di intervento.

L'area di studio si individua nell'elemento A7E5 Fogli B5d5 e B5d4 della Carta Tecnica della Regione Lombardia in scala 1:10.000 (Figura 12).

La morfologia risulta essenzialmente pianeggiante, con pendenze inferiori ai 3° ed inclinazione verso sud (fiume Po'), pertanto il sito è ascrivibile alla categoria topografica T1 (Categoria topografica T1 = Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$), con quote assolute s.l.m. pari a 86 metri s.l.m..

Ibraicamente a nord del parco della zona di via Mongini/via Toscanini si individua il Cavo Quinto, a circa 150 metri di distanza, mentre ad ovest si individua la Roggia Erbognetta a distanza di circa 350 metri. I canali di irrigazione suddetti non determinano alcuna classe di rischio ulteriore per l'area di interesse che risulta dunque del tutto stabile dal punto di vista morfologico.

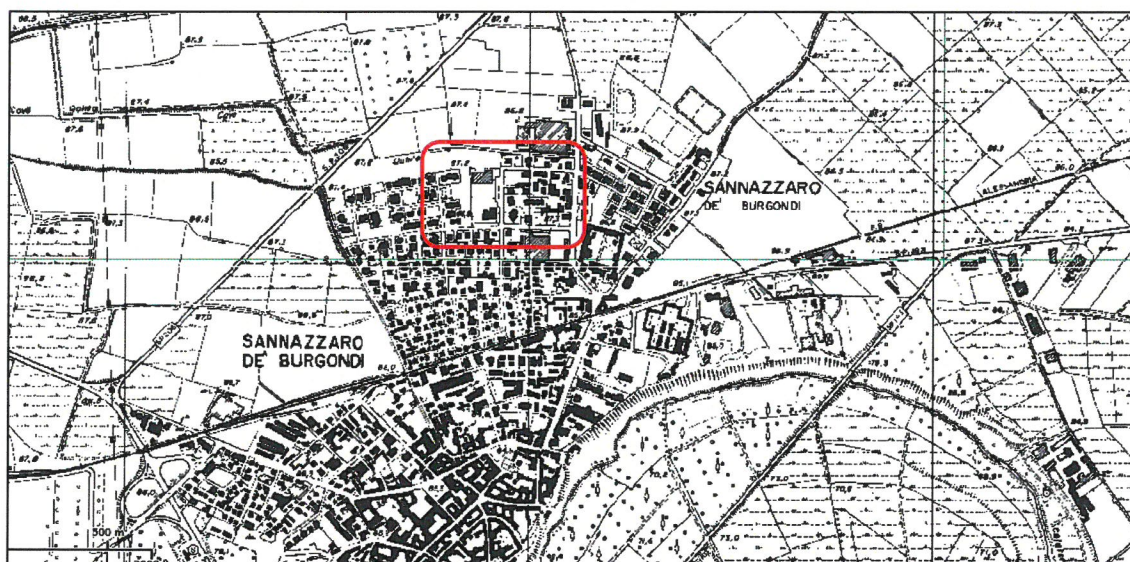


Figura 12: Stralcio della Carte Tecnica della Regione Lombardia in scala 1:10.000. In rosso l'area di studio.

Caratterizzazione geologica locale del sito oggetto di intervento.

Litologicamente, l'area si pone sulle Unità costituenti i depositi fluviali riferibili al "Fluviale Wurm" – terreni costituenti il livello principale della pianura da sabbioso limosi a limo argillosi nella porzione superficiale e sabbiosi in



profondità, con permeabilità da moderata a bassa e drenaggio da buono a lento.

Come riferimento stratigrafico per il sito di interesse progettuale si riporta la parte iniziale della stratigrafia del pozzo profondo di Piazza del Popolo, da cui si evince la presenza per almeno 40 metri di terreni a granulometria essenzialmente sabbiosa.



