

PROVINCIA DI PAVIA

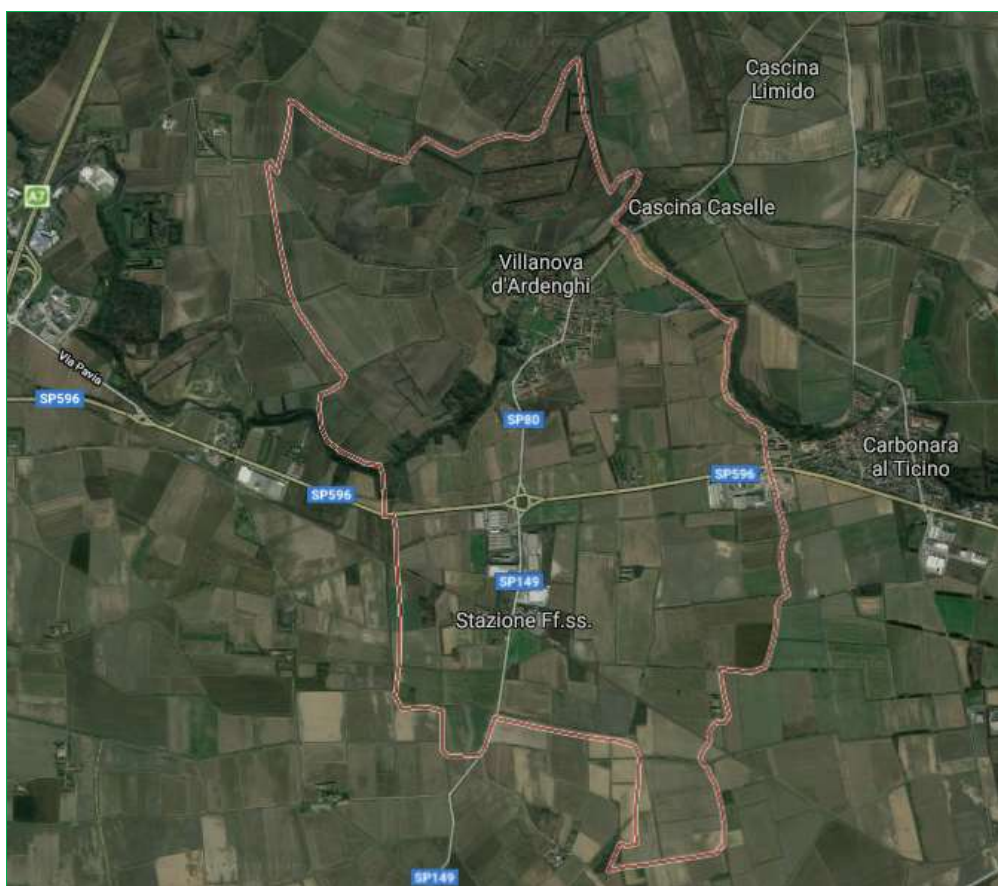
REGIONE LOMBARDIA

COMUNE DI VILLANOVA D'ARDENGHI

**AGGIORNAMENTO COMPONENTE SISMICA STUDIO GEOLOGICO A
SUPPORTO DI VARIANTE A PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO**

(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" - D.g.r. 11 luglio 2014 n. XI/2129 - Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d) - D.g.r. 8 ottobre 2015 n. XI/4144 - Ulteriore differimento del termine di entrata in vigore della nuova classificazione sismica del territorio approvata con d.g.r. 11 luglio 2014, n. 2129 - Legge Regionale 12 ottobre 2015, n. 33 - Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche - D.g.r. 30 marzo 2016 n. XI/5001 - Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (artt. 3, comma 1, e 13, comma 1 l.r. 33/2015)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA



NOVEMBRE 2018

Dott. Geol. Adriano Zorzoli

O. d. G. Lombardia n° 802

Strada Colombarola 1/17- 27020 TRAVACO' SICCOMARIO (PV)

Mobile 3356376821 Tel/fax 0382 1513167

Email adizorz@libero.it PEC adizorz@epap.sicurezzapostale.it



INDICE

Premessa.....	Pag. 3
1.0 - Modalità operative.....	Pag. 3
2.0 - Inquadramento generale geologico e idrogeologico del Territorio Comunale	Pag. 5
3.0 - Classificazione sismica del territorio comunale	Pag. 9
4.0 - AGGIORNAMENTO COMPONENTE SISMICA LOCALE	Pag. 11
4.1 Definizione di Rischio Sismico e di Pericolosità Sismica	
4.2 Analisi della Pericolosità Sismica	
4.3 Applicazione della metodologia al territorio comunale	
Primo livello di approfondimento	
Scenario di pericolosità sismica locale Z2 – Cedimenti / Liquefazioni	
Scenario di pericolosità sismica locale Z4a	
Considerazioni conclusive relative al 1° livello di approfondimento	
Secondo livello di approfondimento	
Considerazioni conclusive relative al 2° livello di approfondimento	
5.0 - VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE	Pag. 25

ALLEGATI FUORI TESTO

TAVOLA 1 - Carta della caratterizzazione sismica locale_ Aggiornamento 2018

ALLEGATO 1 - NORME GEOLOGICHE DI PIANO

Aggiornamento Norme Sismiche 2018

(d.g.r. 11 luglio 2014 n. X/2129 "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c.108, lett. d)")

ALLEGATO 2 – Indagini MASW

Premessa

Il presente **Studio di Adeguamento Sismico** è stato redatto in collaborazione con STUDIO TECNICO ASSOCIATO DI ARCHITETTURA ARGO di Vigevano (PV), per conto dell'amministrazione Comunale di Villanova d'Ardenghi (PV) nell'ambito della stesura della Variante parziale al Piano di Governo del Territorio vigente.

Il comune è dotato di uno Studio geologico, idrogeologico e sismico redatto dal Dott. Geologo Maurizio Visconti/ Studio in Vigevano del Piano di Governo del Territorio del Comune di Villanova d'Ardenghi /anno 2010.

La **zona sismica** per il territorio in oggetto, indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale della Lombardia dell'11 luglio 2014 n.2129 ed entrata in vigore il 10 aprile 2016 viene riclassificata come zona sismica 3. Con tale studio si procede pertanto, su incarico dell'Amministrazione, all'aggiornamento della componente sismica dello studio vigente, procedendo all'analisi di II° livello prevista per la zona di appartenenza, attenendosi a quanto previsto dalla normativa vigente ed in particolare:

- D.g.r. 11 luglio 2014 - n. X/2129 - Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d).
- D.g.r. 30.11.11 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 co. 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".
- D.g.r. n. 8/1566 del 22 Dicembre 2005 "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.
- D.g.r. n. 8/7374 del 28 Maggio 2008, 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. n. 8/1566 del 22 Dicembre 2005.
- L.R. 11 Marzo 2005, ed in particolare l'art. 57.

1.0 MODALITA' OPERATIVE

L'approccio allo Studio di adeguamento alla nuova normativa ha determinato la verifica organica dei dati ed informazioni già raccolti ed esposti nei precedenti studi, che sono risultati sostanzialmente ancora validi - ed ai quali si rimanda per l'inquadramento di dettaglio, non essendo intervenute in questi anni modifiche ed alterazioni significative negli aspetti geo-idro-morfologici legati alla fisiografia del territorio all'interno dei confini amministrativi del Comune.

L'analisi della pericolosità sismica all'interno del territorio comunale di Villanova d'Ardenghi si basa su osservazioni di carattere geologico e sulla raccolta dei dati disponibili:

- assetto geologico e geolitologico
- elaborazioni di indagini geognostiche e geotecniche
- analisi delle condizioni stratigrafiche generali
- situazione idrogeologica
- caratteristiche di consistenza e proprietà geotecniche dei terreni nelle condizioni naturali.

All'interno del territorio comunale di Villanova si riconoscono 2 SCENARI DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE, di cui si riportano le caratteristiche:

Sigla	Scenario di Pericolosità Sismica Locale	Effetti	Classe di Pericolosità Sismica locale	Ambito territoriale
Z3a	Zona di ciglio H>10 m (scarpata)	Amplificazioni topografiche	H2-livello di approfondimento 2°	Scarpata raccordo morfologico
Z4a	Zona di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche	H2-livello di approfondimento 2°	Depositi alluvionali piano alto e Valla fluviale Ticino

Si è trattato pertanto di rivedere e rielaborare la documentazione precedentemente raccolta secondo quanto definito dalla normativa vigente in materia di Analisi del Rischio Sismico con l'ausilio di nuove indagini (MASW) realizzate dallo scrivente Dott. Geol. Adriano Zorzoli con Studio in Travacò Siccomario / Strada Colombarola 1/17.

L'adeguamento della Componente sismica dello Studio Geologico ha comportato le seguenti fasi:

- ✓ verifica dati sul territorio che ne permettano l'inquadramento generale (lineamenti geologici e geomorfologici per un intorno significativo, idrogeologia e piezometria della zona)
- ✓ indagini e stratigrafie disponibili sul territorio per la VERIFICA stratigrafica ed idrogeologica dello stesso (in associazione a MASW)
- ✓ esecuzione n° 1 / 2 indagini sismiche (MASW), nelle zone urbanizzate e/o urbanizzabili, per definizione caratteri sismici a seguito nuova classificazione Regione Lombardia (ottobre 2014) che indica il territorio comunale in classe di sismicità 3.
- ✓ Aggiornamento delle norme di fattibilità geologica per la componente sismica in base alla riclassificazione del territorio comunale in zona sismica 3.

