



COMUNE DI SILLANO GIUNCUGNANO
PROVINCIA DI LUCCA

PROPONENTE:
SIG. ANTONIO E SILVA PAGANI
VIA VENETO N°26

VARIANTE URBANISTICA SEMPLIFICATA
ai sensi dell'Art. 30 ter della LRT 65/2014

Realizzazione di un volume in ampliamento di un edificio

- INDAGINI GEOLOGICHE -

Elaborato G1: RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA

Geol. ALESSIO BIAGIONI

PROGRAMMA DI FABBRICAZIONE
- VARIANTE URBANISTICA SEMPLIFICATA -
L.R. 10.11.2014, n. 65, art. 30
- Realizzazione di un volume in ampliamento di un edificio di civile abitazione
posto in Sillano, via V. Veneto n. 26 -

Elaborato G1: RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA

INDICE

1. PREMESSA - NORME DI RIFERIMENTO.....	4
1.1. Classificazione dell'area in relazione ai Piani di Bacino (P.A.I. e P.G.R.A.).....	5
1.2. Classificazione dell'area rispetto agli Strumenti Urbanistici vigenti - P.S.I.....	6
1.3. Regolamento approvato con D.P.G.R. 30 gennaio 2020 n. 5/R.....	6
2. METODOLOGIA E FINALITÀ DELLE INDAGINI.....	7
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	9
4. GEOMORFOLOGIA E IDROGEOLOGIA DELL'AREA	9
5. INDAGINE DI DETTAGLIO ED ELABORATI CARTOGRAFICI DI BASE	10
5.1. Carta geologica-geomorfologica (<i>all. G2_11</i>).....	11
5.2. Carta litologico-tecnica (<i>all. G2_12</i>).....	12
5.3. Carta dei dati di base – Studi VEL e MS (<i>all. G2_13</i>).....	13
5.3.1. Sondaggio geognostico S4 (VEL) e prova sismica “down-hole” DH4 (VEL).....	13
5.3.2. Prospezione sismica a rifrazione in onde P e SH (VEL - ST2)	15
5.3.3. Misure di microtremore ambientale a stazione singola (MS - P54, P56).....	15
5.4. Carta dei dati di base - Indagini geognostiche e geofisiche aggiuntive (<i>all. G2_13</i>).....	16
5.4.1. Prova Penetrometrica Dinamica (P1).....	16
5.4.2. Prospezione sismica a rifrazione Onde P (ST1)	17
5.4.3. Prova sismica MASW (M1)	18
5.4.4. Misura di rumore ambientale a stazione singola (HV1).....	20
5.5. Carte di Microzonazione Sismica (<i>all. G2_8; G2_9</i>).....	21
6. ELABORATI CARTOGRAFICI DI SINTESI – CARTE DI PERICOLOSITÀ.....	22
6.1. Carta delle aree a pericolosità geologica (<i>all. G2_14</i>)	23
6.2. Carta delle aree a pericolosità da alluvione (<i>all. G2_15</i>).....	24
6.3. Carta delle aree a pericolosità sismica locale (<i>all. G2_18</i>).....	24
6.4. Carta delle problematiche idrogeologiche (<i>all. G2_10</i>).....	26
7. CONDIZIONI DI FATTIBILITÀ	27
7.1. Criteri di fattibilità in relazione agli aspetti geologici	27
7.2. Criteri di fattibilità in relazione al rischio di alluvioni.....	28
7.3. Criteri di fattibilità in relazione agli aspetti sismici.....	28
8. CONCLUSIONI.....	29

ALLEGATI

Elaborato G2: TAVOLE CARTOGRAFICHE

- all. 1: Inquadramento topografico dell'area (scala 1:10.000).
- all. 2: Planimetria area di variante (scala 1:1.000).
- all. 3: Carta della pericolosità da frana (estratta da P.A.I. - Bacino Fiume Serchio) (scala 1:2.000).
- all. 4: Carta delle aree a pericolosità da alluvione (estratta da P.G.R.A.) (scala 1:2.000).
- all. 5: Carta della pericolosità geomorfologica (estratta da Piano Strutturale Intercomunale) (scala 1:2000).
- all. 6: Carta della pericolosità idraulica (estratta da Piano Strutturale Intercomunale) (scala 1:2000).
- all. 7: Carta della pericolosità sismica (estratta da Piano Strutturale Intercomunale) (scala 1:2000).
- all. 8: Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) (tratta da Studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 del Comune di Sillano-Giuncugnano) (scala 1:2000).
- all. 9: Carta di Microzonazione Sismica di Livello 3 (tratta da Studio di Microzonazione Sismica del Comune di Sillano-Giuncugnano) (scala 1:2000).
- all. 10: Carta delle problematiche idrogeologiche (estratta da Piano Strutturale Intercomunale) (scala 1:2000).
- all. 11: Carta geologica-geomorfologica (estratta da Piano Strutturale Intercomunale) (scala 1:2000).
- all. 12: Carta litologico-tecnica e dei dati di base (estratta da Piano Strutturale Intercomunale) (scala 1:2000).
- all. 13: Carta dei dati di base (scala 1:1.000).
- all. 14: Cartografia di sintesi: Carta delle aree a Pericolosità Geologica (scala 1:1.000).
- all. 15: Cartografia di sintesi: Carta delle aree a Pericolosità da Alluvione (scala 1:1.000).
- all. 16: Cartografia di sintesi: Carta delle aree a Pericolosità Sismica locale (scala 1:1.000).

Elaborato G3: DATI GEOGNOSTICI DI BASE (ubicazione in allegato 13)

all. G3a: Indagini geognostiche e geofisiche tratte dal Programma di studi V.E.L. e di Microzonazione Sismica (Regione Toscana):

- n. 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo – S4;
- n. 1 prospezione sismica a rifrazione in onde P e SH – ST2;
- n. 2 HVSR P54 – P56;

all. G3b: Indagini geognostiche e geofisiche tratte da:

Relazione geologica e geotecnica di supporto al progetto per la messa in sicurezza strada comunale Sillano-Soraggio in località Via Piana (Marzo 2019)

Committente: Comune di Sillano-Giuncugnano:

- n. 1 prova penetrometrica dinamica super pesante P1;
- n. 1 prospezione sismica a rifrazione in onde P;
- n. 1 prova sismica MASW;
- n. 1 misure di microtremore ambientale a stazione singola HV1.

1. PREMESSA - NORME DI RIFERIMENTO

Su incarico dei Sig.ri ANTONIO PAGANI e SILVIA PAGANI, sono state eseguite indagini geologico-tecniche a supporto della redazione di Variante Urbanistica Semplificata al vigente strumento urbanistico, ai sensi dell'art. 30 della L.R. 65/2014, relativa alla realizzazione di un volume in ampliamento di un edificio di civile abitazione posto in Sillano, via V. Veneto n. 26 (all. G2).

Si precisa attualmente il comune di Sillano Giuncugnano è sprovvisto del Piano Operativo come previsto dalla legge regionale concernente le "Norme per il governo del territorio" ed è dotato di Programma di Fabbricazione.

Le suddette indagini sono state condotte secondo quanto previsto dalla normativa vigente in materia, in particolare dalle seguenti leggi e disposizioni:

- L.R. 10 novembre 2014, n. 65: "Norme per il governo del territorio" e s.m.i.
- Del.G.R. n. 31 del 20.01.2020: Approvazione delle "Direttive tecniche per lo svolgimento delle indagini geologiche, idrauliche e sismiche".
- D.P.G.R. 30 gennaio 2020, n. 5/R: "Regolamento di attuazione dell'art. 104 della legge regionale 10 novembre 2014, n. 65 (Norme per il governo del territorio) contenente disposizioni in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche".
- Del.C.P. n. 118 del 29.07.2010: avvio del procedimento di revisione del PTC - Piano Territoriale di Coordinamento.
- Del.C.R. n. 58 del 02.07.2014: Avviso di adozione del Piano di Indirizzo Territoriale (PIT) con valenza di Piano Paesaggistico. Adozione ai sensi dell'art. 17, comma 1, della L.R. 3 gennaio 2005, n. 1.
- D.P.C.M. 26.07.2013: Approvazione del "Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Fiume Serchio (P.A.I.) - Primo aggiornamento, adottato con D.C.I. n. 174 del 08.03.2013.
- Progetto di Piano di bacino stralcio Assetto Idrogeologico. Secondo aggiornamento del 17.12.2015.
- Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale – Del. n. 14 del 18.11.2019: Adozione, ai sensi degli artt. 66 e 68 del d.lgs. 152/2006, della "*Variante generale funzionale all'adeguamento del PAI del fiume Serchio al Piano di gestione del rischio di alluvioni del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale*" per la parte relativa alla pericolosità idraulica e correlate misure di salvaguardia.
- Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale – Del. n. 15 del 18.11.2019: Adozione, ai sensi degli artt. 66 e 68 del d.lgs. 152/2006, del "*Piano di bacino, stralcio Assetto Idrogeologico del fiume Serchio (P.A.I.) – 2° aggiornamento*" per la parte relativa alla pericolosità geomorfologica e da frana.
- Del.G.R. n. 878 del 8 ottobre 2012 e successiva Del.G.R. n. 421 del 26 maggio 2014 relative all'aggiornamento della classificazione sismica del territorio regionale in attuazione dell'O.P.C.M. 3519/2006 ed ai sensi del D.M. 17/01/2018.
- L.R. 24 luglio 2018, n. 41 - Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49.
- Comune di Sillano Giuncugnano – Piano Strutturale Intercomunale approvato con Del.C.C. n. 30 del 29.07.2019.

