

<b>Committente:</b>	
	<b>Somma Patrimoni e Servizi</b>
<b>Oggetto opera:</b>	
	<b>Lascito Aielli, via Don Selva Somma Lombardo (VA)</b>
<b>Titolo Documento:</b>	
	<b>Relazione Geologica Preliminare</b>
<b>N° Elaborato: 13420</b>	
<b>Redatto da: GM</b>	
<b>Data documento:</b>	
	<b>Busto Arsizio 23/02/2021</b>
<b>Il Progettista:</b>	<p>Il progettista Dott. Geol. Marco Cinotti</p>  

NDICE	
NDICE	2
1. PREMESSA	3
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO - GEOMORFOLOGICO	5
3. CARATTERI IDROGEOLOGICI	12
4. INDICAZIONI PER IL PROGETTO SISMICO DEGLI EDIFICI	14
5. INDAGINE SISMICA	21
6. CARATTERISTICHE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA	28
7. CONCLUSIONI	29
NORMATIVE E RIFERIMENTI	30

*ALLEGATO 1: INQUADRAMENTO GEOGRAFICO (CTR, MAPS);*

*ALLEGATO 2: ESTRATTO CARTA GEOLOGICA;*

*ALLEGATO 3: ESTRATTO CARTA IDROGEOLOGICA;*

*ALLEGATO 4: ESTRATTO CARTA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE;*

*ALLEGATO 5: ESTRATTO CARTA FATTIBILITÀ.*

## 1. PREMESSA

Su incarico di Somma Patrimonio e Servizi, il sottoscritto Dott. Geol. Marco Cinotti, con studio in Busto Arsizio, Via Vincenzo Bellini n. 32, ha provveduto ad eseguire i necessari accertamenti al fine di valutare le caratteristiche litologiche dell'area su cui insiste l'edificio esistente in via Don Selva, Somma Lombardo (VA). (Fig. 1, Fig. 2).

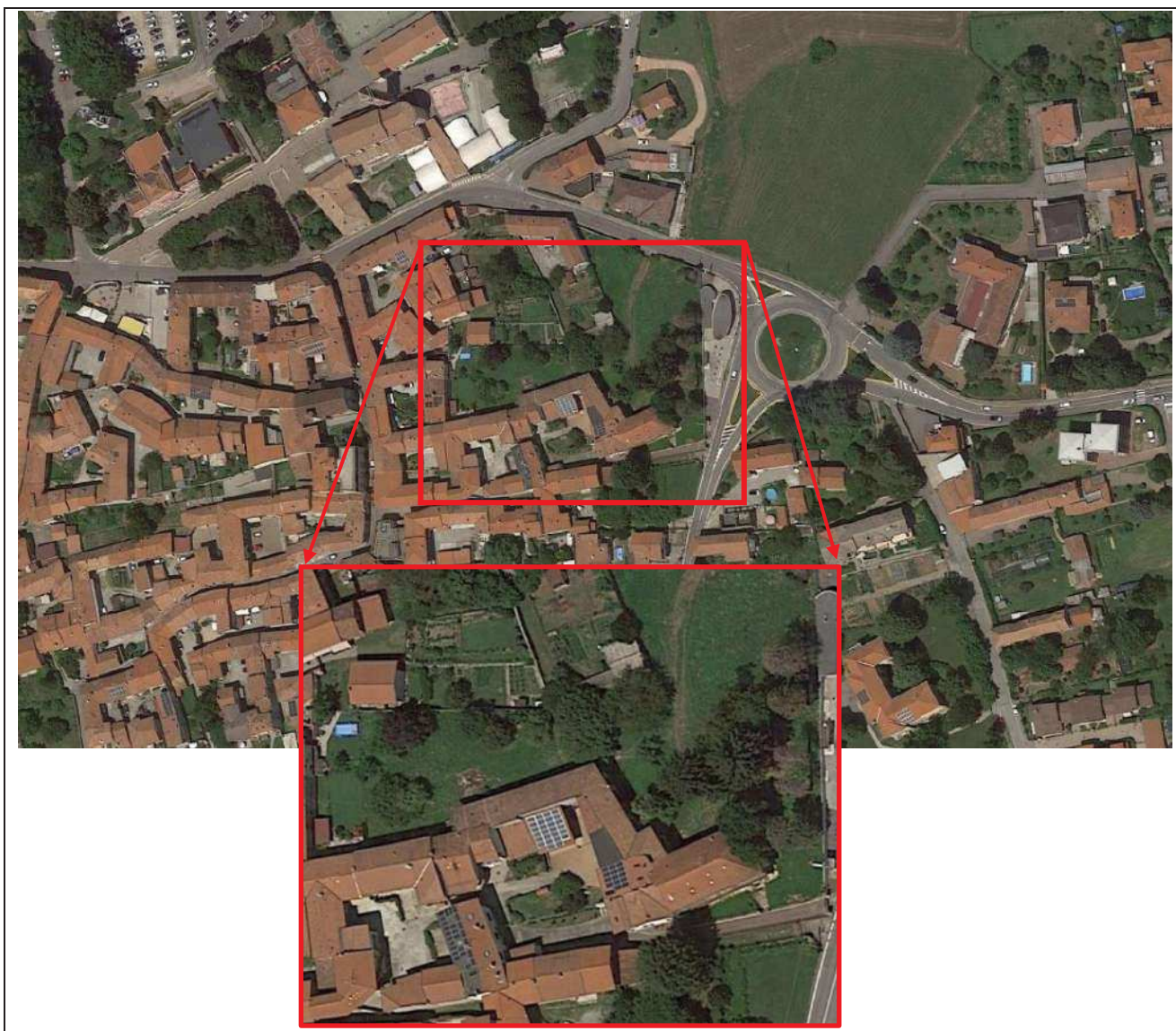


Figura 1 - Inquadramento geografico; in rosso l'area d'intervento. (Google Earth)

Il lavoro si è sviluppato inizialmente in uno studio di massima dell'area, condotto sia mediante consultazione dei lavori reperibili in bibliografia, sia con l'effettuazione di ricognizioni in loco, per definirne le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrauliche ed idrogeologiche.

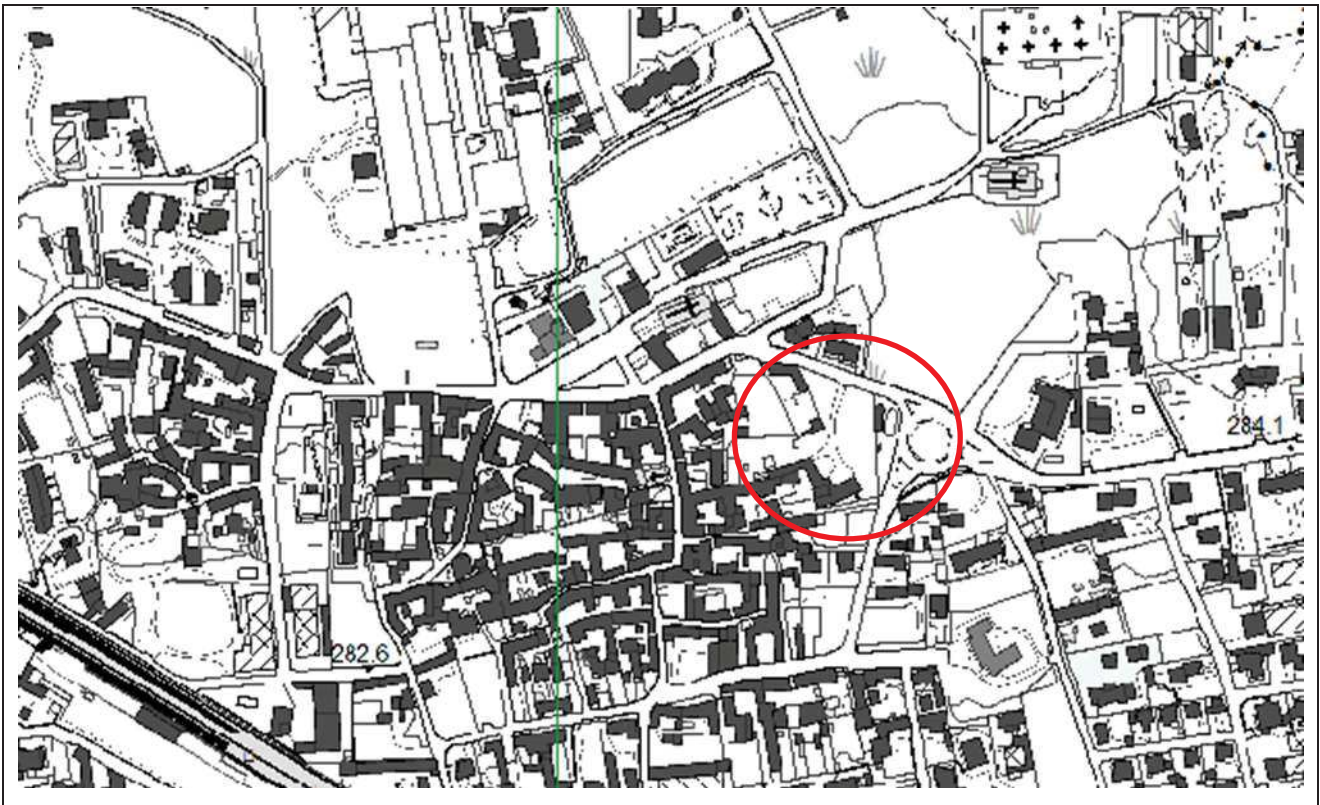


Figura 2 - Estratto C.T.R.; cerchiato in rosso l'area di studio – Fonte Geoportale Regione Lombardia

## 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO - GEOMORFOLOGICO

L'area, descritta nel foglio 31 della Carta geologica d'Italia (Varese), è costituita dai cordoni morenici che si diramano dall'area circostante Varese. (Fig. 3).