A. STESURA DEGLI ELABORATI CARTOGRAFICI.

E' stata redatta la "CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE"

B. AGGIORNAMENTO DELLA RELAZIONE CON:

- 1) Aggiornamento della componente sismica secondo D.G. R. 11 Luglio 2014 - N. X/2129 e Relativa Normativa per Zona sismica "3".
- 2) Conferma classi di fattibilità geologica di Piano e Relative Norme attuative Vigenti

C. RECEPIMENTO NELLE NORME TECNICHE DI ATTUAZIONE DEL PGT, DEI DETTAMI DI:

1. D.G.R. 11 luglio 2014, n. X/2129: Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d).
2. L.r. n° 33/2015 – Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche
3. L.r. 30 marzo 2016 n X/5001 Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (artt. 3, comma 1, e 13, comma 1, della l.r. 33/2015)
4. D.M. 17.1.2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche di Costruzioni" (G.U. n° 42 del 20.2.2018)

2.0 INQUADRAMENTO GENERALE DEL TERRITORIO

Viene in questo capitolo ripreso a grandi linee quanto meglio delineato nello "STUDIO GEOLOGICO A SUPPORTO DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO - R E L A Z I O N E G E O L O G I C A G E N E R A L E" Vigente e redatto dal dott Geologo Maurizio Visconti /anno 2010.



Gli ambiti territoriali non subiranno alcuna modifica relativa agli aspetti geologici, geomorfologici, idrografici, idrogeologici e di fattibilità geologica descritti e rappresentati nel vigente "Studio geologico del territorio comunale, allegato al P.G.T. del Comune di Villanova d'Ardenghi", redatto dal Dott. Geol. Maurizio Visconti nel 2010, di seguito brevemente analizzati.

2.1 INQUADRAMENTO GEO-MORFOLOGICO GENERALE.

La porzione di pianura a nord del Po che comprende, nella sua fascia meridionale, il territorio del Comune di Villanova, è costituita da una consistente coltre alluvionale poggiante su un substrato marino deformato e fagliato dagli eventi tettonici che hanno interessato la regione nel corso dei millenni.

Dal punto di vista stratigrafico il termine di passaggio tra i depositi marini pliocenici e quelli continentali pleistocenici è rappresentato dai depositi del Villafranchiano di origine lacustre e fluvio-lacustre.

L'intera Pianura Padana si è generata a seguito della progressiva disgregazione delle catene alpina ed appenninica, che la delimitano, e del continuo e costante apporto di materiale alluvionale da parte del Po e dei suoi affluenti alpini (Ticino).

Le sue origini sono riconducibili al Quaternario antico (Pleistocene inferiore), quando una serie di intense mutazioni climatiche caratterizzata dall'alternarsi di periodi di espansione dei ghiacciai alpini ed appenninici (glaciazioni) a periodi di ritiro degli stessi (intervalli caldi) ha dato luogo ad intensi fenomeni di erosione dei rilievi montuosi.

L'intenso e continuo apporto di sedimenti di origine glaciale e fluvio-glaciale ha creato, allo sbocco dei principali solchi vallivi, conoidi di deiezione sempre più vaste che, espandendosi nella pianura, sono entrate in contatto tra di loro intersecandosi e sovrapponendosi in un potente strato alluvionale (intorno ai 200 metri) costituito da lenti interdigitate tra di loro, a spessore variabile e con caratteristiche geolitologiche (granulometria, permeabilità, etc.) diverse; i principali corsi d'acqua, che nei periodi freddi (ere glaciali) avevano soprattutto un ruolo di trasporto e deposizione dei materiali, mentre negli intervalli caldi approfondivano ed ampliavano il loro corso, erodendo le alluvioni precedentemente deposte, ne sono stati i principali artefici.

L'alternarsi di fasi di deposizione ad altre di erosione, in associazione con il susseguirsi delle variazioni climatiche, ha innescato una successione di fenomeni sempre decrescenti che hanno dato luogo ad una pianura caratterizzata da una serie di dislivelli detti terrazzi ed alla creazione di valli fluviali che le divagazioni dei corsi d'acqua hanno progressivamente ampliato.

La più grande di queste, sul fondo della quale si snoda il corso del Fiume Po, costituisce l'asse principale della pianura padana, verso cui confluiscono i vari solchi vallivi creati dagli affluenti alpini ed appenninici; rappresentativo, per la zona di studio quello rappresentato dalla valle del Ticino.

La geologia locale è caratterizzata dalle formazioni che interessano gran parte della Pianura Padana:

Q1r - DEPOSITI DEL "DILUVIUM RECENTE" - Fluviale Wurm costituiti da sabbie e limi sabbiosi alterati nella parte superficiale con locali lenti argillose e ghiaietto, nella porzione di territorio comunale più elevata topograficamente ed appartenente al margine sud del Piano Generale Terrazzato (età: PLEISTOCENE RECENTE),

Q2r - "ALLUVIONI DELL'ALLUVIUM RECENTE" costituite prevalentemente da ghiaie, sabbie e limi, con locali accumuli torbosi; interessano la piana dalla base del salto morfologico fino all'alveo attuale del F. Ticino (età: OLOCENE)

Tali depositi denotano la loro origine determinata da fenomeni di divagazione fluviale e dal periodico alternarsi di episodi di piena e di magra con conseguenti variazioni nella capacità di trasporto e deposito.

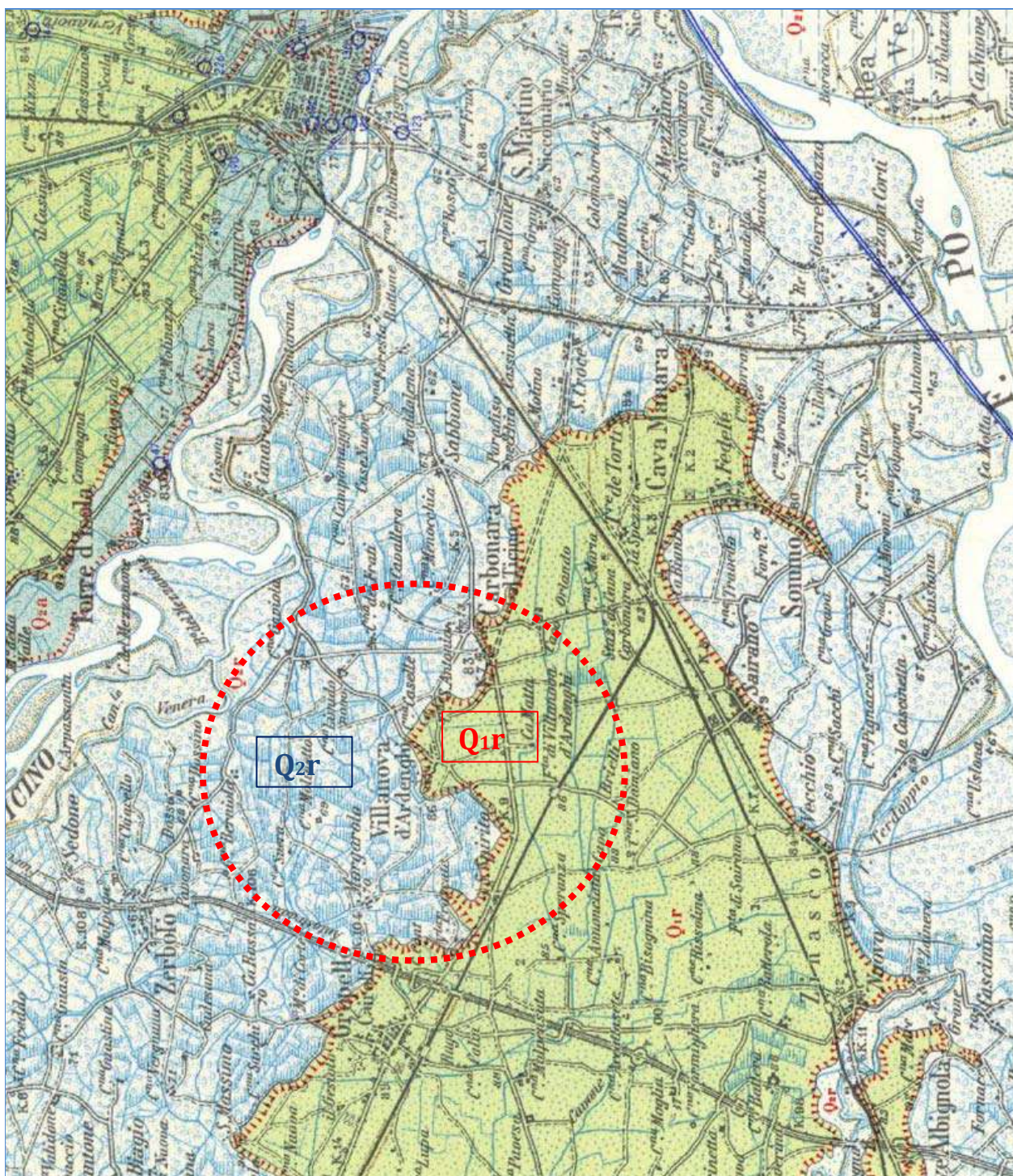
Va notata una sostanziale differenza tra i depositi olocenici e quelli pleistocenici; i primi presentano una notevole disomogeneità litologica, alternando la presenza di ghiaie, sabbie ed argille, con sensibili variazioni granulometriche sia in senso laterale che verticale, mentre i secondi sono piuttosto uniformi, essendo generalmente costituiti da consistenti depositi sabbiosi e ghiaiosi con presenza di lenti a granulometria più fine.