Con riferimento alle suddette normative, le indagini sono state svolte prendendo atto di quanto previsto dalle carte di pericolosità del territorio comunale, ovvero valutando innanzi tutto la classificazione dell'area interessata dalla Variante Urbanistica rispetto agli strumenti sovraordinati quali il Piano di Bacino "Stralcio Assetto Idrogeologico" del fiume Serchio - P.A.I., per quanto riguarda la pericolosità geomorfologica e da frana ed il Piano di gestione del rischio di alluvioni del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale (P.G.R.A.), relativamente alla pericolosità idraulica; successivamente è stata presa in considerazione la pericolosità dell'area di Variante rispetto al vigente e Piano Strutturale Intercomunale, il tutto come descritto di seguito nel dettaglio.

1.1. Classificazione dell'area in relazione ai Piani di Bacino (P.A.I. e P.G.R.A.)

Per quanto riguarda il P.A.I. del Fiume Serchio, relativamente alla pericolosità geomorfologica e da frana (*Del. n. 15 del 18.11.2019 Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale*), l'area di Variante risulta così classificata (*all. G2_3*):

- tra le aree a **pericolosità di frana elevata (P3)**, essendo classificata in "**C2 – aree soggette a franosità in terreni detritici e acclivi**". In tali aree, gli interventi che saranno previsti e descritti nel dettaglio in fase di intervento diretto, dovranno essere realizzati nel rispetto di quanto previsto dall'**art. 13** delle norme di P.A.I. ed eventualmente, laddove necessario, sottoposti a parere vincolante dell'Autorità di Bacino.

Sempre in relazione alle norme di P.A.I., relativamente alla pericolosità idraulica per l'adeguamento al P.G.R.A. (*Del. n. 14 del 18.11.2019 Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale*), la stessa area non rientra tra le aree classificate a pericolosità da alluvione.

Sulla base di quanto previsto dall'articolo 13 delle norme di P.A.I. del Fiume Serchio, per la parte relativa alla pericolosità da frana e visto che per il P.G.R.A. la stessa area non rientra tra le aree classificate a pericolosità da alluvione, la Variante Urbanistica non risulta soggetta al Parere dell'Autorità di Bacino dell'Appennino Settentrionale, fatto salvo quanto previsto per gli interventi che ricadranno nelle porzioni classificate in pericolosità P3, per i quali, come sopra specificato, ci si dovrà attenere a quanto disposto dall'art. 13 delle norme di P.A.I., sottoponendo gli stessi, in fase di intervento diretto, laddove necessario, al parere vincolante dell'Autorità di Bacino.

1.2. Classificazione dell'area rispetto agli Strumenti Urbanistici vigenti - P.S.I.

In base al vigente Piano Strutturale Intercomunale approvato dal Comune di Sillano Giuncugnano con Del.C.C. n. 30 del 29/07/2019, viene confermata la medesima classificazione per l'area di Variante, secondo quanto di seguito descritto:

- l'area ricade in **pericolosità geomorfologica elevata (G3)** (all. G2_5); aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti; aree con indizi di instabilità connessi alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado di carattere antropico;

- **pericolosità idraulica bassa (I1)** (all. G2_6); aree in condizioni di sicurezza idraulica;

- **pericolosità sismica elevata (S3)** (all. G2_7); in tali aree vi sono comprese le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, caratterizzate da un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri (...).

1.3. Regolamento approvato con D.P.G.R. 30 gennaio 2020 n. 5/R

Le indagini geologico-tecniche a supporto della presente Variante Urbanistica hanno portato alla suddivisione in classi di pericolosità dell'intera area d'interesse e alla conseguente definizione delle condizioni di fattibilità per gli interventi previsti nell'ambito della stessa Variante, secondo quanto definito dalla recente normativa entrata in vigore con **D.P.G.R. 30 gennaio 2020 n. 5/R**, che va ad abrogare ed a sostituire integralmente il precedente **D.P.G.R. 25 ottobre 2011 n. 53/R**; le stesse indagini sono state condotte secondo le direttive tecniche approvate in Allegato A, con **Del.G.R. n. 31 del 20.01.2020**.

Con riferimento alla normativa vigente in materia di classificazione sismica, inoltre, occorre tener presente che, secondo quanto previsto dalla **Del.G.R. n. 878 del 08.10.2012** e successiva **Del.G.R. n. 421 del 26.05.2014**, relative all'aggiornamento di tale classificazione, in attuazione dell'**Ord.P.C.M. n. 3519/2006** ed ai sensi del **D.M. 17/01/2018**, il Comune di Sillano Giuncugnano è stato confermato tra i comuni sismici di **zona 2** (corrispondente alla vecchia II categoria nazionale) e quindi soggetto alle norme tecniche emanate contestualmente alla suddetta Ordinanza.

Sotto questo aspetto, la valutazione dei possibili effetti locali del sisma, eseguita attraverso la sintesi di tutte le informazioni derivanti dagli studi di Microzonazione Sismica (MS) di livello 1, 2 o 3 ove presenti, secondo quanto previsto al paragrafo B.6 delle suddette direttive tecniche (Allegato A, **Del.G.R. n. 31 del 20.01.2020**),

consentirà la classificazione dal punto di vista della pericolosità sismica locale delle aree studiate.

Nel presente lavoro, ai fini della definizione della pericolosità sismica, ci si è avvalsi della cartografia MOPS (*all. G2_8*) e delle indagini relative allo Studio di Microzonazione Sismica di livello 1 (*all. G3a*) e della carta di Microzonazione Sismica di livello 3 (*all. G2_9*).

La presente relazione tecnica illustra le carte tematiche previste dalle normative vigenti, a supporto della Variante Urbanistica, sintesi di tutti i dati geologici, geomorfologici, idrogeologici e geotecnici derivanti dal rilevamento geologico eseguito sul territorio, l'esame stereoscopico delle foto aeree della zona indagata e dalla raccolta bibliografica dei dati geognostici e geofisici esistenti (*cfr. § 2*).

Le informazioni derivanti dai tematismi analizzati forniscono i dati necessari alla definizione delle classi di pericolosità (geologica, idraulica e sismica locale) e dei criteri generali di fattibilità per gli interventi previsti nell'ambito della presente Variante.

2. METODOLOGIA E FINALITÀ DELLE INDAGINI

Lo studio geologico di supporto alla Variante Urbanistica parte naturalmente dalla cartografia elaborata e prodotta in fase di redazione del Piano Strutturale Intercomunale, integrata dai lavori editi in bibliografia e dalle carte geologiche esistenti per l'intero territorio comunale e le zone limitrofe, con particolare riferimento a:

SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1968) - *Carta geologica d'Italia*. Scala 1:100.000. Foglio N. 96 (Massa);

AZZAROLI A. (1953) - *Carta geologica dell'Appennino Tosco-Emiliano tra il Passo di Pradarena e il Passo delle Radici*. Scala 1:50.000;

CHICCHI S. & PLESI G. (1991) - *Il Complesso di M. Modino - M. Cervarola nell'alto Appennino emiliano (tra il Passo di Lagastrello e il M. Cimone) e i suoi rapporti con la Falda toscana, l'Unità di Canetolo e le Liguridi*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., XLVI, pp. 139-163.

AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME SERCHIO (2012) - *Carta della franosità del bacino del Fiume Serchio*. Scala 1:10.000. Sezione della Carta Tecnica della Regione Toscana N. 234120 (aggiornamento Luglio 2012).