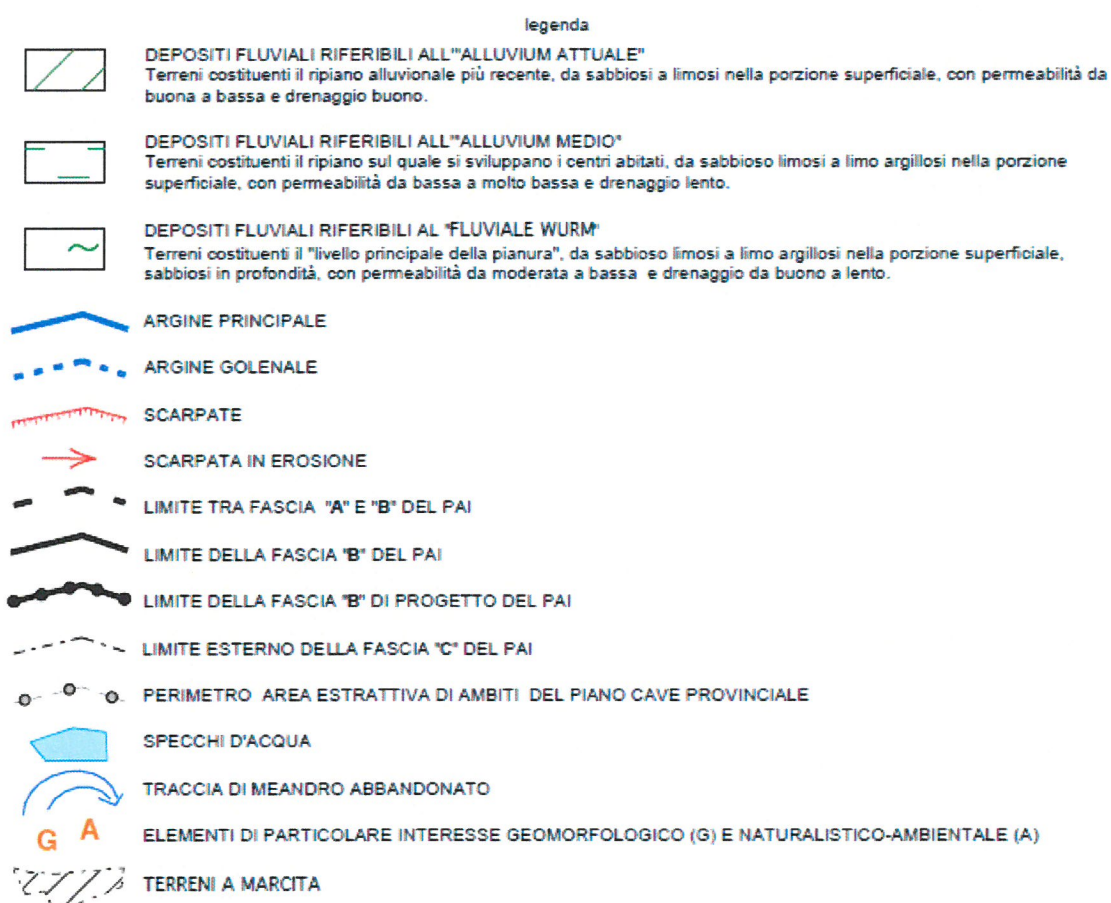
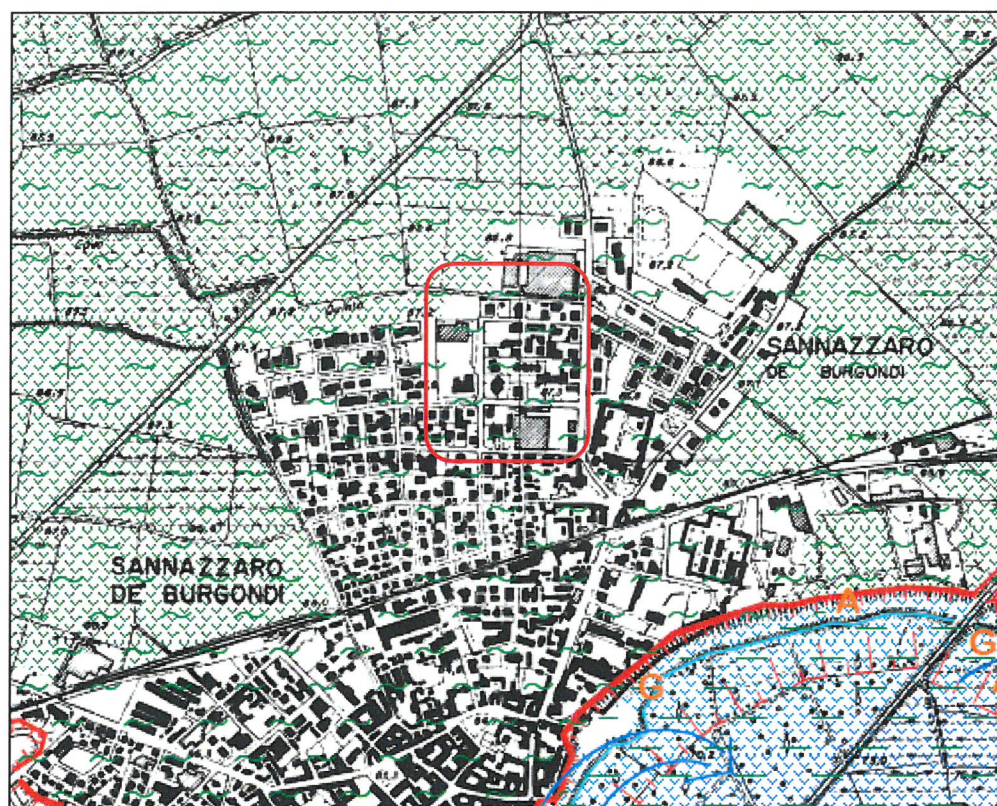


