

# PROGETTO DEFINITIVO

CUP: H91J12000770005

CIG: 9524700F13

TRANVIA DI FIRENZE

LINEA 4.2

LE PIAGGE - CAMPI BISENZIO

## STUDI ED INDAGINI

### GEOLOGIA - FATTIBILITÀ

Relazione di riscontro ai pareri ricevuti in sede CdS

Relazione di sintesi per la fattibilità geologica, sismica ed idraulica delle opere comportanti variante urbanistica  
(ex Allegato\_19.18)

#### STAZIONE APPALTANTE – COMUNE DI FIRENZE

DIRETTORE DEL SETTORE  
Ing. Michele Priore

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO  
Ing. Giacomo Bioli Pini

DEC  
Ing. Andrea Adinolfi

#### APPALTATORE

MANDATARIA



MANDANTI

ALSTOM

HITACHI  
Inspire the Next

com.net  
a nextcity company

#### GRUPPO DI PROGETTAZIONE

MANDATARIA



MANDANTI

SDAprogetti  
ASSOCIAZIONE PROFESSIONALE INGEGNERI

STUDIO MATTIOLI  
Autismi - Neuroscienze - Strategie

iride

ETS  
Engineering and Technical Services  
S.p.A.

ARCHLANDSTUDIO  
architects - urban planners

steer



Responsabile Integrazione Prestazioni Specialistiche

TEGENTAT Ing. Filippo Busola

Geologia  
Sismica  
Idraulica

Progettista  
Dott. Matteo Mattioli  
Ing. Alessandro Rizzo  
Ing. Alessandro Cacciatori

| Commessa  |   |         |   | Fase                              | Origine | Ambito |   | Disciplina |   | Attività         |   | Parte d'opera    |   |              | Tipologia |           | Progressivo |   | Rev. | Scala |
|-----------|---|---------|---|-----------------------------------|---------|--------|---|------------|---|------------------|---|------------------|---|--------------|-----------|-----------|-------------|---|------|-------|
| F         | L | 4       | 2 | D                                 | X       | I      | N | G          | E | 0                | 3 | E                | G | G            | R         | T         | 0           | 1 | C    | -     |
|           |   |         |   |                                   |         |        |   |            |   |                  |   |                  |   |              |           |           |             |   |      |       |
| REVISIONE |   | DATA    |   | DESCRIZIONE                       |         |        |   |            |   | SOCIETÀ          |   | REDATTO          |   | VISTO        |           | APPROVATO |             |   |      |       |
| REV A     |   | 06/2024 |   | PRIMA EMISSIONE                   |         |        |   |            |   | TCH              |   | Mattioli         |   | D. Liturri   |           | I. Sorio  |             |   |      |       |
| REV B     |   | 09/2024 |   | Emissione a seguito procedura PAU |         |        |   |            |   | TCH              |   | Mattioli         |   | D. Liturri   |           | I. Sorio  |             |   |      |       |
| REV C     |   | 12/2024 |   | Emissione a seguito procedura CdS |         |        |   |            |   | TCH/St. Mattioli |   | TCH/St. Mattioli |   | M. Brancucci |           | I. Sorio  |             |   |      |       |
|           |   |         |   |                                   |         |        |   |            |   |                  |   |                  |   |              |           |           |             |   |      |       |

STUDI ED INDAGINI  
GEOLOGIA - FATTIBILITÀ

*Relazione di riscontro ai pareri ricevuti in sede CdS  
elazione di sintesi per la fattibilità geologica, sismica ed idraulica delle opere comportanti variante urbanistica*

**STUDI ED INDAGINI  
GEOLOGIA - FATTIBILITÀ**

**Relazione di riscontro ai pareri ricevuti in sede CdS**

**Relazione di sintesi per la fattibilità geologica, sismica ed idraulica delle opere comportanti  
variante urbanistica**

---

Dicembre 2024



## INDICE

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| <b>1</b>   | <b>PREMESSA.....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>1.1</b> | <b>SCHEDA ATs09.12.....</b>  | <b>2</b>  |
| 1.1.1      | Descrizione.....   | 2         |
| 1.1.2      | Obiettivi dell'intervento.....   | 2         |
| 1.1.3      | Prescrizioni specifiche/mitigazioni.....                                 | 2         |
| <b>2</b>   | <b>QUADRO DI RIFERIMENTO PROGRAMMATICO .....</b>                         | <b>4</b>  |
| <b>2.1</b> | <b>PIANO STRUTTURALE COMUNALE FIRENZE (PS).....</b>                      | <b>5</b>  |
| 2.1.1      | Vincoli .....  | 5         |
| 2.1.2      | Invarianti .....   | 5         |
| 2.1.3      | Tutele .....   | 6         |
| 2.1.4      | Tutele archeologia .....   | 6         |
| 2.1.5      | Pericolosità geologica.....  | 7         |
| 2.1.6      | Pericolosità sismica.....  | 7         |
| 2.1.7      | Pericolosità da alluvioni.....   | 8         |
| 2.1.8      | Magnitudo idraulica reticolo principale .....                            | 8         |
| 2.1.9      | Magnitudo idraulica reticolo secondario.....                             | 9         |
| 2.1.10     | Sistema territoriale .....   | 9         |
| 2.1.11     | Dotazioni ecologico ambientali .....                                     | 10        |
| 2.1.12     | Mobilità .....   | 10        |
| 2.1.13     | Attrezzature e spazi collettivi.....                                     | 11        |
| 2.1.14     | Le parti di città.....   | 11        |
| <b>2.2</b> | <b>PIANO OPERATIVO COMUNALE FIRENZE (PO).....</b>                        | <b>12</b> |
| 2.2.1      | Disciplina del suolo e degli insediamenti .....                          | 12        |
| 2.2.2      | Perimetro del territorio urbanizzato.....                                | 12        |
| 2.2.3      | Pericolosità geologica   AT ATs .....                                    | 13        |
| 2.2.4      | Pericolosità sismica   AT ATs .....                                      | 13        |
| 2.2.5      | Pericolosità da alluvioni   AT ATs .....                                 | 14        |
| <b>2.3</b> | <b>PIANO STRUTTURALE COMUNALE CAMPI BISENZIO (PS) .....</b>              | <b>15</b> |
| 2.3.1      | Carta dei beni paesaggistici e culturali.....                            | 15        |
| 2.3.2      | Carta delle aree di rispetto, vincoli e tutele.....                      | 16        |
| 2.3.3      | Carta geologica.....   | 17        |
| 2.3.4      | Carta geomorfologica.....  | 18        |
| 2.3.5      | Carta geologico-tecnica.....   | 19        |
| 2.3.6      | Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (M.O.P.S.) .....   | 20        |
| 2.3.7      | Carta idrogeologica .....  | 21        |
| 2.3.8      | Carta delle pericolosità geologica .....                                 | 22        |
| 2.3.9      | Carta delle pericolosità sismica locale.....                             | 23        |
| 2.3.10     | Carta delle problematiche idrogeologiche.....                            | 24        |
| 2.3.11     | Carta dei bacini idrografici .....                                       | 25        |
| 2.3.12     | Carta delle problematiche idrogeologiche.....                            | 26        |
| <b>2.4</b> | <b>PIANO OPERATIVO COMUNALE CAMPI BISENZIO (PO).....</b>                 | <b>27</b> |
| 2.4.1      | Carta di sintesi del Piano Operativo .....                               | 27        |
| 2.4.2      | Disciplina di uso del territorio comunale .....                          | 28        |
| 2.4.3      | Patrimonio edilizio esistente di impianto storico.....                   | 31        |
| 2.4.4      | Individuazione dei beni sottoposti a vincolo ai fini espropriativi ..... | 34        |
| 2.4.5      | Carta delle aree ed elementi esposti a fenomeni geologici.....           | 37        |
| 2.4.6      | Carta della pericolosità sismica .....                                   | 39        |
| 2.4.7      | Carta della Vulnerabilità Sismica.....                                   | 40        |
| 2.4.8      | Carta dell'Esposizione Sismica .....                                     | 41        |
| 2.4.9      | Carta del Rischio Sismico .....  | 42        |

STUDI ED INDAGINI  
GEOLOGIA - FATTIBILITÀ

*Relazione di riscontro ai pareri ricevuti in sede CdS  
elazione di sintesi per la fattibilità geologica, sismica ed idraulica delle opere comportanti variante urbanistica*

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| <b>3</b>   | <b>CONDIZIONI DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA .....</b>      | <b>43</b> |
| <b>4</b>   | <b>CONDIZIONI DI FATTIBILITÀ SISMICA.....</b>         | <b>44</b> |
| <b>4.1</b> | <b>ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE .....</b>       | <b>44</b> |
| 4.1.1      | Caratterizzazione geotecnica.....                     | 44        |
| 4.1.2      | Caratterizzazione sismo-stratigrafica.....            | 45        |
| 4.1.3      | Curve di decadimento e di smorzamento .....           | 49        |
| 4.1.4      | Input sismici.....                                    | 52        |
| 4.1.5      | Software STRATA.....                                  | 53        |
| 4.1.6      | Risultati.....  | 54        |
| <b>5</b>   | <b>CONDIZIONI DI FATTIBILITÀ IDRAULICA.....</b>       | <b>58</b> |
| <b>6</b>   | <b>CONDIZIONI DI FATTIBILITÀ IDROGEOLOGICA .....</b>  | <b>64</b> |
|            | <b>ALLEGATO CERTIFICAZIONI DA L.R. 5/R/2020 .....</b> | <b>66</b> |

STUDI ED INDAGINI  
GEOLOGIA - FATTIBILITÀ

*Relazione di riscontro ai pareri ricevuti in sede CdS  
elazione di sintesi per la fattibilità geologica, sismica ed idraulica delle opere comportanti variante urbanistica*

## INDICE DELLE FIGURE

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 – Colonna stratigrafica risultante dal sondaggio S2.....  | 45 |
| Figura 2 – Profilo della velocità di propagazione delle onde di taglio ottenuto dalle precedenti considerazioni..... | 47 |
| Figura 3 - Curva di decadimento determinata per le unità B da regressione quantile 5%.....                           | 49 |
| Figura 4 - Curva di smorzamento determinata per le unità B da regressione quantile 5%.....                           | 50 |
| Figura 5 – Curva di decadimento utilizzata per le unità A e C (Rollins et al.,1998) .....                            | 51 |
| Figura 6 – Curva di smorzamento utilizzata per le unità A e C (Rollins et al.,1998) .....                            | 51 |
| Figura 7 – Funzione di amplificazione al variare della frequenza e del rapporto di smorzamento .....                 | 55 |
| Figura 8 – Funzione di trasferimento calcolata considerando la media dei 7 spettri.....                              | 55 |

## INDICE DELLE TABELLE

|  |    |
|--|----|
| Tabella 1 – Principali unità presenti desunte dal sondaggio stratigrafico S2 .....                             | 44 |
| Tabella 2 – Sottostrati definiti, con relative profondità e velocità di propagazione delle onde di taglio..... | 48 |
| Tabella 3 – Tipologie di suolo e modelli utilizzati .....  | 52 |
| Tabella 3 – Accelerogrammi selezionati .....   | 53 |
| Tabella 4 – Frequenza di risonanza del deposito.....   | 55 |

## **1 PREMESSA**

---

La presente relazione di sintesi per la fattibilità geologica, sismica ed idraulica delle opere comportanti variante urbanistica è stata consegnata nell'ambito della Procedura approvativa della linea tranviaria 4.2 per le parti d'opera che richiedono variante urbanistica.

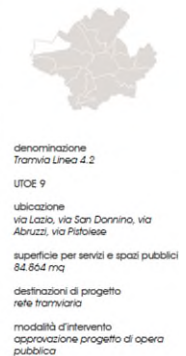
La relazione è stata in particolare richiesta dagli Enti:

- Comune di Firenze, direzione Ambiente - Servizio sostenibilità, valutazione ambientale, geologia e bonifiche;
- Genio Civile Valdarno Centrale.

A seguito delle osservazioni depositate durante la Conferenza dei Servizi il documento è stato rivisto per essere conforme alle richieste dei due Enti citati e viene quindi rimesso in revisione C.

In particolare, il Comune di Firenze, direzione Ambiente - Servizio sostenibilità, valutazione ambientale, geologia e bonifiche ha richiesto che venga presa in esame la scheda ATs09.12 del PO approvato, che si riporta di seguito con i suoi contenuti.

## 1.1 SCHEDA ATS09.12



denominazione  
Tramvia Linea 4.2

UTOE 9

ubicazione  
via Lazio, via San Donnino, via  
Abruzzi, via Pistoiese

superficie per servizi e spazi pubblici  
84.804 mq

destinazioni di progetto  
rete tramviaria

modalità d'intervento  
approvazione progetto di opera  
pubblica

### 1.1.1 Descrizione

L'area di trasformazione ha come oggetto l'estensione della linea tramviaria 4.1 dalle Piagge a Campi Bisenzio. L'opera consente al sistema tramviario di servire l'insediamento urbano ad ovest di Firenze, migliorando l'offerta di mobilità pubblica da e verso il capoluogo con un sistema di trasporto alternativo a quello su gomma e riducendo il traffico veicolare che investe la parte ovest della città e l'area limitrofa. Oggi l'area metropolitana di San Donnino-Campi Bisenzio (ca. 45.000 abitanti) non è servita da alcun trasporto su ferro: la linea tramviaria 4.2 è l'occasione per creare un collegamento diretto tra questa popolosa area e la città di Firenze attraverso un'infrastruttura moderna, efficiente e rapida. Il progetto di fattibilità tecnico economica è stato inviato al MIT per il finanziamento a gennaio 2021. Con decreto del novembre 2021 l'intervento è stato finanziato nell'ambito del PNRR.

### 1.1.2 Obiettivi dell'intervento

La progettazione delle estensioni delle linee tranviarie verso i comuni limitrofi al capoluogo si inserisce nel più ampio quadro previsionale del sistema tramviario della Città Metropolitana di Firenze, pensato con l'obiettivo di creare un sistema di mobilità organico tra la città di Firenze e principali centri urbani limitrofi e finalizzato a migliorare l'offerta di mobilità pubblica da e verso il capoluogo con un sistema di trasporto alternativo a quello su gomma, riducendo di conseguenza il traffico veicolare.

### 1.1.3 Prescrizioni specifiche/mitigazioni

L'intervento è soggetto alle seguenti prescrizioni: - verifica delle eventuali interferenze con le sorgenti e i punti di captazione esistenti tenendo presente che nell'area di rispetto (200 m), non è consentita la "dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche proveniente dai piazzali e dalle strade" (art.94 DLgs 152/2006). Nel caso in cui non sia possibile il convogliamento in pubblica fognatura, le acque devono essere raccolte e smaltite all'esterno dell'area di rispetto, prevedendo nel caso sia ritenuto necessario un trattamento almeno di tipo primario. Spazi di sosta e viabilità, devono essere realizzati con materiali e tecnologie che comportino l'impermeabilizzazione dell'area e che non consentano l'infiltrazione di sostanze inquinanti nel terreno - verifica delle eventuali interferenze con le sorgenti e i punti di captazione esistenti tenendo presente che nell'area di tutela assoluta (10 m) adibita esclusivamente a opere di

STUDI ED INDAGINI

GEOLOGIA - FATTIBILITÀ

*Relazione di riscontro ai pareri ricevuti in sede CdS*

*elazione di sintesi per la fattibilità geologica, sismica ed idraulica delle opere comportanti variante urbanistica*

captazione o presa e ad infrastrutture di servizio, nella fase di rilascio del titolo abilitativo, deve essere individuata e opportunamente protetta la Zona di tutela assoluta. Nel caso in cui sia impossibile mantenere l'attuale punto di prelievo acquedottistico, deve essere prevista la sostituzione con altro equivalente in zona compatibile con il dettato normativo - trattandosi di zona soggetta a vincolo paesaggistico (DM 23.06.1957), particolare attenzione deve essere posta nella fase di progettazione dell'intervento, anche nel rispetto delle norme comuni di tutela del paesaggio urbano (art.68 comma 4).



## **2 QUADRO DI RIFERIMENTO PROGRAMMATICO**

---

Nei paragrafi che seguono vengono specificate le condizioni generali di fattibilità geologica, sismica ed idraulica, al rispetto delle quali sono tenute tutte le trasformazioni previste in relazione ai seguenti strumenti urbanistici previsti dal Comune di Firenze e dal Comune di Campi Bisenzio:

- Piano Strutturale Comunale Firenze (PS)
- Piano Operativo Comunale Firenze (PO)
- Piano Strutturale Comunale Campi Bisenzio
- Piano Operativo Comunale Campi Bisenzio

Di questi strumenti vengono riportati gli screen di quanto disponibile sui siti istituzionali dei due comuni con la sovrapposizione del tracciato dell'opera tranviaria: tenendo conto di questi elementi sono successivamente analizzate le condizioni di fattibilità.

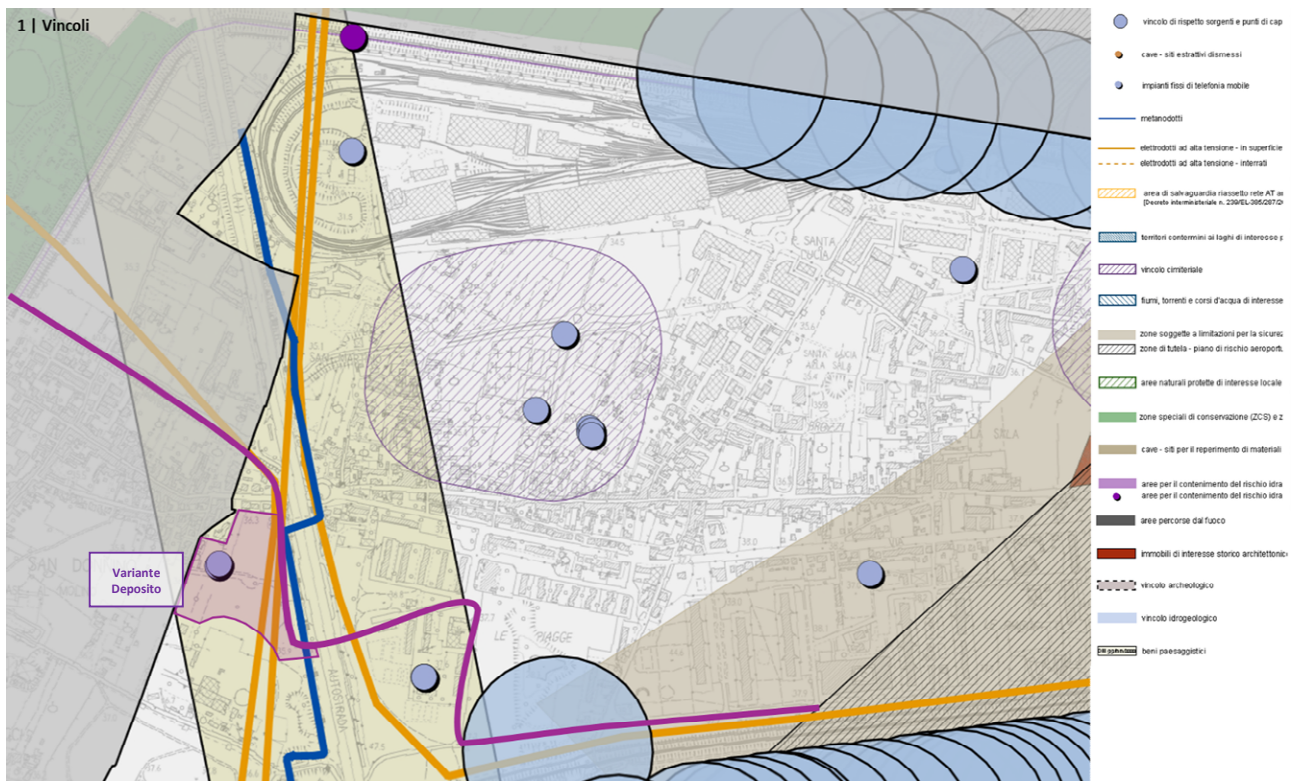
Tali condizioni sono state redatte in coerenza sia con le disposizioni del regolamento di cui al D.P.G.R. 30 gennaio 2020 n. 5/R, in conformità alle Direttive approvate con D.G.R. 31/2020D.G.R. 31/2020.

Nel seguito saranno analizzate le seguenti condizioni di fattibilità:

- le condizioni di fattibilità geologica
- le condizioni di fattibilità sismica
- le condizioni di fattibilità idraulica
- condizioni di fattibilità idrogeologica