G. MANNORI – A. MUCCI (2017)– *Indagini geologiche di supporto alla redazione del Piano Strutturale Intercomunale – Unione dei Comuni della Garfagnana (Comune di Sillano-Giuncugnano)*.

Il quadro conoscitivo generale così ottenuto è stato arricchito con la raccolta di dati geognostici e geofisici esistenti per l'area di interesse, derivanti dagli studi di Microzonazione Sismica (Regione Toscana), sia da indagini di supporto ad interventi di carattere comunale, reperiti presso l'amministrazione comunale (*all. G3a e G3b*).

Tali dati, oltre a permettere una miglior definizione della stratigrafia e caratterizzazione litologico-tecnica dei terreni nell'area interessata dalla Variante, costituiscono la base necessaria per una corretta caratterizzazione dell'area, ai fini della valutazione degli effetti sismici locali, attraverso la realizzazione della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) della Carta di Microzonazione Sismica di livello 3 (*all. G2_8-9; § 5.4*).

Sulla base di quanto ricavato dalle suddette indagini e dal raffronto con i dati ed i vincoli sovracomunali esistenti, si è giunti a definire una zonazione della pericolosità geologica, da alluvione e sismica dell'area d'interesse, così come prevista dal Regolamento di attuazione dell'art. 104 della L.R. 65/2014, approvato con *D.P.G.R. 30 gennaio 2020 n. 5/R* e secondo le direttive tecniche approvate con *Del.G.R. n. 31 del 20.01.2020*.

Tale classificazione, riportata negli elaborati di sintesi indicati come *allegati G2_14, G2_15 e G2_16*, ha permesso di definire le condizioni di fattibilità degli interventi previsti dalla Variante Urbanistica, in relazione agli aspetti geologici, sismici e al rischio di alluvioni.

La restituzione cartografica delle indagini svolte è stata effettuata utilizzando come base topografica la Carta Tecnica della Regione Toscana in scala 1:10.000 (sezione N. 234120) e in scala 1:2.000 relativa al Comune di Sillano Giuncugnano.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La zona in questione è caratterizzata geologicamente dalla presenza della formazione arenacea del Macigno, che costituisce la porzione sommitale della Successione Toscana non metamorfica; sovrapposte a questa, all'esterno dell'area di nostro interesse, si ritrovano le formazioni appartenenti alle Unità Liguri s.l., accavallatesi sulla precedente durante le fasi deformative di tipo compressivo che hanno portato alla formazione dell'Appennino Settentrionale. (*all G2_11*)

Le diverse unità, strutturate nel modo descritto, sono state interessate, a partire dal Miocene superiore, da una tettonica di tipo distensivo che ha coinvolto l'intera catena appenninica ed ha portato allo sviluppo di sistemi di faglie dirette, orientate preferenzialmente secondo una direzione NW-SE; tali faglie sono responsabili dell'abbassamento di alcuni settori della catena stessa e della conseguente formazione di importanti depressioni tettoniche, tra le quali l'attuale Valle del Serchio.

4. GEOMORFOLOGIA E IDROGEOLOGIA DELL'AREA

Il paese di Sillano è situato presso la confluenza tra i due rami del Fiume Serchio, quello proveniente da Nord, dalla zona di Dalli e detto anche Serchio di Sillano e quello che proviene da Nord-Est, detto Serchio di Soraggio; esso è raggiungibile percorrendo la strada provinciale che parte da Piazza al Serchio. L'intervento in progetto si collocano lungo la viabilità comunale posta in località Via Piana - Capoluogo.

Dal punto di vista morfologico, il versante, presenta pendenze medie comprese tra il 60÷65%; tuttavia l'acclività dell'intero versante varia in funzione del tipo di litologia che affiora localmente; dove affiorano i litotipi arenacei, il versante si fa più ripido, raggiungendo il 80÷90%, mentre laddove sono presenti depositi di copertura (accumuli detritici e/o di frana quiescente), le pendenze possono ridursi localmente al 20÷30% (*all G2_11*).

Questi ultimi, infatti, ricoprono gran parte del versante in questione, lasciando affiorare la roccia in rari casi; in particolare, nella carta geomorfologica sono state distinte le seguenti forme:

- una ***copertura detritica acclive***, frammenti e blocchi arenacei di varie dimensioni (da centimetriche a metriche), spesso molto alterati e in fase di disgregazione, immersi in una matrice sabbiosa e/o sabbioso-limosa, generalmente sciolta o poco addensata.

- una *frana quiescente*, a valle dell'area di intervento; essa attualmente appare rimodellata dall'azione degli agenti esogeni e dall'opera dell'uomo e complessivamente non mostra indizi di movimenti in atto, risultando stabile.

A questo proposito, occorre ricordare che gli interventi, non andranno ad intaccare una tale situazione di equilibrio, qualora si osservino le indicazioni di seguito fornite.

L'area di specifico interesse, inoltre, rimane completamente al di fuori degli ambiti di influenza dei corsi d'acqua principali, così come classificati all'Allegato n. 4 del Quadro Conoscitivo del P.I.T. (*Del.C.R. n. 72 del 24.07.2007*). Pertanto dal punto di vista del rischio idraulico, non sussiste alcuna limitazione alla fattibilità degli interventi in progetto.

Sotto l'aspetto idrogeologico, la zona in esame è caratterizzata dall'assenza di importanti incisioni dovute a ruscellamento superficiale, grazie soprattutto alle caratteristiche di buona permeabilità dei terreni di copertura che favoriscono l'infiltrazione dell'acqua.

La natura geologica del substrato e le condizioni geomorfologiche del sito, infine, non consentono l'impostazione della falda acquifera a profondità tali da interessare le future opere in progetto. Inoltre questa non è stata rilevata durante l'esecuzione delle indagini geognostiche e geofisiche eseguite in sito.

Ciò non esclude, tuttavia, l'esistenza nel sottosuolo di una limitata circolazione di acqua, che, infiltrandosi nel terreno di copertura superficiale, tende a raggiungere, a profondità maggiori, il contatto con la porzione inalterata del sottostante substrato litoide, meno permeabile. Tale circolazione è legata direttamente alla quantità di acqua che s'infiltra, durante i periodi maggiormente piovosi dell'anno, nella parte di versante a monte del sito in oggetto e, nelle stagioni più secche, è presente soltanto come una frangia di terreno umido o è del tutto assente.

5. INDAGINE DI DETTAGLIO ED ELABORATI CARTOGRAFICI DI BASE

In osservanza alla normativa vigente (*cfr. § 1*), è stata effettuata un'indagine geologico-tecnica di dettaglio al fine di acquisire tutti i dati necessari alla realizzazione degli elaborati cartografici di base previsti dalla normativa stessa. Come base topografica è stata utilizzata la Carta Tecnica della Regione Toscana in scala 1:10.000 (sezione N. 234120) e in scala 1:2.000, opportunamente ingrandita per le carte di scala diversa.

La suddetta indagine è stata condotta attraverso sopralluoghi sul terreno integrati dall'analisi allo stereoscopio delle foto aeree della zona; inoltre, per una precisa ricostruzione della stratigrafia e la caratterizzazione litologico-tecnica dei terreni nell'area interessata dalla Variante, sono stati presi in considerazione i dati geognostici e geofisici esistenti per l'area di interesse, derivanti dagli studi di Microzonazione Sismica (Regione Toscana), sia da indagini di supporto ad interventi di carattere comunale, reperiti presso l'amministrazione comunale (*all. G3a e G3b*).

5.1. Carta geologica-geomorfologica (*all. G2_11*)

La carta geologica-geomorfologica è stata estratta direttamente dalla carta geologica e geomorfologica estratta dal Piano Strutturale Intercomunale; in essa, nell'area interessata dalla prevista Variante Urbanistica ed una congrua area circostante sono state distinte le seguenti litologie, elencate dall'alto verso il basso della loro successione stratigrafica:

- **Copertura detritica (dt)**: clasti di arenarie e siltiti di colore marrone, con spigoli vivi e di varie dimensioni, da centimetriche a decimetriche, spesso molto alterati e in fase di disgregazione, immersi in matrice sabbioso-limosa di colore marrone, da sciolta a mediamente addensata. *Età: Quaternario*.

Tale deposito deriva dall'alterazione e dal lento disfacimento in posto della formazione del Macigno; nelle zone meno acclivi, esso ricopre lo stesso substrato litoide, con spessori che possono variare da pochi dm ad alcuni metri.

