



Comune di Pieve Fosciana
Provincia di Lucca

Variante urbanistica per modifica del tracciato della strada di accesso agli impianti sportivi di Pieve Fosciana capoluogo

art. 34 L.R. 65/14 - art. 19 D.P.R. 327/01

sindaco

Francesco Angelini

**responsabile
del procedimento**

geom. Marcello Bernardini

progettista

arch. Matteo Casanovi

geologo

geol. Riccardo Biagioni

marzo 2020

Elaborato geologico

RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA

elaborato

U04.1

INDICE

1. PREMESSA - NORME DI RIFERIMENTO	3
2. METODOLOGIA DI INDAGINE	6
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	8
4. GEOMORFOLOGIA E IDROGEOLOGIA DELL'AREA	9
5. INDAGINE DI DETTAGLIO ED ELABORATI CARTOGRAFICI DI BASE	10
5.1. Carta geologica-geomorfologica (<i>Tav. G11</i>).....	10
5.2. Carta litologico-tecnica (<i>Tav. G14</i>).....	12
5.3. Carta della permeabilità – Idrogeologia dell'area (<i>Tav. G12</i>).....	13
5.4. Carta dell'acclività (<i>Tav. G13</i>).....	14
5.5. Carta dei dati di base - Indagini geognostiche e geofisiche (<i>Tav. G15</i>)	14
5.5.1. Risultati della prova penetrometrica (DPSH) – Ricostruzione della stratigrafia.....	15
5.5.2. Risultati della prospezione sismica a rifrazione – Ricostruzione della stratigrafia ..	16
5.5.3. Risultati della prova sismica MASW - Categoria di sottosuolo	17
5.6. Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) (<i>Tav. G6</i>)	20
6. ELABORATI CARTOGRAFICI DI SINTESI	21
6.1. Carta delle aree a pericolosità geologica/geomorfologica (<i>Tav. G16</i>)	21
6.2. Carta delle aree a pericolosità idraulica (<i>Tav. G17</i>)	22
6.3. Carta delle aree a pericolosità sismica locale (<i>Tav. G18</i>)	22
6.4. Carta della vulnerabilità degli acquiferi (<i>Tav. G19</i>).....	23
7. CONDIZIONI DI FATTIBILITÀ	24
8. CONCLUSIONI	27

Allegati fuori testo

- UO4.2 TAVOLE CARTOGRAFICHE:
- Tav. G1a: Inquadramento topografico dell'area (scala 1:10000)
 - Tav. G1b: Planimetria schematica dell'area di variante (scala 1:1000)
 - Tav. G2: Carta della pericolosità da frana (estratta dal P.A.I. - Bacino Fiume Serchio)
 - Tav. G3: Carta delle aree a pericolosità da alluvione fluviale (P.G.R.A.)
 - Tav. G4a: Carta della pericolosità geomorfologica delle U.T.O.E. (estratta da R. U. Comune di Pieve Fosciana)
 - Tav. G4b: Carta della pericolosità geomorfologica del territorio rurale (estratta da R. U. Comune di Pieve Fosciana)
 - Tav. G5: Carta della pericolosità idraulica (estratta da R. U. Comune di Pieve Fosciana)
 - Tav. G6: Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) (scala 1:2000) (tratta da Studio di Microzonazione Sismica del Comune di Pieve Fosciana)
 - Tav. G7a: Carta della pericolosità sismica dei centri urbani (estratta da R. U. Comune di Pieve Fosciana)
 - Tav. G7b: Carta della pericolosità sismica esterna allo Studio di Microzonazione (estratta da R. U. Comune di Pieve Fosciana)
 - Tav. G8: Carta della pericolosità geomorfologica (estratta da Piano Strutturale Intercomunale)
 - Tav. G9: Carta della pericolosità idraulica (estratta da Piano Strutturale Intercomunale)
 - Tav. G10: Carta della pericolosità sismica (estratta da Piano Strutturale Intercomunale)
 - Tav. G11: Carta Geologica – Geomorfologica (scala 1:5000)
 - Tav. G12: Carta della permeabilità (scala 1:5000)
 - Tav. G13: Carta dell'acclività (scala 1:5000)
 - Tav. G14: Carta litologico - tecnica (scala 1:5000)
 - Tav. G15: Carta dei dati di base (scala 1:500)
 - Tav. G16: Carta delle aree a Pericolosità Geologica (scala 1:5000)
 - Tav. G17: Carta delle aree a Pericolosità Idraulica (scala 1:5000)
 - Tav. G18: Carta delle aree a Pericolosità Sismica (scala 1:5000)
 - Tav. G19: Carta della vulnerabilità degli acquiferi (scala 1:5000)
- UO4.3 Indagini geognostiche e geofisiche eseguite in Pieve Fosciana capoluogo – Loc. La Custia – Relazione tecnica (*PRO.GEO. s.r.l., Febbraio 2020*)

1. PREMESSA - NORME DI RIFERIMENTO

Su incarico dell'AMMINISTRAZIONE COMUNALE di PIEVE FOSCIANA (LU), sono state eseguite indagini geologico-tecniche a supporto della redazione della Variante Urbanistica per modifica del tracciato della strada di accesso agli impianti sportivi di Pieve Foscianna capoluogo (*Tav. G1a*).

In particolare, come evidenziato nella planimetria di dettaglio di *Tavola G1b*, la Variante in oggetto riguarda l'adeguamento del tracciato esistente della strada vicinale "Via dei Legni" (area identificata con **1**) ed un tratto di strada di nuova previsione (area **2**); contestualmente si rendono necessarie le seguenti variazioni rispetto a quanto previsto dal Regolamento Urbanistico vigente:

- area **3**: porzione di tracciato stradale di previsione da RU da destinare ad "area non edificata con residue lavorazioni agricole";
- area **4**: porzione di tracciato stradale di previsione da RU da destinare a "parcheggio";
- area **5**: porzione di tracciato stradale di previsione da RU da destinare ad "insediamento residenziale recente".

Le indagini sono state condotte in ottemperanza a 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.
- D.P.G.R. 25 ottobre 2011 n. 53/R: Regolamento di attuazione dell'art. 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche.
- Del.C.P. n. 189 del 13.12.2000: "Piano Territoriale di Coordinamento (PTC)" pubblicato sul B.U.R.T. n. 4 del 24 gennaio 2001.
- 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.
- Del.C.R.T. n. 20 del 01.02.2005: Approvazione del Piano di Assetto Idrogeologico per il bacino regionale pilota del Fiume Serchio (P.A.I.), adottato dal Comitato istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Serchio con Del.C.I. n. 132 del 5.10.2004.
- 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: Aggiornamento della classificazione sismica regionale in attuazione dell'O.P.C.M. 3519/2006 ed ai sensi del D.M. 14/01/2008 – Revoca della D.G.R.T. 431/2006.

