Comune

GENOVA

Provincia

GENOVA

Titolo del progetto

REALIZZAZIONE DEL NUOVO IMPIANTO DI DEPURAZIONE AREA CENTRALE DI GENOVA - D.A.C.

Livello di progettazione	Settore di business	Disciplina
D - DEFINITIVO	I2 - DEPURAZIONE	GEN - GENERALE

Numero	Titolo	Scala
RT - 004	RELAZIONE GEOLOGICA E DI MODELLAZIONE SISMICA	

ID Progetto	Titolo sintetico (nome file di stampa)	Codifica WBS
2016GESI0025-00	2016REIA0134-D-I2-STR-RT-04.pdf	C10I2-L058-01-0004

00	Dicembre 2017	Emissione	AS	CP	CC
Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato

Redatto:	Verificato:	Approvato:
Geol. Stefano Castagnetti	Ing. Cosimo parabita - IRETI	Ing. Claudio Casale - IRETI

Funzione Ingegneria e realizzazioni
IRETI S.p,A - Società con socio unico IREN S.p.A.
Sottoposta a direzione e coordinamento di IREN S.p.A.
Sede Legale: S.P.95 per Castelnovo Scrivia - 15057 Tortona (AL)
cod. fisc. e P. IVA n* 01791490343 pec: ireti@pec.ireti.it

Studio ALFA S.p.a.
Via V. Monti, 1
42122 Reggio Emilia (RE)
Tel. 0522 550905
Fax 0522 550987
Email: Info@studioalfa.it

INDICE

1 PREMESSE 1

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO 3

3 SISMICITÀ E CLASSIFICAZIONE SISMICA 5

4 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE 11

5 RISPOSTA SISMICA LOCALE 14

6 PARAMETRI SISMICI 19

7 CONCLUSIONI 21

1 PREMESSE

Su incarico di IRETI SpA ed in stretto raccordo con i progettisti di Geotecnica Croce srl, è stata eseguita l'indagine geognostica e lo studio geologico e sismico dei terreni siti in Comune di Genova, località Cornigliano, ex acciaierie Ilva (Fig. 1), interessati dal progetto per la realizzazione del nuovo impianto di depurazione area centrale (DAC) di Genova.



Fig. 1 – Inquadramento territoriale (Stralcio ortofoto da Google Maps). L'ubicazione dell'area di intervento è evidenziata dal cerchio giallo.

La campagna di indagini e lo studio sono state eseguiti nel rispetto delle seguenti norme:

- *Eurocodice 7.1 (1997) – Progettazione geotecnica –Parte I: Regole Generali – UNI;*
- *Eurocodice 8 (1998) – Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003);*
- *D.P.R. 328/01;*
- *Eurocodice 7.2 (2002) – Progettazione geotecnica –Parte I: Progettazione assistita da prove di laboratorio – UNI;*
- *Eurocodice 7.3 (2002) – Progettazione geotecnica –Parte II: Progettazione assistita da prove in sito – UNI;*

- *OPCM n° 3274 (2003) - Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica;*
- *D.Lgs. 3.4.2006, n° 152 "Norme in materia ambientale" e s.m.i.;*
- *Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n° 36 del 27/07/2007;*
- *D.M. 14/01/2008 – Testo unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni;*
- *Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14/01/2008, Circolare 2 febbraio 2009;*
- *DGR n° 216 del 17.03.2017 – OPCM 3519/2006. Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria.*

L'obiettivo dello studio è stato quello di caratterizzare l'area sotto il profilo geolitologico, geomorfologico, sismico e geotecnico, al fine di fornire gli elementi di conoscenza necessari alla formulazione delle scelte progettuali.

Nella presente relazione vengono forniti gli elementi conoscitivi ai fini della modellazione sismica del sito.

Per la realizzazione della campagna di indagini geognostiche si è fatto riferimento alle specifiche tecniche di cui all'elaborato *"2016GESI0025-00-D-I2-GEN-RT-001-00_Specifica_Geotecnica"* a firma dell'ing. Umberto Croce di Geotecnica Croce srl.

Circa le ubicazioni delle indagini si è fatto riferimento all'elaborato *""2016GESI0025-00-D-I2-GEN-EG-003-00_Ubicazioni_Indagini"* individuate in sito da un topografo incaricato dalla Committenza e verificate sul campo mediante sopralluogo congiunto con la Committenza ed il Progettista geotecnico.

Più in particolare sono state eseguite le seguenti indagini:

- N° 4 sondaggi a carotaggio continuo spinti ad una profondità di -30.00 m dal piano campagna e lungo ciascuno dei quali sono state eseguite n° 16 prove SPT e sono stati prelevati n° 10 campioni rimaneggiati da sottoporre a prove di laboratorio;
- N° 14 prove penetrometriche dinamiche continue;
- N° 1 prova Down – Hole (tale prova è stata eseguita in sostituzione della prevista prova MASW in quanto già disponibile per precedenti esecuzioni nel sito da indagare).

Inoltre si è fatto riferimento alla campagna di indagini geognostiche eseguita nel 2015 a firma dott. geol. Giuseppe Genovese, nell'ambito della Relazione geologica redatta a corredo dello studio di fattibilità tecnico economica dell'impianto.

La ricerca bibliografica, le verifiche di campagna e le indagini eseguite hanno consentito di realizzare i seguenti elaborati:

- Tav. 1 – Planimetria delle indagini geognostiche (scala 1:500);
- Allegato n° 1 – Prova Down – Hole.

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il territorio di Genova ha caratteristiche del tutto peculiari, in quanto è stato da sempre considerato un'area di transizione tra la catena Alpina e quella Appenninica. Attualmente esiste un certo consenso nella comunità scientifica sul fatto che non abbia molto senso cercare dei limiti precisi tra catene che hanno giocato ruoli complementari e vicarianti in un'evoluzione orogenetica continua. Tuttavia bisogna considerare che quest'area comprende unità delle Alpi Liguri, che sono state dapprima coinvolte nell'evoluzione alpina a livelli più o meno profondi e che successivamente sono state interessate da una tettonica attribuibile all'evoluzuione appenninica.

Le Alpi liguri costituiscono la terminazione meridionale delle Alpi Occidentali e sono costituite da un impilamento complesso di unità tettoniche, le cui caratteristiche litostratigrafiche e strutturali riflettono l'evoluzione geodinamica di questo settore di catena. Tale evoluzione inizia con le fasi di rifting e di spreading triassico-giurassiche, che determinano l'individuazione del bacino oceanico Ligure-Piemontese.

A partire dal Cretaceo, l'inversione dei movimenti determinano la convergenza dei marini e la subduzione di litosfera oceanica, fino alla chiusura del bacino Ligure-Piementose e successivamente la collisione continentale e l'esumazione delle unità subdotte.

Le Alpi Liguri sono quindi caratterizzate dalla sovrapposizione di unità di crosta oceanica e di mantello, rappresentate dall'Unità Figogna, Palmaro-Caffarella, Cravasco- Voltaggio e Voltri (Fig. 2), riequilibrate a differenti profondità e quindi a diverse condizioni di pressione e temperatura, per gradienti termici da bassi a molto bassi.

Le unità costituite da flysch che affiorano nella parte orientale (Unità Antola, ecc.) sono non metamorfiche o di basso grado metamorfico, il che indica che durante l'orogenesi apina sono rimaste sempre a livelli strutturali piuttosto superficiali.