## 2.1 PIANO STRUTTURALE COMUNALE FIRENZE (PS)

### 2.1.1 Vincoli

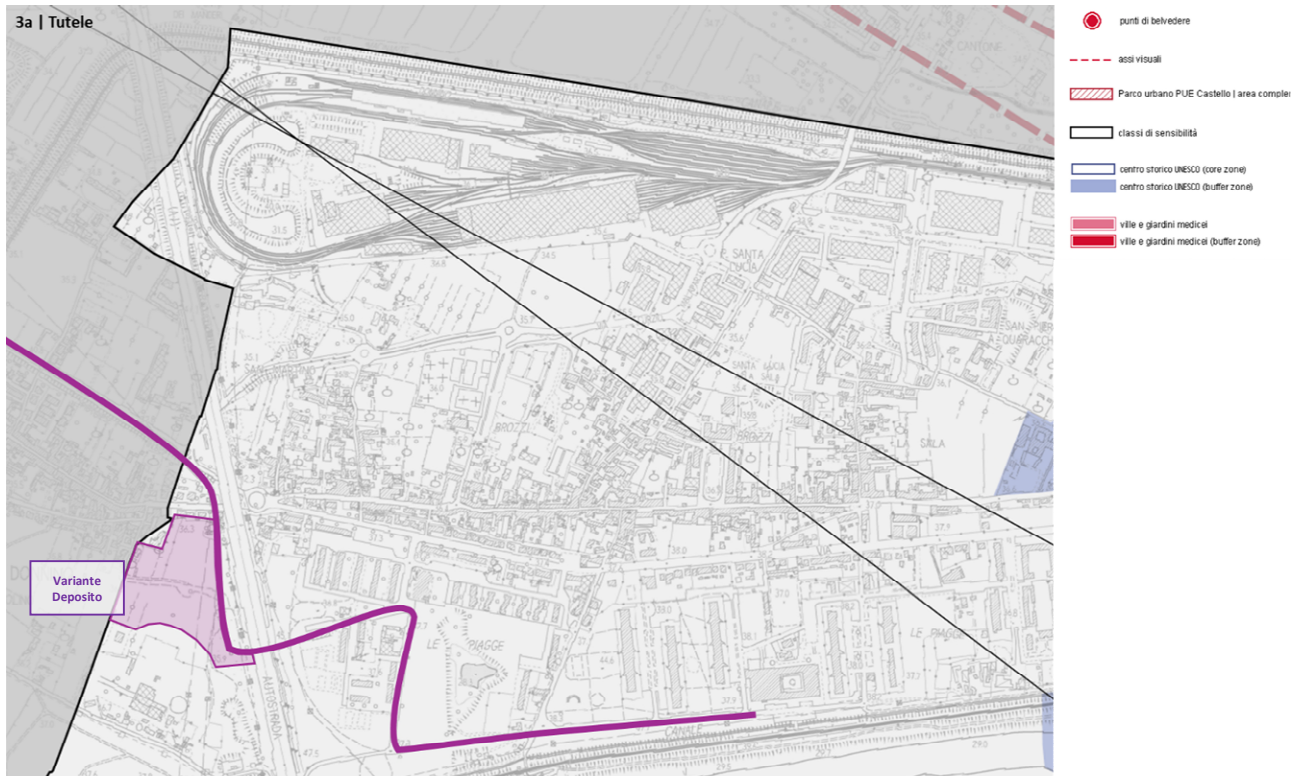


### 2.1.2 Invarianti

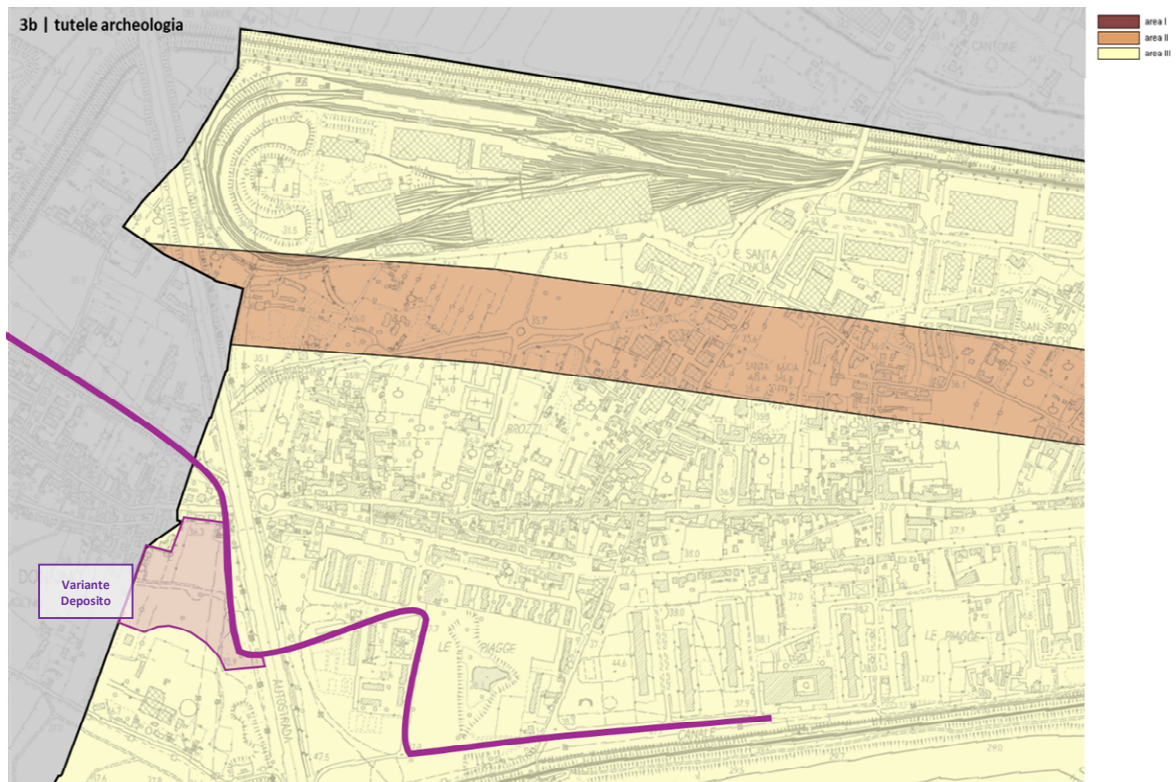




### 2.1.3 Tutele

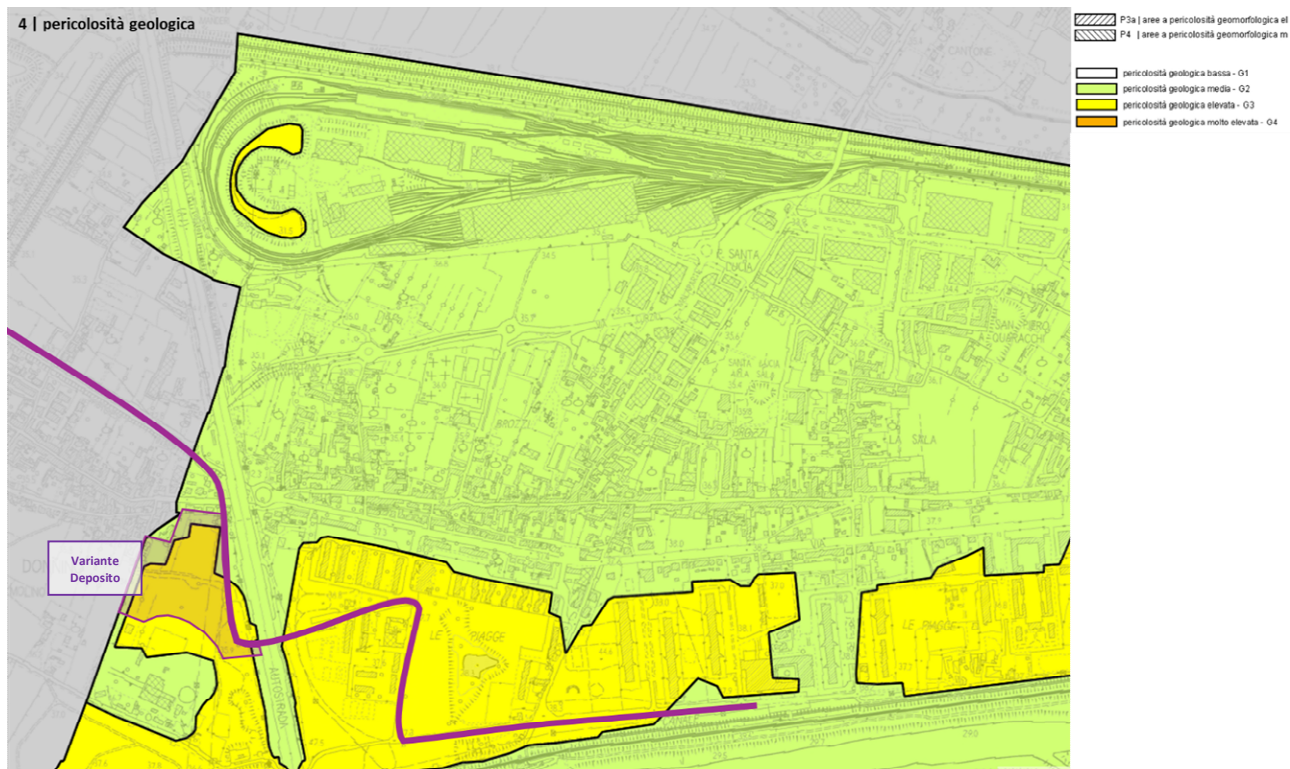


### 2.1.4 Tutele archeologia

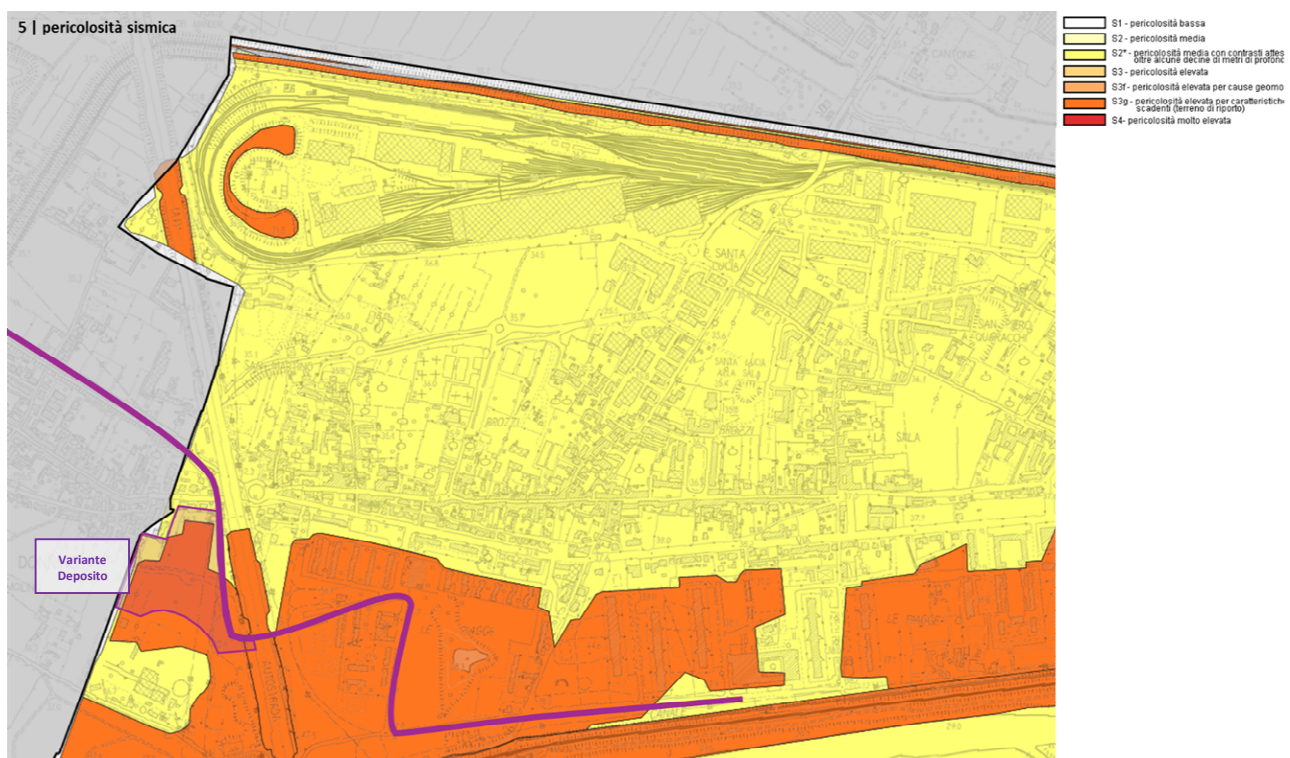




### 2.1.5 Pericolosità geologica



### 2.1.6 Pericolosità sismica

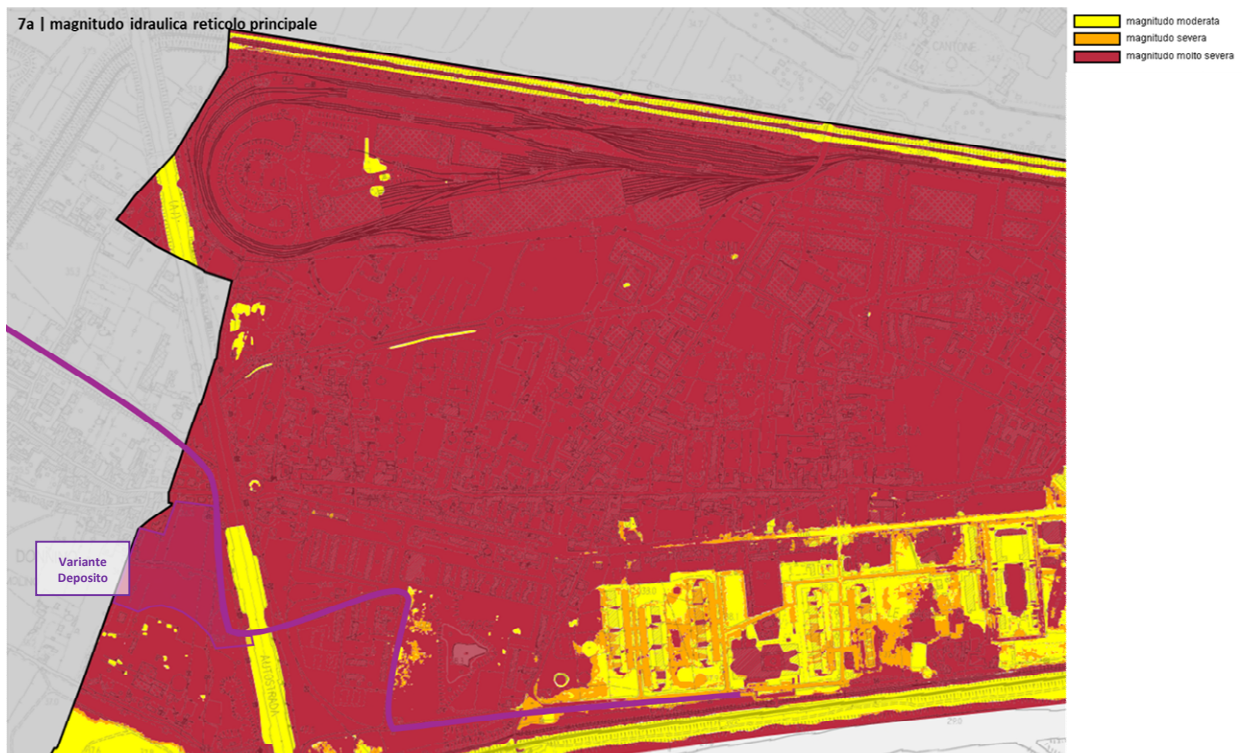




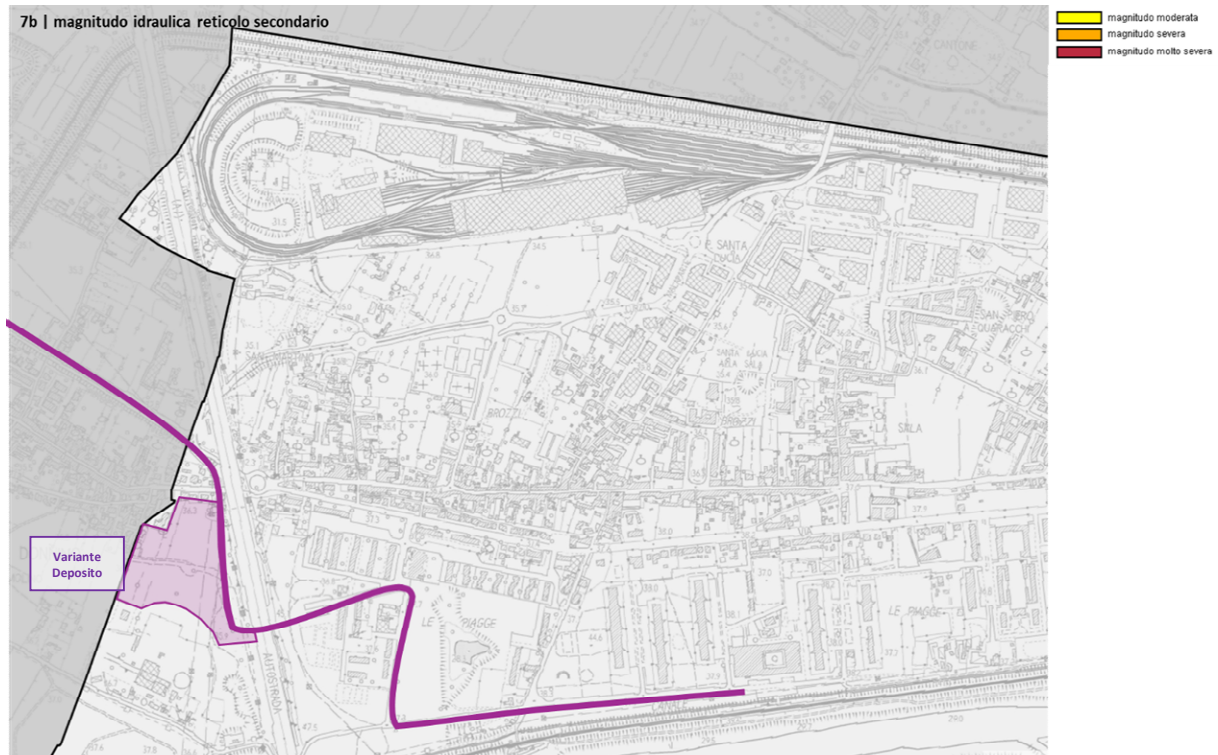
### 2.1.7 Pericolosità da alluvioni



### 2.1.8 Magnitudo idraulica reticolo principale



### 2.1.9 Magnitudo idraulica reticolo secondario



### 2.1.10 Sistema territoriale





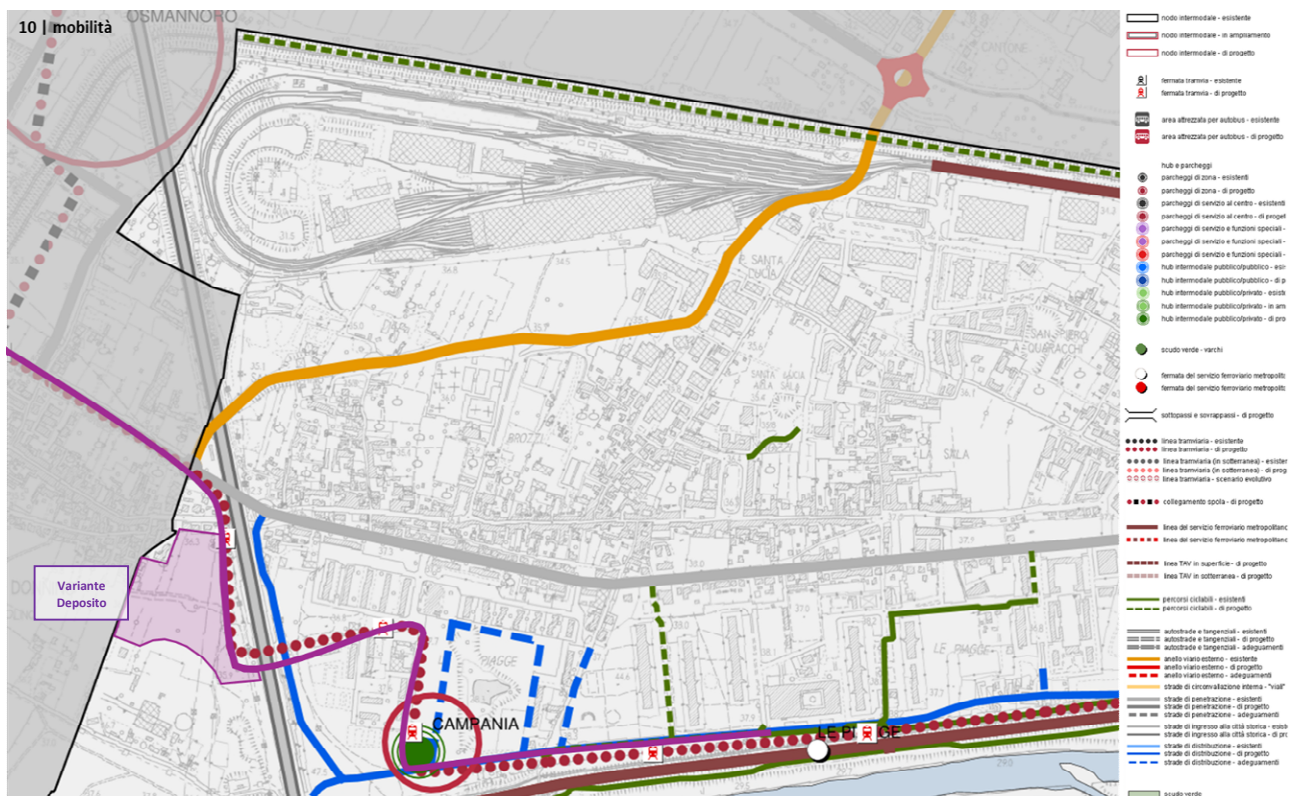
STUDI ED INDAGINI  
GEOLOGIA - FATTIBILITÀ

Relazione di riscontro ai pareri ricevuti in sede CdS  
elazione di sintesi per la fattibilità geologica, sismica ed idraulica delle opere comportanti variante urbanistica

### 2.1.11 Dotazioni ecologico ambientali

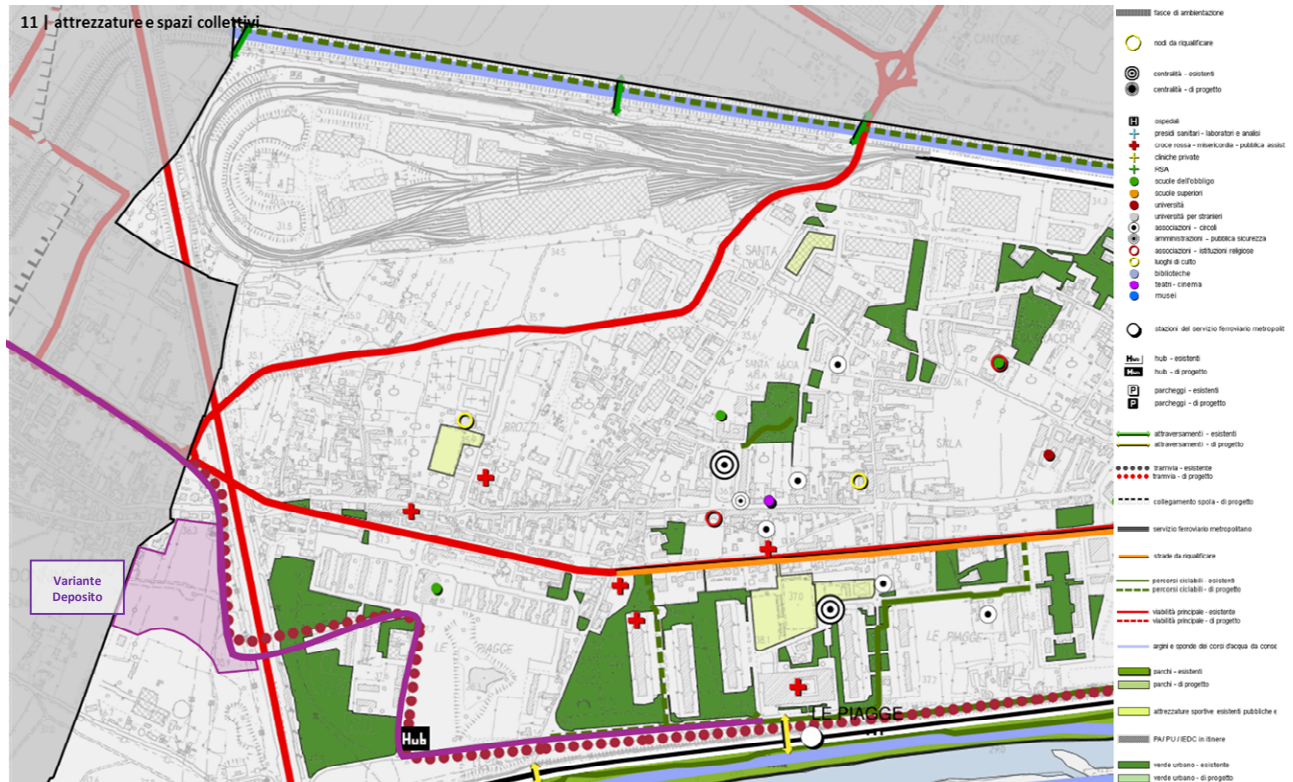


### 2.1.12 Mobilità





### 2.1.13 Attrezzature e spazi collettivi



### 2.1.14 Le parti di città

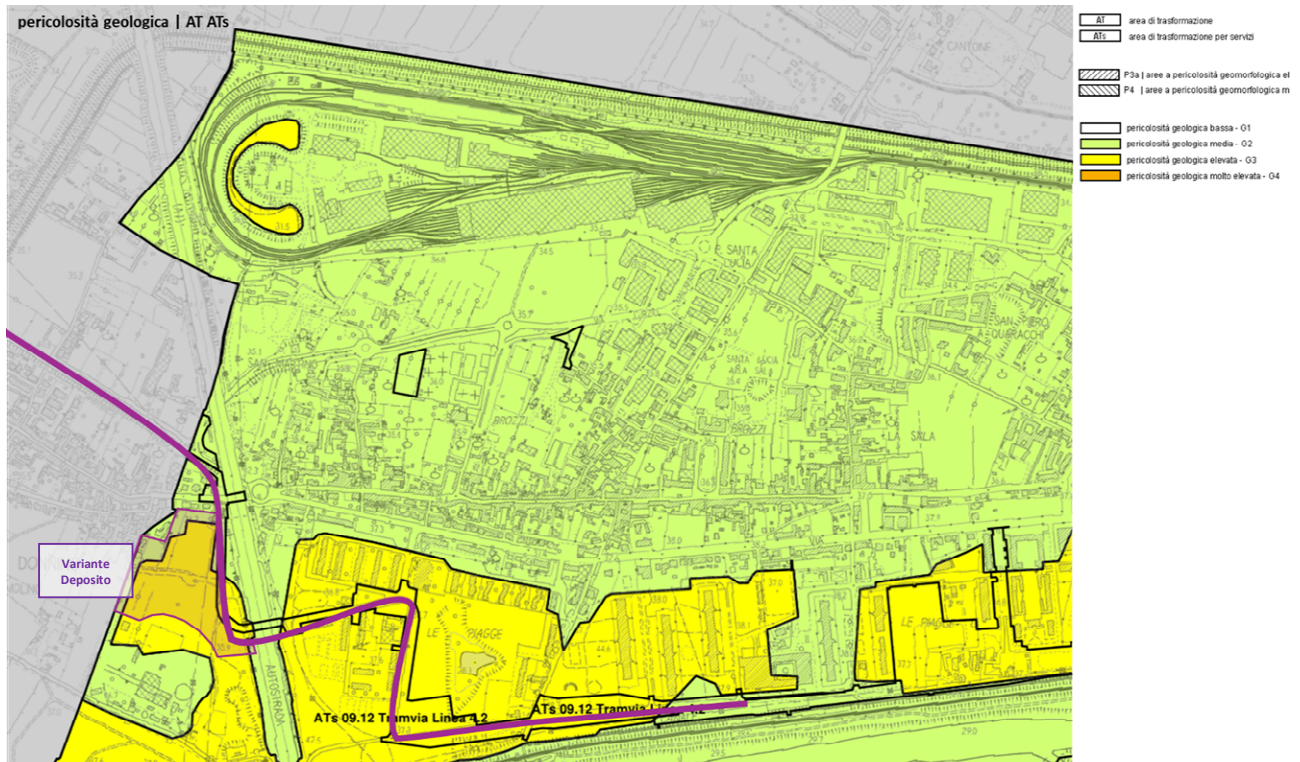




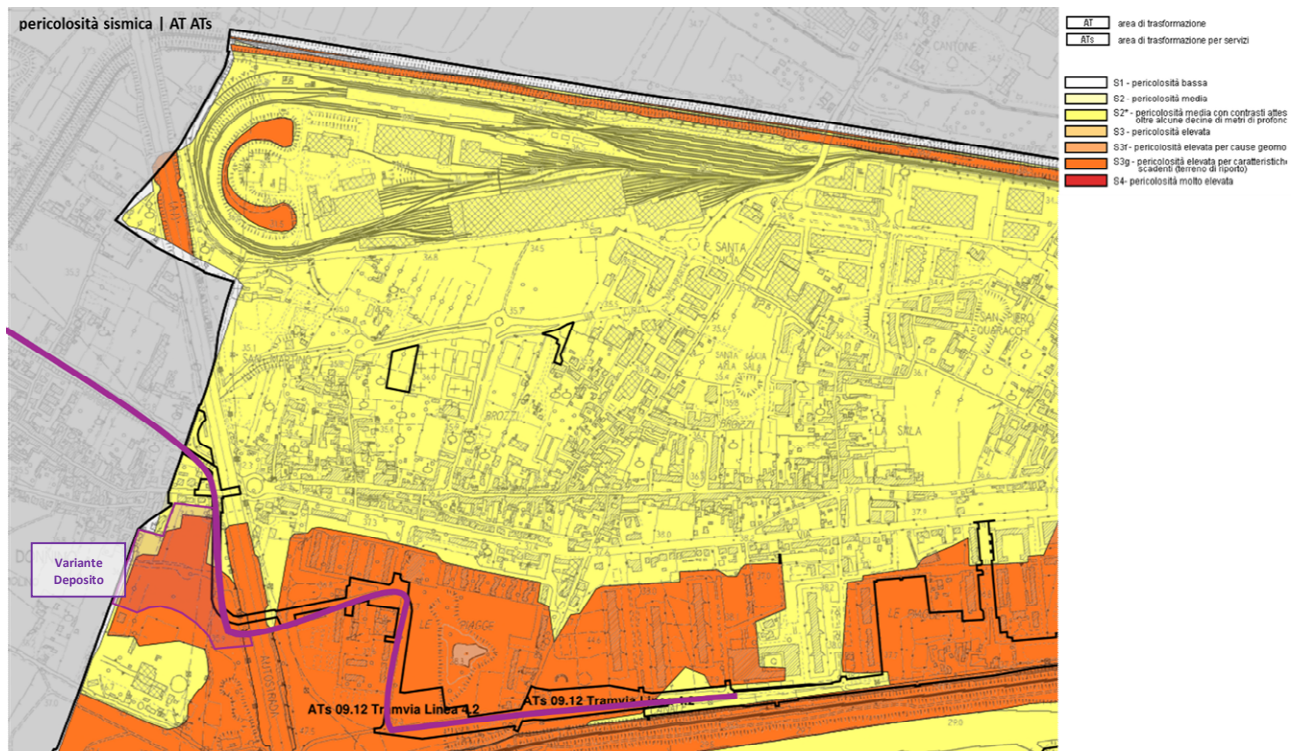




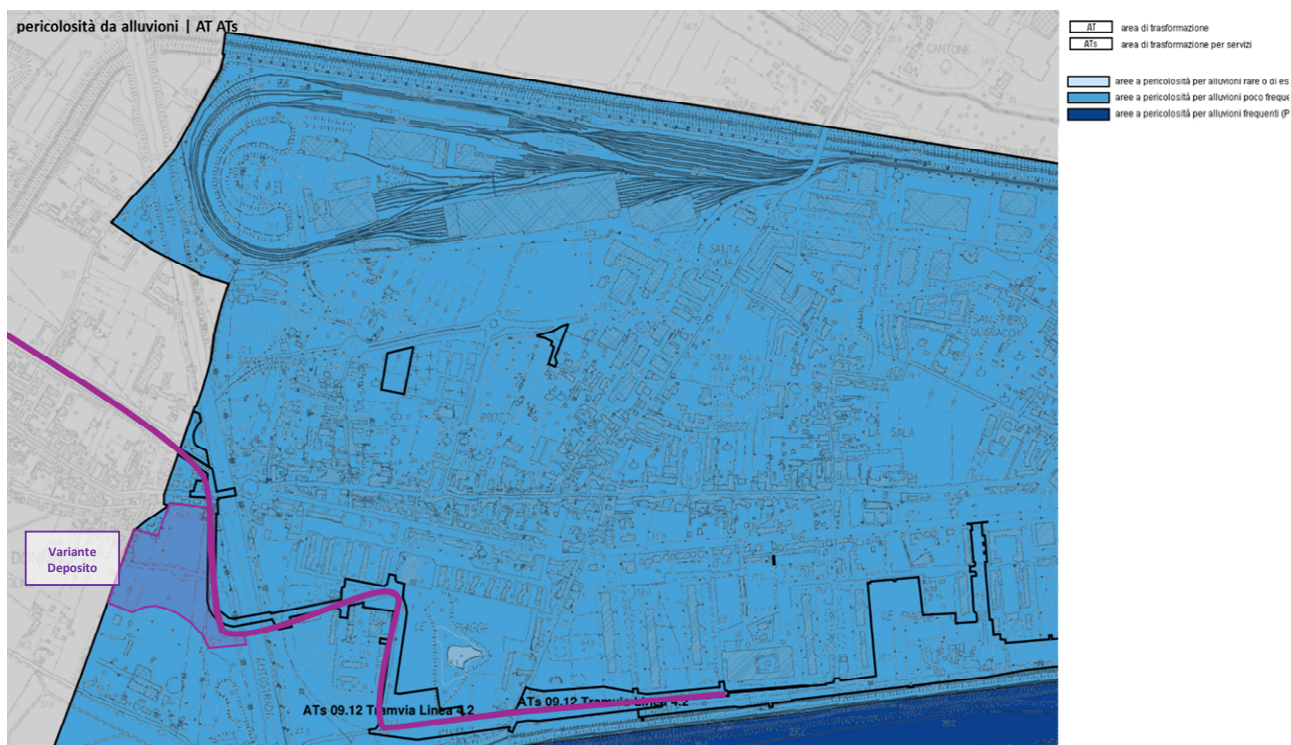
### 2.2.3 Pericolosità geologica | AT ATs