- 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 (attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni). Modifiche alla L.R. 80/2015 e alla L.R. 65/2014.
- Comune di Pieve Fosciana – Piano Strutturale approvato con Del.C.C. n. 2 del 13.04.2005.
- Comune di Pieve Fosciana – Variante al Piano Regolatore Generale – Regolamento Urbanistico approvato con Del.C.C. n. 20 del 20.05.2010.
- Comune di Pieve Fosciana – Variante Parziale al Piano Strutturale - Marzo 2014.
- Comune di Pieve Fosciana – Piano Strutturale Intercomunale approvato con Del.C.C. n. 16 del 24.07.2019, pubblicato sul B.U.R.T. n. 50 del 11.12.2019.

In particolare, le indagini geologiche hanno portato alla definizione delle classi di pericolosità e delle condizioni di fattibilità relative alla Variante Urbanistica in oggetto, secondo quanto definito dalla normativa vigente in materia di indagini geologiche di supporto agli Strumenti Urbanistici (*D.P.G.R. 25 ottobre 2011 n. 53/R; art. 245 L.R. 65/2014*).

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*, che aggiorna tale classificazione, in attuazione dell'*Ord.P.C.M. n. 3519/2006* e revoca della precedente *Del.G.R. n. 431 del 19.06.2006*, il Comune di Pieve Fosciana 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.

Dal punto di vista della pericolosità sismica locale, con l'entrata in vigore del citato Regolamento (*D.P.G.R. 25 ottobre 2011 n. 53/R*), gli aspetti collegati alla risposta sismica locale ed alla valutazione di possibili effetti locali del sisma, devono venir presi in considerazione attraverso l'individuazione delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS), con la realizzazione di apposito elaborato cartografico (*Tav. G6; § 5.6*), che va ad aggiungersi alle altre carte tematiche, sostituendo di fatto la carta delle Zone a Maggiore Pericolosità Sismica Locale (ZMPSL) prevista dal precedente D.P.G.R. 27 aprile 2007 n. 26/R.

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, la raccolta bibliografica dei dati esistenti, oltre che dall'esecuzione di indagini geognostiche e geofisiche finalizzate al presente studio (*cf. § 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'area di interesse.

Per quanto riguarda il P.A.I. del Fiume Serchio (*Del. n. 15 del 18.11.2019 Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale*), l'intera area di Variante rientra tra le aree a **pericolosità di frana bassa e aree di media stabilità e stabili (P1)**, essendo classificata come "**G – aree di fondovalle e/o pianeggianti**" (*Tav. G2*); in tali aree, secondo quanto previsto dall'art. 15 delle norme di P.A.I., l'edificabilità è condizionata ai normali vincoli esistenti sul territorio ed all'esecuzione di indagini geologiche e geotecniche nei casi previsti dalla normativa vigente e/o dallo Strumento Urbanistico.

La stessa area di Variante rimane al di fuori dell'area classificata a pericolosità di frana molto elevata (P4) (*C6 – aree al bordo di terrazzi fluviali*), così come definita dall'art. 12, comma 2, delle stesse norme di P.A.I.

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*), infine, la stessa area non rientra tra le aree classificate a pericolosità da alluvione (*Tav. G3*).

La Variante urbanistica in oggetto quindi non risulta soggetta al Parere dell'Autorità di Bacino dell'Appennino Settentrionale.

In base al vigente Regolamento Urbanistico comunale le aree oggetto di Variante ricadono interamente nelle seguenti classi di pericolosità:

- **pericolosità geomorfologica bassa (G1)** (*Tav. G4a-b*); aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di movimenti morfoevolutivi.

- **pericolosità idraulica bassa (II)** (*Tav. G5*); aree collinari o montane prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni:

- non vi sono notizie storiche di inondazioni;
- sono in situazione favorevole di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda;

- **pericolosità sismica media (S2)** (*Tav. G7a-b*); zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (che non rientrano tra quelli previsti per la classe di pericolosità sismica S3).

In base al vigente Piano Strutturale Intercomunale approvato con Del.C.C. n. 16 del 24.07.2019, la stessa area di Variante ricade nelle seguenti classi di pericolosità:

- **pericolosità geomorfologica bassa (G1)** (Tav. G8); aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di movimenti morfoevolutivi;

- **pericolosità idraulica bassa (I1)** (Tav. G9); aree in condizioni di sicurezza idraulica;

- **pericolosità sismica elevata (S3)** (Tav. G10); in tali aree vi sono comprese le zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti, che possono dar luogo a cedimenti diffusi e 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 (...).

Rispetto al Regolamento Urbanistico vigente, quindi, all'area d'interesse è stata assegnata una classe di pericolosità sismica elevata (S3), per la quale, in base al D.P.G.R. 53/R del 25.10.2011, nelle suddette zone “*suscettibili di amplificazione locali caratterizzate da un alto contrasto di impedenza sismica tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri, è realizzata una campagna di indagini geofisica (...) e geotecniche (...) che definisca spessori, geometrie e velocità sismiche dei litotipi sepolti, al fine di valutare l'entità del contrasto di rigidità sismica dei terreni tra coperture e bedrock sismico*”.

A tal fine sono state eseguite indagini geognostiche e sismiche in sito, i risultati delle quali sono illustrati nel dettaglio al successivo paragrafo 5.5.

2. METODOLOGIA DI INDAGINE

Il lavoro è consistito in una prima fase di consultazione della cartografia geologica esistente e dei lavori editi riguardanti l'area d'indagine e le zone limitrofe, con particolare riferimento a:

NARDI R., PUCCINELLI A. & DE LUCIA P.L. (1992) - *Carta geologica della Garfagnana e della Media Valle del Serchio (Lucca)*. Scala 1:10.000. Elemento della Carta Tecnica della Regione Toscana N. 250051 (Pieve Fosciana);

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. 250050 (aggiornamento Luglio 2012).

STUDIO GEOLOGICO GEOLINK (2004) - *Indagini geologico-tecniche di supporto al Piano Strutturale e al Regolamento Urbanistico*. Comune di Pieve Fosciana.

STUDIO GEOLOGICO GEOLINK (2013) – *Studio di Microzonazione Sismica*. Comune di Pieve Fosciana.

STUDIO GEOLOGICO GEOLINK (2014) - *Indagini geologico-tecniche di supporto alla Variante parziale al Piano Strutturale*. Comune di Pieve Fosciana.

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

Successivamente si è proceduto ad un rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio, che, per le aree già coperte, è stato raffrontato con quanto riportato nelle suddette carte ed integrato con l'esame stereoscopico delle foto aeree del territorio comunale.

Inoltre, allo scopo di ricostruire la locale successione stratigrafica e valutare i parametri fisici e geotecnici dei terreni presenti, a supporto della realizzazione della cartografia tematica, sono state eseguite indagini geognostiche e geofisiche specifiche, nell'area interessata dalla Variante Urbanistica (*Tav. G15 - all. U04.3*).