Figura 13: Stralcio della Tav. 01 "Carta di inquadramento geologico – geomorfologico" redatta per il PGT di Sannazzaro. In rosso l'area di studio.



Strato	Da	A	Spessore	descrizione	sigla
1	0	10	10	Sabbia bianca	S
2	10	12	2	Sabbia grigia	S
3	12	18	6	Sabbia argillosa	S A
4	18	28	10	Sabbia	S
5	28	38,5	10,5	Sabbia e ghiaietto	S GG
6	38,5	40	1,5	Argilla e sassi	A GP
7	40	47	7	Sabbia argillosa compatta	S A
8	47	51	4	Sabbia	S
9	51	53	2	Sabbia argillosa	S A
10	53	58,5	5,5	Ghiaia e sabbia	G S
11	58,5	63	4,5	Argilla	A
12	63	68,5	5,5	Sabbia argillosa	S A
13	68,5	84	15,5	Argilla	A
14	84	89	5	Ghiaia e sabbia	G S
15	89	97,5	8,5	Argilla	A
16	97,5	101,5	4	Sabbia e ghiaia	S G
17	101,5	103,5	2	Argilla	A
18	103,5	109	5,5	Sabbia fine compatta argillosa	S4 A
19	109	123	14	Sabbia viva	S
20	123	127,1	4,1	Argilla	A

Figura 14: Successione stratigrafica di riferimento del sito di interesse progettuale.



Caratterizzazione idrogeologica locale del sito oggetto di intervento

L'area di interesse si ubica in un'area caratterizzata da un grado di vulnerabilità della falda idrogeologica elevato – intrinseca alto, tra le isopiezometriche dei 78 e dei 76 metri s.l.m. e dunque con una soggiacenza di circa 10m dal piano di calpestio attuale (Figura 12).

