



"SISTEMA-CENTRO" DI CASALGRANDE

PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE DELLE
TRE PIAZZE DEL CENTRO DI CASALGRANDE:

Via Aldo Moro-Piazza del Municipio, Piazza della Costituzione, Piazza Ruffilli

PROGETTO ESECUTIVO
LOTTO 2, stralci 2A-2B-2C-2D

Progettisti:



Arch. Marzia Zamboni
con arch. Arianna Bordina
via San Carlo, 9 42121 Reggio Emilia
+39 0522578842
info@marziazamboniarchitettura.com

Responsabile unico del procedimento:

Arch. Salvatore D'Amico

Atlante Snc - Geom. Davide Bisi
rilievi planoaltimetrici

Agronomo Paesaggista Giuseppe Baldi
progetto opere a verde

Etastudio srl - P.I. Claudio Villa
progetto illuminotecnico

Dott. Geol. Francesco Dettori
indagini geologiche

Archeologo Nicola Cassone
indagini archeologiche

Arch. Bonori Andrea
coordinamento sicurezza - fase progettazione



Scala

Tavola

A.REL.05

RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DI DETTAGLIO

Data

Emissione

Novembre 2023

COMUNE DI CASALGRANDE

PROVINCIA DI REGGIO NELL'EMILIA

**RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E GEOTECNICA
INERENTE AL PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO E
VARIANTE AL PSC – ART 53 RIGUARDANTE IL “SISTEMA
CENTRO DI CASALGRANDE” - CIG 97959376F0 - CUP
I56J230000000004**

PROGETTISTA: Marzia Zamboni Architettura

GIUGNO 2023

Dott. Geol. Francesco Dettori



INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3. STATO DI FATTO E INQUADRAMENTO DEL PROGETTO.....	4
4. RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA DI INQUADRAMENTO	5
4.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	5
4.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	6
4.3 IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA DELL’AREA	8
4.4 RISCHIO IDRAULICO: VERIFICA DI COMPATIBILITÀ CON LE CRITICITÀ IDRAULICHE DELL’AREA	8
4.4.1 NORMATIVA E PUBBLICAZIONI DI RIFERIMENTO	8
4.4.2 TAVOLE DI QUADRO CONOSCITIVO PER LA VALUTAZIONE DEI RISCHI DI ALLUVIONE. LE MAPPE DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO ALLUVIONE.....	9
4.4.3 PGRA RETICOLO SECONDARIO DI PIANURA: MAPPA DELLA PERICOLOSITÀ	10
4.4.4 PGRA RETICOLO SECONDARIO DI PIANURA: MAPPA DEL RISCHIO	11
4.4.5 DISPOSIZIONI SPECIFICHE PER LA RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ E PER IL RISPETTO DEL PRINCIPIO DELL’INVARIANZA IDRAULICA.....	12
4.5 SALVAGUARDIA DELLE RISORSE IDRICHE E PROTEZIONE DELLE ACQUE SOTTERRANEE (PTCP)	13
4.6 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL’AREA	15
4.6.1 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE: SISMICITÀ DEL TERRITORIO	15
4.6.2 PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE E MICROZONAZIONE SISMICA.....	18
4.6.3 MICROZONAZIONE SISMICA – PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO	19
4.6.4 MICROZONAZIONE SISMICA – SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO	19
5. CARATTERIZZAZIONE DI DETTAGLIO DEL SITO MEDIANTE INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE.....	21
5.1 PROVE PENETROMETRICHE: ATTREZZATURA ED ELABORAZIONE	21
5.2 PROVA MICROTREMORE A STAZIONE SINGOLA: ATTREZZATURA ED ELABORAZIONE	22
6. RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA SULLE INDAGINI	23
6.1 MODELLO GEOLOGICO-LITOSTRATIGRAFICO DEL TERRENO.....	23
6.1.1 MODELLO GEOLOGICO CPT	24
7. RELAZIONE GEOTECNICA SULLE INDAGINI.....	25
7.1 MODELLO GEOTECNICO E PARAMETRI GEOTECNICI DEL TERRENO.....	25
7.1.1 MODELLO GEOTECNICO CPT.....	25
8. CARATTERIZZAZIONE SISMOSTRATIGRAFICA DEL SITO	26
8.1 RISULTATI INDAGINE GEOFISICA CON TECNICA HVSR.....	26
8.2 MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO DEL TERRENO	30
9. PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE - ANALISI DEL TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO	31
9.1 CALCOLO DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE.....	31
9.1.1 ANALISI ALLO SLV.....	34
10. SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE	40
11. CONCLUSIONI GENERALI	42

1. PREMESSA

Su incarico della Committenza e in accordo con i Tecnici Progettisti si è eseguita la caratterizzazione geologica, geotecnica e di risposta sismica locale di un'area oggetto di variante al PSC per l'intervento di riqualificazione del “Sistema-Centro di Casalgrande”.

A partire dall'analisi di indagini geognostiche e geofisiche di repertorio, il presente documento focalizza l'attenzione su quegli aspetti geologici e di pericolosità sismica del territorio che influenzano la propagazione delle onde sismiche e possono provocare fenomeni di instabilità e liquefazione dei terreni.

Per determinare le suddette caratteristiche sono stati raccolti tutti i dati e le informazioni precedentemente acquisiti in occasione di indagini di settore o per la predisposizione di strumenti di pianificazione, tra cui cartografie topografiche, geologiche, geomorfologiche, ecc. e i risultati di prove geognostiche e geofisiche effettuate specificamente per l'area di interesse.