I caratteri delle successioni sopra descritte sono stati desunti principalmente dall'analisi delle stratigrafie di prove geognostiche eseguite nell'area, quali trincee e sondaggi geognostici e in subordine prove penetrometriche, nonché da informazioni di carattere bibliografico sull'area inglobante quella di specifico interesse

In particolare, le stratigrafie dei pozzi profondi più prossimi all'area d'interesse, le cui diagrafie sono riportate nelle pagine seguenti (per l'ubicazione si rimanda alla planimetria di "Studio Geologico per PGT 2010), evidenziano la presenza di una successione alluvionale caratterizzata fino alla profondità di circa 70-80 m, dalla netta presenza di depositi sabbiosi con alternanze di livelli (di spessore anche di 4 m) di argille e, per quanto riguarda gli orizzonti sottostanti, dalla prevalenza di depositi argillosi alternati a depositi sabbiosi o sabbioso-ghiaiosi

Le formazioni superficiali sopra descritte sono rappresentate nella figura a seguire:

CARTA GEOLOGICA d'I. – Fg 59 / Pavia (Stralcio)



Geomorfologia del territorio comunale

L'area sulla quale si estende il Comune di Villanova viene caratterizzata dal terrazzo morfologico principale della Pianura Padana, che attraversandola in direzione E-W separa, con un salto di quota variabile tra i 10 ed i 20 metri, il ripiano superiore, appartenente all'estremo margine sud del **Piano Generale terrazzato**, dalla valle attuale del Fiume Ticino.

I sedimenti di tale ripiano, abbandonati dal Fiume Po e dai suoi affluenti alpini, e strutturati secondo il classico sistema dei terrazzi fluviali sono il risultato delle vicende climatiche che hanno interessato la regione nel Pleistocene (glaciazioni) e nell'Olocene (alternanza di piene e magre).

Sono inoltre da rilevare alterazioni morfologiche del territorio dovute all'esercizio dell'attività estrattive ora dimesse.

Gli interventi tuttora visibili, in quanto non completamente mascherati dalla ricrescita spontanea della vegetazione arborea e arbustiva naturale; sistono altresì antiche fosse di cava di limitata estensione areale, alcune delle quali raggiungono la superficie freatica, nel piano basso (attuale valle del Ticino).

Si riporta di seguito uno stralcio con le relative schede.

2.2 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Le acque sotterranee

Sono state effettuate indagini idrogeologiche finalizzate a valutare le caratteristiche degli acquiferi contenuti nel sottosuolo comunale e le possibili interferenze tra falda superficiale ed aree di possibile sviluppo urbanistico.

Nell'ambito del territorio comunale (e dei comuni limitrofi posti al margine meridionale del Piano Generale terrazzato) si trovano depositi continentali quaternari aventi uno spessore medio, inferiore ai 200 metri, che va progressivamente assottigliandosi verso Sud, fino ai primi rilievi collinari oltrepadani, dove affiora il substrato marino (PLIOCENE); tali depositi sono sede di acquiferi più o meno in comunicazione fra di loro secondo un sistema multifalda.

Gli strati fino ad 80 - 90 metri di profondità, identificabili con i depositi fluviali pleistocenici, sono prevalentemente sabbioso-ghiaiosi con rari livelli limosi e argillosi mentre i depositi sottostanti (Villafranchiano) sono caratterizzati da potenti bancate limoso-argillose intercalate a livelli non continui di materiale sabbioso e ghiaioso.

Emerge pertanto una elevata permeabilità dei livelli superiori, tale da consentire un notevole afflusso di acque superficiali in falda e da determinare una considerevole circolazione idrica sotterranea con direzione prevalente, in accordo con quella dell'idrografia superficiale, verso il Ticino (ed in subordine verso l'asse principale della pianura rappresentato dalla valle del PO).

Negli strati sottostanti, che pure risultano in comunicazione con i primi, si può invece ipotizzare un diverso regime idrodinamico con direzioni variabili all'interno dei vari acquiferi.

All'interno dell'area comunale la litologia dei terreni superficiali presenta caratteri differenti tra il piano alto (P.G.T.) e la fascia più bassa, che comprende la piana tra il piede della scarpata morfologica ed il Ticino; in quest'ultima, infatti, si rinvenivano depositi fluviali olocenici, rappresentati da materiali sabbioso-ghiaiosi, a varie granulometrie, alternati a lenti limoso-argillose ed a torbe, denotando le continue variazioni di trasporto e di deposito delle correnti fluviali e l'alternarsi di episodi di piena e di stanca.

Tali sedimenti, accumulatisi nell'alveo inciso nei depositi pleistocenici dal fiume, hanno spessori limitati rispetto ai ben più potenti strati sottostanti.

La ricostruzione stratigrafica di massima del sottosuolo è stata effettuata sulla base di correlazioni tra i pozzi a stratigrafia nota disponibili nella zona e dei dati già presenti in letteratura.

La falda freatica

L'acquifero superficiale risulta avere un notevole spessore e caratteri di freaticità, non essendo gli strati argillosi presenti di estensione tale da impedire la comunicazione tra i vari livelli permeabili.

La prima falda si presenta pertanto altamente vulnerabile agli agenti inquinanti eventualmente presenti in superficie, che la possono facilmente contaminare per percolazione.

Fanno eccezione le rare aree che presentano un elevato spessore del suolo agrario o la presenza di livelli superficiali a bassa permeabilità.

Sulla base dei dati raccolti e delle misurazioni effettuate nei pozzi pubblici, e quando accessibili, dei pozzi privati correlati con le locali emergenze della falda (lanche, fosse di cava dismesse), è stato possibile definire l'andamento medio della superficie piezometrica che subisce, in primo luogo, l'influenza dei principali caratteri morfologici ed idrografici del territorio comunale.

La direzione di flusso dominante, comune a tutta la pianura, converge verso l'asse drenante costituito dal Fiume Po, ma, a livello locale, risente del richiamo rappresentato dal vicino alveo del fiume Ticino, che ha inciso nel Livello Principale della Pianura.

Nel piano alto si viene pertanto ad avere una soggiacenza media della falda freatica compresa tra 10 e 15 metri che aumenta in corrispondenza del margine della terrazza fluviale del fiume Ticino.

Va peraltro segnalato che, constatata la presenza nel sottosuolo di limitate lenti e/o livelli impermeabili, e considerato l'elevato apporto idrico prodotto durante la stagione irrigua dalle perdite della fitta rete di fossi e canali e dalle risaie, si instaurano locali "Falde sospese" che hanno durata stagionale, ma che possono raggiungere quote prossime al piano-campagna (1.5 - 2 metri).

Il livello piezometrico medio nel piano basso si trova invece da 1,5 a 5 metri, e la direzione di flusso della falda risente del richiamo esercitato sia dall'alveo del Ticino; anche la disomogeneità dei depositi ivi presenti, con zone ad elevata permeabilità per la presenza di paleoalvei ed altre, dove si depositò materiale di "stanca", a permeabilità medio-bassa, si ripercuote sull'andamento altimetrico e planimetrico della falda.

Le escursioni stagionali in entrambi i piani sono strettamente legate, più che agli eventi pluviometrici, all'elevato apporto idrico che si verifica nella stagione irrigua e subiscono oscillazioni anche superiori ai 2 metri.

Sono state evidenziate le seguenti unità idrogeologiche (con riferimento al loro diverso significato geomorfologico):

Alluvioni della superficie principale della pianura, costituiti prevalentemente da sabbie, a permeabilità primaria elevata, per porosità, con locali intercalazioni di orizzonti a granulometria più fine (limi argillosi) che ne riducono la permeabilità complessiva; banchi di argille (Pleistocene recente).

Alluvioni sul fondo delle incisioni fluviali, alluvioni sabbioso-ghiaiose a permeabilità primaria elevata, con locali depositi limosi, torbe (Olocene medio)

3.0 CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE

L'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 sulla G.U. in data 08/05/2003 ed entrata in vigore, per gli aspetti inerenti la classificazione sismica, dal 23/10/05) individuava in prima applicazione le zone sismiche sul territorio nazionale e forniva le normative tecniche da adottare per le costruzioni nelle zone stesse, recepita dalla Regione Lombardia con d.g.r. n° 14964 del 07/11/2003 .

Ai sensi di tale ordinanza, e successive integrazioni, il territorio comunale di **Villanova d'Ardenghi** era inserito in **zona 4**.

Ad integrazione dello Studio Geologico, geomorfologico ed idrogeologico per la pianificazione del territorio comunale, venivano anche richieste **l'analisi della sismicità e la redazione di una “Carta della pericolosità sismica”**, secondo le modalità indicate in **All.5** alla D.G.R. n° 8/1566 del 22/12/2005 “**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**”.

Un aggiornamento dello studio di pericolosità di riferimento nazionale (Gruppo di Lavoro, 2004), previsto dall'OPCM 3274/03, è stato adottato con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006. Il nuovo studio di pericolosità, allegato all'Opcm n. 3519, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione (a_g), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche.

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

Tabella 3.1: Suddivisione delle zone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido (OPCM 3519/06)

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008) hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali; per ciascuna zona viene fornito un valore di accelerazione di picco, e quindi di spettro di risposta elastico, da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche.

Dal 1 luglio 2009 Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio “sito dipendente” e non più tramite un criterio “zona dipendente”; un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

Ai fini della definizione della azione sismica di progetto (punto 3.2.2), deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale.

La classificazione può essere basata sulla stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio VS.

In base alle grandezze sopra definite si identificano le seguenti le categorie del suolo di fondazione:

- A** – *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di V_{S30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali livelli di alterazione superficiale con spessore massimo pari a 3m.
- B** – *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica NSPT > 50, o coesione non drenata $C_u > 250$ kPa).*
- C** – *Depositi di terreni 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, caratterizzati da valori di VS30 compresi tra 180 e 360 m/s ($15 < NSPT < 50$, $70 < C_u < 250$ kPa).*
- D** – *Depositi di terreni 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 VS30 < 180 m/s ($NSPT < 15$, $C_u < 70$ kPa).*
- E** – *Terreni costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di VS30 simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con VS30 > 800 m/s.*

La classificazione è effettuata sulla base del parametro VS30 che rappresenta la velocità delle onde di taglio S riferita a 30 m di profondità e calcolata con l'espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i-esimo, per un totale di N strati presenti nei 30m superiori.

