

COMUNE DI PIETRASANTA

PROVINCIA DI LUCCA

Piano Attuativo di Iniziativa Privata PR -UTOE 2B – Scheda TU rl2

**Relazione sulle indagini geologiche, tavole G1-G12 e norme tecniche attuative
geologiche ai sensi della DPGR 5r/2020**

Massa 02/02/2026

Dott. Geologo Francesco Ceccarelli

SOMMARIO

PREMESSA	4
LOCALIZZAZIONE DEL SITO	4
DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	5
INQUADRAMENTO GEOLOGICO	6
La piana Versiliese	6
Sistema costiero e di pianura alluvionale	7
Tavola G.1 CARTA GEOLOGICA	9
Tavola G.2 CARTA LITOTECNICA	9
Tavola G.3 CARTA DEI DATI DI BASE	10
Tavola G.4 CARTA GEOMORFOLOGICA	10
Tavola G.5 CARTA IDROGEOLOGICA	11
Elementi per la valutazione degli aspetti connessi alla risorsa idrica sotterranea -	11
Analisi dell'andamento della falda superficiale nella Pianura di Pietrasanta	11
Il cuneo salino	11
VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI SISMICI	13
Tavola G.6 CARTA DELLE FREQUENZE FONDAMENTALI	13
Tavola G.7 CARTA DELLE VS	13
Tavola G.8 CARTA DELLE MOPS	13
La MICROZONAZIONE SISMICA II LIVELLO	14
Tavola G.9a CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA II LIVELLO FHA 0.1-0.5 SEC scala 1:5000	17
Tavola G.9b CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA II LIVELLO FHA 0.4-0.8 SEC scala 1:5000	17
Tavola G.9c CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA II LIVELLO FHA 0.7-1.1 SEC scala 1:5000	17
Verifica del potenziale di liquefazione	17
LE CARTE DELLA PERICOLOSITÀ	18
Tavola G.11 CARTA DELLA PERICOLOSITÀ	18

Pericolosità geologica	18
Pericolosità idraulica	19
Pericolosità sismica	19
Le Carte Della Fattibilità	20
Criteri utilizzati per la realizzazione delle carte della fattibilità	20
Prescrizioni di Fattibilità	21

Tavole

Tavola G.1 CARTA GEOLOGICA scala 1:2000
Tavola G.2 CARTA LITOTECNICA scala 1:2000
Tavola G.3 CARTA DEI DATI DI BASE scala 1:2000
Tavola G.4 CARTA GEOMORFOLOGICA scala 1:2500
Tavola G.5 CARTA IDROGEOLOGICA scala 1:2000
Tavola G.6 CARTA DELLE FREQUENZE scala 1:2000
Tavola G.7 CARTA DELLE VS scala 1:2000
Tavola G.8 CARTA DELLE MOPS scala 1:2000
Tavola G.9a CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA II LIVELLO FHA 0.1-0.5 SEC scala 1:2000
Tavola G.9b CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA II LIVELLO FHA 0.4-0.8 SEC scala 1:2000
Tavola G.9c CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA II LIVELLO FHA 0.7-1.1 SEC scala 1:2000
Tavola G.10 CARTA DELLA VULNERABILITÀ DELL ACQUIFERO scala 1:2000
Tavola G.11 CARTA DELLE PERICOLOSITÀ scala 1:1000
Tavola G.12 CARTA DELLE FATTIBILITÀ scala 1:1000

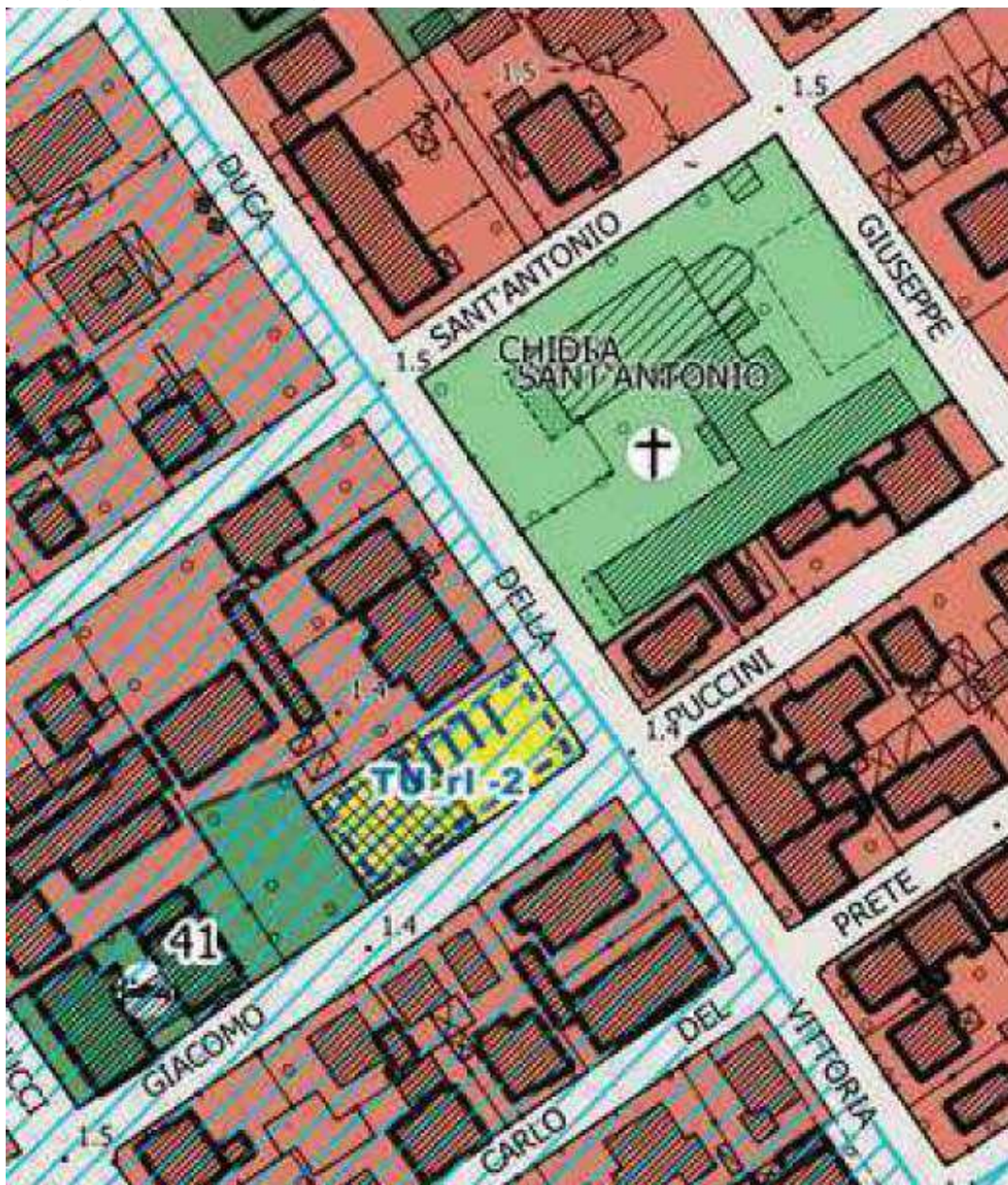
PREMESSA

La relazione è redatta ai sensi della DPGR 5/r 2020, PGRA e PAI del Bacino Appennino Settentrionale. Il documento espone i criteri adottati per valutare pericolosità e fattibilità del Piano Attuativo di iniziativa privata, basandosi sugli elaborati del Piano Strutturale e Operativo comunale.

L'area oggetto di intervento, identificata dal Piano Operativo approvato con delibera n.22 del 26 giugno 2024, si trova nell'UTOE 2B "La Città della costa", nel centro urbano di Marina di Pietrasanta (zona RU, Scheda TU_rl2). L'intervento mira al recupero di una zona semi-abbandonata, precedentemente sede del "Cinema Giardino", per restituirla a funzioni residenziali.

LOCALIZZAZIONE DEL SITO

L'intervento oggetto di Piano di recupero è ubicato nella frazione di Tonfano Marina di Pietrasanta.



Estratto mappa catastale, non a scala

Lo studio è articolato seguendo i seguenti punti:

- breve descrizione dell'intervento
- relazione sugli aspetti geologici
- norme tecniche di attuazione

CARTOGRAFIE allegate

Tavola G.1 CARTA GEOLOGICA scala 1:2000

Tavola G.2 CARTA LITOTECNICA scala 1:2000

Tavola G.3 CARTA DEI DATI DI BASE scala 1:2000

Tavola G.4 CARTA GEOMORFOLOGICA scala 1:2500

Tavola G.5 CARTA IDROGEOLOGICA scala 1:2000

Tavola G.6 CARTA DELLE FREQUENZE scala 1:2000

Tavola G.7 CARTA DELLE VS scala 1:2000

Tavola G.8 CARTA DELLE MOPS scala 1:2000

Tavola G.9a CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA II LIVELLO FHA 0.1-0.5 SEC scala 1:2000

Tavola G.9b CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA II LIVELLO FHA 0.4-0.8 SEC scala 1:2000

Tavola G.9c CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA II LIVELLO FHA 0.7-1.1 SEC scala 1:2000

Tavola G.10 CARTA DELLA VULNERABILITÀ DELL'ACQUIFERO scala 1:2000

Tavola G.11 CARTA DELLE PERICOLOSITÀ scala 1:1000

Tavola G.12 CARTA DELLE FATTIBILITÀ scala 1:1000

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Da relazione tecnica dell'ing. Enrico Zangani l'intervento progettuale riguarda la riqualificazione e il recupero di un'area attualmente semiabbandonata, con la realizzazione di un fabbricato monofamiliare a destinazione residenziale e di una piscina con le relative opere destinate agli impianti tecnologici necessari al funzionamento. L'obiettivo principale è ricucire il tessuto edilizio all'incrocio di due strade centrali, valorizzando l'area sia dal punto di vista urbanistico che architettonico.

L'edificio previsto sarà una costruzione monofamiliare, sviluppata su due piani fuori terra e un piano interrato. L'altezza dell'edificio è stata progettata in modo da non alterare il profilo visivo altimetrico né lo skyline dell'area circostante, poiché gli edifici esistenti sono anch'essi prevalentemente su due piani fuori terra.

Un elemento di particolare valore storico, la recinzione in muratura lungo via Puccini e Duca della Vittoria, sarà mantenuto. Questa recinzione risale alla costruzione originaria, già utilizzata come cinematografo all'aperto. Il progetto si integra armoniosamente con i caratteri architettonici e tipologici degli insediamenti storici costieri di Marina di Pietrasanta, contribuendo a valorizzare un'area attualmente in stato di abbandono.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La piana Versiliese

La piana Versiliese è una pianura di coni di deiezione olocenici verosimilmente poggianti a loro volta su una successione di coni di deiezione pleistocenici dei quali non si conosce il fondo ma una sommaria divisione in più cicli, come suggerito dalle perforazioni eseguite nella bassa Versilia. I cicli evidenziati sono relativi alle sei fasi Wurmiane alternate in fasi continentali e marine, a queste fa seguito la fase olocenica con lo sviluppo della trasgressione versiliana che si è spinta sino a modellare una falesia sui coni di deiezione al limite occidentale dell'alta Versilia e in corrispondenza dell'area di Massaciuccoli. Questo episodio di massima trasgressione marina ha corrisposto con la fase atlantica dell'Olocene culminata circa 2000 anni fa.

Tali conoidi di deiezione molto piatti, in contrasto con la ripidità delle catene montuose retrostanti, possono sfuggire ad un visitatore non esperto, tanto più che l'intensa urbanizzazione dell'intera Versilia non agevola di certo la loro visione.

Le prospezioni geofisiche, eseguite in una serie di campagne oceanografiche per conto del CNR nel mare prospiciente la Versilia e quelle eseguite dall'AGIP nella pianura di Pisa, hanno messo in evidenza che la pianura versiliese corrisponde solo al fianco più orientale di un esteso bacino di sprofondamento che si estende tra le Alpi Apuane e i Monti Pisani verso est, i Monti Livornesi verso sud e le dorsali sommerse di Meloria e di Maestra verso ovest. Questo bacino raggiunge profondità di 2000 metri. Essendo continuamente rifornito di grandi quantità di sedimenti detritici (sabbie, argille) è verosimile ipotizzare che la profondità delle sue acque non sia mai stata notevole.

Al rifornimento di questi sedimenti hanno contribuito essenzialmente le Alpi Apuane, in forte erosione, e almeno dal Pleistocene medio in poi i fiumi Magra, Serchio ed Arno, caratterizzati da ampi bacini imbriferi.

L'andamento della linea di riva ha spesso subito delle variazioni notevoli, conseguenza delle ingressioni e regressioni marine che si sono da sempre succedute, causate essenzialmente dalle diverse condizioni paleoclimatiche.

L'ultima grande ingressione risale a circa il 2000 a.C. a seguito di una glaciazione, visibile mediante una falesia, che conserva ancora i suoi tratti peculiari, nella area a nord della pianura versiliese.

Nel periodo postglaciale successivo si sono sempre verificati fenomeni di ingressione e regressione marina ma di entità più limitata.

In seguito, in area marina, è emerso un cordone litoraneo che ha separato il mare aperto da una successione di aree umide interne, verosimilmente in un primo tempo lagunari e in seguito lacustri e/o palustri.

