

Dott. RINO GUADAGNINI

GEOLOGO

MODENA, 30/09/2020

RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA E SISMICA  
INERENTE UN LOTTO DI TERRENO SITO IN COMUNE DI  
SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO) INTERESSATO  
DALLA COSTRUZIONE DI UN EDIFICIO DESTINATO AD  
ATTIVITÀ COMMERCIALE

-INTEGRAZIONE COME DA RICHIESTA DELL'UFFICIO DI PIANO  
AREA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE CITTÀ METROPOLITANA  
DI BOLOGNA-

---

---

VIA AUTODROMO, 200/4 – 41100 MODENA – TEL. 059 / 820694

Codice Fiscale GDG RNI 49D03 G945Y

Partita IVA 812130367

---

---

Con le presenti integrazioni si vuole ottemperare alle richieste pervenute dall'Area Pianificazione Territoriale della Città Metropolitana di Bologna in merito agli aspetti sismici contenuti nella relazione geologica, a cura del Dott. Geol. Guadagnini, a corredo della Proposta di Accordo operativo avviata dal Comune di San Giovanni in Persiceto con delibera di Consiglio Comunale n.104 del 10.07.2020, ai sensi dell'art. 38, L.R.n. 24/2017, relativa all'attuazione dell'ambito denominato "Villa Conti Sud". Nello specifico, le richieste riguardavano l'integrazione di:

1. fattori di amplificazione sismica *sensu* DGR 630/2019;
2. valore di HSM;
3. calcolo dei cedimenti post-sismici nei livelli coerenti;
4. valutazione della frequenza caratteristica di risonanza del sito.

Considerando una  $V_{s30}$  pari a **255** m/s, ricavata dall'esecuzione di una indagine a sismica passiva (HVSR) eseguita nell'area di studio, la categoria di suolo risulta essere la **C**: "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s".

La stessa HVSR ha individuato una frequenza caratteristica di risonanza del sito intorno a 0,9 Hz<sup>1</sup>. Da questo valore si è proceduto alla valutazione della profondità del bedrock sismico, nell'area,

---

<sup>1</sup> La **richiesta d'integrazione nr. 4**, in merito alla frequenza caratteristica di risonanza del sito, è stata evidentemente conseguenza di una mancata messa in evidenza del valore nella relazione geologica, poiché la stessa conteneva già il calcolo di tale valore.

tramite l'applicazione della formula di Mascandola et al. (2019)<sup>2</sup>, che porta ad ottenere un valore di circa 110 m da piano campagna, che trova corrispondenza con la carta delle MOPS della microzonazione sismica comunale di San Giovanni in Persiceto, che individua l'area all'interno della zona "2001", caratterizzata da spessori di terreni fini superiori a 100 m.

Di seguito si procede a rispondere puntualmente alle richieste di integrazione effettuate.

#### **Punto 1)**

Come sopra detto l'indagine sismica eseguita ha evidenziato un valore della  $V_{S30}$  pari a 255 m/sec, con una profondità del bed-rock sismico di circa 110 m. Queste caratteristiche permettono di classificare l'area di studio nell'ambito "Pianura 3" dell'Allegato A2 della DGR 630/2019 per cui, in risposta alla **richiesta nr. 1**, i fattori di amplificazione risultano pari a:

PGA: 1,3

SA1: 1,3

SA2: 2

SA3: 2,4

SA4: 2,3

SI1: 1,5

SI2: 2,2

SI3: 2,4

---

<sup>2</sup> Mascandola, C., Massa, M., Barani, S., Albarello, D., Lovati, S., Martelli, L., Poggi, V., 2019. Mapping the Seismic Bedrock of the Po Plain (Italy) through Ambient-Vibration Monitoring. Bull. Seismol. Soc. Am. 109, 164–177. <https://doi.org/10.1785/0120180193>

### **Punto 2)**

il valore di HSM (Naso et al., 2019), parametro che esprime lo scuotimento atteso al sito in valore assoluto (accelerazione in  $\text{cm/s}^2$ ), dato dal prodotto del parametro Acceleration Spectrum Intensity (ASIUHS), valore integrale dello spettro di riferimento in accelerazione calcolato per l'intervallo di periodi  $0,1\text{s} \leq T \leq 0,5\text{s}$ , diviso per  $\Delta T$  (in questo caso pari a  $0,4\text{s}$ ) e moltiplicato per il fattore di amplificazione in accelerazione (FA) calcolato per lo stesso intervallo di periodi.

L'Acceleration Spectrum Intensity (ASIUHS) più prossima al sito, da DGR 630/2019, già diviso per  $\Delta T$  risulta pari a  $351\text{cm/s}^2$  che, moltiplicato per il fattore di amplificazione SA1 permette di ottenere, in risposta alla **richiesta nr. 2**, un  $H_{SM}$  pari a  $456\text{ cm/s}^2$ . Tale valore identifica una pericolosità sismica moderata<sup>3</sup>.

### **Punto 3)**

Per quanto riguarda il calcolo dei cedimenti post sismici si va a precisare quanto segue.

Essendo i primi 20 m indagati dalle 3 CPT costituiti interamente da terreni argillosi, i cedimenti post-sismici sono stati calcolati per i soli livelli coerenti.