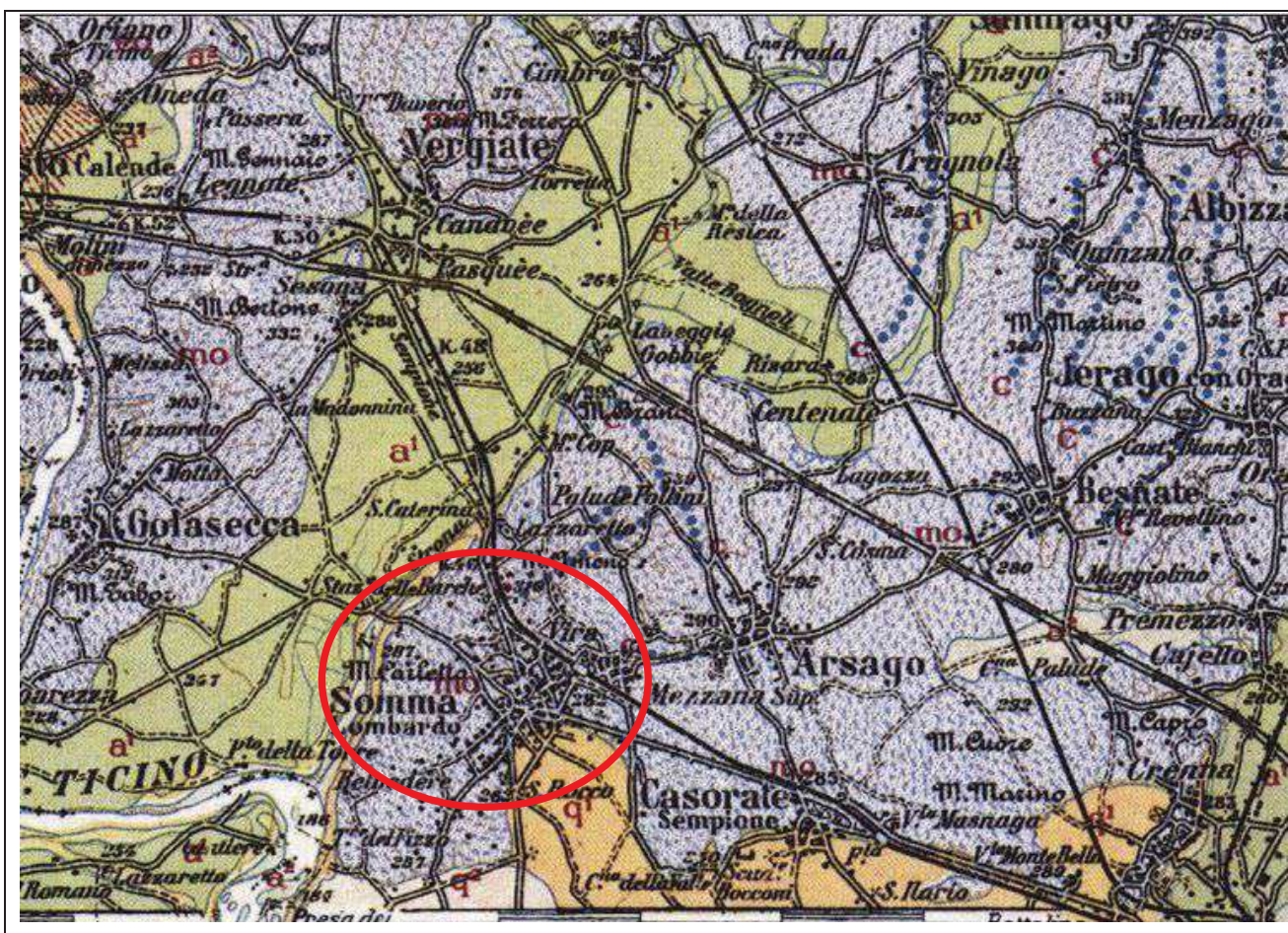


Figura 3 - Estratto Carta Geologica d'Italia; cerchiata in rosso l'area di studio - F. 31

Il territorio in esame si colloca nel settore dell'alta Pianura Padana compreso fra i Fiumi Ticino e Olona, a sud della zona dei laghi prealpini del Varesotto.

Geologicamente quindi si situa in un'area caratterizzata esclusivamente dalla presenza di depositi sciolti quaternari disposti in terrazzi sovrapposti, con direzioni grosso modo coincidenti con il corso degli attuali fiumi.

La storia geologica del territorio inizia nel Quaternario con la definitiva ritirata del mare che occupava la Pianura Padana.

Tale regressione, avvenuta in modo lento e progressivo a partire da ovest verso est, ha provocato l'instaurarsi inizialmente di un ambiente di tipo lagunare (depositi argilloso torbosi con lenti sabbioso ghiaiose del "Villafranchiano") successivamente evolutosi in un ambiente più decisamente continentale.

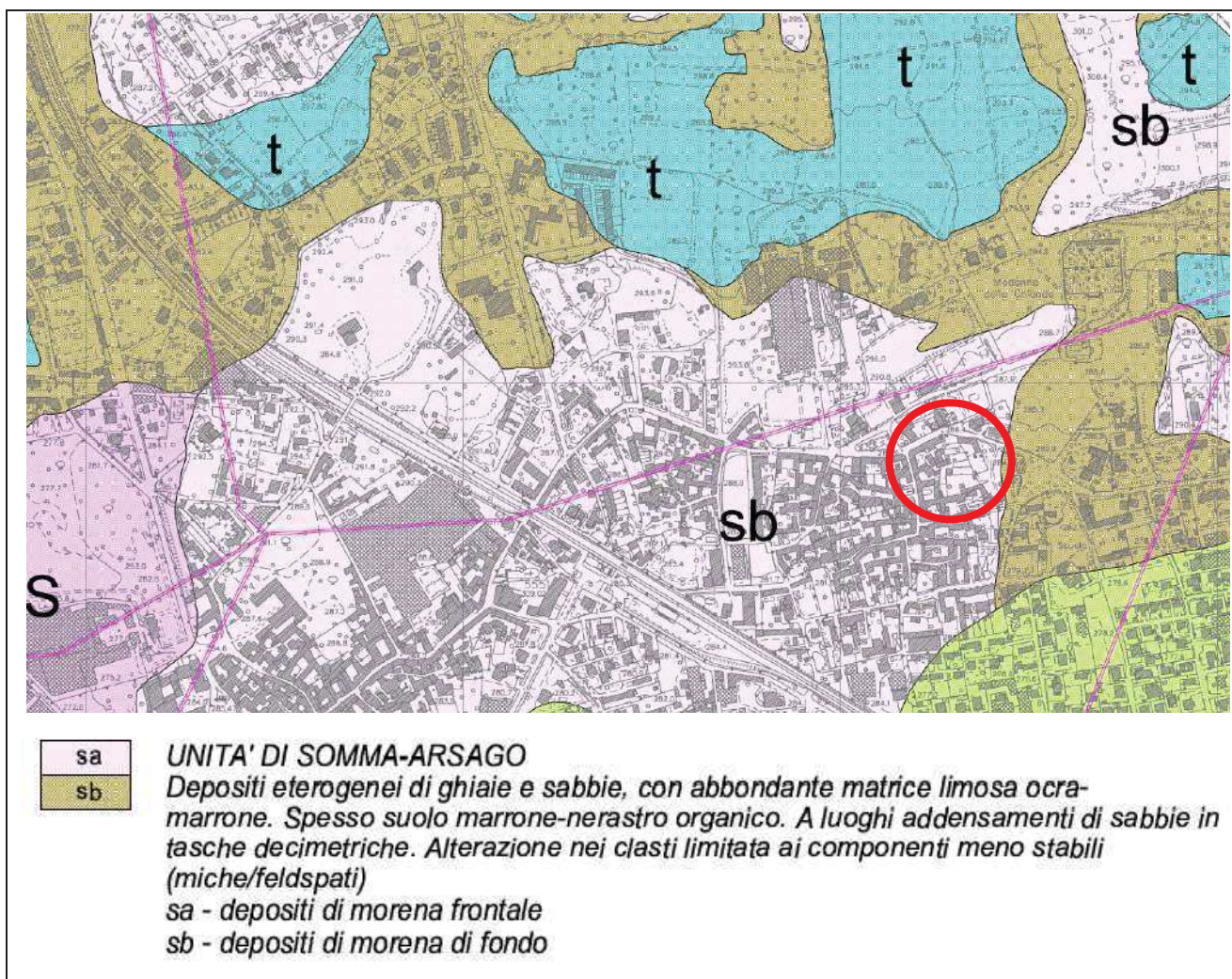


Figura 4 - Estratto Carta Geologica, cerchiata in rosso l'area di studio - PGT Comune Somma Lombardo

In linea generale si può affermare che a partire dal Pleistocene medio in poi, si assiste ad un succedersi di periodi caratterizzati da climi sensibilmente differenti, da freddo a temperato caldo; questi cambiamenti

sono scanditi da momenti di avanzata e di ritiro dei ghiacciai alpini, con la creazione di diversi terrazzi climatici che nella nostra era sono di tipo fluvioglaciale e , più recentemente, fluviale.

In particolare, per quanto concerne l'Anfiteatro del Verbano, i 13 corpi di till risultano separati da evidenze sedimentologiche e pedologiche di clima caldo e le glaciazioni si sarebbero verificate a partire dal Pliocene superiore.

La suddivisione delle unità geologiche è schematizzata nel modo seguente (dalla più recente alla più antica):

#### DEPOSITI DETRITICI E COLLUVIALI DI PIEDE VERSANTE

Identifica i depositi incoerenti, prodotti dai normali agenti dell'alterazione delle unità litologiche in posto, accumulatisi dopo breve trasporto per gravità, in falde ai piedi dei versanti. Costituiscono depositi limitati in estensione e spessore, in genere non superiore ad alcuni metri.

#### ALLUVIONI TERRAZZATE DELLO STRONA E DEL TICINO ATTUALE (a)

Si tratta dei depositi alluvionali più recenti dell'area in esame, presenti sulle isole fluviali e lungo l'alveo di piena dei corsi maggiori. Sono caratterizzati da prevalenti sabbie (da fini a grossolane a ciottolose), ben lavate, con gli orizzonti più sottili addensati in eventi deposizionali circoscritti, le cui relazioni reciproche sono ancora ben riconoscibili sul terreno al margine di antiche anse fluviali o all'interno di piccole conche di sedimentazione leggermente depresse.

#### CONOIDI ALLUVIONALI ATTUALI E RECENTI

Forme legate prevalentemente a passati regimi idrologici. Risulta attivo solo il conoide legato all'attività di sbocco del Torrente Strona nel Fiume Ticino; le altre forme identificate appaiono essere sostanzialmente stabilizzate o completamente inattive. Sono costituiti da depositi, prevalentemente ghiaiosi e sabbioso-micacei, la cui granulometria decresce allontanandosi dal vertice del conoide. Nei depositi di maggiori dimensioni, è possibile la sporadica presenza di trovanti residuali.

#### SEDIMENTI LIMOSO – SABBIOSI DELLE AREE GOLENALI DEL TICINO RECENTE ED ATTUALE (a)

Limi sabbiosi di meandro abbandonato, incoerenti, soffici, con spessore massimo nell'ordine di pochi metri.

LIMI E TORBE DELLE DEPRESSIONI INTERMORENICHE (t)

Sedimenti dall'elevato contenuto in residui vegetali indecomposti, torbosi, compressibili, alternati a livelli argillosi discontinui e rare lenticelle limose o limoso – sabbiose.

UNITA' DELLA MADDALENA (M)

Depositi del secondo ordine dei terrazzi del Fiume Ticino. Non vi è spesso una netta distinzione litologica tra questi depositi e quelli dei successivi ordini di terrazzi, sia per quanto riguarda il tipo di apporti sia con riguardo alle caratteristiche granulometriche; permangono invece differenze, anche se estremamente transizionali, nel grado di alterazione.

Questo ha condotto nei terrazzi più elevati (più antichi e quindi per più tempo esposti agli agenti pedogenetici) all'arricchimento di matrice fine tra i clasti e al relativo scadere delle proprietà meccaniche dei medesimi, che si presentano invece nelle terrazzature inferiori praticamente inalterati.

UNITA' DELLA BELTRAMADA (B)

Sabbie fluviali con limi in orizzonti discontinui. Rappresentano la traccia di un paleocorso del Ticino, immediatamente successivo alla deposizione dell'Unità di Coarezza.