In particolare, su incarico del sottoscritto, sono state realizzate, dalla ditta PRO.GEO. s.r.l. di Castelnuovo di Garfagnana (LU), le seguenti indagini: n. 1 **prova penetrometrica dinamica** superpesante (DPSH), n. 1 **prospezione sismica a rifrazione** con onde P e n. 1 **prova MASW** ⁽¹⁾ (*cfr. § 5.5*).

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, idraulica e sismica del territorio comunale, così come prevista dal Regolamento approvato con *D.P.G.R. 25 ottobre 2011 n. 53/R* e contenuta negli elaborati di sintesi indicati come *Tav. G16, Tav. G17, Tav. G18 e Tav. G19*.

La restituzione cartografica delle indagini svolte è stata effettuata utilizzando come base topografica la Carta Tecnica della Regione Toscana in scala 1:10.000 e 1:2.000 (sezione N. 250050) ed ha comportato la realizzazione dei seguenti elaborati cartografici:

Tav. G1b: Inquadramento topografico dell'area (scala 1:10000)

Tav. G1b: Planimetria schematica dell'area di variante (scala 1:1000)

Tav. G2: Carta della pericolosità da frana (estratta dal P.A.I. - Bacino Fiume Serchio)

Tav. G3: Carta delle aree a pericolosità da alluvione fluviale (P.G.R.A.)

Tav. G4a: Carta della pericolosità geomorfologica delle U.T.O.E. (estratta da R. U. Comune di Pieve Fosciana)

Tav. G4b: Carta della pericolosità geomorfologica del territorio rurale (estratta da R. U. Comune di Pieve Fosciana)

Tav. G5: Carta della pericolosità idraulica (estratta da R. U. Comune di Pieve Fosciana)

⁽¹⁾ Multichannel Analysis of Surface Waves = Analisi Multicanale delle Onde Superficiali.

- Tav. G6: Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) (scala 1:2000) (tratta da Studio di Microzonazione Sismica del Comune di Pieve Fosciana)
- Tav. G7a: Carta della pericolosità sismica dei centri urbani (estratta da R. U. Comune di Pieve Fosciana)
- Tav. G7b: Carta della pericolosità sismica esterna allo Studio di Microzonazione (estratta da R. U. Comune di Pieve Fosciana)
- Tav. G8: Carta della pericolosità geomorfologica (estratta da Piano Strutturale Intercomunale)
- Tav. G9: Carta della pericolosità idraulica (estratta da Piano Strutturale Intercomunale)
- Tav. G10: Carta della pericolosità sismica (estratta da Piano Strutturale Intercomunale)
- Tav. G11: Carta Geologica – Geomorfologica (scala 1:5000)
- Tav. G12: Carta della permeabilità (scala 1:5000)
- Tav. G13: Carta dell'acclività (scala 1:5000)
- Tav. G14: Carta litologico - tecnica (scala 1:5000)
- Tav. G15: Carta dei dati di base (scala 1:500)
- Tav. G16: Carta delle aree a Pericolosità Geologica (scala 1:5000)
- Tav. G17: Carta delle aree a Pericolosità Idraulica (scala 1:5000)
- Tav. G18: Carta delle aree a Pericolosità Sismica (scala 1:5000)
- Tav. G19: Carta della vulnerabilità degli acquiferi (scala 1:5000)

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area di nostro interesse si trova sulla sinistra idrografica del Torrente di Castiglione, in una zona caratterizzata geologicamente dalla presenza di depositi fluvio-lacustri del Villafranchiano inferiore (Pliocene) e dei sovrastanti depositi alluvionali quaternari (Pleistocene medio/sup. (?) - Olocene) costituiti in prevalenza da ciottoli di arenaria "Macigno"; questi ultimi costituiscono il litotipo presente nel sito in questione e dominante in una vasta area circostante (*Tav. G11*).

I depositi fluvio-lacustri villafranchiani si sedimentarono all'interno di bacini sviluppati, secondo una direzione appenninica (NW-SE), in corrispondenza di grandi depressioni tettoniche delimitate da faglie dirette; successivamente, in seguito ai movimenti di sollevamento più recenti dell'Appennino, iniziati nel Pleistocene medio/sup. (?), all'interno degli stessi bacini vennero depositate ingenti quantità di materiale alluvionale trasportato dai corsi d'acqua che scendevano dalla catena appenninica formando grossi conoidi di deiezione.

Tali conoidi caratterizzano attualmente tutta l'area che da Castiglione di Garfagnana e Pieve Fosciana si estende verso Sud-Est, oltre la soglia di Monte Pèrpoli, fino alla zona di Barga e di Calavorno; in essi spesso sono riconoscibili più ordini di terrazzamenti legati verosimilmente alle principali fasi climatiche interglaciali del Pleistocene, durante le quali,

contemporaneamente allo scioglimento dei ghiacciai, si verificava lo smantellamento di parte della catena appenninica ed il conseguente trasporto di grandi quantità di materiale.

I ciottoli a prevalenti elementi di Macigno, che costituiscono il terreno di fondazione nel sito in oggetto, affiorano nella scarpata del terrazzo e in corrispondenza di alcuni tagli artificiali vicini. Tali depositi si trovano normalmente sovrapposti a quelli del ciclo fluvio-lacustre villafranchiano costituiti da depositi sabbioso-argillosi e da ghiaie e conglomerati prevalentemente calcarei; questi ultimi affiorano al di fuori dell'area di nostro interesse, sia a Nord, nella zona di Castiglione, sia a Sud, presso Castelnuovo Garfagnana.

4. GEOMORFOLOGIA E IDROGEOLOGIA DELL'AREA

L'area in esame si trova presso quota 382 m s.l.m., sulla sinistra idrografica del Torrente di Castiglione (o Esàrulo), nella parte settentrionale dell'abitato di Pieve Fosciana (*Tav. G1*); in particolare, essa si colloca in località "La Custia", all'interno di un'ampia spianata morfologica caratterizzata dalla presenza di circoscritte zone coltivate ed altre incolte o lasciate a prato. Nella stessa zona, inoltre, sono presenti gli impianti sportivi comunali, oltre a diversi fabbricati, prevalentemente ad uso civile.

Dal punto di vista morfologico, tale area fa parte di un terrazzo di origine fluviale, formatosi in seguito alla reincisione da parte del Serchio e dei suoi affluenti a spese di un ampio conoide alluvionale che dalla zona di Pieve Fosciana degrada dolcemente, con pendenze del 3,5÷4,5%, in direzione S-SW, verso Pontardeto e Piano Pieve.

In virtù di una tale morfologia, l'intera area indagata risulta nel suo insieme pianeggiante e priva di qualsiasi fenomeno di instabilità.

Questa zona, inoltre, rimane completamente al di fuori degli ambiti d'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, per quanto riguarda la citata normativa, riguardante provvedimenti in materia di rischio idraulico, non sussiste alcuna limitazione alla fattibilità degli interventi in progetto.

Sotto l'aspetto idrogeologico, infine, la stessa zona è caratterizzata dall'assenza di importanti incisioni dovute a ruscellamento superficiale, grazie soprattutto alla morfologia pianeggiante dell'area e alle caratteristiche di buona permeabilità del terreno affiorante che favoriscono l'infiltrazione dell'acqua.