### 2.2.4 Pericolosità sismica | AT ATs



## 2.2.5 Pericolosità da alluvioni | AT ATs





## 2.3 PIANO STRUTTURALE COMUNALE CAMPI BISENZIO (PS)

### 2.3.1 Carta dei beni paesaggistici e culturali

#### LEGENDA

-- confine comunale

--- linea ferroviaria

#### BENI PAESAGGISTICI

Immobili ed aree di notevole interesse pubblico

■ immobili ed aree di notevole interesse pubblico D.Lgs. 42/2004, art. 136

■ autostrada del Sole e autostrada Firenze-Mare - Tipologia "d" art. 136 D.Lgs. 42/04

#### Aree tutelate per legge

Lett. b) - I territori contermini ai laghi

■ aree tutelate

Lett. c) - I fiumi, i torrenti, i corsi d'acqua

■ aree tutelate

■ aree escluse dal vincolo di tutela (art. 142 comma 2 D.lgs. 42/2004)

— fiumi, torrenti (Allegato L), corsi d'acqua (Allegato E)

Lett. g) - I territori coperti da foreste e da boschi

■ aree tutelate

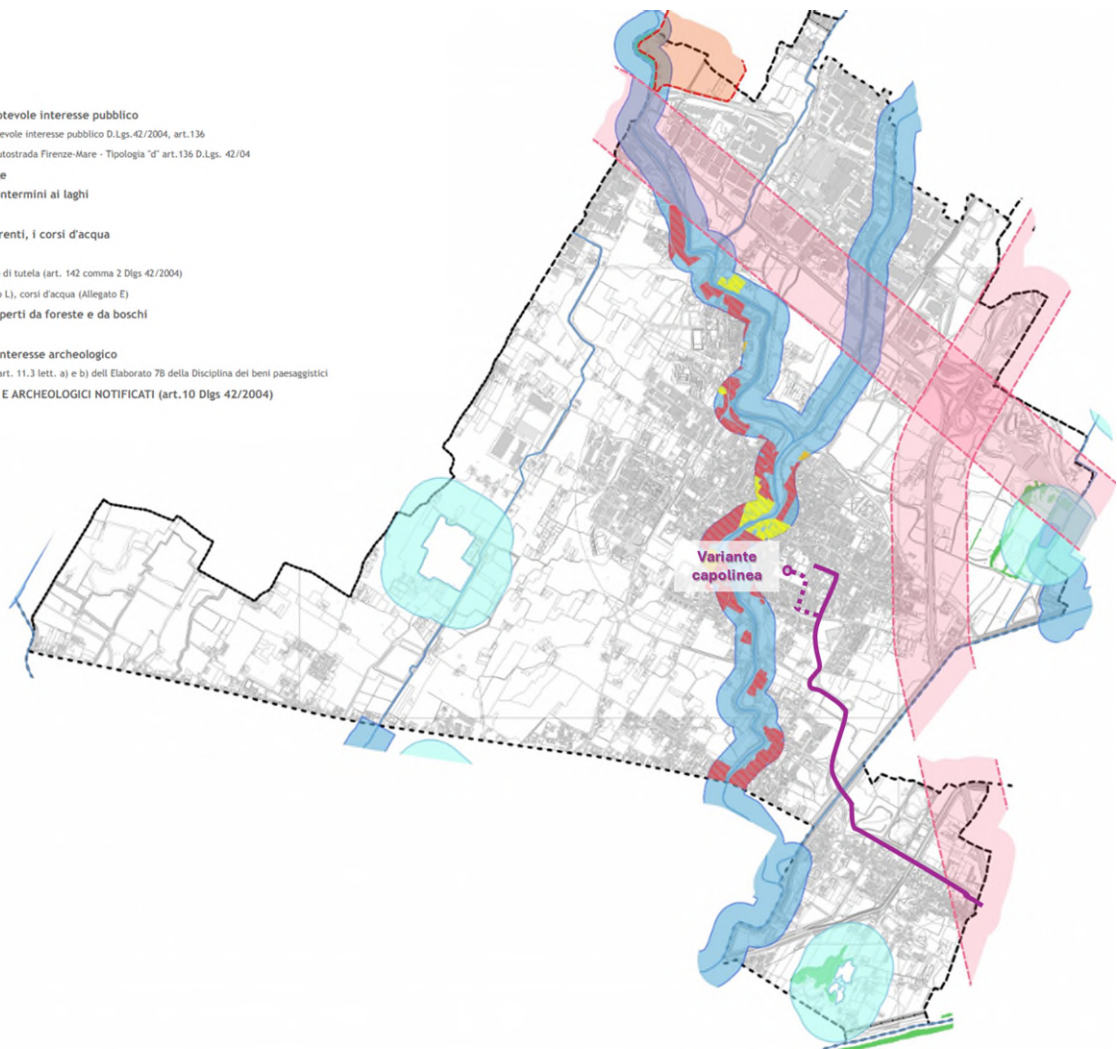
Lett. m) - Le zone di interesse archeologico

■ zone tutelate di cui all'art. 11.3 lett. a) e b) dell'Elaborato 7B della Disciplina dei beni paesaggistici

BENI ARCHITETTONICI E ARCHEOLOGICI NOTIFICATI (art. 10 D.lgs. 42/2004)

● beni archeologici

■ beni architettonici



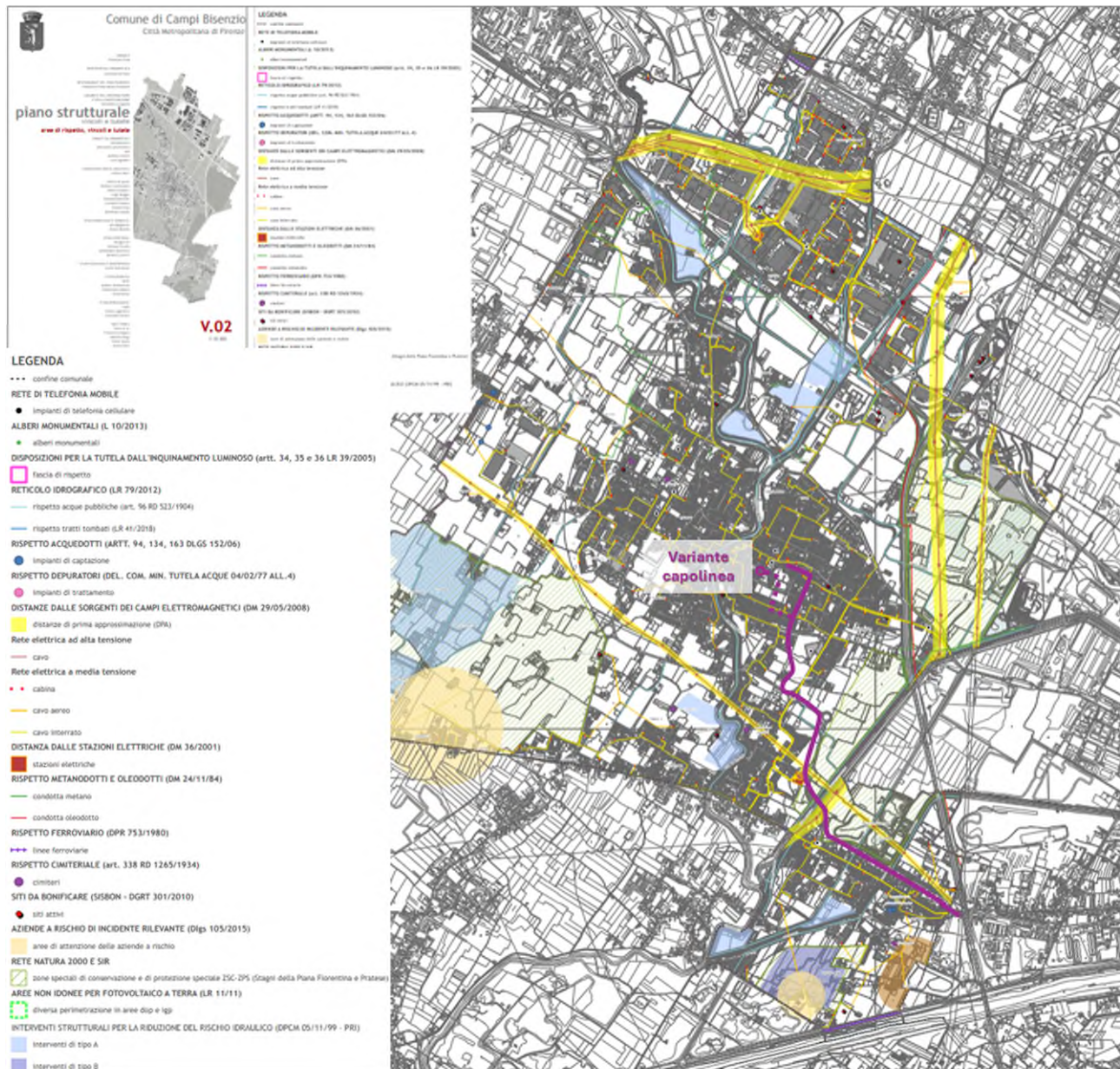


TRANVIA DI FIRENZE – LINEA 4.2 – LE PIAGGE-CAMPI BISENZIO  
PROGETTO DEFINITIVO

STUDI ED INDAGINI  
GEOLOGIA - FATTIBILITÀ

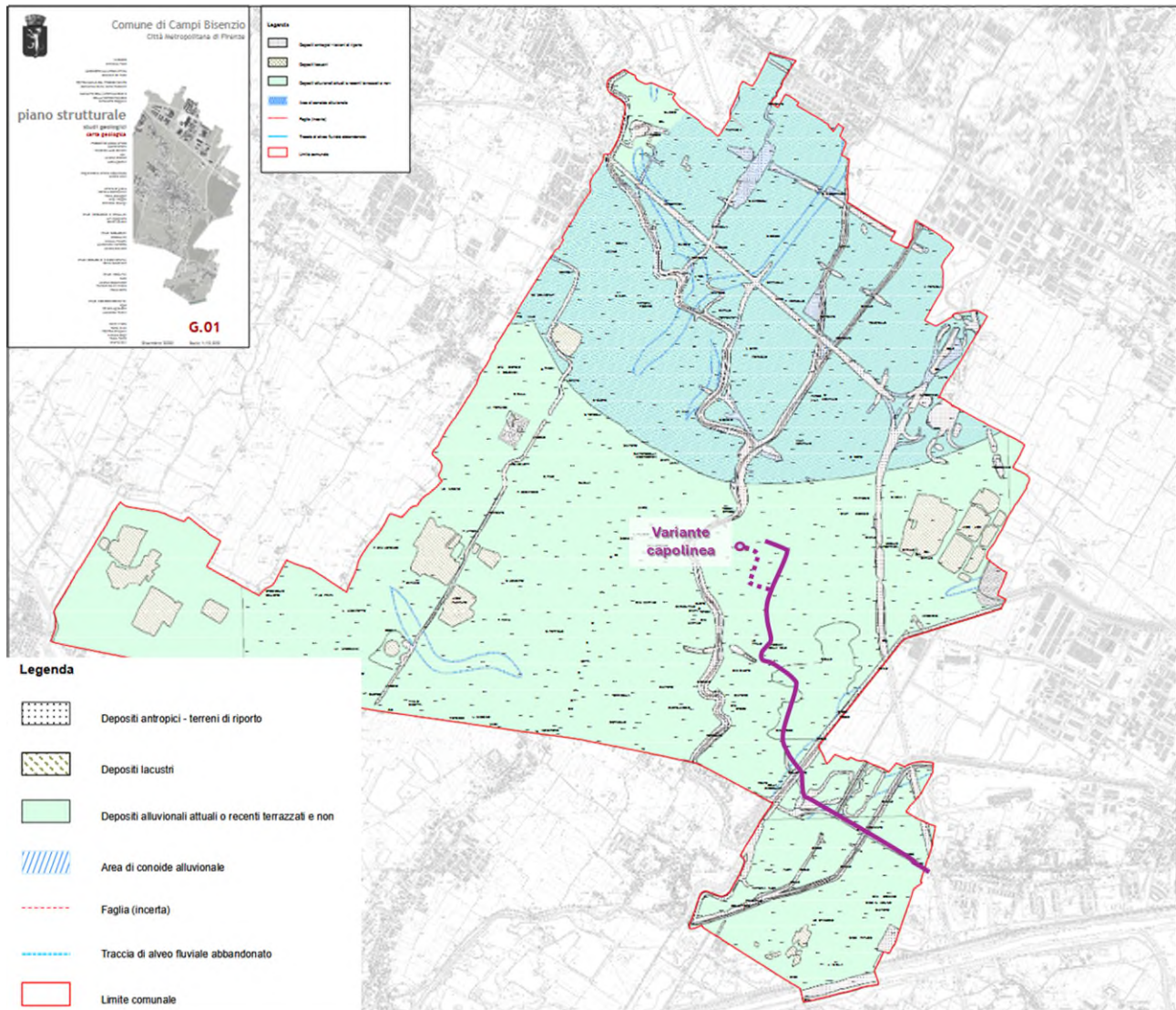
Relazione di riscontro ai pareri ricevuti in sede CdS  
elazione di sintesi per la fattibilità geologica, sismica ed idraulica delle opere comportanti variante urbanistica