UNITA' DI COAREZZA (C)

Sedimenti del secondo ordine di terrazzi del Fiume Ticino. Ghiaie e sabbie fluvioglaciali, a giacitura irregolare e discontinua, alterazione da debole a media.

UNITA' DELLE VIGNAZZE – VIGANO (V)

Sabbie e limi in letti discontinui, di spessore metrico, coeve alla deposizione dell'Unità di Vizzola. Corrispondono a sedimenti di anse fluviali abbandonate o, con più probabilità, possono definirsi immediatamente seguenti all'Unità di Vizzola, con materiali derivati dall'erosione dell'unità stessa ad opera delle acque di fusione nel corso della successiva oscillazione temperata.

UNITA' DI VIZZOLA (Z)

Ghiaie e sabbie fluvioglaciali ad alterazione media del terzo ordine di terrazzi del Fiume Ticino. Caratteristiche tessiturali simili a quelle delle unità fluvioglaciali precedenti: abbondante matrice giallastra chiara diffusa in tutta la sezione, clasti di dimensioni al massimo doppio decimetriche, natura dei clasti varia,



cristallina e carbonatica, giacitura irregolare, grossolanamente disposta verso sud ovest nel quadrante settentrionale, più meridiana in quello inferiore.

#### DEPOSITI LOESSICI

Depositi di origine eolica, in lembi discontinui, il maggiore dei quali è disposto nell'area ad est della foce del Torrente Strona. Si tratta di sedimenti equidimensionali, di colore giallastro ocra molto chiaro, composti prevalentemente da granuli arrotondati di quarzo e di feldspato, aventi granulometria della sabbia fine. Costituiscono il substrato di ottimi terreni agrari.

#### UNITA' DI CASENUOVE (N)

Costituisce il terrazzo di quarto ordine del Fiume Ticino, l'ultimo e più elevato. Le caratteristiche litologiche sono confrontabili a quelle dei terreni costituenti i terrazzi degli ordini inferiori, l'alterazione appare essere più spinta nei clasti dei litotipi meno stabili, quali i graniti, fino al millimetro di profondità. Un orizzonte di breccie calcaree, con clasti angolosi, decimetrici e a cemento spatico, è presente alla base dell'unità. Il livello è discontinuo: affiora solo in corrispondenza della scarpata subito ad est della foce del Torrente Strona.

#### UNITA' DI SANTA CATERINA (T)

Ghiaie e sabbie passanti a conglomerati in matrice limoso - argillosa con lenti sabbiose. Rappresenta la facies di transizione dell'Unità di Somma – Arsago al fluvioglaciale dell'Unità di Casenuove. L'ambiente deposizionale è assimilabile a quello di un'ampia conoide che si diffondeva verso sud dallo sbocco proglaciale, all'esterno degli allineamenti morenici dell'area di Golasecca. È caratterizzata da stratificazione assente o caotica, marcata a luoghi da addensamenti sabbiosi grossolani.

#### UNITA' DI SOMMA (S)

Ghiaie e sabbie passanti a conglomerati in matrice limoso – argillosa con lenti sabbiose. Rappresenta la facies di transizione dell'Unità di Somma – Arsago al fluvioglaciale dell'Unità di Casenuove. L'ambiente deposizionale è assimilabile a quello di un'ampia conoide che si diffondeva verso sud dallo sbocco proglaciale, all'esterno degli allineamenti morenici del fronte del Monte Ameno. È caratterizzata da stratificazione assente o caotica, marcata a luoghi da addensamenti sabbiosi grossolani. La transizione verso il fluvioglaciale più franco (Unità di Casenuove) avviene gradualmente, con livelli conglomeratici che si dispongono in giacitura

blandamente erosiva sulle assise più regolari del fluvioglaciale, come può essere osservato sul fronte di cava inattiva alla sinistra del Torrente Strona, poco a monte della foce.

#### UNITA' DI VALLE (I)

Sottile corpo sedimentario costituito da limi micaceo – sabbiosi fini, incoerenti, marrone ocreo a luoghi aranciati (0 – 50 cm), deposti dai paleoemissari degli interstadi di Somma in unità semilunate, tortuose, deposte dal corso a meandri che raccoglieva le acque di deflusso dei paleobacini lacustri a nord dell'abitato di Somma.

#### UNITA' DI VERGIATE (E)

Alluvioni ghiaiose con letti discontinui e localizzati di ghiaie sabbiose, erosive sulle Unità di Santa Caterina, Casenuove e sulle alluvioni del Paleostrona. L'unità costituisce l'espressione sedimentaria (ed erosiva) del corso fluviale che, durante gli ultimi interstadi glaciali, defluiva dai laghi di Monate – Comabbio – Varese lungo la valle di Sesona e quindi si immetteva nel Ticino con un corso subparallelo a quello del T. nte Strona attuale.

#### ALLUVIONI DEL "PALEO STRONA" (P)

Sottile corpo sedimentario costituito da ghiaie grossolane e blocchi a giacitura caotica, matrice sabbiosa, lenti e letti sabbiosi e sabbioso micacei discontinui, irregolarmente distribuiti. L'origine di tali blocchi è probabile che non sia di trasporto, ma che gli stessi si siano isolati in loco per scalzamento dei materiali circostanti. Il corso che è stato informalmente denominato "Paleo Strona", decorreva come emissario della conca lacustre dei Valle Bagnoli e probabilmente dello stesso Lago di Varese.

#### UNITA' DI SOMMA – ARSAGO (sb, sa)

I terreni degli allineamenti collinari sui quali l'abitato di Somma Lombardo e delle frazioni limitrofe si sono praticamente sviluppati sono da attribuire alla più recente fase glaciale che ha interessato il territorio in esame. Il periodo, compreso fra 15000 e 75000 anni fa, denominato "Wurm" dagli Autori della prima metà del secolo, è stato oggetto di successivi e più estensivi studi che hanno consentito di definirne più dettagliatamente la stratigrafia.

Caratteristicamente i depositi morenici si presentano come depositi eterogenei, composti di ghiaie e sabbie, avvolti in matrice che qui appare di colore bruno – marrone scuro. A luoghi si notano addensamenti

sabbiosi in tasche di estensione non superiore ai pochi decimetri. Distintiva rispetto ai depositi “rissiani”, descritti successivamente, è la minor alterazione dei componenti lapidei, che, se presente, è limitata ai componenti meno stabili, quali miche scure e feldspati. Il suolo si presenta ovunque ben sviluppato, soffice, a tessitura prevalentemente sabbiosa; sono assenti orizzonti di ossidazione. In alcune zone è possibile distinguere delle porzioni costituite da depositi di morena di fondo (sb) rispetto alle porzioni costituite da morena frontale (sa).

**L’area di studio appartiene a questa unità (Fig.4).**

UNITA’ DI CASORATE SEMPIONE (ca, cb)

L’unità dal punto di vista granulometrico e compositivo (attribuibile al “Riss” s. l. dagli Autori precedenti, compreso tra circa 125000 e 250000 anni fa) non si differenzia in modo evidente dai depositi più recenti, analizzati in precedenza; lo stato di alterazione è invece sostanzialmente diverso. I clasti sono alterati sino a qualche millimetro di profondità, l’azione disgregante ha condotto alla formazione di una diffusa matrice costituita in prevalenza da minerali della serie delle argille, ossidi, idrossidi e minerali pesanti. L’unità è ovunque ricoperta da uno spesso paleosuolo residuale, rosso – aranciato con strato illuviale ossidato, alluminifero. A zone è possibile procedere alla distinzione delle porzioni costituite da depositi di morena di fondo (ca) rispetto alle porzioni costituite da morena frontale (cbsa).

VILAFRANCIANO DELLA MADDALENA (D)

Sono stati dubitativamente assegnati a questa unità, che è la più antica affiorante nell’area in esame, i depositi costituenti il terrazzo morfologicamente più basso della zona della Maddalena e composti da ghiaie medie ben classate, alterate, con legante sabbioso micaceo. I terreni sono ovunque ricoperti da uno strato metrico di colluvio, ad eccezione di una limitata porzione, affiorante circa 500 metri a sud delle opere di presa del Canale Villoresi e ad est dello stesso.

Qui è presente un terreno rosso – ruggine, intensamente alterato che è stato appunto ipoteticamente assegnato al Villafranchiano Superiore. In prossimità della sponda del Fiume Ticino, lungo la “Via al Ticino”, a sud del Candeggio Visconti, è stata segnalata (in uno scavo per fondazioni) un’unità composta di argille laminate, debolmente siltose, nere, al di sotto di due o tre metri di sedimenti sabbioso – ciottolosi del Ticino attuale (Villafranchiano Inferiore?).

### 3. CARATTERI IDROGEOLOGICI

All'interno dei sedimenti sciolti la circolazione idrica è legata ad una permeabilità primaria per porosità e l'alimentazione dell'acquifero avviene per infiltrazione delle precipitazioni meteoriche e per le perdite di subalveo dei corsi d'acqua mentre i prelievi sono legati all'emungimento attraverso i pozzi.