Per quanto riguarda la falda acquifera, non è stato possibile ricavare dati certi sulla presenza e sulla profondità della stessa, a causa dell'assenza di pozzi nel sito in oggetto; tuttavia, le caratteristiche di buona permeabilità dei depositi alluvionali in questione, lo spessore degli stessi e le condizioni geomorfologiche del sito fanno escludere che essa possa trovarsi a profondità tali da interessare le opere in progetto.

5. INDAGINE DI DETTAGLIO ED ELABORATI CARTOGRAFICI DI BASE

In osservanza alla normativa vigente (*cf.* § 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. 250050) e in scala 1:2.000, opportunamente ridotta o 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 ricostruire la stratigrafia e valutare gli spessori dei terreni presenti, sono state eseguite indagini geognostiche e geofisiche specifiche, nell'area d'interesse (*Tav. G15 - all. U04.3*); in particolare, su incarico del sottoscritto, sono state realizzate, dalla ditta PRO.GEO. s.r.l. di Castelnuovo di Garfagnana (LU), le seguenti indagini: n. 1 **prova penetrometrica dinamica** superpesante (DPSH), n. 1 **prospezione sismica a rifrazione** con onde P e n. 1 **prova MASW** (*cf.* § 5.5).

5.1. Carta geologica-geomorfologica (*Tav. G11*)

In considerazione del fatto che l'area di nostro interesse non mostra una grande varietà né di formazioni geologiche, né di processi morfologici, si è ritenuto opportuno riunire in un'unica carta le informazioni geologiche e geomorfologiche, per favorirne, vista anche la notevole semplicità della stessa, una lettura più rapida e di maggiore sintesi.

Il rilevamento di campagna riguardante l'area interessata della prevista Variante Urbanistica ed una congrua area circostante ha permesso il riconoscimento e la delimitazione delle seguenti litologie, elencate dall'alto verso il basso della loro successione stratigrafica:

- **Alluvioni attuali e recenti (all)**: ghiaie eterometriche, sabbie e limi di composizione generalmente variabile; si ritrovano molto più a valle dell'area di Variante, in corrispondenza dell'alveo e delle zone sondabili del Torrente di Castiglione.

Età: Quaternario (Olocene).

- **Ciottoli a prevalenti elementi di Macigno (ct)**: ciottoli embricati eterometrici a prevalenti elementi di arenaria in matrice sabbiosa e, in misura minore, limoso-argillosa; i ciottoli, riferibili alla formazione arenacea del Macigno della Successione Toscana, appaiono di colore grigio al taglio fresco ed alterati superficialmente in giallo ocra - marrone.

In letteratura vengono riconosciuti come depositi alluvionali terrazzati, distinti generalmente in più ordini di terrazzamenti e in molti casi riconducibili ad importanti cicli antichi pleistocenici; cicli più recenti sono riferibili prevalentemente all'*Olocene*.

Questa formazione affiora nelle scarpate del terrazzo e in corrispondenza di alcuni tagli artificiali vicini.

- **Sabbie e argille lignitifere (arg)**: argille grigie, argille sabbiose e limose, con livelli sporadici di sabbie ocracee e di ghiaie poligeniche a clasti arrotondati in matrice argilloso-sabbiosa; le argille sono caratterizzate dalla presenza di frequenti resti vegetali e livelli di lignite.

Età: Villafranchiano inferiore.

Quest'ultima formazione affiora presso la località "Il Bagno", molto più a Sud-Est dell'area di nostro interesse.

Per quanto riguarda il rilevamento dei processi morfogenetici principali, ci si è basati su una classificazione che trae spunto da quella proposta dal Gruppo Nazionale di Geografia Fisica e Geomorfologia del C.N.R. (1993); tale classificazione mette in evidenza il grado di evoluzione di ogni processo, distinguendo tre classi di attività, secondo i seguenti criteri:

- **ATTIVO**: il processo è in atto; le forme che da esso derivano sono in evoluzione e pertanto si deve tener conto di una loro possibile estensione areale.

- **QUIESCENTE**: il fenomeno si trova in fase di quiescenza ovvero al momento non appare in evoluzione; in alcuni casi vi è stato un rimodellamento da parte degli agenti esogeni, con sviluppo di copertura vegetale, ecc., tuttavia esistono indizi ed evidenze di campagna che fanno supporre una possibile riattivazione del fenomeno stesso in seguito all'azione di agenti esterni e/o in condizioni morfologiche e climatiche particolari.

- **INATTIVO**: il processo si è esaurito; le forme non sono più in evoluzione né sono riattivabili, nelle condizioni morfoclimatiche attuali, sotto l'azione dello stesso processo morfogenetico principale.

Nell'area indagata gli elementi più caratteristici dal punto di vista geomorfologico corrispondono all'ampia spianata morfologica di origine fluviale (antico **terrazzo alluvionale**), completamente stabile, sulla quale insiste l'area oggetto di Variante Urbanistica e ad alcune aree soggette a franosità (**frane quiescenti**), collocate lungo il **ciglio del terrazzo** stesso e/o in

corrispondenza della sua scarpata, queste ultime, tuttavia, si trovano a distanze e in condizioni tali da non poter mettere a rischio la stabilità del sito stesso, non influenzando di fatto sulla fattibilità geologica dell'area.

5.2. Carta litologico-tecnica (Tav. G14)

Allo scopo di giungere ad una suddivisione dei terreni che possiedono comportamento meccanico omogeneo, i litotipi presenti nelle zone studiate sono stati raggruppati in “unità litologico-tecniche” (U.L.T.) sulla base dei seguenti parametri: litologia, grado di alterazione, presenza e frequenza di stratificazione e/o di altre discontinuità, grado di addensamento e/o di cementazione. Tali parametri sono stati valutati in maniera qualitativa o semi-quantitativa, mediante prove manuali e/o con penetrometro tascabile.

La suddivisione in U.L.T., riportata nella legenda di Tav. G14, è stata fatta in accordo con le direttive dettate dalla Regione Toscana, nell'ambito del Programma V.E.L. (L.R. n. 56/97).

Le U.L.T. sono state suddivise secondo lo schema seguente:

E - Materiali granulari non cementati o poco cementati (COPERTURA)

E1.a3-4 - Depositi alluvionali, a granulometria mista, da sciolti a poco addensati.

Ghiaie e ciottoli eterometrici (generalmente > 60 mm) immersi in matrice sabbioso-limosa da sciolta a poco addensata. Costituiscono questa unità i depositi alluvionali recenti e attuali (*all*) presenti sul fondovalle del Torrente Castiglione.

E2.a3-4 - Depositi eterogenei, a granulometria mista, da sciolti a poco addensati.

Depositi clastici a granulometria mista, con prevalenza di ghiaie (elementi tra 2 e 60 mm) e ciottoli in matrice sabbioso-limosa da sciolta, negli strati superficiali, a poco addensata, più in profondità. Rientrano in questa U.L.T. i terreni prevalentemente granulari non cementati, in particolare i depositi alluvionali terrazzati nella loro parte più superficiale (*at*), i conoidi di deiezione e gli accumuli di frana.