Il massimo sviluppo areale della bassa Versilia si è avuto tuttavia dopo la formazione di questo lido, in gran parte in epoca post-romana, e deve, come detto, la sua progressione all'incremento dell'apporto solido dei corsi d'acqua in specie ovviamente a quello dei fiumi maggiori: Magra, Serchio ed Arno.

Geologicamente la fascia costiera risulta costituita da alluvioni formati da ghiaie e ciottoli derivanti dai rilievi retrostanti e formanti i conoidi di deiezione suddetti, che per la bassa pendenza e la forte antropizzazione risultano di difficile individuazione, spostandoci verso mare si passa a sabbie costiere con locali livelli di limo. Tali sabbie risultano rimaneggiate per azione essenzialmente eolica.

Riassumendo, la successione stratigrafica nella piana versiliese può essere schematizzata come segue:

- torbe attuali;
- sabbie superiori;
- argille e argille torbose;
- sabbie marine inferiori;
- argille continentali;

- conglomerato e cemento carbonatico;
- ciottoli e ghiaie intercalati a livelli di argille.

Dal punto di vista geomorfologico possiamo distinguere il territorio del comune di Pietrasanta in due sistemi: il sistema costiero e di pianura alluvionale ed il sistema collinare e montano.

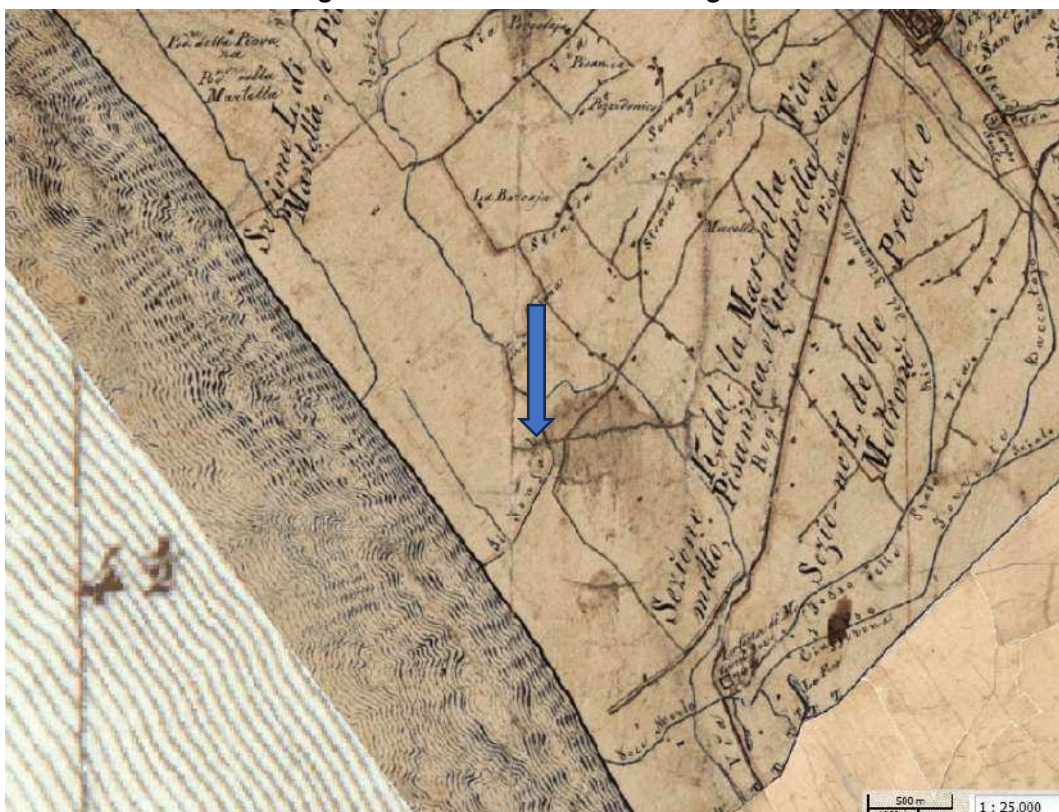
Sistema costiero e di pianura alluvionale

La carta geomorfologica del Comune di Pietrasanta evidenzia una spiaggia in espansione composta da sabbia a granulometria media, seguita da un cordone litoraneo (tombolo) che si sviluppa parallelamente alla costa. Dietro il cordone si trova una pianura retrodunale depressa, con quote prossime al livello del mare. Questo sistema è attraversato dal torrente Baccatoio e dal fosso Fiumetto/Tonfano, che rappresentano gli unici sbocchi a mare del territorio comunale.

Procedendo verso l'interno, dopo la fascia costiera e il sistema retrodunale, si entra nella pianura alluvionale, dove le quote aumentano gradualmente fino a 5-6 metri sul livello del mare. Qui si trovano i resti dei conoidi di deiezione, ormai difficili da individuare a causa dell'urbanizzazione.

Il fiume Versilia, che scorre al confine comunale, ha avuto un ruolo importante nella storia idrologica della zona, con opere di messa in sicurezza realizzate dopo l'alluvione del 1996. Altri elementi di rilievo sono le aree palustri del Lago di Porta e la presenza di pochi corsi d'acqua principali, tra cui il Torrente Baccatoio, che attraversa la parte sud-est del comune e riceve vari affluenti come il Traversagna (Rio S. Maria) e la Gora degli Opifici. Quest'ultima, alimentata da diversi canali minori, attraversa la città e confluisce nel Baccatoio. L'area in passato era presente un corso d'acqua che scorreva parallelo al Fiumetto fino alla foce presso l'attuale pontile di Tonfano. Il fosso denominato Tonfalo era il cuore idrografico di Tonfano, progressivamente interrato fino a scomparire, ma ancora vivo nella memoria storica e nell'identità del luogo.

Regione Toscana - Catasti Storici Regionali



Regione Toscana - Catasti Storici Regionali
Fosso Tonfalo

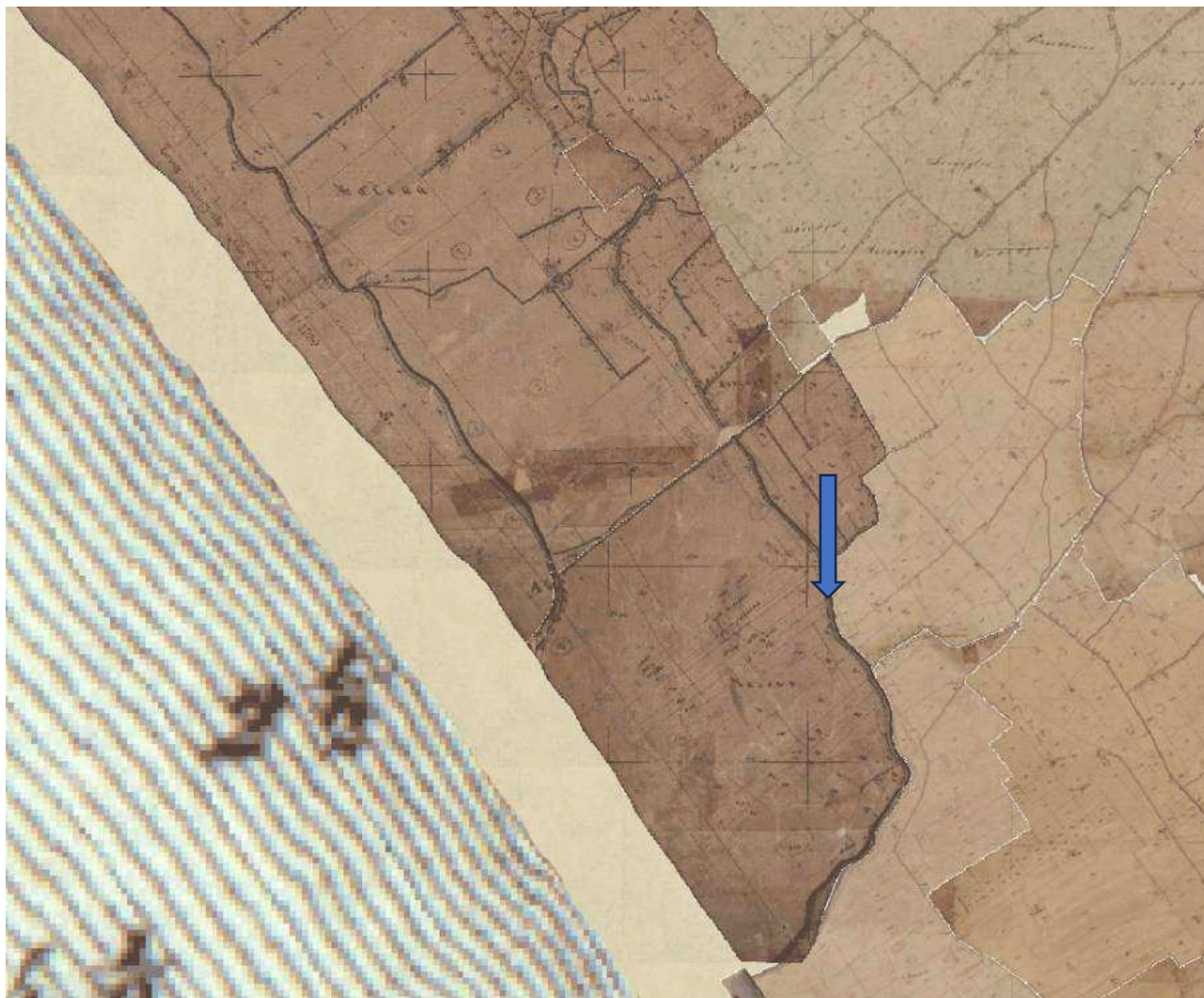


Tavola G.1 CARTA GEOLOGICA

Per la realizzazione delle carte geologiche a supporto del presente studio sono state utilizzate le cartografie geologiche messe a disposizione dalla Regione Toscana tramite il portale Geoscopio (Progetto Carta Geologico-Regionale della Toscana), oltre alla carta del Piano Strutturale, del Piano Operativo e ai dati IFFI, integrati da ulteriori cartografie reperite in letteratura. Tra le cartografie di riferimento, la tavola proposta come “Tavola G.1 CARTA GEOLOGICA” corrisponde a quella adottata nel Piano Strutturale e nel Piano Operativo, che viene qui confermata come base per l’analisi e riportata in allegato.

L’area è caratterizzata da una morfologia pianeggiante, con quote molto basse (circa 1–2 metri sul livello del mare). La superficie è costituita prevalentemente da sabbie di origine marina ed eolica, spesso mediamente a molto addensate. Queste sabbie formano le dune costiere e sono rimaneggiate dal vento, con granulometria uniforme e buona permeabilità. In alcune fasce interdunali si trovano livelli di torba e limo, testimonianza di antiche zone umide che si sono evolute nel tempo a causa delle variazioni ambientali e idrografiche. L’area è considerata stabile dal punto di vista geomorfologico, con assenza di processi attivi di erosione o dissesto. La pianura costiera è il risultato di processi di sedimentazione fluviale e marina, seguiti da ingressioni e regressioni del mare che hanno modellato il paesaggio attuale. La presenza di dune sabbiose e la copertura di sabbia sono il risultato di una lenta regressione marina, che ha lasciato uno spessore crescente di sabbia dalla pianura verso la linea di costa. L’acquifero superficiale ospitato nei terreni granulari (sabbie e limi), con una falda libera molto vicina al piano campagna (circa 0,5 m s.l.m.), soggetta a oscillazioni stagionali legate al regime pluviometrico. La permeabilità dei terreni è generalmente medio-alta, favorendo la circolazione idrica sotterranea e la ricarica della falda.

In passato, la zona era attraversata da corsi d’acqua come il fosso Tonfalo (oggi deviato e fatto confluire nel fosso Fiumetto, con il nome di Tonfano), che hanno contribuito a modellare la litologia superficiale e la morfologia locale.

Tavola G.2 CARTA LITOTECNICA

La finalità dell’elaborato è raggruppare i diversi litotipi individuati in base alle loro caratteristiche fisico-meccaniche, determinando la corrispondenza con i parametri che caratterizzano la litologia dal punto di vista della risposta sismica.

La modellazione geologica e la caratterizzazione sismica dei terreni sono state effettuate tramite indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche, seguendo le istruzioni tecniche regionali del programma di valutazione degli effetti locali (“Programma VEL”).

Nella Carta Litotecnica (Tav. G.2) allegata alla presente relazione, relativa alla pianura costiera, è stato individuato un assetto litotecnico piuttosto omogeneo, caratterizzato dalla presenza in affioramento di terreni sabbiosi, delimitati da fasce di terreni di origine lacustre e seguiti da depositi alluvionali limoso-argillosi, con presenza di sabbie e ghiaie nella parte più interna.

Per quanto riguarda gli aspetti litotecnici, i litotipi individuati nel rilievo geologico di dettaglio confermano le classificazioni già adottate nel Piano Strutturale di Pietrasanta: si tratta principalmente di depositi sabbiosi da mediamente a molto addensati, talvolta intercalati a livelli di limo e limo sabbioso.

Tavola G.3 CARTA DEI DATI DI BASE

La carta dei dati di base riporta i dati contenuti nel Piano Strutturale e a questi sono aggiunte e valutate indagini eseguite in aree vicine e caratterizzate dallo stesso contesto geologico. In particolare, sono valutate un'indagine penetrometrica CPT, un'indagine sismica MASW e misure HVSR. Le indagini valutate concordano con le indagini del PS e PO vigente e con la geologia dell'area.