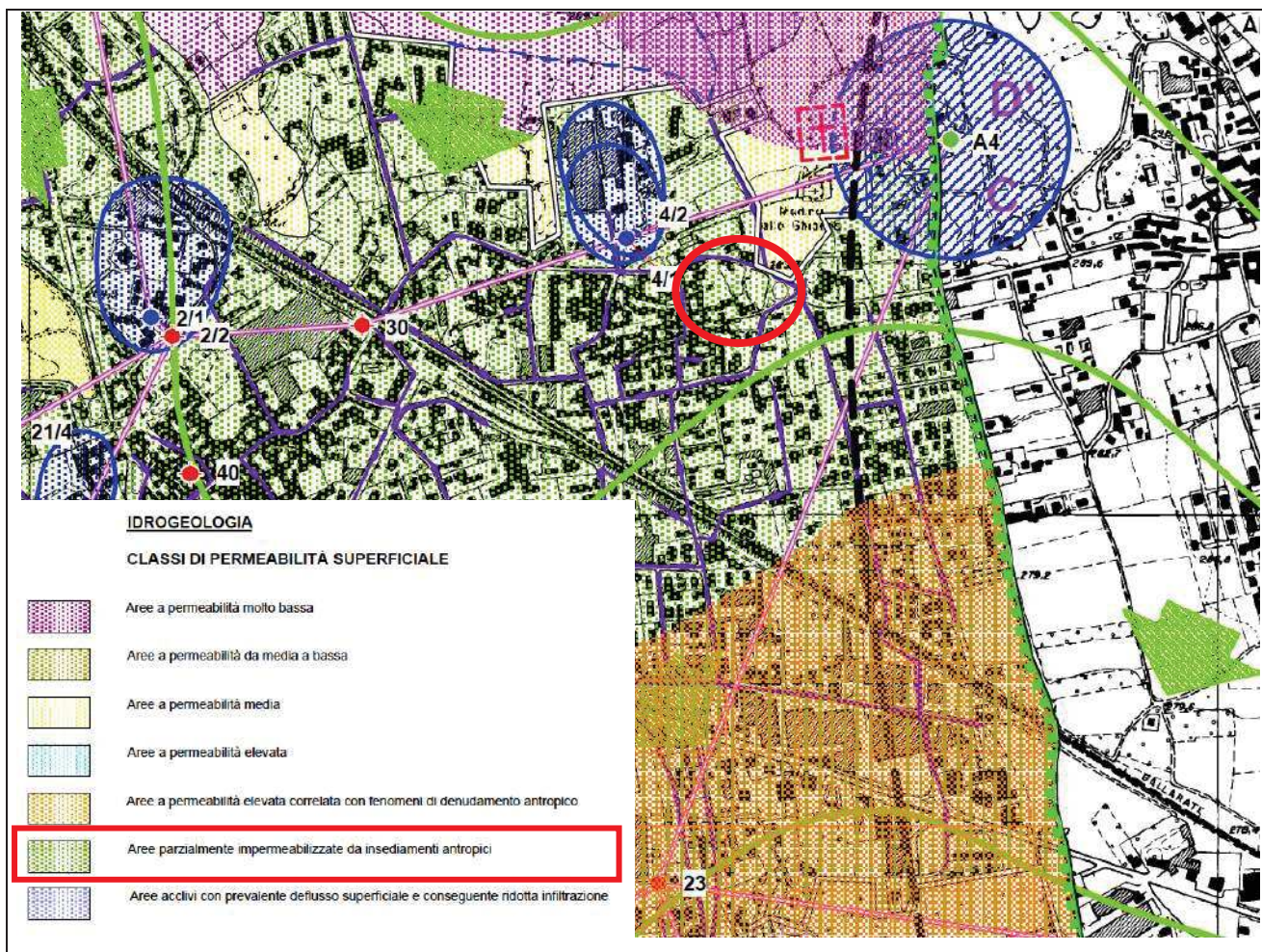


Figura 5 - Estratto Carta idrogeologica, cerchiata in rosso l'area di studio – PGT Comune Somma Lombardo

Il territorio di Somma Lombardo, modellato dai processi glaciali risulta caratterizzato da un livello di depositi argillosi che ricoprono con spessori variabili il substrato roccioso, determinando la formazione degli acquiferi principali all'interno dei depositi glaciali posti superiormente. E' comunque possibile la presenza di acquiferi profondi posti nelle lenti più grossolane dei depositi argillosi o di falde sospese nelle aree paludose superficiali.

Il comune ricade all'interno del bacino idrico del Ticino-Sud, costituito da sedimenti riconducibili alle glaciazioni wurmiane e costituiscono degli ottimi serbatoi idrici, determinando la formazione di acquiferi con spessori che arrivano al centinaio di metri.

La superficie piezometrica, nel territorio comunale di Somma Lombardo, è mediamente compresa fra 240 e 170 m s. l. d. m., con una direzione di flusso idrico sotterraneo da nord a sud nella porzione orientale del territorio. Tale deflusso devia più marcatamente in direzione sud-ovest laddove scorre il Fiume Ticino il quale si comporta come elemento drenante.

Il gradiente idraulico è nettamente maggiore nella parte settentrionale dell'area in esame e diminuisce sensibilmente in quella meridionale. La struttura idrogeologica è quella tipica di un acquifero multistrato.

La struttura idrogeologica è quella tipica di un acquifero multistrato. La superficie della prima falda è prossima alla superficie topografica lungo le sponde del Ticino (frazione di Coarezza, area della ex Cava Pietrisco presso il Torrente Strona, e da Maddalena verso sud fino a Casenuove); la profondità massima è invece sull'ordine dei 60 – 70 metri in corrispondenza del paese di Somma (C.so Europa, linea FS e frazione Mezzana per esempio) o verso i comuni limitrofi di Arsago Seprio, Ferno, Casorate Sempione, etc

L'area di studio ricade in un'area parzialmente impermeabilizzata da insediamenti antropici (Fig. 5), si tratta delle porzioni di territorio interessate da estesi interventi di urbanizzazione tali da alterare, con la loro presenza, la possibilità di infiltrazione delle acque nel sottosuolo.

In tali aree, infatti, la permeabilità superficiale appare essere generalmente ridotta per la presenza di estese coperture superficiali artificiali.

Le eventuali acque di infiltrazione vengono inoltre ad essere frequentemente convogliate all'interno di condotte fognarie e quindi sottratte ai naturali cicli di infiltrazione. Locali situazioni anomale sono viceversa rappresentate dalla possibile presenza di pozzi perdenti che possono agire da centri di infiltrazione preferenziale ed immediata di acque provenienti dalla superficie.

#### 4. INDICAZIONI PER IL PROGETTO SISMICO DEGLI EDIFICI

L'area in oggetto ricade nella zona di convergenza tra piastra adriatica e piastra europea (Alpi e Subalpino) caratterizzata da meccanismi di rottura di tipo thrust e transpressivi individuata nella zonazione sismogenetica ZS4, adottata dal GNDT nel 1996; nella nuova zonazione sismogenetica ZS9 (Meletti e Valensise, 2004), attualmente in vigore, l'area in esame ricade in prossimità della zona sismogenetica 907.

A conferma di quanto riportato in precedenza si riporta la carta delle "Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani valutate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti dell'ING" (Molin et al., 1996) nella quale, per il territorio del comune di Somma Lombardo viene indicato un terremoto con magnitudo  $\leq$  al VI grado MCS (**Fig. 6**).

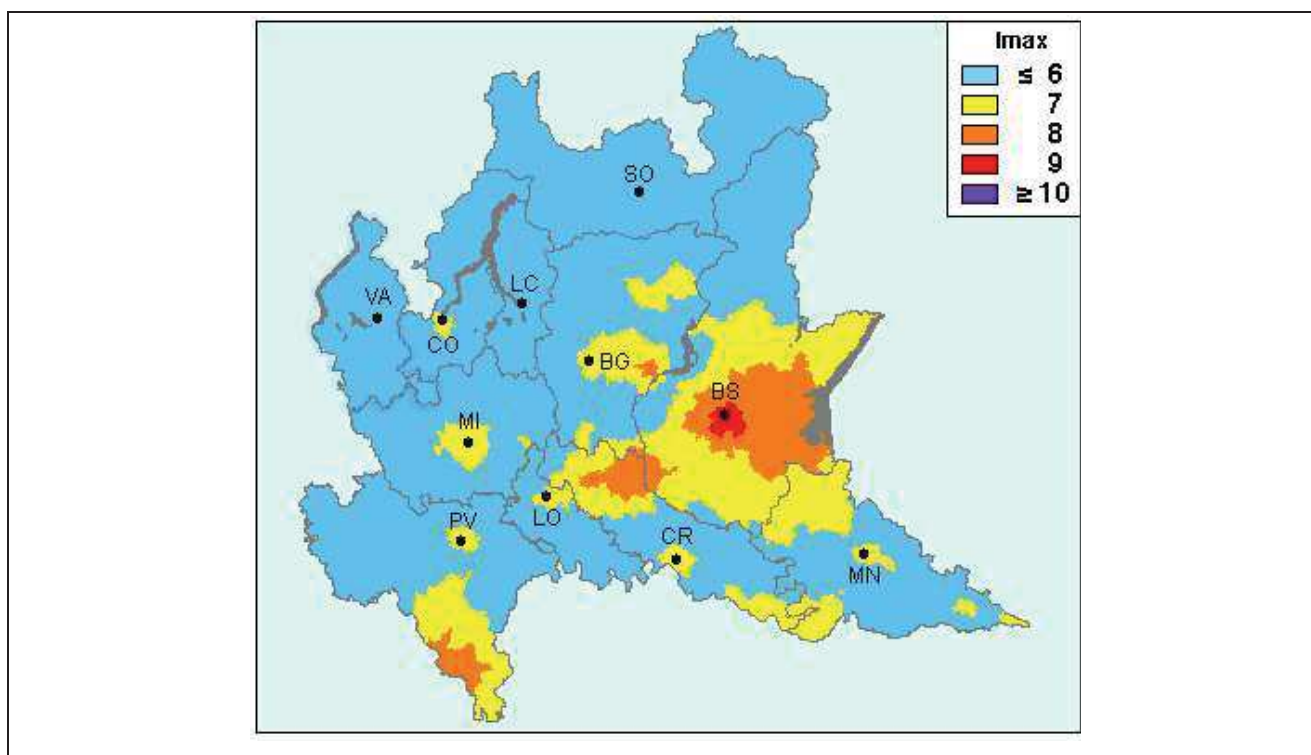


Figura 6 – Carta di Pericolosità Sismica del territorio lombardo.

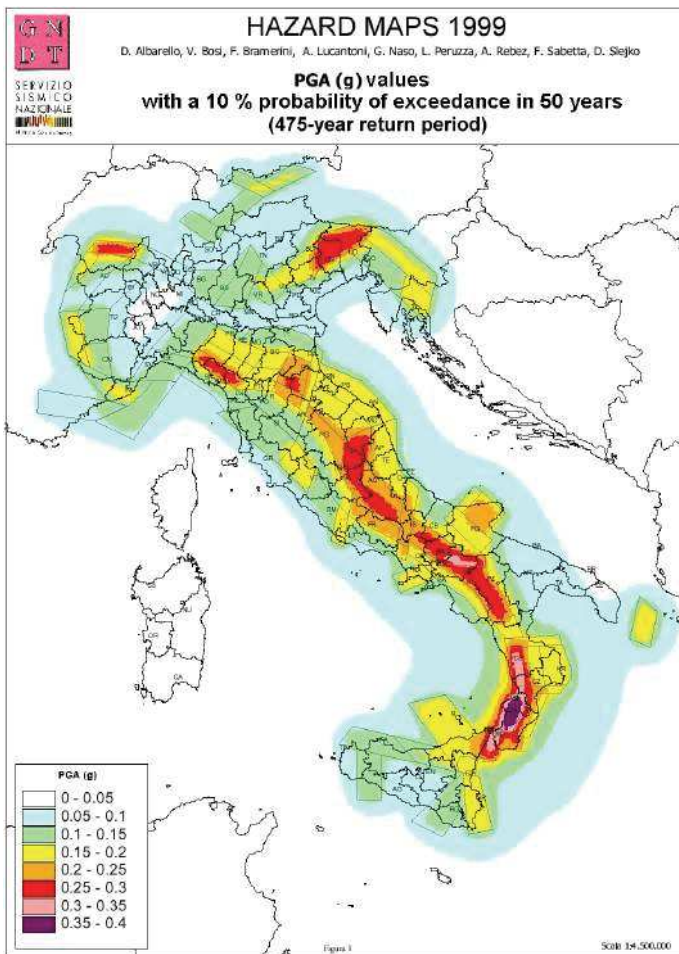


Figura 7 – Carta di Pericolosità Sismica del territorio nazionale.

La mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, riportata nella **figura 7** ed elaborata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, approvata con Ordinanza n.3519 del Presidente del Consiglio dei Ministri del 28 Aprile 2006, è diventata la mappa di riferimento prevista dall'Ordinanza n.3274 del 2003, All.1.