E1.a1-2 - Depositi alluvionali, a granulometria mista, addensati.

Ciottoli eterometrici (generalmente > 60 mm), prevalentemente arenacei, immersi in matrice sabbioso-limosa da moderatamente addensata ad addensata. Costituiscono questa unità i depositi alluvionali terrazzati a prevalenti “ciottoli di Macigno” (*ct*), nella loro parte più profonda.

D - SUBSTRATO

D2.s2 – Materiali coesivi.

Argille da moderatamente consistenti a consistenti, con presenza di frazione sabbiosa e sporadici livelli di ghiaie.

Tale unità litotecnica è rappresentata dalle “argille e sabbie” villafranchiane (*arg*), consolidate in seguito alla sovrapposizione dei depositi più recenti.

Confrontando la carta litotecnica così ottenuta con la carta geologico-geomorfologica (*Tav. G11*), 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 della permeabilità – Idrogeologia dell’area (Tav. G12)

In relazione alla geologia delle aree d’indagine, caratterizzate dalla presenza di un numero non elevato di litotipi, ciascuno con proprie caratteristiche di permeabilità, anche lo schema idrogeologico generale del territorio interessato dalla Variante Urbanistica risulta nel complesso di semplice lettura.

Nell’area di nostro interesse sono presenti litotipi caratterizzati essenzialmente da una permeabilità primaria (caratteristica dei terreni incoerenti), che formano acquiferi costituiti dai depositi alluvionali, recenti e di conoide, delle zone pianeggianti (acquiferi porosi), più limitati come estensione e potenzialità; nel caso specifico, essi sono rappresentati dai terreni costituenti le spianate morfologiche di Pieve Fosciana e dai materiali alluvionali sciolti, da grossolani a fini, localizzati lungo i fondovalle del corso d’acqua principale (Torrente Castiglione), caratterizzati dalla falda di subalveo.

Riassumendo, tutte le formazioni geologiche distinte nelle aree d’interesse sono state raggruppate nelle seguenti classi di permeabilità:

Tipo di permeabilità:	Grado:	Formazione:
Primaria (per porosità)	Elevato	Depositi alluvionali recenti e attuali (all)
	Medio	Depositi alluvionali a prevalenti ciottoli di Macigno (ct – at) Conoidi
	Medio-basso	Corpi di frana
	Basso	Materiali coesivi (arg)

Direttamente collegata a questa carta è la *Carta della vulnerabilità degli acquiferi (Tav. G19)*.

5.4. Carta dell'acclività (Tav. G13)

La distribuzione areale dell'acclività è stata valutata con il metodo grafico della scala clinometrica, ovvero individuando sulla carta, all'interno di ciascuna "striscia" compresa tra due isoipse successive (equidistanza = 10 m per le direttrici, = 2 m per le secondarie), i punti in cui la distanza tra le stesse isoipse assume il valore corrispondente al limite di separazione tra una classe di pendenza e la sua contigua; ne consegue che l'attendibilità di una tale carta è generalmente buona per una lettura d'insieme del territorio, mentre essa risulta insufficiente ai fini di una differenziazione di dettaglio delle pendenze, specialmente in quelle aree di limitata estensione, caratterizzate da frequenti variazioni di acclività (terrazzamenti antropici, ecc.).

Nell'area di specifico interesse e in suo congruo intorno sono state distinte le seguenti tre classi di pendenza:

- Classe 1) pendenze inferiori al 5%
- Classe 2) pendenze comprese tra il 5% e il 10%;
- Classe 3) pendenze superiori al 35%

L'area di Variante ricade interamente nella **classe 1** di acclività, essendo caratterizzata da pendenze medie del 2÷3%.

5.5. Carta dei dati di base - Indagini geognostiche e geofisiche (Tav. G15)

Ai fini della ricostruzione del profilo stratigrafico e della caratterizzazione sismica dei terreni nell'area di interesse, il giorno 27.01.2020 sono state eseguite indagini geognostiche e geofisiche secondo il seguente programma:

- esecuzione di n. 1 **prova penetrometrica dinamica** superpesante (DPSH) spinta fino alla profondità di 2,4 m dal p.c.;
- esecuzione di n. 1 **prospezione sismica a rifrazione** con onde P, tramite stendimento di lunghezza pari a 34,5 metri (24 canali; interasse: 1,5 m);
- esecuzione di n. 1 **prova MASW** (sorgente: forza verticale ZVF; acquisizione: componente verticale delle onde di Rayleigh), tramite stendimento di lunghezza pari a 34,5 metri (24 canali; interasse: 1,5 m).

Le suddette indagini sono state eseguite, su incarico del sottoscritto, dalla ditta PRO.GEO. s.r.l. di Castelnuovo di Garfagnana ⁽²⁾.

I risultati delle stesse indagini, in particolare quelli derivati dalle prospezioni sismiche, sono stati confrontati con quanto ricavato dalle indagini effettuate in siti limitrofi, sia nell'ambito del Progetto VEL e del Programma di Microzonazione Sismica della Regione Toscana, sia nell'ambito degli studi di supporto al Regolamento Urbanistico comunale.

5.5.1. Risultati della prova penetrometrica (DPSH) – Ricostruzione della stratigrafia

La prova penetrometrica dinamica, i cui risultati sono esposti in dettaglio nei tabulati in *allegato 3* della relazione tecnica Pro.Geo. s.r.l. (*all. U04.3*), ha attraversato terreni prevalentemente incoerenti, appartenenti ai depositi alluvionali terrazzati a “ciottoli di Macigno”, fino alla profondità di 2,40 m dal p.c., dove si è verificato il rifiuto, in corrispondenza di un probabile trovante; tali depositi sono costituiti in prevalenza da sabbie limose sciolte o poco addensate, nei livelli più superficiali e da ghiaie e ciottoli embricati, più in profondità.

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

Di seguito viene riassunta la successione stratigrafica:

Prova P1

<u><i>prof. dal p.c. (m):</i></u>	<u><i>litotipo:</i></u>
0,00 – 1,80:	<i>Sabbie limose con rari inclusi litoidi (depositi di copertura superficiali sciolti)</i>
1,80 – 2,00:	<i>Ghiaie e ciottoli in matrice sabbioso-limosa (depositi alluvionali terrazzati moderatamente addensati)</i>
2,20 – 2,40:	<i>Trovante - rifiuto.</i>

Assenza di Falda

(2) All. U04.3: PRO.GEO. s.r.l. – *Indagini geognostiche e geofisiche eseguite in Pieve Fosciana capolougo – Località “La Custia” (Febbraio 2020).*

5.5.2. Risultati della prospezione sismica a rifrazione – Ricostruzione della stratigrafia

Per la prospezione sismica in questione, è stato effettuato un unico stendimento, denominato ST1, ubicato nell'area d'interesse, così come riportato in planimetria allegata (*Tav. G15*); per lo stendimento è stato scelto un interasse tra i geofoni pari a 1,5 m, per una lunghezza complessiva di 34,5 metri (analogo a quello della prova MASW).