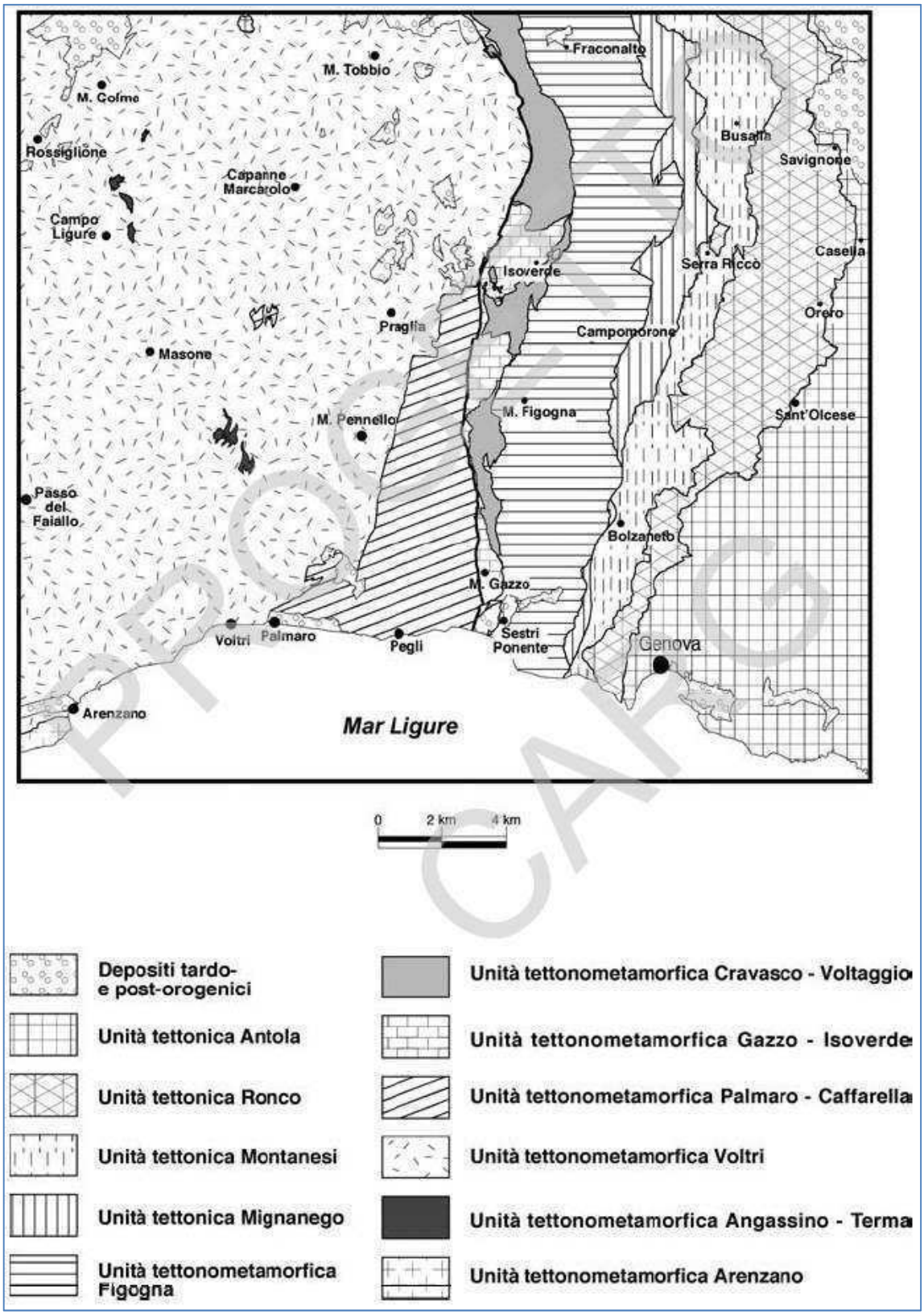


Fig. 2 – Schema tettonico (tratto da: *Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – Foglio 213-230 Genova*)

3 SISMICITÀ E CLASSIFICAZIONE SISMICA

Le osservazioni e i dati sismologici storici e strumentali attualmente disponibili indicano che, relativamente alla sismicità nazionale, il territorio genovese è interessato da una sismicità di livello medio - basso, con terremoti storici che più volte hanno raggiunto intensità pari al VI – VII grado della scala MCS (Mercalli – Cancani – Sieberg). Allo scopo di consentire un maggior dettaglio sull'area oggetto di studio, si è provveduto ad estrarre dal Catalogo Parametrico Italiano dei Terremoti (CPTI15) la storia sismica di Genova (Tab. 1 e Fig. 3), che restituisce ben 130 eventi.

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6-7	1767	02	07	03	45		Genovese	10	6	4.98
6-7	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
6	1182	08	15				Genova	1	6	4.63
6	1536	08	10	23			Genova	1	6	4.63
6	1828	10	09	02	20		Oltrepò Pavese	110	8	5.72
6	1920	09	07	05	55	4	Garfagnana	750	10	6.53
5-6	1217	01	08				Genova	1	5-6	4.40
5-6	1222	12	25	12	30		Bresciano-Veronese	18	7-8	5.68
5	1276	07	29	18	30		Monferrato	9	5	4.81
5	1541	10	22	18			Valle Scrivia	9	7	5.26
5	1704	05	13	12	15		Riviera Ligure	4	5	4.16
5	1704	05	14	00	45		Riviera Ligure	2	5	4.16
5	1740	03	06	05	40		Garfagnana	32	8	5.64
5	1751	11	21				Liguria	6	4	3.70
5	1806	03	31				Liguria occidentale	6	5	4.62
5	1834	02	14	13	15		Val di Taro-Lunigiana	112	9	5.96
5	1924	09	21	20	18		Genovese	11	5	4.32
4-5	1612	01	31				Liguria occidentale	6	6-7	4.86
4-5	1759	05	26	22	15		Pavese	4	5	4.16
4-5	1834	07	04	00	45		Val di Taro-Lunigiana	24	6-7	5.08
4-5	1854	12	29	01	45		Liguria occidentale	86	7-8	5.72
4-5	1873	09	17				Appennino tosco-ligure	64	6-7	5.26
4-5	2003	04	11	09	26	5	Valle Scrivia	78	6-7	4.81
4	1644	02	15	04	30		Alpes Niçoises	29	8	5.74
4	1695	02	25	05	30		Asolano	107	10	6.40
4	1802	05	12	09	30		Valle dell'Oglio	94	8	5.60
4	1811	07	15	22	44		Modenese-Reggiano	19	6-7	5.13
4	1828	10	09	08			Oltrepò Pavese	6		
4	1828	10	10	01	30		Oltrepò Pavese	18		
4	1831	05	26	10	30		Liguria occidentale	33	8	5.56
4	1832	03	13	03	30		Reggiano	97	7-8	5.51
4	1849	11	28	18			Val di Taro	7	6	4.63
4	1861	03	16				Varese Ligure	2	6	4.63
4	1891	06	07	01	06	1	Valle d'Illasi	403	8-9	5.87
4	1901	10	30	14	49	5	Garda occidentale	289	7-8	5.44
4	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
4	1914	10	27	09	22		Lucchesia	660	7	5.63
4	1929	04	29	18	36		Bolognese	45	6	5.20
4	1972	10	25	21	56	1	Appennino settentrionale	198	5	4.87
4	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7	5.04
4	1993	07	17	10	34	5	Liguria occidentale	336	5	4.34
4	2004	11	24	22	59	3	Garda occidentale	176	7-8	4.99
4	2008	12	23	15	24	2	Parmense	291	6-7	5.36

Tab. 1 – Elenco dei terremoti più forti risentiti nell'area di Genova tra il 1000 e il 2014 (A. Rovida, M. Locati, R. Camassi, B. Lolli e P. Gasperini (a cura di), 2015. DBMI15, la versione 2015 del Database Macrosismico Italiano. Milano, Bologna, http://emidius.mi.ingv.it/DBMI15 - parzialmente modificato)

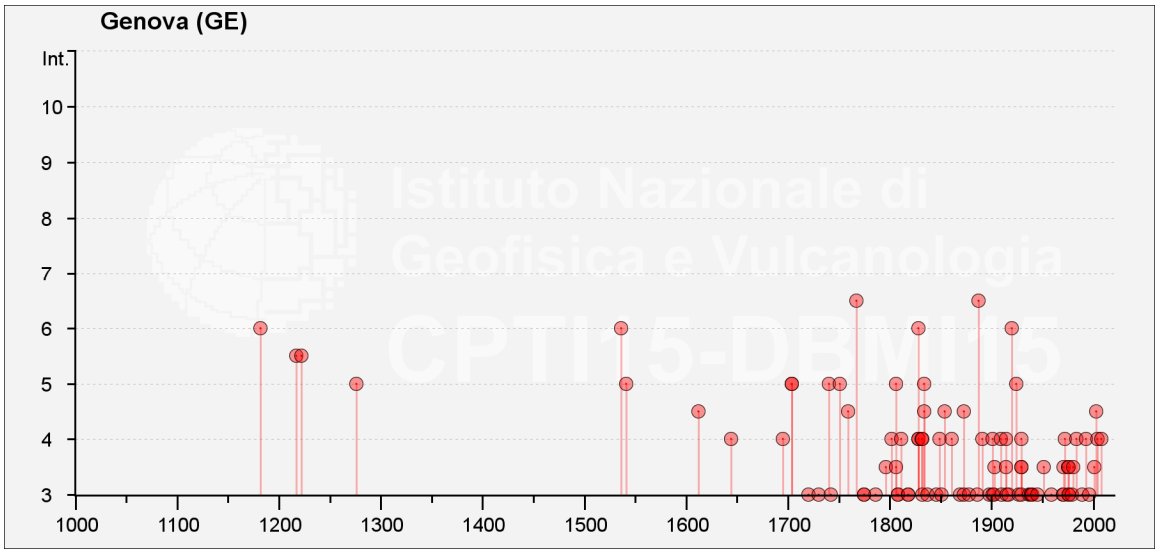


Fig. 3 - Diagramma della storia sismica di Genova, limitatamente ai terremoti con intensità epicentrale uguale o superiore a 3. A. Rovida, M. Locati, R. Camassi, B. Lolli e P. Gasperini (a cura di), 2015. DBMI15, la versione 2015 del Database Macrosismico Italiano. Milano, http://emidius.mi.ingv.it/DBMI15

Gli studi sulla pericolosità sismica, promossi dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), hanno portato alla definizione di una nuova zonazione sismogenetica del territorio italiano, denominata "ZS9", che prevede una suddivisione in 36 zone (Fig. 4), i cui limiti sono stati tracciati sulla base di informazioni tettoniche o geologico-strutturali e di differenti caratteristiche della sismicità, quali distribuzione spaziale e frequenza degli eventi, massima magnitudo rilasciata, ecc..