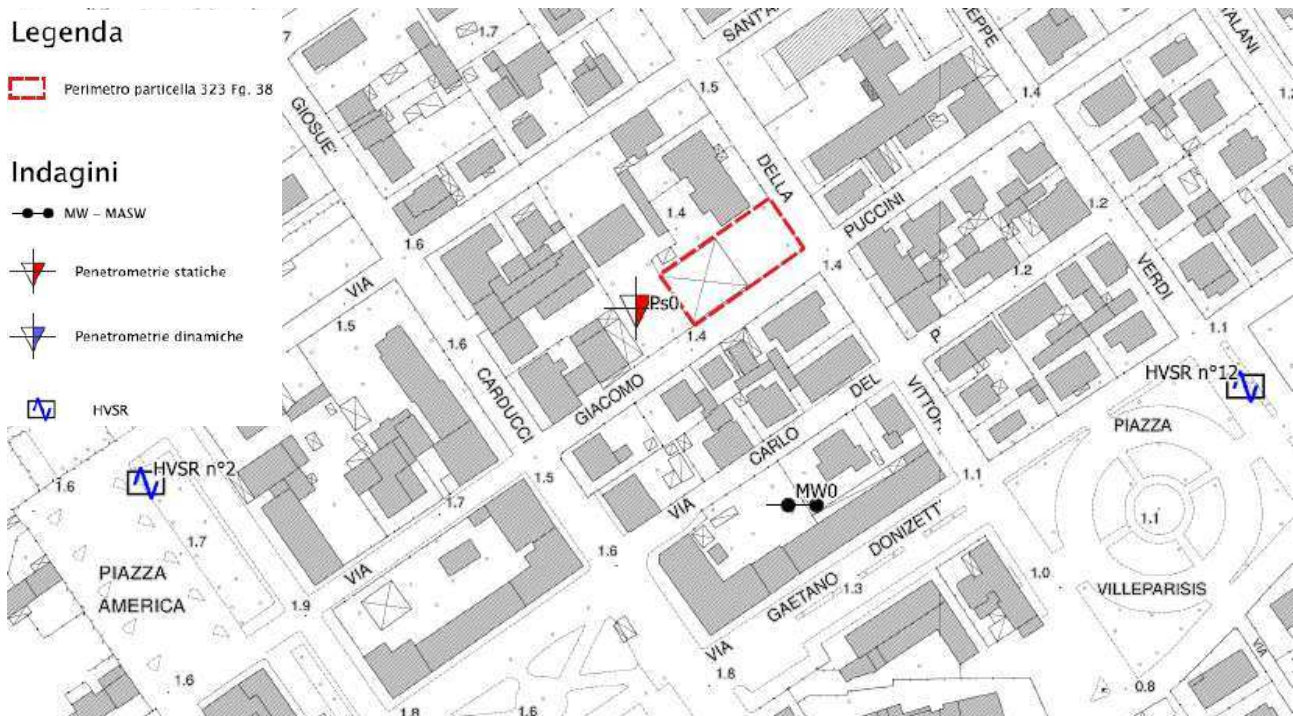


Tavola G.4 CARTA GEOMORFOLOGICA

La carta geomorfologica riporta le relazioni spaziali tra le diverse formazioni presenti nell'area.

La pianura versiliese si distingue per una morfologia pianeggiante, con quote generalmente comprese tra 1 e 2 metri sul livello del mare. Dal punto di vista geomorfologico, questa fascia costiera è il risultato di una sovrapposizione di depositi di diversa origine:

- Sabbie marine ed eoliche: costituiscono la copertura superficiale, formando le dune costiere e le aree immediatamente retrostanti la linea di costa. Queste sabbie sono spesso mediamente a molto addensate.
- Livelli torbosi e limosi: presenti nelle fasce interdunali e nelle zone umide, testimoniano l'antica presenza di ambienti palustri e lagunari.
- Depositi alluvionali: composti da sabbie, limi e argille, si trovano più all'interno rispetto alla fascia costiera vera e propria.

L'evoluzione della linea di costa ha avuto un ruolo fondamentale: dopo una fase di intensa ingressione marina che ha eroso i materiali alluvionali, una successiva lenta regressione ha lasciato una copertura di sabbia sempre più spessa avvicinandosi al mare. Questo processo ha favorito la formazione delle dune e delle aree retrodunali depresse, tipiche della pianura versiliese. Nelle zone con terreni scarsamente portanti, come i depositi limosi e torbosi, è necessario prestare attenzione alla stabilità delle nuove costruzioni. Tuttavia, grazie all'assenza di forti pendenze e all'equilibrio idrogeologico attuale, non si registrano processi di instabilità attivi di rilievo.

*Tavola G.5 CARTA IDROGEOLOGICA****Elementi per la valutazione degli aspetti connessi alla risorsa idrica sotterranea -***

La ricostruzione dell'assetto idrogeologico è finalizzata, all'individuazione dei corpi idrici sotterranei, alla definizione della loro configurazione, degli schemi della circolazione idrica sotterranea, delle eventuali interconnessioni tra acquiferi e la valutazione della permeabilità dei depositi.

La permeabilità è la proprietà che hanno i diversi litotipi di lasciarsi attraversare dall'acqua quando questa è sottoposta ad un certo carico idraulico, essa esprime l'attitudine a fare defluire l'acqua sotterranea.

In natura si distinguono schematicamente strati permeabili e strati quasi impermeabili.

La determinazione delle classi di permeabilità delle diverse formazioni e litotipi rinvenuti è stata effettuata adottando uno schema che tiene conto sia del grado di permeabilità di ogni unità esaminata, sia del tipo di permeabilità: crescente o decrescente.

Lo schema base adottato per definire le classi di permeabilità è il seguente: nell'asse delle x è riportato il tipo di permeabilità, mentre nell'asse delle y il grado di permeabilità:

	Porosità	Fratturazione decrescente	Fratturazione crescente	Mista
Permeabilità alta	PPa	PFad	PFac	Ma
Permeabilità media	PPm	PFmd	PFmc	Mm
Permeabilità bassa	PPb	PFbd	PFbc	Mb
Impermeabile	I			

Nella carta idrogeologica è riportata la piezometrica del mese di Aprile, ossia quella posta alla fine del periodo di maggiori precipitazioni e della stagione di minore sfruttamento delle acque sotterranee.

Le isofreatiche sono state disegnate con equidistanza di 0,2 m fino alla curva dei 3 metri, ogni metro fino ai 5 metri e ogni 5 metri per le quote superiori. Tale scelta è stata fatta per meglio evidenziare l'andamento della superficie piezometrica nelle zone dove questa ha un gradiente poco elevato: di fatti il gradiente è risultato molto basso nella parte mediana e costiera sella pianura e nettamente più alto nella fascia pedemontana.

Analisi dell'andamento della falda superficiale nella Pianura di Pietrasanta

Nella zona si riscontra la presenza di un'unica falda libera, nonostante la presenza talvolta di numerose intercalazioni di natura limo argillosa: tali intercalazioni, infatti, non hanno continuità stratigrafica orizzontale tale da far presupporre la presenza di falde in pressione. Tale falda è ospitata nei depositi ciottolosi delle ghiaie continentali nella fascia interna e mediana e nelle sabbie marine nella zona prossima al mare.

I terreni granulari (sabbie e limi) costituiscono un acquifero aperto in mezzo poroso. Il livello piezometrico è posto a circa 0.5 m s.l.m. e tale valore può subire oscillazioni nell'arco dell'anno legato al regime pluviometrico dell'area. Per il sito data la natura del terreno si valuta in via indicativa una permeabilità medio- medio/alta.

Per la stesura della carta idrogeologica si è fatto riferimento alla cartografia del Piano Strutturale con gli andamenti della falda riportati.

Il cuneo salino

Le carte della vulnerabilità degli acquiferi, riportate nel Piano Strutturale comunale, evidenziano la presenza di un cuneo salino attualmente in equilibrio con la falda di acque dolci, che si estende fino all'area retrodunale.

Sebbene il cuneo salino non rappresenti un rischio immediato, è necessario adottare un utilizzo responsabile della risorsa idrica nelle aree costiere, al fine di preservare l'equilibrio tra acque dolci e salmastre

Per limitare la salinizzazione dell'acquifero, è fondamentale una gestione sostenibile dei prelievi, in particolare riducendo l'emungimento dai pozzi nei periodi di maggiore richiesta (come l'estate), per evitare l'abbassamento del livello freatico che favorisce la risalita del cuneo salino.

Tra le misure di contrasto all'avanzamento del cuneo salino deve essere favorita l'infiltrazione delle acque in modo da ricaricare la falda. La realizzazione di aree permeabili (parcheggi drenanti, aree verdi, trincee/vasche di infiltrazione) favoriscono la ricarica naturale della falda tramite l'acqua piovana.

L'area, in base alla *Tav.12 Carta della vulnerabilità dell'acquifero* del PS vigente, non rientra nella fascia con intrusione del cuneo salino.

Tavola G.12 - CARTA DELLA VULNERABILITA' DELL'ACQUIFERO - scala 1:2.000



VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI SISMICI

Per la valutazione degli aspetti sismici si è fatto riferimento allo studio della Microzonazione Sismica di I e II livello del Comune di Pietrasanta facente parte del PS vigente, se ne conferma i risultati.

Tavola G.6 CARTA DELLE FREQUENZE FONDAMENTALI

Si confermano le ampiezze proposte nella microzonazione sismica di II livello, di seguito si porta un estratto della cartografia presente in allegato.

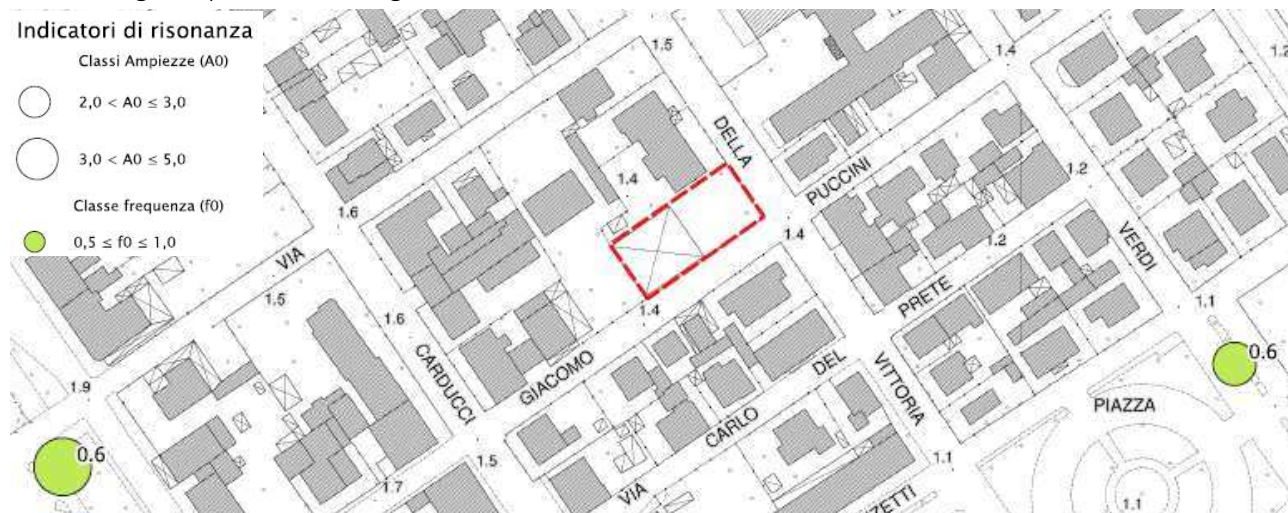


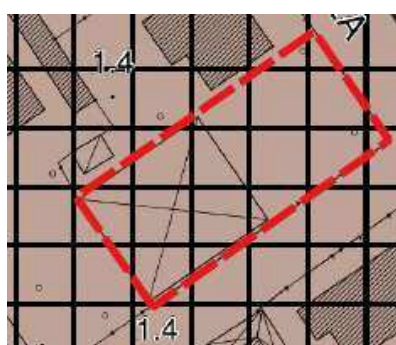
Tavola G.7 CARTA DELLE VS

Si confermano le V_s proposte, di seguito si porta un estratto della cartografia presente in allegato.



Tavola G.8 CARTA DELLE MOPS

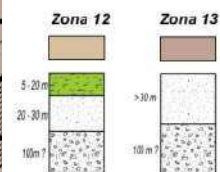
Si confermano le MOPS proposte nella microzonazione sismica di II livello, di seguito si porta un estratto della cartografia presente in allegato.