In tale cartografia il comune di **Somma Lombardo** ricade in una zona con accelerazione massima al suolo (amax) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a soli molto rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s; cat. A) compresa tra 0,025 e 0,050 g (**Fig. 7**).

Dalla carta di pericolosità sismica locale del comune di **Somma Lombardo (Fig. 8)**, si evince inoltre che l'area di studio si imposta in zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (comprese le coltri loessiche) che nella cartografia viene classificata con con sigla **Z4C – zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi**.

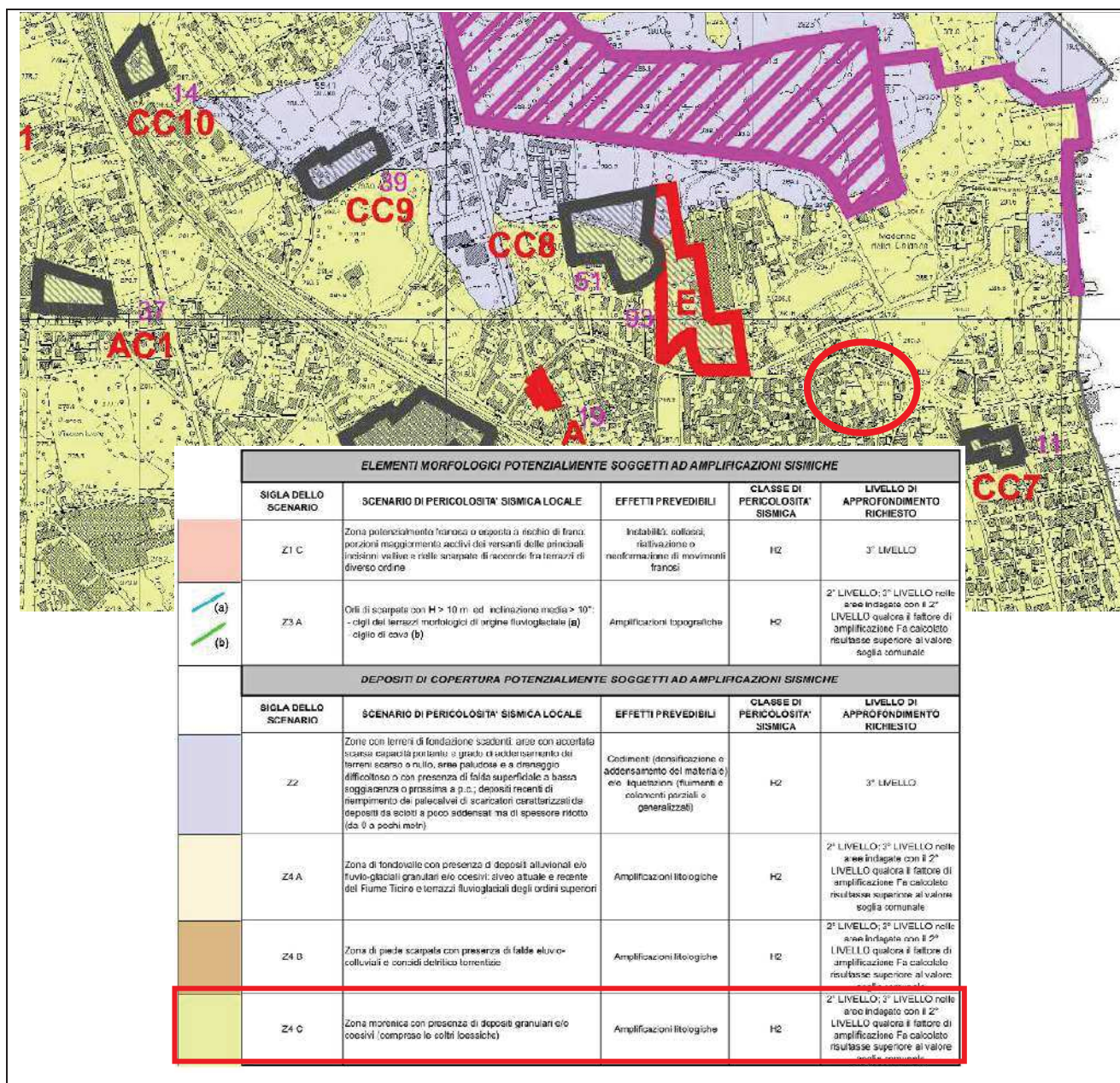


Figura 8 – Estratto Carta di Pericolosità Sismica Comune di Somma Lombardo; cerchiata in rosso l'area di studio.

Con Decreto del Ministero delle Infrastrutture del 17/01/18 sono state approvate le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (G.U. n°42 del 20/02/18) nelle quali è presente un allegato relativo alla pericolosità sismica del territorio nazionale, in particolare è fornita la pericolosità sismica.



Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC, dalle accelerazioni  $a_g$  e dalle relative forme spettrali, che sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima del terreno),  $F_0$  (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale),  $T_c^*$  (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale).

Di seguito sono riportati i valori di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$  relativi alla pericolosità sismica sitospecifica:

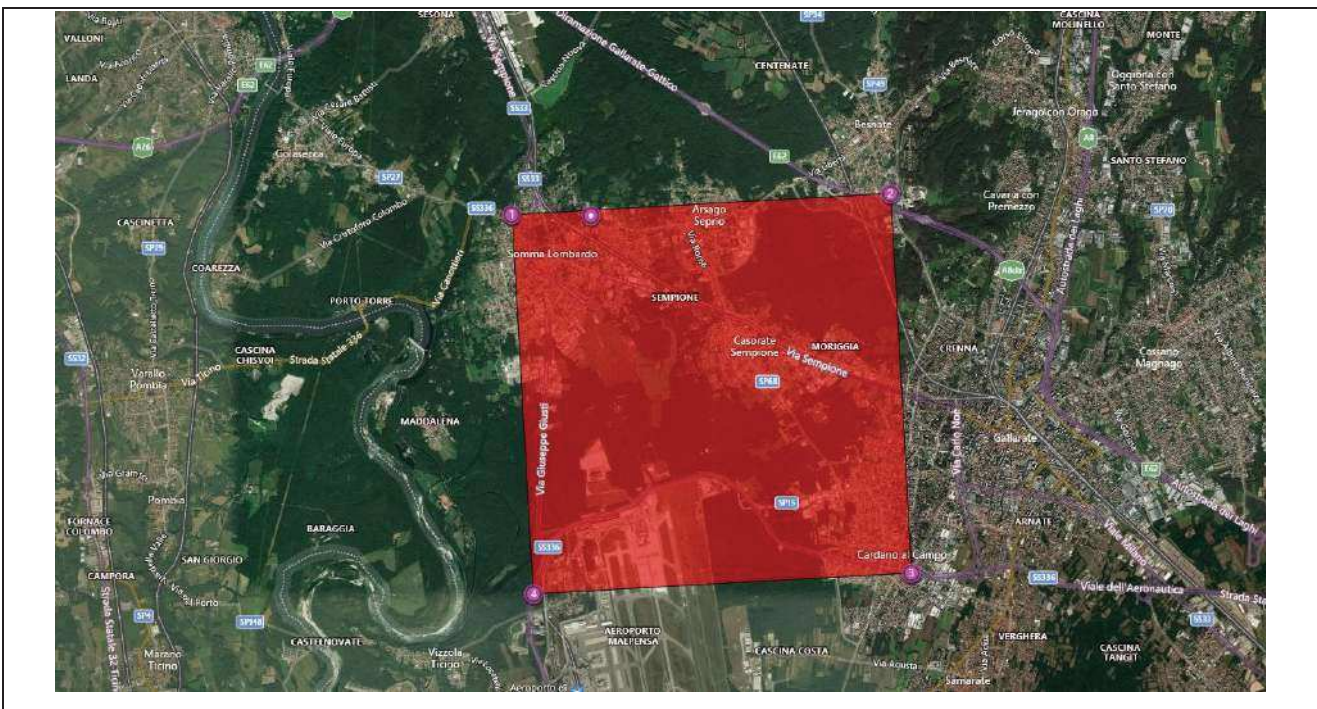


Figura 9 - Parametri sismici sitospecifici - Fonte Geostru.eu

### 4.1 Pericolosità sismica di base

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84):	45.6892509	[°]
Longitudine (WGS84):	8.7135439	[°]
Latitudine (ED50):	45.6901855	[°]
Longitudine (ED50):	8.7146187	[°]
Vita nominale ( $V_n$ ):	50	[anni]
Classe d'uso:	II	
Coefficiente d'uso ( $C_u$ ):	1	
Periodo di riferimento ( $V_r$ ):	50	[anni]
Tipo di interpolazione:	Media ponderata	

Stato limite	$T_r$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	30	0.014	2.579	0.158
SLD	50	0.018	2.542	0.168
SLV	475	0.038	2.620	0.277
SLC	975	0.045	2.649	0.299

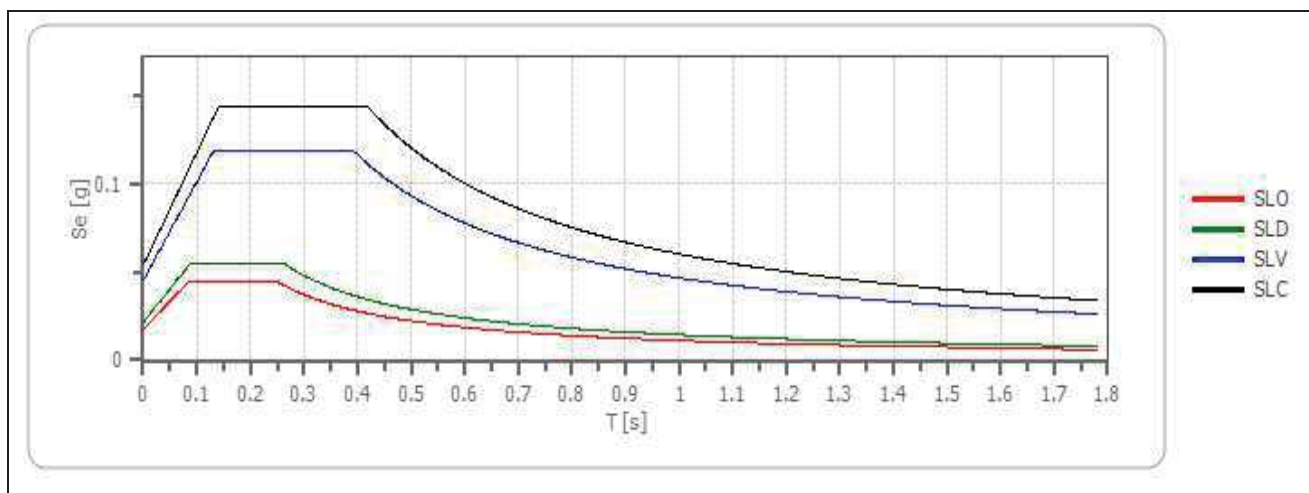
## 4.2 Pericolosità sismica di sito

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5%  
 Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$ : 1.000  
 Categoria sottosuolo: B  
 Categoria topografica: T1