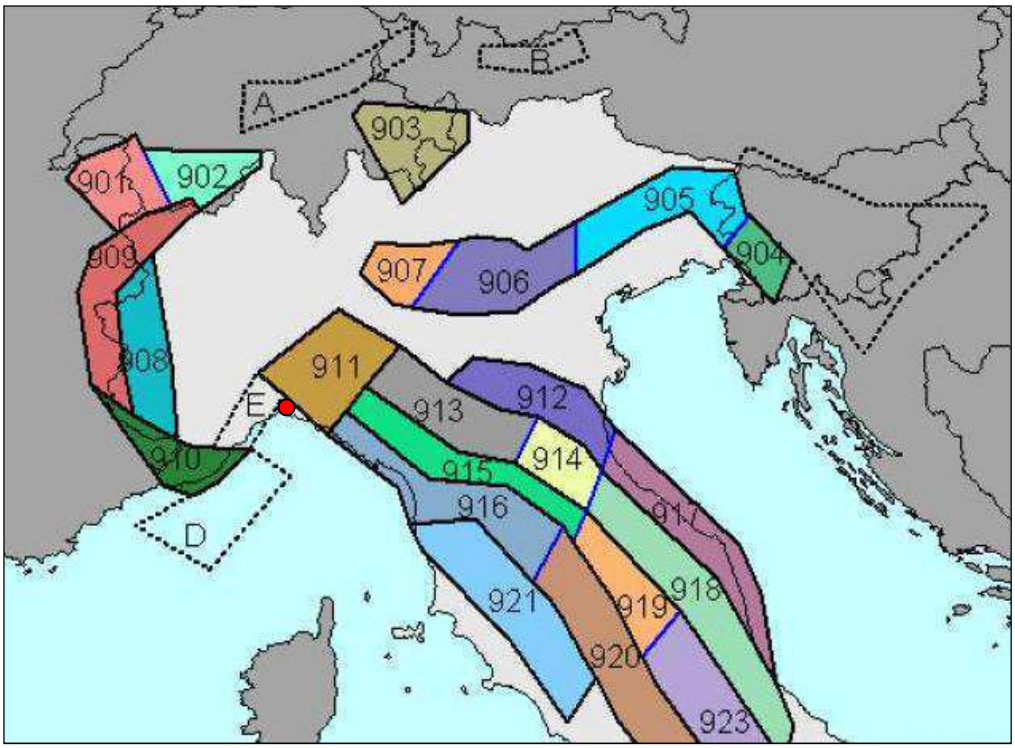


Fig. 4 - Zonazione sismogenetica ZS9 (Tratta da: "Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica – Rapporto conclusivo – bozza aprile 2004" - INGV). Il punto rosso segna approssimativamente l'area in studio.

In particolare il territorio del ponente genovese ricade nel settore denominato “E”, che raccorda la ZS910 con la ZS911 e che costituisce una delle zone che non sono state utilizzate nella valutazione della pericolosità.

A seguito dell’emanazione dell’OPCM n° 3274/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e s.m.i., il Comune di Genova è stato classificato sismico in ZONA 4.

La Regione Liguria si è adeguata ai contenuti dell’OPCM 3274 mediante DGR 530/2003 *"individuazione formazione ed aggiornamento dell’elenco delle zone sismiche dei comuni della regione Liguria in ottemperanza al disposto di cui all’ o.p.c.m. 3274 del 20/03/2003 pubblicata sulla g.u. n. 105 in data 8 maggio 2003”*.

La successiva OPCM 3519/2006 ha definito nuovi criteri di classificazione sismica che hanno consentito alla Regione Liguria di procedere alla nuova classificazione sismica del territorio regionale, avvalendosi delle risultanze di un apposito studio commissionato al DIP.TE.RIS. dell’Università di Genova. La DGR 1308/2008, modificata con DGR 1362/2010, ha stabilito una diversa classificazione sismica che ha comportato la suddivisione del territorio ligure dalle precedenti tre classi di pericolosità a due classi e relative sottozone (zona 3S, 3A, 3B = bassa pericolosità; zona 4 = molto bassa pericolosità). Il Comune di Genova è stato inserito nella classe 4.

Negli anni successivi alla definizione della mappatura di pericolosità sismica regionale, il territorio nazionale, con particolare riferimento all’Appennino settentrionale in zone prossime al territorio della Liguria, è stato interessato da diversi eventi sismici anche di magnitudo significativa, che hanno condotto la comunità scientifica ad una riconsiderazione del quadro di sismicità generale, all’aggiornamento dei cataloghi sismici ed alla revisione dei modelli di attenuazione del moto del suolo. Di conseguenza la Regione Liguria ha stipulato una convenzione con il Dipartimento di Scienze della Terra, dell’Ambiente e della Vita (DISTAV) dell’Università degli Studi di Genova con lo scopo, tra l’altro, di verificare in ambito locale la pericolosità sismica alla luce delle novità sopraggiunte e per addivenire ad una revisione delle zone sismiche ai fini della formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone nel rispetto dei criteri enunciati nell’allegato 1.A dell’O.P.C.M. 3519/2006.

Le risultanze del nuovo studio sono state recepite mediante la recente DGR n° 216 del 17.03.2017 che ha comportato il passaggio della suddivisione del territorio ligure dalle attuali due classi di pericolosità a tre classi (zona 2 = media, zona 3 = bassa pericolosità; zona 4 = molto bassa pericolosità). Il Comune di Genova è stato riclassificato in Zona 3 (Fig. 5).

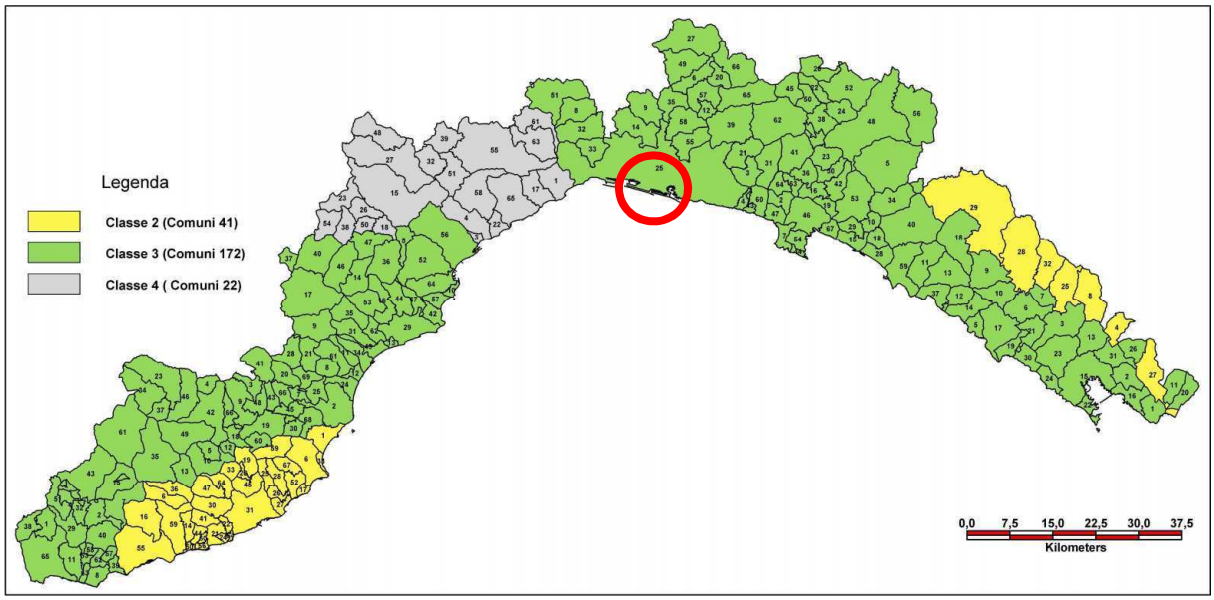


Fig. 5 – Allegato alla DGR n. 216 del 17/03/2017. OPCM 3519/2006. Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria. Il cerchio rosso individua l'area in studio.

Per la valutazione della pericolosità sismica di base il riferimento principale è costituito dalla *Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale*, elaborata dall'INGV. In tale mappa (Fig. 6) sono indicati i valori di accelerazione di picco al suolo a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (corrispondente ad un Tempo di ritorno di 475 anni) riferita a suoli molto rigidi (Vs_{30} > 800 m/s, Cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005) per l'intero territorio nazionale.