Il documento è suddiviso nelle seguenti parti:

- 1) RELAZIONE GEOLOGICA e SISMICA di inquadramento riguardante la caratterizzazione e la modellazione geologica del sito, la caratterizzazione sismica dell'area;
- 2) RELAZIONE GEOTECNICA basata sulle indagini eseguite, la caratterizzazione e la modellazione del volume significativo di terreno interessato;
- 3) Relazione concernente la “RISPOSTA SISMICA DEL SITO” e verifica di possibili fenomeni cosismici di liquefazione e cedimento del terreno.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La presente relazione è stata eseguita in ottemperanza alle disposizioni contenute nelle normative di riferimento per il settore geologico e geotecnico e consultando gli strumenti di pianificazione comunale, provinciale, regionale e di bacino. Sono di seguito elencate le principali normative di riferimento:

- *Deliberazione della Giunta Regionale (DGR) n. 476 del 12/04/2021. Approvazione “aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49, L.R. n. 24/2017)”.*
- *Deliberazione della Giunta Regionale (DGR) n. 564 del 26/04/2021: “integrazione della propria deliberazione n. 476 del 12 aprile 2021 mediante approvazione dell'allegato a, “atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (ARTT. 22 e 49, L.R. n. 24/2017)”*
- *Deliberazione della Giunta Regionale (DGR) n.2193/2015, Art.16 c.1, L.R. 20/2000. Approvazione aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico denominato “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale ed urbanistica”, di cui alla deliberazione dell'Assemblea legislativa 2 maggio 2007, n.112;*
- *Deliberazione della Giunta Regionale (DGR) n. 1919/2013 avente ad oggetto “Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione e concessione dei contributi di cui all'ordinanza del Capo Dipartimento della Protezione Civile n. 52/2013 a favore degli enti locali”.*
- *“Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica” approvati dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e P.A. nel novembre 2008;*
- *L.R. 30 ottobre 2008, n. 19 “NORME PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO” e ss. mm. e ii.;*
- *Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018, che approva le NTC 2018;*
- *Associazione Geotecnica Italiana: “Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica”. Linee Guida. Ed. Marzo 2005;*



- Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico (P.A.I.) – Autorità di Bacino Po, approvato con D.P.C.M. 24/05/2001;
- Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) di Reggio Emilia relative all’attuazione del “Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico del bacino del fiume Po” (PAI).

3. STATO DI FATTO E INQUADRAMENTO DEL PROGETTO

Il sito di intervento è localizzato in una zona urbanizzata consolidata a medio/elevata densità abitativa, nella porzione settentrionale del centro storico di Casalgrande, riferibile alle zone di Piazza Martiri della Libertà, via Aldo Moro, Piazza Costituzione, Piazza Ruffilli e Parcheggi via Karl Marx (**Figura 1**). Attualmente le aree risultano quasi esclusivamente pavimentate con una distribuzione degli spazi in favore del traffico veicolare e dei parcheggi. Il progetto consiste nella riqualificazione di diversi spazi aperti con la creazione di aree pedonali, verde pubblico con aiuole e alberature, e a favore della mobilità dolce e sostenibile.

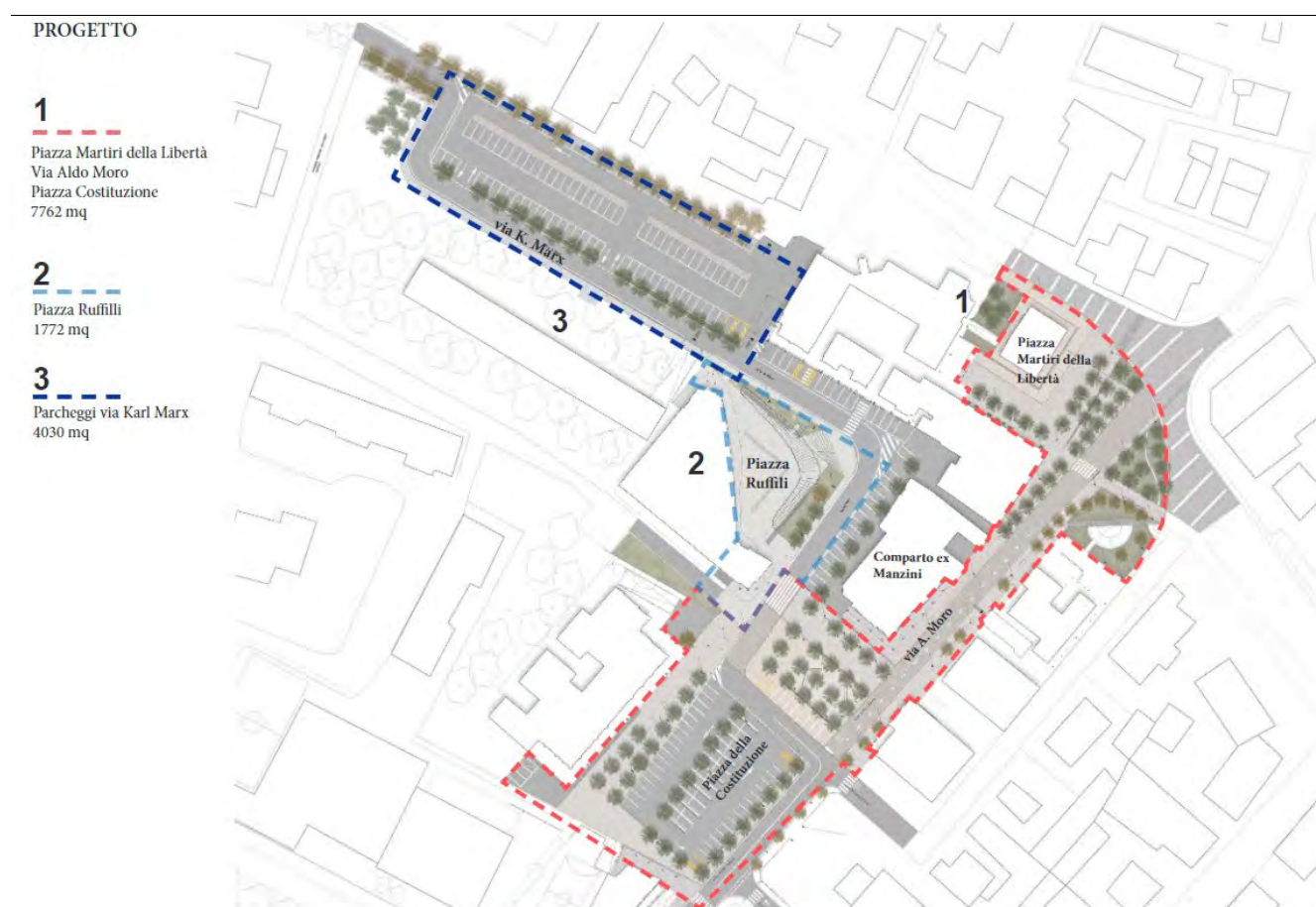


Figura 1: Area di progetto

4. RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA DI INQUADRAMENTO

4.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area di intervento è ubicata nel centro storico del comune di Casalgrande, tra via Aldo Moro e Via Carlo Marx (**Figura 2**).