Il calcolo dell'amplificazione stratigrafica viene effettuato in base alle formule riportate nella seguente tabella di Amplificazione stratigrafica

Per sottosuolo di categoria **A** i coefficienti S_s ed S_c valgono 1.

Per le categorie di sottosuolo **B**, **C**, **D** ed **E** i coeff. S_s ed S_c possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_0 e T_c^* relativi al sottosuolo di categoria **A**, mediante le espressioni fornite nella Tab. a seguire, nelle quali g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

La categoria che meglio si identifica con i tipi litologici presente nel territorio comunale (e nel suo intorno), e che ottiene conferma nei dati delle indagini geotecniche e MASW, attuali e pregresse, disponibili per il territorio comunale, è:

C – Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza.

In accordo con le disposizioni normative nazionali e coerentemente con la mappa di pericolosità sismica, la Giunta Regionale ha approvato, con d.g.r. 11 luglio 2014 n. X/2129, l'aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia, che sarebbe dovuto entrare in vigore dal 14 ottobre 2014.

Con successiva delibera, la d.g.r. 10 ottobre 2014 n. X/2489, la Giunta Regionale ha stabilito il differimento della dgr 2129/2014 al 14 ottobre 2015, disponendo tuttavia che nelle more dell'entrata in vigore della nuova classificazione sismica nei Comuni riclassificati dalla Zona 4 alla Zona 3: tutti i progetti delle strutture riguardanti nuove costruzioni dovranno essere redatti in linea con le norme tecniche vigenti nella Zona Sismica 3.

Pertanto a seguito di tale aggiornamento in Comune di Villanova d'Ardenghi, riclassificato in Zona Sismica 3 (sismicità bassa), dovrà essere adottato un regime normativo più restrittivo e maggiormente attento alla componente sismica sia a livello di pianificazione che di progettazione degli interventi.

L'aggiornamento della zonazione sismica permette di armonizzare la suddivisione tecnico amministrativa del territorio regionale in zone sismiche con il reticolo dei parametri sismici, basato sulla citata mappa di pericolosità sismica estesa a tutto il territorio nazionale, che rappresenta il riferimento della **progettazione antisismica** delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC08), attraverso il quale è possibile determinare l'azione sismica agente sulle costruzioni in un generico sito.

4.0 AGGIORNAMENTO COMPONENTE SISMICA

4.1 Definizione di Rischio Sismico e di Pericolosità Sismica

Le analisi e gli studi riguardanti la pericolosità sismica locale (PSL) hanno permesso di individuare, in determinate caratteristiche proprie del terreno e del suo assetto morfologico, alcune delle cause che possono variare la pericolosità sismica di base (PSB) di un territorio e di conseguenza rendere alcune aree più pericolose di altre.

I differenti effetti che le condizioni locali di un'area possono determinare, sono suddivisi in due categorie principali:

1. **Effetti di sito o di amplificazione sismica locale:** interessano i terreni che presentano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese e sono legati alle caratteristiche topografiche e/o litologiche del territorio in grado di generare un'esaltazione locale delle azioni sismiche di base;
2. **Effetti di instabilità:** interessano i terreni che presentano un comportamento instabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese e possono causare fenomeni di franamento, di liquefazione, di subsidenza, di cedimento assoluto e differenziale.

All'interno del d.m. 14 gennaio 2008, la **pericolosità sismica** costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati.

Nello specifico la regione Lombardia prevede livelli di analisi e di approfondimento sismico in fase pianificatoria diversi in funzione della zona sismica di appartenenza (D.g.r. 30.11.11 n. IX/2616).

Nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 e smi il comune di Albuzzano ricadeva in zona sismica 4, classificazione che è stata rivista con la DGR n. X/2129 del 14 Luglio 2014 (entrata in vigore il 10 Aprile 2016) ed il comune in esame è stato inserito in **zona sismica 3**.

Con l'entrata in vigore della nuova classificazione sismica, nei Comuni riclassificati dalla Zona 4 alla Zona 3 e dalla Zona 3 alla Zona 2, tutti i progetti delle strutture riguardanti nuove costruzioni - pubbliche e private - dovranno essere redatti in linea con le norme tecniche vigenti, rispettivamente, nelle Zone 3 e 2.

Nella tabella e nelle figure a seguire si riportano i valori di accelerazione (ag max) previsti dalla DGRX/2129/2014, e mappe di pericolosità sismica per il comune in esame.

Bollettino Ufficiale

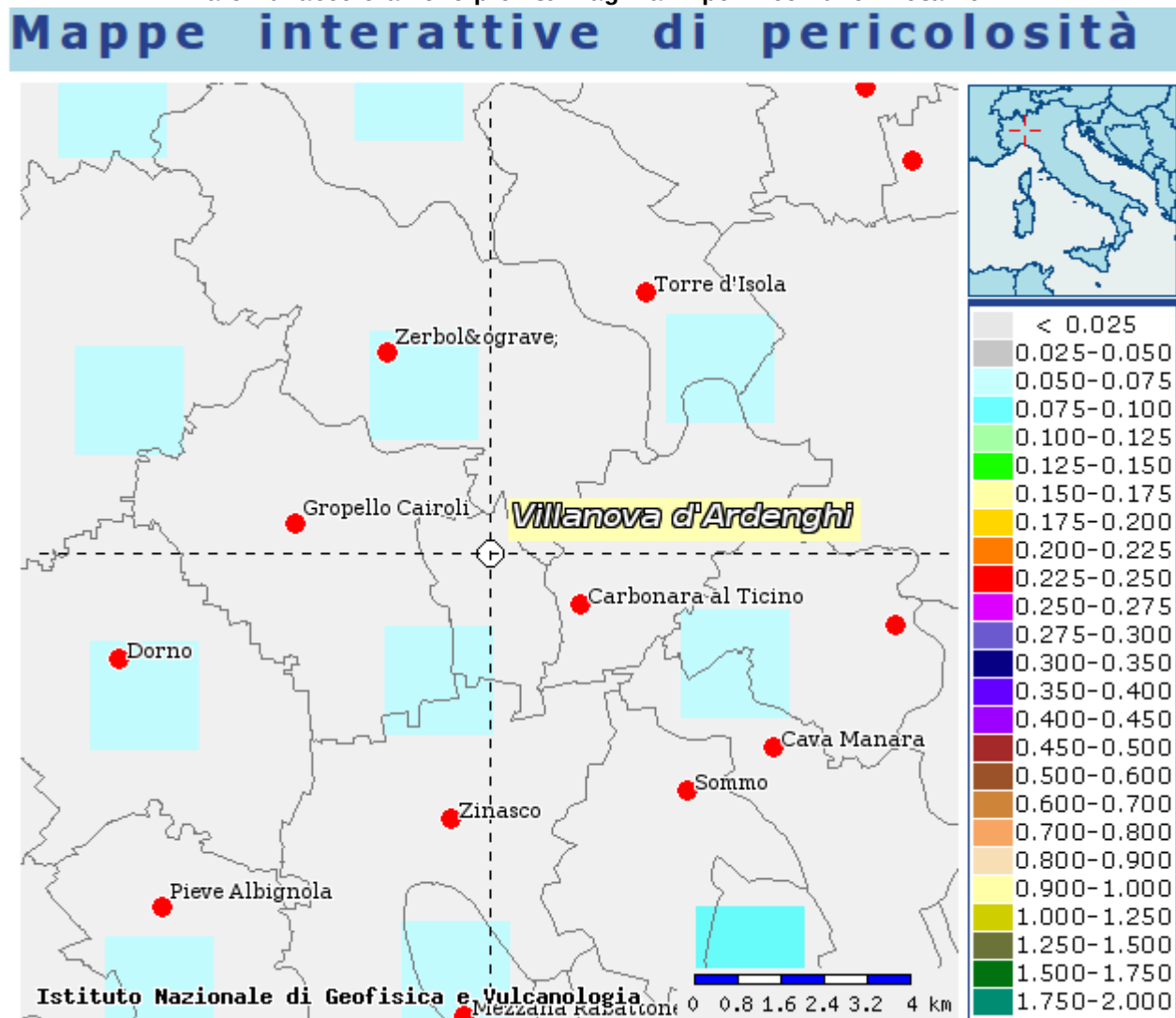
- 31 -

 Regione Lombardia

Serie Ordinaria n. 29 - Mercoledì 16 luglio 2014

ISTAT	Provincia	Comune	Zona Sismica	AgMax
03018179	PV	VILLANOVA D'ARDENGHI	3	0,065198

Valori di accelerazione previsti – ag max - per il comune in esame.



La pericolosità sismica sopra citata rappresenta la **pericolosità sismica di base**, derivante da studi condotti a livello nazionale che hanno portato alla realizzazione del **reticolo o griglia di riferimento**; individuata, per un determinato tempo di ritorno **TR (intervallo di riferimento)**, l'azione sismica di base, l'azione sismica di progetto viene ottenuta tenendo in considerazione la risposta sismica locale del sito in esame, ossia gli effetti di amplificazione sismica locale.

L'azione sismica di progetto si definisce pertanto a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito d'interesse che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche in base alla quali sarà valutato il rispetto dei diversi stati limite considerati (Tab.3.2.1),

CALCOLO DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO

Tabella 3.2.I – Probabilità di superamento P_{V_R} al variare dello stato limite considerato

Stati Limite		P_{V_R} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa **ag**, in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria **A**, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente) e **Se (T)**, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza **Pvg**, nel periodo di riferimento V_R . In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento **Pvg**, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- **ag** accelerazione orizzontale massima al sito;
- **F₀** 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, necessari per la determinazione delle azioni sismiche, sono forniti per tutto il territorio nazionale, secondo un reticolo di riferimento (10 x 10Km) e un intervallo di riferimento (TR), nell'allegato B delle **"Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14 gennaio 2008"** e s.m.i..