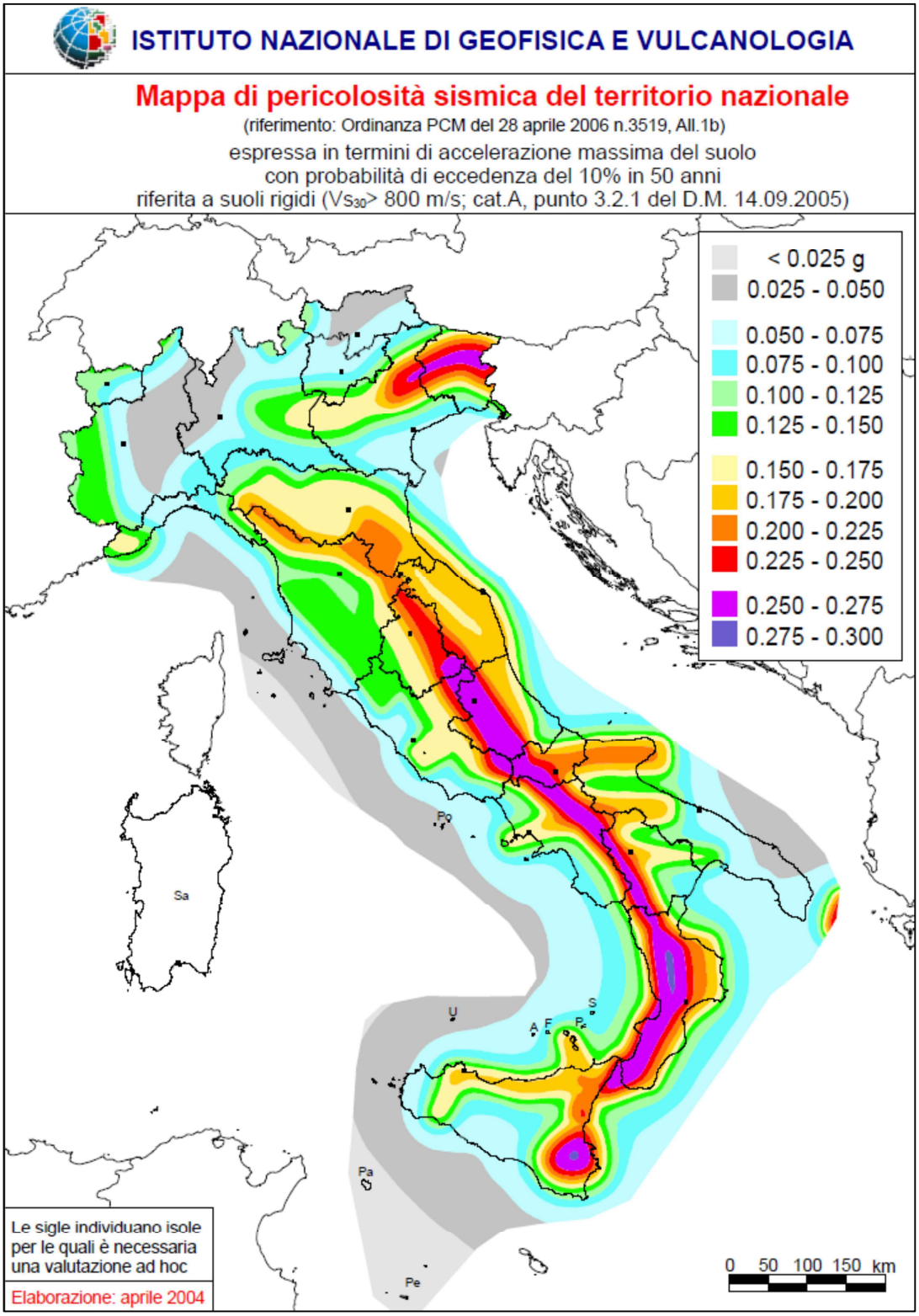


Fig. 6 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (INGV aprile 2004)

Il territorio in studio si colloca in un areale in cui si possono verificare terremoti caratterizzati da un'accelerazione massima del suolo (amax) compresa tra 0050÷0.075.

Infatti in Fig. 7 si riporta il risultato della consultazione tramite il sito http://esse1-gis.mi.ingv.it della mappa probabilistica della pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa su una griglia regolare a passo 0.05° relativamente al parametro dello scuotimento rappresentato da a(g) (accelerazione orizzontale massima del suolo).

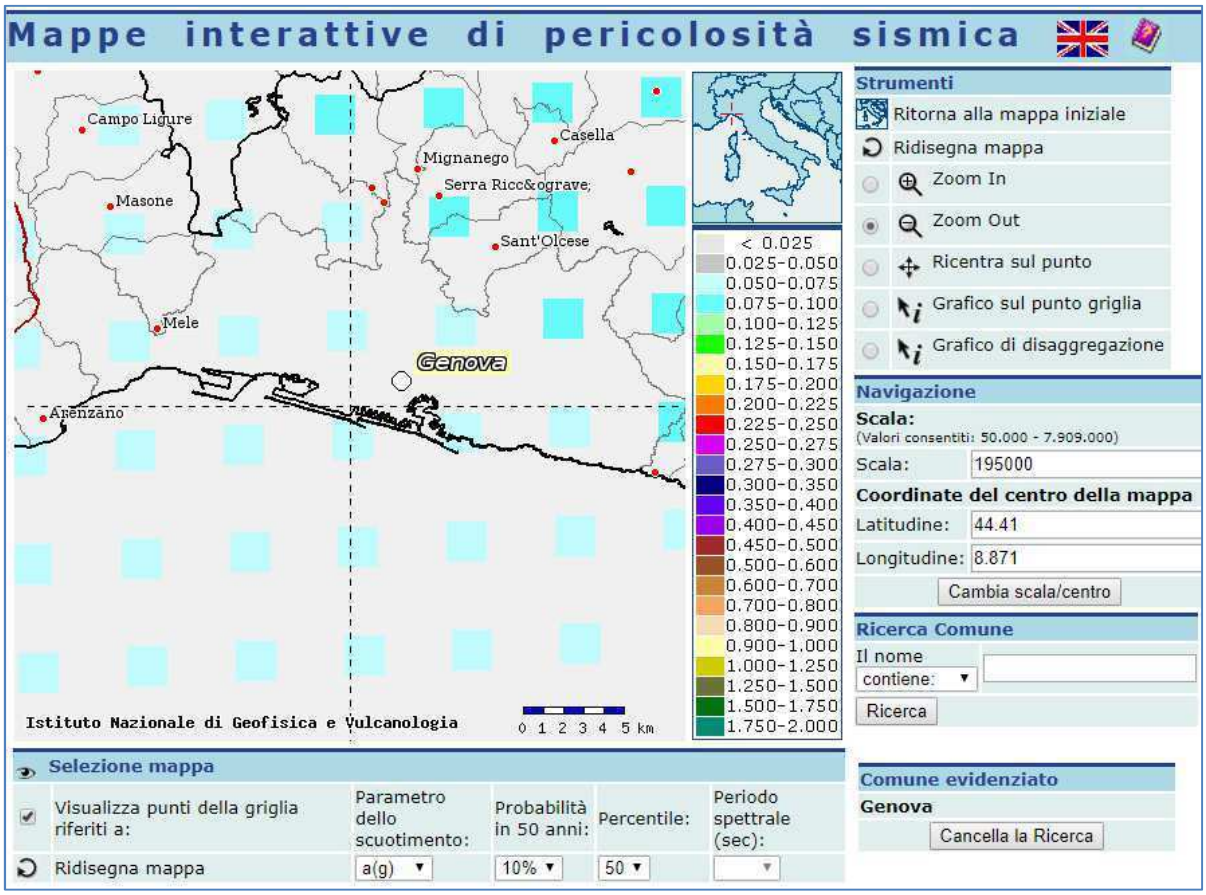


Fig. 7 – Stralcio della Mappa di pericolosità sismica del Comune di Genova, centrata sul sito in studio, espressa in termini di a(g) per un Tempo di ritorno di 475 anni

4 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La pericolosità sismica di base costituisce l'elemento primario per la determinazione delle azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare la sicurezza nei confronti dei diversi stati limite, intesi come le condizioni superate le quali l'opera non soddisfa più le esigenze per la quali è stata progettata.

In conformità con quanto previsto dal D.M. 14.01.2008 *"Approvazione nuove norme tecniche per le costruzioni"*, la pericolosità sismica è espressa attraverso forme spettrali (Fig. 9), definite su sito di riferimento rigido orizzontale in funzione dei seguenti tre parametri:

- ag: accelerazione orizzontale massima del terreno;
- Fo: 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.

Tali parametri sono stati desunti dai valori relativi alla *pericolosità sismica su reticolo di riferimento,* riportati nelle tabelle dell'ALLEGATO B delle Norme Tecniche per le Costruzioni, per diversi periodi di ritorno ricadenti in un intervallo di riferimento compreso tra 30 e 2475 anni.

L'area oggetto di intervento è identificata dalle seguenti coordinate geografiche:

Datum ED50: Longitudine = 8,87329° Latitudine = 44,41137°

Datum WGS84: Longitudine = 8,87224° Latitudine = 44,41041°

I parametri delle forme spettrali sono riportati in Tab. 2 e sono stati ricavati attraverso il foglio elettronico "Spettri NTC ver. 1.0.3" predisposto dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0,022	2,557	0,180
50	0,029	2,523	0,204
72	0,033	2,541	0,219
101	0,037	2,555	0,240
140	0,042	2,539	0,264
201	0,048	2,527	0,272
475	0,065	2,549	0,289
975	0,082	2,554	0,302
2475	0,111	2,553	0,313

Tab. 2 – Parametri della forma spettrale del sito di intervento
(elaborazione effettuata mediante "Spettri NTC ver.1.0.3")