Per il calcolo è stato utilizzato il metodo proposto dalla DGR 630/2019, basato sulla formula empirica di Matsui et al. (1980) per il calcolo delle sovrappressioni interstiziali, sull'indice di ricompressione

e sull'indice dei vuoti naturali, questi ultimi ricavabili dalle CPT attraverso altre formule empiriche.

I risultati, in risposta alla **richiesta nr. 3**, vengono presentati nelle seguenti tabelle, considerando i 3 valori dei coefficienti A e B che, nella formula di Matsui et al. (1980), governano la deformazione di soglia volumetrica insieme all'OCR, anch'esso derivato per via empirica dalle CPT.

Di seguito si riportano i tabulati di calcolo per le tre prove eseguite sull'area.

---

<sup>3</sup> MG. Naso, L. Martelli, M. Baglione, F. Brammerini, S. Castenetto, V. D'Intinosante and G. Ercolessi, 2018. Maps for land management: from geology to seismic hazard. Bollettino di geofisica teorica ed applicata. Volume 60 anno 2019.

Prof. (m)	Qc (MPa)	Cu (kPa)	OCR	A	Med. (MPa)	Ced.-RER(p20%) (mm)	Ced.-RER(p40%) (mm)	Ced.-RER(p55%) (mm)
0.6	1.96	108.35	58	-5.870851942	-47.20164961	-0.014461933	-0.035790506	0
0.8	5.49	304.26	64.9	-6.310202271	-1180.449539	-0.043797624	-0.081279017	0
1	7.06	391.21	65.4	-6.340199735	-1523.232986	-0.072941338	-0.126282907	0
1.2	7.26	401.88	103.1	-8.119327988	-242.2807471	-0.102779844	-0.170779202	0
1.4	6.77	374.4	81.3	-7.19081491	-199.9046545	-0.126692671	-0.211118392	0
1.6	4.02	221.62	41.8	-4.590586536	-75.56105438	-0.126399386	-0.232609154	0
1.8	3.53	194.16	32.4	-3.594905092	-51.83853142	-0.114024123	-0.244680975	0
2	2.84	155.8	23.4	-2.322942717	-26.87644723	-0.083953538	-0.242596656	0
2.2	2.35	128.34	17.5	-1.187342438	-11.31537344	-0.033008374	-0.225313455	0
2.4	1.77	95.43	12	0.287368786	2.03744469	0.050168955	-0.184190784	0
2.6	1.57	84.33	9.8	1.078965319	6.754322895	0.154935914	-0.127808904	0
2.8	1.47	78.67	8.8	1.499655951	8.772987311	0.276852388	-0.059972556	0
3	1.57	83.92	9.1	1.368627469	8.553921682	0.394000568	0.004913729	0
3.2	1.37	72.81	7.7	2.021583473	10.97719826	0.536984235	0.086782046	0
3.4	1.57	83.5	8.5	1.635229669	10.18748084	0.666318624	0.159798369	0
3.6	1.77	94.2	9.3	1.283653463	9.024083845	0.784074758	0.22518883	0
3.8	1.27	66.75	6.4	2.744380234	13.72190117	0.967091765	0.331302743	0.009406564
4	1.47	77.44	7.3	2.230094259	12.95684764	1.128246149	0.424307503	0.071519733
4.2	1.18	60.89	5.6	3.266307757	14.9923526	1.351459193	0.552322998	0.161289215
4.4	1.37	71.59	6.4	2.744380234	14.79220946	1.53791938	0.660215485	0.235534842
4.6	1.37	71.39	6.2	2.868474795	15.43239439	1.732436718	0.772570384	0.313308464
4.8	1.18	60.3	5.1	3.631868415	16.59763866	1.989572366	0.916777891	0.415503745
5	1.08	54.65	4.5	4.121087376	17.10251261	2.304832935	1.084862996	0.53552338
5.2	1.08	54.46	4.4	4.208925912	17.46704253	2.636691953	1.258529786	0.659589227
5.4	0.98	48.82	3.9	4.680418537	17.50476533	3.08591748	1.461751852	0.804631361
5.6	0.88	43.18	3.4	5.216689747	17.37157686	3.08591748	1.705892677	0.976860563
5.8	0.78	37.54	2.9	5.838418019	17.04818062	3.08591748	2.017754995	1.188579761
6	0.78	37.34	2.8	5.975577718	17.38893116	3.08591748	2.349106969	1.410245304
6.2	1.57	80.73	5.9	3.062331895	18.80271784	3.302398213	2.472682118	1.496734441
6.4	0.98	47.84	3.5	5.103387601	18.933568	3.302398213	2.713728256	1.66657596
6.6	0.88	42.19	3	5.705908708	18.77243965	3.302398213	3.01536523	1.872326996
6.8	0.88	42	2.9	5.838418019	19.20839528	3.302398213	3.334110043	2.086908428
7	0.98	47.25	3.2	5.453650195	20.12396922	3.302398213	3.607315032	2.276347411
7.2	0.88	41.6	2.8	5.975577718	19.59989491	3.302398213	3.954718013	2.504573677
7.4	1.57	79.54	5.2	3.555969907	21.69141643	3.566554385	4.099965403	2.607503651
7.6	1.08	52.1	3.4	5.216689747	21.23192727	3.566554385	4.3526307	2.785720857
7.8	0.98	46.45	3	5.705908708	20.88362587	3.566554385	4.669227107	2.997007287
8	1.18	57.15	3.6	4.993277493	22.27001762	3.566554385	4.904848881	3.16266834
8.2	1.08	51.5	3.2	5.453650195	22.08728329	3.566554385	5.187499295	3.356688441
8.4	1.08	51.31	3.1	5.577744755	22.53408881	3.566554385	5.482846385	3.557755538
8.6	0.88	40.22	2.4	6.578098825	21.2472592	3.566554385	6.096147673	3.853965699
8.8	1.18	56.37	3.3	5.333374541	23.68018296	3.566554385	6.363607455	4.038857446
9	1.37	67.07	3.9	4.680418537	24.52539313	4.187257817	6.572908891	4.186865487