Legenda

 Perimetro particella 323 Fg. 38

Zone Stabili Suscettibili di Amplificazioni locali

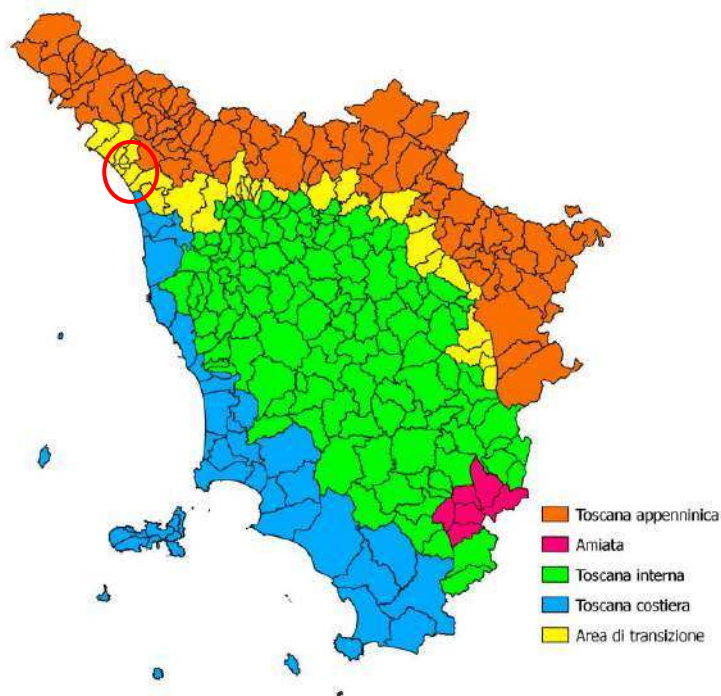


La MICROZONAZIONE SISMICA II LIVELLO

Per quanto concerne la MS II livello, si richiamano e si confermano gli studi del Piano Strutturale:

La carta della microzonazione sismica è l'elaborato di sintesi in base al quale si vanno a stimare i fattori di amplificazione.

Il comune di Pietrasanta è inserito nell'area di transizione e ricade nei comuni con valore di a_g ($T_R=475$ anni) maggiore o uguale a 0.15g.



Pertanto, le tabelle degli abachi prese a riferimento sono le seguenti:



Area di transizione (Substrato sismico > 30m)

Valore di a_g ($T_r=475$ anni) $\geq 0.15g$

FA 0.1 < T < 0.5 s										
	f0 (Hz)									75° perc.
	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥8	
(g/m) DPA	<200	0.7	1.0							0.8
	300	1.1	1.5	1.9	2.1	2.1	1.8	2.0	2.2	1.6
	500	1.2	1.4	1.8	1.9	1.8	1.9	1.9	1.8	1.7
	700	1.2	1.2	1.6	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6
	≥800	1.1	1.2	1.5	1.3	1.3			1.4	1.4

FA 0.4 < T < 0.8 s										
	f0 (Hz)									75° perc.
	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥8	
(g/m) DPA	<200	1.1	1.4							1.2
	300	1.4	2.1	2.2	2.1	2.2	2.0	2.1	2.1	1.8
	500	1.3	1.9	2.0	1.7	1.6	1.8	1.7	1.7	1.6
	700	1.2	1.5	1.7	1.5	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5
	≥800	1.3	1.5	1.4	1.1	1.1			1.3	1.4

FA 0.7 < T < 1.1 s										
	f0 (Hz)									75° perc.
	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥8	
(g/m) DPA	<200	1.4	2.0							1.4
	300	1.6	2.3	1.7	1.9	1.8	1.7	1.5	1.9	2.1
	500	1.4	2.0	1.5	1.3	1.5	1.6	1.3	1.3	1.7
	700	1.3	1.7	1.3	1.2	1.1	1.1	1.3	1.2	1.3
	≥800	1.6	2.2	1.1	1.0	1.0			1.2	1.3

CLASSI

Velocità (m/s)	Vs < 200	200 ≤ Vs < 400	400 ≤ Vs < 600	600 ≤ Vs < 800	Vs ≥ 800
< 200					
300					
500					
700					
≥ 800					

f0 < 1	1 ≤ f0 < 2	2 ≤ f0 < 3	3 ≤ f0 < 4	4 ≤ f0 < 5	5 ≤ f0 < 6	6 ≤ f0 < 7	7 ≤ f0 < 8	≥ 8
1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5		

Area di transizione (Substrato sismico ≤ 30m)

Valore di a_g ($T_r=475$ anni) $\geq 0.15g$

FA 0.1 < T < 0.5 s										
	f0 (Hz)									75° perc.
	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥8	
(g/m) DPA	<200	0.8	1.3	1.9	2.2	2.1	2.0	1.8	1.8	1.4
	300	0.6	1.3	1.9	2.0	2.0	1.8	1.7	1.6	1.4
	500		1.0	1.9	1.8	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4
	700			1.0	1.4	1.5	1.5	1.5	1.3	1.4
	≥800								1.2	1.2

FA 0.4 < T < 0.8 s										
	f0 (Hz)									75° perc.
	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥8	
(g/m) DPA	<200	1.2	2.1	2.2	1.9	1.4	1.2	1.2	1.1	1.0
	300	1.0	2.2	2.1	1.7	1.4	1.2	1.2	1.1	1.1
	500		2.0	1.9	1.6	1.3	1.2	1.1	1.1	1.1
	700				1.5	1.1	1.2	1.1	1.1	1.1
	≥800								1.0	1.0

FA 0.7 < T < 1.1 s										
	f0 (Hz)									75° perc.
	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥8	
(g/m) DPA	<200	1.9	2.3	1.6	1.3	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0
	300	1.0	2.2	1.5	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0
	500		2.3	1.3	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0
	700			1.3	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
	≥800								1.0	1.0

CLASSI

Velocità (m/s)	Vs < 200	200 ≤ Vs < 400	400 ≤ Vs < 600	600 ≤ Vs < 800	Vs ≥ 800
< 200					
300					
500					
700					
≥ 800					

f0 < 1	1 ≤ f0 < 2	2 ≤ f0 < 3	3 ≤ f0 < 4	4 ≤ f0 < 5	5 ≤ f0 < 6	6 ≤ f0 < 7	7 ≤ f0 < 8	≥ 8
1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5		

Il flusso di lavoro seguito per verificare l'applicabilità degli abachi è tracciato nel seguente schema (come illustrato nei paragrafi precedenti):



Per la determinazione delle zone suscettibili di amplificazione si è adottato il seguente criterio di studio: esame e valutazione della carta delle frequenze e delle misure ritenute valide per assegnare ad ogni misura il valore di frequenza di riferimento e quindi la classe:

CLASSI

Velocità (m/s)	$V_s < 200$	
	300	$200 \leq V_s < 400$
	500	$400 \leq V_s < 600$
	700	$600 \leq V_s < 800$
	$V_s \geq 800$	

Frequenza (Hz)	$f_0 < 1$	
	1.5	$1 \leq f_0 < 2$
	2.5	$2 \leq f_0 < 3$
	3.5	$3 \leq f_0 < 4$
	4.5	$4 \leq f_0 < 5$
	5.5	$5 \leq f_0 < 6$
	6.5	$6 \leq f_0 < 7$
	7.5	$7 \leq f_0 < 8$
	≥ 8	

Esempio, determinazione classe frequenza 1.5 per quelle misure con f_0 compreso tra 1 e 2 (in sito eseguita HVSR dal Collega Salvetti che mostra frequenza 1.3)

Dalla valutazione delle V_s è stata determinata la classe di velocità (riferimento DH eseguita in sito dal collega Andrea Salvetti, v_{30eq} 200.330 m/s):

CLASSI

Velocità (m/s)	$V_s < 200$	
	300	$200 \leq V_s < 400$
	500	$400 \leq V_s < 600$
	700	$600 \leq V_s < 800$
	$V_s \geq 800$	

Frequenza (Hz)	$f_0 < 1$	
	1.5	$1 \leq f_0 < 2$
	2.5	$2 \leq f_0 < 3$
	3.5	$3 \leq f_0 < 4$
	4.5	$4 \leq f_0 < 5$
	5.5	$5 \leq f_0 < 6$
	6.5	$6 \leq f_0 < 7$
	7.5	$7 \leq f_0 < 8$
	≥ 8	

Esempio, determinazione classe velocità 500 per quelle aree con V_s compresa tra 400 e 600

Determinati per ogni punto di indagine i valori delle classi di frequenza e di velocità, attraverso gli abachi di riferimento per aree di transizione e suddivisi per substrato $> 0 < 30$ m, si sono determinati i valori di FH_a :

Area di transizione (Substrato sismico > 30 m)

Valore di a_g ($T_r=475$ anni) $\geq 0.15g$



FA 0.1 < T < 0.5 s											
V _{s30} (m/s)	f ₀ (Hz)										75° perc.
	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥8		
	<200	0.7	1.0								0.8
	300	1.1	1.5	1.9	2.1	2.1	1.8	2.0	2.0	2.2	1.6
	500	1.2	1.4	1.8	1.9	1.8	1.9	1.9	1.9	1.8	1.7
	700	1.2	1.2	1.6	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6
	≥800	1.1	1.2	1.5	1.3	1.3				1.4	1.4

FA 0.4 < T < 0.8 s											
V _{s30} (m/s)	f ₀ (Hz)										75° perc.
	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥8		
	<200	1.1	1.3								1.2
	300	1.4	2.1	2.2	2.1	2.2	2.0	2.1	2.1	1.8	2.1
	500	1.3	1.9	2.0	1.7	1.6	1.8	1.7	1.7	1.6	1.8
	700	1.2	1.5	1.7	1.5	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.5
	≥800	1.3	1.5		1.4	1.1	1.1			1.3	1.4

Esempio applicato per determinare valori di FH_a

Ricavati i valori di FH_a (0.1-0.5s), FH_a (0.4-0.8s) e FH_a (0.7-1.1s) puntuali in coincidenza delle stazioni di misure HVSR, sulla base del modello geologico e delle MOPS, sono state redatte le carte della microzonazione sismica dove sono riportate le estensioni areali dei fattori di amplificazione.

In allegato le carte della microzonazione sismica.

Tavola G.9a CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA II LIVELLO FH_a 0.1-0.5 SEC scala 1:2000

Tavola G.9b CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA II LIVELLO FH_a 0.4-0.8 SEC scala 1:2000

Tavola G.9c CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA II LIVELLO FH_a 0.7-1.1 SEC scala 1:2000

Verifica del potenziale di liquefazione

Nel PS sono state individuate delle zone suscettibili alla liquefazione, non confermate in maniera univoca dai vari metodi di calcolo utilizzati.

Il Piano Strutturale ha classificato l'area a potenziale liquefazione, si confermano gli studi e conclusioni del PS vigente, rimandando all'intervento diretto per la stima e verifica dell'IPL.

Le Carte Della Pericolosità

Gli elaborati presentano le principali criticità relative alle pericolosità geologica, idraulica, idrogeologica e sismica che interessano l'area oggetto del Piano Attuativo.

Per garantire uniformità e coerenza interpretativa, le tre tipologie di pericolosità sono state integrate in un'unica tavola di sintesi.

Tavola G.11 CARTA DELLA PERICOLOSITÀ

Rappresentazione cartografica:

- Tavola G.11 CARTA DELLA PERICOLOSITÀ geologica, sismica ed idraulica

Pericolosità geologica

Per "pericolosità geologica" s'intende l'identificazione qualitativa di aree omogenee, in cui si possono sviluppare o riattivarsi, in termini di possibilità, fenomeni d'instabilità.

Quanto sopra vale per le aree collinari e montuose in cui la pericolosità di un sito consiste prevalentemente nella possibilità che vi si verifichino dissesti di tipo gravitativo ed erosivo, anche se non va comunque tralasciato l'aspetto prettamente geotecnico (possibilità di cedimenti o rotture del terreno sotto carico) soprattutto in corrispondenza di vaste e consistenti aree di affioramento di terreni detritici e/o di alterazione.

Nelle aree di fondovalle e di pianura costiera la pericolosità geologica è determinata dalla presenza di livelli scarsamente portanti e compressibili nei depositi quaternari e attuali che possono provocare fenomeni di rottura e consolidazione per interventi antropici inadeguati.

Il grado di pericolosità geologico è stato determinato in conformità alla seguente tabella:

Caratteri	Pericolosità DPGR 1/R
Aree con assenza di forme e processi geomorfologici attivi o quiescenti per i quali sono al massimo prevedibili, sulla base di valutazioni geologiche, litotecniche, limitati processi di degrado superficiale riconoscibili e neutralizzabili a livello di intervento diretto. Corrisponde a situazioni geologico-tecniche apparentemente stabili, sulle quali permangono dubbi sulle capacità portanti e valutazioni dei cedimenti che potranno essere chiariti a livello d'indagine geognostica di supporto alla progettazione edilizia.	G.2

Pericolosità idraulica

Per quanto concerne la valutazione delle aree alluvionabili si rimanda agli studi del Piano Strutturale, del PO e del PGRA Distretto Appennino Settentrionale che si richiamano e si confermano.

Mappa della Pericolosità da alluvione



Per l'area oggetto di studio la pericolosità idraulica è P1.

Pericolosità sismica

La pericolosità sismica è determinata adottando la seguente definizione:

S3 Elevata	aree con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti rilevanti; aree potenzialmente suscettibili di liquefazione dinamica, caratterizzate da terreni per i quali, sulla base delle informazioni disponibili, non è possibile escludere a priori il rischio di liquefazione; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, connesse con un alto contrasto di impedenza sismica atteso entro alcune decine di metri dal piano di campagna; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali con fattore di amplificazione (F_x) > 1.4;
------------	---

Alla luce di quanto sopra si definiscono le seguenti pericolosità:

Pericolosità geologica – G2

Pericolosità idraulica – P1

Pericolosità sismica – S3

Le Carte Della Fattibilità

Gli elaborati presentano le fattibilità geologica, idraulica e sismica dell'area oggetto di Piano Attuativo.