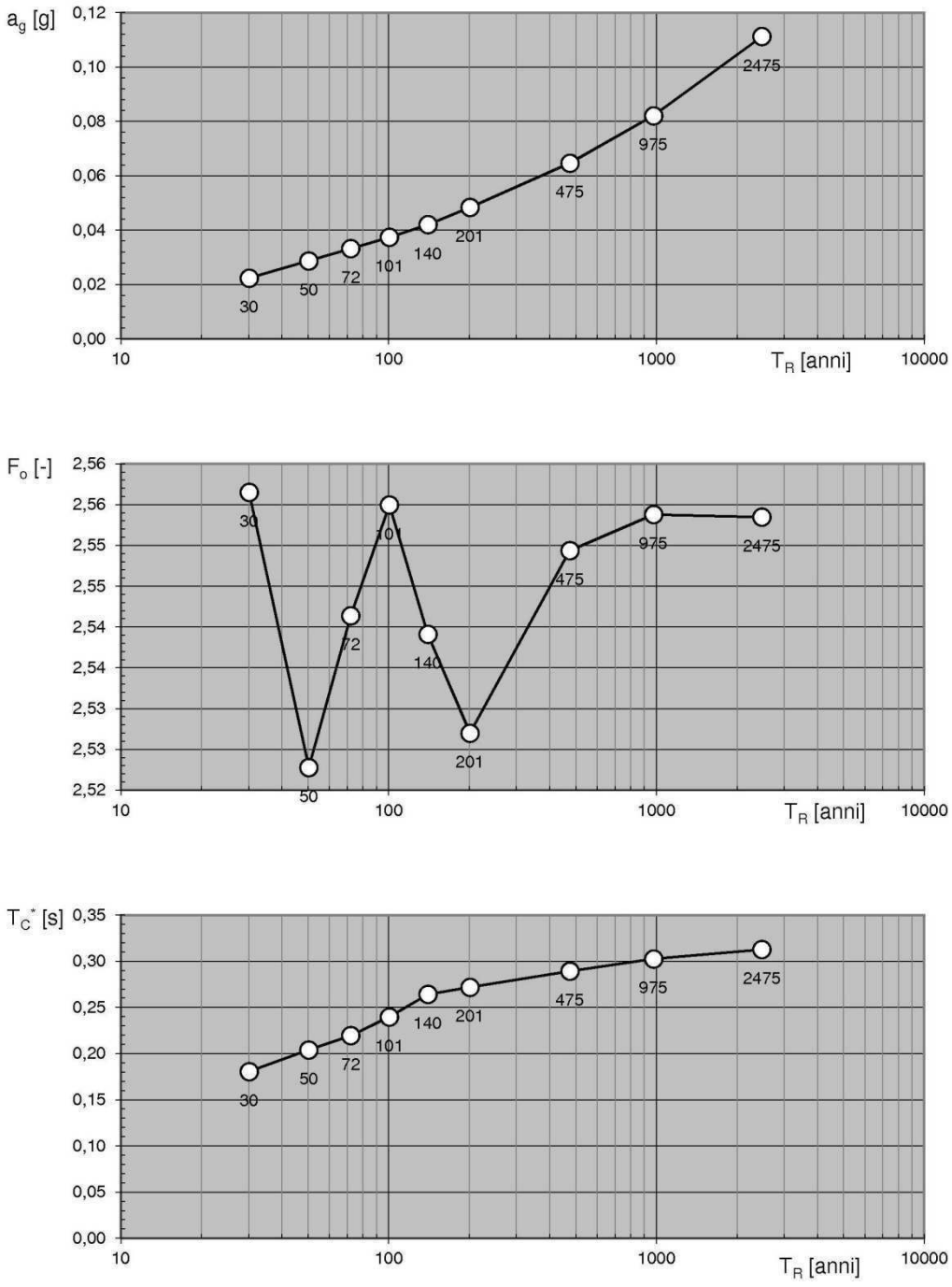
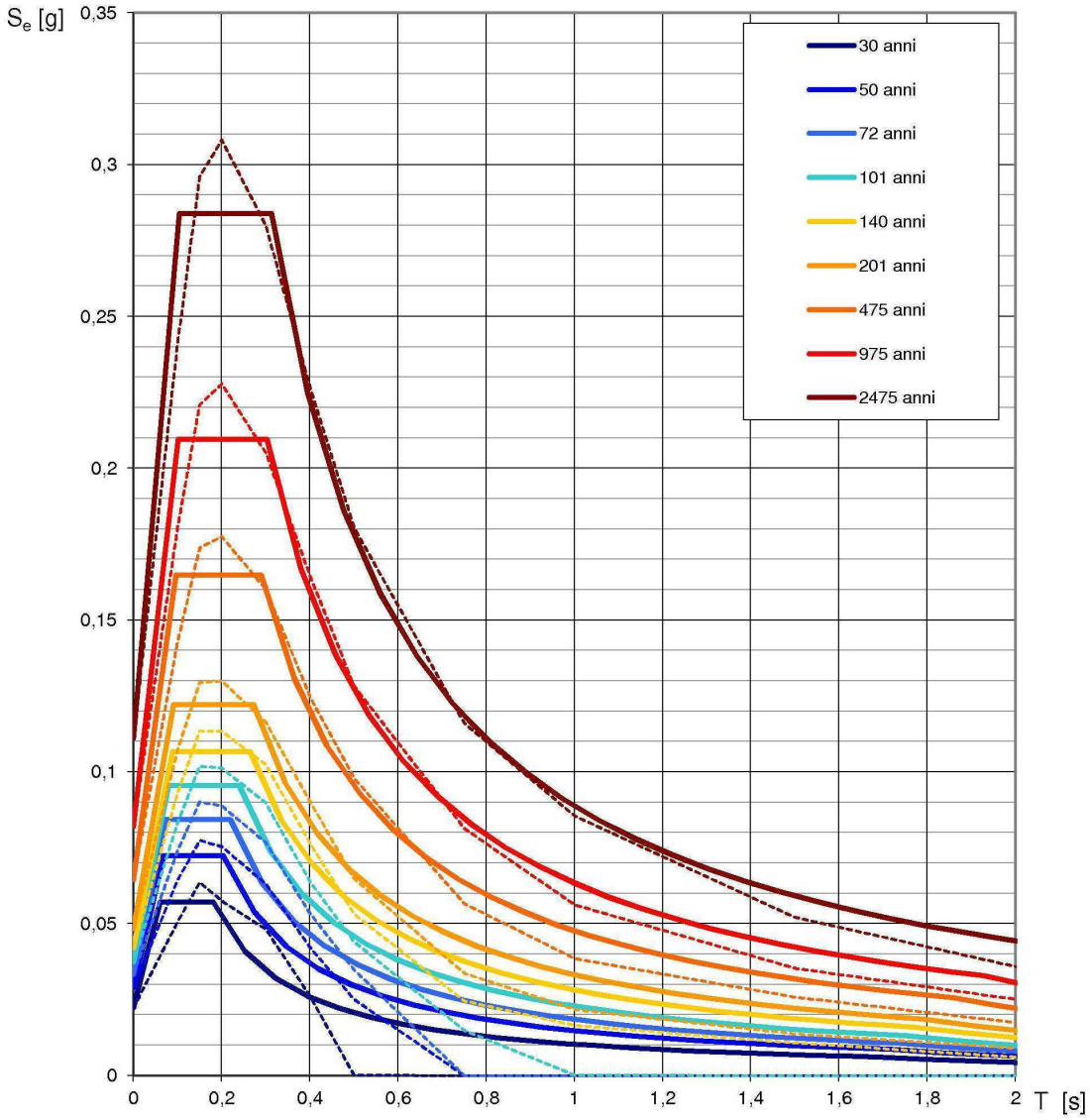


Fig. 8 – Variabilità dei parametri a_g – F_0 e T_c in funzione dei periodi di ritorno (elaborazione effettuata con "Spettri NTC ver.1.0.3" – C.S.LL.PP.)



NOTA: Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Fig. 9 – Spettri di risposta elastici per i periodi di tempi di ritorno Tr su sito di riferimento rigido (elaborazione effettuata con "Spettri NTC ver.1.0.3" – C.S.LL.PP.)

5 RISPOSTA SISMICA LOCALE

Il moto generato da un terremoto in un sito, tuttavia, è influenzato dalle particolari condizioni locali (risposta sismica locale), cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono.

Alla scala della singola opera o del singolo sistema geotecnico, la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

5.1 Categoria del sottosuolo di fondazione

L'influenza del profilo stratigrafico sulla risposta sismica locale viene valutata con riferimento alle 7 categorie del profilo stratigrafico del sottosuolo di fondazione, definite dal D.M. 14.01.2008 *"Approvazione nuove norme tecniche per le costruzioni",* in relazione alle caratteristiche geofisiche e geotecniche del sottosuolo.

In particolare i parametri da considerare (v. tab. 4) sono riferiti alla velocità delle onde di taglio mediate nei primi 30 metri al di sotto della fondazione (Vs_{30}).

Nei casi in cui la determinazione delle V_{S30} non sia disponibile, è previsto che la classificazione possa essere effettuata in base al numero di colpi della prova SPT(N_{SPT}), nei terreni a prevalente grana grossa o alla coesione non drenata (c_u), nei terreni a prevalente grana fina.

La velocità equivalente delle onde di taglio V_{S30} è definita dall'espressione:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

in cui: h_i = spessore in metri dell'i-esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità;

$V_{S,i}$ = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N = numero di strati compresi nei primi 30 m di profondità;

Ai fini della determinazione della categoria di sottosuolo si è fatto riferimento alla prova Down Hole (cfr. All. 1), che ha restituito il profilo di velocità delle onde di taglio di Fig. 10, cui corrispondono i valori di Vs riportati in Tab. 3:

Shot n	Profondità [m]	Vs [m/s]
30	1	474.6
29	2	509.6
28	3	551.8
27	4	460.8
26	5	466.0
25	6	469.1
24	7	565.9
23	8	574.8
22	9	413.1
21	10	283.0
20	11	300.7
19	12	285.4
18	13	304.4
17	14	208.3
16	15	237.9
15	16	356.4
14	17	306.4
13	18	318.1
12	19	206.1
11	20	210.5
10	21	238.0
9	22	293.9
8	23	243.8
7	24	285.5
6	25	298.3
5	26	517.3
4	27	487.1
3	28	509.5
2	29	551.7
1	30	573.9