SUCCESSIONE SUBLIGURE UNITA' DI CANETOLO

- **Argille e calcari (ac)**: formazione, spesso in assetto scompaginato, costituita essenzialmente da argilliti fissili, grigio scure o nere, alternate a livelli di calcari e calcari marnosi, talvolta sotto forma di grosse intercalazioni spesse diverse decine di metri. Il passaggio ai sovrastanti "Calcari di Groppo del Vescovo" è stratigrafico e può avvenire in maniera netta o per alternanze; livelli di questi calcari, infatti, si trovano normalmente intercalati nella parte medio-alta e al tetto delle "Argille e calcari".

Età: Paleocene sup. - Eocene medio. Tali litologie costituiscono il substrato nella zona d'imposta del fabbricato da ristrutturare.

SUCCESSIONE TOSCANA

- **Macigno (mg)**: arenarie quarzoso-feldspatiche di colore grigio, spesso alterate in giallo ocra - marrone, in strati di vario spessore (da pochi decimetri a 1 metro), alternate a livelli più sottili di siltiti arenacee ed argilliti grigie; sono riferibili a depositi di avanfossa, rappresentati da torbiditi silico-clastiche. *Età: Oligocene superiore - Miocene inferiore.*

Da un punto di vista geomorfologico, gli elementi principali che possono essere distinti nell'area studiata, in accordo con la carta del P.A.I., corrispondono a (*all. G2_3-11*):

- una **copertura detritica acclive**, frammenti e blocchi arenacei di varie dimensioni (da centimetriche a metriche), spesso molto alterati e in fase di disgregazione, immersi in una matrice sabbiosa e/o sabbioso-limosa, generalmente sciolta o poco addensata.

- una **frana quiescente**, a valle dell'area di intervento; essa attualmente appare rimodellata dall'azione degli agenti esogeni e dall'opera dell'uomo e complessivamente non mostra indizi di movimenti in atto, risultando stabile.

Tali aree attualmente appaiono rimodellate dall'azione degli agenti esogeni e dall'opera dell'uomo e complessivamente non mostrano indizi di movimenti in atto, tali da poter mettere a rischio la stabilità del sito d'interesse. Di tale situazione si è tenuto conto nella stesura della fattibilità geologica della Variante Urbanistica.

5.2. Carta litologico-tecnica (*all. G2_12*)

Questa carta è stata estratta direttamente dalla carta litologico-tecnica del Piano Strutturale Intercomunale; in essa i terreni di copertura e i litotipi di substrato vengono raggruppati in "unità litologico-tecniche", aventi comportamento meccanico omogeneo, sulla base principalmente della granulometria, per i depositi di copertura ed in funzione del grado di alterazione e fratturazione, della presenza e frequenza di stratificazione per i materiali di substrato.

In tale carta, tra le diverse tipologie di substrato, nell'area di Variante sono state distinte le seguenti unità litologico-tecniche (*all. G2_12*):

SFLPS – *Alternanza di litotipi stratificati, fratturati o alterati*; a tale unità viene assegnata la formazione del Macigno.

Nella stessa carta litologico-tecnica del Piano Strutturale Intercomunale, sono stati individuati, i terreni di copertura corrispondenti a *corpi detritici (dt)*, classificandoli nella seguente unità litologico-tecnica.

GM – *Ghiaia, miscela di ghiaia sabbia e limo*; sono riferibili ad una sedimentazione alluvionale di media energia; in questa categoria sono compresi i depositi alluvionali terrazzati e i detriti con matrice grossolana provenienti dal disfacimento delle arenarie e dei calcari di substrato.

Confrontando la carta litotecnica così ottenuta con la carta geologico-geomorfologica (*all. G2_11*), possiamo notare come, a causa dei pochi litotipi presenti, ciascuno dei quali con proprie caratteristiche fisico-meccaniche, nell'area esaminata la suddivisione in "unità litotecniche" si avvicina molto a quella delle diverse formazioni geologiche e dei depositi superficiali (*cf. § 5.1*).

5.3. Carta dei dati di base – Studi VEL e MS (*all. G2_13*)

Nella carta di *allegato G2_13* sono stati riportati i dati geognostici e geofisici di base, in particolare quelli utilizzati anche nel programma VEL e nello Studio di Microzonazione Sismica, rappresentati, per la nostra area dalle seguenti indagini:

- n. 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo – S4;
- n. 1 prospezione sismica a rifrazione in onde P e SH – ST2;
- n. 2 misure di microtremore a stazione singola (HVSR) P54 – P56;

Per tali indagini si è mantenuta la numerazione e la medesima denominazione riportata nello Studio di Microzonazione Sismica.

Di seguito vengono riassunti i principali risultati di ciascuna delle indagini riportate in *allegato G3a*, sulla base dei quali è stato possibile definire la stratigrafia e la corretta caratterizzazione litologico-tecnica dei terreni nell'area d'interesse, base necessaria per la Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) (*all. G2_8; § 5.4*).

5.3.1. Sondaggio geognostico S4 (VEL) e prova sismica "down-hole" DH4 (VEL)

Il sondaggio geognostico a carotaggio continuo (S4 VEL), riportato nella Carta dei dati di base di MS e in *allegato G3a* al presente testo, ha attraversato terreni di copertura costituiti da depositi di versante, al di sopra di un substrato litoide costituito dalla formazione arenacea del Macigno, maggiormente fratturata ed alterata nella sua porzione più superficiale, secondo la successione stratigrafica di seguito riassunta:

Sondaggio S4 (VEL)

prof. dal p.c. (m): litotipo:

0,00 – 1,50:	<i>Riporto stradale.</i>
1,50 – 2,40:	<i>Limi, con litici subangolosi millimetrici arenacei, mediamente alterati (Vecchio Suolo).</i>
2,40 – 5,00:	<i>Sabbie e sabbie limose con litici angolosi centimetrici, arenacei (Detrito di Versante).</i>
5,00 – 15,0:	<i>Arenarie diffusamente fratturate, da mediamente alterate nella porzione più superficiale a progressivamente più integre e compatte in profondità (Macigno – MAC).</i>

Falda non rilevata durante il sondaggio

All'interno del foro di sondaggio è stata eseguita una prova sismica di tipo "down-hole" (DH4 VEL) che ha permesso di definire i seguenti intervalli di velocità sismiche dei terreni, secondo due interpretazioni:

Interpretazione DH4A

Intervalli di profondità dal piano campagna (m)	Velocità onde P Vp (m/s)	Velocità onde SH Vsh (m/s)
0,0 – 3,0	510	265
3,0 – 7,0	870	390
7,0 – 10,0	1670	660
10,0 – 15,0	1670	750

Interpretazione DH4B

Intervalli di profondità dal piano campagna (m)	Velocità onde P Vp (m/s)	Velocità onde SH Vsh (m/s)
0,0 – 2,0	650	270
2,0 – 7,0	965	365
7,0 – 10,0	1600	725
10,0 – 15,0	1600	930

5.3.2. Prospezione sismica a rifrazione in onde P e SH (VEL - ST2)

La prospezione sismica a rifrazione in onde P e SH (ST2), riportata nella Carta di ubicazione delle indagini geognostiche e geofisiche di MS1, ha identificato la stratigrafia di seguito riassunta, secondo quanto riportato in *allegato G3a* al presente testo:

- *Strato 1*) Materiali di riporto di sottofondo stradale ($V_p=360\div 620$ m/s; $V_s= 325\div 380$ m/s);
- *Strato 2*) Copertura di versante molto addensata e/o bedrock completamente alterato ($V_p=980\div 1430$ m/s; $V_s= 445\div 540$ m/s);
- *Strato 3*) Arenaria con intercalazioni di siltiti (*Macigno MAC*) ($V_p=2200\div 2950$ m/s; $V_s= 620\div 840$ m/s).

5.3.3. Misure di microtremore ambientale a stazione singola (MS - P54, P56)

L'elaborazione delle misure di microtremore ambientale a stazione singola eseguite nell'ambito degli Studi di Microzonazione Sismica, riportate nella Carta dei dati di base di MS con il numero progressivo P54 e P56 e in *allegato G3a* ha dato i seguenti risultati:

PG54_HV25bis_Sillano

L'elaborazione della misura mette in evidenza un picco poco significativo a frequenza (F) = 4,25 Hz, di ampiezza (A) = 1,97 (~ 2) compatibile con contrasto d'impedenza molto basso a profondità dell'ordine di almeno 20-25 m; nell'insieme la curva H/V non mostra picchi significativi nell'intervallo di frequenze d'interesse (0,5 – 20 Hz) ed è compatibile con un miglioramento graduale delle caratteristiche meccaniche dei terreni (aumento progressivo delle velocità sismiche) con la profondità, ovvero in assenza di rilevanti contrasti di impedenza sismica.