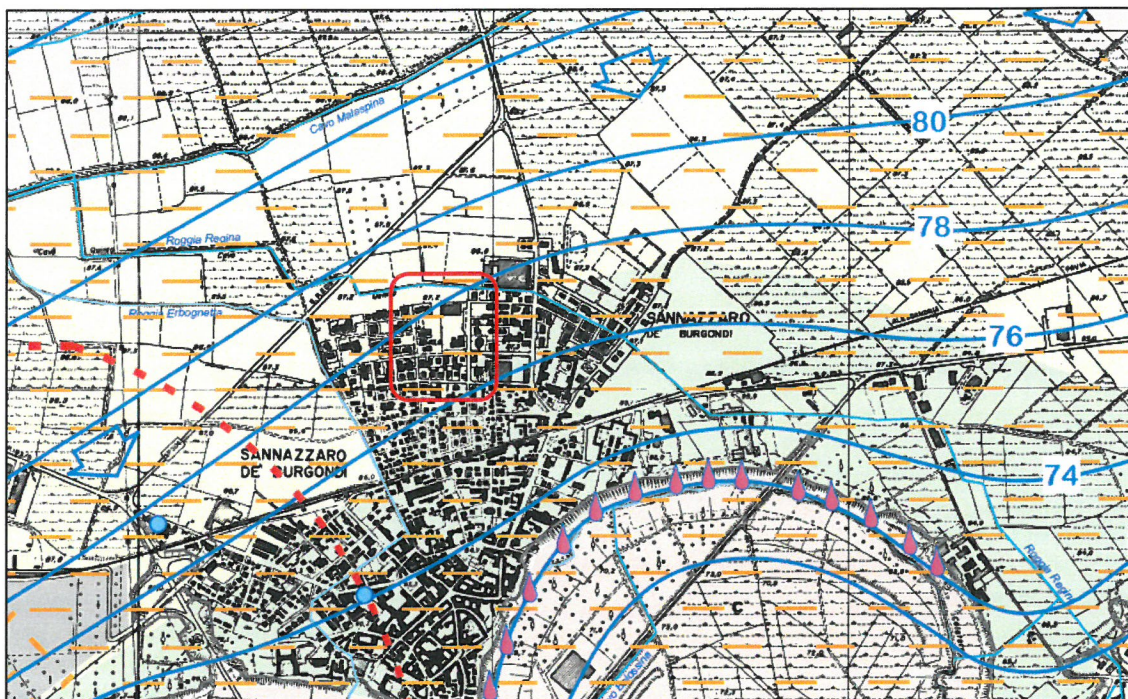
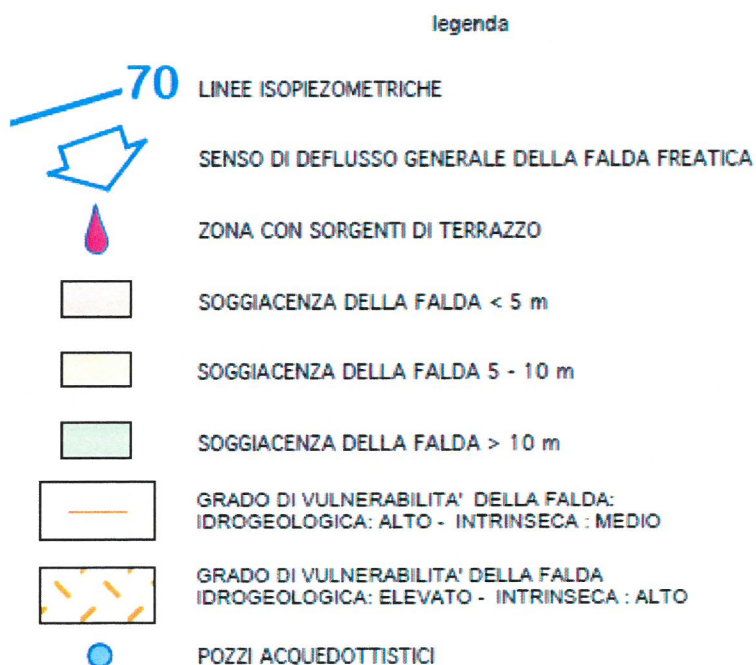


Figura 15: Stralcio della Tav. 2 - Carta Idrogeologica con elementi idrografici redatta per il PGT. In rosso l'area di studio.



