(C.96-17)

REGIONE LOMBARDIA

PROVINCIA DI MILANO

COMUNE DI CORBETTA

PIANO ATTUATIVO A DESTINAZIONE COMMERCIALE/TERZIARIO VIA SIMONE DA CORBETTA 89/91

ANALISI SISMICA DI SECONDO LIVELLO

LUGLIO 2017

COMMITTENTE:

STRADE 2020 srl
Via De Agostini 62
20012 Cuggiono (MI)

Studio di Geologia

Dott. Alberto Trivioli

Geologo

Strada Farini, 5 - 43121 Parma

Tel: 0521/232421 - Fax: 0521/230760 - E-mail: geoltriv@tin.it

In collaborazione con: ***Ambiente e Territorio S.r.l.***

INDICE

1 – PREMESSA 2
2 - LOCALIZZAZIONE, MORFOLOGIA, GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA E SISMICITA' GENERALE DELL'AREA 5
2.1 - INQUADRAMENTO TERRITORIALE 5
2.2 - MORFOLOGIA 5
2.3 - GEOLOGIA 7
2.3 – IDROGEOLOGIA 8
2.4 - SISMICITA' 10
2.5 - COMPONENTE GEOLOGICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO 17
3 - INDAGINE GEOFISICA 19
3.4 - MICROZONAZIONE SISMICA, STIMA DELLE VS30 E VALUTAZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE 22
4 - PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE – ANALISI DI 2° LIVELLO 26
5 - CONCLUSIONI 31

Studio di geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

1 – PREMESSA

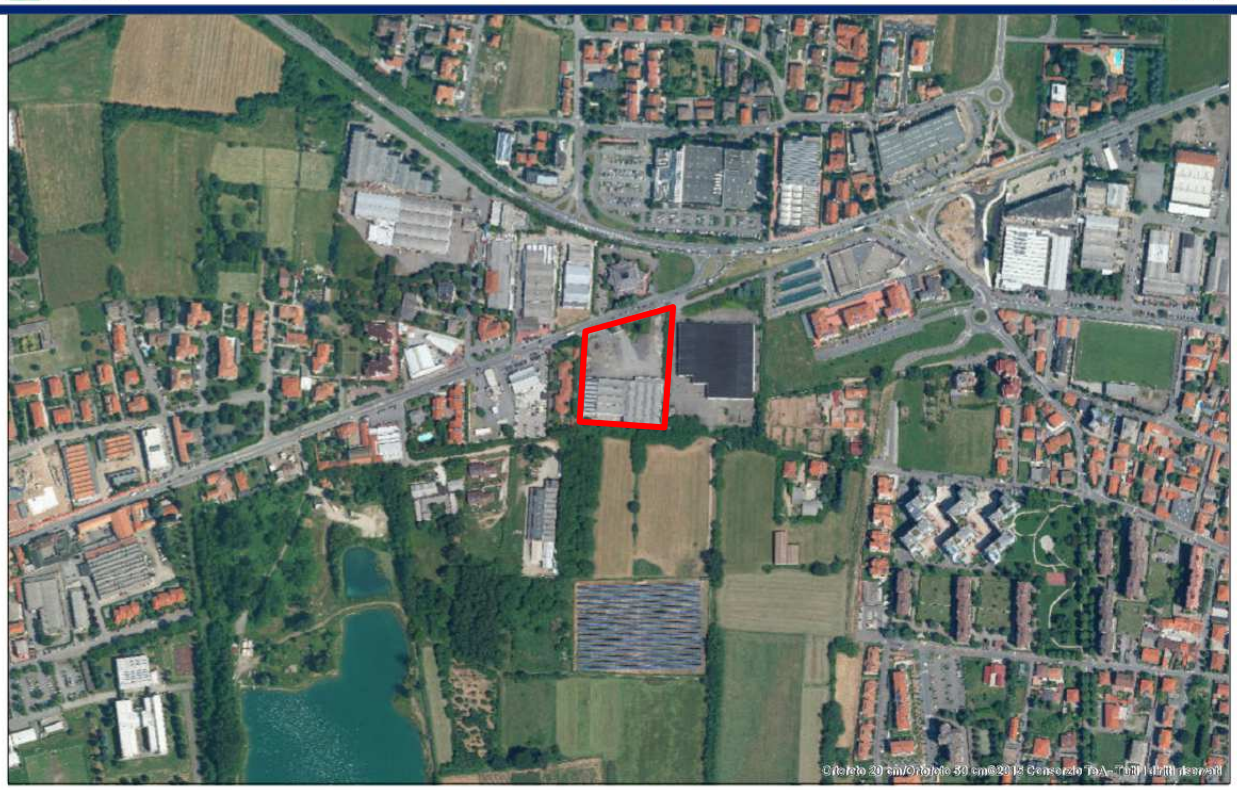
La presente relazione concerne l'analisi sismica di secondo livello di approfondimento sismico di un'area interessata dal progetto del PIANO ATTUATIVO A DESTINAZIONE COMMERCIALE/TERZIARIO in via Simone da Corbetta 89/91 in Comune di Corbetta (MI).

L'analisi sismica di 2° livello è stata effettuata utilizzando i risultati di una prospezione geofisica del tipo sismica attiva (MASW) per la stima della velocità media delle onde sismiche di taglio Vs.

Il territorio oggetto di intervento ricade nel Comune di Corbetta classificato come sismicità in Zona 4, ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (n. 3274 – 20 marzo 2003 – G.U. n. 105 dell'8-5-2003 e alla Delibera della Giunta Regionale Lombardia 11/07/2014 n.X/2129 – Aggiornamento delle zone sismiche in RegioneLombardia) "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".

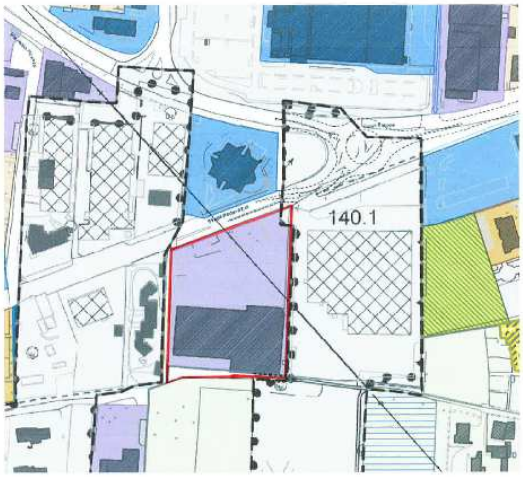
Studio di geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl



Autore: Regione Lombardia
Scala: 1:5,000
Commenti:

IMMAGINE AEREA DELL'AREA D'INTERVENTO



ESTRATTO P.G.T.

ESTRATTO MAPPA

Layout stato di progetto

Studio di geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

2 - LOCALIZZAZIONE, MORFOLOGIA, GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA E SISMICITA' GENERALE DELL'AREA

2.1 - INQUADRAMENTO TERRITORIALE

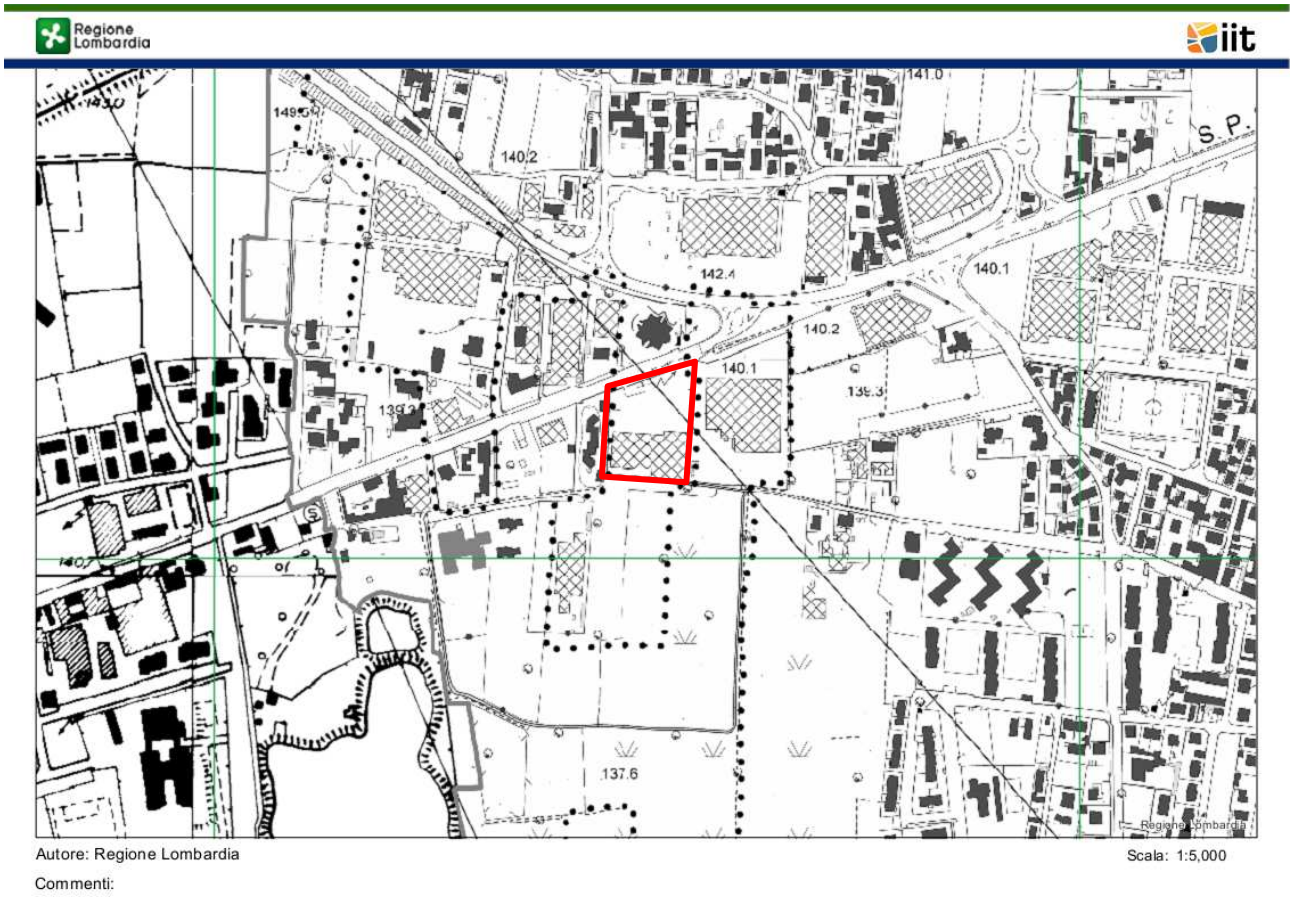
L'area in oggetto, avente una superficie complessiva di 11.000 mq, circa è ubicata lungo la via Simone da Corbetta nel settore ovest del comune di Corbetta all'interno di un'area fortemente urbanizzata.