2.3.2 Carta delle aree di rispetto, vincoli e tutele





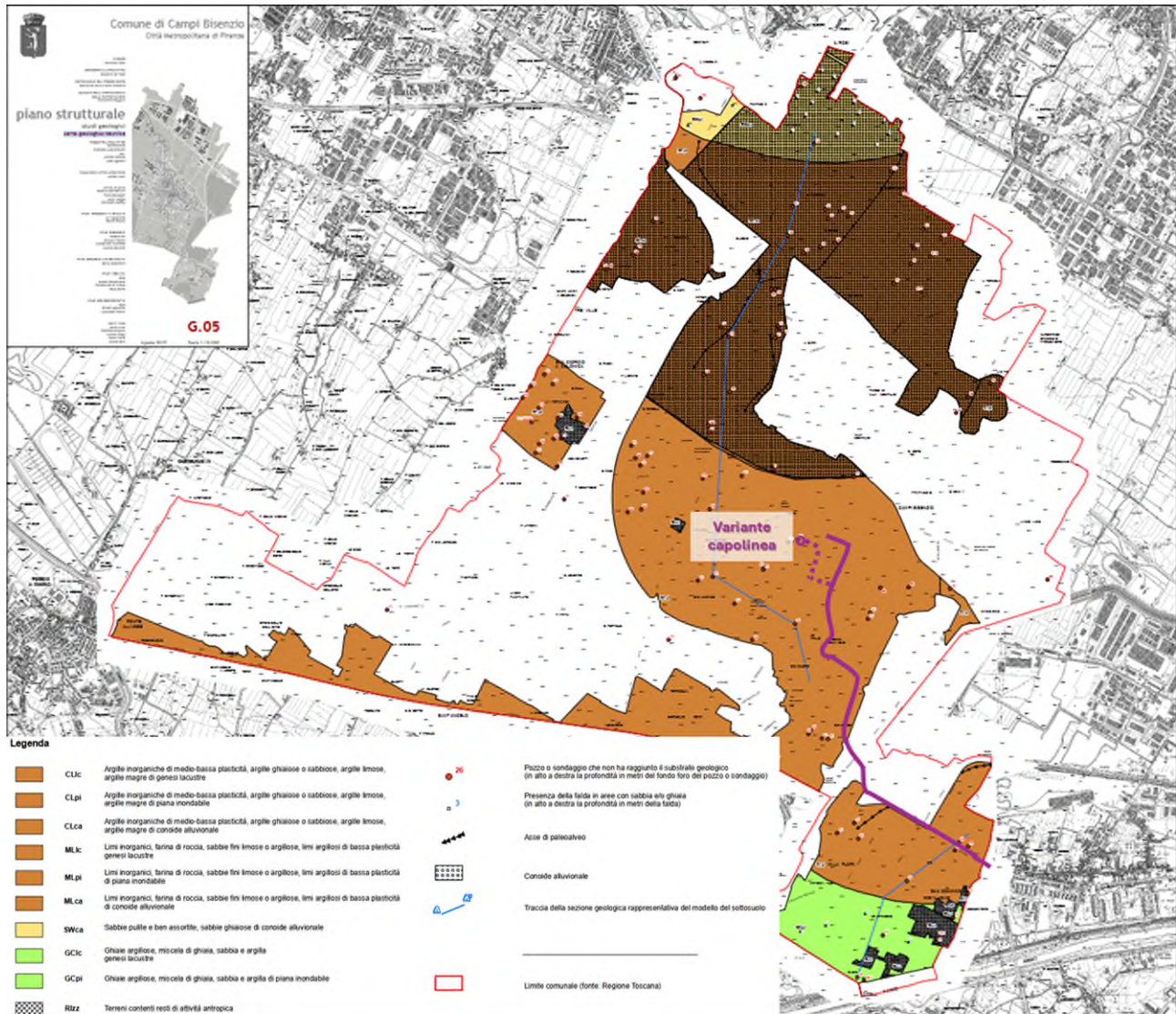
### 2.3.3 Carta geologica





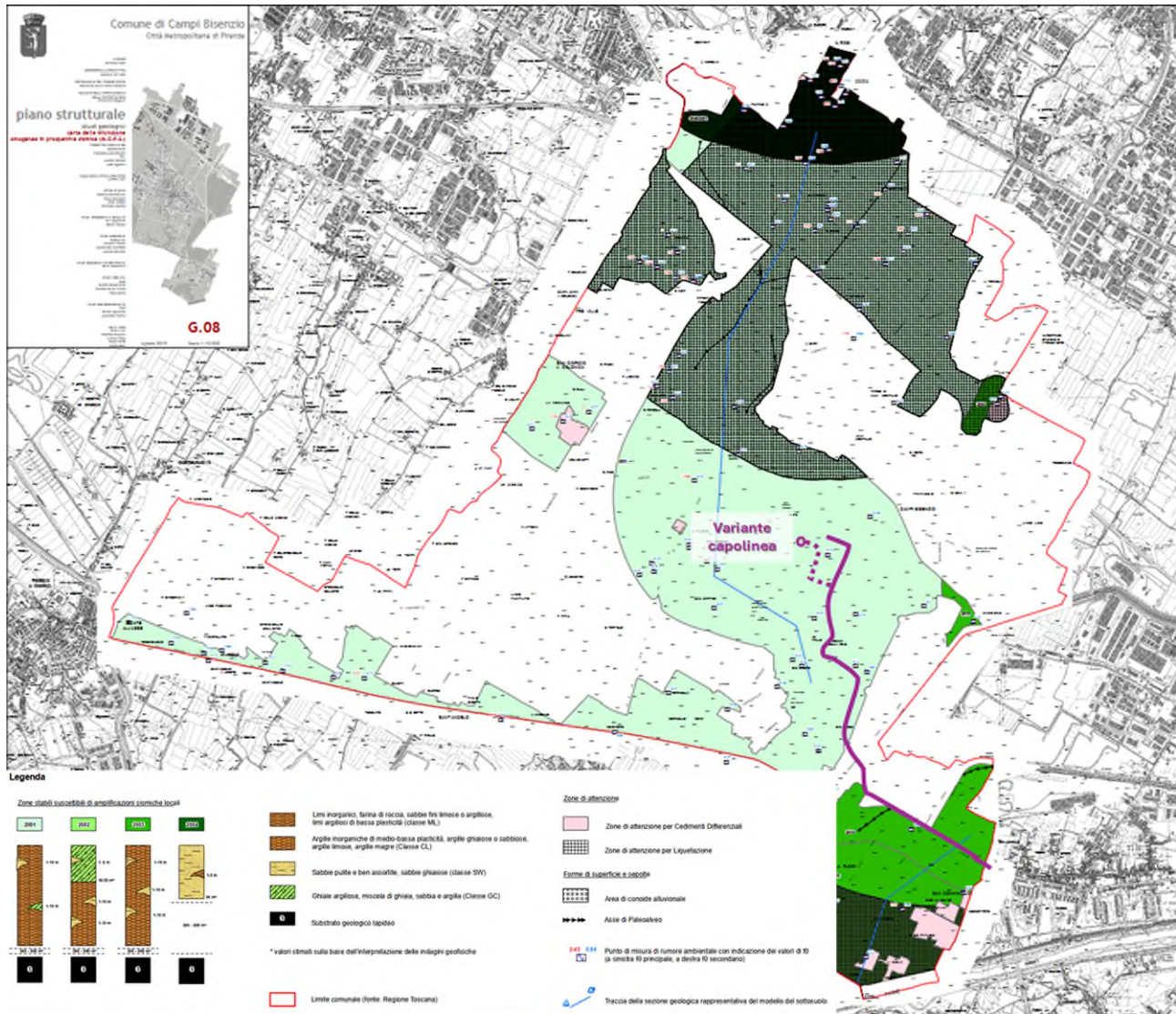


### 2.3.5 Carta geologico-tecnica

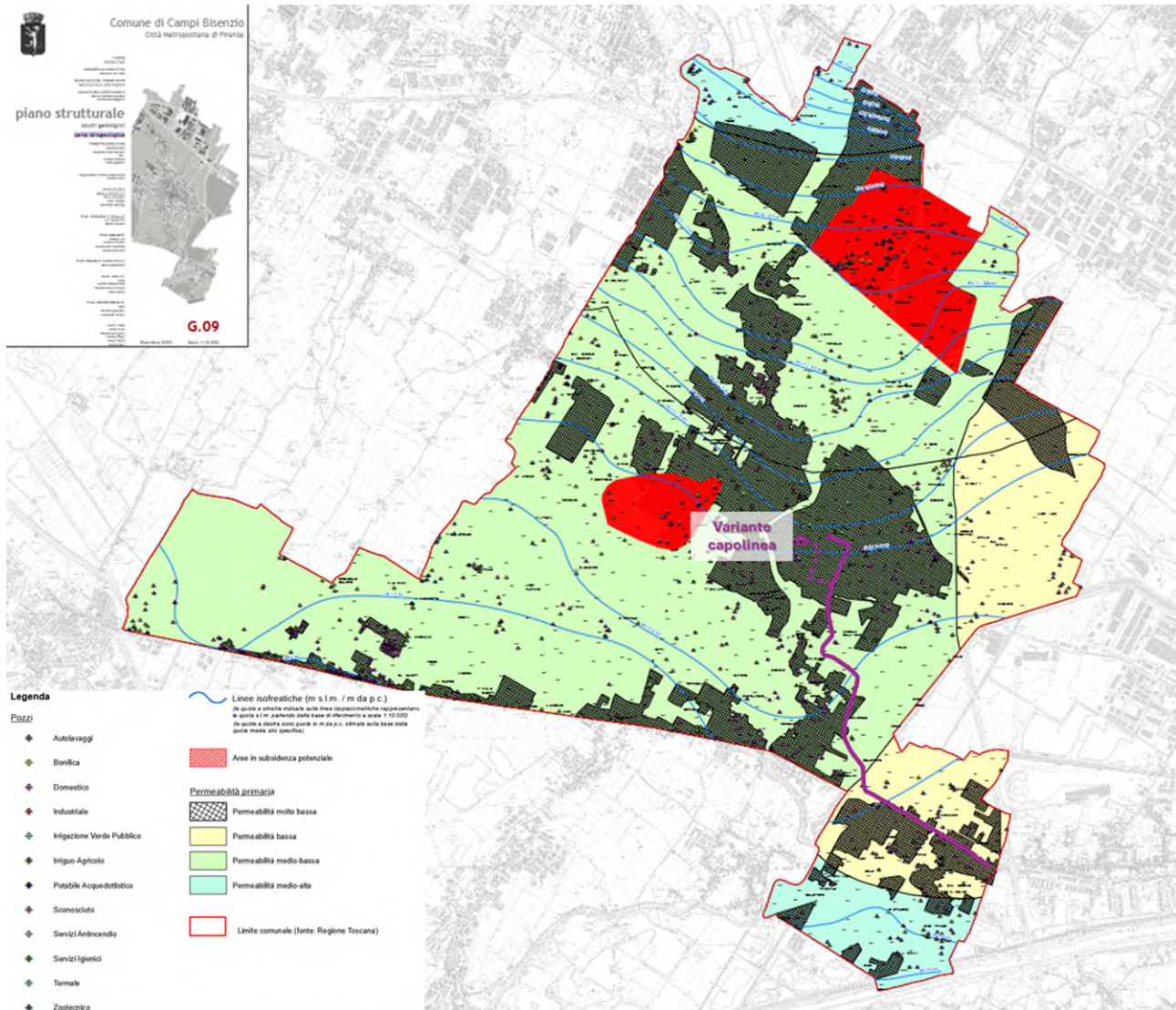




### 2.3.6 Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (M.O.P.S.)

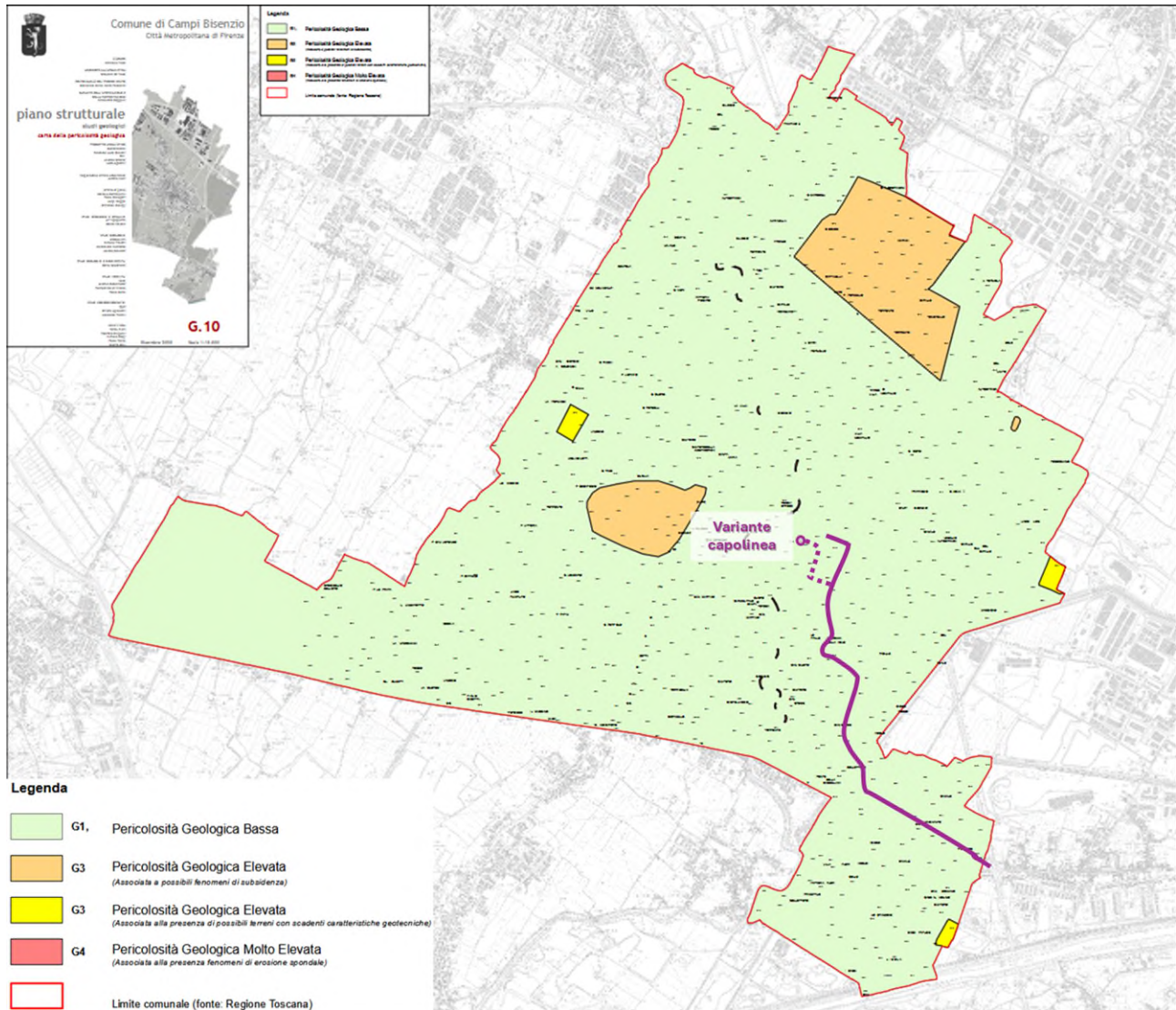


### 2.3.7 Carta idrogeologica

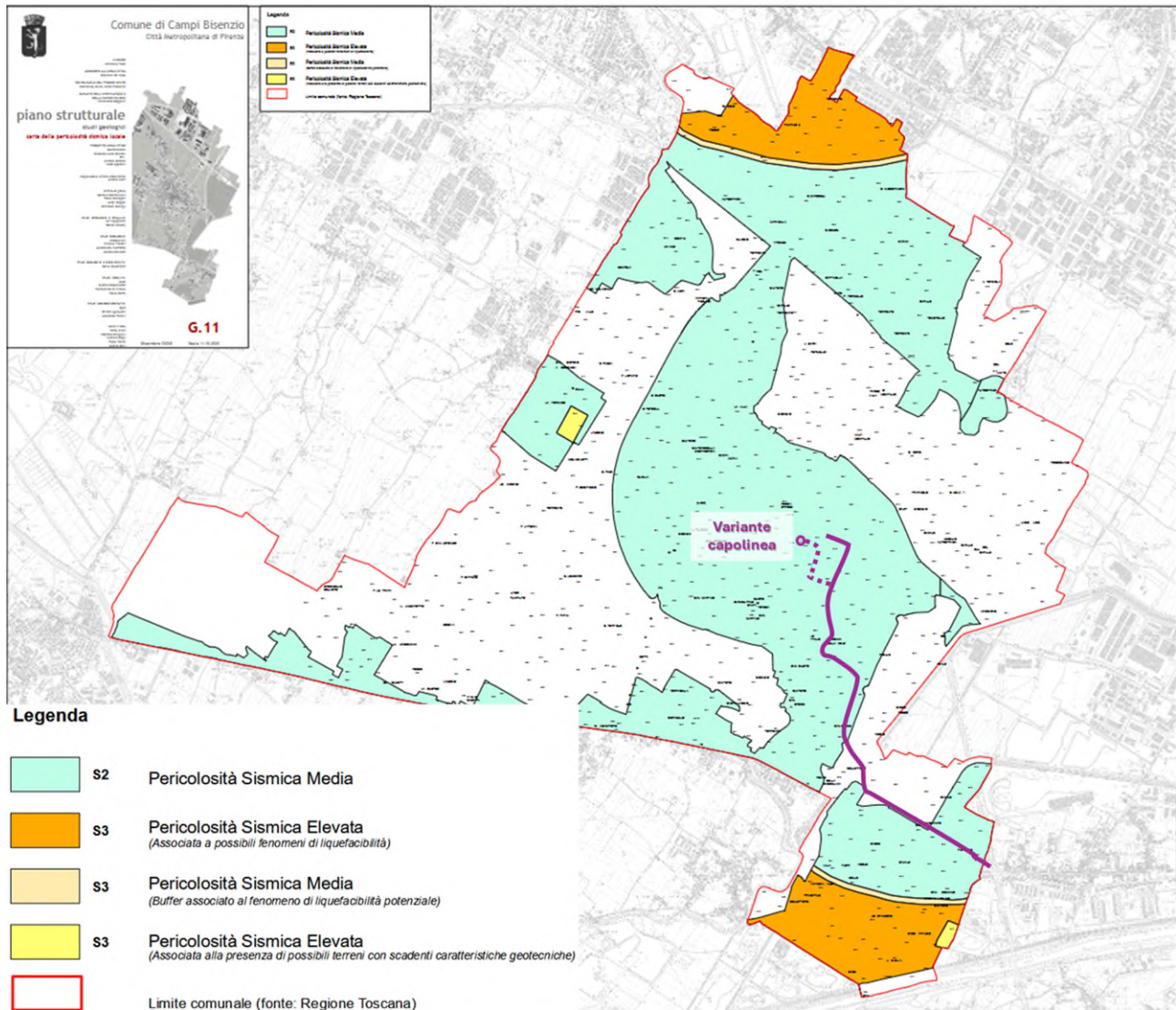




### 2.3.8 Carta delle pericolosità geologica

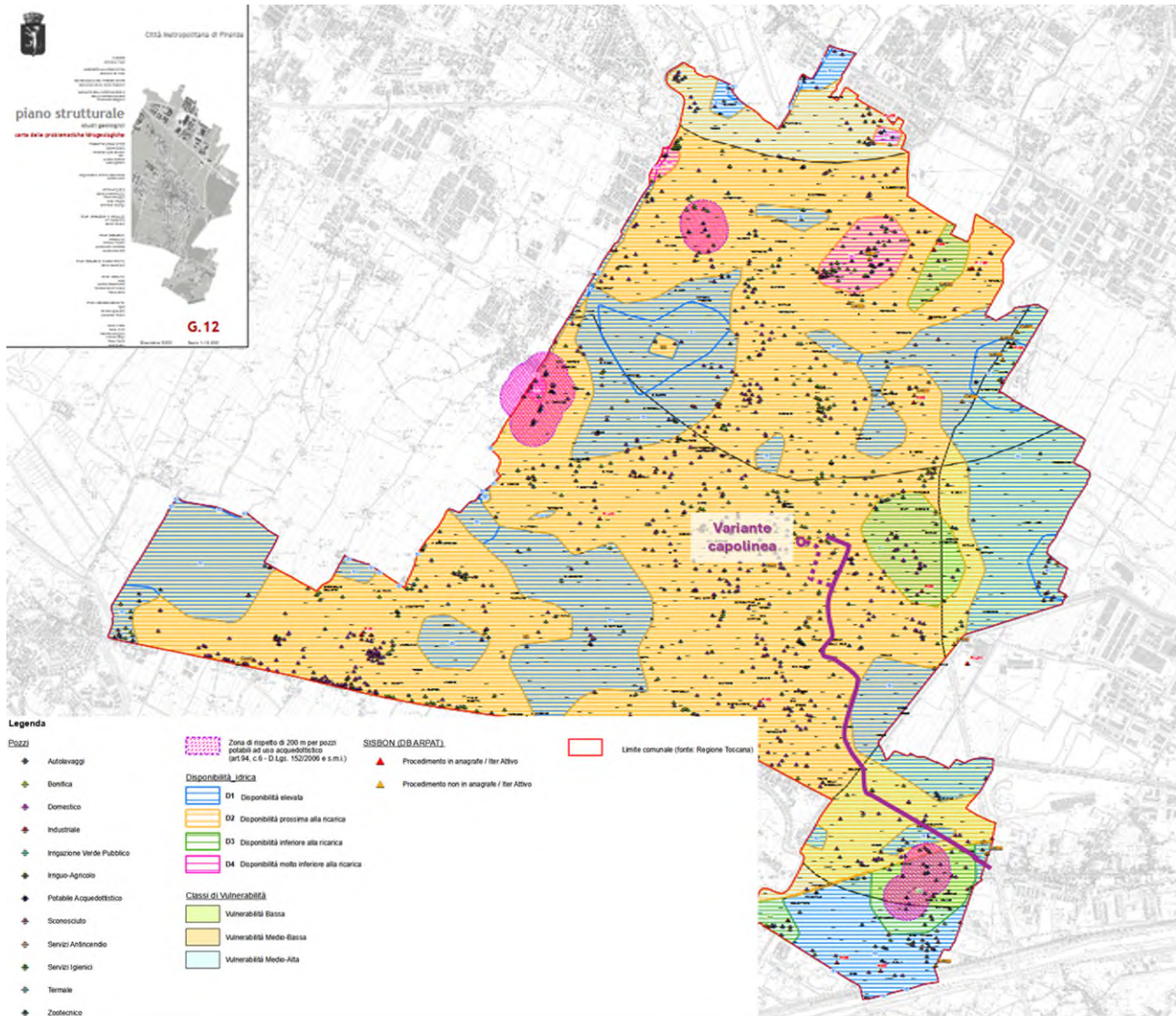


### 2.3.9 Carta delle pericolosità sismica locale

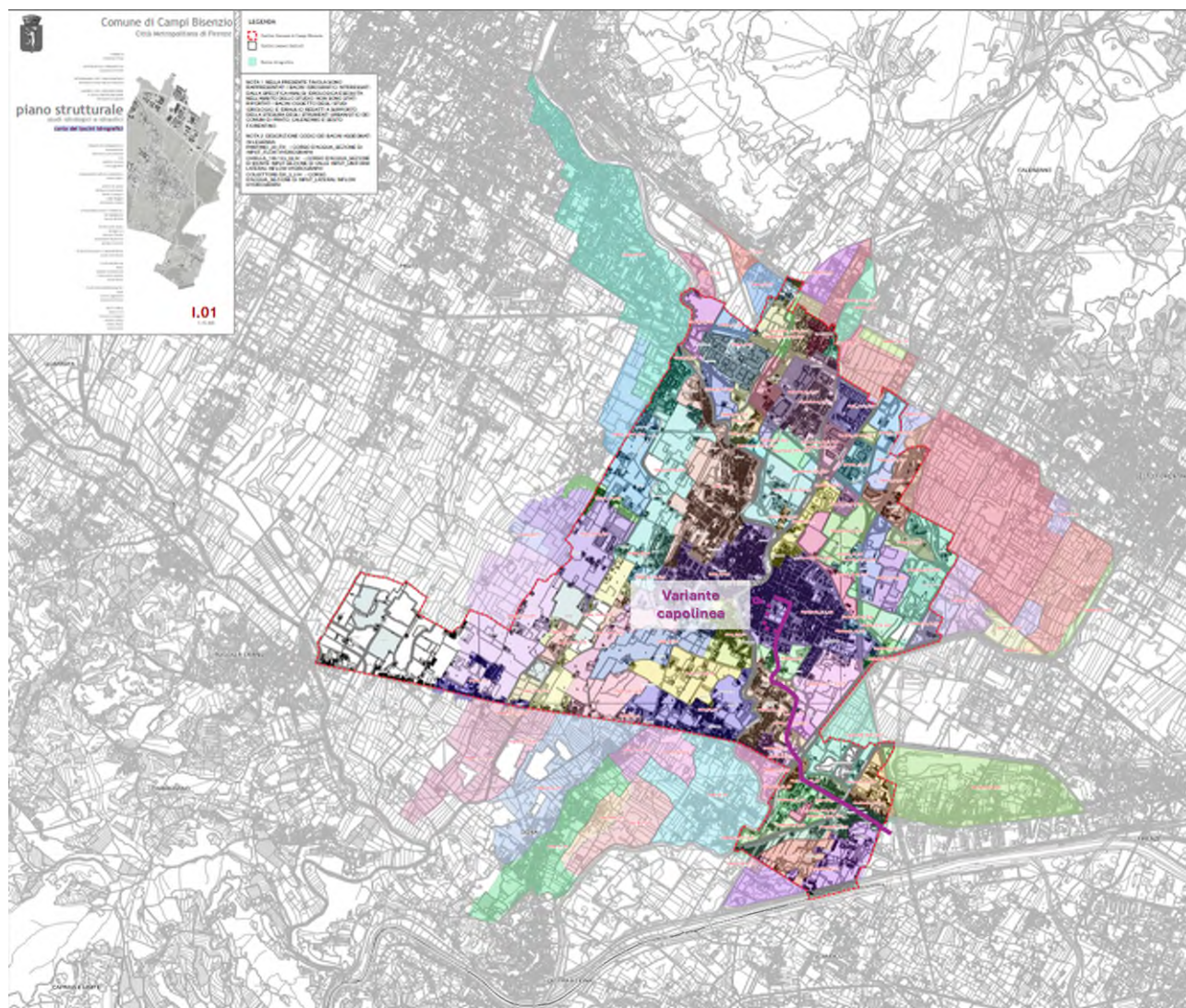




### 2.3.10 Carta delle problematiche idrogeologiche

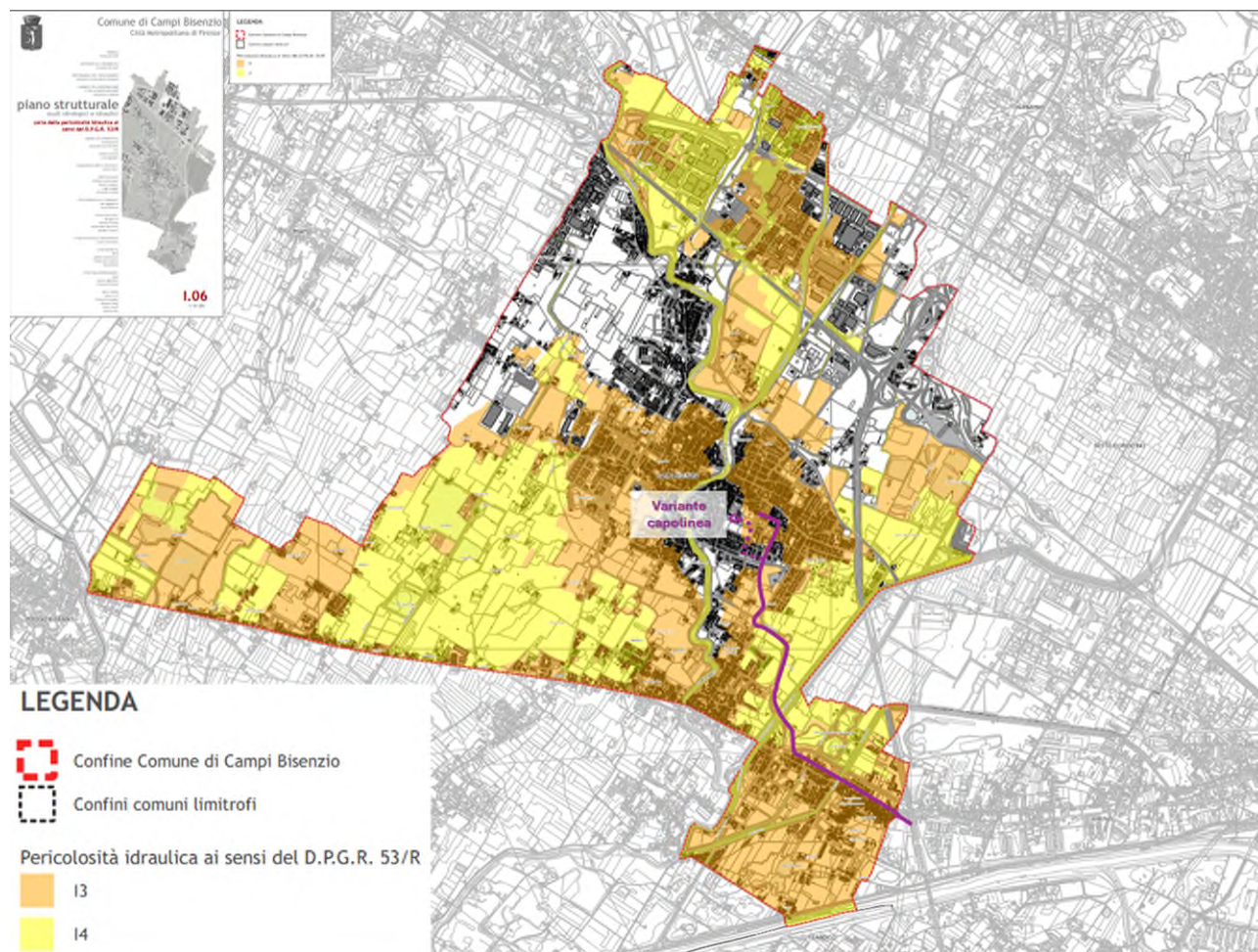


### 2.3.11 Carta dei bacini idrografici



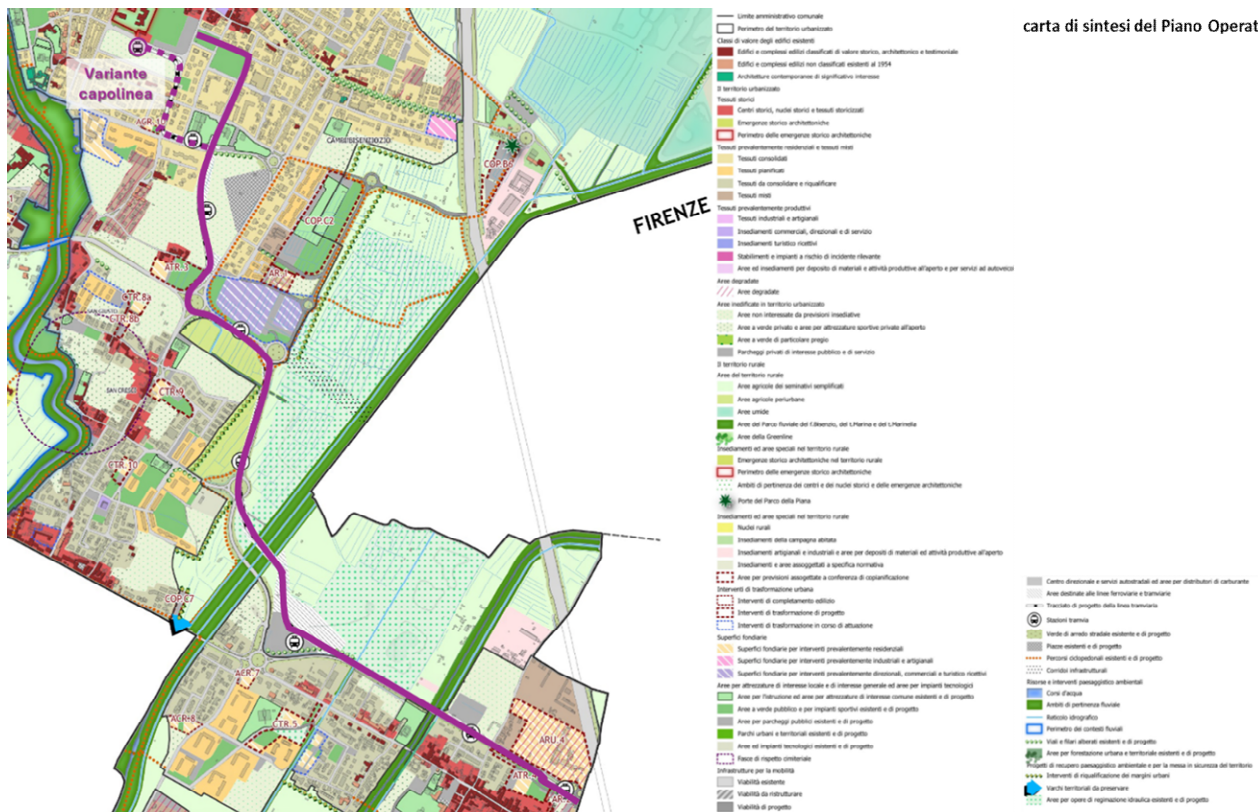


### 2.3.12 Carta delle problematiche idrogeologiche



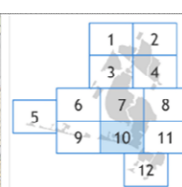
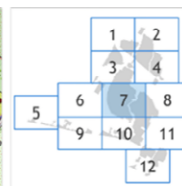
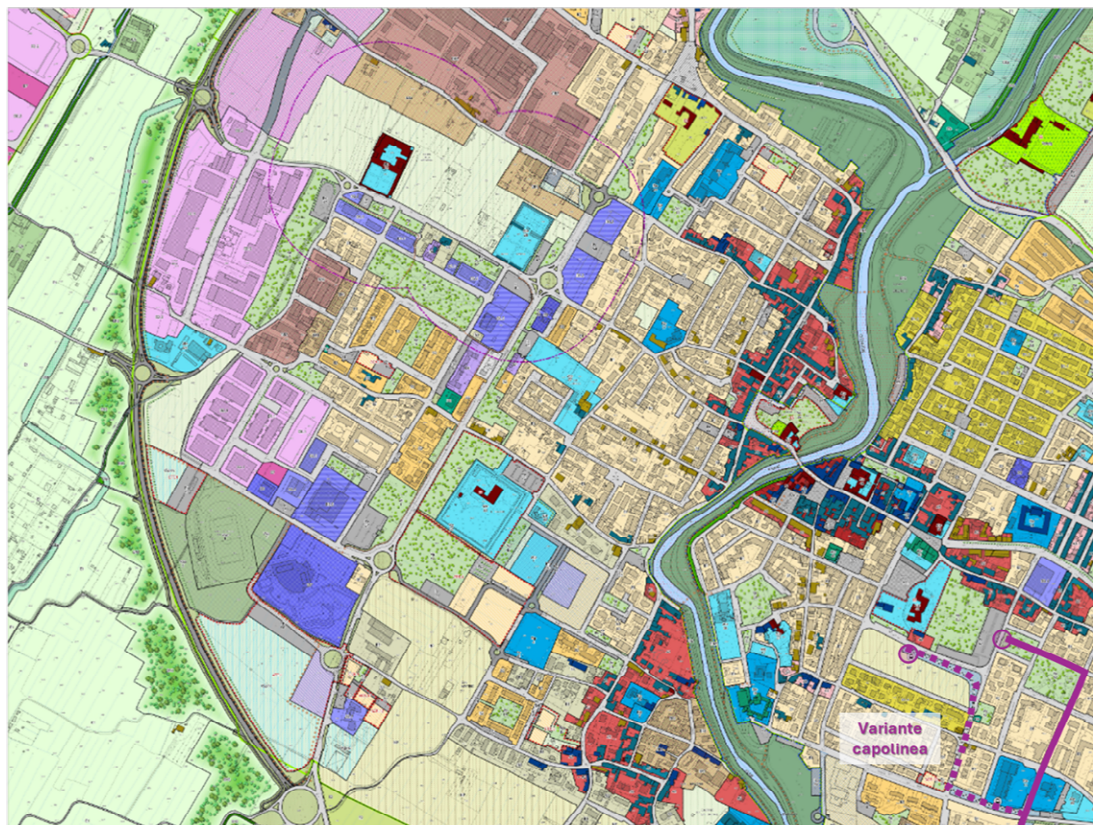
## 2.4 PIANO OPERATIVO COMUNALE CAMPI BISENZIO (PO)

### 2.4.1 Carta di sintesi del Piano Operativo

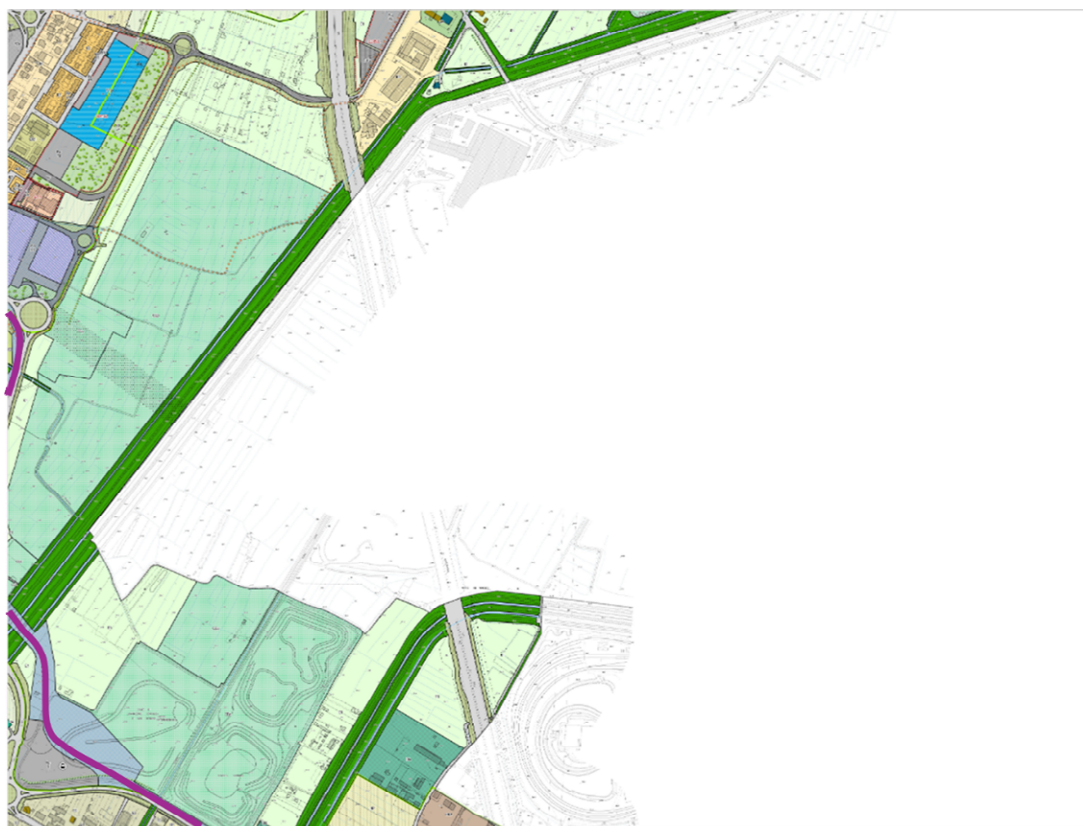




## 2.4.2 Disciplina di uso del territorio comunale









TRANVIA DI FIRENZE – LINEA 4.2 – LE PIAGGE-CAMPI BISENZIO  
PROGETTO DEFINITIVO

STUDI ED INDAGINI  
GEOLOGIA - FATTIBILITÀ

Relazione di riscontro ai pareri ricevuti in sede CdS  
elazione di sintesi per la fattibilità geologica, sismica ed idraulica delle opere comportanti variante urbanistica