9.2	1.57	77.77	4.4	4.208925912	25.42191251	4.56097097	6.752653536	4.314698967
9.4	1.18	55.78	3.1	5.577744755	24.65363182	4.56097097	7.048685991	4.515376579
9.6	1.47	71.92	4	4.581460078	25.74780564	5.118059113	7.256792004	4.662639015
9.8	1.37	66.26	3.6	4.993277493	26.01497574	5.118059113	7.490146031	4.825992164
10	1.27	60.62	3.2	5.453650195	26.17752094	5.118059113	7.768720718	5.016449503
10.2	1.47	71.32	2	7.290730039	106.5904732	5.472022653	7.960513562	5.1639044
10.4	1.08	49.34	2.6	6.265239868	24.93565468	5.472022653	8.421497046	5.429416464
10.6	1.47	70.92	3.6	4.993277493	27.91242119	5.472022653	8.659093483	5.595641856
10.8	1.27	59.82	3	5.705908708	27.21718453	5.472022653	8.973919162	5.804689482
11	1.18	54.18	2.7	6.117726123	26.67328589	5.472022653	9.379194568	6.052031172
11.2	1.18	53.98	2.7	6.117726123	26.67328589	5.472022653	9.795327977	6.302578823
11.4	0.98	42.89	2.1	7.100026347	25.13409327	5.472022653	9.795327977	6.724658512
11.6	1.27	59.04	2.8	5.975577718	28.38899416	5.472022653	10.15967671	6.955355134
11.8	1.37	64.3	3	5.705908708	29.38542984	5.472022653	10.4713325	7.161729736
12	1.37	64.1	3	5.705908708	29.32837076	5.472022653	10.78819001	7.370362412
12.2	1.47	69.34	3.2	5.453650195	30.21322208	5.472022653	11.07682273	7.565635646
12.4	1.67	80.02	3.6	4.993277493	31.65737931	5.472022653	11.31697234	7.733090489
12.6	1.77	85.26	3.8	4.78194763	32.23032703	5.472022653	11.53572636	7.88682909
12.8	2.06	101.39	4.5	4.121087376	32.72143377	5.853583846	11.7149677	8.013850535
13	1.96	95.73	4.2	4.390756386	33.06239559	6.328713455	11.90716194	8.149808995
13.2	1.18	51.94	2.2	6.918195873	29.67906029	6.328713455	11.90716194	8.512084029
13.4	1.18	51.74	2.2	6.918195873	29.60987833	6.328713455	11.90716194	8.881017649
13.6	1.37	62.44	2.6	6.265239868	31.82741853	6.328713455	12.36343904	9.137704288
13.8	2.16	105.82	4.4	4.208925912	34.97617433	6.725397184	12.54191216	9.264199456
14	2.35	116.51	4.8	3.868828864	35.24503095	7.056481117	12.70763294	9.381790859
14.2	2.65	132.63	5.4	3.408456162	35.17526759	7.322553526	12.85098237	9.483201142
14.4	3.43	176	7	2.39411764	32.44029402	7.504200468	12.95497097	9.554998003
14.6	2.94	148.54	5.9	3.062331895	35.24744011	7.733970875	13.08257132	9.644777747
14.8	3.04	153.77	6	2.996638747	35.68996747	7.959192397	13.20826621	9.733093218
15	2.45	120.86	4.6	4.035179515	38.2535018	8.306646518	13.37525576	9.85157965
15.2	2.45	120.64	4.6	4.035179515	38.21315001	8.606669626	13.54364554	9.970993955
15.4	2.35	114.97	4.3	4.2987839	38.90399429	9.104040073	13.73160914	10.10402626
15.6	2.16	103.86	3.8	4.78194763	39.40324847	9.104040073	13.94437252	10.25312361
15.8	2.06	98.2	3.6	4.993277493	39.09736277	9.104040073	14.18301567	10.41866908
16	1.96	92.54	3.3	5.333374541	39.52030535	9.104040073	14.44744423	10.59871585
16.2	1.67	75.99	2.7	6.117726123	37.8687247	9.104040073	14.86590182	10.84604031
16.4	1.96	92.13	3.3	5.333374541	39.4669716	9.104040073	15.13594252	11.0288829
16.6	2.16	102.81	3.6	4.993277493	40.94487544	9.104040073	15.36695468	11.18906915
16.8	1.96	91.72	1.8	7.702547454	149.3523951	9.625266176	15.583633	11.35580242
17	1.96	91.52	3.1	5.577744755	41.1637563	9.625266176	15.87799883	11.55125144
17.2	1.96	91.31	3.1	5.577744755	41.10797885	9.625266176	16.17570425	11.74818461
17.4	1.57	69.31	2.3	6.744449476	38.78058449	9.625266176	16.17570425	12.07108388
17.6	0.98	43.7	1.2	9.287368786	30.74119068	9.625266176	16.17570425	12.07108388
17.8	0.98	43.45	1.2	9.287368786	30.64831699	9.625266176	16.17570425	12.07108388
18	1.96	90.48	3	5.705908708	41.88136991	9.625266176	16.49828385	12.27913092
18.2	2.94	0	0.5	12.70926996	228.5126739	9.625266176	16.49828385	12.27913092
18.4	2.94	144.54	4.6	4.035179515	45.87999108	9.980740822	16.66615147	12.39812998
18.6	2.45	117.08	3.7	4.886184483	45.63696307	9.980740822	16.88670357	12.55162472
18.8	2.65	127.76	4	4.581460078	46.45600519	9.980740822	17.09006727	12.694858624
19	2.65	127.54	4	4.581460078	46.41019059	9.980740822	17.29496792	12.8384762
19.2	2.94	143.68	2.4	6.578098825	192.8698575	10.26490553	17.45326736	12.95767649
19.4	2.94	143.48	2.4	6.578098825	192.8698575	10.55090124	17.61219047	13.07732349
19.6	2.55	121.47	3.7	4.886184483	47.44485133	10.55090124	17.83688458	13.23339993
19.8	2.45	115.8	3.5	5.103387601	47.41047081	10.55090124	18.07792212	13.39883947
20	2.55	121.03	3.6	4.993277493	48.38485891	10.55090124	18.31071183	13.55975657