Come riportato nella relazione tecnica fornita dalla PRO.GEO. s.r.l., che si allega in copia (*all. U04.3*), la qualità delle registrazioni ottenute è stata generalmente buona e tale da consentire la sicura individuazione dei primi arrivi sui sismogrammi.

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, anche sulla base della prova penetrometrica eseguita, secondo lo schema seguente:

- **strato 1**: dalla superficie fino a profondità variabili da **1,8÷2,0** m dal p.c. verso l'estremo G24 della stesa a massimi di circa **4,0** m dal p.c. andando verso l'opposto G1, è presente uno strato caratterizzato da velocità (V_p) comprese tra 330 e 600 m/sec, corrispondente all'orizzonte più superficiale di *depositi alluvionali terrazzati sciolti/poco addensati* costituiti in prevalenza da *sabbie limose con ghiaie e ciottoli diffusi*.

Tale orizzonte è stato attraversato localmente con la prova penetrometrica P_1 , eseguita presso i geofoni G17-G18, fino alla profondità di 1,8 m dal p.c.;

- **strato 2**: caratterizzato da velocità (V_p) comprese tra 600 e 1.400 m/sec, correlabili con la presenza di *depositi alluvionali terrazzati prevalentemente grossolani da poco a moderatamente addensati*, costituiti da *ghiaie e ciottoli eterometrici in matrice sabbioso-limosa*; tale orizzonte, le cui caratteristiche migliorano gradualmente con la profondità, si rinviene, per spessore indefinito, a profondità superiori a **1,8÷2,0** m dal p.c. verso il geofono estremo G24 e a circa **4,0** m dal p.c. verso l'opposto G1.

La massima profondità indagata con la prospezione sismica in questione è stata di circa 7÷8 metri.

5.5.3. Risultati della prova sismica MASW - Categoria di sottosuolo

La prova sismica MASW è stata effettuata dalla ditta PRO.GEO. s.r.l. il giorno 27.01.2020, utilizzando un prospettore sismico GEOMETRICS GEODE, configurato nell'occasione a 24 canali di registrazione, le cui caratteristiche sono riportate nella relazione tecnica allegata a parte (*all. U04.3*).

Per la prova MASW in questione è stato effettuato uno stendimento (M1), ubicato nella zona d'interesse, come riportato in planimetria allegata (*Tav. G15*); per tale stendimento è stato scelto un interasse tra i geofoni pari a 1,5 m, per una lunghezza complessiva di 34,5 metri, analogo a quello eseguito per la rifrazione con onde P.

L'acquisizione dei dati sismici è stata eseguita utilizzando la tecnica definita di *stacking* (sommatoria) verticale, ovvero sommando più acquisizioni pertinenti allo stesso stendimento sismico; in pratica si tratta di eseguire, su ciascun punto di energizzazione, un numero *n* di battute che saranno sommate in un unico *dataset* di acquisizione.

In questa maniera si ottengono diversi *dataset* acquisiti con diversi *offset* (distanza sorgente-geofoni) e diversi *stacking* (numero di battute); ciò permetterà, nella successiva fase di elaborazione dei dati, di poter scegliere il dataset più adatto per la migliore restituzione dello spettro di velocità.

Nel caso specifico sono state effettuate 8 registrazioni, con *stacking* variabili (da 1 a 5 numero di battute), in 4 punti di energizzazione posizionati secondo il seguente schema:

- due tiri esterni ubicati rispettivamente alla distanza di - 4,5 m e - 7,5 m dal geofono G1;
- due tiri esterni ubicati rispettivamente alla distanza di + 4,5 m e + 7,5 m dal geofono G24;
- *offset* minimo = 4,5 m

In *allegato 5* della relazione tecnica Pro.Geo. s.r.l. (*all. U04.3*) 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 (Vs) 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* ⁽³⁾); 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 V_s ricavata;
- velocità V_{s_x} 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 V_s 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 V_p (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 V_p).

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

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

dove h_i e V_i indicano rispettivamente lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (m/s) dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti.

⁽³⁾ Dal Moro G. et al. (2006) – *Rayleigh Wave Dispersion Curve Inversion via Genetic Algorithms and Posterior Probability Density Evaluation*.

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 V_s 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.

Sulla base delle specifiche indagini geofisiche eseguite (prova MASW) è stato possibile definire la categoria di sottosuolo propria del sito di intervento, in ottemperanza a quanto riportato dallo stesso *D.M. 17 gennaio 2018*.

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
1,1 m	→ $V_s = 146$ m/sec	1,1 m
1,7 m	→ $V_s = 268$ m/sec	2,8 m
4,7 m	→ $V_s = 330$ m/sec	7,5 m
5,2 m	→ $V_s = 323$ m/sec	12,7 m
6,3 m	→ $V_s = 309$ m/sec	19,0 m
1,7 m	→ $V_s = 411$ m/sec	20,7 m
13,3 m	→ $V_s = 545$ m/sec	34,0 m

Profondità substrato > 30 m

$V_{seq(30)} = 350$ m/sec

Nel caso in esame non è stato individuato un substrato sismico di riferimento, caratterizzato da velocità (V_s) > **800** m/s, nei primi 30 metri di profondità ed il valore di V_{s30} è pari a **350** m/sec; sulla base di tali considerazioni, secondo quanto definito nelle NTC (*D.M. 17 gennaio 2018*), si assegna al sito d’interesse una **categoria di sottosuolo** di tipo **C**, corrispondente a: *depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

5.6. Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) (Tav. G6)

Come già detto in precedenza, il Comune di Pieve Fosciana è stato confermato tra i comuni sismici di **zona 2** (corrispondente alla vecchia II categoria nazionale) in base alla nuova classificazione sismica (*Ord.P.C.M. n. 3519/2006 e Del.G.R. n. 878 del 08.10.2012*).

La suddetta normativa prevede 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.

Nel caso specifico, la *Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) (Tav. G6)* è stata estratta direttamente dalla Carta delle MOPS redatta nell'ambito dello Studio di Microzonazione Sismica di livello 1 del Comune di Pieve Fosciana, dalla quale deriva la Carta della pericolosità sismica locale in corrispondenza dei centri urbani maggiormente significativi, così come approvata nell'ambito della Variante parziale al P.S. dell'anno 2014 (*Tav. G7a*).

Nella carta delle MOPS, l'area di specifico interesse ricade all'interno di una *zona stabile suscettibile di amplificazioni locali* denominata **Zona 11** e caratterizzata dalla presenza di terreni di copertura costituiti da depositi alluvionali terrazzati (GM), con spessori variabili da 10 a 20 m, sovrastanti terreni fluvio-lacustri argilloso-sabbiosi (CL), di spessore variabile da 40 a 70 m, a loro volta poggianti su un substrato litode costituito dalle arenarie del Macigno (ALS) (*Tav. G6*).