Curva classificabile come B/ (stante la poca chiarezza del picco) (*Albarello D. et al., 2010, 2011*).

PG56_HV27bis_Sillano

L'elaborazione della misura mette in evidenza un picco poco chiaro a frequenza (F) = 8,0 Hz ed ampiezza (A) = 3,12, compatibile con un medio/basso contrasto di impedenza correlabile con possibile interfaccia presente a profondità dell'ordine dei 10 metri; nell'insieme la curva H/V non mostra picchi significativi nell'intervallo di frequenze d'interesse (0,5 – 20 Hz) ed è compatibile con un miglioramento graduale delle caratteristiche

meccaniche dei terreni (aumento progressivo delle velocità sismiche) con la profondità, ovvero in assenza di rilevanti contrasti di impedenza sismica.

Curva classificabile come B/ (stante la poca chiarezza del picco) (*Albarello D. et al., 2010, 2011*).

5.4. Carta dei dati di base - Indagini geognostiche e geofisiche aggiuntive (*all. G2_13*)

Nella stessa carta dei dati di base di *allegato G2_13* sono stati riportate ulteriori indagini geognostiche e geofisiche, eseguite a supporto di interventi eseguiti dall'Amministrazione Comunale; in particolare, sono stati prese in considerazione le seguenti indagini, tratte dalla relazione geologica del Marzo 2019 redatta dal sottoscritto Geol. Alessio Biagioni:

- n. 1 prova penetrometrica dinamica super pesante P1;
- n. 1 prospezione sismica a rifrazione in onde P;
- n. 1 prova sismica MASW;
- n. 1 misure di microtremore ambientale a stazione singola HV1.

Di seguito vengono riassunti i principali risultati di ciascuna delle indagini riportate in *allegato G3b*, sulla base dei quali è stato possibile verificare la stratigrafia e la corretta caratterizzazione litologico-tecnica dei terreni nell'area d'interesse.

5.4.1. Prova Penetrometrica Dinamica (P1)

La prova penetrometrica dinamica ha attraversato terreni di copertura costituiti in parte dal riporto stradale e in parte da depositi detritici di versante, posti al di sopra di un substrato litoide costituito dalla formazione prevalentemente arenacea del "Macigno" della Successione Toscana; tale substrato, nella zona d'interesse, risulta estremamente fratturato e molto alterato nella porzione più superficiale, come risulta anche da un vicino sondaggio geognostico S4 eseguito nell'ambito del Progetto VEL della Regione Toscana.

La prova penetrometrica si è interrotta, per rifiuto, alla profondità di 3,8 m dal p.c., in corrispondenza di un trovante o del probabile "cappellaccio" di alterazione del substrato.

Durante la realizzazione della prova, infine, non è stata riscontrata la presenza di falda acquifera nell'intero spessore di terreno indagato.

Di seguito viene riassunta le successione stratigrafica, ricostruita anche sulla base del confronto con il suddetto sondaggio geognostico (S4 – Programma VEL Regione Toscana):

Prova P1

prof. dal p.c. (m):

litotipo:

0,00 – 0,80:

Terreno di riporto stradale moderatamente addensato.

0,80 – 3,40:

Terreni detritici di versante poco addensati (sabbie e sabbie limose con elementi litoidi eterometrici diffusi).

3,40 – 3,80:

Trovante (?) – “Cappellaccio” di alterazione del substrato litoide arenaceo (?) - rifiuto.

Falda acquifera non rilevata.

5.4.2. Prospezione sismica a rifrazione Onde P (ST1)

Per la prospezione sismica in questione, è stato effettuato un unico stendimento, denominato ST1, ubicato nell'area d'interesse, così come riportato in (*all. G3b*); per lo stendimento è stato scelto un interasse tra i geofoni pari a 2,5 m, per una lunghezza complessiva di 57,5 metri (analogo a quello della prova MASW).

Sono state effettuate 7 registrazioni in onde P, con 7 punti di energizzazione posizionati come segue:

- due tiri esterni, ubicati rispettivamente alla distanza di – 15,0 m dal geofono G1 e + 15,0 m dal geofono G24;
- due tiri in corrispondenza dei geofoni estremi G1 e G24;
- tre tiri intermedi, ubicati rispettivamente fra i geofoni G6 e G7, a metà dello stendimento (tra G12 e G13) e tra i geofoni G18 e G19.

Nel dettaglio, con riferimento al ***modello tomografico 2D*** ricavato per le velocità sismiche dei terreni e alla ***sezione sismostratigrafica***, la successione stratigrafica dei terreni ed i diversi intervalli di velocità delle onde P registrate (V_p) possono essere correlati secondo lo schema seguente:

- ***strato 1***: dalla superficie fino a profondità variabili da **1,3÷2,0** m dal p.c. riscontrati nella porzione di stesa compresa tra i geofoni G11 e G18 a massimi di **3,0÷3,2** m (verso l'estremo G24) e **5,0÷5,5** m dal p.c. (verso l'opposto G1), è presente uno strato caratterizzato da velocità (V_p) comprese tra 850 e 1.200 m/sec, corrispondente all'orizzonte più superficiale di *terreno di riporto stradale e terreni detritici di copertura da poco a moderatamente addensati*, costituiti in prevalenza da *sabbie limose con inclusi litoidi eterometrici diffusi*.

Tale orizzonte è stato attraversato localmente con la prova penetrometrica P₁, eseguita verso l'estremo G24, fino alla profondità di circa 3,4 m dal p.c.;

- **strato 2**: caratterizzato da velocità (V_p) comprese tra 1.200 e 1.600 m/sec, correlabili con la presenza di un *substrato litoide arenaceo*, da estremamente fratturato e molto alterato in superficie (“*cappellaccio*” di alterazione) a progressivamente meno alterato e meno fratturato in profondità; esso è riscontrabile, per spessore indefinito, a profondità superiori a **1,3÷2,0** m tra i geofoni G11 e G18 e a profondità superiori ai **3,0÷5,5** m ai lati della stesa.

La massima profondità indagata con la prospezione sismica in questione è stata di circa 10 metri.

I risultati della prospezione sismica a rifrazione sono in buon accordo con quanto riscontrato da vicine indagini eseguite nell'ambito del Progetto VEL (Regione Toscana), in particolare da un sondaggio geognostico (S4), con prova sismica in foro “down-hole”, realizzato nei pressi dell'esterno G1 della stesa.

5.4.3. Prova sismica MASW (M1)

In *allegato G3b* sono riportati i risultati della prova MASW elaborata attraverso il programma **WinMASW** della *Eliosoft*.

In particolare in *figura 1* viene riportato il sismogramma acquisito durante la prova di campagna (*dataset*), con indicazione della distanza intergeofonica, dell'*offset* minimo e dell'intervallo di campionamento (*sampling*) utilizzati; in *figura 2* viene mostrato lo spettro di velocità e le curve di dispersione (relative al “picking”, al “modello migliore” e al “modello medio”).

Per quanto riguarda il modello di sottosuolo ricavato, in *figura 3* sono riportati, in colonna stratigrafica, per ogni orizzonte definito, i valori di velocità delle onde trasversali (V_s) e lo spessore dell'orizzonte stesso, mentre le successive *figure 4* e *5* mostrano i profili verticali (andamento con la profondità) delle velocità V_s, della densità stimata dei terreni e del modulo di taglio stimato. Si potrà notare come in *figura 4* siano due i modelli presentati come soluzione: il modello “migliore” (in termini di minor *misfit*, cioè discrepanza tra curva osservata e calcolata) e un modello medio calcolato secondo un'operazione statistica nota come MPPD (Marginal Posterior Probability Density; *Dal Moro G. et al., 2006* ⁽⁶⁾);

⁽⁶⁾ Dal Moro G. et al. (2006) – *Rayleigh Wave Dispersion Curve Inversion via Genetic Algorithms and Posterior Probability Density Evaluation*.

quest'ultimo è quello preso in considerazione come risultato finale (ad ogni modo i due modelli solitamente non differiscono in modo significativo).