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, nei modi chiaramente precisati dalle NTC, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche definiscono la risposta sismica locale.

Le classi A, B, C, D e E si riferiscono alla classificazione del sito da un punto di vista stratigrafico e litologico secondo il D.M. 14 gennaio 2008.

Categoria topografica	Caratteristiche della superficie topografica	Ubicazione dell'opera	S_t
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$.	-	1,00
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$.	Sommità del pendio	1,20
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$.	Cresta del rilievo	1,20
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$.	Cresta del rilievo	1,40

F_0 - amplificazione spettrale massima, su bedrock orizzontale - ha un valore minimo di 2,2 e si ricava, come a_g , dalla tabella allegata al D.M.14 gennaio 2008 (allegato B).

T_c - periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro - è dato da

$$T_c = C_c T_c^*$$

in cui T_c^* è un parametro fornito nell'allegato B del D.M. 14 gennaio 2008, mentre C_c si ottiene, in funzione della categoria del sottosuolo, con la seguente tabella:

Categoria sottosuolo	C_c
A	1,00
B	$1,10(T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,05(T_c^*)^{-0,33}$
D	$1,25(T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,15(T_c^*)^{-0,40}$

I parametri T_b e T_d sono correlati a T_c attraverso le seguenti relazioni:

$$T_b = \frac{T_c}{3}; T_d = 4,0a_g + 1,6$$

Dallo spettro di risposta elastico dell'accelerazione si ricava lo spettro di risposta dello spostamento, applicando, per ogni periodo T , la relazione:

$$u = a(g)g\left(\frac{T}{2\pi}\right)^2$$

dove g è l'accelerazione di gravità (981 cm/s^2).

Lo spettro di risposta elastico verticale si ottiene con le stesse relazioni viste per quello orizzontale, sostituendo il parametro F_0 con la grandezza F_v , data da:

$$F_v = 1,35F_0a_g^{0,5}$$

Si ricorda che i parametri a_g , F_0 e T_c^* vanno ricavati dall'allegato B del D.M. in funzione del tempo di ritorno (Tr) preso in considerazione. Il parametro Tr viene ricavato dalla seguente relazione:

$$Tr(anni) = -\frac{Vr}{\ln(1 - P_{vr})};$$

in cui Vr è la vita di riferimento dell'opera e P_{vr} la probabilità di superamento legata allo stato limite di calcolo.

La vita di riferimento (Vr) dell'opera si ottiene con la formula:

$$Vr(anni) = C_u V_n$$

dove V_n è la vita nominale dell'opera (Tabella I) e C_u un fattore moltiplicativo funzione della classe d'uso della struttura in progetto

A seguire si riportano le varie tabelle identificative.

Tabella I

TIPI DI COSTRUZIONE	Vita Nominale V_N (in anni)
Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva	□□10
Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza	≥50
Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥100

Tabella II

<i>Classe I:</i> Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
<i>Classe II:</i> Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso <i>III</i> o in Classe d'uso <i>IV</i> , reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
<i>Classe III:</i> Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso <i>IV</i> . Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
<i>Classe IV:</i> Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n.6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Tabella III

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_u	0,7	1,0	1,5	2,0

Il parametro PVR è invece funzione dello stato limite considerato, secondo la seguente tabella:

Tabella IV

Stati Limite	P_{VR}
Stato Limite di Operatività (SLO):	0,81
Stato Limite di Danno (SLD):	0,63
Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):	0,10
Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):	0,05

Con l'entrata in vigore del DM 14/01/2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni 2008) è stata superata, per l'azione sismica di progetto, la precedente zonatura e, tramite l'allegato B al DM, vengono fornite tabelle con i parametri che definiscono l'azione sismica relativamente ad un reticolo di riferimento da cui è possibile derivare i valori per ogni punto indagato.

La stima della pericolosità sismica, sulla scorta delle NTC, è appunto basata su una griglia di 10751 punti ove viene fornita la terna di valori a_g , F_o e T_c^* per nove distinti periodi di ritorno.

Per la determinazione di a_g (accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido) è necessario conoscere le coordinate geografiche dell'opera da verificare; si determina, quindi, la maglia di riferimento in base alle tabelle dei parametri spettrali fornite dal ministero e, sulla base della maglia interessata, si determinano i valori di riferimento del punto come media pesata dei valori nei vertici della maglia moltiplicati per le distanze dal punto.

UBICAZIONE TERRITORIO COMUNALE DI VILLANOVA D'ARDENGHI E INQUADRAMENTO NEL RETICOLO SISMICO .

Il sito in esame (con centro nel capoluogo, ove è stata eseguita MASW n°1/ campo sportivo) ha le seguenti coordinate geografiche:

Coordinate WGS84

latitudine: 45.171094
longitudine: 9.041188

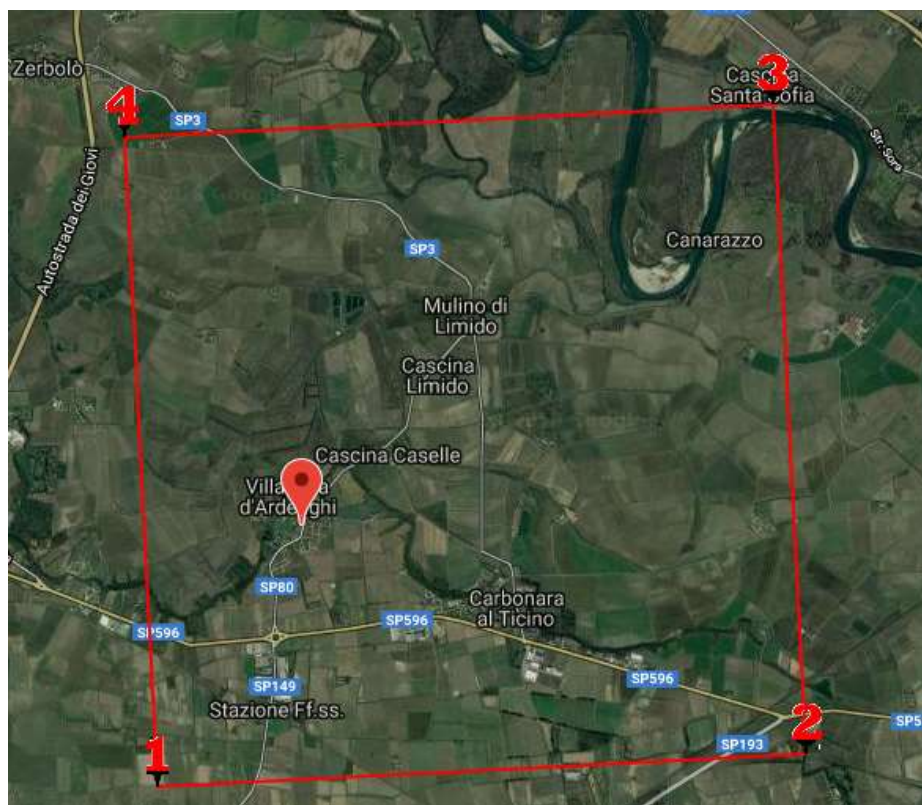
Coordinate ED50

latitudine: 45,172037
longitudine: 9,042245

Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 13590	Lat: 45,1520	Lon: 9,0266	Distanza: 2544,974
Sito 2	ID: 13591	Lat: 45,1546	Lon: 9,0973	Distanza: 4731,722
Sito 3	ID: 13369	Lat: 45,2045	Lon: 9,0936	Distanza: 5409,993
Sito 4	ID: 13368	Lat: 45,2019	Lon: 9,0229	Distanza: 3653,657



Parametri sismici

Categoria sottosuolo: **C**

Categoria topografica: **T1**

Periodo di riferimento: **50anni**

Coefficiente cu: **1,0**

STATO LIMITE	Probab. di super.	Tr [anni]	a _g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81%	30	0,021	2,535	0,184
Danno (SLD)	63%	50	0,027	2,526	0,203
Salvaguardia vita (SLV)	10%	475	0,063	2,549	0,281
Prevenzione collasso (SLC)	5%	975	0,081	2,545	0,285

COEFFICIENTI SISMICI

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss amplificazione stratigrafica	1,500	1,500	1,500	1,500
Cc Coeff. funz. categoria	1,840	1,780	1,600	1,590
St Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00
Kh	0,006	0,008	0,019	0,024
Kv	0,003	0,004	0,009	0,012
A _{max}	0,304	0,398	0,926	1,197
β	0,200	0,200	0,200	0,200

A seguito inoltre della pubblicazione del D.M. 17.1.2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche di Costruzioni" (G.U. n° 42 del 20.2.2018)

Andranno recepite le seguenti variazioni introdotte per gli aspetti geologici, sismici e geotecnici:

- 2) Viene dato maggiore impulso alle analisi specifiche di RSL.
- 3) Per quanto riguarda l'approccio semplificato, la classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con

h_i = spessore dello strato i -esimo

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

N = numero di strati

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/sec

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni supali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

- 4) Viene eliminata la possibilità di ricavare la categoria di sottosuolo mediante $N_{SPT,30}$ o $Cu,30$
- 5) Per quanto riguarda le categorie di sottosuolo, vengono eliminate le categorie S1 ed S2, mentre con l'utilizzo della V_s equivalente, le categorie di sottosuolo B, C e D vengono ampliate inglobando alcune configurazioni che rientravano in S2, quando il bedrock sismico si posizionava tra i 3 ed i 25 metri dal piano di riferimento. Inoltre la Categoria di sottosuolo D (che nelle NTC 08 erano definite con $V_{s,30} < 180$ m/sec) viene classificata con valori di $V_{s,eq}$ compresi tra 100 e 180 m/sec.