Caratterizzazione geotecnica e sismica del sito

La Tavola 5A (Carta di Fattibilità Geologica) allegata alla Componente Geologica e Sismica del PGT (Figura 16), inserisce il sito di interesse progettuale in CLASSE 2b - FATTIBILITA' CON MODESTE LIMITAZIONI - Area di pianura con limitazione allo spandimento di fanghi di depurazione in agricoltura. Per tali aree non vi sono specifiche controindicazioni di carattere geologico-tecnico alla urbanizzazione, fatto salvo il rispetto delle NTC 2018.

Tali terreni presentano complessivamente discrete caratteristiche geomeccaniche, con portanza sufficiente per le normali edificazioni; storicamente non si ha notizia di lesioni gravi alle costruzioni abitative, tali da costituire un pericolo per gli abitanti e costringere a demolizioni o rifacimenti.

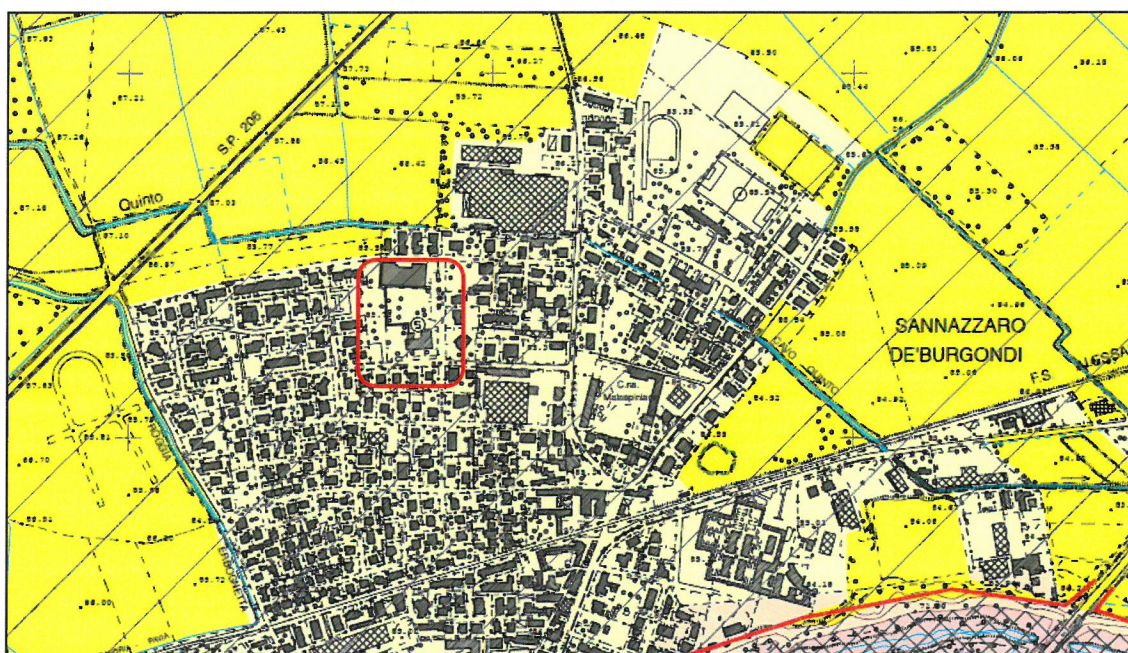


Figura 16: Tavola 5A (Carta di Fattibilità Geologica) allegata alla Componente Geologica e Sismica del PGT. In rosso l'area di studio.