Nella tabella riassuntiva di fondo pagina, infine, vengono riportati, per ogni singolo orizzonte sismico definito, i valori relativi a:

- quote di testa e di base;
- spessore;
- velocità Vs ricavata;
- velocità V_{Sx} calcolata alle diverse profondità (x);
- Densità stimata dei materiali;
- Modulo di taglio stimato.

Riguardo ai valori stimati per la Densità ed il Modulo di taglio, occorre tener presente che la dispersione delle onde di superficie dipende essenzialmente dalla Vs e dagli spessori degli strati (cioè dalla geometria); per tale motivo, dall'analisi delle onde di superficie non si possono avere solide informazioni sui valori di densità dei materiali e delle velocità Vp (e i conseguenti moduli elastici); i valori di densità forniti devono essere pertanto considerati solamente come stime largamente approssimative.

Tra i moduli elastici dei terreni, infine, l'unico che possiamo considerare come una buona stima del valore reale è il modulo di taglio (che non dipende dalla Vp).

Il valore del parametro V_{Sx} , calcolato alle diverse profondità (x), è ricavato utilizzando la stratigrafia di Vs e la seguente formula:

$$V_{Sx} = \frac{x}{\sum_{i=1, N} h_i / V_i}$$

Il valore di V_{Sx} calcolato per $x = H$ (profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/sec) corrisponde alla velocità equivalente (V_{Seq}) così come definita dal ***D.M. 17 gennaio 2018 – Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni” (capitolo 3 – comma 3.2.2)***.

Per terreni con profondità del substrato (H) superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio è definita dal parametro V_{S30} , ottenuto ponendo $H = 30$ m nella precedente espressione.

Lo stendimento sismico MASW ha permesso di individuare, in buona corrispondenza con i risultati della sismica a rifrazione in onde P, orizzonti sismici sovrapposti, caratterizzati, nell'ambito di circa 34 metri sotto il piano campagna, dalla seguente successione:

spessore orizzonte	velocità onde S	profondità progressiva dal piano di campagna
3,0 m	→ $V_s = 272$ m/sec	3,0 m
4,3 m	→ $V_s = 414$ m/sec	7,3 m
3,5 m	→ $V_s = 595$ m/sec	10,8 m
6,0 m	→ $V_s = 729$ m/sec	16,8 m
4,3 m	→ $V_s = 800$ m/sec	21,1 m
4,5 m	→ $V_s = 822$ m/sec	25,6 m
8,4 m	→ $V_s = 845$ m/sec	34,0 m

Il risultato della prova MASW concorda pienamente con quanto riscontrato da vicine indagini eseguite nell'ambito del Progetto VEL e del Programma di Microzonazione Sismica della Regione Toscana, in particolare con la prova sismica "down-hole" realizzata nel foro di sondaggio (S4), nei pressi dell'esterno G1 della stesa.

5.4.4. Misura di rumore ambientale a stazione singola (HVI)

La misura è stata eseguita nell'area d'interesse, così come riportato in planimetria allegata (*all. G2_13*), con condizioni meteorologiche di cielo sereno e vento assente, in presenza di vari artefatti e transienti dovuti essenzialmente al traffico veicolare sulla strada comunale.

La durata della registrazione è stata di 30 minuti (1800 sec).

Lo strumento è stato piazzato perfettamente in bolla, con uno dei due assi orizzontali (Y) disposto secondo il Nord geografico, in corrispondenza di una piccola piazzola ricavata nel terreno di riporto stradale.

L'elaborazione della misura riportata nel dettaglio nella scheda allegata (*all. 3b*) mette in evidenza un picco principale a frequenza (F) = 15,95 Hz ed ampiezza (A) = 2,53, compatibile con un basso contrasto di impedenza correlabile con possibile interfaccia presente a profondità dell'ordine dei 5÷10 metri, in buon accordo con quanto ricavata dalla prospezione sismica MASW. Nella parte restante, la curva appare nel suo insieme "piatta" e compatibile con un miglioramento graduale delle caratteristiche meccaniche dei terreni (aumento progressivo delle velocità sismiche con la profondità), ovvero in assenza di rilevanti "salti" di impedenza sismica.

Curva classificabile come B/ (*Albarello D. et al., 2010, 2011*).

Il risultato della misura HVSR concorda pienamente con quanto ricavato da indagini analoghe condotte in terreni limitrofi nell'ambito del Programma di Microzonazione Sismica della Regione Toscana.

5.5. Carte di Microzonazione Sismica (all. G2_8; G2_9)

Come già detto in precedenza, il Comune di Sillano-Giuncugnano è stato confermato tra i comuni sismici di **zona 2** (corrispondente alla vecchia II categoria nazionale), secondo quanto previsto dalla *Del.G.R. n. 878 del 08.10.2012* e successiva *Del.G.R. n. 421 del 26.05.2014*, relative all'aggiornamento di tale classificazione, in attuazione dell'*Ord.P.C.M. n. 3519/2006* ed ai sensi del *D.M. 17/01/2018*.

Le suddette normative prevedono che, nelle elaborazioni riguardanti gli S.U., debbano essere eseguiti studi integrativi volti alla valutazione di possibili effetti locali del sisma, con deformazione rilevante del terreno. In particolare dovrà essere valutata la possibilità che nel sito in oggetto, durante un sisma, si verifichino fenomeni di amplificazione locale della sollecitazione sismica e/o fenomeni di instabilità dinamica.

A tal fine, oltre all'acquisizione di tutte le informazioni dal punto di vista geologico e geomorfologico, risulta indispensabile acquisire tutti gli elementi necessari per una ricostruzione e successiva rappresentazione del modello geologico-tecnico del sottosuolo, sia in termini di geometrie sepolte e di spessori delle litologie presenti, sia in termini di parametrizzazione dinamica del terreno, principalmente in relazione alla misura diretta delle Vsh (velocità di propagazione delle onde di taglio polarizzate orizzontalmente), secondo le modalità ed i criteri meglio specificati nelle Istruzioni tecniche del Programma V.E.L. e del Programma di Microzonazione Sismica.

Sotto questo aspetto, la valutazione dei possibili effetti locali del sisma, eseguita attraverso la sintesi di tutte le informazioni derivanti dagli studi di Microzonazione Sismica (MS) di livello 1, 2 o 3, ove presenti, secondo quanto previsto al paragrafo B.6 delle direttive tecniche approvate in Allegato A, con *Del.G.R. n. 31 del 20.01.2020*, consentirà la classificazione dal punto di vista della pericolosità sismica locale delle aree studiate.

Nel caso specifico, la Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) (all. G2_8) è stata estratta direttamente dalla Carta delle MOPS redatta nell'ambito dello Studio di Microzonazione Sismica di livello 1 del Comune di Sillano Giuncugnano; in essa, l'area di specifico interesse ricade interamente in una *zona stabile suscettibile di*

amplificazioni locali come denominata **Zona 7** (2007) e caratterizzata dalla presenza di coperture detritiche di versante con spessori massimi di 10 m sovrapposte al substrato fratturato e/o alterato con spessori compresi tra 10 m e 25 m, a sua volta poggiante su substrato lapideo stratificato rigido.

Nella Carta di Microzonazione Sismica di livello 3 (*all. G2_9*), l'area di specifico interesse ricade interamente in una *zona stabile suscettibile di amplificazioni locali* denominata **A**, alla quale vengono assegnati fattori di amplificazione compresi tra 1,1 e 1,2 ($1,1 < FHa_{max} < 1,2$).

Di quest'ultima classificazione si è tenuto conto nella valutazione dei criteri per l'assegnazione della pericolosità sismica locale all'area di Variante (*all. G2_16*).

6. ELABORATI CARTOGRAFICI DI SINTESI – CARTE DI PERICOLOSITÀ

In ottemperanza alle disposizioni contenute nel Regolamento di Attuazione dell'art. 104 della L.R. 65/2014 in materia di indagini geologiche (*D.P.G.R. 30 gennaio 2020 n. 5/R*), la definizione della fragilità dell'area in esame passa attraverso la valutazione del grado di pericolosità della stessa; tale valutazione deriva dalla elaborazione e sintesi di tutti i dati e parametri geologici e strutturali, geomorfologici, litologico-tecnici, idrogeologici ed idraulici illustrati nelle carte di base e porta alla definizione di classi di pericolosità distinte in cartografie separate, secondo i seguenti fattori determinanti:

- **geologici s.s.** e **geomorfologici**; in particolare fenomeni franosi, di propensione al dissesto nelle aree di versante ed aspetti legati alla litologie delle formazioni;
- **idraulici**; in particolare fenomeni legati alla probabilità di esondazione dei corsi d'acqua e/o insufficienza di drenaggio dei terreni;
- **sismici**; in particolare fenomeni legati agli effetti locali e di sito.