Di seguito si riporta la nuova tabella di riferimento:

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Annunci rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti 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, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa moderatamente addensati o terreni a grana fina moderatamente 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.
D	Depositi di terreni a grana grossa sovrappiamente addensati o di terreni a grana fina sovrappiamente 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 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

4.2 Analisi della Pericolosità Sismica locale

In base alle disposizioni riportate all'interno della d.g.r. 2616/2011, la valutazione della **Pericolosità Sismica Locale (PSL)** e degli effetti prodotti dalle condizioni locali di una determinata area avviene attraverso una procedura organizzata in una struttura modulare.

Tale procedura prevede tre livelli di approfondimento, con grado di dettaglio in ordine crescente:

1° Livello di approfondimento: approccio di tipo qualitativo, permette il riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica, e quindi dei differenti scenari di pericolosità sismica locale, sulla base dei dati relativi all'assetto geologico, geomorfologico, litologico, idrogeologico e geotecnico del territorio in esame, propedeutico ai successivi livelli di approfondimento.

2° Livello di approfondimento: approccio di tipo semi – quantitativo, permette l'analisi degli effetti di sito o di amplificazione sismica locale attraverso la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (Fa).

3° Livello di approfondimento: approccio di tipo quantitativo, permette l'analisi sia degli effetti di instabilità, attraverso indagini ed analisi approfondite, che degli effetti di sito o di amplificazione sismica locale, con metodologie che prevedono un dettaglio maggiore di quelle utilizzate nel 2° livello.

In funzione dello scenario di pericolosità sismica locale (PSL), così come individuato nel 1° livello di approfondimento, e della zona sismica di appartenenza del territorio comunale in esame, ai sensi dell'O.P.C.M. 3274/03, si dovrà passare ove previsto ai successivi livelli.

Si riportano di seguito le tabelle, di cui alla d.g.r. 2616/2011, nella quale sono elencati i principali scenari di pericolosità sismica locale (PSL), individuati attraverso una sigla alfanumerica, e gli effetti che potrebbero verificarsi all'interno delle aree ad essi associate in occasione di un evento sismico.

SIGLA	SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE (PSL)	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti	Cedimenti
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Nella tabella a seguire vengono indicati i livelli di approfondimento da effettuarsi in funzione della zona sismica di appartenenza del territorio comunale

LIVELLI DI APPROFONDIMENTO E FASI DI APPLICAZIONE			
	FASE PLANIFICATORIA		FASE PROGETTUALE
	1° LIVELLO	2° LIVELLO	3° LIVELLO
ZONA SISMICA 2 - 3	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato ed urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	- Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1 e Z2.
ZONA SISMICA 4	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n° 19904/03)	- Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1 e Z2 per edifici strategici e rilevanti.

In sintesi:

1° Livello: fase pianificatoria – Obbligatorio per tutti i comuni della Regione Lombardia ed esteso a tutto il territorio comunale.

2° Livello: fase pianificatoria - Zone sismiche 2 e 3: obbligatorio nelle aree PSL Z3 e Z4 interferenti con l'urbanizzato esistente o di previsione.

3° Livello: fase progettuale - Il 3° livello si applica in fase progettuale agli scenari qualitativi suscettibili di instabilità (Z1b e Z1c), cedimenti e/o liquefazioni (Z2), per le aree suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4) che sono caratterizzate da un valore di Fa superiore al valore di soglia corrispondente così come ricavato dall'applicazione del 2° livello.

da Serie Ordinaria n. 3 - Giovedì 19 gennaio 2012 – 96 – Bollettino Ufficiale Regione Lombardia - INTEGRALE RIPUBBLICAZIONE

«Delibera di giunta regionale 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" **ALLEGATO 5 - ANALISI E VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SISMICI DI SITO IN LOMBARDIA FINALIZZATE ALLA DEFINIZIONE DELL'ASPETTO SISMICO NEI P.G.T. – Cap.2.3 - 3° LIVELLO**

Nel caso di sovrapposizione di più scenari sul medesimo ambito territoriale, si dovrà procedere con il grado di approfondimento più cautelativo.

Gli approfondimenti di 2° e 3° livello non dovranno essere eseguiti in quelle aree che, per situazioni geologiche, geomorfologiche e ambientali, o perché sottoposte a vincolo da particolari normative, siano considerate inedificabili, fermo restando tutti gli obblighi derivanti dall'applicazione di altra normativa specifica.

4.3 Applicazione della metodologia al territorio comunale

Il Comune di Villanova d'Ardenghi è ora considerato **Zona Sismica 3** e, sulla base delle indicazioni riportate in precedenza, il 1° livello di approfondimento in fase di pianificazione è obbligatorio e deve essere esteso all'intero territorio comunale.

Successivamente all'analisi delle aree di pericolosità sismica locale (PSL) individuate in questa fase, verrà valutato se sono presenti condizioni propedeutiche all'applicazione dei livelli di approfondimento successivi.

PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Il primo livello di approfondimento prevede la redazione della *"Carta della pericolosità sismica locale"* (Tav. "Pericolosità sismica locale" / Studio Geologico Vigente – Tav. "Pericolosità sismica locale" –

Aggiornamento 2018 / Riedizione Dott. Geol. A. Zorzoli), all'interno della quale sono rappresentati gli ambiti territoriali caratterizzati dagli scenari di pericolosità sismica locale (PSL) individuati nel contesto territoriale in esame, in grado di determinare gli effetti sismici locali.

Gli scenari PSL riconosciuti all'interno del territorio comunale di Villanova d'Ardenghi sono esposti a seguire; non vengono variati in tale sede, ma vengono meglio definiti alcuni aspetti procedurali, in linea con la normativa vigente:

- **Scenario PSL Z3a** : zone di ciglio con H scarpata ≥ 10 metri..
- **Scenario PSL Z4a** – zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio – glaciali granulari e/o coesivi.

SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE Z3a (amplificazioni topografiche)

All'interno dello scenario di pericolosità sismica locale viene individuato lo scenario Z3a, corrispondente a cigli di scarpata, suscettibili di amplificazioni sismiche di tipo topografico, determinabili dalla geometria (altezza e inclinazione) dei profili.

Gran parte della scarpata morfologica che delimita la Valle del Ticino, ed anche nel tratto che interessa il territorio di Villanova, presenta altezze superiori ai 10 metri; viene pertanto evidenziata sulla Carta della Pericolosità sismica come elemento lineare.

In caso di approfondimenti di II° livello nella zona interessata saranno opportune adeguate verifiche topografiche di dettaglio per definire a scala progettuale gli scenari Z3 (approfondimenti a dettaglio maggiore, da prevedere preliminarmente alla fase progettuale in funzione sia della tipologia dell'opera che dell'utilizzo della stessa, in particolar modo per edifici con funzioni pubbliche e strategiche importanti e/o edifici rilevanti il cui uso prevede affollamenti significativi)

SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE Z4a (Effetti di amplificazione litologica)

Effetti di amplificazione litologica: si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie sepolte (bacini sedimentari, chiusure laterali, corpi lenticolari, eteropie ed interdigitazioni, gradini di faglia ecc.) e da particolari profili stratigrafici costituiti da litologie con determinate proprietà meccaniche; tali condizioni possono generare esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno, fenomeni di risonanza fra onda sismica incidente e modi di vibrare del terreno e fenomeni di doppia risonanza fra periodo fondamentale del moto sismico incidente e modi di vibrare del terreno e della sovrastruttura.

CONSIDERAZIONI RELATIVE AL 1° LIBELLO DI APPROFONDIMENTO

L'applicazione del 1° livello di approfondimento ha permesso di individuare, all'interno del territorio comunale di Villanova d'Ardenghi, che appartiene alla Zona Sismica 3, lo scenario di pericolosità sismica locale **PSL Z3a** e lo scenario di pericolosità sismica locale **PSL Z4a**, e pertanto si passa a:

· 2° Livello: fase pianificatoria

- nelle aree PSL Z3a e PSL Z4a se interferenti con urbanizzato ed urbanizzabile

SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Attraverso il 2° livello di approfondimento viene effettuata una caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione litologica attesi all'interno delle aree individuate nella procedura di 1° livello prevista per lo scenario di pericolosità sismica PSL Z4a (potenzialmente presente).

La procedura utilizzata, come descritto in All. 5 della d.g.r. 2616/2011, fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (F_a), riferito agli intervalli di periodo tra **0,1–0,5 s** e **0,5–1,5 s**, opportunamente 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.

L'applicazione del 2° livello di approfondimento permette di individuare le aree nelle quali la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale, ovvero se il F_a calcolato risulta superiore al F_a di soglia, fornito dal Politecnico di Milano, relativo al Comune di Villanova d'Ardenghi, riferito ad entrambi gli intervalli di periodo sopra menzionati ed in funzione della categoria di sottosuolo di riferimento, di cui al d.m. 14-01-2008.

La procedura relativa agli effetti litologici consiste brevemente in:

_ Individuazione della litologia prevalente nel territorio in esame, attraverso l'analisi effettuata nello Studio Geologico di Piano Vigente (comprese stratigrafie pozzi profondi presenti nell'intorno).

_ Definizione della distribuzione delle Vs (velocità delle onde di taglio) con la profondità fino a valori di Vs $\geq$ 800 m/s e della categoria di sottosuolo di riferimento, di cui al d.m. 14-01-2008.



il valore della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{s,eq}$ (in m/s), secondo "Aggiornamento Norme tecniche di costruzione /2018" viene ora calcolato mediante la seguente relazione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

_ Scelta della scheda litologica di valutazione di riferimento, riportata in All. 5 della d.g.r. 2616/2011.