Rappresentazione cartografica:

- Tavola G.12 CARTA DELLA FATTIBILITÀ geologica, sismica ed idraulica

Le carte della fattibilità rappresentano la sintesi finale nella quale è espresso il grado di fattibilità geologica/geomorfologica, sismica e idraulica delle trasformazioni ammesse.

Per garantire uniformità e coerenza interpretativa, le tre tipologie di pericolosità sono state integrate in un'unica tavola di sintesi.

Criteri utilizzati per la realizzazione delle carte della fattibilità

Le carte di fattibilità di cui al punto precedente tengono conto del grado di esposizione delle destinazioni d'uso previste in rapporto alla classi di pericolosità.

Nel caso particolare:

- Fattibilità senza particolari limitazioni (F1): si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali non sono necessarie prescrizioni specifiche ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.
- Fattibilità con normali vincoli (F2): si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali è necessario indicare la tipologia di indagini e/o specifiche prescrizioni ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.
- Fattibilità condizionata (F3): si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali, ai fini della individuazione delle condizioni di compatibilità degli interventi con le situazioni di pericolosità riscontrate, è necessario definire la tipologia degli approfondimenti di indagine da svolgersi in sede di predisposizione dei piani complessi di intervento o dei piani attuativi o, in loro assenza, in sede di predisposizione dei progetti edilizi.
- Fattibilità limitata (F4): si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali la cui attuazione è subordinata alla realizzazione di interventi di messa in sicurezza che vanno individuati e definiti in sede di redazione del medesimo regolamento urbanistico, sulla base di studi e verifiche atti a determinare gli elementi di base utili per la predisposizione della relativa progettazione.

Alla luce di quanto sopra si definiscono le seguenti fattibilità:

Fattibilità geologica – FG2

Fattibilità idraulica – FP1

Fattibilità sismica – FS3

Prescrizioni di Fattibilità

Le prescrizioni sotto riportate costituiscono prescrizioni per intervento diretto.

Art. 1 - Norma generale

La relazione geologica deve riportare in modo esplicito le classi di pericolosità e di fattibilità attribuite all'area, così come individuate nelle tavole della pericolosità e fattibilità.

Il geologo, sulla base delle verifiche e delle indagini effettuate, deve attestare la fattibilità dell'intervento sotto il profilo geologico, geotecnico sismico e idraulico, nel rispetto delle prescrizioni e delle classi di pericolosità e fattibilità individuate.

Inoltre, dovranno essere rispettate tutte le normative vigenti a livello provinciale, regionale e nazionale, oltre a quelle specificate di seguito.

Art. 2 - fattibilità geologica

FG2 – La relazione geologica e geotecnica deve essere redatta nel rispetto delle NTC18 e dell'Allegato 1 – art.5 Regolamento 1R/2022. La relazione geologica e geotecnica deve essere corredata da indagini geognostiche di dettaglio, eseguite all'interno del sito oggetto di intervento, finalizzate alla caratterizzazione stratigrafica e geotecnica del terreno di fondazione. Tali indagini devono definire in modo dettagliato i parametri geotecnici, le caratteristiche della falda e la sua oscillazione stagionale, riportare il dimensionamento delle opere di fondazione e valutare i cedimenti e il rischio di liquefazione. La relazione geotecnica deve inoltre verificare che l'intervento non comporti problematiche dal punto di vista geotecnico per eventuali edifici e/o strutture limitrofe. Devono essere indicate le opere di regimazione delle acque superficiali e, se previste, delle acque di filtrazione nel terreno, assicurando che le acque raccolte non provochino né favoriscano dissesti e impaludamenti nelle aree circostanti l'intervento. L'intervento previsto non deve alterare negativamente le condizioni e i processi geomorfologici presenti nell'area.

Art. 3 - fattibilità idraulica

FP1 – È richiesta un'indagine di approfondimento, anche soltanto qualitativa, in termini di raccolta di dati e notizie. Gli studi si devono concretizzare in stime sul rischio effettivo e sulle eventuali opere e/o accorgimenti progettuali da adottare per la mitigazione del rischio stesso. Per le aree in basso morfologico devono essere verificati i problemi di ristagno e adottate misure di mitigazione.

Si prescrive comunque ai proprietari/residenti dell'abitazione di seguire le seguenti norme comportamentali:

- a) Rispettare i contenuti del Piano di Protezione Civile Comunale;
- b) iscriversi al Sistema di Allerta (telefonico) messo a disposizione dal Comune di Pietrasanta;
- c) prestare sempre attenzione agli annunci della protezione civile in caso di previsione di situazioni di allerta meteo, oltre che alle previsioni meteo e all'evolversi dei fenomeni meteorici.

Art. 4 - fattibilità sismica

FS3 – Nelle zone con possibile amplificazione stratigrafica, e zone stabili suscettibili di amplificazione locali caratterizzate da un alto contrasto di impedenza sismica tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri, deve essere realizzata una campagna di indagini geofisica (ad esempio profili sismici a riflessione/rifrazione, prove sismiche in foro, profili MASW) e geotecniche (ad esempio sondaggi, preferibilmente a c.c.) che definisca spessori, geometrie e velocità sismiche dei litotipi sepolti al fine di valutare l'entità del contrasto di rigidità sismica dei terreni tra coperture e bedrock sismico.

Nel caso di terreni di fondazione particolarmente scadenti, per i terreni potenzialmente soggetti a liquefazione dinamica, devono essere eseguite adeguate indagini geognostiche e geotecniche finalizzate al calcolo del coefficiente di sicurezza relativo alla liquefazione dei terreni, la relazione sismica deve valutare il rischio di liquefazione per l'area.

Per le aree individuate come zone a rischio liquefazione alto, la fattibilità degli interventi di nuova edificazione è subordinata all'esito delle verifiche delle condizioni di liquefazione dei terreni e, in funzione di tale analisi, alla realizzazione di interventi di riduzione della pericolosità sismica dei terreni (in conformità a NTC2018, punto 7.11.3.4);

Art. 5 – Invarianza Idraulica

Principi generali

Ogni trasformazione del suolo deve garantire il mantenimento di una superficie scoperta permeabile tale da consentire l'assorbimento anche parziale delle acque meteoriche, pari ad almeno il 25% della superficie fondiaria.

In occasione di ogni trasformazione di realizzazione o di adeguamento, di piazzali, parcheggi, elementi di viabilità pedonale o meccanizzata, devono essere adottate modalità costruttive che consentano l'infiltrazione, oppure la ritenzione, anche temporanea, delle acque meteoriche. Può essere fatta eccezione soltanto per dimostrati motivi di sicurezza ovvero di tutela di interessi storico-ambientali.

I progetti delle trasformazioni comportanti la realizzazione di superfici impermeabili o parzialmente permeabili, o che prevedano modifiche di uso e/o utilizzo del suolo devono prevedere il rispetto dell'invarianza idraulica.

Il volume minimo di cui ai commi precedenti deve essere calcolato secondo la procedura ritenuta idonea dal professionista.

Possono essere adottate soluzioni alternative a quella della realizzazione del volume d'invaso di cui ai commi precedenti, purché si dimostri la pari efficacia in termini di mantenimento dei colmi di portata di piena ai valori precedenti l'impermeabilizzazione o trasformazione dei suoli. A tal fine il proponente dovrà corredare il progetto di un'apposita documentazione idrologica ed idraulica.

Della sussistenza delle condizioni di invarianza idraulica richiamate ai punti precedenti deve essere dato atto nel procedimento amministrativo relativo al titolo abilitativo all'attività edilizia.

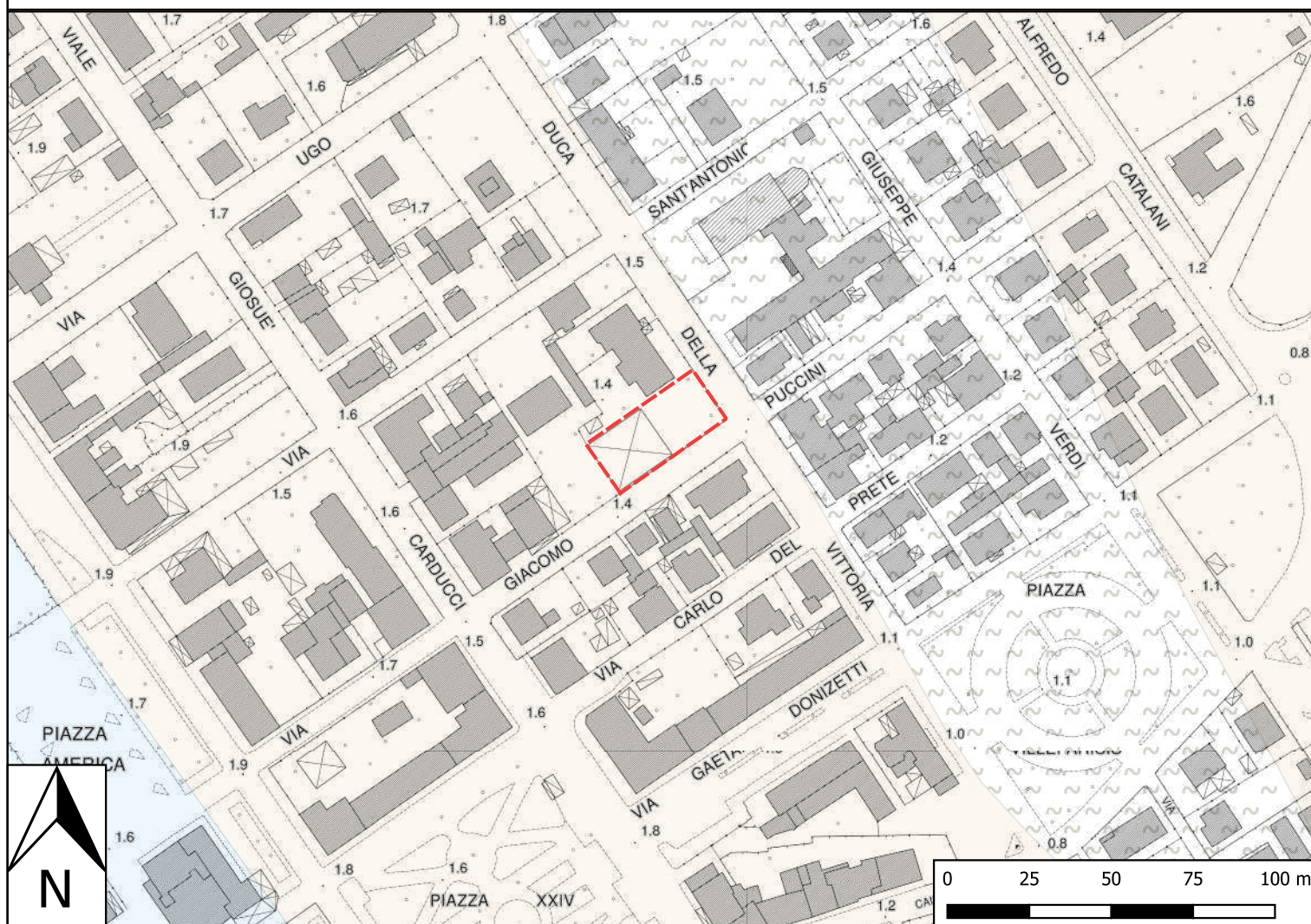
Art. 6 - rispetto delle norme di PAI e PGRA

Dovranno essere comunque rispettati i disposti delle norme PGRA e PAI del Bacino Distretto Appennino Settentrionale.