### Stabilità di pendii e fondazioni

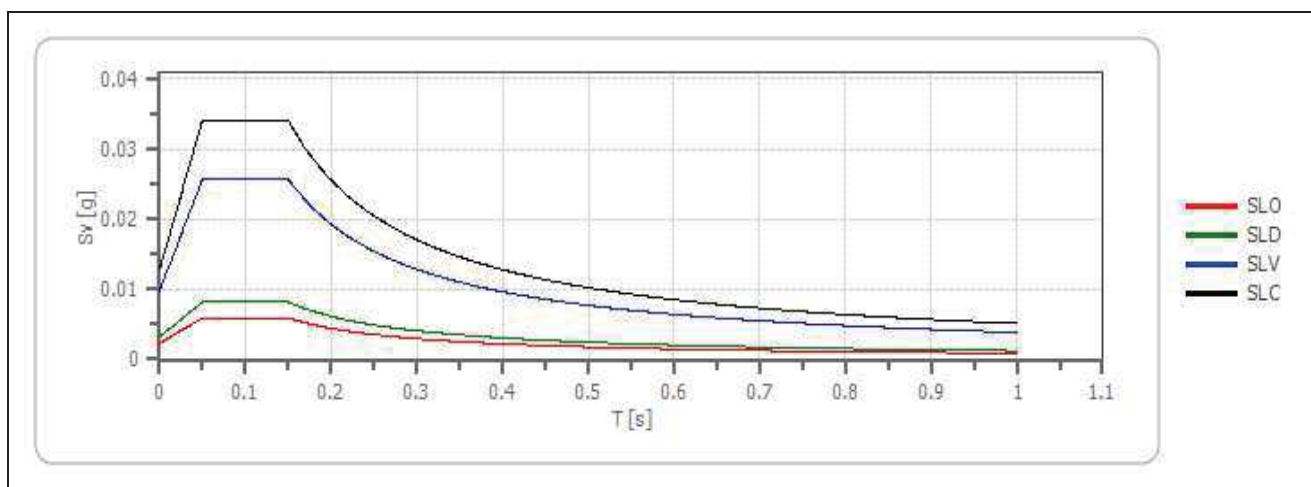
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
$k_h$	0.003	0.004	0.009	0.011
$k_v$	0.002	0.002	0.005	0.005
$a_{max}$ [m/s <sup>2</sup> ]	0.168	0.210	0.442	0.529
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	$c_u$	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]	$S_s$ [-]	$C_c$ [-]	$St$ [-]	$S$ [-]	$\eta$ [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se (0) [g]	Se (TB) [g]
<b>SLO</b>	1.0	0.014	2.579	0.158	1.200	1.590	1.000	1.200	1.000	0.084	0.251	1.657	0.017	0.044
<b>SLD</b>	1.0	0.018	2.542	0.168	1.200	1.570	1.000	1.200	1.000	0.088	0.263	1.671	0.021	0.055
<b>SLV</b>	1.0	0.038	2.620	0.277	1.200	1.420	1.000	1.200	1.000	0.131	0.394	1.750	0.045	0.118
<b>SLC</b>	1.0	0.045	2.649	0.299	1.200	1.400	1.000	1.200	1.000	0.140	0.419	1.780	0.054	0.143

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	FO [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
<b>SLO</b>	1.0	0.014	2.579	0.158	1	1.590	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.002	0.006
<b>SLD</b>	1.0	0.018	2.542	0.168	1	1.570	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.003	0.008
<b>SLV</b>	1.0	0.038	2.620	0.277	1	1.420	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.010	0.026
<b>SLC</b>	1.0	0.045	2.649	0.299	1	1.400	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.013	0.034

In base alla normativa italiana è possibile schematizzare l'azione sismica come un insieme di forze orizzontali statiche; in questo modo possiamo effettuare un'analisi del fenomeno di tipo statico (limitata ad alcune tipologie strutturali) o di tipo dinamico (sempre applicabile). Il progettista, deve garantire per le strutture in progetto, alcune prestazioni in caso si verifichi un evento sismico. In particolare la struttura progettata dovrà garantire un certo comportamento per azioni che si possono verificare una sola volta in un lasso di tempo lungo (sisma grave), ed un diverso tipo di comportamento per azioni che invece si possono verificare ad intervalli temporali più brevi (sisma lieve).

Nel primo caso la struttura, pur potendo riportare danni anche gravissimi agli elementi non portanti, deve in ogni modo garantire l'equilibrio statico, cioè non collassare. Nella seconda ipotesi invece, non dovranno verificarsi per la stessa, alcun tipo di danno.

È importante osservare come la nuova normativa ha modificato completamente il modo di considerare l'accelerazione sismica sulla struttura, definendola ora tramite la rappresentazione grafica dello spettro di risposta. Questo è funzione del livello di sismicità della zona, delle caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione, mentre non dipende dalla tipologia strutturale.

Nell'Ordinanza P.C.M. sono state definite quattro zone sismiche distinte in base all'accelerazione al suolo (la Lombardia è inserita in zona 4):

Zona	Accelerazione al suolo
1	0,35 g
2	0,25 g
3	0,15 g
4	0,05 g

Al fine di determinare poi l'azione sismica in funzione delle caratteristiche del sito, sono state individuate 5 diverse tipologie di terreno:

Cat. Suolo	Tipo	Velocità diffusione onde sismiche (*)
A	Suoli omogenei molto rigidi	$V_{s30} > 800$ m/s
B	Sabbie molto addensate	$360$ m/s $< V_{s30} < 800$ m/s
C	Sabbie mediamente addensate	$180$ m/s $< V_{s30} < 360$ m/s
D	Terreni granulari poco addensati	$V_{s30} < 180$ m/s
E	Terreni a strati superficiali alluvionali	$V_{s30}$ come C o D nello strato superficiale (spessore tra 5 e 20 m) e come A nel substrato

(\*) Velocità media di propagazione entro i primi 30 m di profondità a partire dal piano di posa delle fondazioni della struttura, delle onde sismiche di taglio.

Premesso sinteticamente quanto sopra, nella progettazione delle fondazioni dirette si dovranno osservare le seguenti fasi:

- Scelta del piano di posa;
- Calcolo del carico limite;
- Calcolo dei cedimenti;
- Calcolo della fondazione.

Secondo le correlazioni di Otha e Goto, applicabili esclusivamente a terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi, vediamo come il terreno sia inscrivibile nella categoria B (sabbie mediamente addensate).

## 5. INDAGINE SISMICA

È stata condotta, in un'area vicino alla zona oggetto di studio, un'indagine con metodologia della sismica passiva mediante l'utilizzo di un tromometro (della ditta MICROMED, modello Tromino). Tale indagine è finalizzata alla determinazione dei valori di frequenza caratteristica del sito in modo da prevenire effetti di doppia risonanza (terreno/struttura) estremamente pericolosi per la stabilità degli edifici.

Le misurazioni sono state eseguite nella medesima area mediante l'utilizzo di un tromometro digitale della ditta Micromed S.r.l., modello "Tromino" e i dati rielaborati tramite il programma "TROMINO® Grilla".

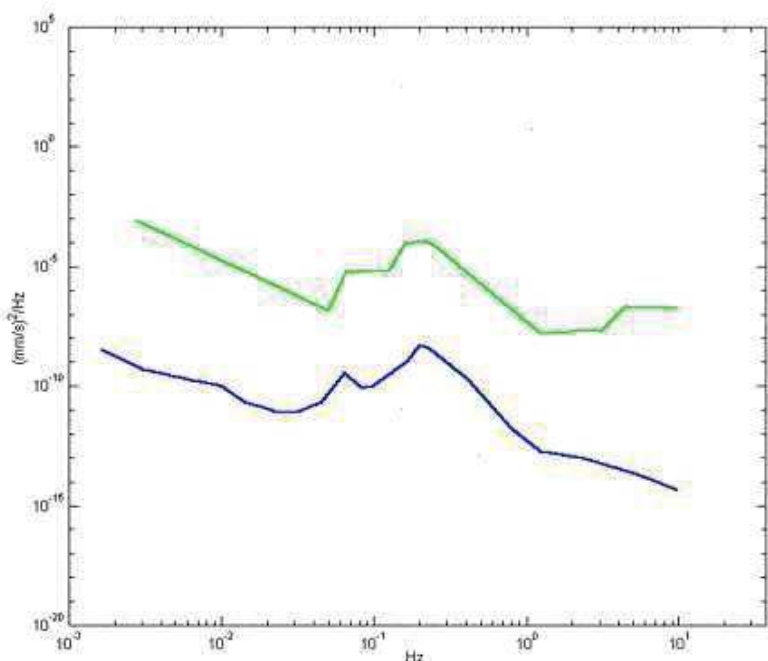


Le caratteristiche tecniche dello strumento sono di seguito riportate.

<b>Numero di canali</b>	3+1 analogici
<b>Amplificatori</b>	tutti canali con input differenziali
<b>Rumore</b>	< 0.5 $\mu$ V r.m.s. @128 Hz sampling
<b>Impedenza dell'input</b>	106 Ohm
<b>Range di frequenze</b>	DC - 360 Hz
<b>Frequenza di campionamento</b>	16384 Hz per canale
<b>Frequenze di sovracampionamento</b>	32x, 64x, 128x
<b>Conversione A/D</b>	equivalente a 24 bit
<b>Massimo input analogico</b>	51.2 mV (781 nV/digit)
<b>Conessioni</b>	porta USB, tipo B
<b>Registrazione dati</b>	memoria interna, standard 512 Mb, opzionale fino a 2 Gb
<b>Dimensione e peso</b>	10 x 14 x 7.7 (altezza) cm - 1.1 kg - contenitore di alluminio
<b>Accoppiamento col terreno</b>	su punte e cuscinetto reologico
<b>Condizioni operative</b>	temperatura - 10 / +70°C umidità 0-90% senza condensa
<b>Impermeabilità</b>	indice di protezione IP = 65 (resistente alla polvere, resistente agli spruzzi)
<b>Sensori</b>	3 velocimetri elettrodinamici ortogonali ad alta risoluzione autobloccaggio quando non in acquisizione

L'indagine geofisica si avvale della tecnica di Nakamura e sul rapporto spettrale H/V; si misura il microtremore sismico ambientale (rumore sismico). Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre.

Nelle zone in cui non è presente alcuna sorgente di rumore locale, in assenza di vento e nel caso in cui il terreno sia roccioso e pianeggiante, lo spettro di rumore sismico è quello mostrato in figura 13, dove la curva



blu rappresenta il rumore di fondo 'minimo' di riferimento secondo il servizio geologico statunitense (USGS) mentre la curva verde rappresenta il 'massimo' di tale rumore.

L'andamento spettrale di questo rumore sismico di fondo decresce con la frequenza tranne che per due 'picchi' a 0,14 e 0,07 Hz originati probabilmente dalle onde delle tempeste oceaniche. Tali componenti spettrali vengono attenuate molto poco anche dopo tragitti di migliaia di chilometri per effetto di guida d'onda. A tale andamento generale, che è sempre presente, si sovrappongono gli effetti locali.