Dai dati a disposizione nell'ambito dello stesso Studio di Microzonazione Sismica, tale zona appare caratterizzata da modesti contrasti d'impedenza sismica, ovvero con possibili effetti moderati di amplificazione, tali da farla classificare a pericolosità sismica locale media (S2) (*Tav. G7a*).

Nella stessa Carta delle MOPS sono state distinte alcune zone soggette ad instabilità di versante (frane quiescenti), collocate lungo il ciglio del terrazzo alluvionale e/o in corrispondenza della sua scarpata, le quali, tuttavia, si trovano a distanze e in condizioni tali da non poter mettere a rischio la stabilità del sito stesso, non influenzando di fatto sulla fattibilità geologica dell'area.

6. ELABORATI CARTOGRAFICI DI SINTESI

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 viene assegnata 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/geomorfologica (Tav. G16)

Nella realizzazione di questa carta si è tenuto conto della classificazione prevista dal Regolamento di Attuazione dell'art. 62 della L.R. 1/2005 in materia di indagini geologiche (D.P.G.R. 25 Ottobre 2011 n.53/R), la quale definisce le seguenti classi:

- Classe G.1 - pericolosità geomorfologica bassa;
- Classe G.2 - pericolosità geomorfologica media;
- Classe G.3 - pericolosità geomorfologica elevata;
- Classe G.4 - pericolosità geomorfologica molto elevata.

Per la valutazione della pericolosità, assumono particolare importanza le caratteristiche geologico-litologiche, idrogeologiche e geomorfologiche dell'area stessa; tali caratteristiche possono essere riassunte in breve nei seguenti punti:

- terreno di fondazione costituito in prevalenza da sabbie e sabbie limose da sciolte a poco addensate (*unità litologico-tecnica E2.a3-4; depositi alluvionali, a granulometria mista, da sciolti a poco addensati*) (Tav. G14);
- assenza di fenomeni morfogenetici in atto e di indizi d'instabilità nell'area direttamente interessata dalla Variante Urbanistica e in suo discreto intorno (Tav. G11);
- pendenze medie inferiori al 5% (classe 1; Tav. G13);
- falda acquifera non rilevata, con possibilità di una limitata e temporanea circolazione idrica negli strati più superficiali del terreno (*cfr. § 4*).

Alla luce di quanto detto è stata assegnata una **pericolosità geologica media** (classe **G.2**) all'intera area interessata dalla Variante Urbanistica (*Tav. G16*), legata essenzialmente alle caratteristiche litologico-tecniche dei terreni sabbioso-limosi affioranti, dotati di uno scarso grado di addensamento.

6.2. Carta delle aree a pericolosità idraulica (*Tav. G17*)

Le classi di pericolosità idraulica previste dal Regolamento di Attuazione dell'art. 62 della L.R. 1/2005 (*D.P.G.R. 25 ottobre 2011 n. 53/R*) sono le seguenti:

- Classe I.1 - pericolosità idraulica bassa;
- Classe I.2 - pericolosità idraulica media;
- Classe I.3 - pericolosità idraulica elevata;
- Classe I.4 - pericolosità idraulica molto elevata.

La zona d'interesse si trova 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*); essa, infatti, si trova in situazione morfologica favorevole e a notevole distanza anche dai fossi di secondaria importanza.

La stessa area, inoltre, non rientra tra le aree classificate a pericolosità da alluvione dal P.G.R.A. (*cfr. § 1*).

In base a tale situazione, pertanto, all'intera area della prevista Variante Urbanistica può essere assegnata una **pericolosità idraulica bassa** (classe **I.1**), confermando la classificazione definita dal vigente R.U. comunale e dal P.S. Intercomunale.

Naturalmente ciò non comporta alcuna limitazione alla fattibilità della Variante Urbanistica stessa (*cfr. § 6.4*).

6.3. Carta delle aree a pericolosità sismica locale (*Tav. G18*)

La sintesi di tutte le informazioni derivanti dallo studio di MS di livello 1 (*cfr. § 5.6*) e dei dati raccolti dalle indagini geognostiche e geofisiche di dettaglio (*cfr. § 5.5*) deve consentire di valutare le condizioni di pericolosità sismica dei centri urbani studiati secondo le seguenti graduazioni di pericolosità, come definite dal Regolamento di Attuazione dell'art. 62 della L.R. 1/2005 (*D.P.G.R. 25 ottobre 2011 n. 53/R*):

- Classe S.1 - pericolosità sismica locale bassa;
- Classe S.2 - pericolosità sismica locale media;
- Classe S.3 - pericolosità sismica locale elevata;

Classe S.4 - pericolosità sismica locale molto elevata;

Sulla base della carta delle MOPS derivata dallo Studio di Microzonazione Sismica di livello 1 (Tav. G6) e dei dati derivanti dalla campagna geognostica e geofisica di dettaglio realizzata nell'area d'interesse (cfr. § 5.5; all. U04.3), l'intera area di Variante è stata classificata in **pericolosità sismica locale media (S.2)**, confermando la classificazione definita dal vigente R.U. comunale, a seguito degli stessi Studi di Microzonazione Sismica, tra le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, che non rientrano tra quelle previste per la classe di pericolosità sismica S.3.

6.4. Carta della vulnerabilità degli acquiferi (Tav. G19)

Nella *Carta della vulnerabilità degli acquiferi (Tav. G19)* sono contenute in sintesi le valutazioni sulle condizioni di vulnerabilità intrinseca dei complessi idrogeologici del territorio (acquiferi), così come distinti al paragrafo 5.3, nei riguardi di possibili fenomeni di inquinamento.

Sulla base delle indicazioni contenute in Appendice 1 del P.T.C. Provinciale, in considerazione anche della scarsa percentuale di territorio pianeggiante rispetto a quello collinare e montuoso, per la definizione delle classi di vulnerabilità è stata applicata la metodologia semplificata, basata sulla zonazione per aree omogenee, indicata con CSI (valutazione per complessi e situazioni idrogeologiche); questa passa attraverso valutazioni qualitative delle caratteristiche della falda, dell'acquifero e talora della copertura, riportate nella tabella che segue.

Nella carta di vulnerabilità degli acquiferi sono state distinte le seguenti tipologie di acquifero ed i relativi gradi di vulnerabilità, in accordo con quanto previsto dal Regolamento Urbanistico comunale:

Grado di vulnerabilità	Tipo di acquifero	Formazioni
M - MEDIO	Falda acquifera libera in depositi continentali a granulometria mista, sciolti o parzialmente cementati e in depositi alluvionali antichi di spessore molto modesto.	Corpi di frana Depositati alluvionali a prevalenti ciottoli di Macigno (ct – at) Conoidi
EE – ESTREMAMENTE ELEVATO	Falda acquifera libera in materiali alluvionali da grossolani a medi, con scarsa o nulla copertura.	Depositati alluvionali recenti e attuali (all)

Le aree interessate dalla variante urbanistica in oggetto ricadono interamente in classe di **vulnerabilità media**.