02/02/2026

Dott. Geol. Francesco Ceccarelli

Tavola G.1 - CARTA GEOLOGICA - scala 1:2.000



Legenda

 Perimetro particella 323 Fg. 38

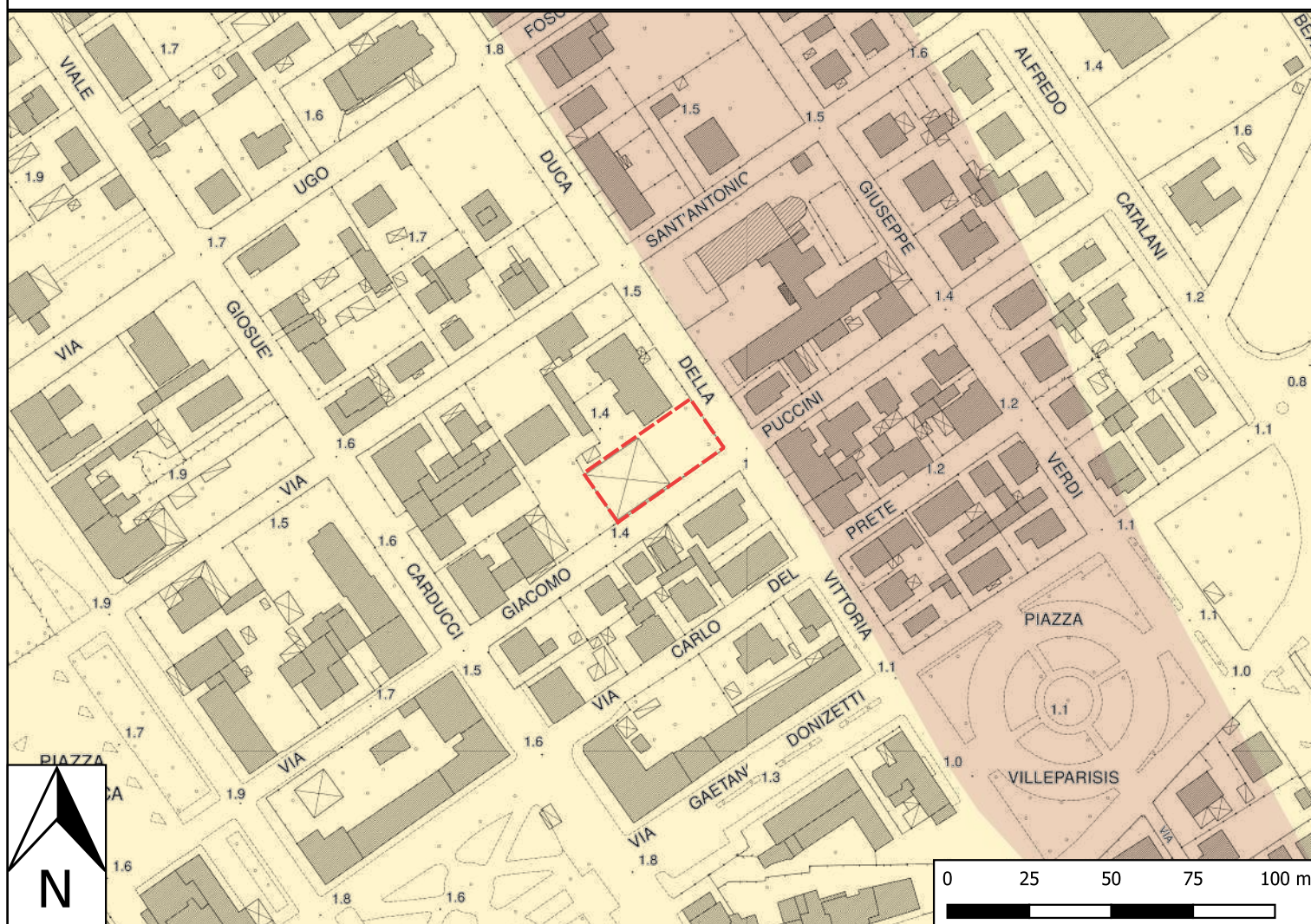
Geologia

 da – Depositi eolici. Sabbie di dune costiere. Olocene

 e3a – Depositi palustri. Olocene

 g2a – Depositi di spiaggia. Sabbie litorali. Olocene

Tavola G.2 - CARTA LITOTECNICA - scala 1:2.000



Legenda

 Perimetro particella 323 Fg. 38

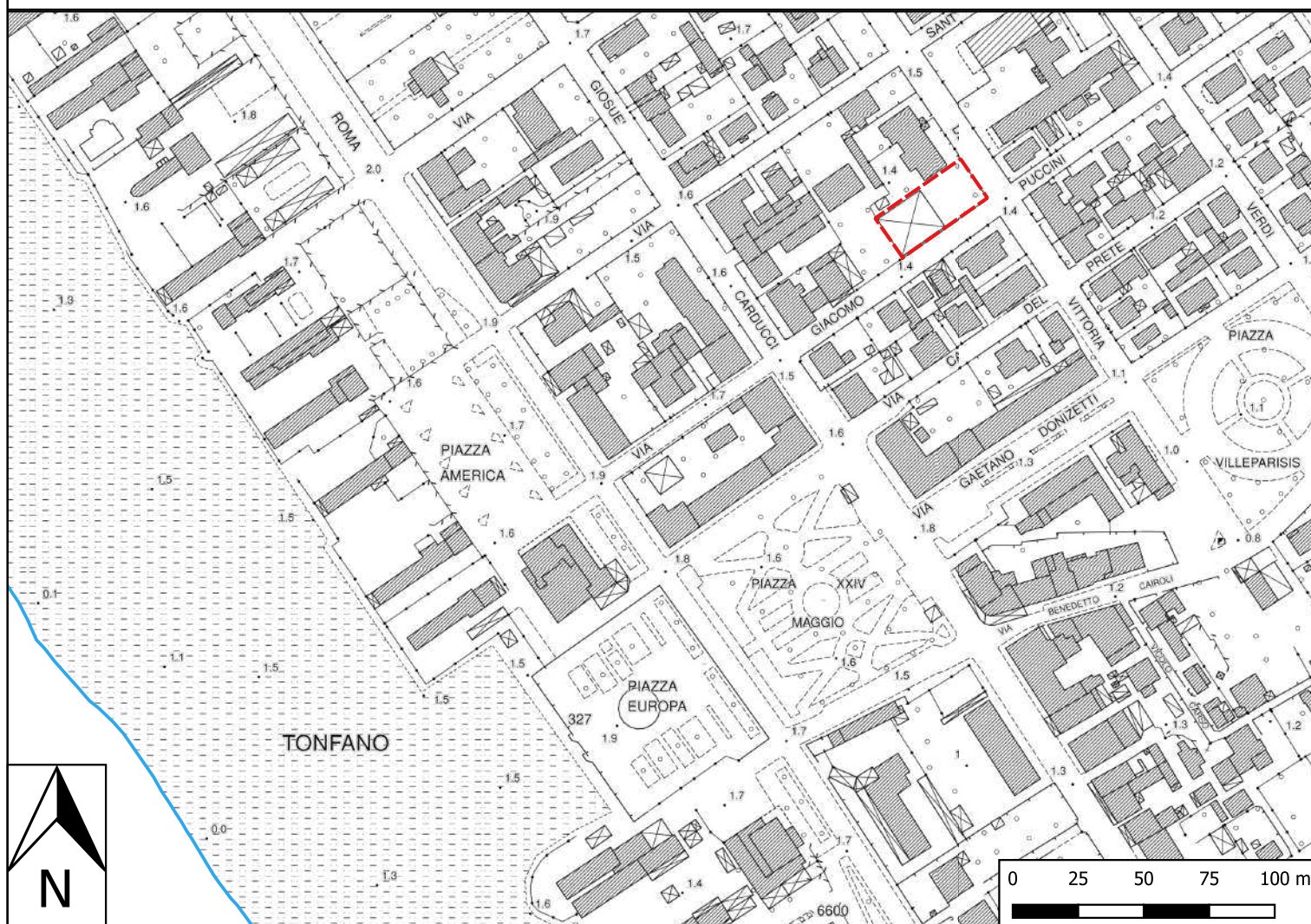
Geologia

SPde – Sabbie pulite con granulometria poco assortita di duna eolica

OLfl – Limi organici, argille limose organiche di bassa plasticità di deposito fluvio lacustre

Tavola G.3 - CARTA DEI DATI DI BASE - scala 1:2.000

Tavola G.4 - CARTA GEOMORFOLOGICA - scala 1:2.500



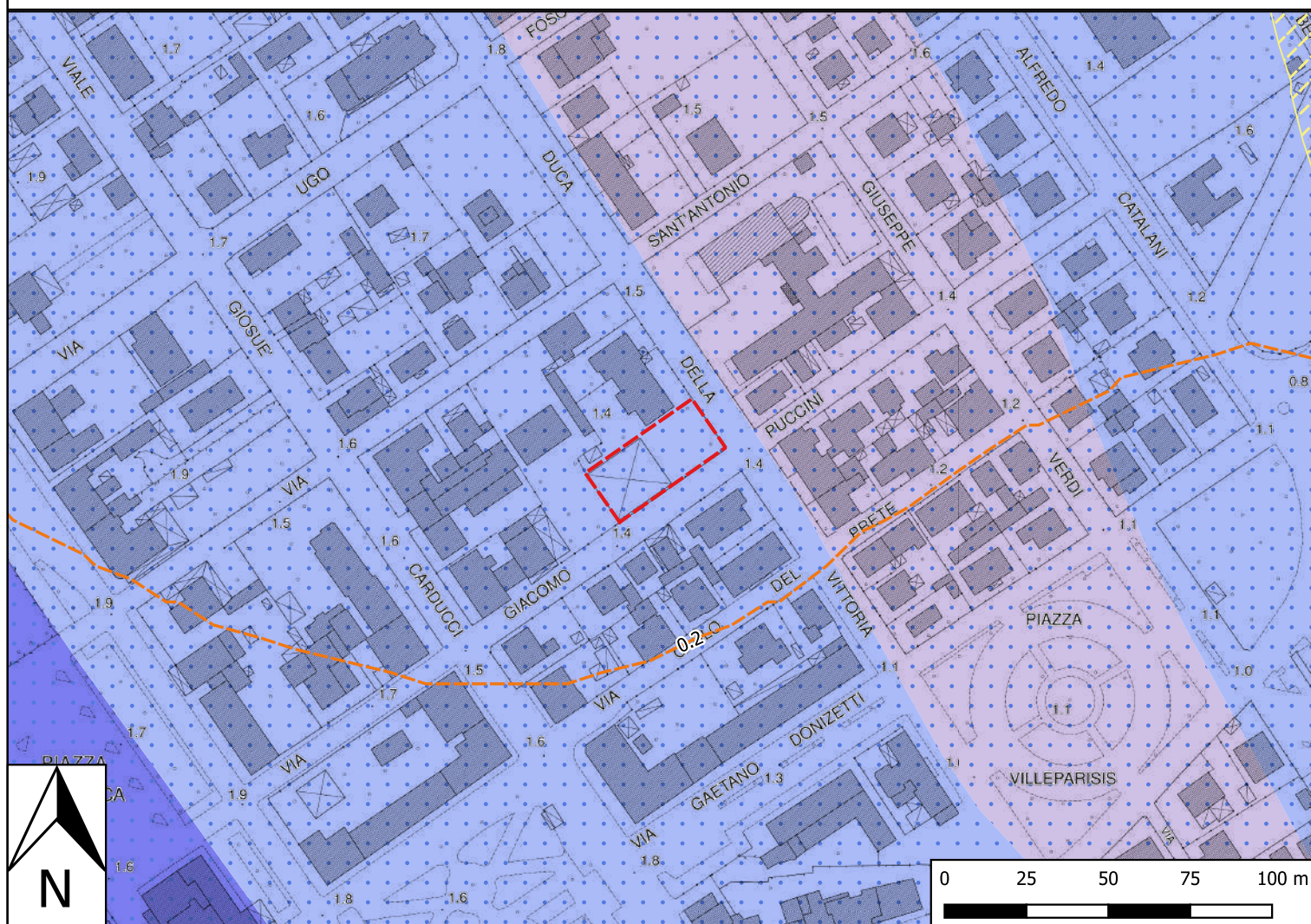
Legenda

 Perimetro particella 323 Fg. 38

Forme dovute alla dinamica marina

 Linea di riva in avanzamento

Tavola G5 - CARTA IDROGEOLOGICA - scala 1:2.000



Legenda

 Perimetro particella 323 Fg. 38

Idrogeologia

 Quota piezometrica mese di Aprile

 Aree con superficie di falda sotto il livello del mare nel mese di Settembre

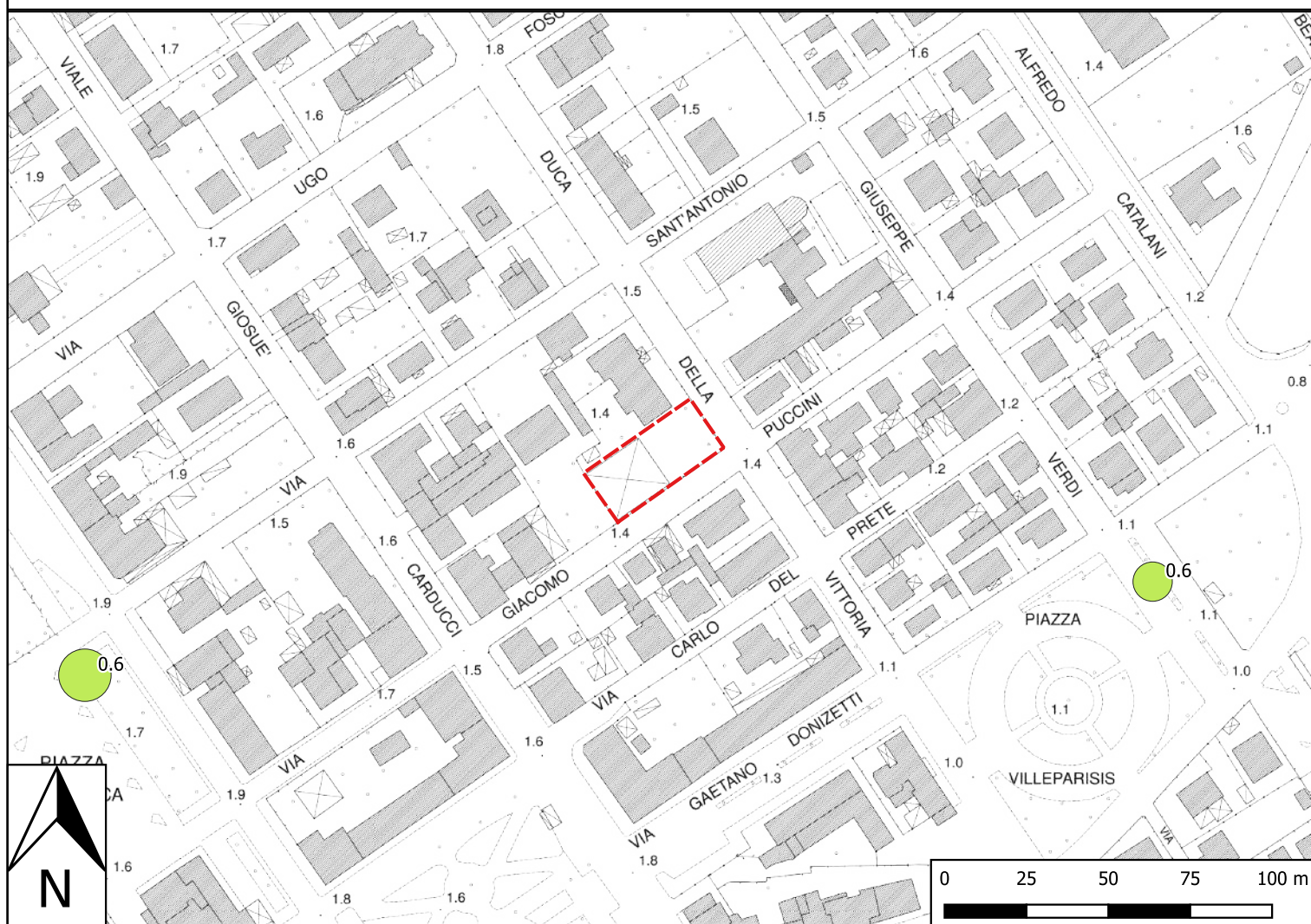
Formazioni

 PPa – Depositi permeabili per porosità (Alta)