2.2 - MORFOLOGIA

L'area in oggetto è situata nella media pianura Milanese ad una quota di circa 139-140 m s.l.m. in zona pianeggiante. La morfologia del territorio è tipicamente pianeggiante ed è caratterizzata dall'assenza di salti morfologici degni di nota. L'area in oggetto si inserisce in un contesto densamente urbanizzato ed i terreni in questione presentano un grado di erodibilità superficiale potenziale basso o quasi assente.

Studio di geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl



Stralcio Carta Tecnica Regionale Elemento A6A2 – Dettaglio area in oggetto

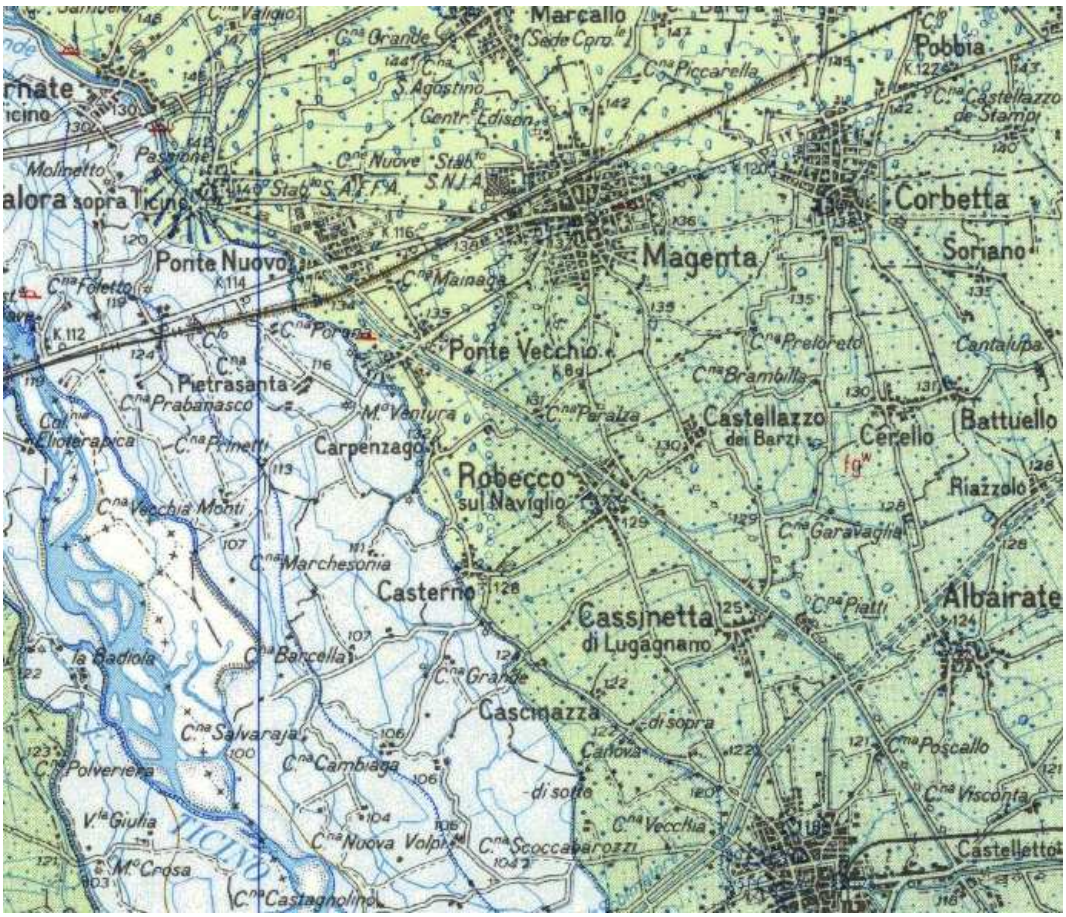
Area in esame

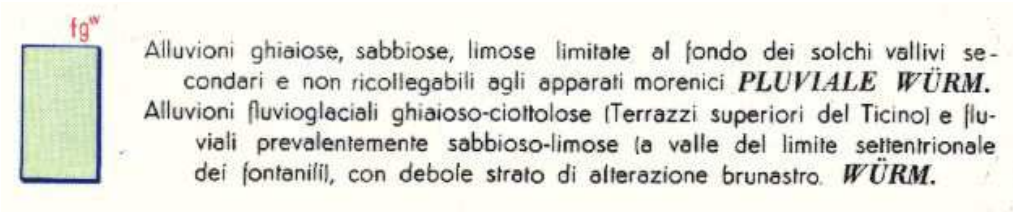
Studio di geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

2.3 - GEOLOGIA

Dal punto di vista geologico, consultando la Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, l'area in oggetto è interessata da sedimenti di età pleistocenica in facies alluvionale caratterizzati da alternanze di strati di spessore da decimetrici a metrici, costituiti per lo più da alternanze di sabbie, sabbie limose con ghiaia e ghiaie, ascrivibili alle fasi di deposizione della conoide alluvionale del Fiume Ticino. I depositi quaternari in oggetto sono noti in letteratura geologica come "Fluvioglaciale e Fluviale Wurm" (Pleistocene sup.).





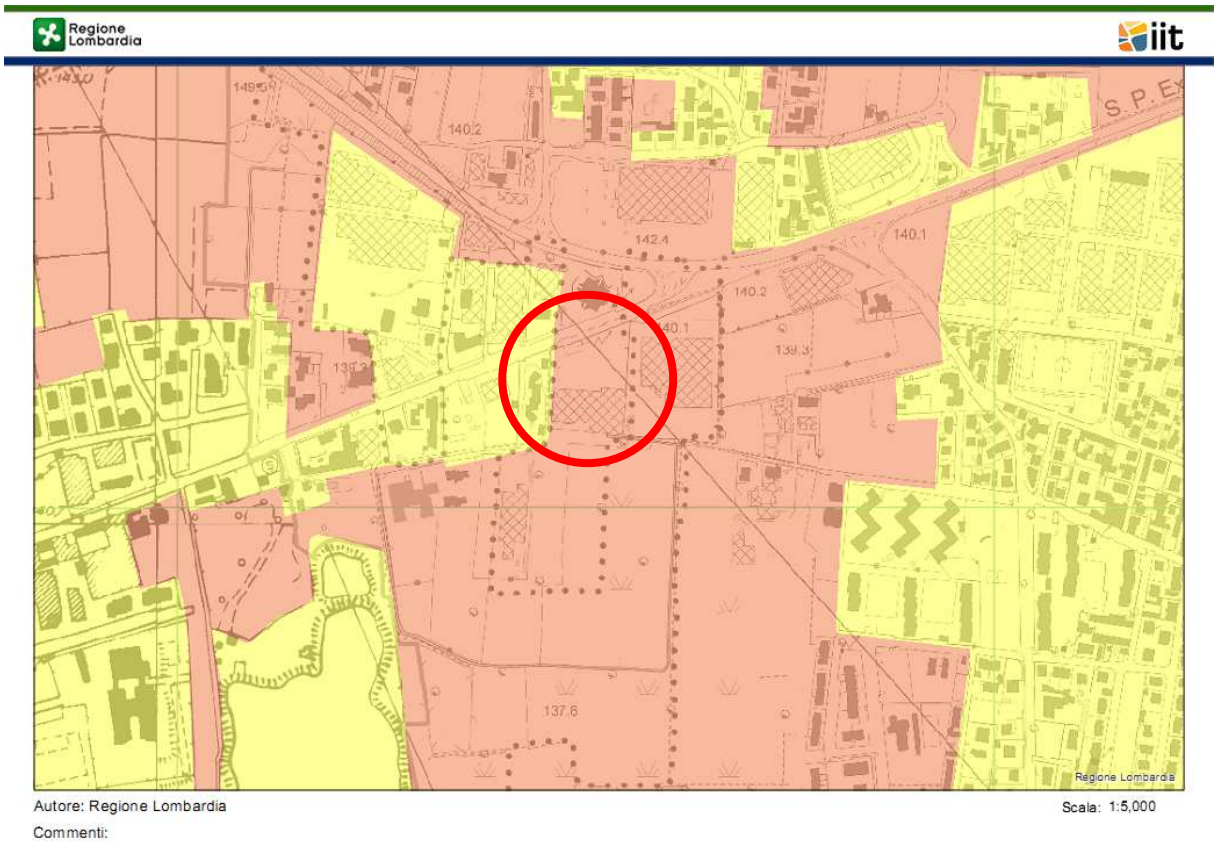
Stralcio della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000) Foglio 44 – "Novara"

Studio di geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

Questa unità geologica costituisce il livello principale della Pianura Padana.