Legenda

- Limite amministrativo comunale
- Perimetro del territorio urbanizzato
- Corsi di valore degli edifici esistenti
- Edifici e complessi edilizi di classe 1 - art.32
- Edifici e complessi edilizi di classe 2 - art.33
- Edifici e complessi edilizi di classe 3 - art.34
- Edifici e complessi edilizi non classificati esistenti al 1954 - art.35
- Architetture contemporanee di significativo interesse - art.37
- Edifici e complessi edilizi non classificati successori al 1954 - art.37
- Edifici da demolire - art.38
- Il territorio urbanizzato**
- Tessuti storici (zone A, ES)**
- Zona A1 - art.41
- Zona A2 - art.42
- Zona A3 - art.43
- Zona A3.1 - art.43
- Zona ES - Emergenze storico architettoniche - art.44
- Perimetro delle zone ES - art.44
- Tessuti prevalentemente residenziali (zone B)**
- Zona B1 - Tessuti consolidati - art.46
- Zona B1.1 - Tessuti consolidati a bassa densità edilizia - art.46
- Zona B2 - Tessuti pianificati - art.47
- Zona B3 - Tessuti da consolidare e riqualificare - art.48
- Tessuti urbani misti (zone BR)**
- Zona BR1 - Tessuti misti a vocazione residenziale - art.50
- Zona BR2 - Tessuti misti a destinazione prevalentemente produttiva - art.51
- Tessuti prevalentemente produttivi (zone D)**
- Zona D1 - Tessuti misti e insediamenti isolati industriali e artigianali - art.53
- Zona D2.1 - Tessuti a piattaforma industriali e artigianali non pianificati e di non recente pianificazione - art.54
- Zona D2.2 - Tessuti a piattaforma industriali e artigianali di recente pianificazione - art.54
- Zona D3.1 - Insediamenti commerciali isolati e di limitata dimensione - art.55
- Zona D3.2 - Tessuti a piattaforma commerciali e direzionali - art.56
- Zona D3.3 - Centro commerciale I Gigli - art.55
- Zona D4 - Insediamenti turistico ricettivi - art.56
- Zona D5 - Insediamenti direzionali e di servizio - art.57
- Zona D6 - Stabilimenti e impianti a rischio di incidente rilevante - art.58
- Zona D7 - Aree ed insediamenti per deposito di materiali e attività produttive all'aperto - art.59
- Zona D8 - Aree ed insediamenti per servizi ad autoveicoli - art.60
- Aree degradate**
- Aree degradate - art.61
- Aree inedificate in territorio urbanizzato**
- NP - Aree non interessate da previsioni insediative - art.63
- Aree a verde privato - art.64
- Aree per attrezzature sportive private all'aperto - art.64
- Ypriv - Aree a verde di particolare pregio - art.65
- Ppriv - Parcheggi privati di interesse pubblico e di servizio - art.66

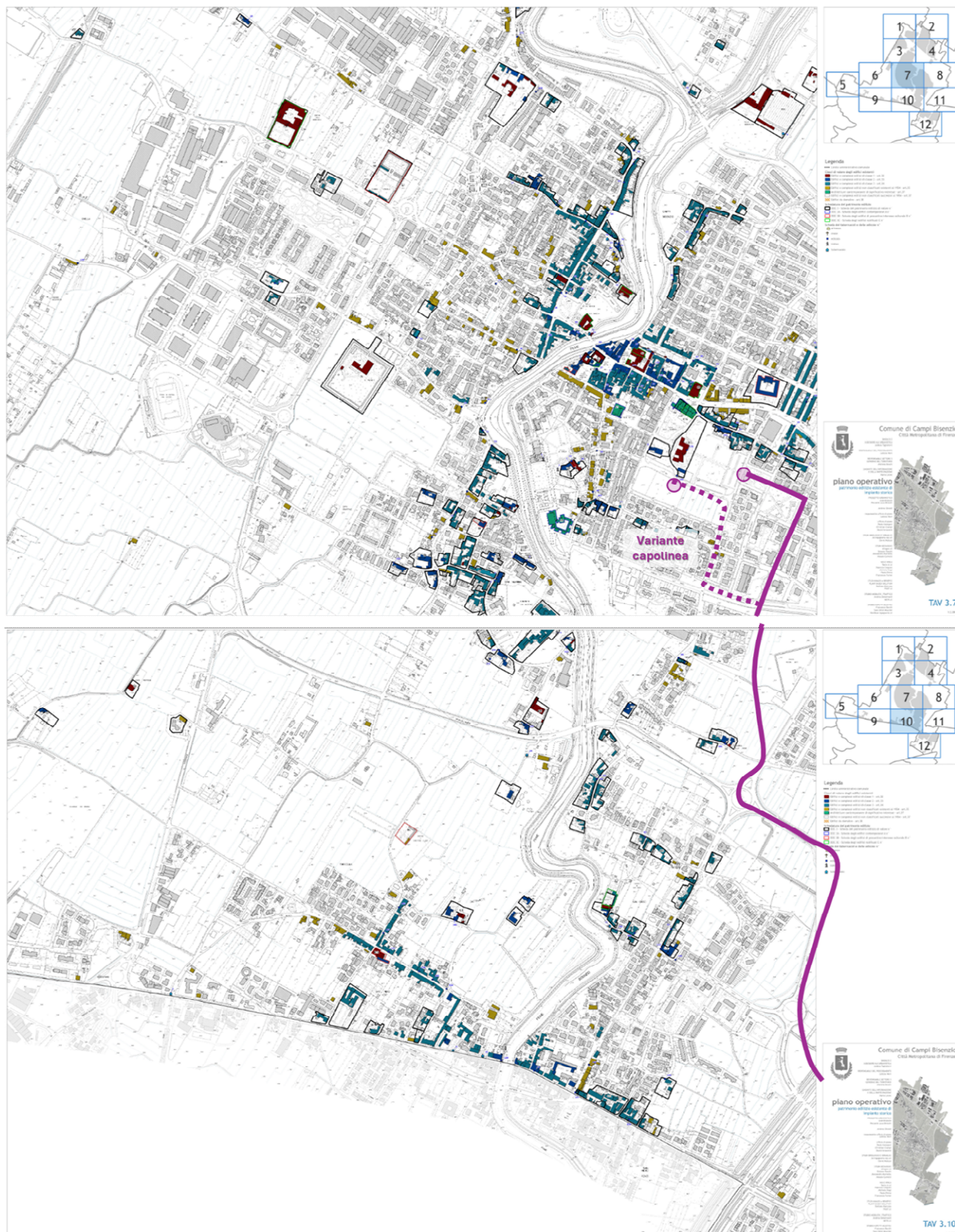
Il territorio rurale

- Aree del territorio rurale (E, EN)**
- E1 - Aree agricole dei seminativi semplificati - art.79
- E2 - Aree agricole per l'allevamento - art.80
- EN1 - Aree umide - art.82
- EN2 - Aree del Parco fluviale del f.Bisenzio, del t.Marina e del t.Marinella - art.83
- EN3 - Aree della Greenline - art.84
- Insediamenti ed aree speciali nel territorio rurale**
- ES - Emergenze storico architettoniche nel territorio rurale - art.87
- Perimetro delle zone ES in territorio rurale - art.87
- Ambiti di pertinenza dei centri e dei nuclei storici e delle emergenze architettoniche - art.88
- Porte del Parco della Piana - art.88
- Insediamenti ed aree speciali nel territorio rurale**
- NR - Nuclei rurali - art.89
- CA - Insediamenti della campagna abitata - art.90
- DE - Insediamenti artigianali e industriali - art.91
- DA - Aree per depositi di materiali ed attività produttive all'aperto nel territorio rurale - art.92
- EX - Insediamenti e aree assoggettati a specifica normativa - art.94
- Aree per previsioni assoggettate a conferenza di copianificazione COP - art.95
- Interventi di trasformazione urbana**
- Interventi di completamento edilizio ACR ACP ACT - art.97
- Interventi di completamento dei tessuti urbani CTR CTP CTT - art.98
- Interventi di riqualificazione e di rigenerazione urbana AR - art.99
- Interventi di rigenerazione urbana ai sensi dell'art.125 della LR55/14 ARU - art.100
- Interventi di ampliamento e ridisegno dei tessuti urbani ATP ATS - art.101
- Aree di atterraggio AA - art.102
- Interventi di trasformazione in corso di attuazione CONV - art.103
- Superfici fondiarie**
- Superfici fondiarie per interventi prevalentemente residenziali
- Superfici fondiarie per interventi prevalentemente industriali e artigianali
- Superfici fondiarie per interventi prevalentemente direzionali, commerciali e turistico ricettivi
- Aree per attrezzature di interesse locale e di interesse generale (IS, AJ, V, VS, P, F)**
- Aree per l'istruzione esistenti IS e di progetto ISp - art.110
- Aree per attrezzature di interesse comune esistenti Ale e di progetto Alp - art.111
- Aree a verde pubblico esistenti Ve e di progetto Vp - art.113
- Aree a verde pubblico per impianti sportivi esistenti Vse e di progetto VSp - art.113
- Aree per parcheggi pubblici esistenti Pe e di progetto Pp - art.114
- Aree per l'istruzione superiore esistenti Fte e di progetto Ftp - art.115
- Parchi urbani e territoriali esistenti Fze e di progetto Fzp - art.115
- Fasce di rispetto cimiteriale - art.117
- Aree ed impianti tecnologici (IT)**
- Aree ed impianti tecnologici esistenti It e di progetto ItD - art.116

Infrastrutture per la mobilità

- Viabilità esistente - art.118
- Viabilità da ristrutturare - art.118
- Viabilità di progetto - art.118
- Centro direzionale e servizi autostradali AU - art.118
- Aree destinate alle linee ferroviarie - art.119
- Aree destinate alle linee tramviarie - art.119
- Tracciato di progetto della linea tramviaria - art.119
- Stazioni tramvia - art.119
- Distributori di carburante Dist - art.120
- Verde di arredo stradale esistente VSto - art.121
- Verde di arredo stradale di progetto VStp - art.121
- Piazze esistenti PZe e di progetto PZp - art.122
- Percorsi ciclopedonali - art. 123**
- Percorsi ciclopedonali esistenti - art.123
- Percorsi ciclopedonali di progetto - art.123
- Corridoi infrastrutturali - art.124
- Risorse e interventi paesaggistico ambientali**
- Corsi d'acqua - art.131
- Ambiti di pertinenza fluviale - art.131
- Corsi d'acqua del reticolo idrografico LR 79/2012
- Corsi d'acqua tombati del reticolo idrografico LR 79/2012
- Perimetro dei contesti fluviali - art.131
- Viali e filari alberati esistenti e di progetto - art.132
- Aree per forestazione urbana e territoriale esistenti F4e e di progetto F4p - art.132
- Progetti di recupero paesaggistico ambientale**
- Interventi di riqualificazione dei margini urbani - art.133
- Varchi territoriali da preservare - art.133
- Interventi per la messa in sicurezza del territorio**
- Aree per opere di regimazione idraulica esistenti CEe e di progetto CEp - art.134
- Aree per interventi idraulici (DPCM 05/11/1999 PRI) - art.134

### 2.4.3 Patrimonio edilizio esistente di impianto storico
















STUDI ED INDAGINI  
GEOLOGIA - FATTIBILITÀ

Relazione di riscontro ai pareri ricevuti in sede CdS  
elazione di sintesi per la fattibilità geologica, sismica ed idraulica delle opere comportanti variante urbanistica





## Legenda

--- Limite amministrativo comunale

### Classi di valore degli edifici esistenti

-  Edifici e complessi edilizi di classe 1 - art.32
-  Edifici e complessi edilizi di classe 2 - art.33
-  Edifici e complessi edilizi di classe 3 - art.34
-  Edifici e complessi edilizi non classificati esistenti al 1954 - art.35
-  Architetture contemporanee di significativo interesse - art.37
-  Edifici e complessi edilizi non classificati successivi al 1954 - art.37
-  Edifici da demolire - art.38

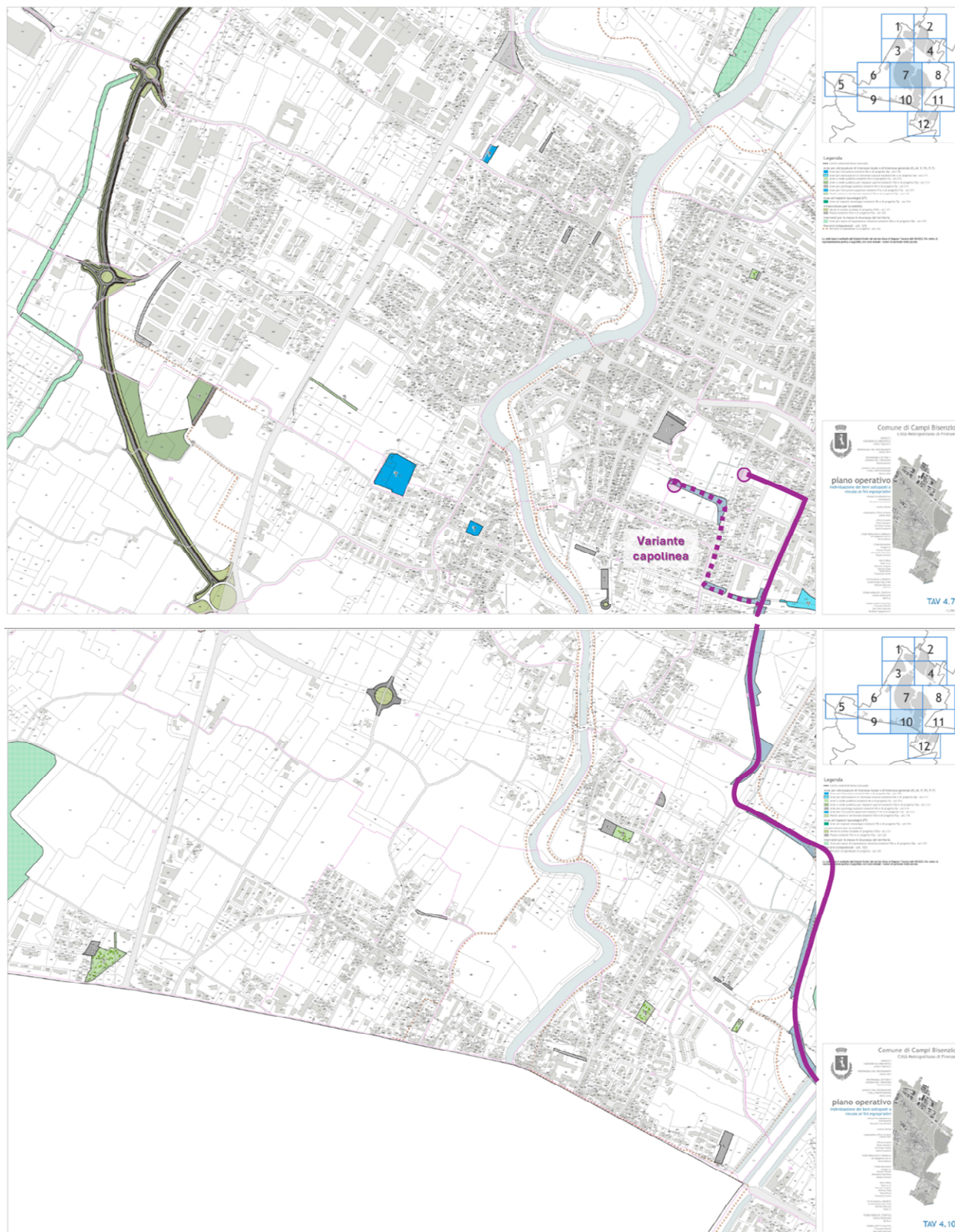
### Schedatura del patrimonio edilizio

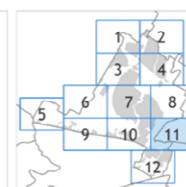
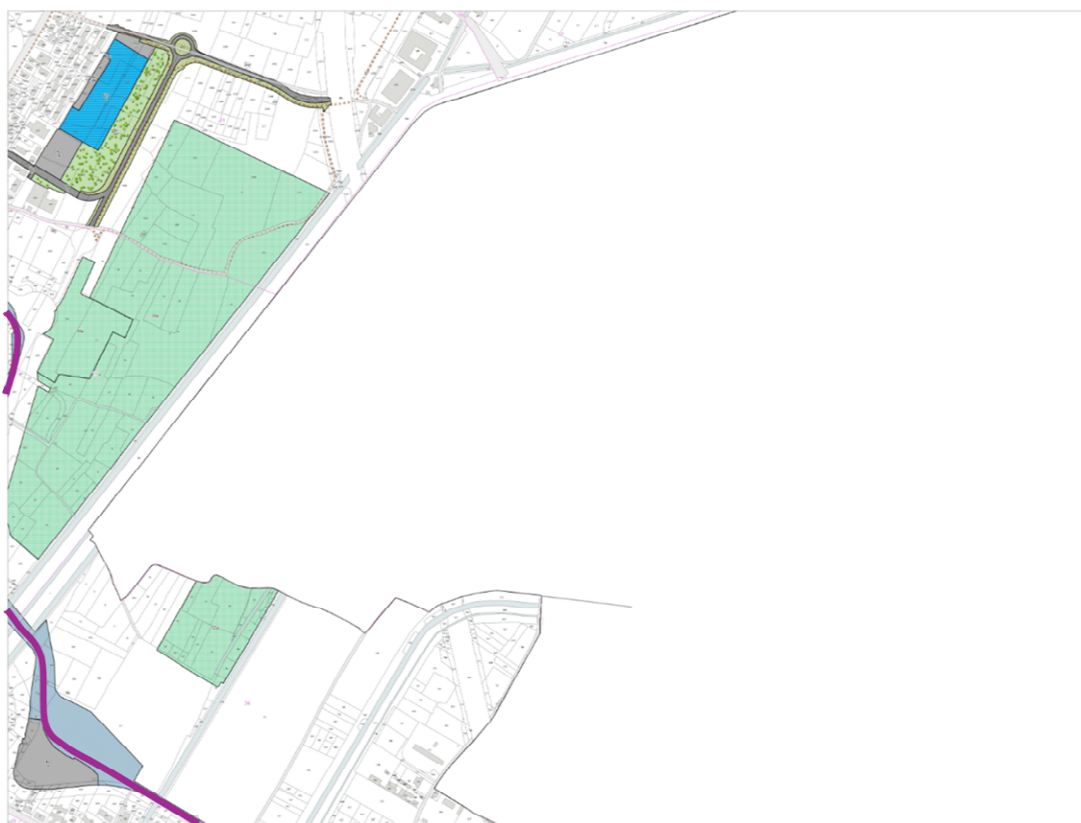
-  DOC 3 - Scheda del patrimonio edilizio di valore n°
-  DOC 3A - Scheda degli edifici contemporanei A n°
-  DOC 3B - Scheda degli edifici di presuntivo interesse culturale B n°
-  DOC 3C - Scheda degli edifici notificati C n°

### Scheda dei tabernacoli e delle edicole n°

-  affresco
-  croce
-  edicola
-  statua
-  tabernacolo

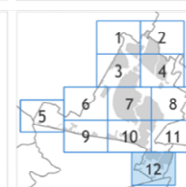
## 2.4.4 Individuazione dei beni sottoposti a vincolo ai fini espropriativi





**Legenda**

1. Area di studio (AS) - 1:50.000  
 2. Area di studio (AS) - 1:10.000  
 3. Area di studio (AS) - 1:5.000  
 4. Area di studio (AS) - 1:2.500  
 5. Area di studio (AS) - 1:1.250  
 6. Area di studio (AS) - 1:625  
 7. Area di studio (AS) - 1:312,5  
 8. Area di studio (AS) - 1:156,25  
 9. Area di studio (AS) - 1:78,125  
 10. Area di studio (AS) - 1:39,0625  
 11. Area di studio (AS) - 1:19,53125  
 12. Area di studio (AS) - 1:9,765625



**Legenda**

1. Area di studio (AS) - 1:50.000  
 2. Area di studio (AS) - 1:10.000  
 3. Area di studio (AS) - 1:5.000  
 4. Area di studio (AS) - 1:2.500  
 5. Area di studio (AS) - 1:1.250  
 6. Area di studio (AS) - 1:625  
 7. Area di studio (AS) - 1:312,5  
 8. Area di studio (AS) - 1:156,25  
 9. Area di studio (AS) - 1:78,125  
 10. Area di studio (AS) - 1:39,0625  
 11. Area di studio (AS) - 1:19,53125  
 12. Area di studio (AS) - 1:9,765625





## Legenda

●●● Limite amministrativo comunale

### Aree per attrezzature di interesse locale e di interesse generale (IS, AI, V, VS, P, F)

 Aree per l'istruzione esistenti ISe e di progetto ISp - art.110

 Aree per attrezzature di interesse comune esistenti Ale e di progetto Alp - art.111

 Aree a verde pubblico esistenti Ve e di progetto Vp - art.113


 Aree a verde pubblico per impianti sportivi esistenti VSe e di progetto VSp - art.113

 Aree per parcheggi pubblici esistenti Pe e di progetto Pp - art.114

 Aree per l'istruzione superiore esistenti F1e e di progetto F1p - art.115

 Parchi urbani e territoriali esistenti F2e e di progetto F2p - art.115

### Aree ed impianti tecnologici (IT)

 Aree ed impianti tecnologici esistenti ITe e di progetto ITp - art.116

### Infrastrutture per la mobilità

 Verde di arredo stradale di progetto VSTp - art.121

 Piazze esistenti PZe e di progetto PZp - art.122

### Interventi per la messa in sicurezza del territorio

 Aree per opere di regimazione idraulica esistenti CEe e di progetto CEp - art.134

### Percorsi ciclopeditoni - art. 123

  Percorsi ciclopeditoni di progetto - art.123

La carta base è costituita dal Catasto fornito dal servizio Gisca di Regione Toscana dati 09/2023. Per motivi di rappresentazione grafica e leggibilità, non sono indicati i numeri di particelle molto piccole.

*elazione di sintesi per la fattibilità geologica, sismica ed idraulica delle opere comportanti variante urbanistica*

**Comune di Campi Bisenzio**  
Città metropolitana di Firenze

**piano operativo**  
Carta delle aree ad interventi urgenti e  
a medio termine

**Legenda**

- Limiti amministrativi**
  - Linea amministrativa comunale
  - Perimetro dell'area urbana
- Infrastruttura di mobilità**
  - Infrastruttura di mobilità
  - Infrastruttura di mobilità
  - Infrastruttura di mobilità
- Zone di emergenza**
  - Area di emergenza
  - Area di emergenza
  - Area di emergenza
  - Area di emergenza
- Pericolosità idraulica**
  - Area di pericolosità idraulica
  - Area di pericolosità idraulica
  - Area di pericolosità idraulica
  - Area di pericolosità idraulica



STUDI ED INDAGINI  
GEOLOGIA - FATTIBILITÀ

Relazione di riscontro ai pareri ricevuti in sede CdS  
elazione di sintesi per la fattibilità geologica, sismica ed idraulica delle opere comportanti variante urbanistica

**Legenda**

 Limite amministrativo comunale

 Perimetro territorio urbanizzato

**Infrastrutture di mobilità**

 Infrastruttura di accessibilità

 Infrastruttura di connessione

 Edificio strategico

**Arece di emergenza**

 Area di ammassamento

 Area di ricovero

 Area di attesa

 Area di attesa trasformabili in aree di ricovero

**Pericolosità Geologica**

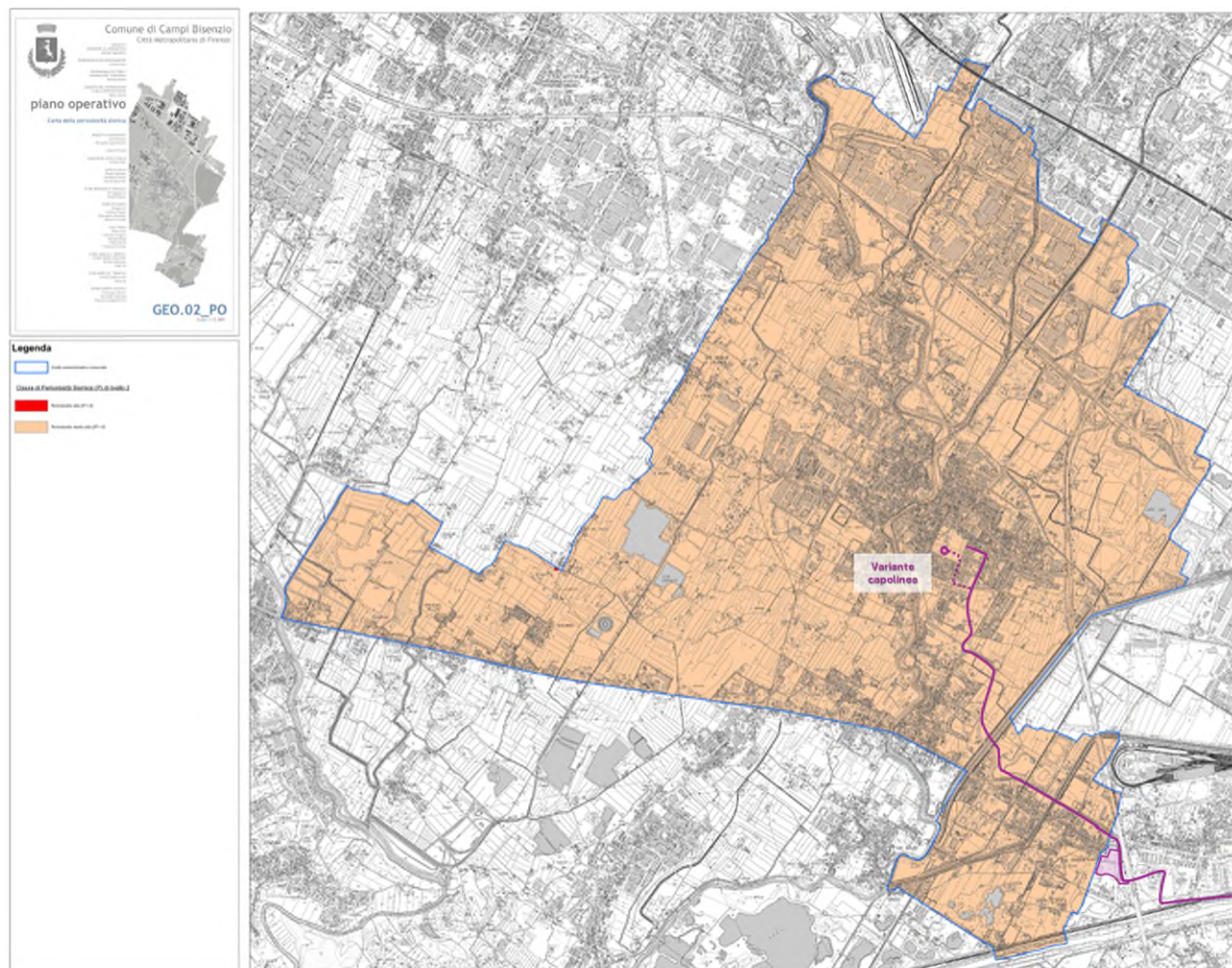
 G.1 - Pericolosità geologica bassa

 G2 - Pericolosità geologica elevata  
(associata a possibili fenomeni di subsidenza)