_ Determinazione algebrica del Fa relativo ai due intervalli di periodo citati.

_ Confronto tra il Fa calcolato ed il Fa di soglia relativo al territorio comunale.

_ Considerazioni conclusive.

In base ai dati disponibili dell'analisi delle colonne stratigrafiche disponibili, è possibile individuare come litotipi dominanti sino ad una profondità di almeno 30 m dal p.c., valore di riferimento per la definizione della categoria di sottosuolo (Vs30), i depositi sabbioso limosi la cui granulometria rientra in quelle previste nella scheda litologica di valutazione denominata "**scheda litologica sabbiosa**", che rappresenta il modello di riferimento per le successive elaborazioni.

Dall'analisi della distribuzione in profondità dei valori delle Vs, ottenuti mediante le indagini geofisiche MASW nelle zone su indicate (e riportate su Tav. "Carta della Pericolosità sismica" – Agg. 2018), è stato verificato che tale scheda litologica è l'unica, tra quelle proposte dal Politecnico e riportate in All. 5 della d.g.r. 2616/2011, che presenta un campo di validità compatibile con l'andamento delle Vs misurato.

Un limite della procedura proposta, in ambito di pianura in cui i depositi alluvionali si sviluppano per centinaia di metri al di sopra del substrato, è il raggiungimento del bedrock sismico (Vs $\geq$ 800 m/s) con gli usuali metodi geofisici diretti ed indiretti.

In mancanza di raggiungimento del bedrock, la stima della profondità alla quale le Vs $\geq$ 800 m/s è effettuata in base a correlazioni con stratigrafie di pozzi ed ipotizzando un opportuno gradiente di Vs con la profondità a partire dai dati ottenuti dall'indagine geofisica realizzata.

La scelta della profondità del bedrock sismico è connessa all'esperienza ed alle conoscenze geologiche e geofisiche dei tecnici che eseguono ed interpretano le indagini geofisiche.

Considerato l'ambito territoriale in esame e la disponibilità di indagini geognostiche utilizzate per la caratterizzazione dei terreni (in sede di redazione dello Studio Geologico per il PGT) è possibile considerare il territorio comunale sostanzialmente omogeneo dal punto di vista lito stratigrafico, pertanto, **a livello di pianificazione comunale**, i dati ottenuti con le indagini sismiche a disposizione sono da ritenersi significativi.

Ciò non esclude, a livello progettuale, l'esecuzione di indagini puntuali per le verifiche previste dalla normativa sismica vigente. Per ogni opera proposta.

Per le due aree indagate (+ area esterna al centro abitato, pregressa) si è valutato il periodo proprio di oscillazione del sito ed i Fattori di amplificazione Fa, utilizzando le espressioni matematiche riportate in All. 5 della d.g.r. 2616/2011 relative, in ogni caso, alla **curva n° 2**.

L'equazione attraverso la quale è stato calcolato il **periodo proprio T del sito**, calcolato considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui Vs $\geq$ 800 m/s (bedrock sismico) e necessario per l'utilizzo della scheda litologica di valutazione scelta, è la seguente:

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

In considerazione del mancato raggiungimento del bedrock sismico con le indagini geognostiche e geofisiche per l'elevato spessore della copertura alluvionale presente nelle nostre zone di pianura, e con le correlazioni empiriche utilizzate, sono state in via cautelativa considerate profondità del bedrock intorno ai 50 m da p.c..

E' stata eseguita dallo scrivente una nuova indagine che interessa la fascia est del centro abitato (di prevista espansione urbanistica).

A) Centro abitato principale

L'interpretazione delle misure geofisiche realizzate nell'area consente di definire le caratteristiche litologiche e di rigidità dei depositi naturali compatibili con la Categoria di suolo descritta nella seguente TABELLA.

C. Sabbie e ghiaie mediamente addensate, argille (Nspt 15-50; cu 70-250 kPa):
V s30 180-360 m/s

A fronte di una Vs 30 calcolata per il sito pari a :

MASW 1 VsE =242 m/s	categoria C
----------------------------	--------------------

Utilizzando il valore del periodo di oscillazione proprio calcolato (modalità descritte sopra) **T = 0,80** si ottengono valori di soglia rispettivamente:

Fa = 1,00 per edifici bassi (Fa di riferimento per i terreni di tipo C =1,80)

Fa = 1,85 per edifici alti (Fa di riferimento per i terreni di tipo C = 2,40).

B) Per la zona industriale si sono considerate indagini disponibili in Comune realizzate per realizzazione nuovi fabbricati produttivi 2014 / privati) che, confrontate con quelle di nuova esecuzione, confermano l'uniformità del territorio urbanizzato e/o urbanizzabile del Comune di Villanova

Anche qui l'interpretazione delle misure geofisiche realizzate nell'area consente di definire le caratteristiche litologiche e di rigidità dei depositi naturali compatibili con la Categoria di suolo descritta nella seguente TABELLA.

C. Sabbie e ghiaie mediamente addensate, argille (Nspt 15-50; cu 70-250 kPa):
V s30 180-360 m/s

A fronte di una Vs 30 calcolata per il sito pari a :

MASW 2 (zona industriale)	Vs = 283 m/s	categoria C
----------------------------------	---------------------	--------------------

I valori di soglia del Fa riferiti al **Comune di Villanova d'Ardenghi** –, sono riportati nella banca dati "analisi sismica – soglie lombardia dgr 7374_2008",

PR	CM	COMUNE	INTERVALLO	Valori soglia			
				B	C	D	E
18	179	VILLANOVA D'ARDENGHI	0.1 - 0.5	1,4	1,8	2,2	2,0
18	179	VILLANOVA D'ARDENGHI	0.5 - 1.5	1,7	2,4	4,2	3,1

4.4 – CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE RELATIVE AL 2° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Il 2° livello di approfondimento è stato applicato alle zone interferenti con urbanizzato ed urbanizzabile appartenenti allo scenario di pericolosità sismica locale PSL Z4a; in ognuno di essi, è stato calcolato il Fattore di amplificazione litologica atteso (F_a), secondo le indicazioni della d.g.r. 2616/2011, sia relativamente all'intervallo di periodo 0,1–0,5 s che all'intervallo di periodo 0,5–1,5 s, tipici delle tipologie edilizie più comuni.

I valori di F_a calcolati sono stati successivamente confrontati con i F_a di soglia proposti dalla normativa relativamente al territorio comunale di Villanova ed alla categoria di sottosuolo considerata (categoria C), ed è stato ottenuto il seguente risultato:

F_a (calcolato) < F_a (soglia)
--

Pertanto, nelle zone interferenti con urbanizzato ed urbanizzabile interessate dagli scenari sismici individuati, in fase di progettazione edilizia sarà possibile applicare lo spettro previsto dalla normativa vigente per la categoria di sottosuolo C, la quale dovrà essere verificata attraverso opportune indagini geognostiche e geofisiche, come indicato nelle "Norme Geologiche di Piano" e relativa Normativa di riferimento (nuove NTC 2018)

Gli approfondimenti di 2° e 3° livello non vanno eseguiti in quelle aree che, per situazioni geologiche, geomorfologiche e ambientali o perché sottoposte a vincolo da particolari normative, siano considerate inedificabili, fermo restando tutti gli obblighi derivanti dall'applicazione di altra normativa specifica.

3° LIVELLO: DEFINIZIONE DEGLI EFFETTI DI AMPLIFICAZIONE TRAMITE INDAGINI E ANALISI PIÙ APPROFONDITE.

Tale livello si applica, in sede di progettazione, nei casi:

- a seguito dell'applicazione del 2° livello, risulti inadeguata la normativa sismica nazionale per gli scenari PSL di zone Z3a e Z4a;

Il 3° livello è obbligatorio anche nel caso in cui si stiano progettando costruzioni il cui uso prevede affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, sociali essenziali.

La procedura prevede pertanto di valutare il valore di F_a con le schede di valutazione e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia considerando una variabilità di + 0.1, che tiene in conto la variabilità del valore di F_a ottenuto.

Si possono presentare quindi due situazioni:

- il valore di F_a è 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;
- il valore di F_a è 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;
 - anziché lo spettro della categoria di suolo C si utilizzerà quello della categoria di suolo D;
 - anziché lo spettro della categoria di suolo E si utilizzerà comunque quello della categoria di suolo D.