Si tratta di alluvioni fluviali pleistoceniche, prevalentemente composte da terreni a granulometria medio grossolana, quali sabbie e ghiaie; ad essi sono talvolta associati anche sedimenti fini, relativamente ad aree ristrette e localizzate con bassa energia idraulica (aree palustri).



S2PLN3 : sabbie poco gradate con limo

2.3 – IDROGEOLOGIA

La struttura idrogeologica dell'area è costituita da depositi alluvionali in cui le frazioni limose e argillose risultano particolarmente scarse. Questi sedimenti con spessore di alcune decine di metri, costituiscono in generale la parte superiore dell'acquifero freatico.

Dallo studio geologico del P.G.T.. aalla superficie si distinguono le seguenti unità:

Studio di geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

1) Acquifero costituito prevalentemente da ghiaie e sabbie del Pleistocene superiore (Fluvioglaciale e Fluviale Wurm) che formano i terreni affioranti nel territorio comunale; tale acquifero si sviluppa in profondità con spessori variabili tra i 20 e 5 metri circa decrescendo progressivamente da nord verso sud ed è sede della falda freatica superficiale con soggiacenze per lo più comprese tra i 3 e 6 m nella zona d'interesse.

2) Acquifero costituito dalle stesse unità del Pleistocene superiore (Fluvioglaciale e Fluviale Wurm), ma caratterizzato dal generale aumento delle litologie fini (sabbie, limi e orizzonti argillosi), che si estende in profondità con spessori variabili tra 70 e 80 m; tale acquifero è sede di una falda semiconfinata.

3) Acquifero costituito prevalentemente da ghiaie, sabbie, limi e argille del Pleistocene medio inferiore (Fluvioglaciale e Fluviale Riss e Mindell) organizzato da alternanze tra litologie fini impermeabili o semimpermeabili e litologie grossolane sedi di falde a tratti confinate.

Il regime della falda è normalmente definito da due fasi di piena (tardo-primaverile e autunnale) e da due fasi di magra (estiva e invernale).

Le oscillazioni della falda sono influenzate oltre che da fenomeni naturali (disgelo, precipitazioni piovose e infiltrazioni) anche dall'andamento irriguo e soprattutto dal minore o maggiore quantitativo di acque emunte dai pozzi per uso civile e industriale.

L'andamento generale del livello della falda tradizionale evidenzia linee di flusso con direzione N-S.

Studio di geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

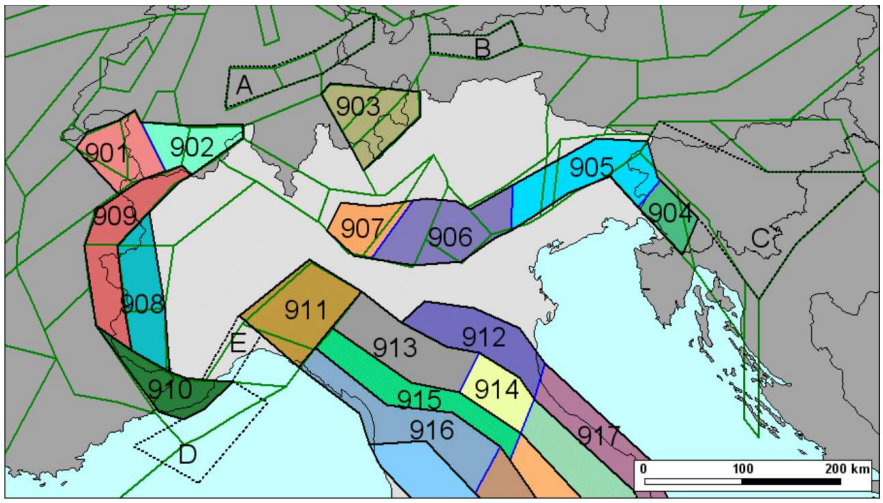
2.4 - SISMICITA'

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ha rimappato il territorio nazionale in zone sismogenetiche, tale zonazione viene definita ufficialmente ZS9 (Meletti e Valensise, 2004). Rispetto alle zonazioni precedenti, le zone sorgente sono state disegnate più vincolate rispetto alle sorgenti sismogenetiche e alla sismicità storica e strumentale e le aree circostanti sono state cautelate attraverso i normali effetti di propagazione della pericolosità sismica al di fuori delle zone sorgenti. La ZS9 può essere utilizzata in congiunzione con il nuovo catalogo CPTI2, e fornisce, inoltre, una stima della "profondità efficace", ovvero del'intervallo di profondità nel quale viene rilasciato il maggior numero di terremoti in ogni zona sorgente, utilizzabile in combinazione con le relazioni di attenuazione determinate su base regionale, e fornisce, per ogni zona, un meccanismo di fogliazione prevalente.

La zonazione è costituita da 42 zone-sorgente, identificate da un numero che va da 901 a 936, che presentano limiti di colorazione nera e blu; i limiti neri definiscono limiti il cui tracciamento dipende esclusivamente da informazioni tettoniche o geologico-strutturali, il colore blu definisce, invece, suddivisioni di zone con uno stesso stile de formativo ma con differenti caratteristiche della sismicità, come la distribuzione spaziale degli eventi o la massima magnitudo rilasciata.

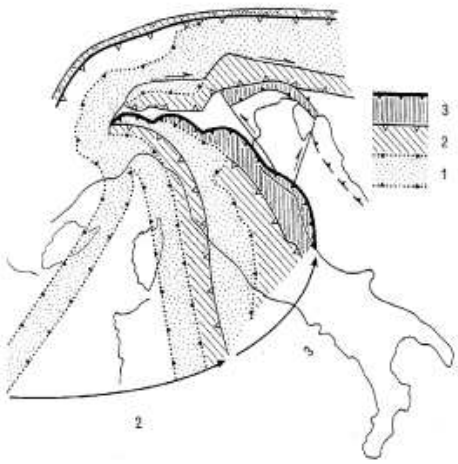
Il territorio in oggetto si trova al di fuori del gruppo di zonazioni sismogenetiche comprese tra la ZS 911 e la ZS 923 rappresentanti l'Appennino settentrionale e centrale ed il gruppo di zonazioni comprese tra la ZS 904 e la ZS 907; più in dettaglio ci troviamo a nord della zona sismogenetica 911 ed a ovest della zonazione sismogenetica 907.

Studio di geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it



Zonizzazione sismogenetica ZS9 per il nord Italia

In dipendenza della presenza di estesi fronti di accavallamento nel sottosuolo della pianura padana e delle zone limitrofe, geodinamicamente attivi, e della spessa copertura alluvionale si genera un'attività sismica medio-bassa. Le strutture sismogenetiche attive sepolte, che sono identificabili in faglie che interessano soprattutto il substrato terziario (External Thrust Front e Pedeappenninic Thrust Front), sono responsabili dei principali fenomeni tellurici.



Tappe dell'accrezione tettonica delle Alpi Calcaree Meridionali e dell'Appennino dall'Oligocene al Pleistocene (Castellarin et al., 1992, modif.): 1 – presunto fronte delle catene nel pre-Oligocene; 2 – fronte delle catene nel Miocene medio; 3 – fronte delle catene nel Plio- Pleistocene

Studio di geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

L'area appartiene ad una zona che storicamente è stata interessata da pochissimi eventi sismici. Nella seguente tabella sono riportati i principali terremoti storici (fino al 2006) per un un raggio di 40 Km con centro dall'area in oggetto (lat. 45.470 long. 8.905).