Tab. 3 – Valori di velocità delle onde di taglio nel sottosuolo

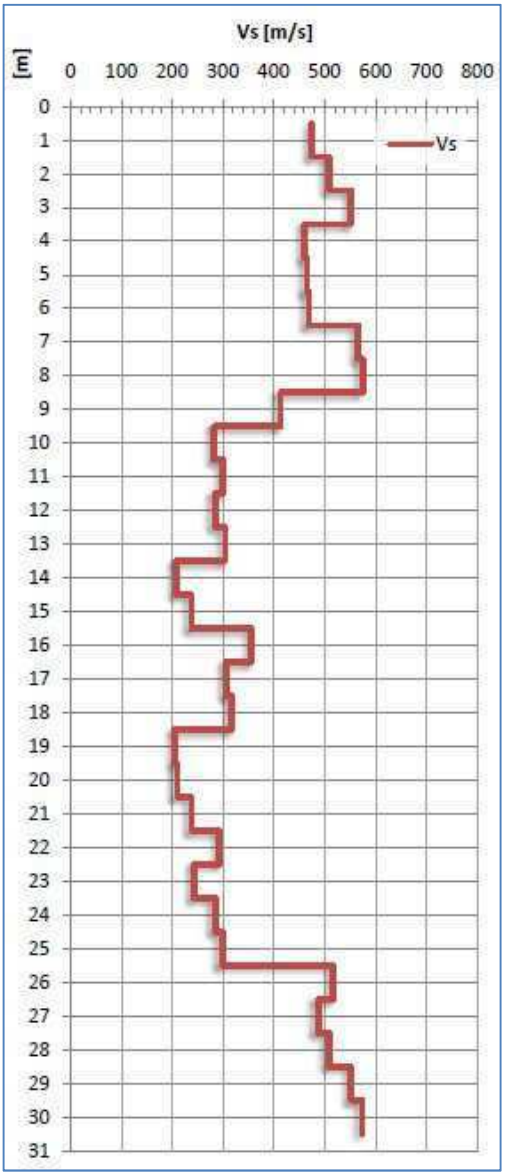


Fig. 10 – Profilo di velocità delle onde di taglio

Considerando diversi approfondimento del piano di imposta delle fondazioni e ipotizzando un aumento delle Vs oltre i 30 metri di profondità con gradiente uguale a quello della parte terminale del profilo di fig. 10, il parametro Vs_{30} e la rispettiva categoria di sottosuolo sono riportati nella seguente tabella:

profondità da p.c. ***(m)***	***Vs_{30}*** ***(m/s)***	***Categoria sottosuolo*** ***(tab. 5)***
0,00	342	C
1,00	343	C
2,00	345	C
3,00	346	C

Tab. 4 – Valori di Vs_{30} riferiti a diversi approfondimenti della fondazione

categoria di sottosuolo e descrizione		V_{S30}	N_{spt}	c_u
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_S30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m	>800 m/s		
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensate o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_S30 compresi tra 360 e 800 m/s (ovvero N_{SPT30}>50 nei terreni a grana grossa e c_{u30}>250 kPa nei terreni a grana fina)	360÷800 m/s	>50	>250 kPa
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_S30 compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero 15<N_{SPT30}<50 nei terreni a grana grossa e 70<c_{u30}<250 kPa nei terreni a grana fina)	180÷360 m/s	15÷50	70÷250 kPa
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_S30 inferiori a 180 m/s (ovvero N_{SPT30}<15 nei terreni a grana grossa e c_{u30}<70 kPa nei terreni a grana fina)	<180 m/s	<15	<70 kPa
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C e D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con V_S30>800 m/s)			
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di V_S30 inferiori a 100 m/s (ovvero 10<c_{u30}<20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche	<100 m/s		10÷20 kPa
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti			

Tab. 5 – Categorie del sottosuolo di fondazione - D.M. 14/01/2008 Norme tecniche delle costruzioni (Tab. 3.2.II e 3.2.III mod.)

5.2 Effetti sismici locali

Amplificazione stratigrafica

L'areale risulta essere soggetto ad amplificazione di tipo stratigrafico del segnale sismico, derivante dalla presenza di depositi con velocità delle onde di taglio inferiore a 800 m/s.

Amplificazione topografica

La morfologia subpianeggiante permette di attribuire l'area di indagine alla categoria topografica T1 (Tab. 6), per la quale possono essere esclusi fenomeni di amplificazione di tipo topografico (Tab. 7).

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°
T2	Pendii con inclinazione media i > 15°
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° ≤ i ≤ 30°
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°

Tab. 6 – Categorie topografiche (da NTC2008 tabella 3.2.IV)

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Tab. 7 – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica ST (da NTC2008 tabella 3.2. VI

Occorrenza di fenomeni di liquefazione

Con riferimento alle NTC2008 paragrafo 7.11.3.4.2, la verifica alla liquefazione può essere esclusa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. Eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g;
3. Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza penetrometrica 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 detrminata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione verticale di 100 kPa;
5. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate in Fig. 12 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc < 3,5 ed in Fig. 13 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc >3,5

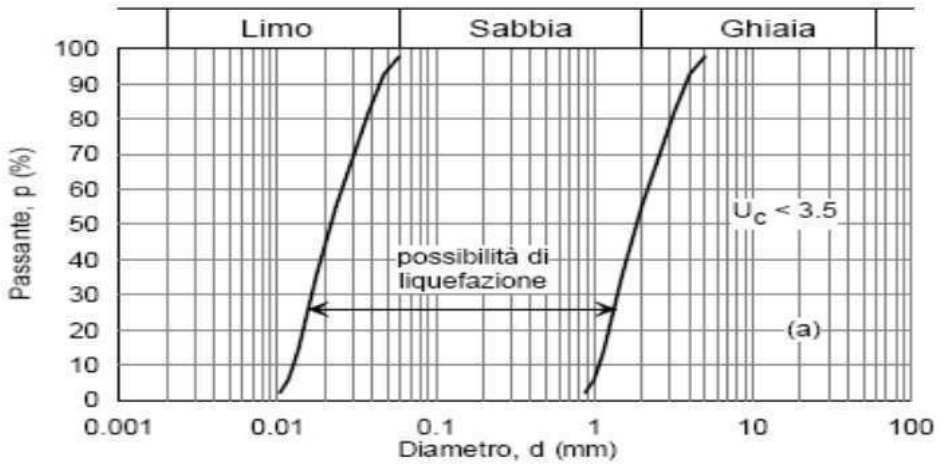


Fig. 12 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione con Uc < 3,5

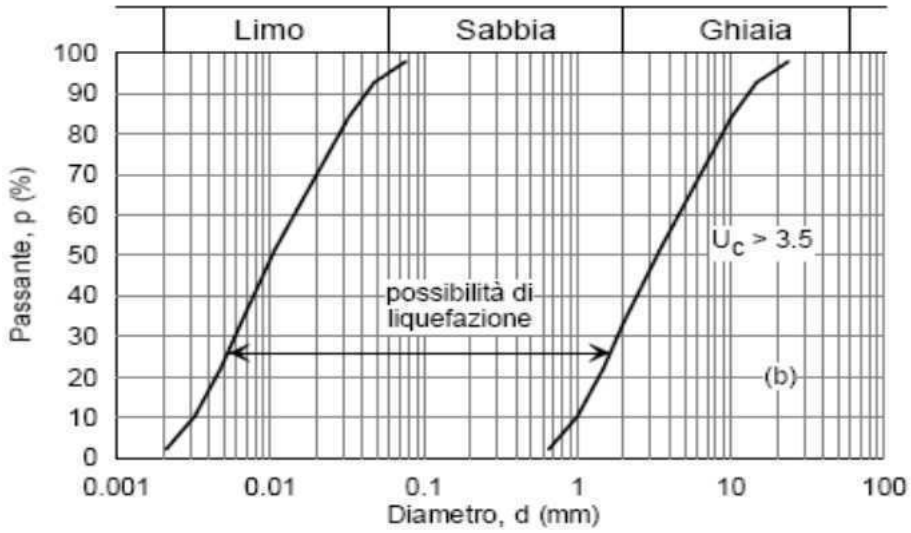


Fig. 13 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione con Uc > 3,5

Le indagini eseguite hanno mostrato come i primi 10.00÷12.00 m di sottosuolo dell'area di intervento siano interessati dalla presenza di diffuse e articolate strutture in cls armato (travi, plinti, vasche, ecc.), che talora si sviluppano in profondità per parecchi metri, e da materiali di riporto eterogenei e spesso grossolani certamente non soggetti a liquefazione.

Di conseguenza, in accordo con quanto espresso nella Relazione geotecnica, si ritiene che il fenomeno possa essere escluso.

6 PARAMETRI SISMICI

***Tipo di elaborazione*:** Fondazioni

Sito in esame

latitudine: 44,41137° longitudine: 8,87329° (sistema rif. ED50)

Classe: IV Vita nominale: 100

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 200 anni Coefficiente cu: 2

stato limite	*Pvr*	*Tr (anni)*	*ag (g)*	*F_0*	*Tc* (s)*	*Ss*	*Cc*	*St*	*kh*	*kv*	*Amax (g)*	*β_s*
SLO	81%	120	0,040	2,546	0,253	1,50	1,653	1	0,012	0,006	0,060	0,20
SLD	63%	201	0,048	2,527	0,272	1,50	1,613	1	0,014	0,007	0,072	0,20
SLV	10%	1898	0,102	2,554	0,310	1,50	1,546	1	0,037	0,018	0,153	0,24
SLC	5%	2475	0,111	2,553	0,313	1,50	1,540	1	0,040	0,020	0,167	0,24

Tab. 8 – Parametri sismici

SLO = Stato Limite di Operatività

SLD = Stato Limite di Danno

SLV = Stato Limite di salvaguardia della Vita

SLC = Stato Limite di prevenzione del Collasso

Pvr = probabilità di superamento nel periodo di riferimento

Tr = periodo di ritorno

ag = accelerazione orizzontale massima del terreno

F_0 = fattore di amplificazione spettrale massima su sito di riferimento rigido orizzontale

Tc* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Ss = coefficiente di amplificazione stratigrafica funzione della categoria del sottosuolo

Cc = coefficiente funzione della categoria di sottosuolo per la definizione del periodo di inizio del tratto costante dello spettro elastico di risposta