 PPam – Depositi permeabili per porosità (Alta – Media)

 PPb/i – Depositi permeabili per porosità (Bassa – Impermeabili)

Tavola G.6 - CARTA DELLE FREQUENZE FONDAMENTALI - scala 1:2.000



Legenda

 Perimetro particella 323 Fg. 38

Indicatori di risonanza

Classi Ampiezze (A_0)

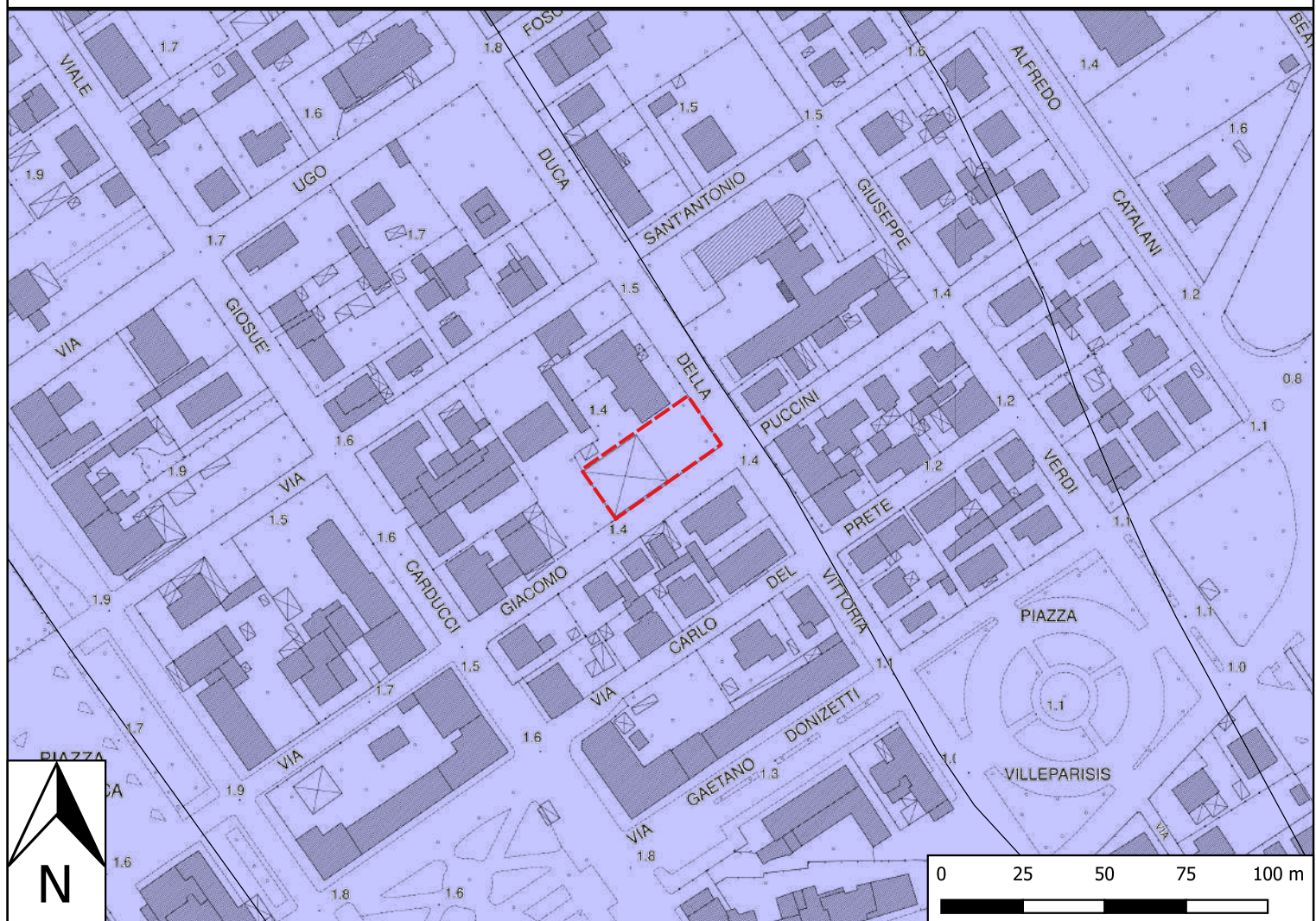
 $2,0 < A_0 \leq 3,0$

 $3,0 < A_0 \leq 5,0$

Classe frequenza (f_0)

 $0,5 \leq f_0 \leq 1,0$

Tavola G.7 - CARTA DELLE VS - scala 1:2.000



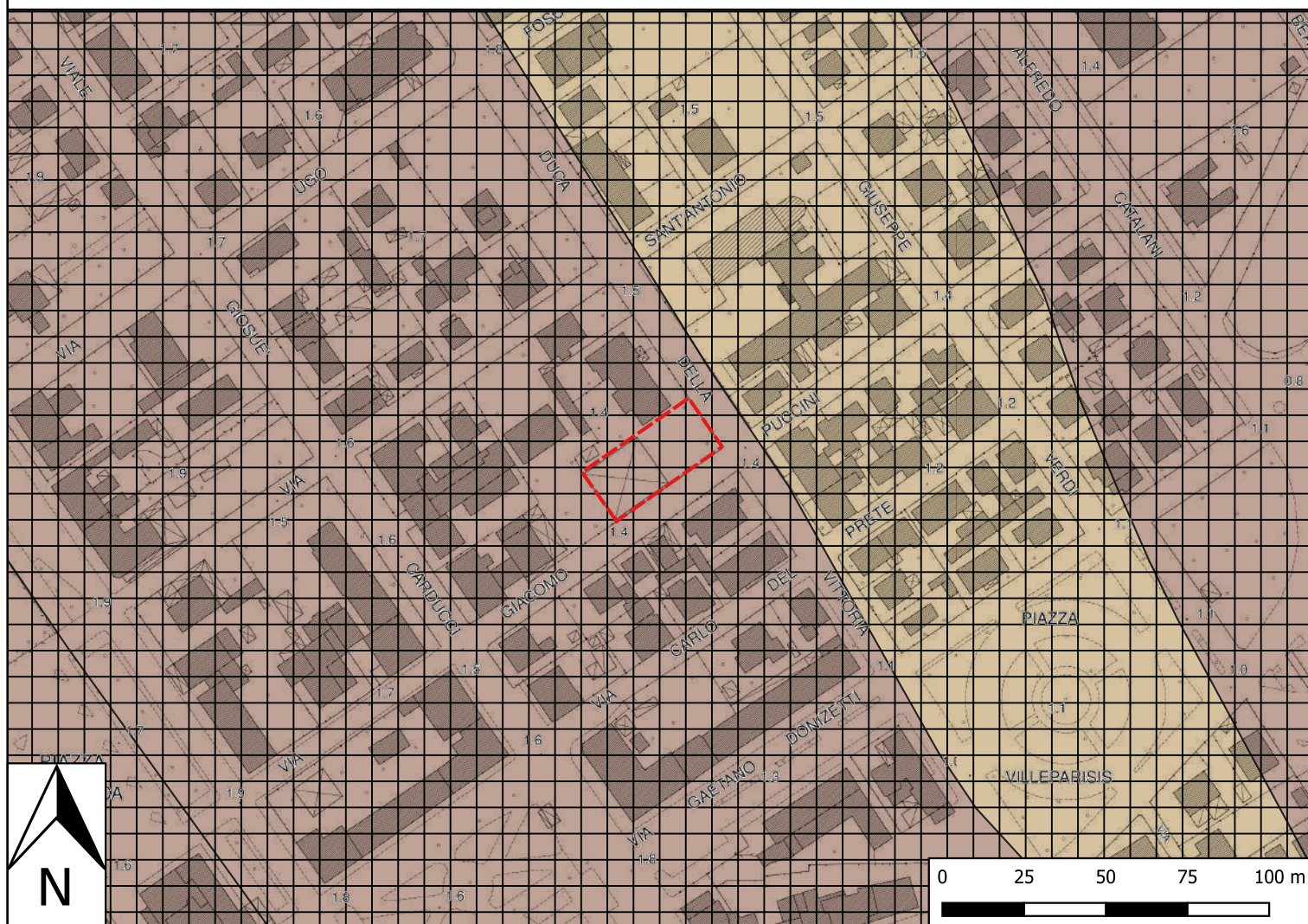
Legenda

 Perimetro particella 323 Fg. 38

Velocità delle onde sismiche S

 $200 \text{ m/s} \leq V_s < 400 \text{ m/s}$

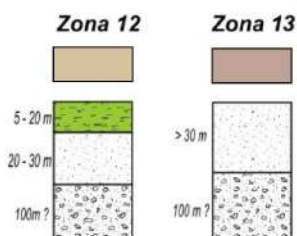
Tavola G.8 - CARTA DELLE MOPS - scala 1:2.000