Interrogazione effettuata sui seguenti parametri:

Area circolare con centro C (45.470, 8.905) e raggio 40 km
a partire dal 217/01/01 fino al 2002/12/31

N	Tr	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Rt	Np	Imx	Io	TI	Lat	Lon	TL	Maw	Daw	TW	Mas	Das	TS	Msp	Dsp	ZS9	TZ	Ncft	Nnt	Ncpt
121	DI	1396	11	26				Monza	CFTI	2	75	75		45.58	9.27	A	5.37	0.30		5.10	0.45		5.27	0.42	907	A	168	281	121
1245	CP	1895	11	2	6	30		SOMMA LOMBARDO	POS85			55		45.667	8.75		4.63	0.13		4.00	0.20		4.25	0.19				2057	1245

Numero di record estratti: 2

Codice CPTI04	descrizione	contenuto
N	numero d'ordine del record	
Tr	tipo di record	DI: parametri calcolati da dati di base macrosismici; CP: parametri adottati da cataloghi parametrici
Anno	tempo origine: anno	
Me	tempo origine: mese	
Gi	tempo origine: giorno	
Or	tempo origine: ora	
Mi	tempo origine: minuto	
Se	tempo origine: secondo	
AE	denominazione dell'area dei massimi effetti	
Rt	codice dell'elaborato di riferimento	vedi tabella 1
Np	numero dei dati puntuali di intensità disponibili	
Imx	intensità massima x 10 (scala MCS)	
Io	intensità epicentrale x 10 (scala MCS)	
TI	codice di determinazione di Io	M: valore assegnato manualmente
Lat	localizzazione epicentrale: latitudine in gradi sessagesimali-decimali	
Lon	localizzazione epicentrale: longitudine in gradi sessagesimali-decimali	
TL	codice di localizzazione	A: localizzazione macrosismica automatica; M: localizzazione macrosismica manuale; S: localizzazione strumentale
--		
--		

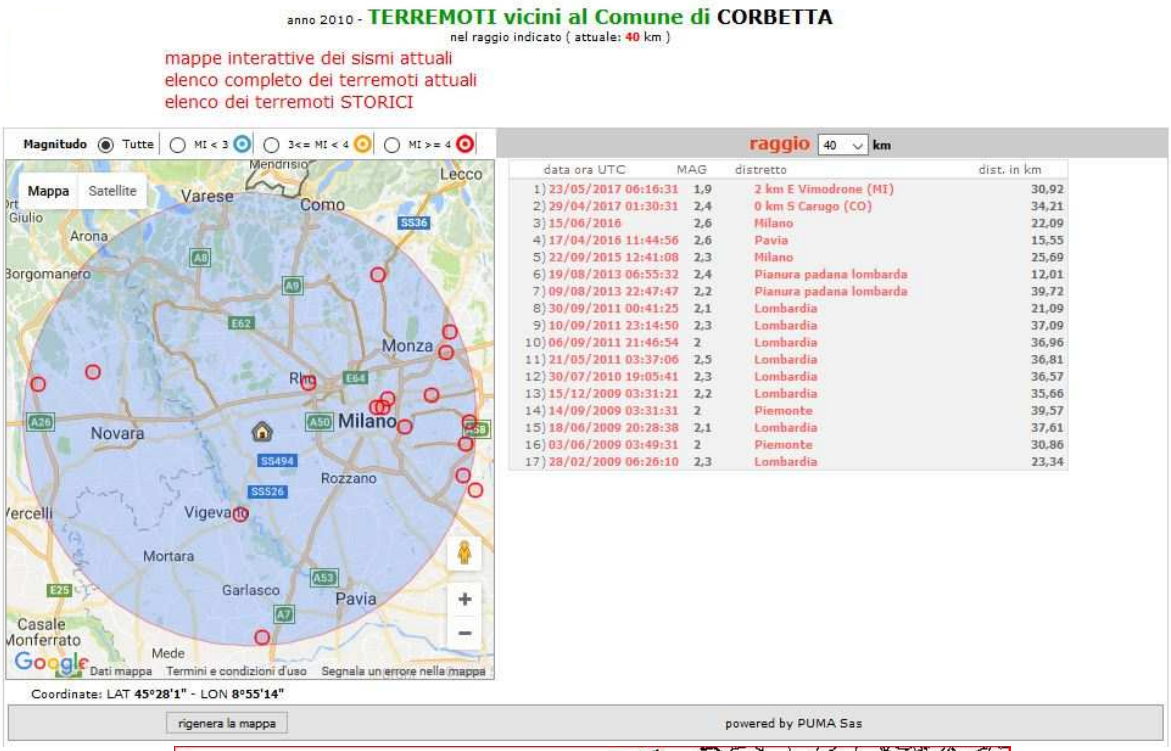
Maw	Magnitudo momento	
Daw	Errore associato alla stima di Maw	
TW	codice di determinazione di Maw	O valore osservato
Mas	Magnitudo calcolata sulle onde di superficie	fino al 1980 coincide con Ma di CPTI99
Das	Errore associato alla stima di Mas	fino al 1980 coincide con Da di CPTI99
TS	Codice di determinazione delle magnitudo per la zona etnea	En: valore per il calcolo del quale è stata usata la relazione Io/Mm di Azzaro e Barbano (1997)
Msp	Magnitudo da utilizzare in combinazione con la relazione di attenuazione di Sabetta e Pugliese (1996)	per Ms>5.5: Msp=Ms per Ms≤5.5: Msp=(Ms+0.584)/1.079
Dsp	Errore associato alla stima di Msp	
ZS9	Zona sorgente di ZS9 cui l'evento è assegnato	
TZ	Codice di assegnazione alla zona sorgente	G: assegnazione geografica; A: assegnazione ponderata cautelativa
Ncft	Numero progressivo dei record nel catalogo CFTI2	
Nnt	Numero d'ordine dei record nel catalogo NT4.1.1	
Ncpt	Numero d'ordine del record nel catalogo CPTI99	

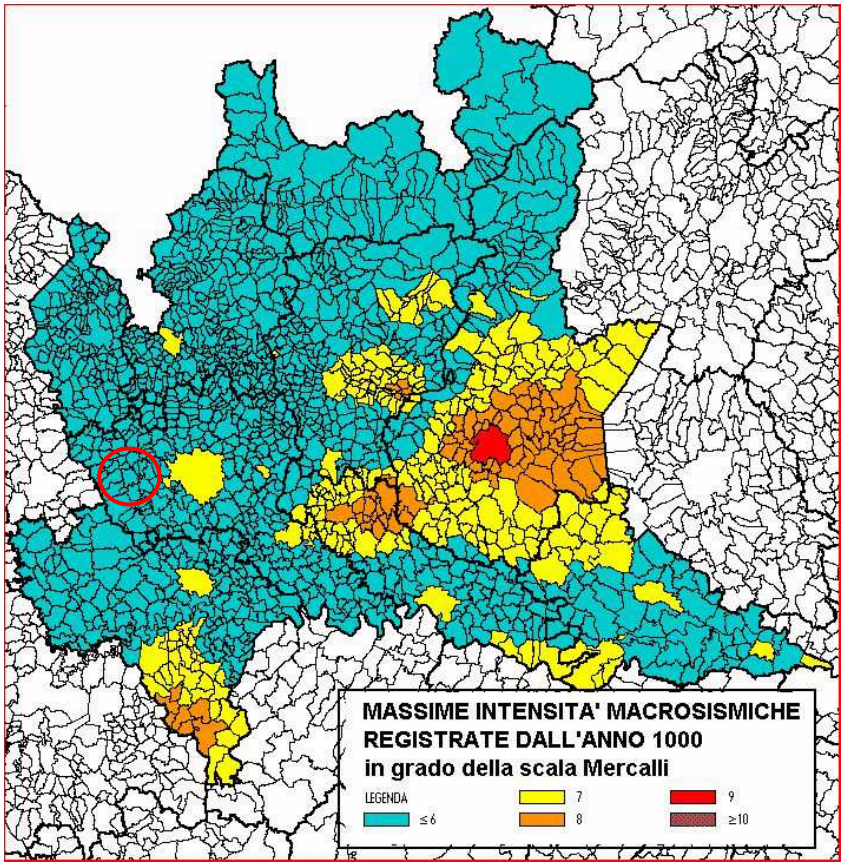
Estratto dal "Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani" (Gruppo di lavoro CPTI, 2004), terremoti con epicentro compreso in un raggio di 40 Km dall'area d'intervento.

Nella seguente tabella sono riportati i principali terremoti attuali (2009-2017) per un un raggio di 40 Km con centro dall'area in oggetto.

Studio di geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl





Carta della regione Lombardia delle "Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani valutate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti dell'ING" (Molin et al., 1996)

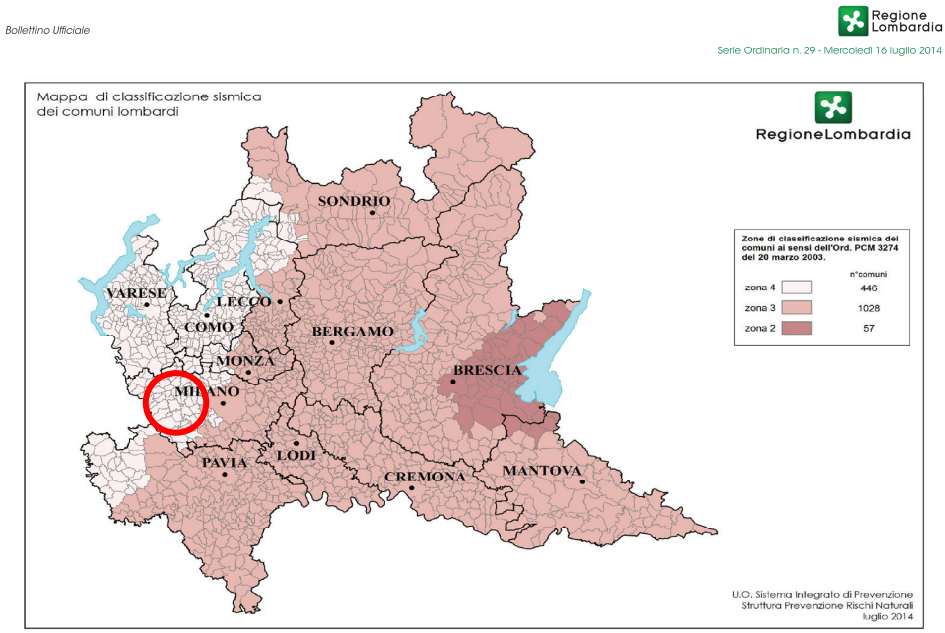
Studio di geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

A conferma di quanto riportato in precedenza si riporta la carta delle “Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani valutate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti dell'INGV” (Molin et al., 1996) nella quale, per il territorio in oggetto viene indicato un terremoto minore o uguale al VI grado MCS.