Figura 2: Area di interesse da foto aerea tratta Google Earth. In rosso è evidenziata l'area di intervento

Da un punto di vista topografico l'abitato di Casalgrande si trova in area di confine tra l'alta Pianura Padana e la zona pedecollinare dell'appennino emiliano. Il comparto è topograficamente posto ad una quota media di circa 95 m s.l.m., con un leggera pendenza verso nord. Dal punto di vista cartografico l'area in esame è compresa:

- nell'elemento C.T.R. 219011 denominato “Casalgrande” in scala 1: 5.000 (**Figura 3**).

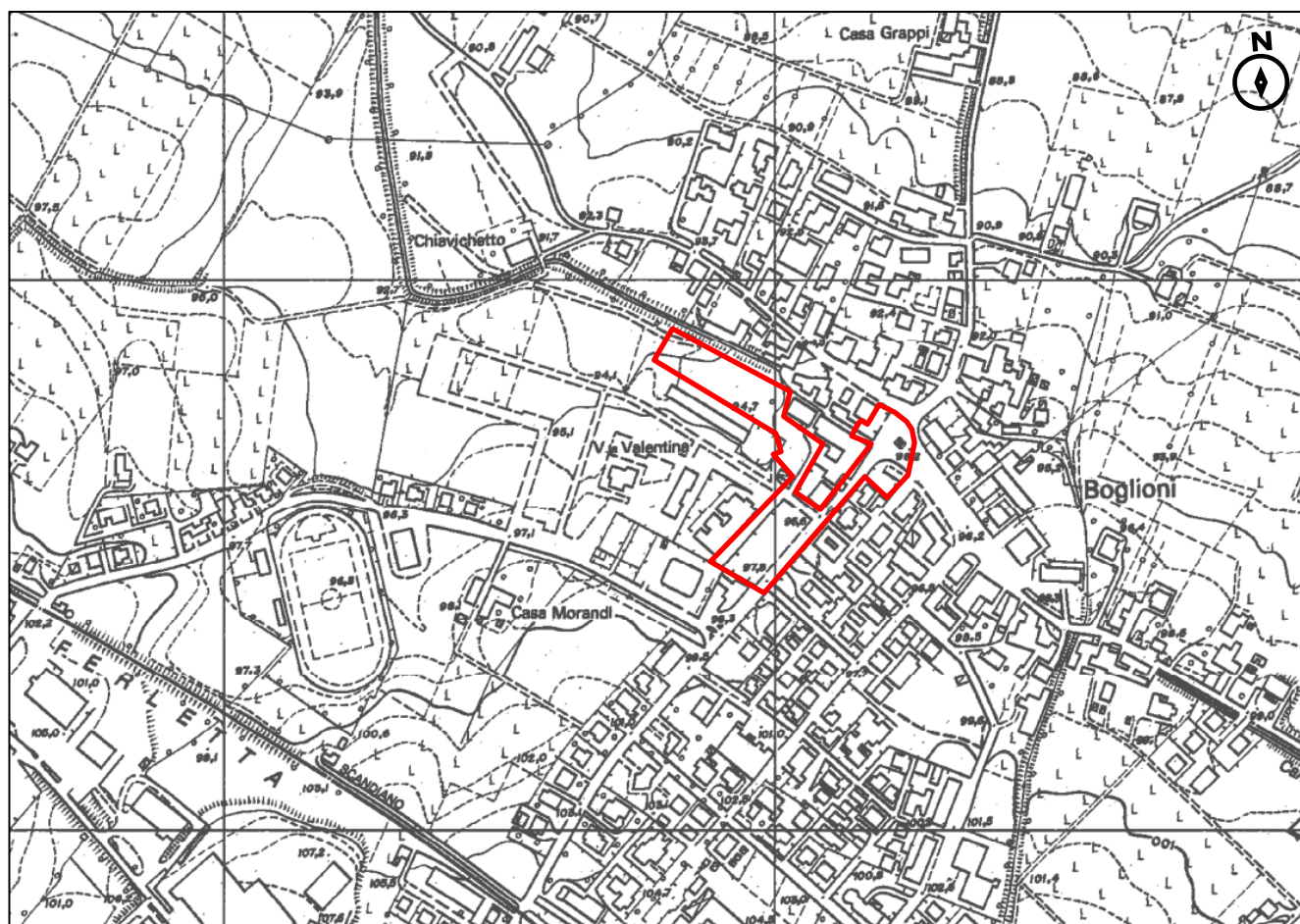


Figura 3: Stralcio in scala 1:5000, tratto dalla Sezione CTR 219011 denominata “Casalgrande”. In rosso è evidenziata l'area di intervento