Legenda

 Perimetro particella 323 Fg. 38

Zone Stabili Suscettibili di Amplificazioni locali



 Zone di suscettibilità a liquefazione ZSLQ

Legenda



Perimetro particella 323 Fg. 38

Zone stabili suscettibili di amplificazione



Classe 1,1 – 1,2



Classe 1,5 – 1,6

Zone di attenzione per instabilità



ZA suscettibilità a liquefazione

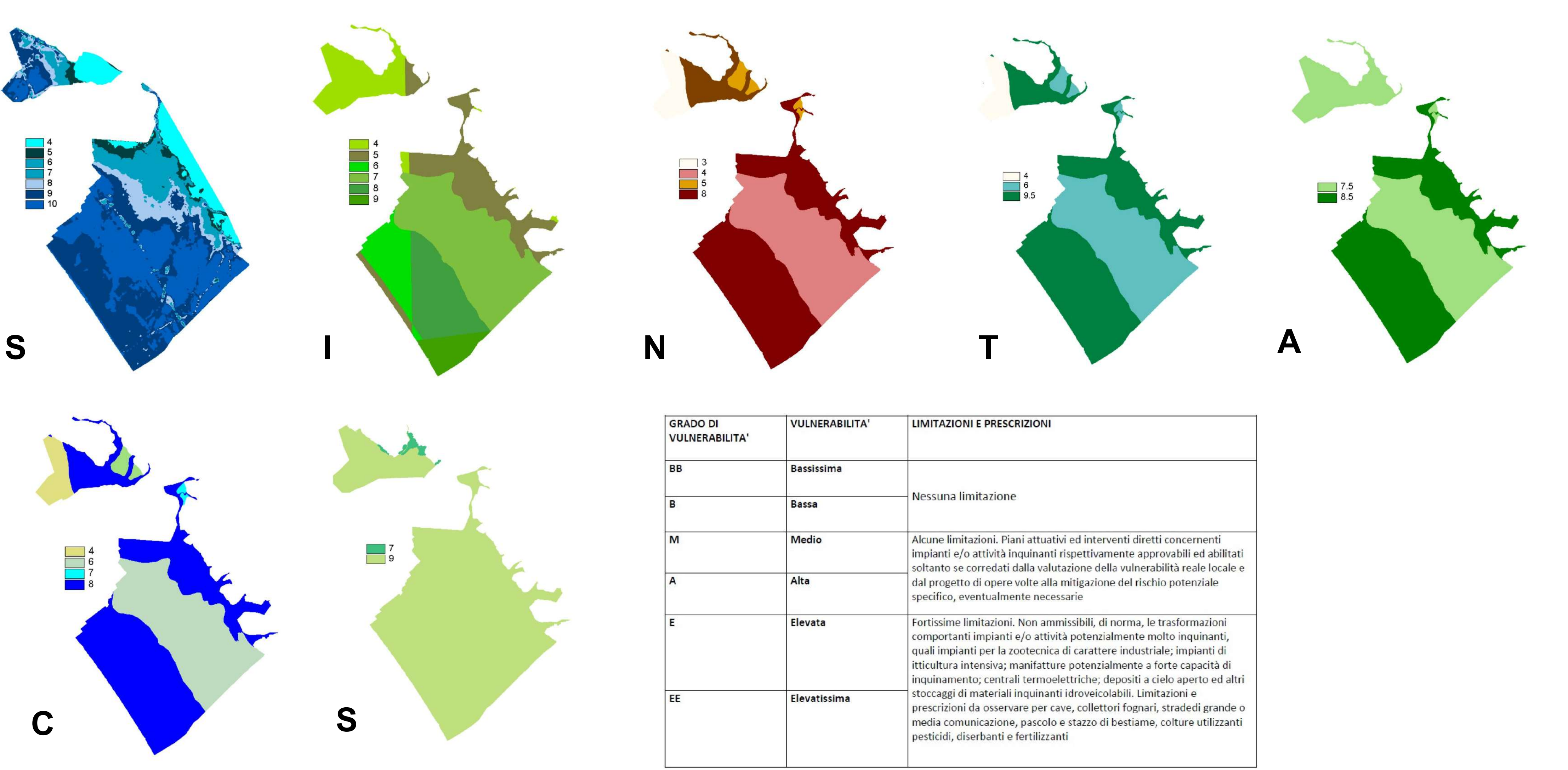
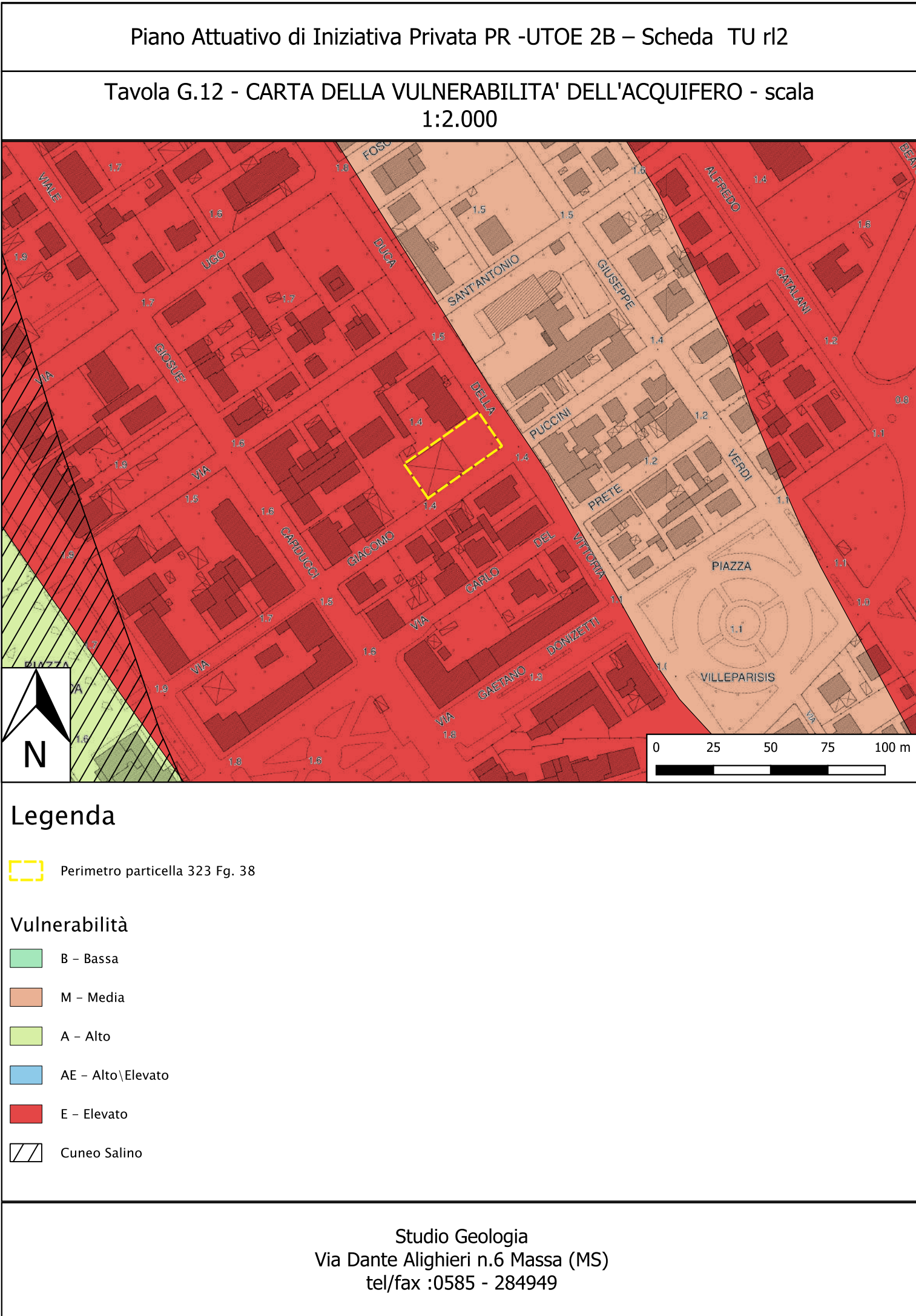
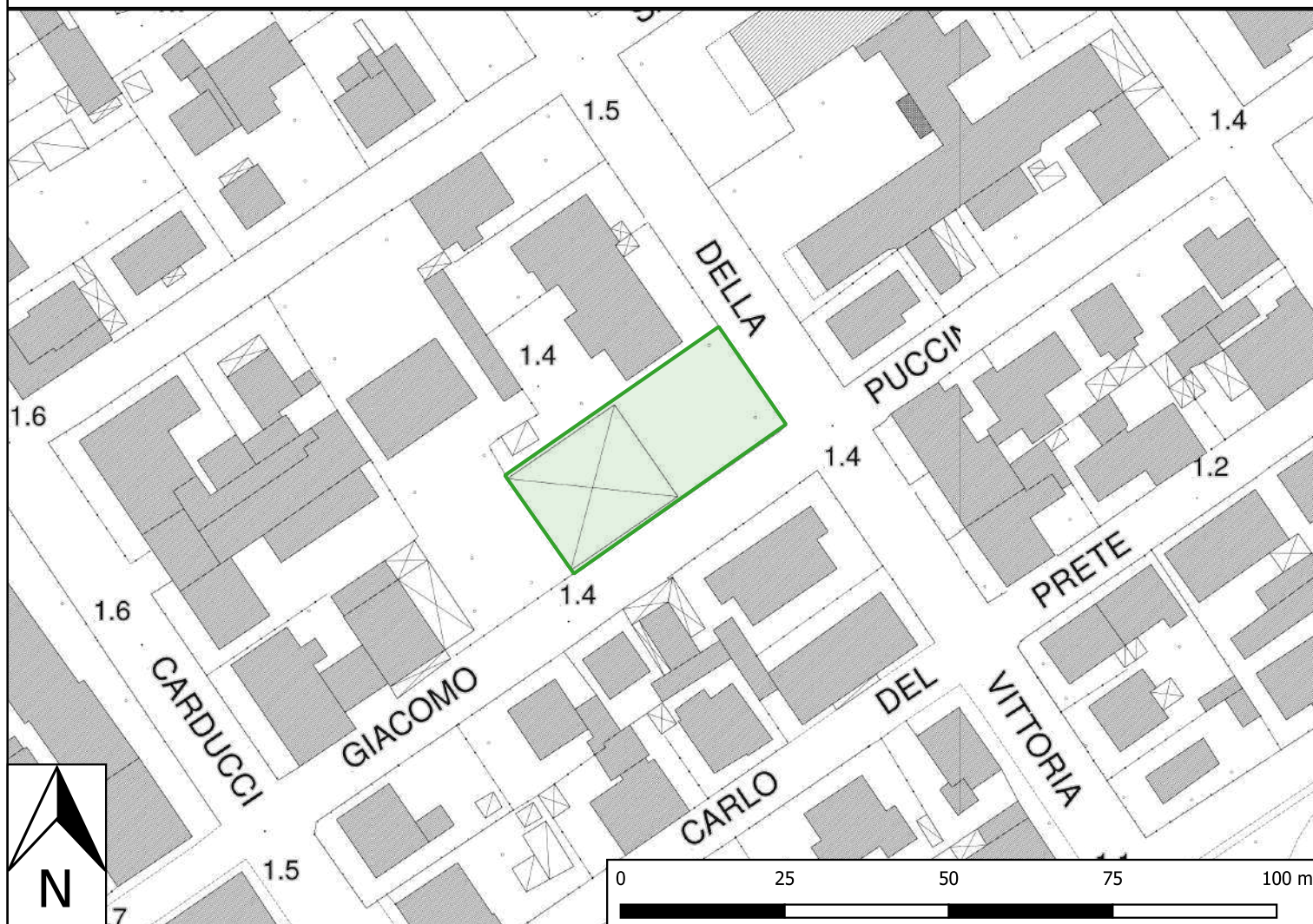


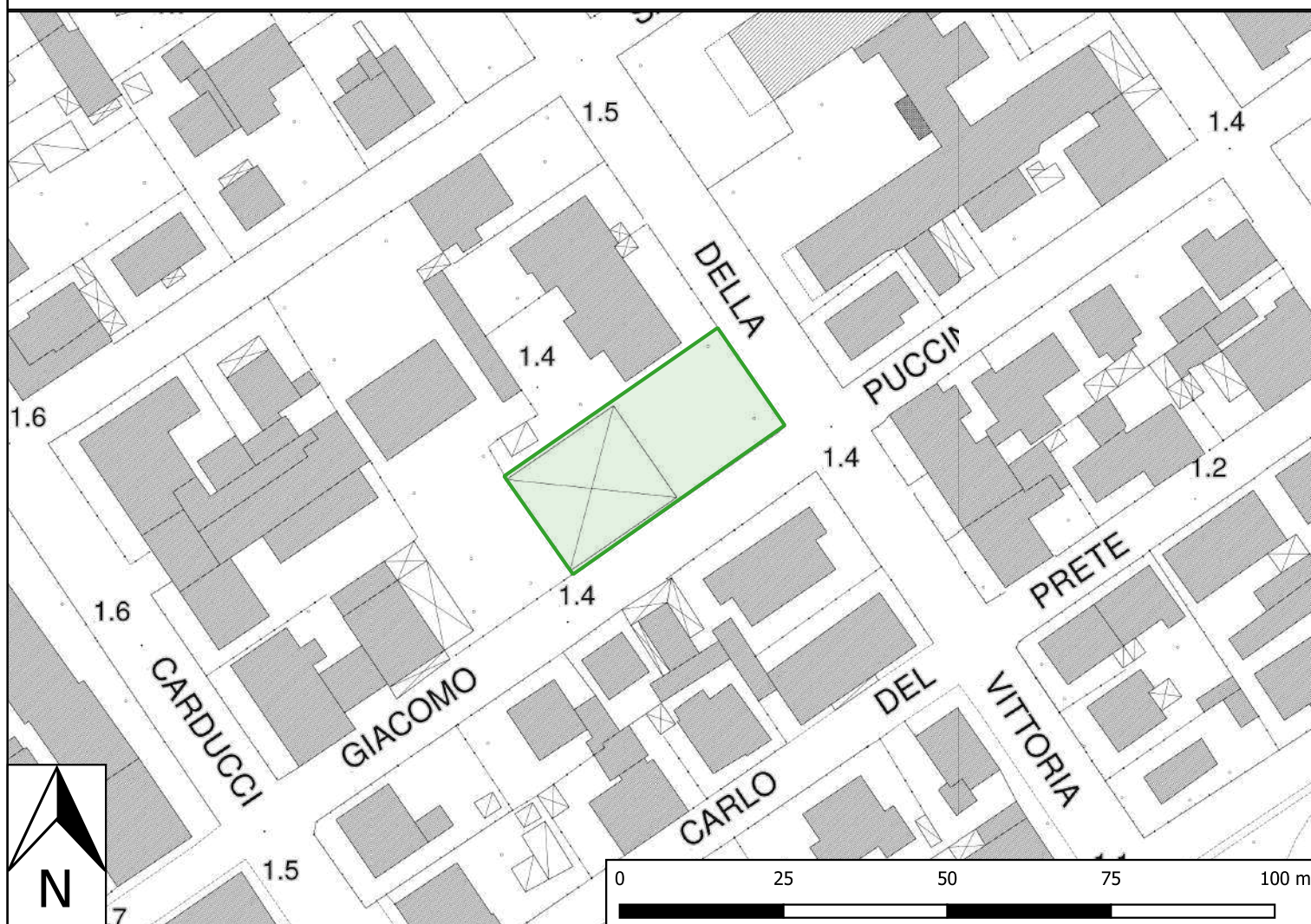
Tavola G.11 - CARTA DELLE PERICOLOSITA' - scala 1:1.000



Legenda

-  Pericolosità Geologica G2
-  Pericolosità Idraulica P1
-  Pericolosità Sismica S3

Tavola G.11 - CARTA DELLE FATTIBILITA' - scala 1:1.000



Legenda

-  Fattibilità Geologica FG2
-  Fattibilità Idraulica FP1
-  Fattibilità Sismica FS3