Nell’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 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", pubblicata sul Supplemento Ordinario n. 72 alla Gazzetta Ufficiale n. 105 dell' 8 maggio 2003 e in base alla Delibera della Giunta Regionale Lombardia 11/07/2014 n.X/2129 – Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia il Comune di **Corbetta** viene classificato in zona 4.

Nella figura seguente viene riportata la nuova classificazione sismica della Regione Lombardia.



Riclassificazione sismica del territorio Lombardo in base Delibera della Giunta Regionale Lombardia 11/07/2014 n.X/2129 –
Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia

Studio di geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

Nelle norme tecniche allegate all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 ogni zona sismica è contrassegnata da un diverso valore del parametro a_g (accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria A).

zona	accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni [a_g/g]	accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [a_g/g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-0,15	0,15
4	<0,05	0,05

Nelle classificazioni definite dai decreti emessi fino al 1984 la sismicità era definita attraverso il grado di sismicità S, nella classificazione proposta dal Gruppo di Lavoro del 1998 vennero invece proposte tre categorie sismiche (prima, seconda e terza) ed una categoria per i comuni Non Classificati, la nuova classificazione (*Ordinanza del PCM n.3274/2003*) prevede invece la suddivisione in quattro zone numerate da 1 a 4. Nello schema seguente si riporta la corrispondenza tra le diverse classificazioni.

Decreti fino al 1984	GdL 1998	Classificazione 2003
S = 12	Prima categoria	Zona 1
S = 9	Seconda categoria	Zona 2
S = 6	Terza categoria	Zona 3
Non classificato	Non classificato	Zona 4

Con Decreto del Ministero delle Infrastrutture del 14/01/08 sono state approvate le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (G.U. n°29 del 04/02/08); le "Nuove norme tecniche per le costruzioni" sono in vigore, a partire dal 5 marzo 2008, contestualmente alla norma transitoria che, fino al 30 giugno 2009 (Art 20 L.31 del 28 febbraio 2008), dà la possibilità di operare – in alternativa – con le norme tecniche precedenti, a parte le eccezioni di esclusiva competenza statale, di cui agli elenchi A e B dell'allegato 1 al decreto 21 ottobre 2003 del Capo del DPC.

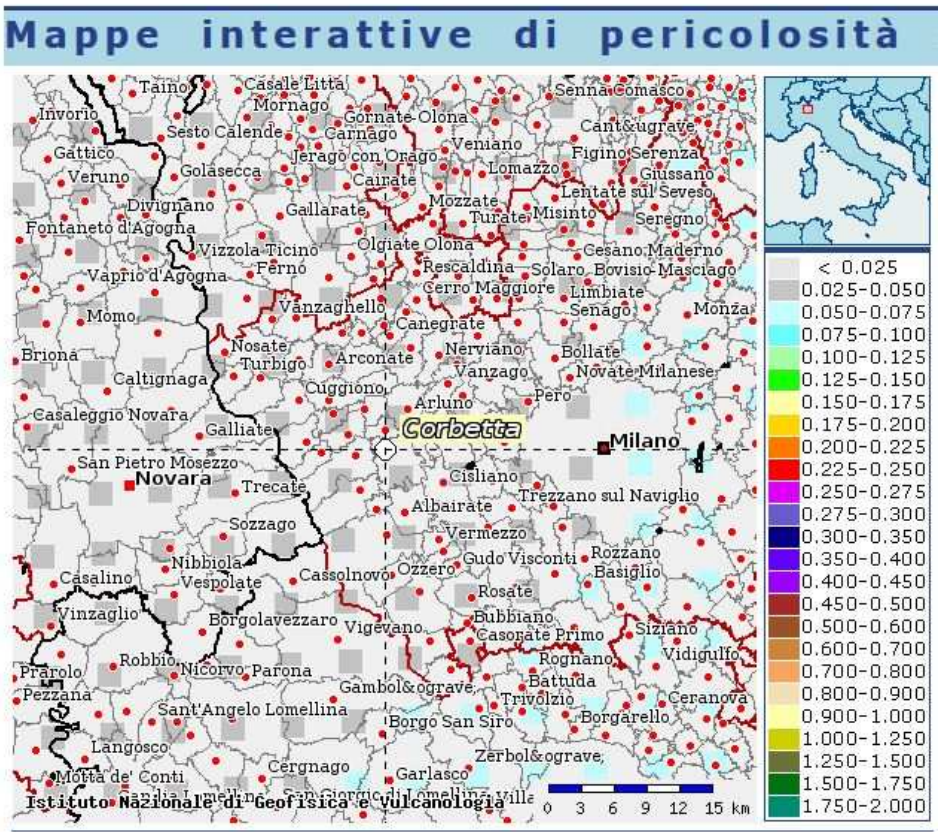
"Art.20. – (Regime transitorio per l'operatività della revisione delle norme tecniche per le costruzioni). –1. Il termine di cui al comma 2-bis dell'articolo 5 del decreto-legge 28

Studio di geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it
@T Ambiente e Territorio Srl

maggio 2004, n.136, convertito, con modificazioni, dalla legge 27 luglio 2004, n.186, già prorogato il 31 dicembre 2007, ai sensi dell'articolo 3, comma 4-bis, del decreto-legge 28 dicembre 2006, n.300, convertito, con modificazioni, dalla legge 26 febbraio 2007, n.17, è differito al 30 giugno 2009.

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

In tale cartografia il comune di **Corbetta** ricade in una zona con accelerazione massima al suolo (amax) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli molto rigidi (Vs30>800 m/s; cat .A) compresa tra 0.025 e 0.050 g.



Estratto da "Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale" riferimento Ordinanza del 20 marzo 2003 n.3274 All.1. espressa in termine di accelerazione massima al suolo (amax) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli molto rigidi (Vs30>800 m/s; cat .A .All.2.3.1)

Studio di geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

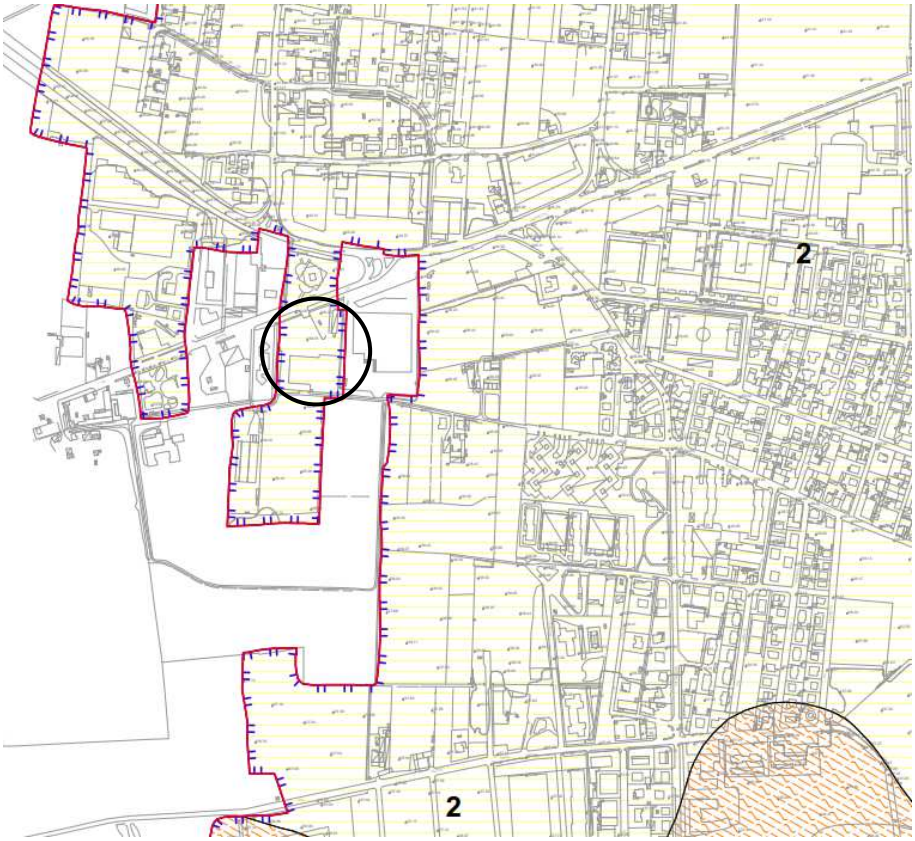
2.5 - COMPONENTE GEOLOGICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

Sono di seguito riportate le caratteristiche geologico-sismiche del sito d'intervento, dedotte dallo Studio Geologico Idrogeologico Sismico comunale di Corbetta redatto ai sensi della L.R. 12/2005.