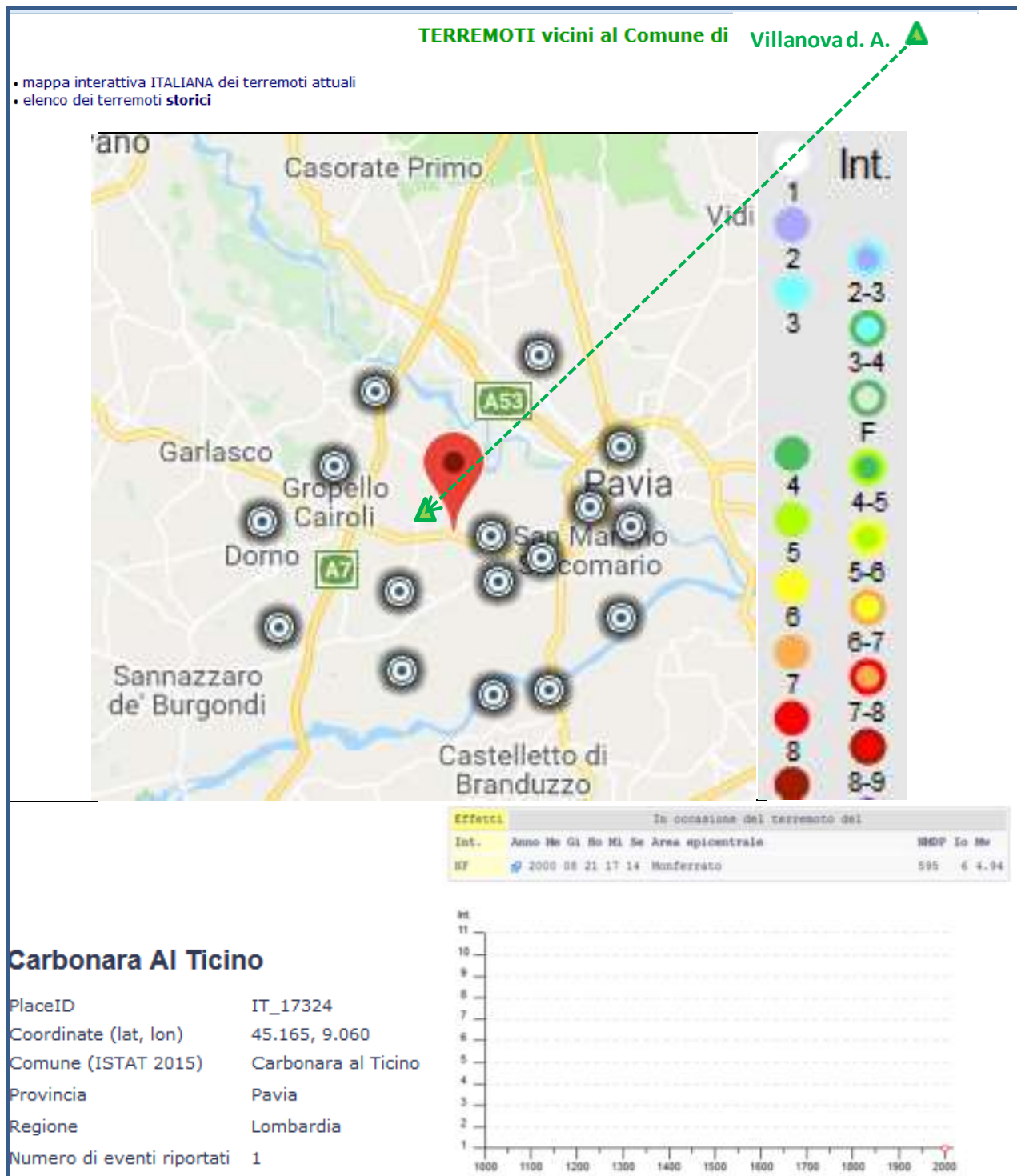
5.0 VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

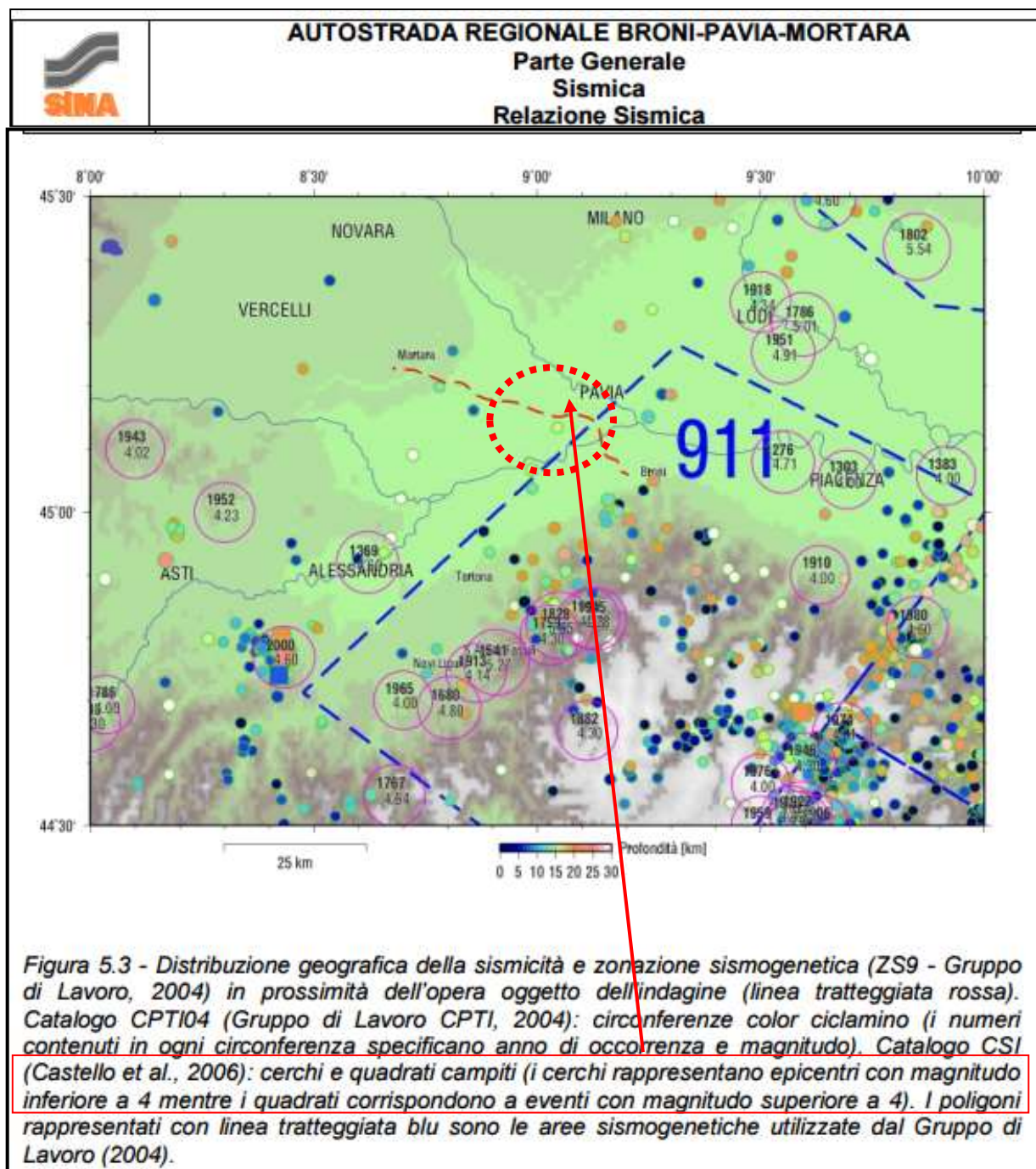
La liquefazione di un terreno è rappresentata dal quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi e la predisposizione a tale fenomeno è un elemento da tenere in considerazione soprattutto in chiave di progettazione antisismica.

Vengono di seguito riportate le condizioni di Legge previste per: > **Esclusione della verifica a liquefazione**

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5 (cfr dati storici per territorio dell'area di studio a seguire (con nuove NTC 2018 non più sufficiente:





➡ 2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;

Viene di seguito riportata la zona sismica per il territorio di Villanova d'A. indicata nell'O.P.C.M. n. 3274/2003, aggiornata con D.G.R. Lombardia n. 2129 – 11/07/2014 entrata in vigore il 10 Aprile 2016.

Bollettino Ufficiale

- 31 -

 Regione Lombardia

Serie Ordinaria n. 29 - Mercoledì 16 luglio 2014

ISTAT	Provincia	Comune	Zona Sismica	ApMax
03018179	PV	VILLANOVA D'ARDENGHI	3	0,065198

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 $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 8.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 8.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

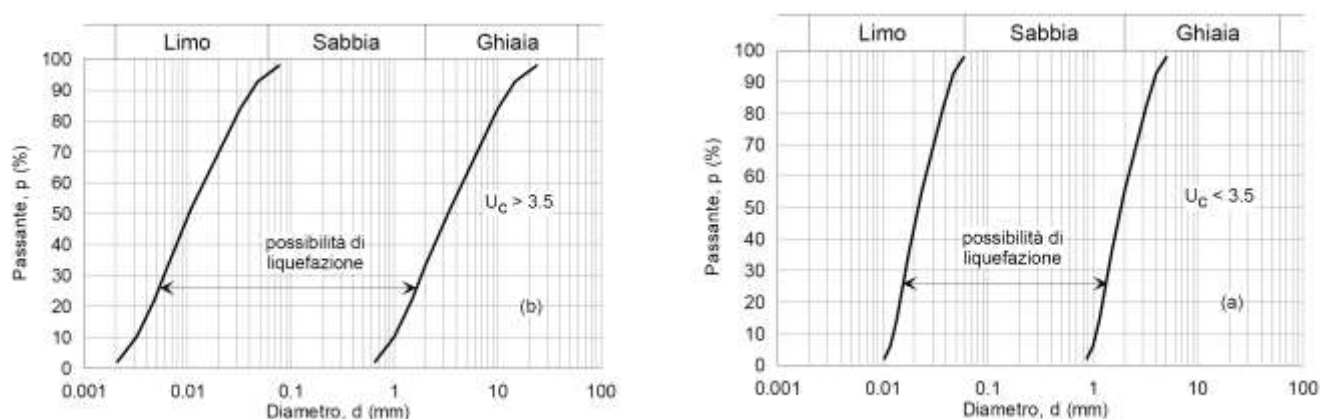


Figura 8.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

Quando non sia verificata almeno una delle condizioni, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle altre condizioni.

Sulla base di quanto definito sopra, dall'elaborazione e calcolo dei dati riportati nella presente relazione nonché dal controllo dei parametri ricavati dall'allegato B delle "Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14 gennaio 2008", si riportano i parametri sismici per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita di massima per il sito di studio:

S - Accelerazione massima in superficie=0.065 g

E pertanto verificata in quanto $< 0,1$



Dott. Geol. Adriano Zorzoli

Ordine dei Geologi della Lombardia n. 802