2a

CLASSE 2a - FATTIBILITA' CON MODESTE LIMITAZIONI. Nessuna specifica controindicazione di carattere geologico tecnico alla urbanizzazione, salvo il rispetto delle disposizioni del D. Min. Infrastrutture 14/01/2008. E' richiesta la realizzazione di approfondimenti di carattere geologico tecnico e idrogeologico finalizzati alla verifica della stabilità dei suoli ed al razionale drenaggio delle acque piovane e di scarico, al fine di evitare effetti negativi sulle acque superficiali/sotterranee e sulle aree limitrofe.

2b

CLASSE 2b - FATTIBILITA' CON MODESTE LIMITAZIONI. Sussistono le stesse prescrizioni previste per la "Classe 2a". Su queste aree è vietato lo spandimento dei fanghi di depurazione per utilizzo agronomico, in quanto classificate "non adatte" nella "Base informativa Pedologica" della Regione Lombardia.



Per i terreni sabbiosi tipici del terrazzo alluvionale riferibili al fluviale Wurm, affioranti nell'areale di interesse progettuale, è possibile riferire la seguente successione geotecnica tipo (Tabella 2):

Tabella 2: Successione geotecnica di sito. N_{spt} = Numero di colpi medio dello strato; D_r = densità relativa; Φ = Angolo di attrito; Y = peso di volume secco del terreno; Y_{SAT} = peso di volume saturo del terreno; c = coesione.

Complesso	C ₁	C ₂
Profondità (m)	0.0–0.4	0.6–7.0
Descrizione litologica	Terreno di riporto/vegetale	Sabbie mediamente addensate
N_{spt}	5–10	15–20
D_r (%)	50	80
Φ (°)	27–29	33–35
Y (t/m ³)	1.6	1.8
Y_{SAT} (t/m ³)	1.8	2.1
c (kg/cm ²)	-	-

Come permeabilità è possibile attribuire ai terreni sabbiosi medio-fini di interesse progettuale un range di valori di permeabilità medio, compreso tra **$1E^{-4}$ e $1E^{-6}$ m/s.**

Per caratterizzare sismicamente il sito di interesse progettuale si fa riferimento alla prospezione sismica n.1 effettuata nel 2017 per l'approfondimento di I e II Livello dell'analisi della Componente Geologica del PGT. I risultati forniti dall'indagine sismica MASW utilizzata permettono di definire la categoria di suolo del sito, che risulta posto in categoria di sottosuolo **C**, definita come:

Categoria di sottosuolo di fondazione 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.

I valori di V_{Seq} calcolati sono elencati nella Tabella 3:

Tabella 3: Valori di V_{Seq} calcolati, relativi alla prospezione sismica MASW utilizzata.

Prospezione sismica	$V_{S\ 0-30}$ (m/s)
MASW n. 1	[249]

Di seguito si riportano i valori di V_S per i sismostrati riscontrati nella prospezione sismica MASW effettuata (Tabella 4).

Tabella 4: Prospetto delle determinazioni dei valori di V_S per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica MASW.

Sismostrato	Profondità (m)	V_S (m/s)
S1	0.0–2.7	164
S2	2.7-16.5	234
S3	16.5-30.0	300

In funzione della categoria di suolo **C** e della categoria topografica **T1** sono stati ricavati tutti i parametri d'interesse ingegneristico, quali gli spettri di risposta elastici.

Il calcolo degli spettri di risposta elastici è stato effettuato con la seguente strategia di progettazione:

- Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni;
- Coefficiente d'uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d'uso della costruzione II.