4.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Il territorio del comune di Casalgrande ricade in una zona di transizione tra la fascia pedemontana della Pianura Padana e i primi rilievi dell'Appennino. Nella fascia pedecollinare e di alta pianura, esternamente alle aree occupate dal letto dei corsi d'acqua sia principali, sia minori, affiorano materiali alluvionali le cui classi granulometriche sono comprese tra quelle delle argille e quelle delle ghiaie. Le ghiaie costituiscono le conoidi dei corsi d'acqua sia principali che minori; esse sono predominanti in corrispondenza dello sbocco in pianura dei corsi d'acqua e si dispongono in lenti di estensione e spessore variabili. Talvolta sono ben selezionate, in altri casi si trovano commiste ad abbondanti porzioni limo-sabbiose. Lateralmente alle conoidi si sviluppano strati di terreno a granulometria più fine sabbioso-limoso-argillosi, legati a episodi deposizionali a minore energia. Con minore frequenza le lenti di sedimenti fini possono essere interrotte da lenti ghiaiose di spessore ed estensione limitata. I depositi pleistocenici di origine continentale ne ricoprono di più antichi aventi origine marine (Plio-Pleistocene) a loro volta sovrapposti ad un substrato litoide miocenico (arenarie, flysch, peliti) testimoniante la sedimentazione in un bacino marino antistante la catena appenninica in sollevamento. Queste unità più profonde si rinvencono in affioramento nella catena appenninica. La cartografia geologica e dei suoli, tratta dal Servizio Sismico e Geologico della Regione Emilia-Romagna (**Figura 4**), riporta per la zona in studio l'affioramento di una successione neogenico-quadernaria del margine appenninico padano. Nel dettaglio si rileva l'affioramento di:

AES8 – Subsistema di Ravenna: “Limi sabbiosi e limi argillosi negli apparati dei torrenti minori o ghiaie in lenti entro limi, subordinate ghiaie e ghiaie sabbiose in quelli dei torrenti e fiumi principali. A tetto suoli a basso grado di alterazione con fronte di alterazione potente fino a 150 cm e parziale decarbonatazione; orizzonti superficiali di colore giallo-bruno. Nell'alta pianura su AES7b (affiorante solo in cave). Potenza fino a oltre 20 m. (Olocene)”.

CMZ – Sistema di Costamezzana: “costituito grossolanamente da 3 associazioni di facies, sovrapposte ciclicamente e giustapposte, che individuano, nel complesso, un prisma sedimentario costiero con tendenza regressiva e progradante verso nord, nord-ovest. 1) Sabbie e ghiaie argillose in strati spessi, frequentemente gradati e amalgamati, con intercalati livelli argillosi sottili, discontinui, biancastri, sterili, alternate a banconi argilloso-limosi con livelli ricchi in resti vegetali lignitizzati: depositi prossimali di delta-conoide. 2) Sabbie medio-fini in strati sottili e medi con laminazione pianoparallela oppure di tipo hummocky, intercalate a limi argillosi verdi, debolmente bioturbati, contenenti talora macrofaune oligotipiche: depositi lagunari. 3) Sabbie, sabbie ghiaiose e subordinatamente ghiaie ciottolose in strati massivi o con una gradazione diretta poco sviluppata e comunque sovente mascherata dalle frequenti amalgamazioni tra strati successivi che possono inglobare clasti pelitici di dimensioni anche metriche. Frequenti anche la stratificazione obliqua a grande scala e le laminazioni trattive. La matrice delle ghiaie è costituita sempre da sabbia medio grossolana: depositi di delta-conoide ad alta energia fluviale e marina. Il contatto di base è erosivo o netto e discordante su ATS e FAA. Lo spessore complessivo varia da 0 a 400 m circa. (Pleistocene inf.)”.

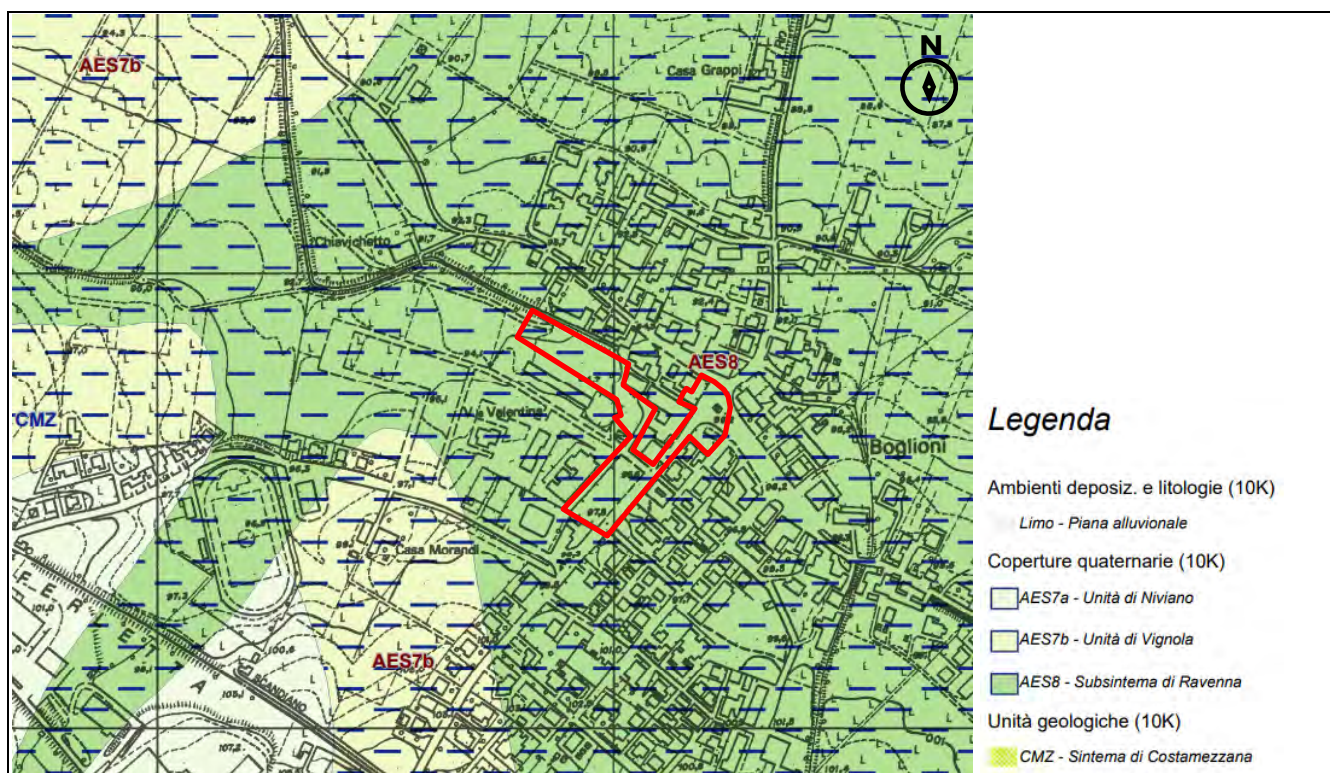


Figura 4: Carta Geologica tratta dal progetto CARG R.E.R. – stralcio in scala grafica. In rosso è evidenziata l'area di intervento