 G3 - Pericolosità geologica elevata  
(associata alla presenza di possibili terreni con acclività caratteristiche geotecniche)

 G4 - Pericolosità geologica molto elevata  
(associata alla presenza di fenomeni di erosione spondale)

## 2.4.6 Carta della pericolosità sismica



### Legenda

 Limite amministrativo comunale

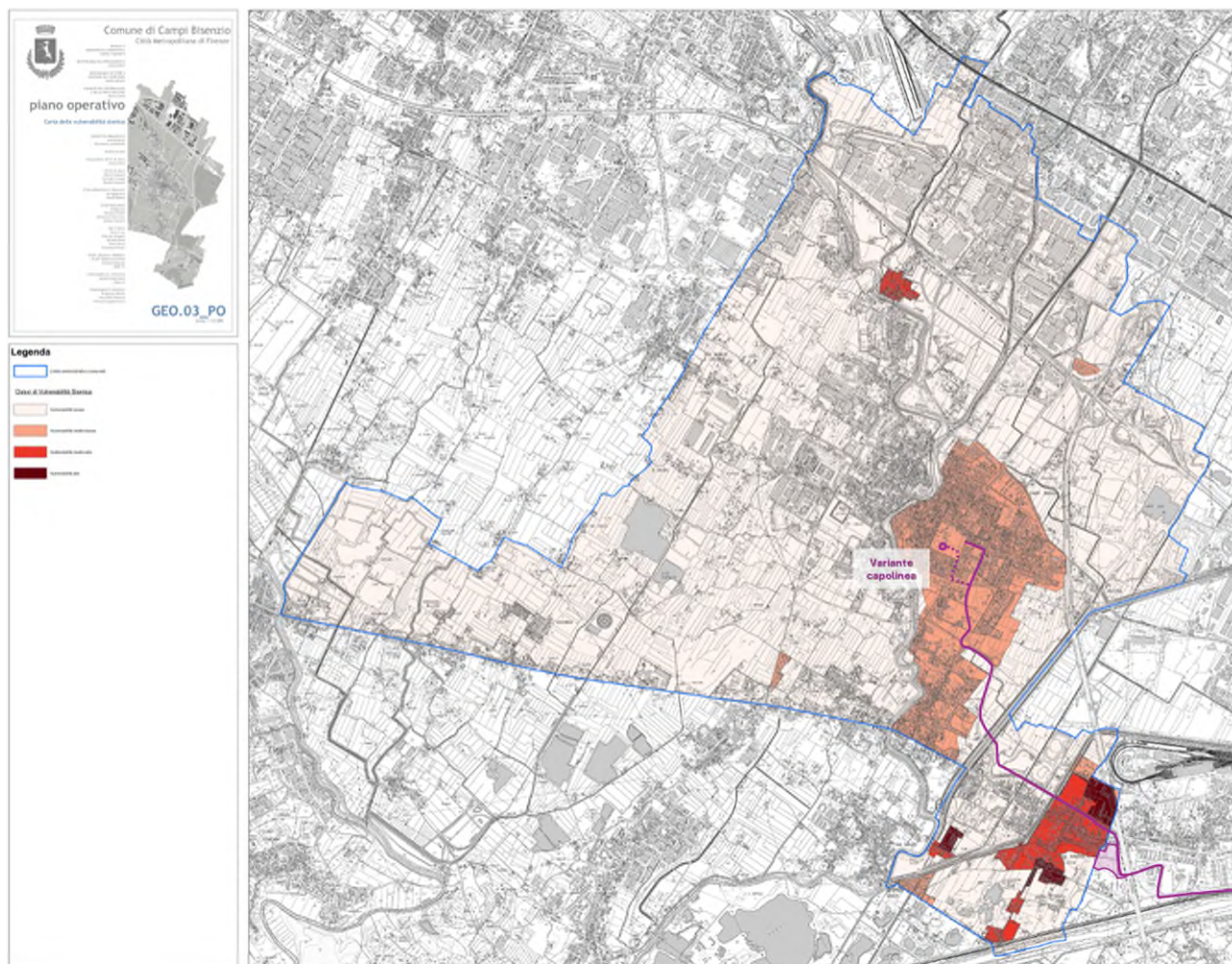
Classe di Pericolosità Sismica (P) di livello 2

 Pericolosità alta (IP = 6)

 Pericolosità medio-alta (IP = 5)



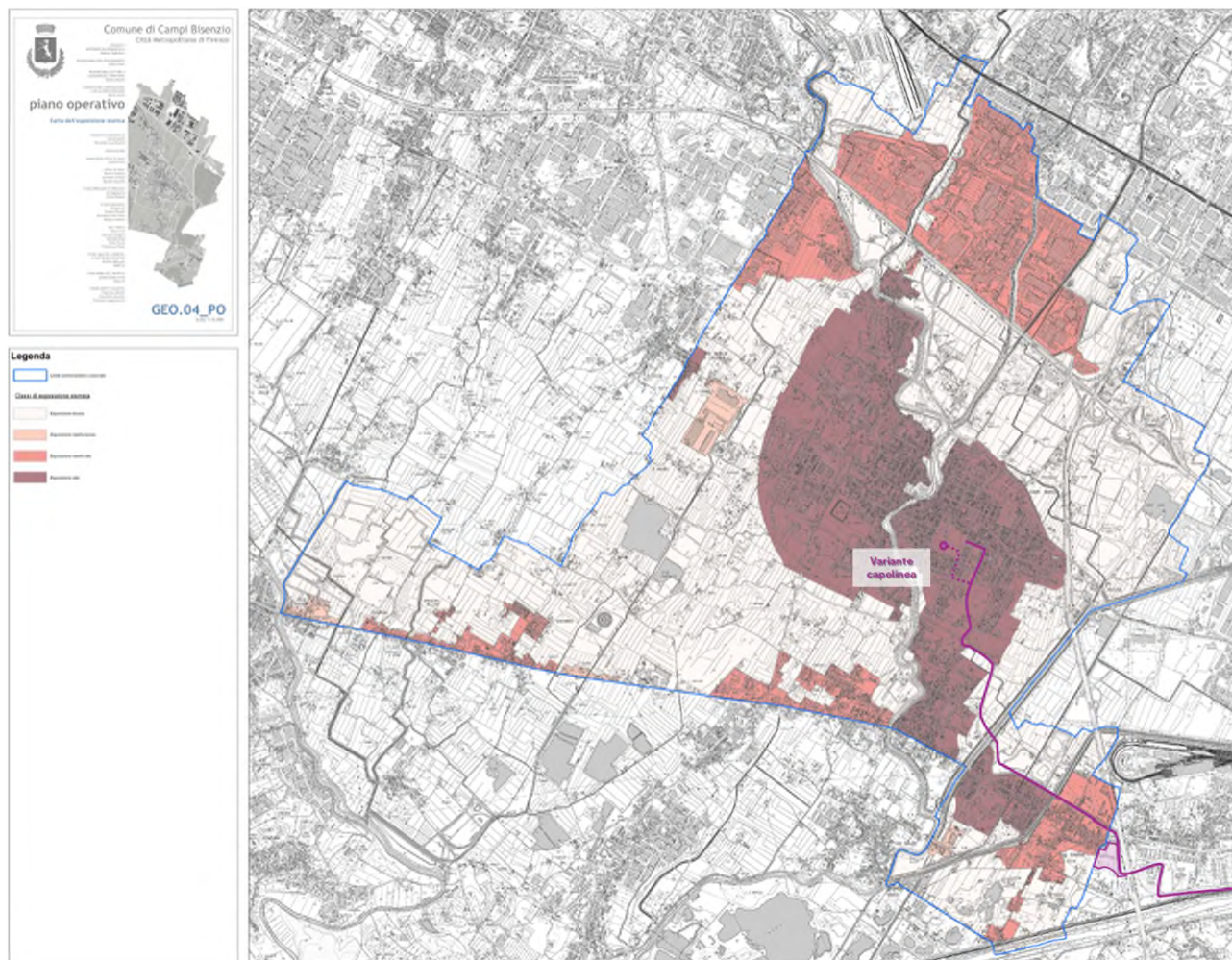
## 2.4.7 Carta della Vulnerabilità Sismica



### Legenda



## 2.4.8 Carta dell'Esposizione Sismica

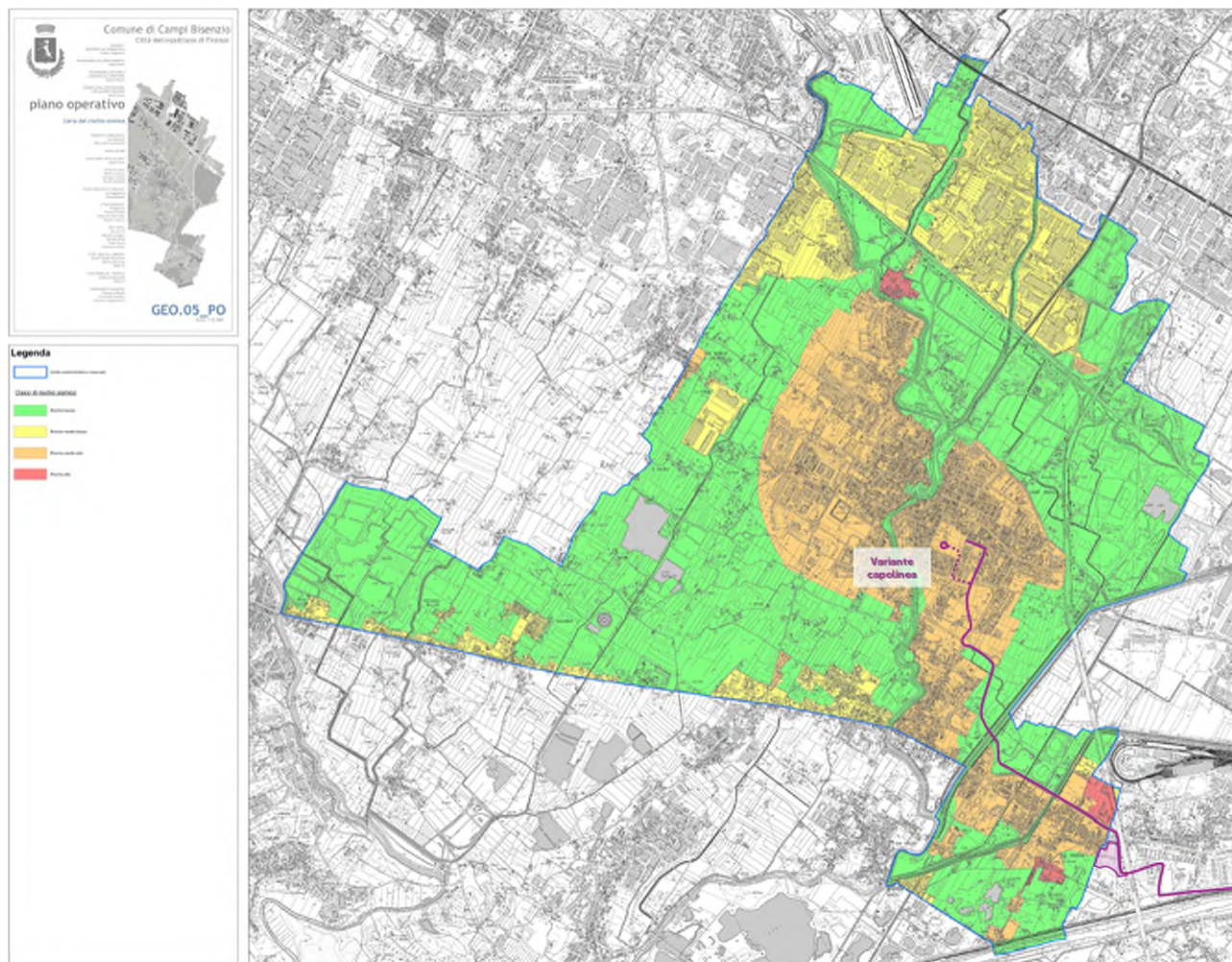


### Legenda





## 2.4.9 Carta del Rischio Sismico



### Legenda

Limite amministrativo comunale

#### Classi di rischio sismico

- Rischio basso
- Rischio medio-basso
- Rischio medio-alto
- Rischio alto

### **3 CONDIZIONI DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA**

---

L'area studio si colloca in zona a pericolosità geologica bassa G1 per il capolinea di Campi Bisenzio, media G2 ed elevata G3 per il Deposito tranviario, ove si evidenzia che:

La fattibilità è subordinata alle risultanze di specifiche indagini geognostiche e sismiche in applicazione delle norme vigenti in materia, in grado di indagare il volume significativo per gli interventi in progetto (NTC2018) ed in accordo con quanto previsto dalle linee guida sulle tipologie e classi di indagini geologiche, geofisiche e geotecniche da allegare ai progetti da presentare ai sensi dell'art. 3 del DPGR 1R/2022. Per la valutazione di dettaglio delle caratteristiche geologiche dell'area, individuate e rappresentate nelle carte tematiche e profili geolitologici redatti, si è fatto riferimento ad indagini pregresse ed integrative realizzate a supporto del presente livello di progettazione. Dagli elaborati di progetto definitivo si evince che la successione stratigrafica del primo sottosuolo alla scala dell'opera, risulta caratterizzata da depositi esclusivamente alluvionali di età olocenica, organizzati in tre associazioni di facies (argille limose, limi ed argille con livelli ghiaioso-sabbiosi e ghiaie e sabbie) che si succedono nel sottosuolo, spesso presentando interdigitazioni tra di esse, mentre l'orizzonte più superficiale è rappresentato da terreni di riporto.

A valle dello studio condotto, della natura e delle caratteristiche degli interventi da attuarsi, i lavori in progetto per l'area di Deposito e per il nuovo capolinea di Campi Bisenzio risultano ammissibili per i criteri di fattibilità disposti dai vigenti piani e programmi di riferimento in ambito geologico e compatibili con la situazione geologica dei luoghi, tali da non influire negativamente sulla stabilità delle aree.



## 4 CONDIZIONI DI FATTIBILITÀ SISMICA

Gli interventi analizzati dal punto vista sismico, a seguito dell'analisi delle varianti urbanistiche, sono l'area del nuovo capolinea di Campi Bisenzio e l'area del Deposito.

L'area studio si colloca in zona a pericolosità sismica media S2 per il capolinea di Campi Bisenzio, media S2\* ed elevata S3g per il Deposito tranviario.

Per il nuovo capolinea di Campi Bisenzio non si ravvisano problematiche rispetto a quanto già elaborato nel progetto definitivo in quanto lo scostamento è minimale e non paiono evidenti segni di differenziazione dal punto di vista geologico e dinamico. Le stesse opere strutturali che vengono ubicate in tale ambito sono limitate alle pensiline di fermata, pertanto strutture senza una particolare criticità sismica.

L'area del Deposito invece rappresenta un elemento che è stato indagato con una specifica analisi di risposta sismica locale anche a seguito dell'importanza delle strutture che vi saranno costruite, con particolare riferimento agli edifici prefabbricati ed alle loro condizioni geometriche che ne determinano i periodi di vibrazione.

In ogni caso si sono svolte le verifiche strutturali secondo le NTC2018.

Si riporta nel seguito pertanto l'analisi svolta.

### 4.1 ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

#### 4.1.1 Caratterizzazione geotecnica

Le indagini eseguite nella zona interessata dal deposito (sondaggi S1-INC, S2, S2-INC) portano a presupporre la presenza di tre orizzonti litotecnici principali.

La prima unità (A) caratterizzata da terreni di riporto, terreni superficiali alterati e suscettibili alle variazioni di umidità stagionali.

La seconda (B) composta da limi ed argille da marroni a nocciola con concrezioni carbonatiche, ossidazioni ferrose, spalmature di torba e rari livelli centimetrici-decimetrici ghiaiosi-sabbiosi.

La terza (C) formata da un'alternanza di ghiaie dominanti con livelli di limi ed argille. Le ghiaie si presentano in strati metrici in cui lo scheletro ghiaioso è immerso in matrice limo-sabbiosa-argillosa. Sono presenti, inoltre, le livelli metrici di limi, sabbie ed argille.

| Unità    | Profondità     | Descrizione            |
|----------|----------------|------------------------|
| <b>A</b> | 0.00 – 0.40 m  | Terreni di riporto     |
| <b>B</b> | 0.40 – 9.90 m  | Limi e argille         |
| <b>C</b> | 9.90 – 15.00 m | Ghiaie e sabbie limose |

TABELLA 1 – PRINCIPALI UNITÀ PRESENTI DESUNTE DAL SONDAGGIO STRATIGRAFICO S2

STUDI ED INDAGINI  
GEOLOGIA - FATTIBILITÀ

Relazione di riscontro ai pareri ricevuti in sede CdS  
elazione di sintesi per la fattibilità geologica, sismica ed idraulica delle opere comportanti variante urbanistica

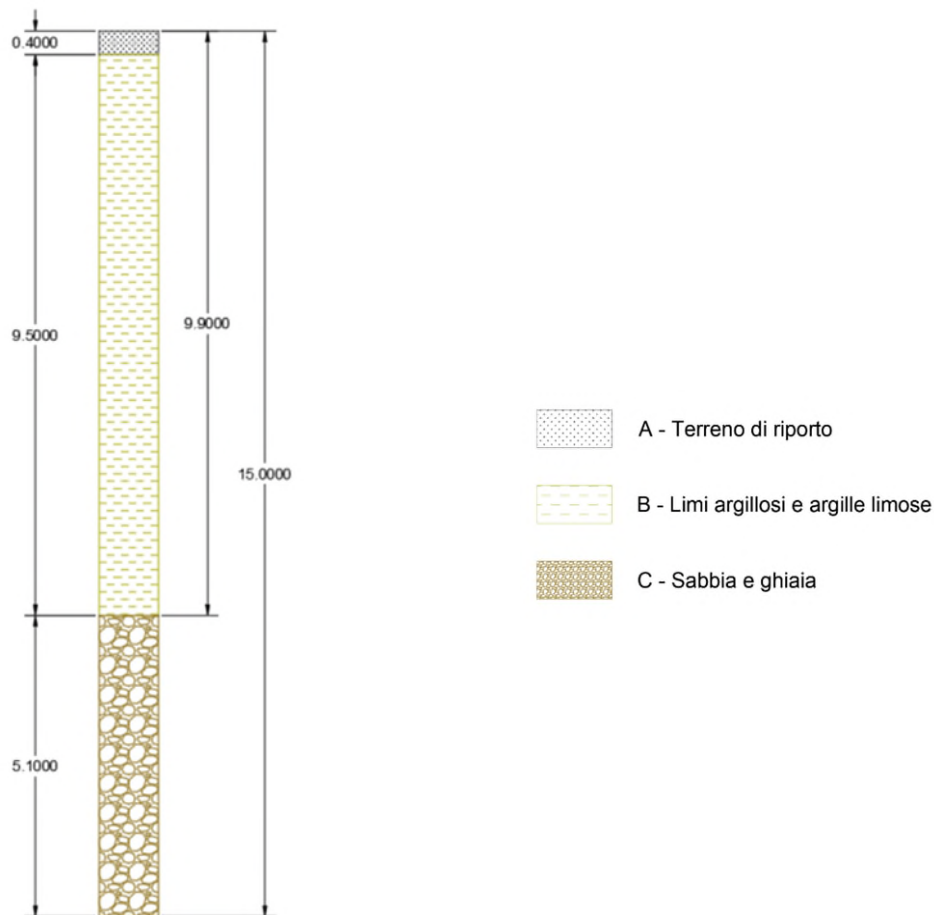


FIGURA 1 – COLONNA STRATIGRAFICA RISULTANTE DAL SONDAGGIO S2

#### 4.1.2 Caratterizzazione sismo-stratigrafica

Dalla prova *down-hole* condotta nella sezione comprendente la zona del deposito ("*Down-hole Inc.*") sono stati ricavati i profili di velocità di propagazione delle onde di taglio per i primi 30m dalla superficie.

Per gli strati più in profondità è stato modellato un aumento della velocità di tipo esponenziale, caratterizzato dalla seguente forma:

$$V_s = a \cdot z^b$$

Con:

- $V_s$  : Velocità di propagazione delle onde di taglio;
- $z$  : Profondità misurata dal p.c.;
- $a, b$  : Coefficienti variabili in base alle velocità e profondità ipotizzate.

Ipotizzando una profondità del bedrock (con  $V_s$  pari a 800m/s come da NTC2018) di 100m ed interpolando tali parametri con quelli rispettivi dell'ultimo strato superficiale noto si ricavano i seguenti valori dei coefficienti:

$$a = 40.652 \quad b = 0.647$$



STUDI ED INDAGINI  
GEOLOGIA - FATTIBILITÀ

*Relazione di riscontro ai pareri ricevuti in sede CdS  
elazione di sintesi per la fattibilità geologica, sismica ed idraulica delle opere comportanti variante urbanistica*

Così facendo risulta quindi possibile estendere i profili di velocità fino allo strato di base, una volta definiti gli spessori delle singole superfici di calcolo.

La discretizzazione in altezza degli strati è stata formulata in modo da consentire il trasferimento della massima frequenza significativa dell'input sismico agli strati superiori (ipotizzata cautelativamente pari a 20Hz):

$$\Delta H \leq \frac{1}{5} \cdot \frac{V_s}{f_0}$$

Dove:

- $\Delta H$ : Spessore massimo dello strato;
- $V_s$ : Velocità delle onde di taglio nello strato;
- $f_0$ : Massima frequenza significativa del segnale in ingresso.

Si giunge dunque alla seguente discretizzazione verticale delle velocità:

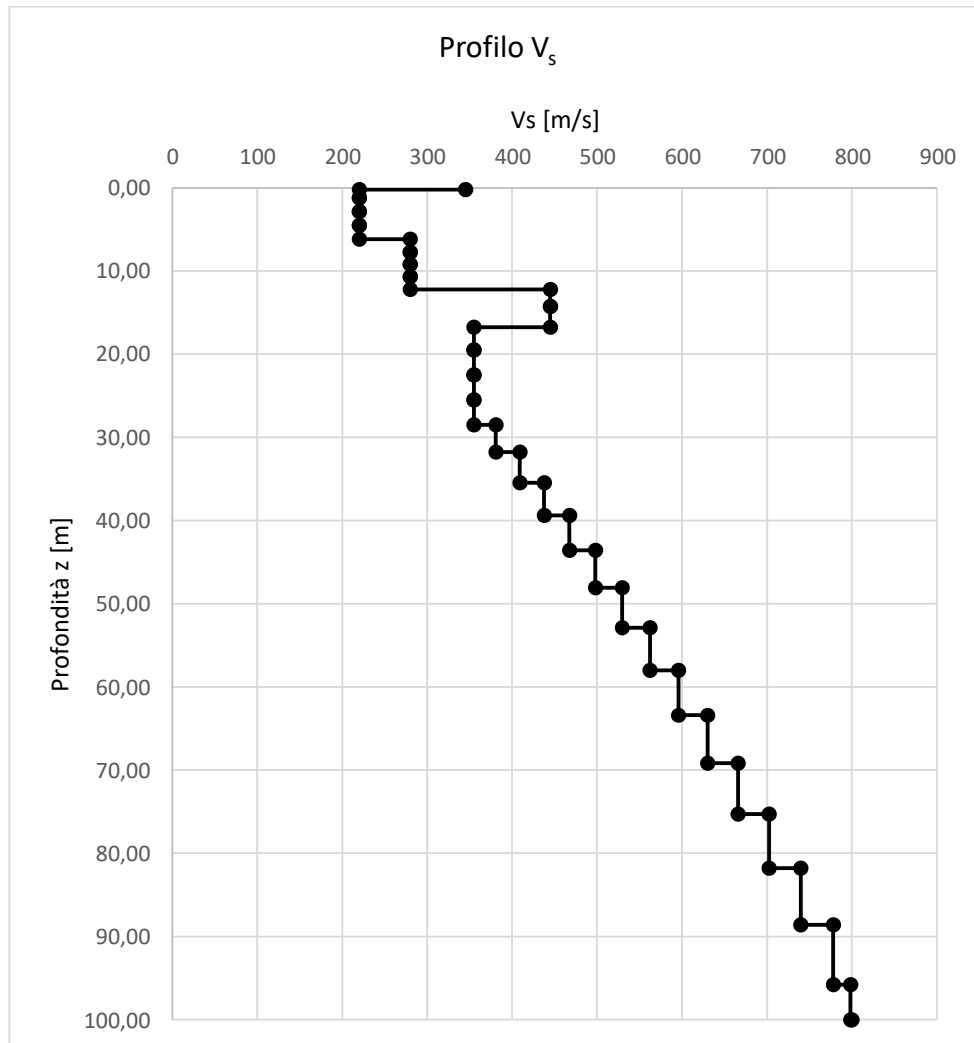


FIGURA 2 – PROFILO DELLA VELOCITÀ DI PROPAGAZIONE DELLE ONDE DI TAGLIO OTTENUTO DALLE PRECEDENTI CONSIDERAZIONI



STUDI ED INDAGINI  
GEOLOGIA - FATTIBILITÀ

Relazione di riscontro ai pareri ricevuti in sede CdS  
elazione di sintesi per la fattibilità geologica, sismica ed idraulica delle opere comportanti variante urbanistica

I sottostrati definiti ai fini della modellazione sono quindi i seguenti:

| Strato | Unità   | Z <sub>max</sub> [m] | Z <sub>min</sub> [m] | ΔH [m] | V <sub>s</sub> [m/s] |
|--------|---------|----------------------|----------------------|--------|----------------------|
| 1      | A       | 0.00                 | 0.40                 | 0.40   | 345                  |
| 2      | B       | 0.40                 | 2.00                 | 1.60   | 220                  |
| 3      | B       | 2.00                 | 3.65                 | 1.65   | 220                  |
| 4      | B       | 3.65                 | 5.30                 | 1.65   | 220                  |
| 5      | B       | 5.30                 | 7.00                 | 1.70   | 220                  |
| 6      | B       | 7.00                 | 8.45                 | 1.45   | 280                  |
| 7      | B       | 8.45                 | 9.90                 | 1.45   | 280                  |
| 8      | C       | 9.90                 | 11.45                | 1.55   | 280                  |
| 9      | C       | 11.45                | 13.00                | 1.55   | 280                  |
| 10     | C       | 13.00                | 15.50                | 2.50   | 445                  |
| 11     | C       | 15.50                | 18.00                | 2.50   | 445                  |
| 12     | C       | 18.00                | 21.00                | 3.00   | 355                  |
| 13     | C       | 21.00                | 24.00                | 3.00   | 355                  |
| 14     | C       | 24.00                | 27.00                | 3.00   | 355                  |
| 15     | C       | 27.00                | 30.00                | 3.00   | 355                  |
| 16     | C       | 30.00                | 33.55                | 3.55   | 381                  |
| 17     | C       | 33.55                | 37.35                | 3.80   | 409                  |
| 18     | C       | 37.35                | 41.40                | 4.05   | 438                  |
| 19     | C       | 41.40                | 45.75                | 4.35   | 467                  |
| 20     | C       | 45.75                | 50.40                | 4.65   | 498                  |
| 21     | C       | 50.40                | 55.35                | 4.95   | 530                  |
| 22     | C       | 55.35                | 60.60                | 5.25   | 562                  |
| 23     | C       | 60.60                | 66.20                | 5.60   | 596                  |
| 24     | C       | 66.20                | 72.15                | 5.95   | 630                  |
| 25     | C       | 72.15                | 78.45                | 6.30   | 666                  |
| 26     | C       | 78.45                | 85.10                | 6.65   | 702                  |
| 27     | C       | 85.10                | 92.10                | 7.00   | 740                  |
| 28     | C       | 92.10                | 99.45                | 7.35   | 778                  |
| 29     | C       | 99.45                | 100.00               | 0.55   | 799                  |
| 30     | Bedrock | 100.00               | Inf.                 | Inf.   | 800                  |

TABELLA 2 – SOTTOSTRATI DEFINITI, CON RELATIVE PROFONDITÀ E VELOCITÀ DI PROPAGAZIONE DELLE ONDE DI TAGLIO

#### 4.1.3 Curve di decadimento e di smorzamento

Per la caratterizzazione delle curve di decadimento e smorzamento si è fatto riferimento alle indagini svolte nel corso del programma VEL della Regione Toscana. Per l'unità B, caratterizzate da matrici argillose e limose di colore da marrone a nocciola è stata considerata la formazione bn rilevata durante il programma Vel con 56 prove su diversi campioni estratti all'interno del territorio Toscano.