Secondo quanto riportato dal documento di PGT, redatto dal Dott. Geol. Marco Parmigiani, l'area oggetto d'intervento edificatorio ricade nelle seguenti classi di fattibilità geologica e scenari di pericolosità sismica:

- Classe di Fattibilità geologica e Tipo di limitazione alla fattibilità geologica:

Classe 2 - Fattibilità con modeste limitazioni



CLASSI DI FATTIBILITA' GEOLOGICA - D.G.R. 9/2616/11

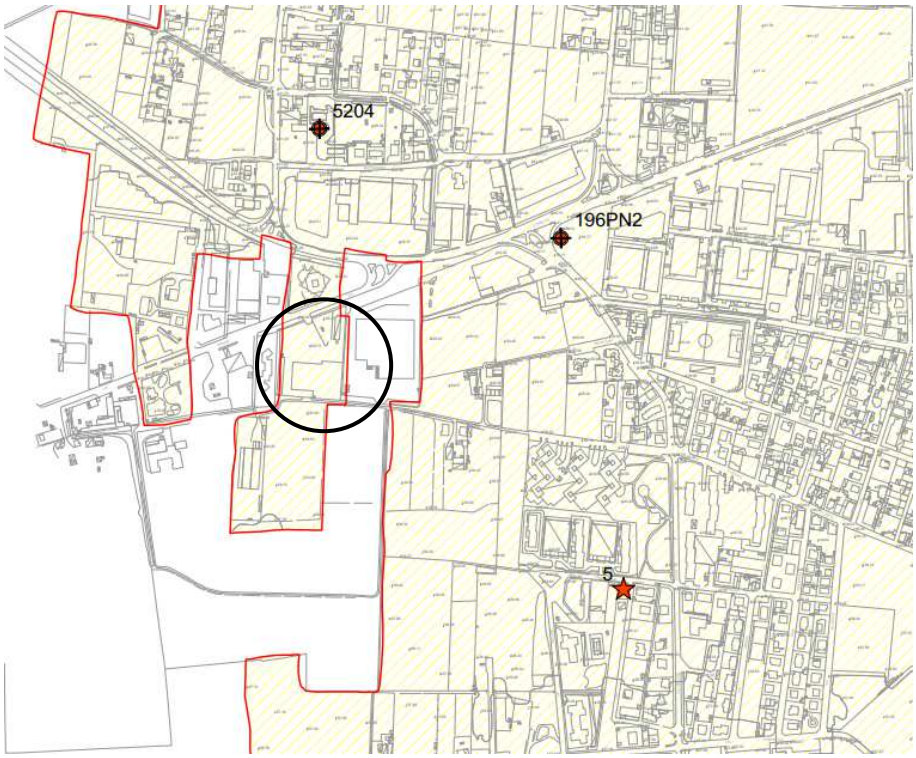
2 Classe 2 - Aree pianeggianti del livello fondamentale della pianura

Studio di geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

La classe 2 di fattibilità geologica comprende quelle aree che non presentano particolari limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso e per le quali deve essere direttamente applicato quanto prescritto dalle Norme Tecniche per le costruzioni, di cui alla normativa nazionale.

- Scenario di Pericolosità sismica locale: **Z2a**



AREE DI AMPLIFICAZIONE SISMICA LOCALE

CLASS. SISMICA O.P.C.M. 3519/06 D.G.R. X/2129/14	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE (PSL) D.G.R. 9/2616/11 All. 5		EFFETTI	LIVELLO DI APPROFONDIMENTO DELLA PROCEDURA DI VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SISMICI DI SITO (PREVISTO DAI CRITERI REGIONALI)
ZONA 4		Z2a Zona con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti	Cedimenti	3° LIVELLO per edifici strategici e rilevanti

In base a quanto riportato all'interno della Tavola 6.3 nord della "Carta della Pericolosità Sismica Locale", allegata allo studio geologico del PGT comunale, l'intera area comunale rientra nello scenario di pericolosità sismica locale Z2a – Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti.

Studio di geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

3 - INDAGINE GEOFISICA

SISMICA ATTIVA (MASW)

La prova MASW consente di determinare l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali (onde di Rayleigh).

Le prove MASW sono molto utili per ricavare il parametro Vs30, richiesto dalla nuova normativa sismica, in maniera decisamente affidabile.

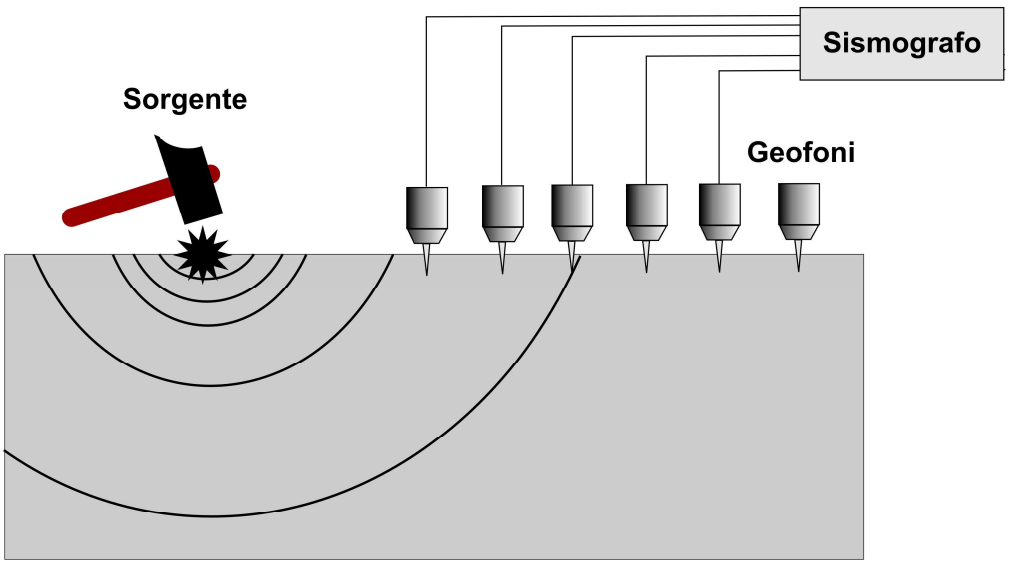
Questo tipo di indagine mira a ricostruire la curva di dispersione della velocità di fase delle onde di superficie generate in sede di energizzazione.

Tramite le prove MASW vengono misurate le velocità sismiche delle onde superficiali a diverse frequenze. La variazione di velocità a diverse frequenze (dispersione) è imputabile prevalentemente alla stratificazione delle velocità delle onde S i cui valori sono ricavabili da una preocedura di inversione numerica.

La procedura MASW prevede tre stadi distinti:

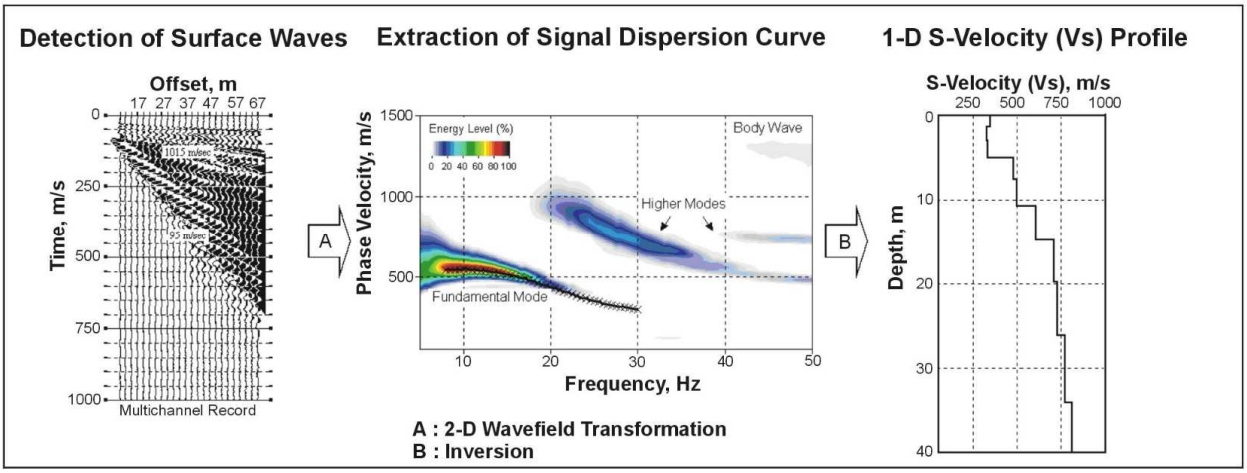
1. acquisizione dei dati di campagna: registrazione di linea sismica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves, analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999) di lunghezza e distanza intergeofonica variabile utile a definire il profilo verticale della VS (velocità di propagazione delle onde di taglio)

Studio di geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it



2. estrazione della curva di dispersione;

3. inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs (profilo 1-D) che descrive la variazione di Vs con la profondità.



Studio di geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it
Ambiente e Territorio Srl

Esecuzione di misura di sismica attiva MASW

Studio di geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

3.4 - MICROZONAZIONE SISMICA, STIMA DELLE VS30 E VALUTAZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE

La recente D.G.R. 30 novembre 2011 – n. IX/2616 "Aggiornamento dei 'Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12', approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con D.G.R. 28 maggio 2008, n. 8/7374", riporta la metodologia per la valutazione dell'amplificazione sismica locale, in adempimento a quanto previsto dal D.M. 14.01.2008.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto è necessaria la classificazione dei terreni compresi tra il piano di imposta delle future fondazioni ed un substrato rigido di riferimento (bedrock): la classificazione può essere basata sulla stima, nei primi 30 m di profondità dal piano di posa delle fondazioni dei valori:

- della velocità media delle onde sismiche di taglio Vs;
- di Nspt;
- di Cu.
- o mediante descrizione litostratigrafica.