La morfologia della zona è caratterizzata dalla presenza di superfici piane o debolmente inclinate ($<3^\circ$) che si sviluppano uniformemente verso i quadranti nord-orientali. A scala ridotta si riconoscono aree di interconoide, a ridosso delle paleoconoidi più antiche, impostate su depositi fluviali a composizione prevalentemente fine, marginalmente interessate dall'apporto di sedimenti recenti ed attualmente incise dai corsi d'acqua del reticolo secondario. Le reincisioni costituiscono scarpate fluviali di spessore e pendenza variabile, con asse SW-NE. Tale morfologia è talvolta ben riconoscibile, in altri casi è ben celata dall'alternarsi delle colture e dall'insediamento antropico.

4.3 IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA DELL'AREA

L'area di interesse ricade nel bacino idrografico del corso d'acqua del Fiume Secchia, che corre a circa 3,4 km in direzione est, e nel sottobacino del Torrente Tresinaro, che scorre a circa 2,8 km in direzione nord-ovest. A circa 1,3 km in direzione ovest si trova il Rio Riazzone affluente del Torrente Tresinaro. A ridosso dell'area di interesse non si segnalano altri corsi d'acqua significativi a parte il Canale di Reggio (artificiale), che corre in direzione est-ovest raccogliendo le acque dei fossi e ruscelli minori ricadenti tra i due corsi d'acqua citati. Le acque vengono in parte destinate alle colture circostanti mediante canali di irrigazione, in parte sono convogliate nel Rio Riazzone.

Le caratteristiche idrogeologiche dell'area sono direttamente correlabili con le variazioni litologiche dei depositi alluvionali. Le alluvioni limo-argillose delle zone di interconoide costituiscono una barriera all'infiltrazione dell'acqua in profondità. Le acque di origine meteorica generalmente non oltrepassano gli strati di terreno “areato”. Diversamente, in prossimità dei corsi d'acqua, si incontrano le conoidi ghiaiose, che data la loro elevata permeabilità, sono veicolo per le acque superficiali di origine meteorica, che raggiungono velocemente la falda a pelo libero in profondità. Si possono riscontrare locali accumuli superficiali (falde sospese) sostenuti da lenti argilloso-limose.

Il livello di soggiacenza della falda freatica rilevata in pozzi limitrofi, catalogate dal Servizio Sismico e Geologico della Regione Emilia-Romagna e dall'Arpa Emilia-Romagna, sono comprese tra -20 e -40 m di profondità.

4.4 RISCHIO IDRAULICO: VERIFICA DI COMPATIBILITÀ CON LE CRITICITÀ IDRAULICHE DELL'AREA

Scopo del presente paragrafo è quello di valutare la compatibilità del progetto di riqualificazione nei confronti delle criticità idrauliche riscontrate, valutate principalmente sulla base dello studio della morfologia e della topografia, realizzando una previsione e delimitazione di quelle che potrebbero essere le aree inondabili, andando ad individuare la presenza di superfici impermeabili e la presenza di elementi che possano ostacolare il regolare deflusso delle acque. A seconda delle criticità riscontrate vengono indicate le opportune misure per ridurre il danneggiamento dei beni e delle strutture oggetto di intervento.

La valutazione delle caratteristiche di rischio e pericolosità riferibili al reticolo idrografico naturale presente in prossimità dell'area oggetto di intervento è stata eseguita in ottemperanza al Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) vigente. Il Piano di gestione del rischio di alluvioni (PGRA), introdotto dalla Direttiva comunitaria 2007/60/CE (cd. ‘Direttiva Alluvioni’), ha la finalità di costruire un quadro omogeneo a livello distrettuale per la valutazione e la gestione dei rischi da fenomeni alluvionali, al fine di ridurre le conseguenze negative nei confronti della vita e salute umana, dell'ambiente, del patrimonio culturale, delle attività economiche e delle infrastrutture strategiche. Lo strumento cardine per la valutazione e la gestione del rischio sono le mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni (art. 6 D.lgs. 49/2010 e art. 6 Dir. 2007/60/CE)

4.4.1 NORMATIVA E PUBBLICAZIONI DI RIFERIMENTO

La presente verifica è stata eseguita in ottemperanza alle disposizioni contenute nelle normative di riferimento comunitarie e nazionali per il settore ambientale e consultando gli strumenti di pianificazione comunale, provinciale e di bacino. Sono di seguito elencate le principali normative di riferimento:

- *Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152, "Norme in materia ambientale";*
- *Legge 28 dicembre 2015, n. 221 "Disposizioni in materia ambientale per promuovere misure di green economy e per il contenimento dell'uso eccessivo di risorse naturali" ed in particolare l'art. 51 "Norme in materia di Autorità di bacino";*