St = coefficiente di amplificazione topografica

kh = coefficiente sismico orizzontale

kv = coefficiente sismico verticale

Amax = accelerazione massima attesa al sito

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

7 CONCLUSIONI

Lo studio effettuato consente di trarre le seguenti conclusioni:

a) l'area interessata dall'intervento in progetto risulta a tutti gli effetti stabile ed è caratterizzata dalla presenza di materiali di origine antropica di spessore compreso tra 10 a 12 metri, in ricoprimento di depositi sabbiosi di origine marina;

b) la prova Down – Hole ha restituito un valore delle velocità delle onde di taglio nei primi 30 metri di profondità (Vs_{30}) pari a 342 m/s;

c) la zona sismica di riferimento è la "zona 3" e il sottosuolo di fondazione può essere attribuito alla categoria "C" corrispondente a *"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_S30 compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero $15<N_{SPT30}<50$ nei terreni a grana grossa e $70<c_{u30}<250$ kPa nei terreni a grana fina)"*;

d) sotto il profilo sismico gli effetti locali sono rappresentati dalla possibile amplificazione del segnale sismico, conseguente alla presenza di depositi con velocità delle onde di taglio (Vs) inferiori a 800 m/s, mentre l'assetto litostratimetrico permette di escludere potenziali fenomeni di liquefazione, ovvero di diminuzione della resistenza al taglio causata dall'aumento di pressione interstiziale durante il verificarsi di un evento sismico;

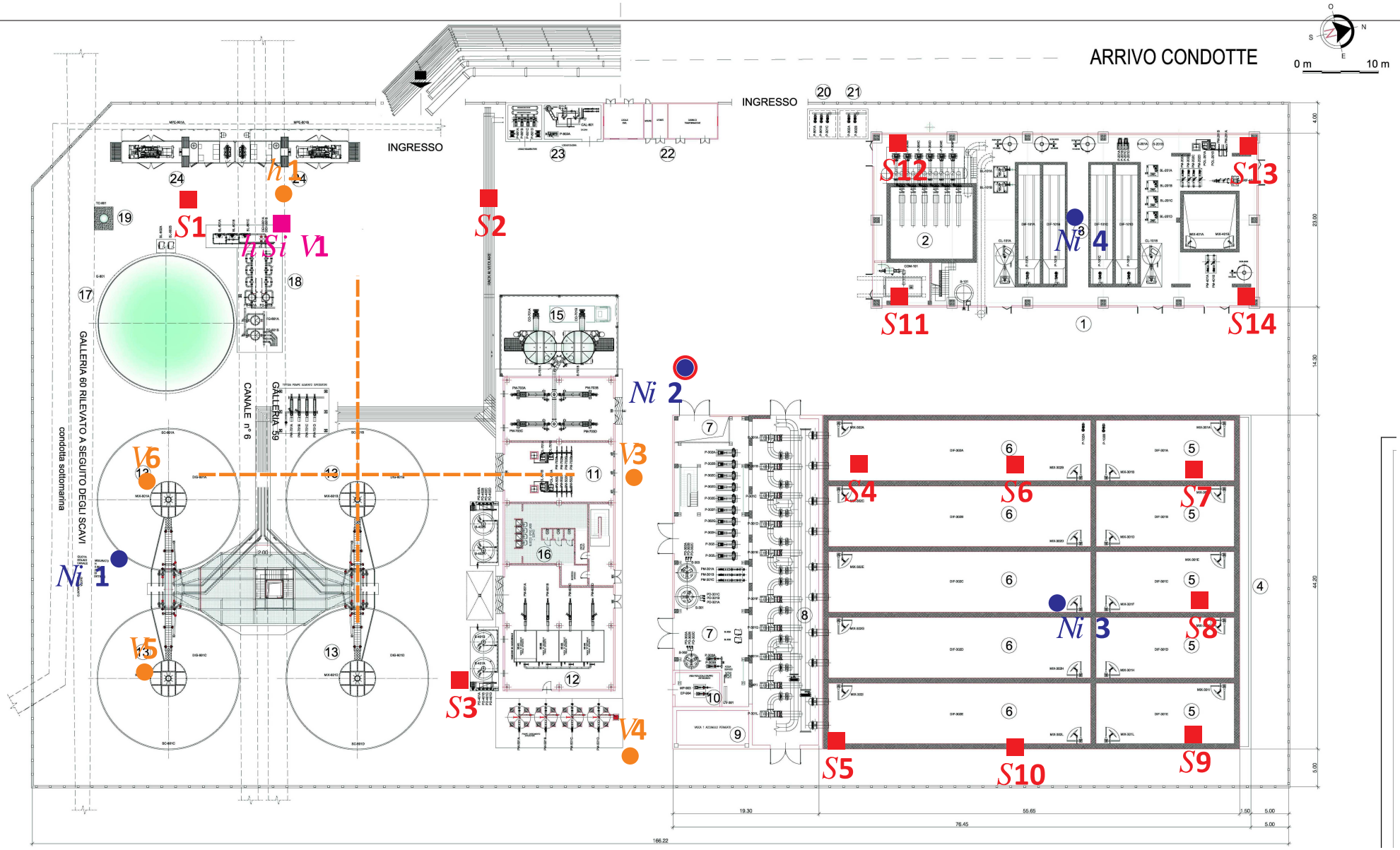
e) la determinazione della resistenza dei terreni, necessaria per la verifica in termini di collasso per carico limite del complesso terreno-fondazione, dovrà essere effettuata secondo quanto previsto dal D.M.14.01.2008 *"Approvazione nuove norme tecniche per le costruzioni"*, con riferimento sia a condizioni statiche, che dinamiche.

Basilicanova, novembre 2017

Il Geologo



dott. Stefano Castagnetti



Legenda

indagini 2017

- sondaggio geotecnico
- sondaggio geotecnico con prova DH
- prova penetrometrica dinamica continua

indagini 2016

- sondaggio geotecnico
- prova penetrometrica dinamica continua
- stendimenti MASW

TAV. 1 - PLANIMETRIA DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE (scala 1:500)

Comune: Genova (GE)		**Località:** Cornigliano	
Codice lavoro:	**Cantiere:**	**Committente:**	
17_011_CSTG	Nuovo impianto di depurazione	Dott. Geol Stefano Castagnetti	
Codice Prova:	**File:**	**Data:**	**Ora inizio prova:**
BH2 DH	2017-11-11_14-45-41.cdh	11/11/2017	14.45
Operatore: Dott. Geol. Alessandro Ferrari			

Ubicazione:



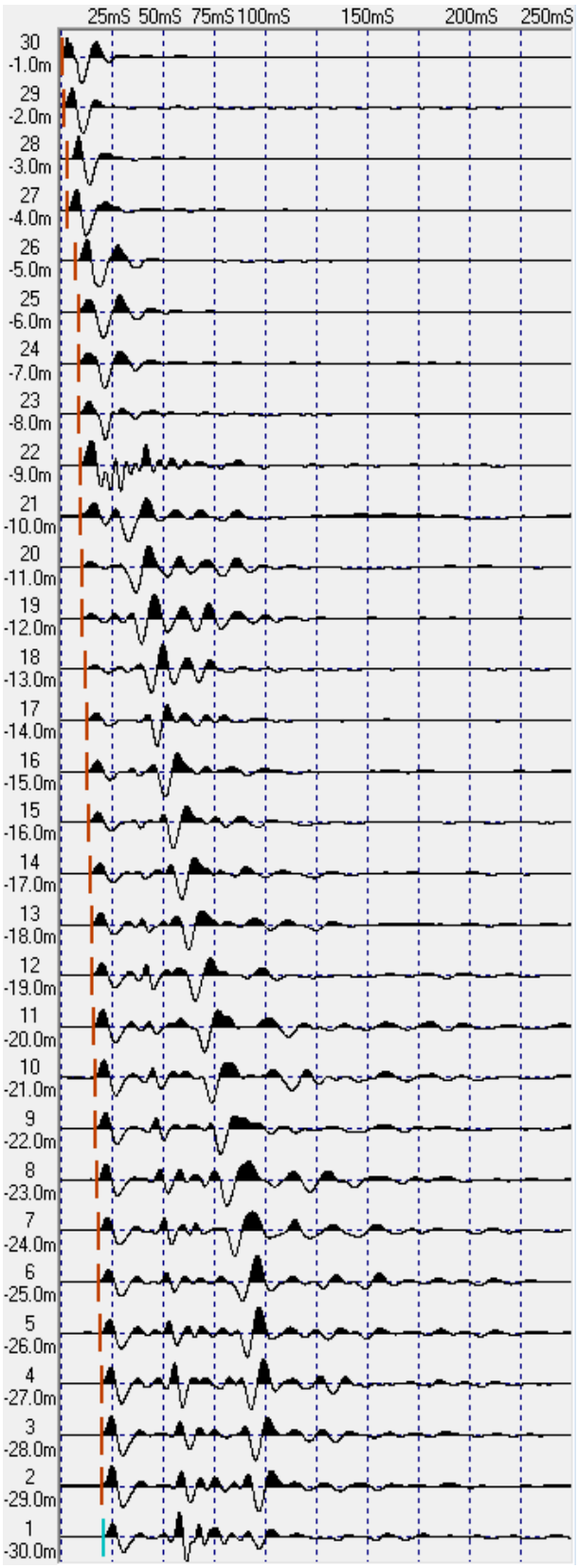
STRUMENTAZIONE		
Marca: Sara Electronic Instruments	**Modello:** Sismografo digitale DoReMi	
Geofono: Sara SS-BH a 5 canali (1 verticale + 4 orizzontali)		**Frequenza (Hz):** 10