L'elaborazione di tutti i dati ricavati dall'indagine di dettaglio, attraverso la sovrapposizione dei vari elaborati cartografici di base, ha condotto alla realizzazione delle carte finali di sintesi, nelle quali vengono assegnate all'area della Variante Urbanistica le relative classi di pericolosità; per quanto riguarda la valutazione della pericolosità, essa è stata allargata ad un intorno significativo dell'area di specifico interesse.

6.1. Carta delle aree a pericolosità geologica (*all. G2_14*)

Nella realizzazione di questa carta si è tenuto conto della classificazione prevista dalle direttive tecniche approvate in Allegato A, con *Del.G.R. n. 31 del 20.01.2020*, le quali definiscono le seguenti classi:

Pericolosità geologica molto elevata (G.4): aree in cui sono presenti fenomeni franosi attivi e relative aree di evoluzione, ed aree in cui sono presenti intensi fenomeni geomorfologici attivi di tipo erosivo.

Pericolosità geologica elevata (G.3): aree in cui sono presenti fenomeni franosi quiescenti e relative aree di evoluzione; aree con potenziale instabilità connessa a giacitura, ad acclività, a litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee e relativi processi di morfodinamica fluviale, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da fenomeni di soliflusso, fenomeni erosivi; aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geomeccaniche; corpi detritici su versanti con pendenze superiori a 15 gradi.

Pericolosità geologica media (G.2): aree in cui sono presenti fenomeni geomorfologici inattivi; aree con elementi geomorfologici, litologici e giacaturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori a 15 gradi.

Pericolosità geologica bassa (G.1): aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giacaturali non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi.

Per la valutazione della pericolosità definita geologica vanno considerate le caratteristiche geologico-litologiche e geomorfologiche dell'area stessa, riassunte in breve nei seguenti punti:

- presenza di terreni di copertura, con spessori mediamente compresi tra 5 e 6 metri, al di sopra di un substrato costituito per la maggior parte dalle arenarie del "Macigno" (*unità litologico-tecnica SFLPS – Alternanza di litotipi stratificati, fratturati o alterati*) (*all. G2_12*);
- presenza di terreni detritici acclivi;
- area con pendenze medie generalmente superiori al 15%.

Sulla base degli elementi sopra riportati all'area interessata dalla Variante Urbanistica si conferma una **pericolosità geologica elevata** (classe **G.3**) (*all. G2_14*), in conformità con quanto definito dal Piano Strutturale Intercomunale.

6.2. Carta delle aree a pericolosità da alluvione (all. G2_15)

Nella realizzazione di questa carta si è tenuto conto della classificazione prevista dalle direttive tecniche approvate in Allegato A, con *Del.G.R. n. 31 del 20.01.2020*, come di seguito specificato:

Aree a pericolosità per alluvioni frequenti (P3), come definite dall'articolo 2, comma 1, lettera d) della L.R. 41/2018; queste corrispondono alle aree a pericolosità da alluvione elevata, come classificate dalle norme di P.G.R.A., comprendenti le aree inondabili da eventi con tempo di ritorno minore/uguale a 30 anni e le aree soggette a fenomeni di ristagno e di accumulo delle acque dovute alla morfologia depressa o a fenomeni di dinamica d'alveo e trasporto solido intenso in occasione di eventi di analoga frequenza.

Aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti (P2), come definite dall'articolo 2, comma 1, lettera d) della L.R. 41/2018; queste corrispondono alle aree a pericolosità da alluvione media, come classificate dalle norme di P.G.R.A., comprendenti le aree inondabili da eventi con tempo di ritorno maggiore di 30 anni e minore/uguale a 200 anni e le aree che sono soggette a fenomeni di dinamica d'alveo e trasporto solido intenso in occasione di eventi di analoga frequenza.

Aree a pericolosità da alluvioni rare (P1), come classificate negli atti di pianificazione di bacino in attuazione del d.lgs.49/2010; queste corrispondono alle aree a pericolosità da alluvione bassa, come classificate dalle norme di P.G.R.A., comprendenti le aree inondabili da eventi con tempo di ritorno maggiore di 200 anni e comunque corrispondenti al fondovalle alluvionale.

Sulla base di tutti gli elementi valutati nel presente studio e in relazione alle norme di P.A.I., relativamente alla pericolosità idraulica per l'adeguamento al P.G.R.A. (*Del. n. 14 del 18.11.2019 Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale*), l'intera Area di variante non rientra tra le aree classificate a pericolosità da alluvione; ad essa, pertanto, non viene assegnata alcuna classe di **pericolosità per alluvioni**.

6.3. Carta delle aree a pericolosità sismica locale (all. G2_18)

La sintesi di tutte le informazioni derivanti dallo studio di MS di livello 1 e 3 (*cf. § 5.5*) e dei dati raccolti dalle indagini geognostiche e geofisiche di dettaglio (*cf. § 5.4*) consente di valutare le condizioni di pericolosità sismica dell'area di studio, definite dalle direttive tecniche approvate in Allegato A, con *Del.G.R. n. 31 del 20.01.2020*, secondo la seguente classificazione:

Pericolosità sismica locale molto elevata (S.4):

- aree interessate da deformazioni legate alla presenza di faglie attive e capaci, in grado di creare deformazione in superficie;
- terreni suscettibili di liquefazione dinamica accertati mediante indagini geognostiche oppure notizie storiche o studi preesistenti;
- aree interessate da instabilità di versante attive e relativa area di evoluzione, tali da subire un'accentuazione del movimento in occasione di eventi sismici.

Pericolosità sismica locale elevata (S.3):

- aree con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti rilevanti;
- aree potenzialmente suscettibili di liquefazione dinamica, caratterizzate da terreni per i quali, sulla base delle informazioni disponibili, non è possibile escludere a priori il rischio di liquefazione;
- zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse;
- zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, connesse con un alto contrasto di impedenza sismica atteso entro alcune decine di metri dal piano di campagna;
- zone stabili suscettibili di amplificazioni locali con fattore di amplificazione (F_x) > 1.4;
- aree interessate da instabilità di versante quiescente, relative aree di evoluzione, nonché aree potenzialmente franose, di seguito, denominate “APF”, e, come tali, suscettibili di riattivazione del movimento in occasione di eventi sismici.

Pericolosità sismica locale media (S.2):

- zone stabili suscettibili di amplificazioni locali connessi con contrasti di impedenza sismica attesa oltre alcune decine di metri dal piano campagna e con frequenza fondamentale del terreno indicativamente inferiore a 1hz;
- zone stabili suscettibili di amplificazioni locali con fattore di amplificazione (F_x) < 1.4;
- zone stabili suscettibili di amplificazione topografica (pendii con inclinazione superiore a 15 gradi);
- zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, non rientranti tra quelli previsti nelle classi di pericolosità sismica S.3.

Pericolosità sismica locale bassa (S.1):

- zone stabili caratterizzate dalla presenza di litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata (pendii con inclinazione inferiore a 15 gradi), dove non si ritengono probabili fenomeni di amplificazione o instabilità indotta dalla sollecitazione sismica.

Riguardo alle suddette definizioni, si specifica che, secondo quanto riportato nelle stesse direttive tecniche di cui all’Allegato A, per “alto contrasto di impedenza sismica”, sono da intendersi situazioni caratterizzate da rapporti tra le velocità di propagazione delle onde di taglio (V_s) del substrato sismico di riferimento e delle coperture sismiche sovrastanti (oppure all’interno delle coperture stesse) almeno pari a 2, come stimato dalle indagini sismiche.

In alternativa, la medesima situazione è individuabile mediante il valore relativo all’ampiezza del picco di frequenza fondamentale delle misure passive di rumore ambientale a stazione singola, che deve essere almeno pari a 3.

Si specifica inoltre che, per “alcune decine di metri”, sono da intendersi spessori indicativamente intorno a 40 metri.

A tal fine, sono stati presi in considerazione i dati geognostici e geofisici esistenti nell’area d’interesse (*all. G3*), in particolare le misure di microtremore ambientale, caratterizzate dall’assenza di picchi significativi nell’intervallo di frequenze d’interesse (con ampiezze generalmente ≤ 3), compatibili quindi con un miglioramento graduale delle caratteristiche meccaniche dei terreni (aumento progressivo delle velocità sismiche con la profondità), ovvero in assenza di rilevanti “salti” di impedenza sismica.