- Decreto Legislativo 23 febbraio 2010, n. 49, “Attuazione della Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni”;
- Decreto Legislativo 10 dicembre 2010, n. 219, recante “Attuazione della direttiva 2008/105/CE relativa a standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE, 86/280/CEE, nonché modifica della direttiva 2000/60/CE e recepimento della direttiva 2009/90/CE che stabilisce, conformemente alla direttiva 2000/60/CE, specifiche tecniche per l'analisi chimica e il monitoraggio dello stato delle acque”;
- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino del fiume Po (in seguito PAI), adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino con deliberazione n. 18 del 26 aprile 2001, approvato con DPCM 4 maggio 2001;
- Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Delta del fiume Po (in seguito PAI Delta), adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino con deliberazione n. 5 del 19 luglio 2007, approvato con DPCM 13 novembre 2008;
- Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) di Reggio Emilia relative all'attuazione del “Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino del fiume Po” (PAI);
- Decreto Giunta Regionale dell'Emilia Romagna 1300/2016 “Prime disposizioni regionali concernenti l'attuazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni con particolare riguardo alla pianificazione di emergenza, territoriale ed urbanistica, ai sensi dell'art. 58 dell'Elaborato n. 7 (Norme di Attuazione) e dell'art.22 dell'Elaborato n. 5 (Norme di Attuazione) del “Progetto di Variante al Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del fiume Po (PAI) e al Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del Delta del fiume Po (PAI Delta)”, adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino del fiume Po, con deliberazione n. 5 del 17/12/2015;
- Aggiornamento e revisione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvione – Il ciclo (2021-2027) redatto ai sensi dell'art. 7 del D.lgs. 49/2010 attuativo della Dir. 2007/60/CE;
- Autorità di Bacino del Fiume Po e dell'Università degli studi di Pavia (febbraio 2009): “EDIFICI IN AREE A RISCHIO DI ALLUVIONE. COME RIDURNE LA VULNERABILITÀ”.

4.4.2 TAVOLE DI QUADRO CONOSCITIVO PER LA VALUTAZIONE DEI RISCHI DI ALLUVIONE. LE MAPPE DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO ALLUVIONE

Sono state prodotte, a vari livelli di pianificazione (provinciale, comunale e di bacino), una serie di mappe per la valutazione della pericolosità e del rischio di alluvioni del territorio di pianura (art. 6 D.Lgs. 49/2010 e art. 6 Dir. 2007/60/CE). Le mappe della pericolosità rappresentano l'estensione potenziale delle inondazioni causate dai corsi d'acqua (naturali e artificiali) e dal mare, con riferimento a tre scenari (alluvioni rare, poco frequenti e frequenti) rappresentati con tre diverse tonalità di blu, associando al diminuire della frequenza di allagamento il diminuire dell'intensità del colore. Le mappe della pericolosità di alluvioni sono redatte per tre ambiti: reticolo naturale (principale e secondario), reticolo secondario di pianura (canali artificiali di bonifica) e aree costiere marine.

Le mappe del rischio indicano la presenza degli elementi potenzialmente esposti (popolazione coinvolta, servizi, infrastrutture, attività economiche, etc.) che ricadono nelle aree allagabili e la corrispondente rappresentazione in 4 classi da molto elevata (R4) a moderata o nulla (R1). Le 4 categorie di rischio sono rappresentate mediante una serie di colori che va dal giallo (rischio moderato o nullo) al viola (rischio molto elevato), passando per l'arancione (rischio medio) e il rosso (rischio elevato).

Per l'area di interesse si riportano solo le mappe del reticolo secondario in quanto il reticolo principale ha come elemento di pericolosità il solo fiume Secchia, che ricade a quote e distanza non influenti con il comparto oggetto di studio.



4.4.3 PGRA RETICOLO SECONDARIO DI PIANURA: MAPPA DELLA PERICOLOSITÀ

La cartografia rappresenta la pericolosità di alluvioni relativa al reticolo secondario di pianura artificiale (canali di bonifica) e degli elementi potenzialmente esposti. La perimetrazione delle aree potenzialmente allagabili è stata effettuata con riferimento a due scenari: alluvioni frequenti (per tempi di ritorno fino a 50 anni) e alluvioni poco frequenti (per tempi di ritorno fino a 200 anni). Il metodo di individuazione delle aree soggette ad alluvioni è di tipo prevalentemente storico-inventariale e si è sviluppato a partire dai dati e dalle informazioni sugli eventi avvenuti orientativamente in epoca successiva al 1990 censiti dai Consorzi di Bonifica.

A questa tipologia di aree si aggiungono limitate zone individuate mediante modelli idrologico-idraulici (metodo completo) e aree delimitate sulla base del giudizio esperto degli enti gestori (metodo conoscitivo) in relazione alla generale incapacità del reticolo di far fronte ad eventi di precipitazione caratterizzati da Tr superiori (in media) a 50 anni: in questo caso (alluvioni poco frequenti), le aree perimetrate coincidono con gran parte dei settori di pianura dei bacini idrografici.

Le mappe di pericolosità non tengono conto della possibilità che si verifichino rotture arginali o malfunzionamenti degli impianti di sollevamento e delle opere di gestione delle piene (chiaviche, paratoie, ecc.). Si riporta uno stralcio della carta con evidenziata l'area di interesse (**Figura 5**). Come si evince dalla **Figura 5**, la porzione di territorio di interesse ricade interamente su aree caratterizzate da **alluvioni poco frequenti, aventi tempi di ritorno tra 100 e 200 anni (P2-M)**.