**Tabella 1 – Calcolo dei cedimenti post-sismici nei livelli coerenti,  
soffici in corrispondenza della CPT-1.**

Prof. (m)	Qc (MPa)	Cu (kPa)	OCR	A	Med. (MPa)	Ced.-RER(lp20%) (mm)	Ced.-RER(lp40%) (mm)	Ced.-RER(lp55%) (mm)
0.6	1.47	81.12	44.6	-4.844013728	-29.16096265	-0.002902868	-0.027374969	0
0.8	2.84	157.19	34.8	-3.874213196	-375.6824536	-0.01228826	-0.057508548	0
1	2.55	140.63	45.5	-4.92210257	-51.38675083	-0.015883014	-0.083465716	0
1.2	8.34	461.85	65.3	-6.334218631	-1794.990876	-0.044043771	-0.126965048	0
1.4	7.94	439.83	52.6	-5.488871697	-1481.720915	-0.06551745	-0.16450397	0
1.6	4.9	270.71	52.5	-5.481433731	-110.176818	-0.074699178	-0.193550117	0
1.8	4.61	254.13	43.5	-4.746403313	-89.56463051	-0.07611855	-0.215900864	0
2	3.24	177.64	27.2	-2.911120136	-38.3976746	-0.05059452	-0.220537562	0
2.2	2.16	117.49	16.4	-0.933594632	-8.140945195	-0.00039889	-0.19995522	0
2.4	1.96	106.38	13.6	-0.201850175	-1.594616385	0.070252823	-0.167742418	0
2.6	1.86	100.73	11.9	0.320077347	2.394178559	0.154970245	-0.125719499	0
2.8	1.18	62.38	6.9	2.450358183	11.34515839	0.312776717	-0.034561114	0
3	1.08	56.74	6.1	2.932031485	12.37317287	0.49845852	0.073412818	0
3.2	1.18	61.99	6.5	2.68377979	12.39906263	0.672720478	0.174550836	0
3.4	1.37	72.69	7.4	2.176914522	11.79887671	0.821506669	0.260128658	0
3.6	1.37	72.49	7.1	2.338674862	12.652231	0.978052303	0.350543992	0.038247907
3.8	1.57	83.18	8	1.872190117	11.64502253	1.117585287	0.430197722	0.089797298
4	1.47	77.53	7.2	2.284007532	13.27008376	1.27802831	0.522835587	0.151658173
4.2	1.37	71.88	6.5	2.68377979	14.46557307	1.4562039	0.626105084	0.222825035
4.4	1.27	66.23	5.9	3.062331895	15.25041284	1.661625382	0.744614	0.304786233
4.6	1.57	82.38	7.1	2.338674862	14.47639739	1.825658318	0.839444988	0.368657127
4.8	1.47	76.73	6.5	2.68377979	15.51224719	2.012548104	0.947591171	0.442916231
5	1.37	71.09	5.9	3.062331895	16.44472228	2.220139089	1.066941516	0.526183622
5.2	0.98	49.1	4	4.581460078	17.13466069	2.623915854	1.261267484	0.665125243
5.4	1.08	54.36	4.3	4.2987839	17.79669535	2.96921825	1.439211034	0.792313452
5.6	0.98	48.72	3.8	4.78194763	17.83666466	3.453636625	1.648015809	0.94124011
5.8	0.98	48.53	3.7	4.886184483	18.17660628	4.007397167	1.864606446	1.095424911
6	1.08	53.79	4	4.581460078	18.87561552	4.426796826	2.061066925	1.235684503
6.2	1.08	53.6	3.9	4.680418537	19.28324337	4.883197658	2.264226819	1.38056908
6.4	1.37	69.75	5	3.709269961	19.73331619	5.15288128	2.412303735	1.48573081
6.6	1.18	58.66	2.2	6.918195873	81.15043759	5.435830788	2.578503427	1.612704849
6.8	0.98	47.57	3.3	5.333374541	19.68015206	5.435830788	2.836668637	1.793212445
7	0.98	47.38	3.2	5.453650195	20.12396922	5.435830788	3.106089877	1.980708875
7.2	1.67	85.31	5.7	3.197126299	20.81329221	5.670070216	3.238525513	2.073838962
7.4	1.57	79.65	5.2	3.555969907	21.69141643	5.931291147	3.382615033	2.175938387
7.6	1.37	68.55	4.4	4.208925912	22.22312881	6.281650365	3.557629668	2.300666375
7.8	1.18	57.45	3.6	4.993277493	22.31995039	6.281650365	3.787376141	2.462829862
8	0.98	46.36	2.9	5.838418019	21.31022577	6.281650365	4.114772289	2.68107661
8.2	1.08	51.62	3.2	5.453650195	22.08728329	6.281650365	4.3942519	2.873448297
8.4	1.37	0	0.2	16.29073004	137.0050396	6.281650365	4.3942519	2.873448297
8.6	1.47	73.04	2.3	6.744449476	98.94107381	6.563920756	4.55824206	2.997933913
8.8	1.47	72.84	4.3	4.2987839	24.28812903	6.962263027	4.745749593	3.131297025
9	1.57	78.08	4.5	4.121087376	24.93257862	7.312481226	4.919754588	3.255121807
9.2	1.57	77.87	4.4	4.208925912	25.42191251	7.681135811	5.098385356	3.382214352
9.4	1.47	72.22	4	4.581460078	25.79362024	8.187845448	5.302372742	3.526884083
9.6	1.08	50.24	2.8	5.975577718	23.96206665	8.187845448	5.667758095	3.760957232
9.8	1.27	60.95	1.8	7.702547454	97.20614887	8.605038524	5.878618173	3.92482845
10	1.47	71.65	3.8	4.78194763	26.82672621	8.605038524	6.097378984	4.079218993
10.2	1.27	60.56	3.2	5.453650195	26.17752094	8.605038524	6.377359979	4.270389518