In considerazione di tali dati e soprattutto sulla base dell'assegnazione all'area di interesse di fattori di amplificazione compresi tra 1,1 e 1,2 (e quindi $F_x < 1,4$), in fase di Studio di Microzonazione Sismica di livello 3 (Regione Toscana), l'intera Area di Variante, ai sensi delle suddette direttive tecniche approvate in Allegato A, con *Del.G.R. n. 31 del 20.01.2020*, viene classificata in **pericolosità sismica media (S.2)** (*all. G2_16*).

6.4. Carta delle problematiche idrogeologiche (*all. G2_10*)

Questa carta è stata estratta direttamente dalla carta delle problematiche idrogeologiche del Piano Strutturale Intercomunale approvato; in essa sono contenute in sintesi le valutazioni sulle condizioni di vulnerabilità intrinseca dei complessi idrogeologici del territorio (acquiferi) nei riguardi di possibili fenomeni di inquinamento.

Nella stessa carta, infatti, vengono distinte le varie tipologie di acquifero ed i relativi gradi di vulnerabilità, quest'ultima riferita alle falde acquifere contenute nei terreni non litoidi (coperture detritiche, corpi di frana, depositi alluvionali di fondovalle e terrazzati) e alle reti idriche delle rocce permeabili per fratturazione, che alimentano le sorgenti ed i pozzi presenti nell'area d'interesse; la classificazione prevede la suddivisione in 5 gradi di vulnerabilità (da molto basso a molto alto), secondo quanto riportato nella legenda dell'elaborato cartografico di *allegato G2_10*.

In particolare, l'area interessata dalla Variante urbanistica, in accordo con quanto definito dal Piano Strutturale Intercomunale, ricade interamente nelle aree con **grado di vulnerabilità Alto (II)** come di seguito descritto:

Grado di vulnerabilità	Tipo di acquifero	Formazioni
II –ALTO	Sono inseriti in questa classe i depositi di copertura a permeabilità primaria molto elevata	Coperture detritiche di versante

In conformità con le disposizioni per la salvaguardia degli acquiferi e delle fonti di approvvigionamento idropotabile, per le aree caratterizzate da un grado di vulnerabilità **Alto (II)** sono recepite le seguenti limitazioni:

“piani attuativi ed interventi diretti concernenti impianti e/o attività inquinanti rispettivamente approvabili ed abilitabili soltanto se corredati dalla valutazione della vulnerabilità reale locale e dal progetto delle eventuali necessarie opere volte alla mitigazione del potenziale specifico”.

Tale rischio è definito attraverso valutazioni incrociate tra vulnerabilità intrinseca, tipologia del centro di pericolo, caratteristiche idrogeologiche ed idrodinamiche dell'acquifero, valore della risorsa da tutelare (quantità, qualità ed utilizzo).

7. CONDIZIONI DI FATTIBILITÀ

Le condizioni di attuazione degli interventi previsti dalla presente Variante Urbanistica sono state definite secondo i criteri di fattibilità definiti al punto 3.2 delle direttive tecniche approvate con *Del.G.R. n. 31 del 20.01.2020* (Allegato A al Regolamento di Attuazione approvato con *D.P.G.R. 30 gennaio 2020 n. 5/R*).

In particolare, tali condizioni sono state determinate in relazione agli aspetti geologici (geologici s.s. e geomorfologici), da rischio di alluvioni ed agli aspetti sismici, tenendo conto del tipo di previsione oggetto della presente Variante Urbanistica consistente nella *realizzazione di un volume in ampliamento di un edificio di civile abitazione posto in Sillano, via V. Veneto n. 26.*

7.1. Criteri di fattibilità in relazione agli aspetti geologici

Per quanto riguarda i criteri di fattibilità in relazione agli aspetti geologici, tenendo conto della classe di pericolosità geologica individuata per l'area di Variante (*all. G2_14*), le suddette direttive tecniche allegate al regolamento di attuazione *D.P.G.R. 30 gennaio 2020 n. 5/R*, al paragrafo 3.2.4, prevedono che:

- nelle aree classificate in **pericolosità geologica elevata (G3)** è necessario rispettare i criteri di seguito indicati, oltre a quelli già previsti dalla pianificazione di bacino (art. 13) delle norme di P.A.I.:

- *la fattibilità degli interventi sul patrimonio edilizio esistente che comportano la demolizione e ricostruzione, o aumento di superficie coperta o di volume, e degli interventi di ampliamento e adeguamento di infrastrutture a sviluppo lineare e a rete è subordinata alla valutazione che non vi sia peggioramento delle condizioni di instabilità del versante e un aggravio delle condizioni di rischio per la pubblica incolumità.*

7.2. Criteri di fattibilità in relazione al rischio di alluvioni

Sulla base di tutti gli elementi valutati nel presente studio e in relazione alle norme di P.A.I., relativamente alla pericolosità idraulica per l'adeguamento al P.G.R.A. (*Del. n. 14 del 18.11.2019 Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale*), la stessa area non rientra tra le aree classificate a **pericolosità da alluvione**.

Non è prevista, pertanto, alcuna prescrizione specifica ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia, fatto salvo il regime autorizzativo previsto per legge.

7.3. Criteri di fattibilità in relazione agli aspetti sismici

Per quanto riguarda i criteri di fattibilità in relazione agli aspetti sismici, tenendo conto della caratterizzazione dell'area di Variante sulla base degli Studi di Microzonazione Sismica (*all. G2_8-9*) e della sua conseguente classificazione fra le aree a **pericolosità sismica locale media (S2)**, le direttive tecniche allegate al regolamento di attuazione *D.P.G.R. 30 gennaio 2020 n. 5/R*, al paragrafo 3.6.3, prevedono che in sede di piano attuativo o, in sua assenza, dei progetti edilizi, sono da studiare e approfondire i seguenti aspetti:

- non è necessario indicare condizioni di attuazione per la fase attuativa o progettuale degli interventi. Limitatamente a quelle connesse con contrasti di impedenza sismica attesa oltre alcune decine di metri dal piano campagna e con frequenza fondamentale del terreno indicativamente inferiore ad 1 herz, la fattibilità degli interventi di nuova edificazione tiene conto dell'analisi combinata dalla frequenza fondamentale del terreno e del periodo proprio delle tipologie edilizie, al fine di verificare l'eventuale insorgenza di fenomeni di doppia risonanza terreno-struttura nella fase della progettazione edilizia.

Come sopra riportato, quindi, gli interventi previsti dalla presente Variante Urbanistica sono da ritenersi attuabili e subordinati a quanto disposto dal paragrafo 3.6.4 delle direttive tecniche allegate al regolamento di attuazione *D.P.G.R. 30 gennaio 2020 n. 5/R*.

8. CONCLUSIONI

Le indagini geologico-tecniche svolte per conto dei Sig.ri ANTONIO PAGANI e SILVIA PAGANI, allo scopo di verificare la fattibilità Variante Urbanistica Semplificata al vigente strumento urbanistico, ai sensi dell'art. 30 della L.R. 65/2014, relativa alla realizzazione di un volume in ampliamento di un edificio di civile abitazione posto in Sillano, via V. Veneto n.26, hanno portato, attraverso la realizzazione di elaborati cartografici di dettaglio, all'individuazione delle classi di pericolosità ed ai criteri di fattibilità per l'area di Variante, come illustrato nel dettaglio al precedente punto 7, riportante anche le prescrizioni specifiche.

Si ricorda, infine, che, sulla base di quanto riportato al precedente paragrafo 1.1, la Variante Urbanistica in questione non è soggetta a parere vincolante della competente Autorità di Bacino Distrettuale, fatto salvo quanto previsto per gli interventi che ricadendo in pericolosità P3, per i quali, come sopra specificato, ci si dovrà attenere a quanto disposto dall'art. 13 delle norme di P.A.I., sottoponendo gli stessi, in fase di intervento diretto, laddove necessario, al parere vincolante dell'Autorità di Bacino.

Per quanto riguarda il Deposito delle presenti indagini presso il competente Ufficio Tecnico del Genio Civile, si precisa che le stesse, non rientrando nella casistica delle indagini soggette a controllo obbligatorio definite dall'art. 10 del regolamento di attuazione approvato con *D.P.G.R. 30 gennaio 2020 n. 5/R*, sono soggette a controllo a campione.

Castelnuovo di Garfagnana, 19 Gennaio 2021

Il Geologo
Dott. ALESSIO BIAGIONI