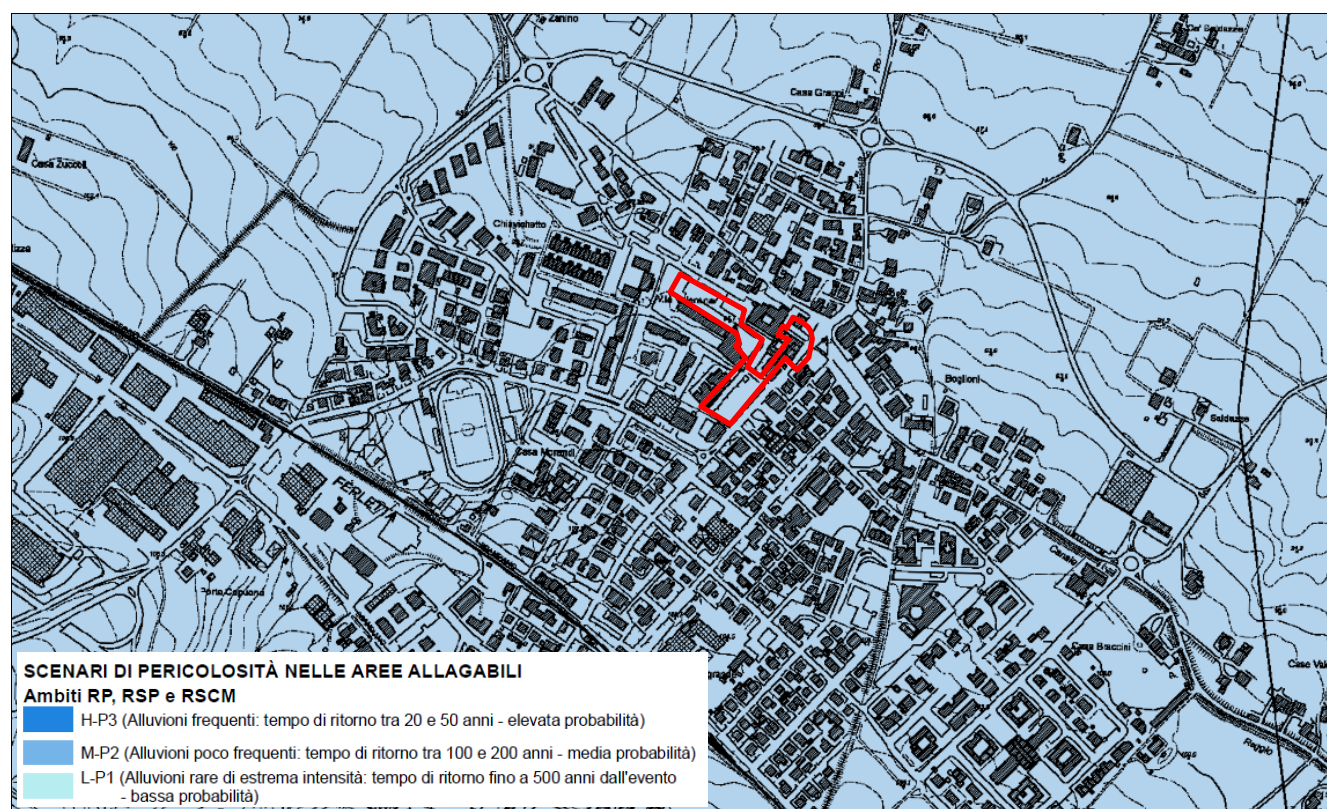


Figura 5: Mappa della pericolosità del reticolo secondario di pianura – PGRA – stralcio in scala grafica

4.4.4 PGRA RETICOLO SECONDARIO DI PIANURA: MAPPA DEL RISCHIO

Il rischio tiene conto della pericolosità e del danno potenziale inteso come prodotto della vulnerabilità per il valore del bene esposto, secondo l’equazione:

$$\text{Rischio} = \text{Pericolosità} \times \text{Valore bene esposto} \times \text{Vulnerabilità}$$

La pericolosità esprime l’entità del fenomeno (alluvione) e la probabilità che si manifesti in un arco temporale più o meno ampio. La vulnerabilità può esprimersi come il danno atteso, ovvero la percentuale di riduzione del valore che il fenomeno calamitoso produce sul bene; si definisce atteso perché riferito ad un fenomeno la cui intensità e la cui frequenza non è certa ma legata ad una curva di probabilità. La vulnerabilità è normalmente proporzionale all’intensità del fenomeno.

Nella Mappa del Rischio del comparto in esame, basata sulla suddetta equazione, di cui si riporta un estratto in **Figura 6**, non compare lo scenario di rischio elevato (R3) e molto elevato (R4).

Lo scenario di **rischio medio (R2)**, in cui ricade la quasi totalità dell’area di interesse, coinvolge tutti i centri abitati, le frazioni, gli agglomerati e alcuni edifici rurali. La restante parte di territorio è caratterizzata da un rischio moderato o nullo (R1). Per il rischio medio (R2) sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l’incolumità delle persone, l’agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche.