I parametri della Vs sono stati determinati integrando i dati ricavati da una prova di sismica attiva (MASW) eseguita direttamente sull'area avente lunghezza pari a 24 m e passo fra i geofoni pari a 2 m.

Studio di geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

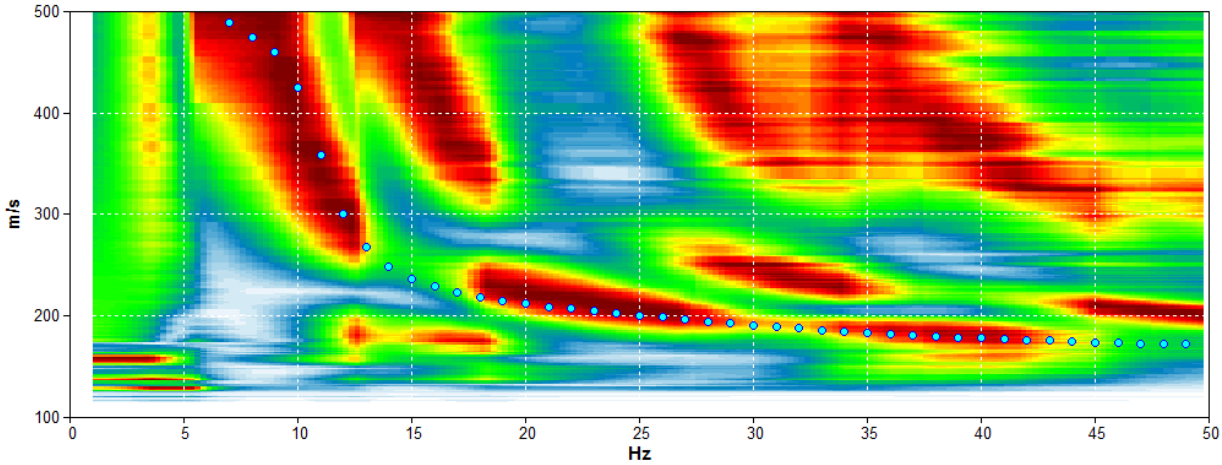
CORBETTA (MI) – EUROSPIN – MISURA DI SISMICA ATTIVA – SASW/MASW

Inizio registrazione: 30/05/17 12:29:45 Fine registrazione: 30/05/17 12:43:17
Durata registrazione: 0h04'28".
Freq. campionamento: 512 Hz

Nomi canali: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5 ; B6 ; B7 ; B8 ; B9 ; B10 ; B11 ; B12

Array geometry (x): 0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE

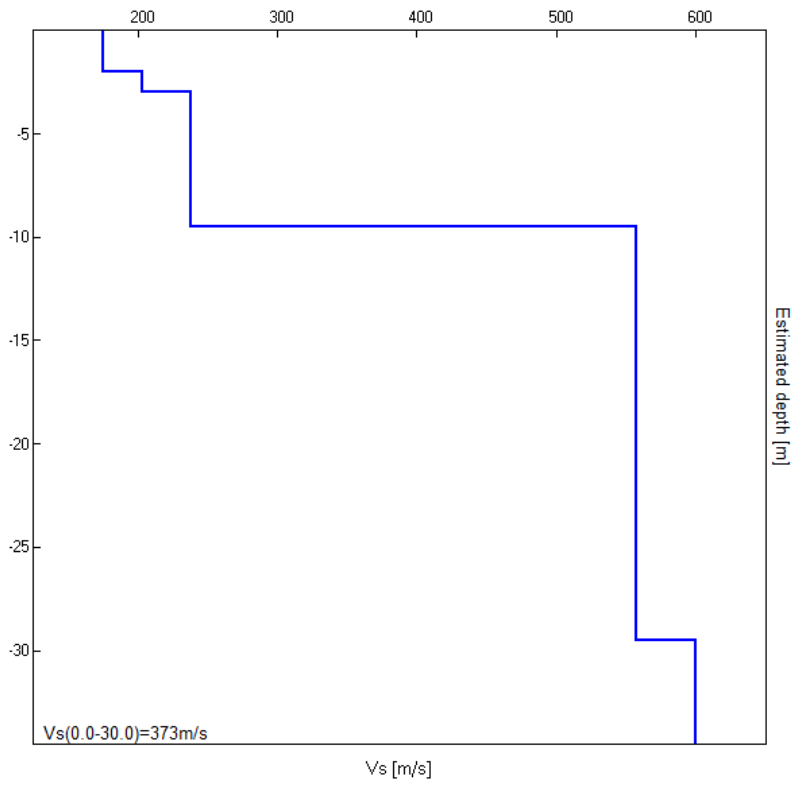


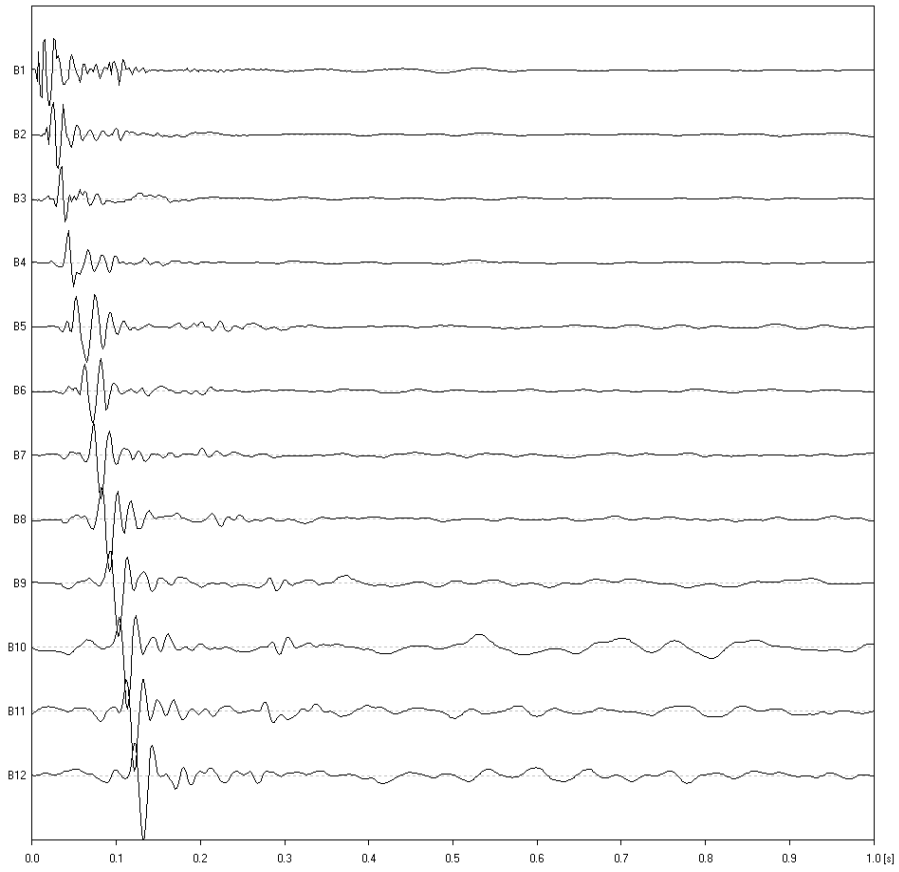
Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.00	2.00	175	0.42
3.00	1.00	203	0.42
9.50	6.50	238	0.42
29.50	20.00	557	0.42
inf.	inf.	600	0.42

Vs(0.0-30.0)=373m/s

Studio di geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl





Studio di geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

Nelle NTC 2008 per valutare l'effetto della risposta sismica locale si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento così come riportato nella tabella seguente.

Tabella 3.2.II – *Categorie di sottosuolo*

Categoria	Descrizione
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati 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 $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
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 $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti,* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	*Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m,* posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tabella 3.2.III – *Categorie aggiuntive di sottosuolo.*

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ 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.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Estratto dalle NTC 2008 (tabella 3.2 – Categorie di sottosuolo)

Il valore di Vs30 ricavato a partire dal p.c. è pari a 373 m/s ed è compreso nell'intervallo che definisce la CATEGORIA DI SOTTOSUOLO "B".

Studio di geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

4 - PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE – ANALISI DI 2° LIVELLO

La procedura, D.G.R. 30 novembre 2011 – n. IX/2616, consiste in un approccio semiquantitativo e fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (Fa).

Gli studi sono condotti con metodi quantitativi semplificati, validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche e morfologiche e sono utilizzati per zonare l'area di studio in funzione del valore di Fa. Il valore di Fa si riferisce agli intervalli di periodo tra 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s: i due intervalli di periodo nei quali viene calcolato il valore di Fa sono stati scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale; in particolare l'intervallo tra 0.1-0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0.5-1.5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili.

Nel caso in oggetto viene considerato lo scenario per gli effetti litologici non essendovi per l'area oggetto d'intervento amplificazioni sismiche per effetti morfologici.

Il piano di riferimento per i successivi calcoli è assunto pari all'attuale piano campagna.