Il computo ha fornito valori massimi di a_g (accelerazione orizzontale massima al suolo) e S_e [g] (accelerazione orizzontale corrispondente ai periodi compresi tra T_B e T_C) (Tabella 5), relativamente agli stati limite SLD (Stato Limite di Danno) e SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita) pari a:

Tabella 5: Valori massimi di a_g e S_e [g] relativamente agli stati limite SLD e SLV – componenti orizzontali degli spettri di risposta elastici. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d'uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%; fattore di struttura $q = 1,5$.

a_g SLD	a_g SLV	S_e [g] SLD	S_e [g] SLV
[0.026]	[0.060]	[0.098]	[0.230]



LIQUEFAZIONE

Il sito presso il quale è ubicato il manufatto deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine l'insieme di quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate (NTC 2018 7.11.3.4.1)

Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere con interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione.

In assenza di interventi di miglioramento del terreno, l'impiego di fondazioni profonde richiede comunque la valutazione della riduzione della capacità portante e degli incrementi delle sollecitazioni indotti nei pali.

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 17 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Figura 18 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.



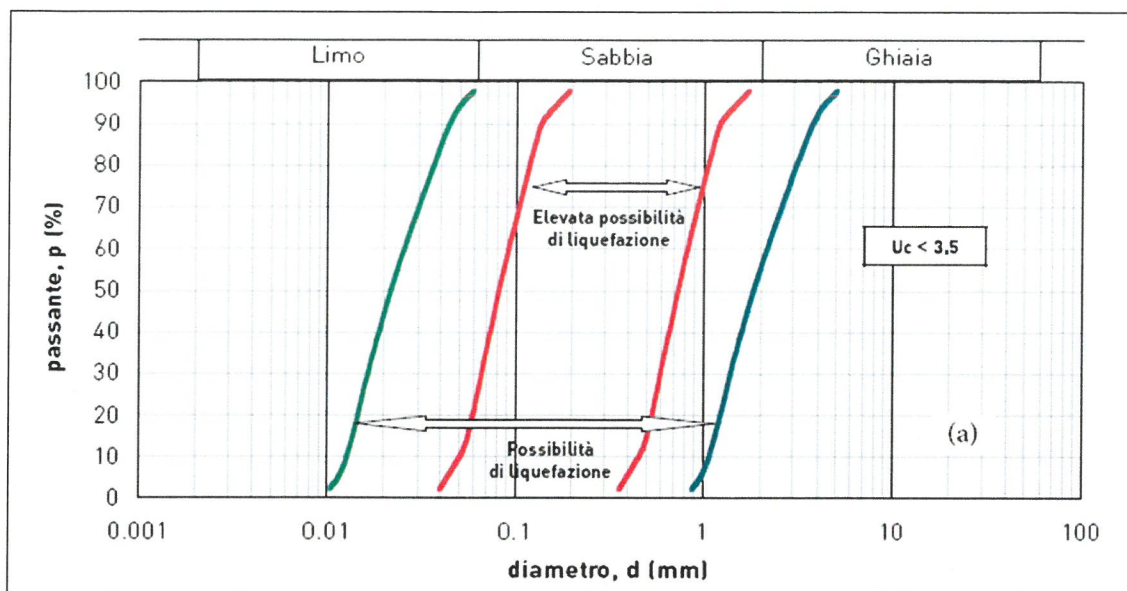


Figura 17: Fusi granulometrici suscettibili a liquefazione con $U < 3,5$.