**Figura 10 – Spettro del rumore sismico (in termini di velocità, componente verticale del moto) minimo e massimo secondo i modelli standard del servizio geologico USA (USGS) (J. Peterson, Observations and modelling of background seismic noise)**

Il rumore sismico di fondo agisce come sorgente di eccitazione per la risonanza del sottosuolo e degli edifici, più o meno come una luce bianca diffusa illumina gli oggetti eccitando le lunghezze d'onda tipiche di ciascun oggetto e dandogli il suo tipico colore. Pertanto, se il sottosuolo ha delle proprie frequenze, il rumore di fondo ecciterà queste frequenze di vibrazione rendendole chiaramente visibili nello spettro del rumore sismico misurato alla superficie. Esattamente nello stesso modo, si verificherà per un edificio.

È importante conoscere se la frequenza di risonanza del sottosuolo coincide con quella degli edifici presenti, poiché, durante un terremoto, può avere luogo un fenomeno di accoppiamento fra le due modalità di vibrazione. Questo effetto di amplificazione sismica produrrà un grande aumento della sollecitazione sugli edifici. L'amplificazione sismica è la prima causa dei danni indotti dal terremoto, anche più importante della dimensione del terremoto stesso.

Pertanto, il TROMINO rappresenta lo strumento ideale per la misura ad alta risoluzione del rumore sismico ambientale.

Per poter effettuare tale misurazione lo strumento racchiude tre velocimetri elettrodinamici ortogonali tra loro ad alta definizione con intervallo di frequenza compreso tra 0,1 Hz e 256 Hz. I dati vengono registrati su di una memoria interna da 512 Mb.

Durante le misure si è sempre orientata una delle componenti orizzontali lungo la direttrice N-S (Nord-Sud), per consentire una ripetizione e sovrapposizione delle registrazioni in tempi successivi.

## 6.1 Cenni teorici

La tecnica dei rapporti spettrali o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è totalmente non invasiva, molto rapida, si può applicare "ovunque" e non necessita di nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazioni esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque.

I risultati che si possono ottenere da una registrazione di questo tipo sono: la frequenza caratteristica di risonanza del sito, la frequenza fondamentale di risonanza di un edificio, la velocità media delle onde di taglio  $V_s$ , la stratigrafia del sottosuolo.

Nello specifico è stata utilizzata tale tecnica per verificare la frequenza caratteristica di risonanza del sito.

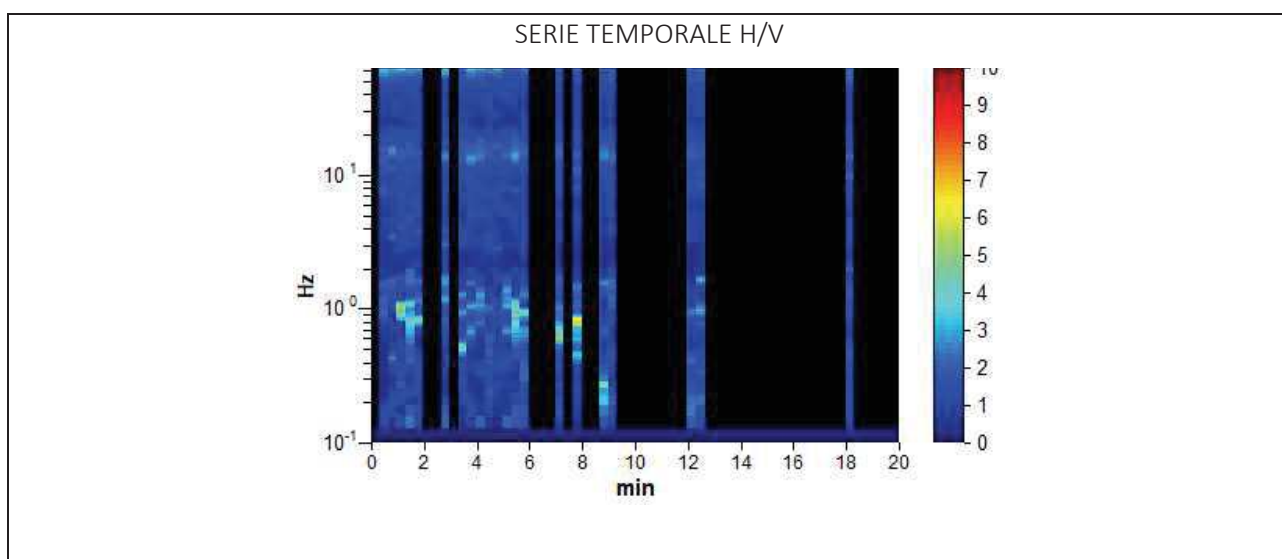
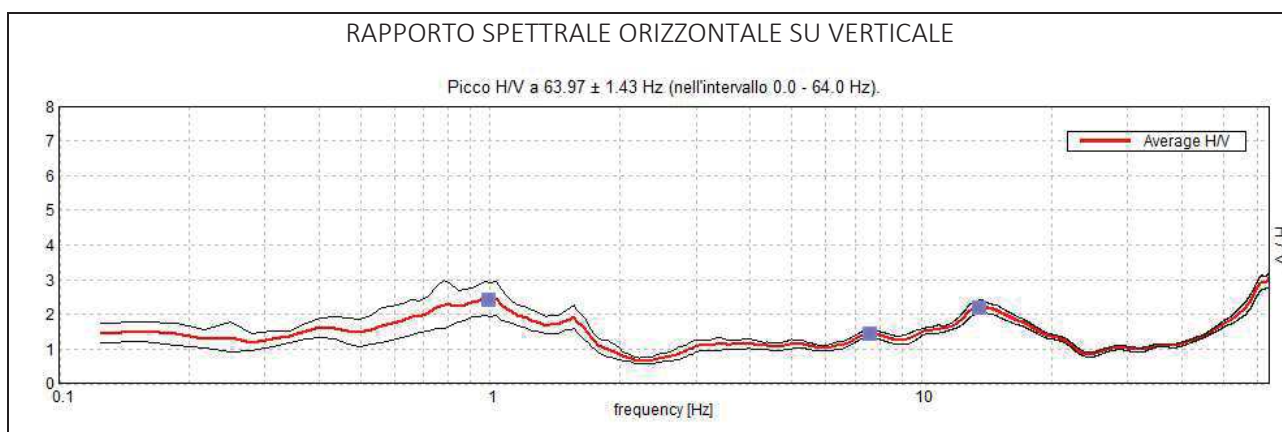
La frequenza caratteristica del sito rappresenta un parametro fondamentale, come già accennato, per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale in quanto si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazioni del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosi per la stabilità degli stessi. Operativamente sono state eseguite 3 misure (TR1, TR2 e TR3):

- è stato registrato il rumore sismico nelle sue tre componenti per un intervallo di tempo di 20 minuti;

- la registrazione è stata suddivisa in intervalli della durata di qualche decina di secondi ciascuno.

### 6.2 Frequenza caratteristica di risonanza del sito

Dalla misurazione effettuata sull'area di interesse, il relativo diagramma H/V ha evidenziato i seguenti picchi di frequenza caratteristica di risonanza del sito:





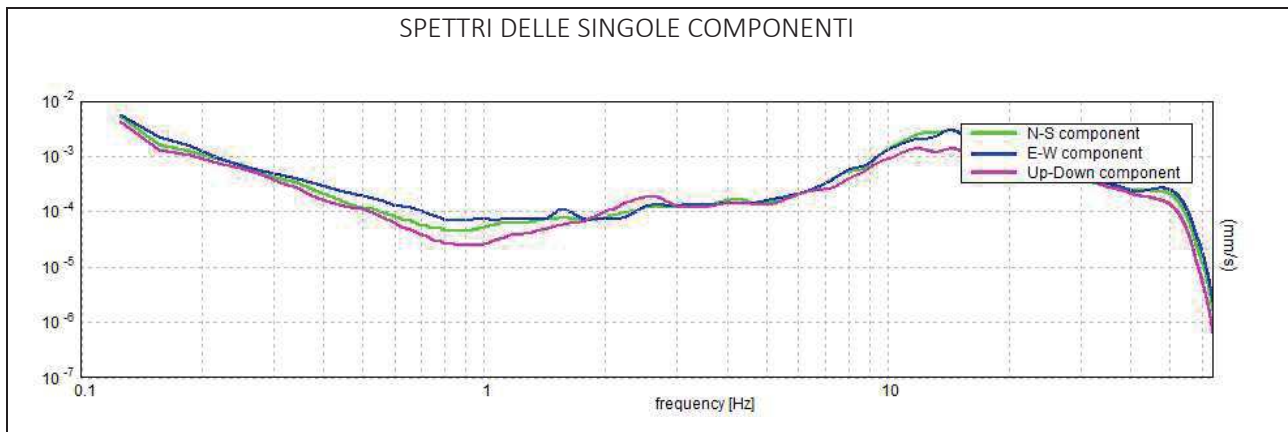
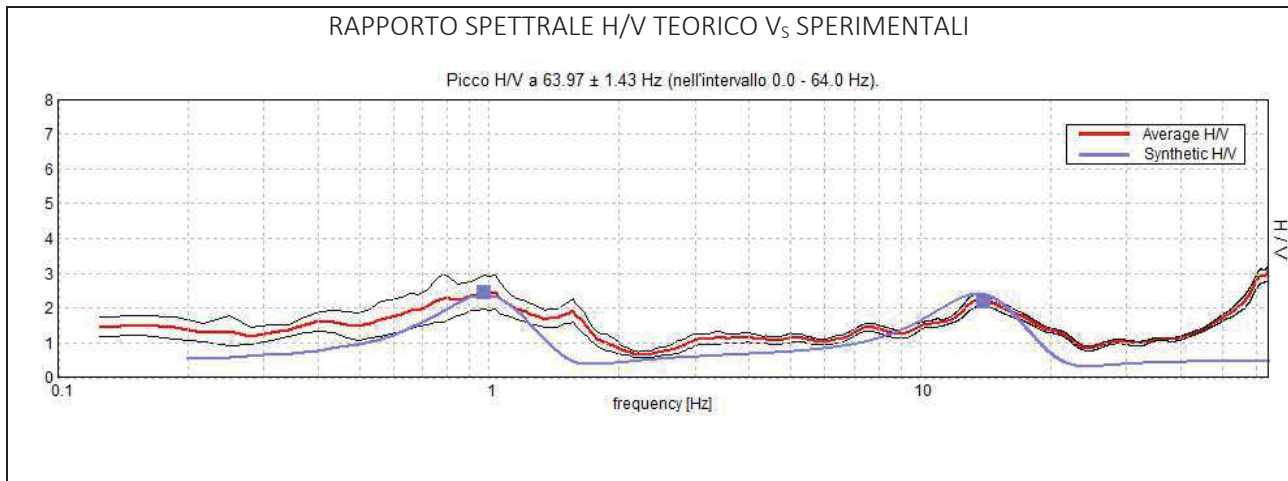