10.4	1.18	54.92	2.9	5.838418019	25.6306551	8.605038524	6.719512793	4.493216219
10.6	1.47	71.05	3.7	4.886184483	27.31377126	8.605038524	6.95087161	4.655458853
10.8	1.37	65.4	3.3	5.333374541	27.62688012	8.605038524	7.21519113	4.837173915
11	1.18	54.31	2.7	6.117726123	26.67328589	8.605038524	7.614025322	5.082525264
11.2	0.98	43.22	2.1	7.100026347	25.20509353	8.605038524	7.614025322	5.487362095
11.4	1.27	59.37	2.9	5.838418019	27.79086977	8.605038524	7.953415361	5.707612942
11.6	1.37	64.62	3.1	5.577744755	28.72538549	8.605038524	8.248219071	5.905627201
11.8	1.37	64.42	3.1	5.577744755	28.72538549	8.605038524	8.547724598	6.105826231
12	1.47	69.67	3.3	5.333374541	29.6002287	8.605038524	8.822956872	6.293851998
12.2	1.67	80.36	3.7	4.886184483	31.02727147	8.605038524	9.054300158	6.455878085
12.4	1.77	85.59	3.9	4.680418537	31.54602094	8.605038524	9.265671071	6.604749383
12.6	1.96	96.28	4.3	4.2987839	32.45581844	9.021993762	9.450296241	6.735664112
12.8	1.96	96.07	4.3	4.2987839	32.4128306	9.451836529	9.636789155	6.867783967
13	1.86	90.41	4	4.581460078	32.66581036	10.16322509	9.8464574	7.015582608
13.2	1.08	46.62	2	7.290730039	28.28803255	10.16322509	9.8464574	7.523666331
13.4	1.08	55.7	2	7.290730039	28.28803255	10.16322509	9.8464574	8.05251859
13.6	1.27	57.12	2.4	6.578098825	30.7855025	10.16322509	9.8464574	8.352186006
13.8	1.96	95.05	4	4.581460078	34.36095059	10.92320431	10.05112847	8.496368791
14	2.35	116.63	4.8	3.868828864	35.24503095	11.25123636	10.21604795	8.613418122
14.2	2.55	127.31	5.2	3.555969907	35.23966178	11.52998982	10.36367817	8.718018534
14.4	3.43	176.12	7.1	2.338674862	31.68904437	11.70930279	10.46640983	8.788823428
14.6	3.04	154.11	6.1	2.932031485	34.9498153	11.92863251	10.58943728	8.875126654
14.8	3.04	153.89	6	2.996638747	35.68996747	12.15258104	10.71458306	8.96304193
15	2.65	131.88	5.1	3.631868415	37.37192599	12.44381497	10.86691146	9.071029769
15.2	2.45	120.76	4.6	4.035179515	38.21315001	12.79420114	11.03453381	9.189935987
15.4	2.16	104.2	3.9	4.680418537	38.61345293	12.79420114	11.24075875	9.334864777
15.6	2.26	109.43	4.1	4.48494529	38.7499273	13.374198	11.43880243	9.474540323
15.8	2.16	103.77	3.8	4.78194763	39.355429	13.374198	11.65244806	9.624156688
16	1.96	92.66	3.4	5.216689747	38.65567102	13.374198	11.90921864	9.799810882
16.2	1.57	70.67	2.5	6.418539922	37.16334615	13.374198	12.47495519	10.07304303
16.4	1.96	92.25	3.3	5.333374541	39.4669716	13.374198	12.7433815	10.25508793
16.6	2.06	97.49	3.4	5.216689747	40.69018002	13.374198	13.00067867	10.43151962
16.8	1.86	86.39	3	5.705908708	39.82724278	13.374198	13.32432807	10.64230572
17	2.06	97.09	1.8	7.702547454	157.0549426	13.86320637	13.53985767	10.80852765
17.2	1.86	85.99	2.9	5.838418019	40.69377359	13.86320637	13.88424439	11.02829576
17.4	1.67	74.88	2.5	6.418539922	39.47402052	13.86320637	14.48452071	11.30804735
17.6	0.78	30.77	0.9	10.41181742	26.02954354	13.86320637	14.48452071	11.30804735
17.8	0.98	43.6	1.2	9.287368786	30.64831699	13.86320637	14.48452071	11.30804735
18	2.06	96.05	3.1	5.577744755	43.22752186	13.86320637	14.78282873	11.50602203
18.2	2.84	0	0.4	13.58146008	236.1815908	13.86320637	14.78282873	11.50602203
18.4	2.94	144.67	4.6	4.035179515	45.87999108	14.21548524	14.95004256	11.62458946
18.6	2.45	117.21	3.7	4.886184483	45.63696307	14.21548524	15.16959597	11.77575162
18.8	2.55	122.44	3.8	4.78194763	46.57616992	14.21548524	15.38271213	11.92663682
19	2.65	127.66	4	4.581460078	46.41019059	14.21548524	15.58676802	12.07001706
19.2	2.35	111.1	3.4	5.216689747	46.48070564	14.21548524	15.84315189	12.24536879
19.4	2.65	127.23	3.9	4.680418537	47.36583559	14.21548524	16.05371449	12.39290193
19.6	2.55	121.56	3.7	4.886184483	47.44485133	14.21548524	16.27769443	12.5485758
19.8	2.45	115.9	3.5	5.103387601	47.41047081	14.21548524	16.51787754	12.71356325
20	2.65	126.57	3.7	4.886184483	49.30160144	14.21548524	16.74101189	12.86899806