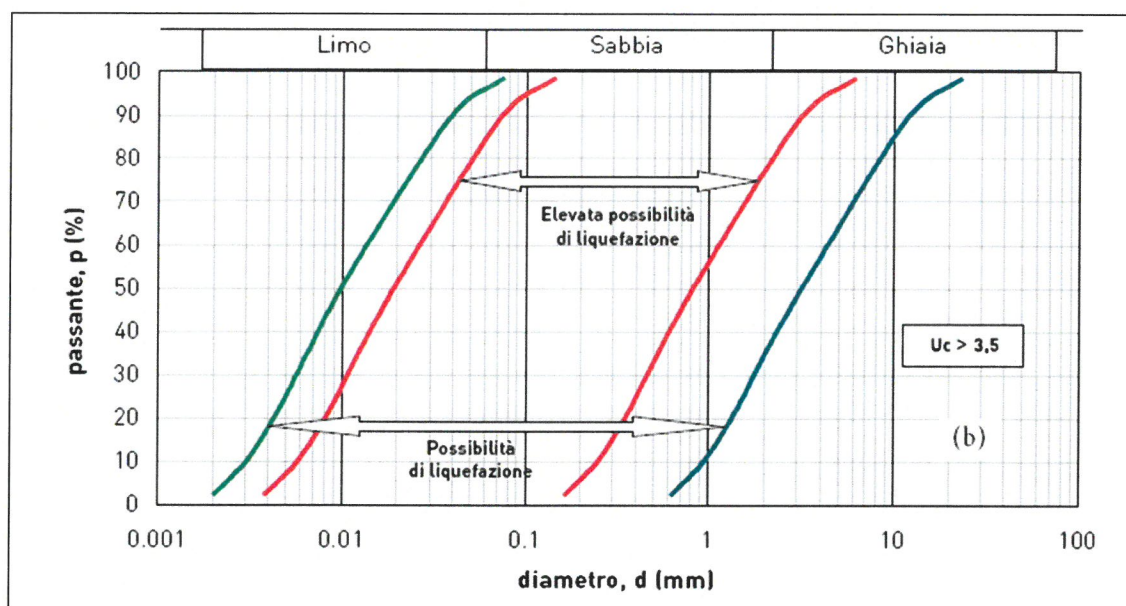


Figura 18: Fusi granulometrici suscettibili a liquefazione con $U > 3,5$.

Considerata la bassa accelerazione attesa al sito in condizioni di free-field (pari a 0.060g per tempi di ritorno a 475 anni), per il punto n. 1 suddetto è possibile escludere a priori la possibilità che si verifichi il fenomeno della liquefazione dei terreni e, pertanto, non è stata effettuata alcuna verifica a liquefazione.



5. CONCLUSIONI

Il sottoscritto dott. geologo Francesco Cuccurullo, su incarico dell'architetto Elio Conte, ha redatto la presente relazione geologica finalizzata al progetto definitivo-esecutivo per i "lavori di riqualificazione Parco Giochi Di Via Toscanini" (coordinate geografiche ED50 del sito 45.110478° N – 8.910123° E), nel territorio comunale di Sannazzaro dè Burgondi (PV).

Considerata la tipologia dell'intervento a farsi, per la definizione dell'assetto geologico di sito non sono state effettuate indagini in sito ,ma si ci è basati su dati bibliografici, basandosi sostanzialmente sullo studio geologico a supporto del Piano di Governo del Territorio (PGT), redatto nel 2016/2017.

La stessa area di interesse si individua nella parte più settentrionale del centro urbano di Sannazzaro. Litologicamente, l'area si pone sulle Unità costituenti i depositi fluviali riferibili al "Fluviale Wurm" – terreni costituenti il livello principale della pianura da sabbioso limosi a limo argillosi nella porzione superficiale e sabbiosi in profondità. La falda acquifera, da dati bibliografici, si individua con soggiacenza di circa -10 m dal p.c. Per quanto riguarda il rischio idrogeologico, il sito non rientra in alcuna area a pericolosità/rischio sia idraulico che da frana. Esso, inoltre, risulta stabile nei confronti di sink-hole e della liquefazione, né si individuano nelle vicinanze cavità naturali ed antropiche. Per quanto riguarda l'intervento a farsi si evidenzia come le caratteristiche geotecniche dei terreni di sedime risultino da buone a ottime.

I risultati forniti dall'indagine sismica MASW utilizzata permettono di definire la categoria di suolo del sito, che risulta posto in categoria **C** (D.M. 17 gennaio 2018).

In definitiva, si può asserire che l'intervento a farsi è fattibile in funzione delle condizioni geologiche, geomorfologiche, geotecniche, idrogeologiche e sismiche di sito.

Dott. Geologo Francesco Cuccurullo