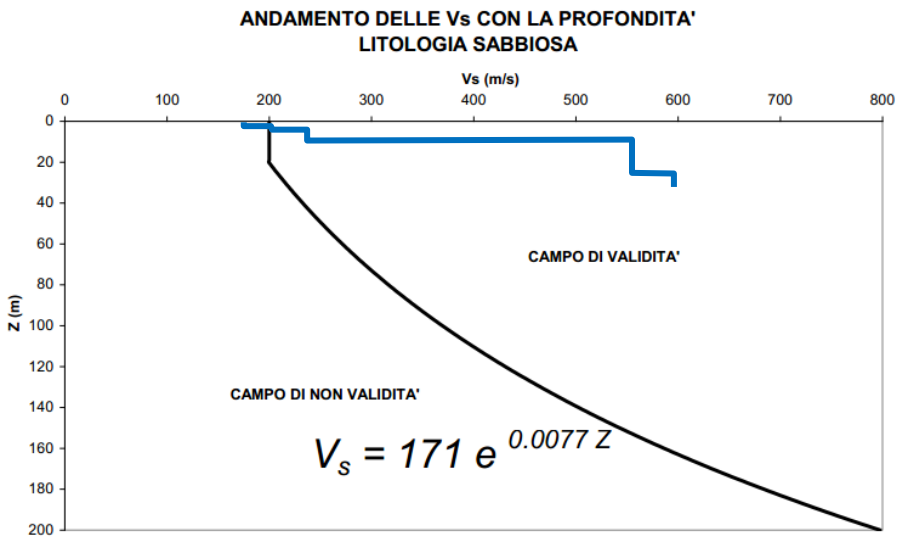
Studio di geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

Scelta della scheda di riferimento

La modellazione geologica del sito dei primi metri in corrispondenza del futuro edificio è la seguente:

MODELLO GEOLOGICO		
Strato	**Profondità strato da p.c. [m]**	**Litologia**
A	0,00m ÷1,00m	Terreno di riporto antropico.
B	1,00m ÷ 5,50m	Alternanze di sabbie e sabbie con limo debolmente ghiaiose da sciolte a poco addensate.
C	5,50m ÷ 7,00m	Alternanze di sabbie con ghiaia e ghiaie con sabbia da poco addensate a moderatamente addensate.
D	7,00m ÷ 9,00m	Alternanze di ghiaie con sabbia da addensate a molto addensate..
SOGGIACENZA MEDIA FALDA: 3 ÷ 6 m circa dal p.c.		

In base all'andamento delle Vs con la profondità, ricavato dall'indagine con la metodologia MASW, per l'area oggetto d'intervento si è scelta la scheda per le "litologie prevalentemente sabbiose" per la quale la curva Vs-z sperimentale (curva blu) è interamente compresa nel campo di validità.



Studio di geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

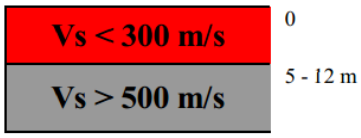
@T Ambiente e Territorio Srl

Scelta della curva T-Fa

Per quanto concerne la scelta della curva T-Fa, come strato superficiale è stato considerato lo spessore di 9,5 m dei terreni presenti sotto il p.c.: poiché la velocità media del primo strato ottenuta è inferiore a 300 m/s ed è poggiante su di uno strato con velocità superiore a 500 m/s si utilizza la curva 1 (rossa) del grafico T-Fa 0.1-0.5 sec..

Profondità primo strato (m)

Velocità primo strato (m/s)	1-3	4	5-12	13	14	15	16	17	18	20	25	30	40	50	60	70	90	110	130	140	160	180
200		2	1-2	2	3	3	3	3	3	3												
250		2		2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA								
300		2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA	NA						
350		2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	NA	NA	NA					
400		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA				
450		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA			
500		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA		
600		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	
700		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA



Calcolo del periodo proprio del sito

Il periodo proprio del sito T necessario per l'utilizzo della scheda di valutazione è calcolato considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità Vs è uguale o superiore a 800 m/s ed utilizzando la seguente equazione dove hi e Vsi sono lo spessore e la velocità dello strato i-esimo del modello:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^{n} h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^{n} Vs_i \times h_i}{\sum_{i=1}^{n} h_i} \right)}$$

Si ottiene così un valore del periodo proprio del sito pari a 0,32s.

Studio di geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

Fattore d'amplificazione

Dalla lettura dei grafici si ottengono i seguenti valori di Fa per i due periodi tipici 0,1-0,5 s (strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide) e 0,5-1,5 s (strutture più alte e più flessibili):

	Fa	**Fa**
Periodo	**0,1-0,5 s**	**0,5-1,5 s**
Fattore calcolato	**2,0**	**1,36**

Confronto tra i valori soglia calcolati dalla Regione Lombardia per il Comune di Corbetta

Il parametro di Fa calcolato per ciascun comune della Regione Lombardia rappresenta il valore di soglia oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

Nella tabella sottostante sono riportati i valori soglia calcolati dalla Regione:

VALORI DI SOGLIA PER LE CATEGORIE DI SUOLO				
PERIODO	**B**	**C**	**D**	**E**
0,1-0,5	**1,4**	**1,8**	**2,2**	**1,9**
0,5-1,5	**1,7**	**2,4**	**4,1**	**3,0**

Considerando che per l'area in oggetto la categoria di suolo è la B, ne deriva che il valore di $Fa_{0,1-0,5}$ è pari a 2 ed è maggiore del valore di Soglia $_{0,1-0,5}$ pari a 1,4 per il suolo B a Corbetta; viceversa il valore di $Fa_{0,5-1,5}$ è pari a 1,36 ed è inferiore al valore di Soglia $_{0,5-1,5}$ pari a 1,7 per il suolo B a Corbetta.

Studio di geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

@T Ambiente e Territorio Srl

	Fa	**Fa**
Periodo	**0,1-0,5 s**	**0,5-1,5 s**
Fattore calcolato	**2,0**	**1,36**
Fattore soglia comunale	**1,4**	**1,7**

Nel caso in cui il valore di Fa sia inferiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa.

Nel caso in cui il valore di Fa sia superiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica e quindi è necessario, in fase di progettazione edilizia, o effettuare analisi più approfondite (3° livello) o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, con il seguente schema: anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della categoria di suolo C; nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D.

Nel caso in oggetto, essendo prevista la realizzazione di strutture edificatorie basse rientranti nel periodo proprio compreso nell'intervallo tra 0,1-0,5 sec, poiché il valore di Fa calcolato è risultato superiore al valore di soglia corrispondente si dovrà effettuare o un'analisi più approfondita (3° livello) o si dovrà utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore adottando una categoria di suolo "D" essendo:

$Fa_{0,1-0,5}$ 2 > $Soglia_{0,1-0,5}$ 1,4 (suolo "B")

$Fa_{0,1-0,5}$ 2 > $Soglia_{0,1-0,5}$ 1,8 (suolo "C")

$Fa_{0,1-0,5}$ 2 < $Soglia_{0,1-0,5}$ 2,2 (suolo "D")

Studio di geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it

5 - CONCLUSIONI

La presente relazione ha riguardato l'analisi sismica di secondo livello di approfondimento sismico di un'area interessata dal progetto del PIANO ATTUATIVO A DESTINAZIONE COMMERCIALE/TERZIARIO in via Simone da Corbetta 89/91 in Comune di Corbetta (MI).

In base all'andamento delle Vs con la profondità, ricavato da un'indagine sul lotto d'intervento con metodologia MASW, per l'area in oggetto la categoria di suolo è la B.

Dall'analisi sismica di 2° livello è risultato che il valore del Fattore d'amplificazione calcolato ($Fa_{0,1-0,5}$), pari a 2, è risultato maggiore al valore di soglia ($Soglia_{0,1-0,5}$), pari a 1,4, per il suolo B a Corbetta; viceversa il valore del Fattore d'amplificazione calcolato ($Fa_{0,5-1,5}$), pari a 1,36, è inferiore al valore di soglia ($Soglia_{0,5-1,5}$) pari a 1,7 sempre per il suolo B a Corbetta.

Considerato che nell'area oggetto d'intervento le tipologie d'edificio previste rientrano nel periodo proprio compreso nell'intervallo tra 0,1-0,5 sec, e considerato inoltre che il valore di Fa calcolato è risultato superiore al valore di soglia corrispondente per il comune di Corbetta, ai sensi della normativa regionale si rende quindi necessario, in fase di progettazione edilizia, o effettuare analisi più approfondite (3° livello) o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore.

Nel caso di utilizzo dello spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore si dovranno usare gli spettri per la categoria di suolo D, essendo verificata la seguente equazione:

$$\mathbf{Fa_{0,1-0,5}\ 2 < Soglia_{0,1-0,5}\ 2,2\ (suolo\ "D")}$$

Parma, luglio 2017

il geologo Dott. Alberto Trivioli

ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE EMILIA ROMAGNA
DOTT. ALBERTO TRIVIOLI
Ordine dei Geologi Emilia-Romagna
GEOLOGO
SEZ.A
N. 600 ALBO. P.

Studio di geologia
Dott. Geol. Alberto Trivioli
Strada Farini, 5 - 43100 Parma
Tel: 0521/232421 Fax: 0521/230760 E-mail: geoltriv@tin.it