**Tabella 2 - Calcolo dei cedimenti post-sismici nei livelli coerenti,  
soffici in corrispondenza della CPT-2.**

Prof. (m)	Qc (MPa)	Cu (kPa)	OCR	A	Med. (MPa)	Ced.-RER(lp20%) (mm)	Ced.-RER(lp40%) (mm)	Ced.-RER(lp55%) (mm)
0.6	1.57	86.56	46.8	-5.032212678	-32.35712752	-0.00514424	-0.028681643	0
0.8	1.96	108.15	43.8	-4.773266995	-38.32933397	-0.007051629	-0.053938992	0
1	2.45	135.18	43.4	-4.737407566	-47.56357196	-0.00846328	-0.077887111	0
1.2	8.34	461.84	64.8	-6.304175053	-1786.477126	-0.036407853	-0.121199486	0
1.4	7.85	434.37	51.7	-5.421414888	-1445.457637	-0.057337793	-0.158271994	0
1.6	4.81	265.25	51.2	-5.383429649	-105.9997298	-0.065468064	-0.186333916	0
1.8	4.61	254.13	43.3	-4.728391067	-89.22473944	-0.066692017	-0.208522021	0
2	3.14	172.18	26.3	-2.779601736	-35.52331019	-0.042748023	-0.211817231	0
2.2	2.35	128.38	17.8	-1.253780021	-11.9485236	0.006966972	-0.195485451	0
2.4	1.96	106.37	13.5	-0.173003916	-1.36673094	0.07807388	-0.162930037	0
2.6	1.96	106.17	12.5	0.127809883	1.007141877	0.155906203	-0.125384542	0
2.8	1.18	62.37	6.9	2.450358183	11.34515839	0.313977722	-0.034065898	0
3	0.98	51.28	5.5	3.336735795	12.74633074	0.524168885	0.087842574	0
3.2	1.08	56.53	5.9	3.062331895	12.89241728	0.720018331	0.201608298	0
3.4	1.37	72.68	7.3	2.230094259	12.08711088	0.870037435	0.287987127	0
3.6	1.37	72.48	7.1	2.338674862	12.652231	1.026793061	0.378527642	0.059934919
3.8	1.47	77.73	7.4	2.176914522	12.64787338	1.180912925	0.46727381	0.11864708
4	1.57	82.97	7.7	2.021583473	12.55403337	1.327243992	0.51254779	0.173737784
4.2	1.27	66.43	6	2.996638747	14.95322735	1.525578328	0.665983675	0.252397421
4.4	1.18	60.78	5.4	3.408456162	15.61072922	1.757559516	0.798455399	0.346561704
4.6	1.47	76.93	6.7	2.565326776	14.82758876	1.937326494	0.902527196	0.417574616
4.8	1.37	71.28	6	2.996638747	16.09195007	2.138195303	1.018365723	0.498120098
5	1.47	76.53	6.3	2.805935055	16.19024527	2.332936711	1.130895085	0.575850661
5.2	1.08	54.54	4.4	4.208925912	17.46704253	2.660565306	1.303244766	0.69904704
5.4	0.98	48.9	3.9	4.680418537	17.50476533	3.10002998	1.504828795	0.842978247
5.6	0.98	48.71	3.8	4.78194763	17.83666466	3.585898633	1.713822492	0.992026329
5.8	0.98	48.52	3.7	4.886184483	18.17660628	4.142018448	1.93060763	1.146333829
6	1.18	59.22	4.4	4.208925912	19.06643438	4.479124095	2.104889769	1.270766162
6.2	1.18	59.03	4.3	4.2987839	19.43050323	4.834731995	2.284610831	1.399090853
6.4	1.37	69.74	5	3.709269961	19.73331619	5.104782778	2.432829527	1.504353938
6.6	1.08	53.21	2	7.290730039	78.15662602	5.423478069	2.615844572	1.645778943
6.8	0.98	47.56	3.3	5.333374541	19.68015206	5.423478069	2.874299624	1.826560023
7	0.88	41.92	2.9	5.838418019	19.1500111	5.423478069	3.196190898	2.042677977
7.2	1.77	90.75	6.1	2.932031485	20.28965788	5.634190865	3.31654414	2.12670315
7.4	1.57	79.65	5.2	3.555969907	21.69141643	5.895634236	3.460721975	2.228866