SPECIFICHE INDAGINE		
Tipo: Down-Hole	**Onde:** ☒ P ☒ SH	**N°canali**: 5
Profondità indagine (m): 30	**Spaziatura (m):** 1	**Offset foro-sorgente (m):** 1
Durata registrazioni (sec): 0.25	**Frequenza di campionamento (Hz):** 5000	
Tipologia energizzazione: mazza su trave (SH) e su piattello (P)		**Peso (Kg):** 10

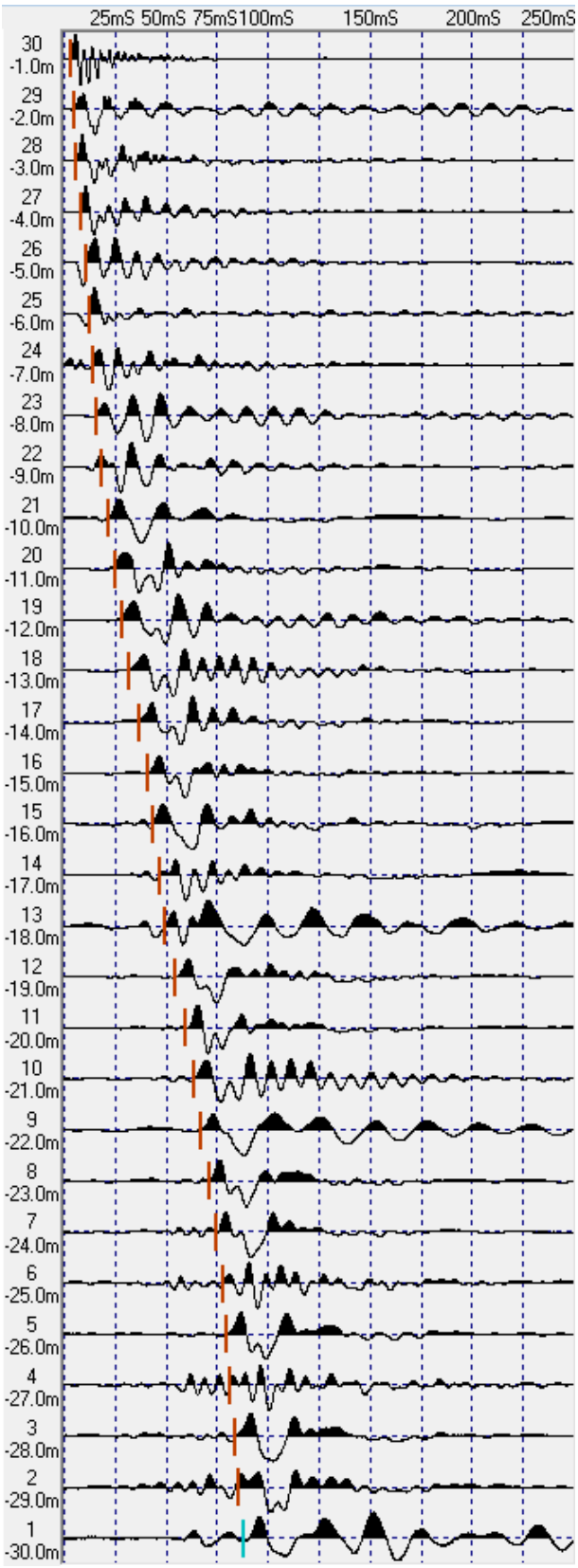


OSSERVAZIONI: Possibili disturbi dovuti a ferrovia, soprelevata e aeroporto

Sismogramma onde P

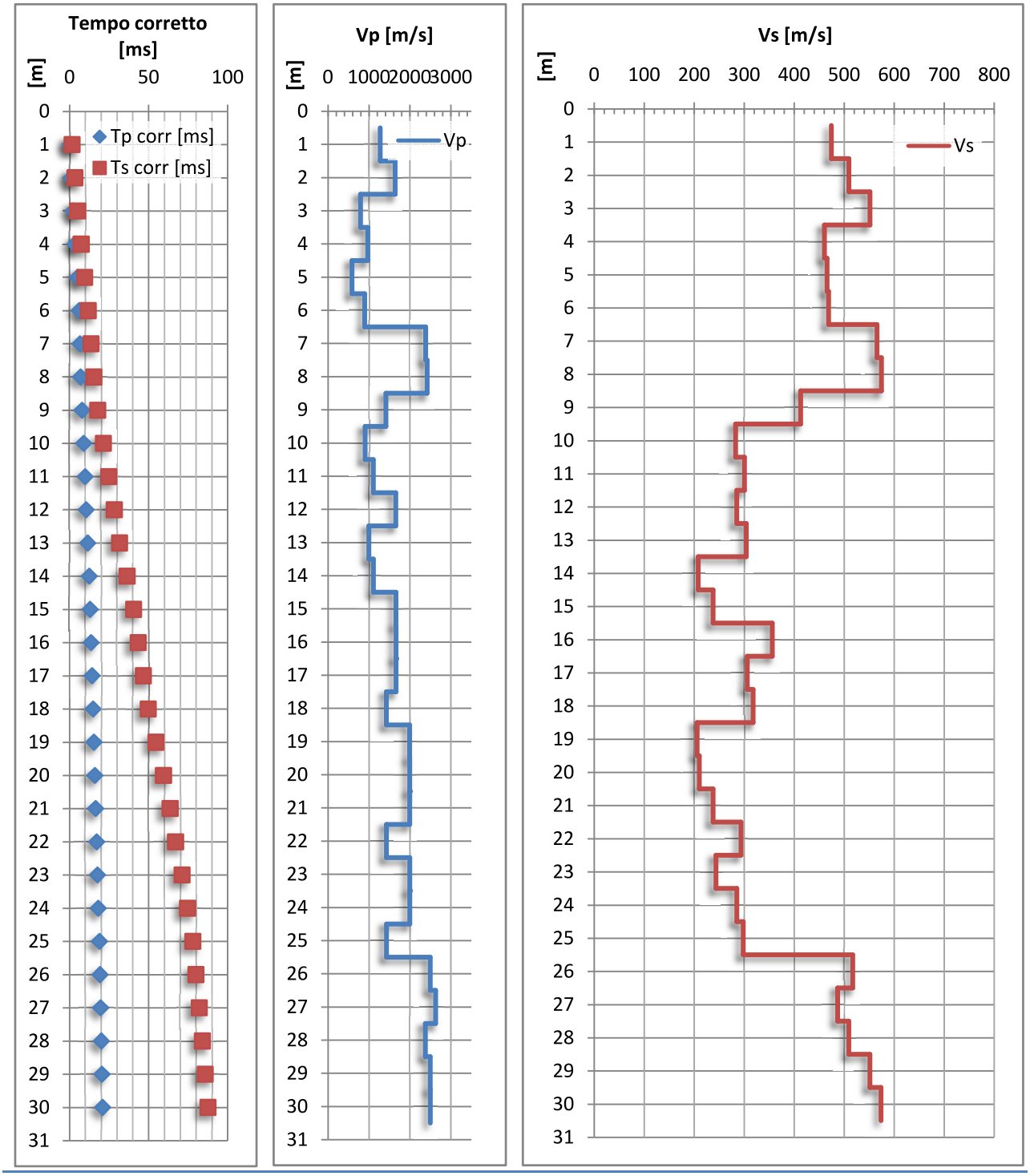


Sismogramma onde SH



Shot n	Profondità [m]	Tp [ms]	Ts [ms]	Tpcorr. [ms]	Tscorr. [ms]	Vp [m/s]	Vs [m/s]
30	1	1.1	3.0	0.78	2.11	1274.1	474.6
29	2	1.6	4.6	1.40	4.07	1638.2	509.6
28	3	2.8	6.2	2.66	5.88	793.0	551.8
27	4	3.8	8.3	3.69	8.05	970.7	460.8
26	5	5.5	10.4	5.39	10.20	585.9	466.0
25	6	6.6	12.5	6.51	12.33	895.3	469.1
24	7	7.0	14.2	6.93	14.10	2384.1	565.9
23	8	7.4	16.0	7.34	15.84	2420.1	574.8
22	9	8.1	18.4	8.05	18.26	1413.2	413.1
21	10	9.2	21.9	9.15	21.79	905.9	283.0
20	11	10.1	25.2	10.06	25.12	1106.0	300.7
19	12	10.7	28.7	10.66	28.62	1654.2	285.4
18	13	11.7	32.0	11.67	31.91	997.5	304.4
17	14	12.6	36.8	12.57	36.71	1108.1	208.3
16	15	13.2	41.0	13.17	40.91	1659.0	237.9
15	16	13.8	43.8	13.77	43.71	1660.1	356.4
14	17	14.4	47.1	14.38	46.98	1661.1	306.4
13	18	15.1	50.2	15.08	50.12	1425.3	318.1
12	19	15.6	55.1	15.58	54.97	1993.3	206.1
11	20	16.1	59.8	16.08	59.73	1994.1	210.5
10	21	16.6	64.0	16.58	63.93	1994.8	238.0
9	22	17.3	67.4	17.28	67.33	1426.6	293.9
8	23	17.8	71.5	17.78	71.43	1995.8	243.8
7	24	18.3	75.0	18.28	74.93	1996.3	285.5
6	25	19.0	78.4	18.98	78.29	1427.2	298.3
5	26	19.4	80.3	19.39	80.22	2494.7	517.3
4	27	19.8	82.3	19.77	82.27	2626.2	487.1
3	28	20.2	84.3	20.19	84.24	2377.1	509.5
2	29	20.6	86.1	20.59	86.05	2496.0	551.7
1	30	21.0	87.8	20.99	87.79	2496.4	573.9

Tempi - profondità | **Profilo onde P** | **Profilo onde SH**



Valore Vs30: **341.7 m/s**