L'approccio svolto per l'identificazione delle curve per la formazione bn ha previsto l'utilizzo della regressione quantile applicata alla relazione empirica di Yokota et al. svolgendo un'analisi di sensitività tra i quantili 0.05 e 0.95. L'analisi non ha mostrato differenze, ragion per cui si è scelto di procedere con la curva di regressione con quantile 0.05.

$$\frac{G}{G_0} = \frac{1}{1 + \alpha \cdot \gamma^\beta} \quad D = D_{max} \cdot e^{\lambda \cdot \frac{G}{G_0}} \quad (\text{Yokota et al.})$$

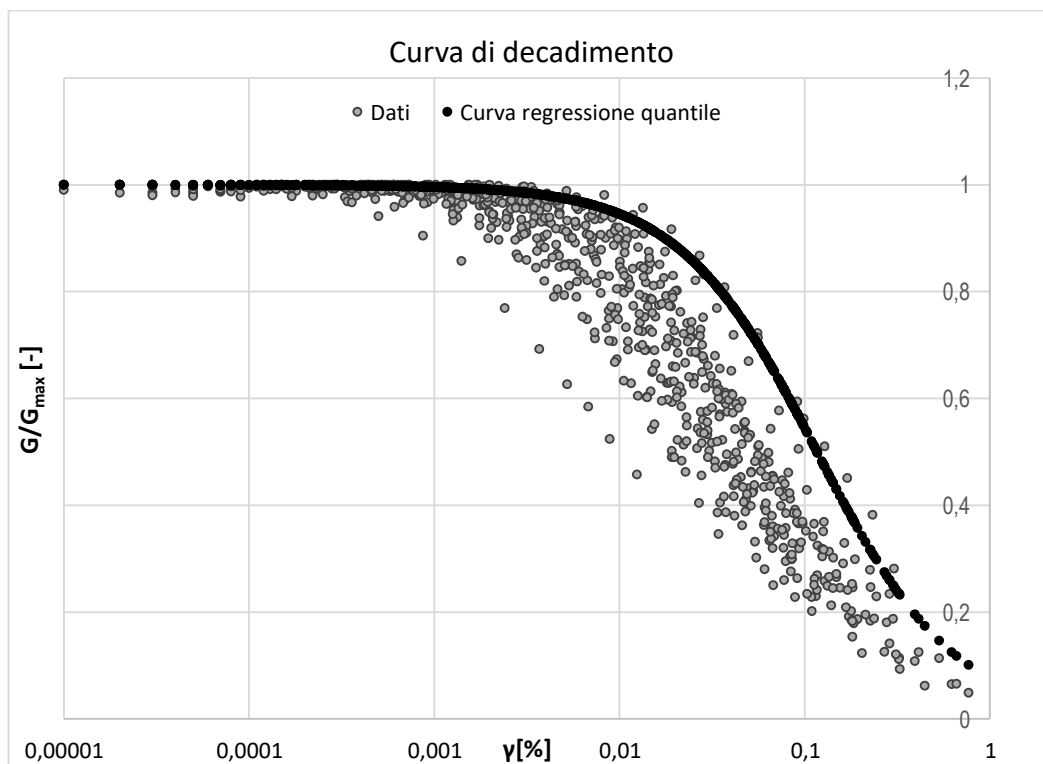


FIGURA 3 - CURVA DI DECADIMENTO DETERMINATA PER LE UNITÀ B DA REGRESSIONE QUANTILE 5%



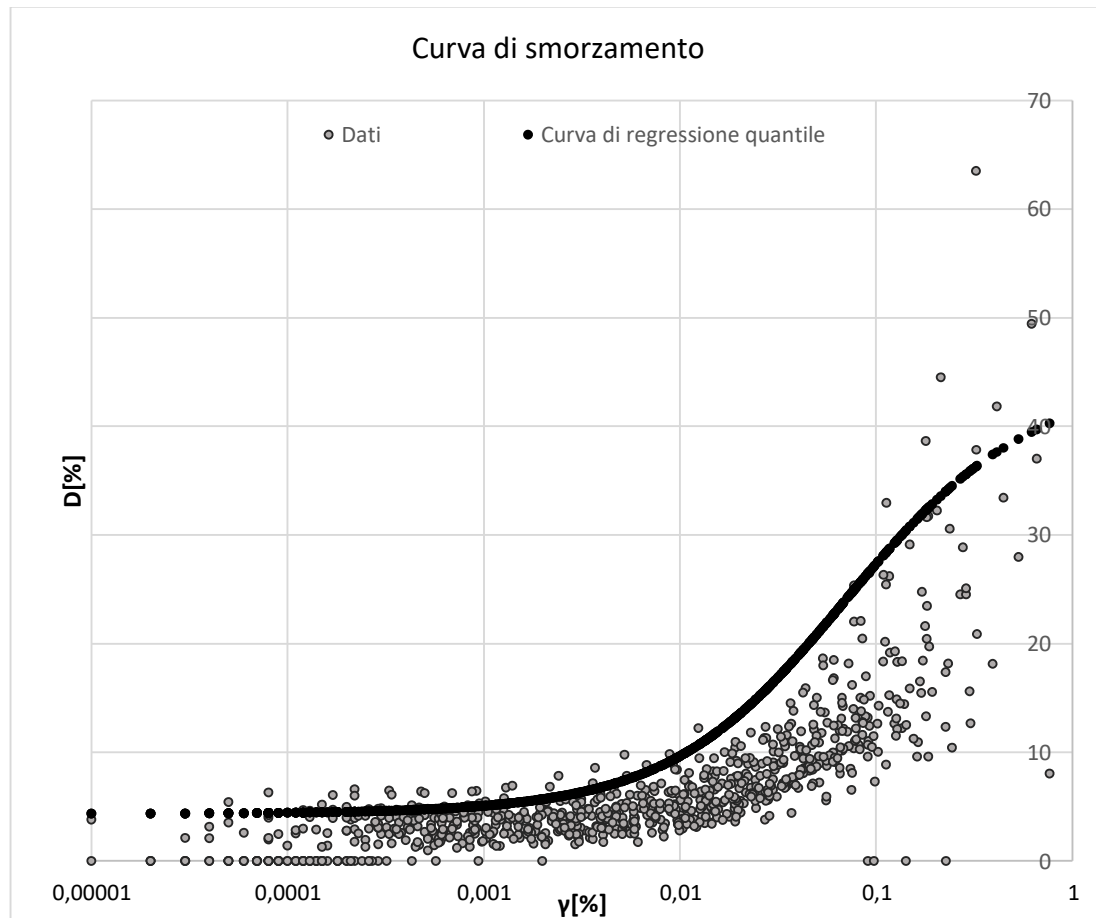


FIGURA 4 - CURVA DI SMORZAMENTO DETERMINATA PER LE UNITÀ B DA REGRESSIONE QUANTILE 5%

Per quanto riguarda invece gli strati di riporto e quelli profondi, di natura sabbiosi e ghiaiosa, trattandosi di materiali a grana grossa per i quali un'analisi diretta di curve in laboratorio è difficilmente praticabile, si è ricorsi alle correlazioni sperimentali di letteratura seguenti:

$$\frac{G}{G_0} = \frac{1}{1 + 16 \cdot \gamma \cdot (1.2 + 10^{-20 \cdot \gamma})} \quad \text{Rollins et al. (1998), ghiaie}$$

Per quanto riguarda invece  $D(\gamma)$  le correlazioni sperimentali utilizzate sono quelle indicate di seguito:

$$D = 0.8 + 18 \cdot (1 + 0.15 \cdot \gamma^{-0.9})^{-0.75} \quad \text{Rollins et al (1998), ghiaie}$$

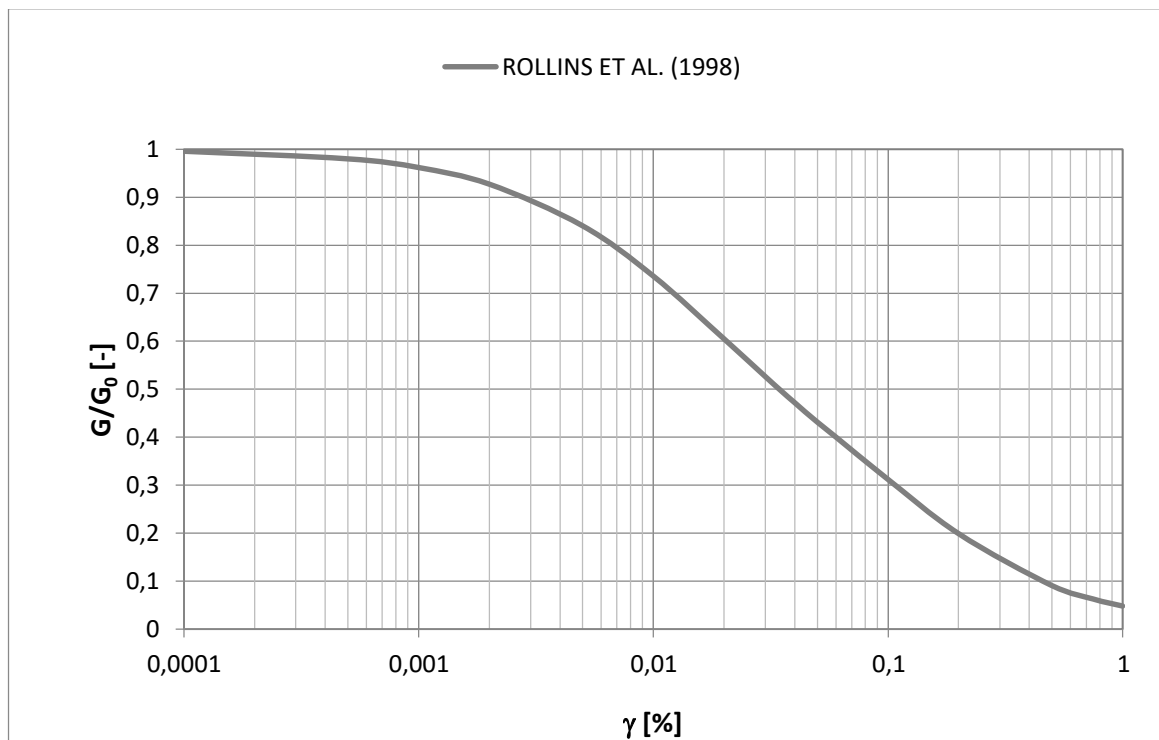


FIGURA 5 – CURVA DI DECADIMENTO UTILIZZATA PER LE UNITÀ A E C (ROLLINS ET AL., 1998)

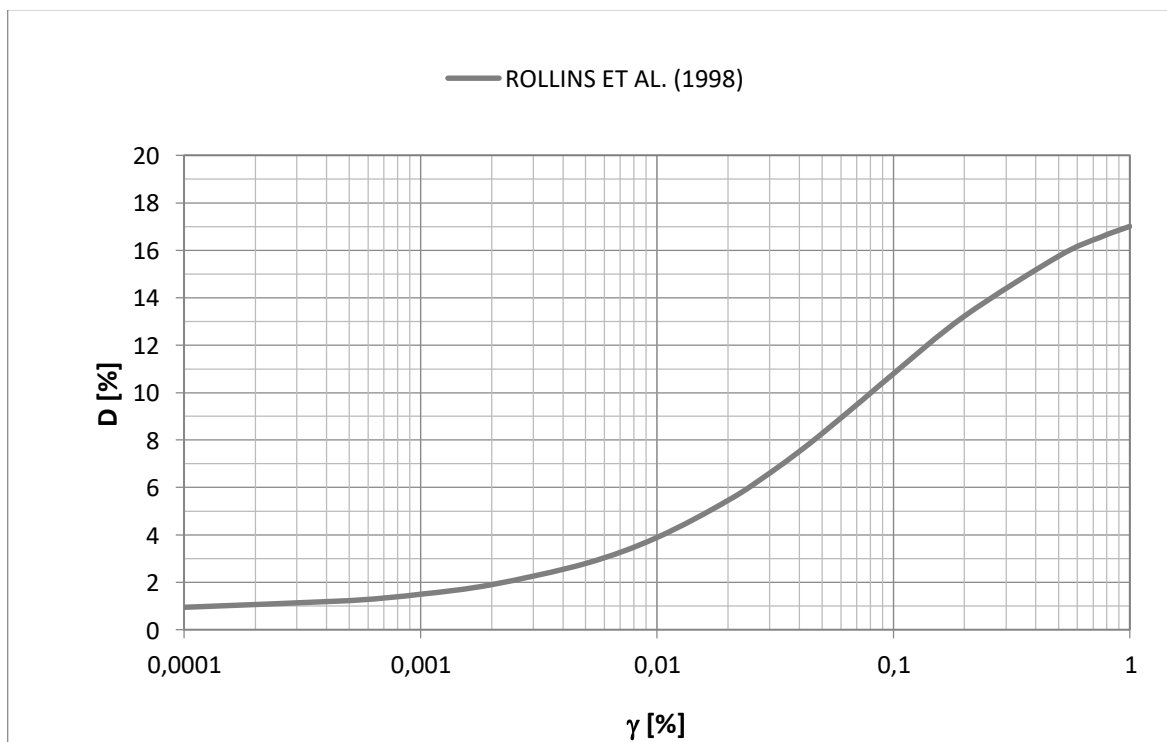


FIGURA 6 – CURVA DI SMORZAMENTO UTILIZZATA PER LE UNITÀ A E C (ROLLINS ET AL., 1998)



Le tipologie di suolo definiti per l'analisi presentano dunque in sintesi le seguenti caratteristiche:

| Unità          | Peso di volume<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | Modello G/G <sub>0</sub> | Modello D/D <sub>0</sub> | Limite D<br>[%] |
|----------------|--|--------------------------|--------------------------|-----------------|
| <b>A</b>       | 17.0                                   | Rollins                  | Rollins                  | 0.5             |
| <b>B</b>       | 20.0                                   | B                        | B                        | 0.5             |
| <b>C</b>       | 21.0                                   | Rollins                  | Rollins                  | 0.5             |
| <b>Bedrock</b> | 22.0                                   | -                        | -                        | 1.0             |

TABELLA 3 – TIPOLOGIE DI SUOLO E MODELLI UTILIZZATI

#### 4.1.4 Input sismici

In accordo con quanto espresso dalle NTC 2018 al 3.2.3.6, è ammesso l'uso di accelerogrammi per la rappresentazione del moto sismico in ingresso al sistema, a condizione che la loro scelta sia rappresentativa della sismicità del sito e sia adeguatamente giustificata in base alle caratteristiche sismogenetiche della sorgente, alle condizioni del sito di registrazione, alla magnitudo, alla distanza dalla sorgente e alla massima accelerazione orizzontale attesa al sito.

Per quanto riguarda l'utilizzo di storie temporali del moto del terreno naturali o registrate, queste devono essere selezionate e scalate in modo tale che i relativi spettri di risposta approssimino gli spettri di risposta elastici nel campo dei periodi propri di vibrazione di interesse per il problema in esame.

Nello specifico la compatibilità con lo spettro di risposta elastico deve essere verificata in base alla media delle ordinate spettrali ottenute con i diversi accelerogrammi associati alle storie per un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente B del 5%. L'ordinata spettrale media non deve presentare uno scarto in difetto superiore al 10% ed uno scarto in eccesso superiore al 30%, rispetto alla corrispondente componente dello spettro elastico in alcun punto dell'intervallo dei periodi propri di vibrazione di interesse per l'opera in esame per i diversi stati limite. Come raccomandato (circolare allegata alle NTC 2018, C7.11.3.1.2.2, pag. 242) gli accelerogrammi selezionati sono nel numero minimo di sette.

Per selezionare le storie temporali rispettose delle limitazioni imposte dalla norma vigente è stato utilizzato l'applicativo SCALCONA-3.0 (<https://www.regione.toscana.it/-/accelerogrammi-di-riferimento-per-la-progettazione>), strumento sviluppato appositamente per la ricerca di accelerogrammi spettro-compatibili per i territori della Regione Toscana.

Considerando una vita di riferimento pari a  $VN = VU \cdot CU$  pari a 75 anni sono stati selezionati gli accelerogrammi riferiti allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV), caratterizzati da un tempo di ritorno di 712 anni:

| Denominazione       | Fattore di scala | Stato Limite / Tr |
|---------------------|------------------|-------------------|
| W_TR00712_Firenze_1 | 1.5              | SLV / 712         |
| W_TR00712_Firenze_2 | 1.6              | SLV / 712         |
| W_TR00712_Firenze_3 | 2.5              | SLV / 712         |
| W_TR00712_Firenze_4 | 1.1              | SLV / 712         |
| W_TR00712_Firenze_5 | 0.5              | SLV / 712         |
| W_TR00712_Firenze_6 | 1.4              | SLV / 712         |

|                     |     |           |
|---------------------|-----|-----------|
| W_TR00712_Firenze_7 | 2.3 | SLV / 712 |
|---------------------|-----|-----------|

TABELLA 4 – ACCELEROGRAMMI SELEZIONATI

#### 4.1.5 Software STRATA

Il software scelto in questa sede, STRATA di Rathje e Park (2001), svolge analisi di tipo monodimensionale lineare equivalente, ovvero nelle quali i valori di  $G$  e  $D$  sono assunti costanti ma vengono aggiornati ad ogni iterazione. Il programma opera in tensioni totali, nel dominio delle frequenze. La verticale di indagine è schematizzata come una colonna multistrato continua e ad ogni sottostrato, considerato omogeneo a comportamento visco-elastico lineare, è applicata l'equazione della trave a taglio:

$$\rho_i \cdot \frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2} = G_i \cdot \frac{\partial^2 u_i}{\partial z^2} + \eta_i \cdot \frac{\partial^3 u_i}{\partial z^2 \partial t}$$

Con:

$$\eta_i = \frac{2G_i D_i}{\omega_i}$$

Il problema è risolto nel dominio delle frequenze, imponendo la congruenza degli spostamenti al contatto tra due strati successivi e la condizione  $\tau = 0$  sulla superficie libera.

La modellazione avviene quindi discretizzando la verticale in un numero finito di sottostrati; a ciascuno di essi si assegnano lo spessore  $h_i$ , il peso di volume  $g_i$ , il valore di velocità delle onde di taglio  $V_{s,i}$  e le curve rappresentative delle leggi di variazione del modulo di taglio normalizzato e del rapporto di smorzamento con la deformazione di taglio, ovvero  $\frac{G_i(\gamma)}{G_{0i}}$  e  $D_i(\gamma)$ . Anche per il bedrock sismico vengono definiti il peso di volume  $g$ , il valore di  $V_s$  e quello dello smorzamento iniziale  $D_0$ .

La trasformata di Fourier e principio di sovrapposizione possono essere applicati a rigore solo se il comportamento del terreno è lineare quando in realtà  $G$  e  $D$  non sono costanti ma oltre la soglia elastica ma dipendono dalla deformazione  $\gamma$ . Il problema, come già accennato, viene aggirato se si accetta una soluzione approssimata, utilizzando un approccio lineare equivalente. Quest'ultimo consiste in una sequenza di analisi lineari in cui  $G$  e  $D$  vengono aggiornati, mediante una procedura iterativa, ad ogni passo in base al valore della deformazione 'efficace' ( $\gamma_{eff}$ ) ottenuta al passo precedente, fino a convergenza.

Generalmente si assume:

$$|\gamma_{eff}| = \beta \cdot |\gamma_{max}|$$

Con  $\beta = 0.65$ .



#### 4.1.6 Risultati

Dal profilo di velocità precedentemente determinato è possibile calcolare la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio del deposito, andando a considerare i contributi apportati da ogni strato i-esimo in base alla propria altezza e rigidità.

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_1^N \frac{h_{i(strato)}}{V_{s,i(strato)}}} = 454.16 \left[ \frac{m}{s} \right]$$

Da questa grandezza è possibile stimare il valore della frequenza caratteristica del primo modo di vibrazione del terreno:

$$f_0 = \frac{V_{s,eq}}{4 \cdot H} = \frac{454.16}{4 \cdot 100} = 1.14 [Hz]$$

Che corrisponde ad un'oscillazione con periodo:

$$T_0 = \frac{1}{f_0} = 0.88 [s]$$

##### 4.1.6.1 Spettri e funzioni di trasferimento

Passando all'analisi degli spettri di ampiezza di Fourier è possibile andare a confrontare la trasformazione delle onde durante il tragitto dal bedrock alla superficie al variare della frequenza. Per questo scopo è utile definire una funzione complessa, denominata funzione di trasferimento  $F(\omega)$ , calcolata come rapporto tra gli spettri di Fourier dei segnali in superficie  $F_s(\omega)$  ed alla base  $F_r(\omega)$ :

$$F(\omega) = \frac{F_s(\omega)}{F_r(\omega)}$$

Con:  $\omega = f \cdot 2\pi$

Tale correlazione (o meglio, il suo modulo, detta funzione di amplificazione  $F_a(\omega) = |F(\omega)|$ ) permette di quantificare le amplificazioni (o deamplificazioni) del moto alle diverse frequenze. Essa, in caso di strati visco-elastici su substrato rigido, presenta i massimi relativi in corrispondenza delle frequenze naturali del deposito:

$$f_n = \frac{V_s}{2\pi H} \cdot \left( \frac{\pi}{2} + n\pi \right) \quad \text{con } n = 0, 1, 2 \dots$$

I massimi relativi della funzione si riducono all'aumentare della frequenza e del rapporto di smorzamento, come illustrato nella figura seguente:

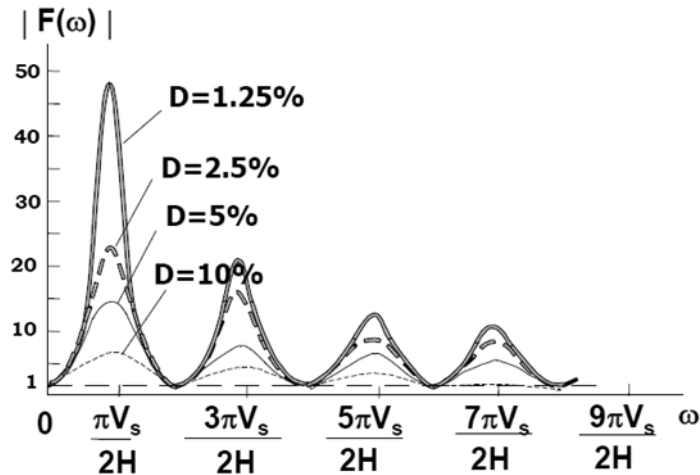


FIGURA 7 – FUNZIONE DI AMPLIFICAZIONE AL VARIARE DELLA FREQUENZA E DEL RAPPORTO DI SMORZAMENTO

Il massimo assoluto della funzione di amplificazione si ha dunque in corrispondenza della frequenza fondamentale del deposito:

$$f_0 = \frac{1}{T_0} = \frac{V_s}{4H}$$

La funzione di trasferimento ricavata considerando il valore medio dei sette spettri di Fourier in ingresso è la seguente:

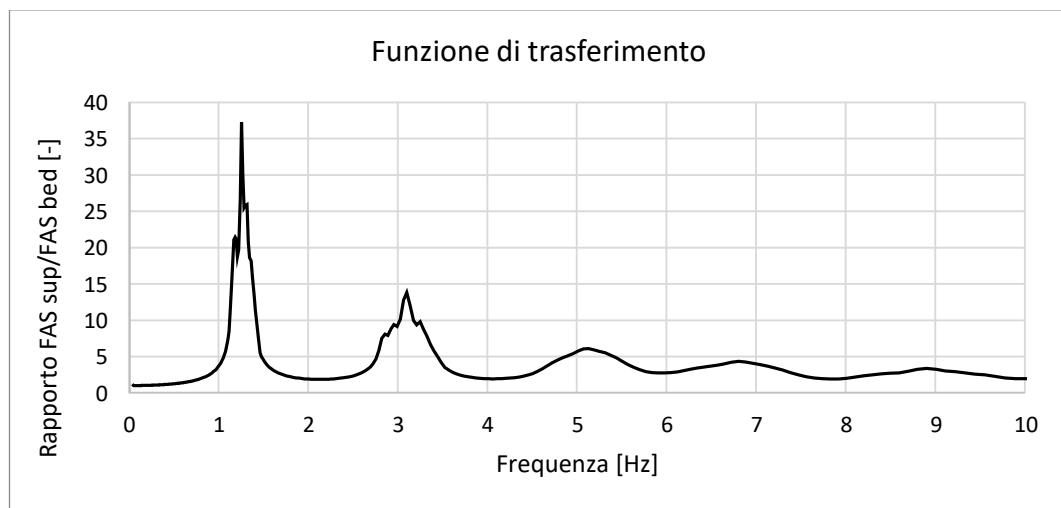


FIGURA 8 – FUNZIONE DI TRASFERIMENTO CALCOLATA CONSIDERANDO LA MEDIA DEI 7 SPETTRI

Tale relazione, come già descritto, evidenzia l'andamento delle amplificazioni in funzione delle diverse frequenze. Si riporta il valore tabulato dei parametri corrispondenti alla frequenza naturale del deposito:

| Modo | n | Frequenza di risonanza [Hz] | Periodo di risonanza [s] |
|------|---|-----------------------------|--------------------------|
| 1    | 0 | 1.26                        | 0.80                     |

TABELLA 5 – FREQUENZA DI RISONANZA DEL DEPOSITO

STUDI ED INDAGINI  
GEOLOGIA - FATTIBILITÀ

*Relazione di riscontro ai pareri ricevuti in sede CdS  
elazione di sintesi per la fattibilità geologica, sismica ed idraulica delle opere comportanti variante urbanistica*



STUDI ED INDAGINI  
GEOLOGIA - FATTIBILITÀ

*Relazione di riscontro ai pareri ricevuti in sede CdS  
elazione di sintesi per la fattibilità geologica, sismica ed idraulica delle opere comportanti variante urbanistica*

Dalla disamina dei risultati ottenuti a seguito dell'analisi di risposta sismica locale monodimensionale è possibile concludere che, sul sito esaminato, sono presenti fenomeni amplificativi per onde sismiche caratterizzate da determinate classi di frequenze.