7.6	1.47	73.99	4.8	3.868828864	22.01363623	6.202312365	3.623167193	2.344428042
7.8	1.18	57.45	3.6	4.993277493	22.31995039	6.202312365	3.85305756	2.506677937
8	1.08	51.81	3.2	5.453650195	22.14181979	6.202312365	4.127707563	2.696502966
8.2	1.08	51.62	3.2	5.453650195	22.08728329	6.202312365	4.407418769	2.888995685
8.4	1.47	0	0.2	16.29073004	146.7794777	6.202312365	4.407418769	2.888995685
8.6	1.47	73.03	2.3	6.744449476	98.94107381	6.484671198	4.57144448	3.013507523
8.8	1.47	72.83	4.3	4.2987839	24.28812903	6.883491943	4.759046165	3.146932669
9	1.57	78.07	4.5	4.121087376	24.93257862	7.234045736	4.933134757	3.270813733
9.2	1.47	72.42	4.1	4.48494529	25.29509143	7.694471432	5.131453626	3.411631177
9.4	1.08	50.44	2.8	5.975577718	23.96206665	7.694471432	5.488233215	3.642401769
9.6	0.98	44.8	2.5	6.418539922	23.10674372	7.694471432	6.002951808	3.922176992
9.8	1.37	66.4	1.9	7.491217591	102.1052958	8.060108428	6.198013498	4.073087891
10	1.47	71.66	3.9	4.680418537	26.25714799	8.781120893	6.413057949	4.224917597
10.2	1.27	60.57	3.2	5.453650195	26.17752094	8.781120893	6.692819661	4.415977166
10.4	1.37	65.82	3.4	5.216689747	27.07461978	8.781120893	6.943494061	4.589896574
10.6	1.47	71.06	3.7	4.886184483	27.31377126	8.781120893	7.17472499	4.752064102
10.8	1.27	59.96	3	5.705908708	27.27424362	8.781120893	7.485849665	4.959454503
11	1.08	48.87	2.4	6.578098825	26.04927135	8.781120893	8.157694737	5.256729157
11.2	0.98	43.23	2.1	7.100026347	25.20509353	8.781120893	8.157694737	5.661105379
11.4	1.37	64.83	3.2	5.453650195	28.14083501	8.781120893	8.440274098	5.852631246
11.6	1.37	64.63	3.1	5.577744755	28.78116294	8.781120893	8.734878271	6.050551837
11.8	1.37	64.43	3.1	5.577744755	28.72538549	8.781120893	9.034179692	6.250656918
12	1.67	80.57	3.8	4.78194763	30.36536745	8.781120893	9.258691685	6.408334761
12.2	1.77	85.81	4	4.581460078	30.92485553	9.418942179	9.464313424	6.553426797
12.4	1.96	96.49	4.4	4.208925912	31.77739063	9.811093262	9.644550866	6.681306019
12.6	1.96	96.28	4.3	4.2987839	32.45581844	10.22786163	9.829147708	6.812202935
12.8	1.96	96.07	4.3	4.2987839	32.4128306	10.65750028	10.01561233	6.944304098
13	1.96	95.86	4.2	4.390756386	33.06239559	11.12192637	10.20668858	7.079553354
13.2	1.18	52.07	2.2	6.918195873	29.67906029	11.12192637	10.20668858	7.437987707
13.4	0.98	49.17	1.7	7.925959708	27.50380819	11.12192637	10.20668858	7.437987707
13.6	1.37	62.57	2.6	6.265239868	31.82741853	11.12192637	10.65465122	7.692882267
13.8	2.16	105.95	4.4	4.208925912	34.97617433	11.51274375	10.8321476	7.818742365
14	2.35	116.64	4.8	3.868828864	35.24503095	11.84058679	10.9701697	7.935757759
14.2	2.65	132.76	5.4	3.408456162	35.17526759	12.1047282	11.13966582	8.036673054
14.4	3.33	170.68	6.8	2.507419786	32.94749598	12.29095115	11.24603721	8.110381543
14.6	2.94	148.67	5.9	3.062331895	35.27806343	12.51930111	11.37304041	8.199728264