Per l'attuazione degli interventi della Variante Urbanistica si dovrà tenere conto delle seguenti limitazioni ⁽⁴⁾ e prescrizioni, in funzione del grado di vulnerabilità assegnato all'area:

- **VULNERABILITÀ MEDIA e ALTA (M/A):** Alcune limitazioni. Gli interventi diretti concernenti impianti e/o attività inquinanti possono essere rispettivamente approvabili ed abilitabili soltanto se corredati dalla valutazione della vulnerabilità reale locale e dal progetto delle eventuali opere necessarie alla mitigazione del rischio potenziale specifico, definendo tale rischio attraverso valutazioni incrociate tra vulnerabilità intrinseca e gli altri fattori primari, quali la distribuzione e le caratteristiche del carico inquinante ed il valore della risorsa idrica da tutelare.

7. CONDIZIONI DI FATTIBILITÀ

Le condizioni di attuazione degli interventi previsti dalla presente Variante Urbanistica sono state definite secondo le seguenti categorie di fattibilità, previste dal Regolamento di Attuazione approvato con *D.P.G.R. 25 ottobre 2011, n. 53/R*:

Fattibilità senza particolari limitazioni (F1): si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali non sono necessarie prescrizioni specifiche ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.

Fattibilità con normali vincoli (F2): si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali è necessario indicare la tipologia di indagini e/o specifiche prescrizioni ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.

Fattibilità condizionata (F3): si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali, ai fini della individuazione delle condizioni di compatibilità degli interventi con le situazioni di pericolosità riscontrate, è necessario definire la tipologia degli approfondimenti di indagine da svolgersi in sede di predisposizione dei piani complessivi di intervento o dei piani attuativi o, in loro assenza, in sede di predisposizione dei progetti edilizi.

Fattibilità limitata (F4): si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali la cui attuazione è subordinata alla realizzazione di interventi di messa in sicurezza che vanno individuati e definiti in sede di redazione del medesimo regolamento urbanistico, sulla base di studi, dati da attività di monitoraggio e verifiche atte a determinare gli elementi di base utili per la predisposizione della relativa progettazione.

(4) Limitazioni alle previsioni, negli strumenti di pianificazione comunale, di trasformazioni, fisiche e funzionali, che comportino attività e/o impianti "inquinanti". È comunque implicita la possibilità di ulteriori limitazioni, conseguenti le necessarie verifiche che le normative vigenti richiedono riguardo ad impianti e/o attività "inquinanti".

Sulla base dei risultati delle presenti indagini, in funzione delle varie classi di pericolosità geologica, idraulica e sismica assegnate e del tipo di previsione urbanistica, a ciascuna delle aree di Variante sono state assegnate le seguenti classi di fattibilità:

<i>Variazione di previsione urbanistica</i>	<i>Pericolosità geologica media (G.2)</i>	<i>Pericolosità idraulica bassa (I.1)</i>	<i>Pericolosità sismica locale media (S.2)</i>
1) adeguamento viabilità esistente	Fg.2	Fi.1	Fs.2
2) nuovo tracciato stradale	Fg.2	Fi.1	Fs.2
3) da tracciato stradale ad “area non edificata con residue lavorazioni agricole”	Fg.1	Fi.1	Fs.1
4) da tracciato stradale a “parcheggio”	Fg.2	Fi.1	Fs.2
5) da tracciato stradale ad “insediamento residenziale recente”	Fg.2	Fi.2	Fs.2

- **Fattibilità geologica Fg.1** (FATTIBILITÀ SENZA PARTICOLARI LIMITAZIONI); non è prevista alcuna prescrizione specifica ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all’attività edilizia, fatto salvo il regime autorizzativo previsto per legge.

- **Fattibilità geologica Fg.2** (FATTIBILITÀ CON NORMALI VINCOLI), per la quale è necessario prevedere l’esecuzione di indagini geologiche, geofisiche e geotecniche, a supporto della progettazione dell’intervento diretto, nel rispetto di quanto indicato nel *D.M. 17 gennaio 2018 (Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”)* e nel *D.P.G.R. 9 luglio 2009 n. 36/R*, con particolare riferimento a quanto riportato in art. 7 dello stesso decreto, riguardo alle diverse classi di indagine; indagini peraltro già eseguite in questa fase di predisposizione della Variante Urbanistica, per i motivi precedentemente illustrati (*cfr. § 5.5*).

- **Fattibilità idraulica Fi.1** (FATTIBILITÀ SENZA PARTICOLARI LIMITAZIONI), per la quale non sono necessarie prescrizioni specifiche.

- **Fattibilità idraulica Fi.2** (FATTIBILITÀ CON NORMALI VINCOLI); le indagini idrauliche di supporto alla progettazione dell’intervento diretto dovranno essere eseguite in rispetto di quanto previsto dalle 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) ed alla L.R. 24 luglio 2018, n. 41, riportante disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua.

Per gli interventi di nuova edificazione e per le nuove infrastrutture possono non essere dettate condizioni di fattibilità dovute a limitazioni di carattere idraulico.

- **Fattibilità sismica Fs.1** (FATTIBILITÀ SENZA PARTICOLARI LIMITAZIONI); non è necessario indicare condizioni di fattibilità specifiche per la fase attuativa o per la valida formazione del titolo abilitativo alla attività edilizia, fatto salvo il regime autorizzativo previsto per legge.

- **Fattibilità sismica Fs.2** (FATTIBILITÀ CON NORMALI VINCOLI); in questo caso, oltre a rispettare le prescrizioni riportate nelle condizioni di fattibilità geologica, in fase di progettazione degli interventi diretti, si dovrà provvedere all'esecuzione di un'accurata campagna di indagini geofisiche e geotecniche, che definisca spessori, geometrie e velocità sismiche dei litotipi sepolti al fine di valutare l'entità del contrasto di rigidità sismica tra i terreni di copertura ed il substrato (bedrock sismico); indagini peraltro già eseguite in questa fase di predisposizione della Variante Urbanistica, per i motivi precedentemente illustrati (cfr. § 5.5).

8. CONCLUSIONI

Le indagini geologico-tecniche svolte per conto del Comune di Pieve Fosciana (LU), allo scopo di verificare la fattibilità della Variante Urbanistica per modifica del tracciato della strada di accesso agli impianti sportivi di Pieve Fosciana capoluogo, hanno portato, attraverso la realizzazione di elaborati cartografici di dettaglio, all'individuazione delle classi di pericolosità e di fattibilità per ciascuna delle aree 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, la Variante Urbanistica in questione non è soggetta a parere vincolante della competente Autorità di Bacino Distrettuale.

Per quanto riguarda il Deposito delle presenti indagini presso il competente Ufficio Tecnico del Genio Civile, si precisa che le stesse sono soggette a controllo a campione.

Castelnuovo di Garfagnana, Marzo 2020

Il Geologo
Dott. RICCARDO BIAGIONI