In particolare, dall'analisi degli spettri di risposta di Fourier, la frequenza principale del deposito risulta essere pari a  $1.26\text{ Hz}$ , corrispondente ad un periodo di  $0.80\text{ s}$ . Tale valore appare compatibile con quello precedentemente stimato mediante il calcolo della velocità di propagazione delle onde di taglio in forma equivalente e tutti gli edifici previsti presentano un proprio periodo di vibrazione diverso dal valore qui presentato.

A valle dello studio sismico e della modellazione condotta, della natura e delle caratteristiche degli interventi da attuarsi, i lavori in progetto risultano del tutto compatibili con la condizione sismica del territorio in esame.

## 5 CONDIZIONI DI FATTIBILITÀ IDRAULICA

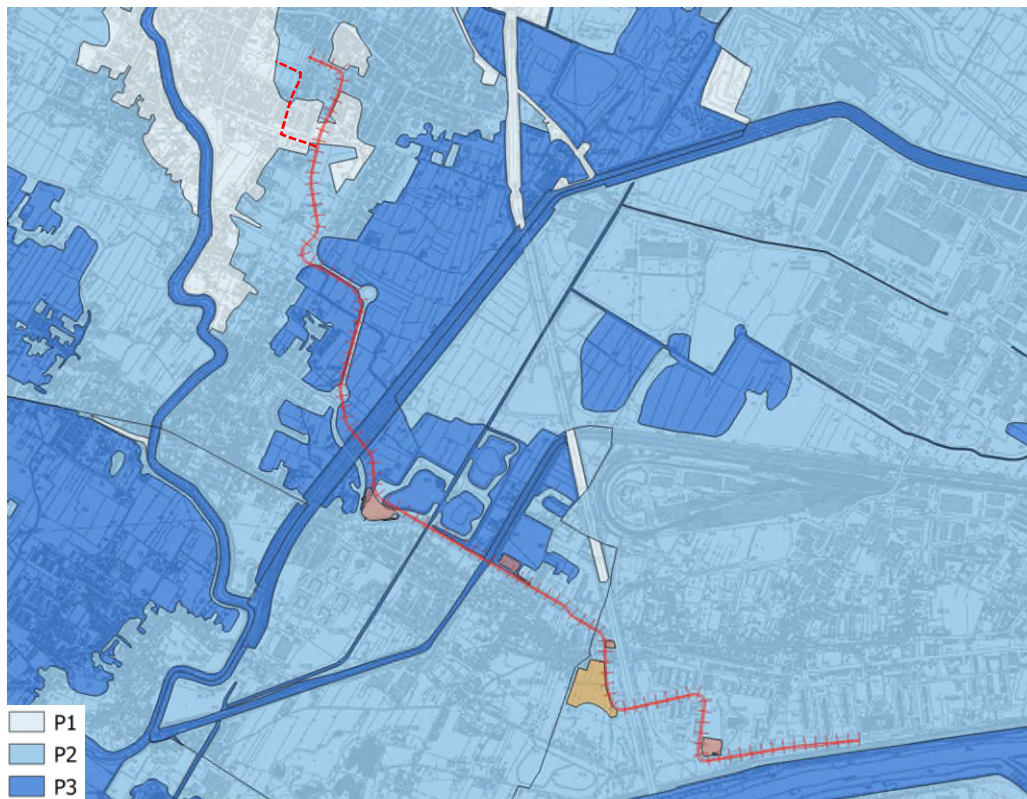
L'area studio si colloca in zona a pericolosità idraulica bassa I3 per il capolinea di Campi Bisenzio secondo la carta della pericolosità idraulica, a pericolosità idraulica media P2 per il Deposito tranviario secondo la carta della pericolosità da alluvioni.

Si è considerato inoltre il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) delle Units of Management (U.O.M.) Arno, Toscana Nord, Toscana Costa e Ombrone, redatto ai sensi della direttiva 2007/60/CE e del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 che è finalizzato alla gestione del rischio di alluvioni nel territorio delle U.O.M. Arno, Toscana Nord, Toscana Costa e Ombrone. Ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate, tenendo conto delle caratteristiche fisiche e ambientali del territorio interessato e sulla base delle mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni di cui all'art. 6, le misure di prevenzione, di protezione, di preparazione e di risposta e ripristino finalizzate alla gestione del rischio di alluvioni nel territorio delle U.O.M. Arno, Toscana Nord, Toscana Costa e Ombrone. Sono soggette alla Disciplina di Piano le aree riportate nelle mappe della Pericolosità da Alluvione Fluviale, così classificate:

- pericolosità da alluvione elevata (P3), corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno minore/uguale a 30 anni;
- pericolosità da alluvione media (P2), corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno maggiore di 30 anni e minore/uguale a 200 anni;
- pericolosità da alluvione bassa (P1) corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno superiore a 200 anni e comunque corrispondenti al fondovalle alluvionale.

Nella figura seguente, si riporta uno stralcio della Mappa della Pericolosità da Alluvione relativa alle aree di intervento. Si osserva che il tracciato della tranvia ricade in aree da alluvione poco frequente interessate da allagamenti per TR= 200 anni ad eccezione di un tratto nel Comune di Campi Bisenzio con tempo di ritorno maggiore di 30 anni.

Per quanto attiene le varianti si nota che il nuovo capolinea di Campi Bisenzio si trova in area P1/P2, mentre il Deposito si trova in area P2/P3.



In ragione dello scenario di pericolosità idraulica esistente nell'area di intervento precedentemente descritto, si rende necessario quindi uno studio idraulico di dettaglio, atto a verificare quanto definito nell'ambito della pianificazione di bacino vigente e a valutare la compatibilità idraulica della linea ferrotranviaria e delle nuove opere di pertinenza (Parcheggi e Deposito) in progetto nel suo complesso.

Si è proceduto quindi all'implementazione del modello idraulico, numerico, bidimensionale del Fiume Arno, Fiume Bisenzio, Fosso Reale e del territorio fra questi compreso su cui verranno realizzate le opere, finalizzato alla simulazione della propagazione dell'onda di piena associata ad un tempo di ritorno di progetto di **200 anni**, verificando la condizione di compatibilità idraulica delle nuove opere del tracciato tranviario di progetto nel suo complesso.

Per un efficace ed esaustivo confronto fra la condizione *ante-operam* e quella *post-operam*, in cui sono state previste opere di trasparenza del rilevato si rimanda agli elaborati: FL42-D-T-II-II-01-EGG-PL-31-A, FL42-D-T-II-II-01-EGG-PL-32-A, FL42-D-T-II-II-01-EGG-PL-33-A: Planimetria Confronto Battenti Stato di Fatto - Stato di Progetto TR200 da cui risulta come l'opera sia stata resa trasparente nei confronti di eventi alluvionali analizzati nel modello numerico "Piana Fiorentina" fornito dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale, ed utilizzato dalla stessa per la redazione delle mappe della pericolosità da alluvione del PGRA: Fiume Bisenzio, Fosso Reale, Fiume Arno.

In accordo all'Art.8, comma 2.b della LR 41/2018 è prevista la realizzazione di opere di sbancamento del terreno (aree verdi centrali dell'area) allo scopo di contribuire a compensare i volumi sottratti alla libera esondazione dalle opere tramviarie in progetto.

Per quanto riguarda il Comune di Firenze non risulta possibile individuare i volumi necessari da recuperare all'interno del comune stesso. Tali volumi, perciò, saranno recuperati nel comune di Campi Bisenzio dove è presente un'area vincolata urbanisticamente e preposta alla realizzazione di interventi finalizzati alla



mitigazione del rischio idraulico. Al fine di assicurare una condizione di sostenibilità idraulica agli interventi in progetto sono stati definiti degli areali per il compenso dei volumi sottratti alla libera espansione delle acque, tali da rendere nullo l'impatto idraulico delle opere in progetto nei confronti del territorio circostante. Gli areali definiti in questa fase di progetto definitivo, sono stati scelti sulla base di quanto individuato nel progetto di fattibilità tecnico economica (PFTE), ed infine riadattati sulla base delle effettive disponibilità di aree nella presente fase progettuale sviluppata a livello di progetto definitivo.



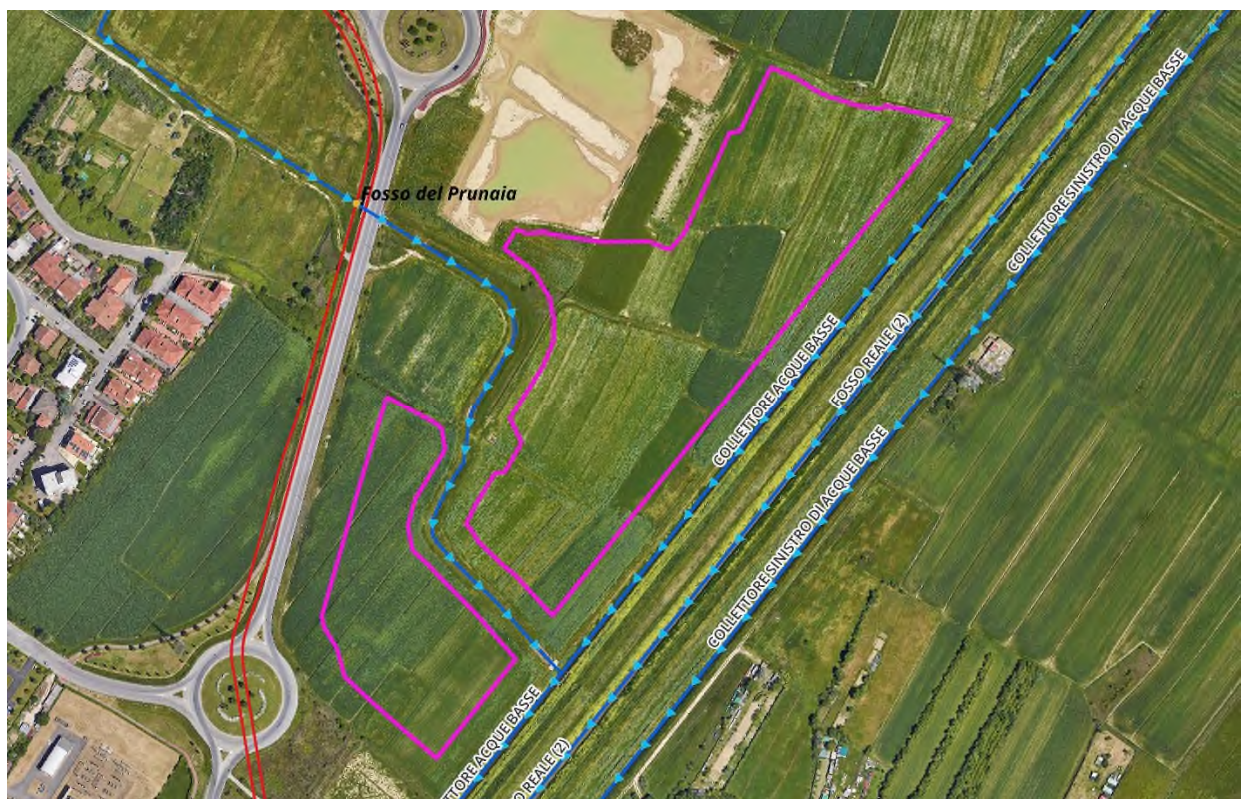
*Individuazione volumetrie di compenso per l'intervento in progetto*

Nella Figura seguente si mostra il **primo intervento** areale per il compenso volumetrico sopra citato, previsto nel quarto settore del sistema di casse d'espansione di San Donnino, già individuato nel Piano Operativo comunale di Campi Bisenzio. L'area individuata è di circa 14'789 mq. Il volume ottenuto dallo scavo è pari a 74'628.68 mc. Considerando la sola quota parte di volume nella cassa che viene **restituita a gravità** al reticolo in adiacenza, il volume che può essere effettivamente considerato a compenso è pari a **56'185 mc**.





Nella Figura successiva invece si mostra il **secondo intervento** areale per il compenso volumetrico previsto in destra rispetto al Fosso Reale, già individuato nel Piano Operativo comunale di Campi Bisenzio. L'area individuata è stata suddivisa in due volumetrie data la presenza del Fosso Prunaia all'interno della stessa.



L'areale a Sud occupa circa 21'147 mq, mentre quello a Nord 45'105 mq.

I volumi di compenso idraulico sono riportati nella seguente tabella: a seguito della richiesta del Genio Civile di prevedere lo scarico a gravità dei volumi idraulici, si è tenuto conto di una quota di scarico più elevata rispetto al fondo scavo che determina le seguenti volumetrie:

| Bacino | Descrizione (volume ai fini idraulici) | Area mq   | Volume mc | Volume netto mc |
|--------|--|-----------|-----------|-----------------|
| 1      | Bacino a quota scavo +30,90            | 21.147,73 | 239.373   | 170.256         |
| 2      | Bacino a quota scavo +31,10            | 45.105,75 |           |                 |
| 3      | Bacino a quota scavo +30,80            | 14.789,29 | 74.628    | 56.185          |
|        | Totale                                 | 81.042,77 | 244.884   | 226.441         |

In conclusione, il volume occupato dalle opere tramviarie in progetto e quindi sottratto alla libera esondazione è risultato essere pari a **126.000 mc**. La volumetria individuata a compenso della volumetria sottratta dalle opere, citata in precedenza, nella fase di Progetto Definitivo risulta essere pari a **circa 226.441 mc**, quindi quasi **1.8 volte la volumetria strettamente necessaria al pareggio** di quanto sottratto con l'inserimento nel territorio dell'infrastruttura tramviaria.

Per quanto riguarda il Deposito, coerentemente con quanto indicato nel PFTE posto a base di gara che è stato oggetto di espressione da parte degli Enti, il piazzale è stato posto a quota 38,50 m in analogia alla quota di messa in sicurezza del progetto dell'impianto di ALIA S.p.A. limitrofo più a sud. La sommità dei muri perimetrali è, invece, posta a 38,60 m. L'ingresso dei binari sul piazzale sarà presidiato con elementi di tenuta idraulica di altezza 50 cm, amovibili, da posizionarsi in caso di evento. E' prevista comunque la soglia di ingresso a 38,60 m.

Per quanto riguarda le SSE sempre in analogia al PFTE si evidenzia che:

- la SSE Campania ricade all'interno del territorio urbanizzato del comune di Firenze con una quota di progetto 37,60 m slm, in quota con il tracciato tramviario. Il massimo livello idrometrico (PGRA) pari a 38,09 m slm, che si traduce in un battente idrometrico massimo in corrispondenza della stessa pari a 0,49m. Nel progetto esecutivo si impone che l'intera SSE sia rialzata di 50 cm rispetto alla quota prevista.
- la SSE Castagno ricade all'esterno del territorio urbanizzato del comune di Campi Bisenzio con una quota di progetto 38,20 m slm, in quota con il tracciato tramviario. Il massimo livello idrometrico è pari a 37,00 m slm.
- la SSE Palagetta ricade all'interno del territorio urbanizzato del comune di Campi Bisenzio con una quota di progetto 36,05 m slm, in quota con il tracciato tramviario. Il massimo livello idrometrico è pari a 35,70 m slm.

Per quanto riguarda la rete di smaltimento delle acque meteoriche di piattaforma attua la raccolta e lo smaltimento a gravità delle acque meteoriche. L'utilizzo di impianti di tipo elettromeccanico, per la gestione delle acque raccolte, verrà attuata solo in alcuni punti singolari della linea dove sono realizzati sistemi di aggettamento con vasche di raccolta (stazioni di sollevamento).

La sede tranviaria, realizzata su una platea in calcestruzzo, non risulta in grado di smaltire, per filtrazione nel terreno sottostante, le acque di pioggia. Pertanto, la sede tranviaria della linea 4.2, in analogia a tutte le altre linee del sistema tranviario fiorentino, viene drenata attraverso delle griglie trasversali conformi alla norma UNI EN 1433 che raccolgono le acque superficiali e quelle convogliate dalle gole delle rotaie, scaricandole nei collettori fognari.

Per quanto riguarda i parcheggi, la configurazione della rete prevede il trattamento delle acque di prima pioggia in discontinuo mediante accumulo e successiva disoleatura, il tutto tramite sistema prefabbricato. Le



STUDI ED INDAGINI  
GEOLOGIA - FATTIBILITÀ

*Relazione di riscontro ai pareri ricevuti in sede CdS  
elazione di sintesi per la fattibilità geologica, sismica ed idraulica delle opere comportanti variante urbanistica*

acque di seconda pioggia, invece, vengono convogliate verso la vasca di laminazione, in cui è previsto l'alloggiamento di un volume per il recupero ed uso irriguo. Le acque non destinate al riuso, e quindi soggette al vincolo di invarianza, verranno sollevate a mezzo di una pompa per essere restituite al recapito della rete esistente delle acque meteoriche individuato. La pavimentazione, per quanto possibile, prevede gli stalli con pavimentazione permeabile, mentre le corsie di distribuzione interna sono pavimentate.

In conclusione:

- il progetto dell'infrastruttura lineare della tranvia rispetta le condizioni di non aggravio delle condizioni di rischio idraulico, garantendo un volume di compenso maggiore rispetto al volume sottratto dall'infrastrutture;
- le quote di sicurezza idraulica sono rispettate per l'insediamento del Deposito attraverso la quota di piazzale a 38,50 m, con muri perimetrali a 38,60 m e la soglia di ingresso della rampa tranviaria di salita a quota 38,60; non sono previste opere in sotterraneo né volumi interrati;
- per il nuovo capolinea così come per la linea tranviaria sono previste misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali, in analogia alle disposizioni adottate per tutte le altre linee del sistema tranviario fiorentino; sarà cura del successivo gestore del trasporto pubblico attuare tali protocolli; anche in questo caso non sono previste opere in sotterraneo né volumi interrati.

A valle dello studio idraulico e della modellazione idraulica, condotta secondo i criteri stabiliti con il Genio Civile, della natura e delle caratteristiche degli interventi da attuarsi, i lavori in progetto risultano del tutto compatibili con la condizione idraulica del territorio in esame.

## 6 CONDIZIONI DI FATTIBILITÀ IDROGEOLOGICA

Dal punto di vista idrogeologico, in fase di progettazione sono state condotte verifiche sulle eventuali interferenze dell'intervento sulla risorsa mediante approfondimenti sulle oscillazioni piezometriche del livello idrico all'interno dei piezometri installati in corso di indagine.

Il complesso idrogeologico dell'area di progetto, che sulla base dell'assetto stratigrafico ricostruito per l'area si osserva fino a profondità non inferiori ai 20 m è sede della principale circolazione idrica sotterranea, costituita da una falda in genere freatica, a luoghi parzialmente confinata al tetto, sostenuta dal sottostante complesso dei depositi argilloso-limosi, i quali, in ragione di una permeabilità generalmente da bassa a molto bassa e della loro continuità laterale, svolgono pertanto funzione di acquicludo.

Per quanto esposto nella relazione geologica ed idrogeologica (elaborato FL42-D-M-IN-GE-00-EGG-RT-01-C), il tracciato della linea tranviaria in progetto, si colloca all'interno di un sistema acquifero idrostratigraficamente ospitato nei depositi alluvionali della porzione sommitale della sequenza stratigrafica e più precisamente risulta interessato il complesso acquifero "Firenze 2" caratterizzato da permeabilità variabile generalmente compresa tra  $10^{-4}$  e  $10^{-6}$  m/sec e comunque variabile in funzione della granulometria e del grado di consistenza.

In termini di livelli piezometrici, ai fini della valutazione delle interferenze con le opere e del loro dimensionamento, il livello di falda di riferimento progettuale (carico idraulico) può essere assunto pari a quello del livello misurato nel corso delle campagne di monitoraggio ed individuato a quote comprese tra circa 27,9 m s.l.m. (fermata Navi di Brozzi) e circa 26.86 m s.l.m. (fermata Racchio), con una risalita fino ad una soggiacenza anche dell'ordine di 1-2 m da p.c. nell'area dell'abitato di Campi Bisenzio (33,00-35,00 m s.l.m.).

Allo stato attuale, dunque, in considerazione della profondità della falda e viste le tipologie delle opere da realizzarsi, si ritiene che non sussistano significative interferenze negative con l'assetto idrogeologico sotterraneo.

In particolare, per l'area sulla quale insiste il Deposito si è fatto un focus viste le caratteristiche del sito e delle opere da realizzare, costituite queste da un rilevato tra muri di sostegno, strutture prefabbricate per le diverse funzioni tranviarie (deposito e ricovero mezzi, manutenzione, lavaggio, ecc.).

### Focus sull'area del Deposito

Sulla base dell'assetto stratigrafico si evidenzia che la coltre dei depositi alluvionali recenti, nel suo orizzonte superficiale prevalentemente limoso-argilloso e con spessore intorno ai 6–8 m circa, può essere considerata come un complesso in genere dotato di bassa permeabilità, anche se comunque potenzialmente percolabile dalle acque di infiltrazione.

Il sottostante complesso dei depositi ghiaiosi a matrice sabbiosa invece, in ragione della sua composizione granulometrica, comunque soggetta a frequenti variazioni sia in senso laterale che verticale, può essere considerato in generale da mediamente permeabile a permeabile, con sensibili riduzioni di conducibilità idraulica laddove sono presenti intercalazioni di spessore metrico costituite da materiali più fini.

Questo complesso, che sulla base dell'assetto stratigrafico ricostruito per l'area in esame si osserva fino a profondità non inferiori ai 20 m è sede della principale circolazione idrica sotterranea, costituita da una falda in genere freatica, a luoghi parzialmente confinata al tetto, sostenuta dal sottostante complesso dei depositi argilloso-limosi, i quali, in ragione di una permeabilità generalmente da bassa a molto bassa e della loro continuità laterale, svolgono pertanto funzione di acquicludo.

La ricostruzione dell'idrostruttura alla scala dell'opera si è basata sul riconoscimento stratigrafico dei corpi acquiferi e misura dei relativi livelli piezometrici all'interno dei fori di sondaggio attrezzati a piezometro caratterizzati da tratti filtranti localizzati in corrispondenza degli acquiferi intercettati.

STUDI ED INDAGINI  
GEOLOGIA - FATTIBILITÀ

*Relazione di riscontro ai pareri ricevuti in sede CdS  
elazione di sintesi per la fattibilità geologica, sismica ed idraulica delle opere comportanti variante urbanistica*

Le misure di soggiacenza riferite alle diverse campagne di indagine e monitoraggio piezometrico condotte, sono riportate nelle tabelle che seguono.

| Sondaggio | Livello idrico<br>Mag.-Giu. 2019<br>[m da p.c.] | Livello idrico<br>Nov. 2019<br>[m da p.c.] | Livello idrico<br>Mag 2020<br>[m da p.c.] | Livello idrico<br>media<br>[m da p.c.] |
|-----------|---|--|---|--|
| S02       | -9,70   | -8,83                                      | -7,43                                     | -7,43                                  |
| S03       | -10,50  | -10,03                                     | -8,74                                     | -8,74                                  |
| S05       | -11,00  | -10,78                                     | -9,98                                     | -9,98                                  |
| S06       | -11,00  | -11,10                                     | -10,31                                    | -10,31                                 |
| S07       | -5,00   | -8,73                                      | -8,27                                     | -8,27                                  |
| S08       | -1,00   | -1,20                                      | -1,87                                     | -1,87                                  |

TABELLA I1 - CAMPAGNA MONITORAGGIO PIEZOMETRICO 2019-2020

| Sondaggio | Livello idrico<br>Feb.-Mar. 2024<br>[m da p.c.] |
|-----------|---|
| S01       | -10,70  |
| S03       | -7,20   |
| S05       | -7,90   |
| S07       | -8,27   |

In termini di livelli piezometrici, ai fini del dimensionamento delle opere, il livello di falda di riferimento progettuale (carico idraulico) può essere assunto pari a quello del livello misurato nel corso delle campagne di monitoraggio ed individuato a quote comprese tra c.ca 27,9 m s.l.m. (fermata Navi di Brozzi) e c.ca 26.86 m s.l.m. (fermata Racchio).

Particolare attenzione sarà posta nella previsione e gestione delle possibili fonti di contaminazione della risorsa idrica sotterranea connesse alla realizzazione dell'opera (es. percolamento dei cantieri, utilizzo di fanghi/schiume di scavo e miscele di iniezione, sversamenti accidentali, etc.)



## **ALLEGATO Certificazioni da L.R. 5/R/2020**

---

Il Genio Civile Valdarno inoltre richiede di produrre le certificazioni ed attestazioni di cui alle lettere d) ed e) dell'art.6 del DPGR 5/R/20.

Si riporta di seguito il modulo citato.

STUDI ED INDAGINI  
GEOLOGIA - FATTIBILITÀ

Relazione di riscontro ai pareri ricevuti in sede CdS  
elazione di sintesi per la fattibilità geologica, sismica ed idraulica delle opere comportanti variante urbanistica

Modulo n. 5

SCHEDA PER IL DEPOSITO DELLE INDAGINI

presso la struttura regionale competente, ai sensi del regolamento approvato con (Regolamento di attuazione dell'articolo 104 della legge regionale 10 novembre 2014 n. 65 in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche).

**Certificazione dell'adeguatezza**

Il sottoscritto MATTEO MATTIOLI

a) iscritto all'Ordine Professionale dei Geologi della Regione EMILIA ROMAGNA

b) ~~non iscritt....all'Ordine Professionale in quanto esercita la propria attività professionale alle dipendenze di.....)~~

in qualità di progettista incaricato da ..... con  
atto.....n° ..... del.....

**CERTIFICA**

ai sensi dell'articolo 104, comma 5, della legge regionale 65/2014 (Norme per il governo del territorio) che gli elaborati in deposito sotto elencati:

- 1) FL42-D-M-IN-GE-00-EGG-RT-01 Relazione geologica, idrogeologica e geomorfologica
- 2) FL42-D-M-IN-GE-01-EGG-PL-01 Carta geologica e geomorfologica
- 3) FL42-D-M-IN-GE-01-EGG-PR-01 Profilo geologico del tracciato di progetto – Tav. 1
- 4) FL42-D-M-IN-GE-01-EGG-PR-02 Profilo geologico del tracciato di progetto – Tav. 2
- 5) FL42-D-M-IN-GE-01-EGG-PR-03 Profilo geologico del tracciato di progetto – Tav. 3
- 6) FL42-D-M-IN-GE-02-EGG-PL-01 Carta idrogeologica

**SONO ADEGUATI ALLE DIRETTIVE TECNICHE APPROVATE CON DELIBERA DI GIUNTA N. 31 DEL 20.01.2020 E ALLE RELATIVE DELIBERE DI ATTUAZIONE**

Firma digitale del tecnico/i  
incaricato/i delle indagini geologiche

Data  
20/12/2024