14.8	3.04	153.9	6	2.996638747	35.68996747	12.74317263	11.49815287	8.287619236
15	2.75	137.33	5.3	3.481517174	37.21741859	13.00604383	11.63867823	8.387113835
15.2	2.45	120.77	4.6	4.035179515	38.21315001	13.35620623	11.80625272	8.505988328
15.4	2.26	109.65	4.1	4.48494529	38.79477675	13.90061937	12.00251281	8.644556207
15.6	2.16	103.99	3.9	4.680418537	38.56664874	13.90061937	12.2105737	8.790584864
15.8	2.16	103.78	3.8	4.78194763	39.355429	13.90061937	12.4241714	8.940173068
16	1.77	81.77	3	5.705908708	37.71605656	13.90061937	12.74603674	9.149323858
16.2	1.67	76.12	2.7	6.117726123	37.8687247	13.90061937	13.15941045	9.395282273
16.4	1.96	92.26	3.3	5.333374541	39.4669716	13.90061937	13.42776599	9.577292084
16.6	1.96	92.05	3.2	5.453650195	40.30247494	13.90061937	13.70606478	9.764688169
16.8	1.96	91.85	1.8	7.702547454	149.3523951	14.1118512	13.92180838	9.930797648
17	2.16	102.54	1.9	7.491217591	160.2371443	14.8204185	14.11938715	10.08256153
17.2	1.96	91.44	3.1	5.577744755	41.10797885	14.8204185	14.41508088	10.27860337
17.4	1.77	80.33	2.7	6.117726123	40.13228336	14.8204185	14.82640776	10.52028929
17.6	0.98	43.85	1.2	9.287368786	30.74119068	14.8204185	14.82640776	10.52028929
17.8	0.98	43.6	1.2	9.287368786	30.74119068	14.8204185	14.82640776	10.52028929
18	1.96	90.6	3	5.705908708	41.88136991	14.8204185	15.14665656	10.72741176
18.2	2.94	0	0.5	12.70926996	228.5126739	14.8204185	15.14665656	10.72741176
18.4	2.94	144.66	4.6	4.035179515	45.87999108	15.17272465	15.31387603	10.8459829
18.6	2.35	111.76	3.6	4.993277493	44.63990079	15.17272465	15.5531497	11.01139751
18.8	2.65	127.88	4	4.581460078	46.45600519	15.17272465	15.7567735	11.15385203
19	2.65	127.66	4	4.581460078	46.41019059	15.17272465	15.95974057	11.29723669
19.2	2.45	116.55	3.6	4.993277493	46.53734624	15.17272465	16.18921247	11.45605823
19.4	2.75	132.67	4	4.581460078	48.19696002	15.17272465	16.38374598	11.59293063
19.6	2.35	110.67	3.3	5.333374541	47.46703342	15.17272465	16.65111836	11.7743579
19.8	2.45	115.9	3.5	5.103387601	47.41047081	15.17272465	16.89130147	11.93932325
20	2.65	126.57	3.7	4.886184483	49.30160144	15.17272465	17.11443583	12.09475805

**Tabella 3 - Calcolo dei cedimenti post-sismici nei livelli coerenti,  
soffici in corrispondenza della CPT-3.**

Al variare dell'indice di plasticità, i cedimenti post-sismici complessivi, per i livelli coerenti, sono risultati pari a:

<b>CPT</b>	<b>Ip=20%</b>	<b>Ip=40%</b>	<b>Ip=55%</b>
1	10,6 mm	18,3 mm	13,6 mm
2	14,2 mm	16,7 mm	12,8 mm
3	15,2 mm	17 mm	12,1 mm

I cedimenti ottenuti sono nell'ordine di 1/2 cm, e quindi da ritenersi non rilevanti ai fini progettuali e quindi non si ritiene necessario un approfondimento di III livello.

**Punto 4)**

La frequenza caratteristica dei terreni in esame, risulta pari a 0,9 Hz, come da indagine sismica HVSR eseguita sull'area in oggetto.