Figura 11 – Rapporti spettrali H/V Vs Hz per le singole componenti

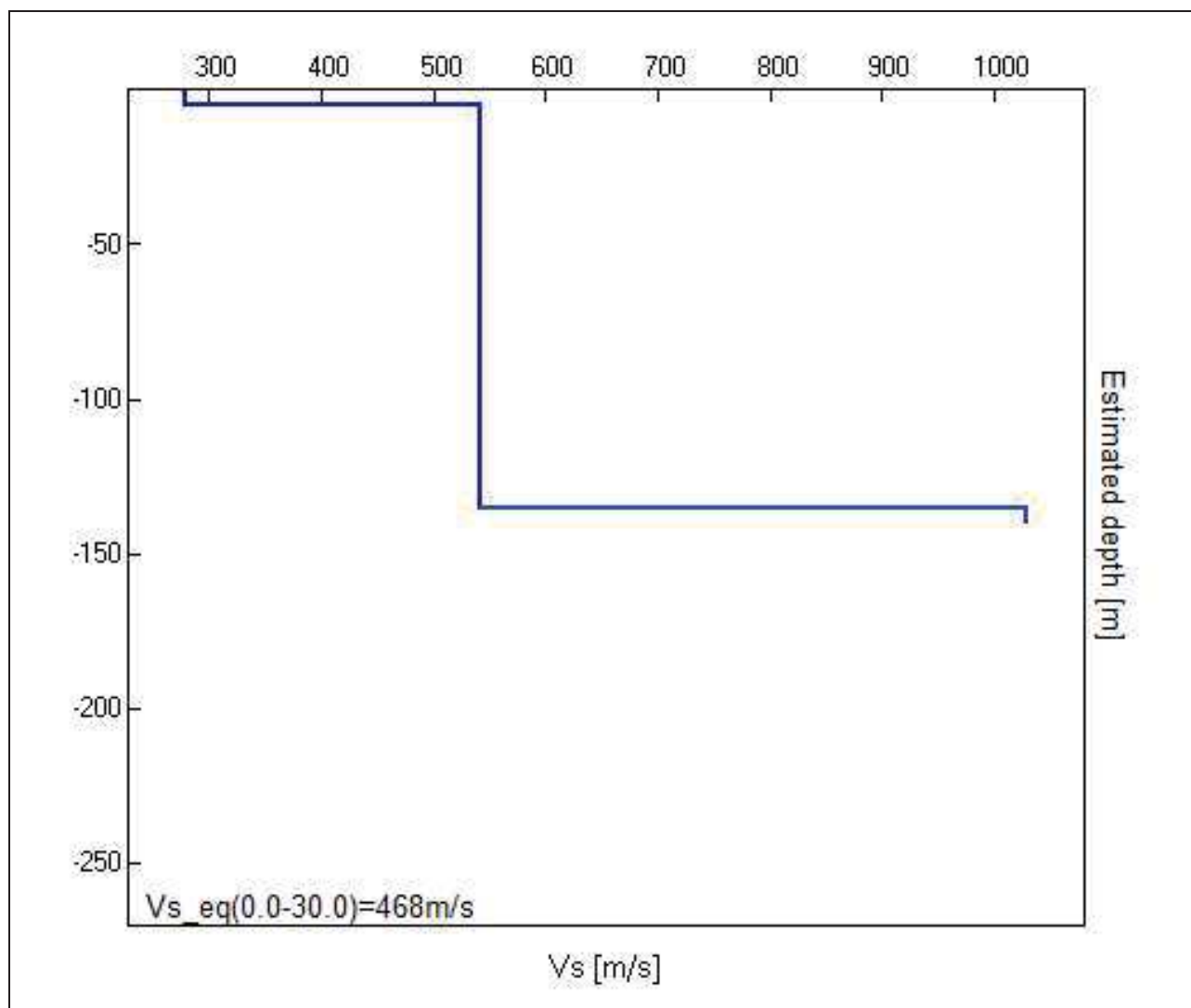


Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	V <sub>s</sub> [m/s]	Rapporto di Poisson
5.00	5.00	278	0.42
135.00	130.00	542	0.42
inf.	inf.	1030	0.45

$V_s \text{ eq}(0.0-30.0) = 468 \text{ m/s}$

I dati acquisiti sono stati elaborati ottenendo una curva di dispersione sperimentale per le onde di Rayleigh, invertendo la quale, secondo un processo iterativo di minimizzazione ai minimi quadrati, si è ottenuto un profilo di velocità delle onde di taglio nel sottosuolo.

La curva di dispersione utilizzata per il processo di inversione è quella che consente di ottenere il miglior fitting con i dati sperimentali elaborando i dati relativi agli shot effettuati.



Dai dati di velocità  $V_s$  e spessori  $H$  si è ottenuto un valore di  $V_{s30}$  pari a **468 m/s**, che corrisponde ad un suolo di categoria B.

Al fine di convalidare l'analisi effettuata è stata inoltre effettuata una verifica dei criteri SESAME relativi alla significatività statistica del picco considerato.

Picco H/V a  $63.97 \pm 1.43$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$63.97 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$26866.9 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1495	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	47.188 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$3.05 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.0223  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \epsilon(f_0)$	$1.42665 < 3.19844$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2277 < 1.58$	OK	

Nello specifico:

- 1) I primi tre criteri della tabella definiscono se la registrazione è stata condotta per un tempo sufficientemente lungo rispetto alla frequenza del picco considerata;
- 2) I secondi 6 criteri definiscono se il picco è significativo dal punto di vista statistico.

## 6. CARATTERISTICHE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA

Come possiamo vedere dalla sottostante cartografia, l'area è caratterizzata da una **fattibilità geologica 2A con modeste limitazioni**. Queste zone sono classificate come aree con variabilità laterali delle condizioni litologiche o di addensamento con presenza di coltri superficiali a bassa permeabilità. Inoltre sono zone nelle quali si possono ritrovare falde idriche sospese o subsuperficiali.

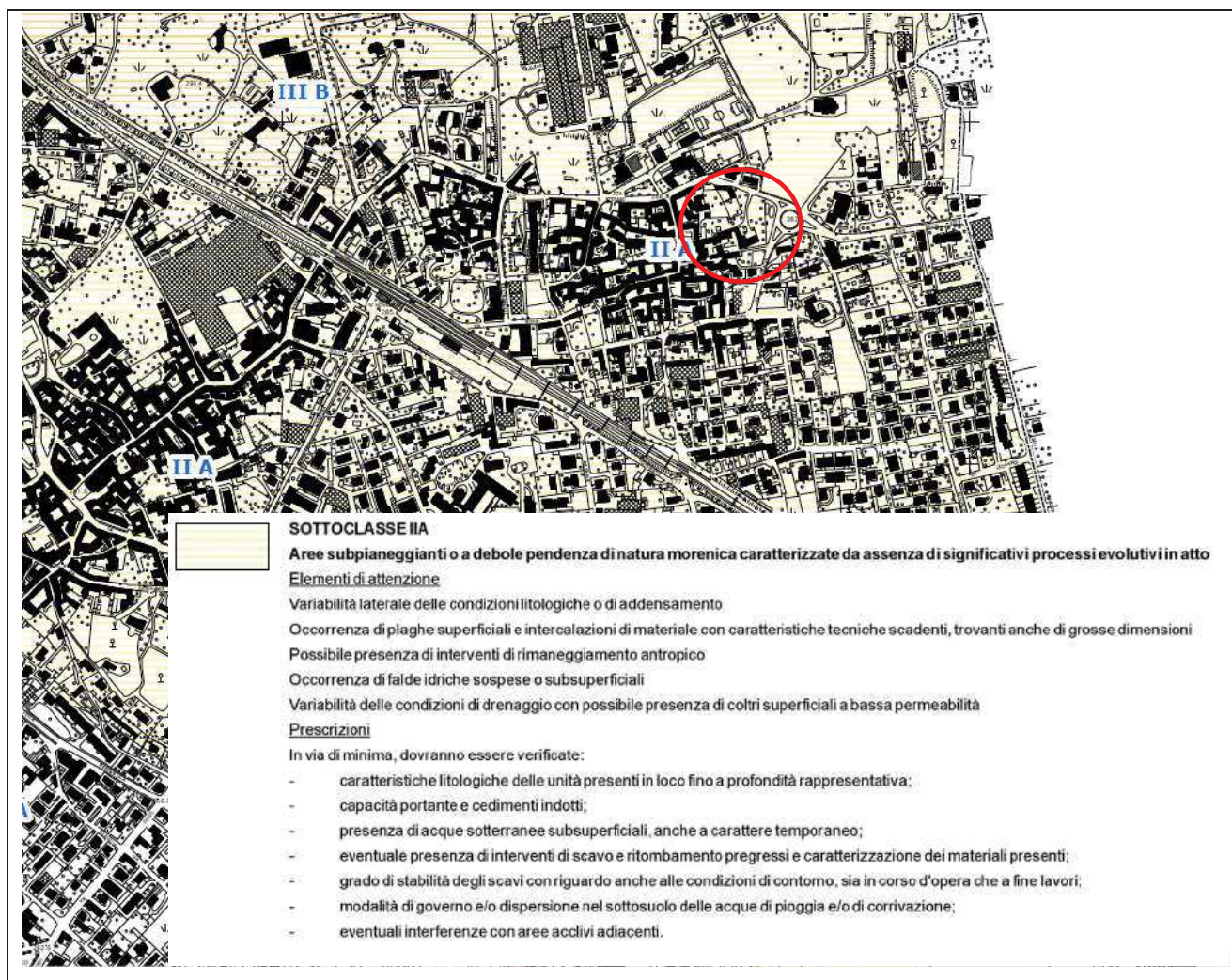


Figura 10 – Estratto Carta di Fattibilità Comune di Somma Lombardo; cerchiata in rosso l'area di studio.

## 7. CONCLUSIONI

Alla luce di quanto emerso dal rilevamento di campagna, dall'analisi delle indagini effettuate e dei dati ricavati da lavori precedenti, fatto salvo quanto precedentemente indicato, si ritiene che non esistano fattori geologici e geomorfologici particolari limitanti la realizzazione di quanto in progetto.

Busto Arsizio, Marzo 2021

Il progettista  
Dott. Geol. Marco Cinotti



## NORMATIVE E RIFERIMENTI

- D. M. 11/3/1988: Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle opere di fondazione;
- Circolare Min. LL. PP. 24/9/1988 n. 30483: Istruzioni 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;
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 2788 del 12 maggio 1998 - "Individuazione delle zone ad elevato rischio sismico del territorio nazionale";
- Ordinanza del 20/03/2003 n. 3274 e s.m.i. "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica";
- Ordinanza PCM 3519 del 28 aprile 2006 dalla G.U. n.108 del 11/05/06: "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone";
- Aggiornamento delle zone sismiche della Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art 3, c.408, lett.d);
- D.G.R. 8/7374 del 28 Maggio 2008;
- D.G.R. IX/2616 del 30 Novembre 2011;
- D.M. NTC 2018-17/01/2018 "Aggiornamento delle nuove norme tecniche per le costruzioni" pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n° 42 del 20.2.2018;
- PGT – Piano di Governo del Territorio – Comune di Somma Lombardo – Relazione geologica e allegati;
- Vincolo idrogeologico R.D. 30/12-1923 n° 3267;
- Carta Geologica D'Italia Foglio 31 - Scala 1:100.000;
- CTR scala Foglio A5C2 in scala 1:25.000.