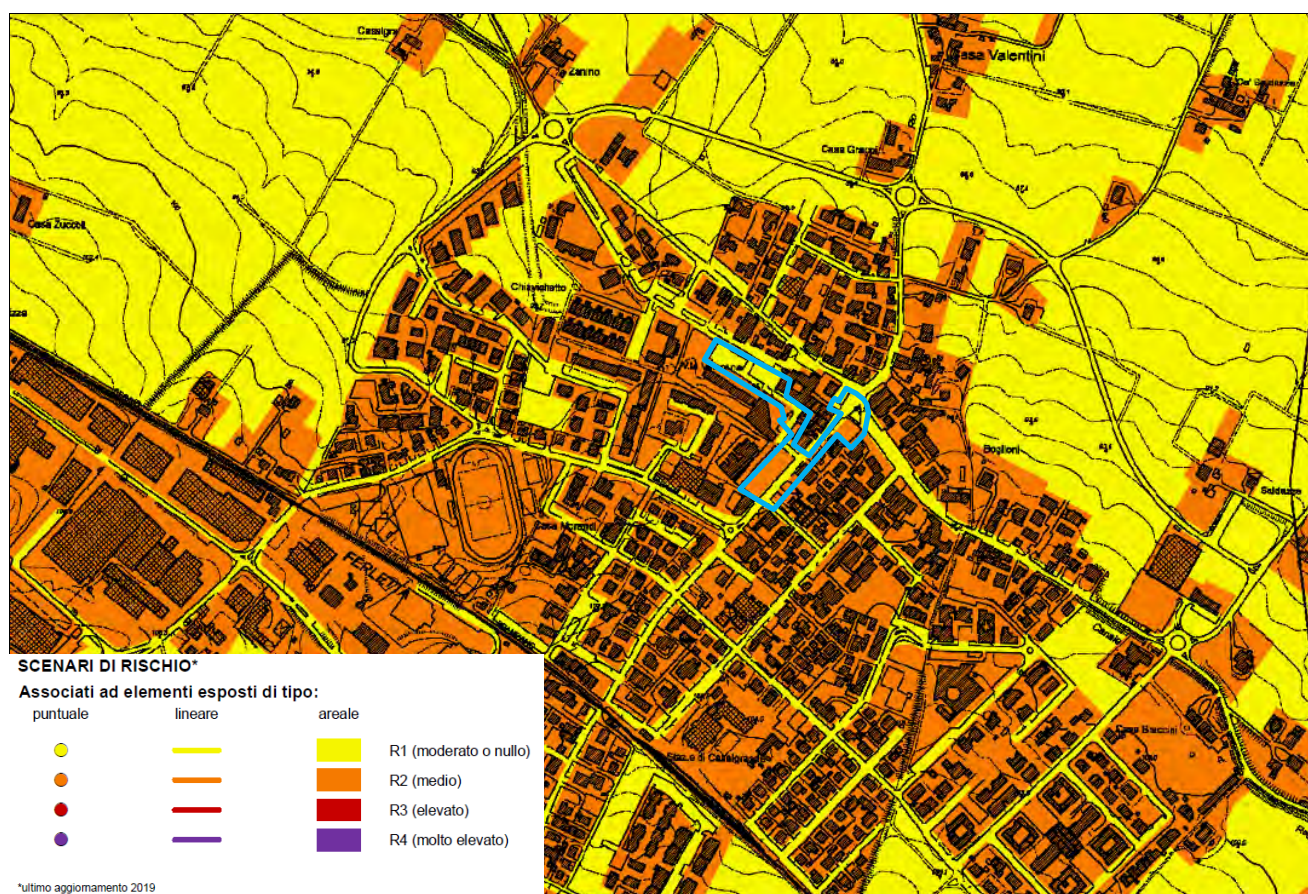


Figura 6: Mappa del rischio del reticolo secondario di pianura – PGRA – stralcio in scala grafica

4.4.5 DISPOSIZIONI SPECIFICHE PER LA RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ E PER IL RISPETTO DEL PRINCIPIO DELL'INVARIANZA IDRAULICA

In relazione alle caratteristiche di pericolosità e rischio descritte nei paragrafi precedenti, con riferimento alle criticità rilevate nello studio di dettaglio, sono da adottarsi misure di riduzione della vulnerabilità dei beni e delle strutture esposte, anche ai fini della tutela della vita umana, e misure volte al rispetto del principio dell'invarianza idraulica, finalizzate a salvaguardare la capacità ricettiva del sistema idrico e a contribuire alla difesa idraulica del territorio.

Nell'ambito dei futuri interventi si riportano quindi alcuni accorgimenti utili per la mitigazione del rischio e che devono essere assunti in sede di progettazione al fine di garantire la compatibilità degli interventi con le condizioni di pericolosità rilevate:

1. la quota minima del piano di calpestio deve essere mantenuta all'altezza sufficiente a ridurre la vulnerabilità del bene esposto e adeguata al livello di pericolosità ed esposizione;
2. nel caso la quota del piano di calpestio dovesse essere ad una altezza inferiore saranno da assumersi comunque i seguenti accorgimenti:
 - vengano previste scale/rampe di collegamento tra le zone potenzialmente allagabili (deprese) e le zone circostanti;
 - siano evitate la costruzione di intercapedini non accessibili, vespai non visitabili e sia curata la rete di drenaggio interna e perimetrale;
 - eventuali impianti elettrici siano realizzati con accorgimenti tali da assicurare la continuità del funzionamento dell'impianto anche in caso di allagamento;
 - siano previsti sistemi di sollevamento delle acque da ubicarsi in condizioni di sicurezza idraulica.
3. favorire il deflusso/assorbimento delle acque di esondazione, evitando interventi che ne comportino l'accumulo ovvero che comportino l'aggravio delle condizioni di pericolosità/rischio per le aree circostanti. Nel caso specifico saranno da assumersi i seguenti accorgimenti:
 - evitare barriere sulle aree che ostacolano il defluire dell'acqua;
 - evitare di impermeabilizzare eccessivamente le superfici e preferire la posa di pavimentazioni drenanti.

A completamento delle precedenti indicazioni si attesta che l'intervento proposto non crea modifiche del sistema idraulico nell'area oggetto d'intervento.

4.5 SALVAGUARDIA DELLE RISORSE IDRICHE E PROTEZIONE DELLE ACQUE SOTTERRANEE (PTCP)

Il Piano territoriale di coordinamento provinciale (PTCP) redatto ai sensi della L.R. 20/2000 definisce l'assetto del territorio con riferimento agli interessi sovracomunali, articolando sul territorio provinciale le linee di azione della pianificazione e programmazione regionale, nazionale e di bacino.

Come descritto nell'Art. 77, il PTCP concorre al raggiungimento degli obiettivi di qualità dei corpi idrici definiti dalla vigente normativa e dalla pianificazione sovraordinata in recepimento della Direttiva 2000/60/CEE.

Relativamente al sistema dei vincoli e delle tutele, in relazione alle caratteristiche di vulnerabilità, criticità e potenzialità delle singole parti e dei sistemi naturali ed antropici del territorio, si riferisce che per l'area di interesse non sono presenti “Zone di tutela dei caratteri ambientali di laghi, bacini e corsi d'acqua” (Art. 40, ex art. 11).

Per quanto attiene la tutela qualitativa e quantitativa delle risorse idriche superficiali e sotterranee, l'area ricade invece nelle “Zone di protezione delle acque sotterranee nel territorio di pedecollina-pianura” (Art. 82), per cui sono previste la tutela qualitativa e quantitativa delle risorse idriche sotterranee, in riferimento all'utilizzo idropotabile delle medesime.

Come si evince dalla Carta delle tutele delle acque sotterranee e superficiali (P10a-219NO) in scala 1:25.000 (**Figura 7**), l'area rientra nel **Settore B** ovvero in **aree caratterizzate da ricarica indiretta della falda**, generalmente comprese tra la zona A (aree caratterizzate da ricarica della falda) e la media pianura, idrogeologicamente identificabili come sistema debolmente compartimentato in cui alla falda freatica superficiale segue una falda semiconfinata in collegamento per drenanza verticale.

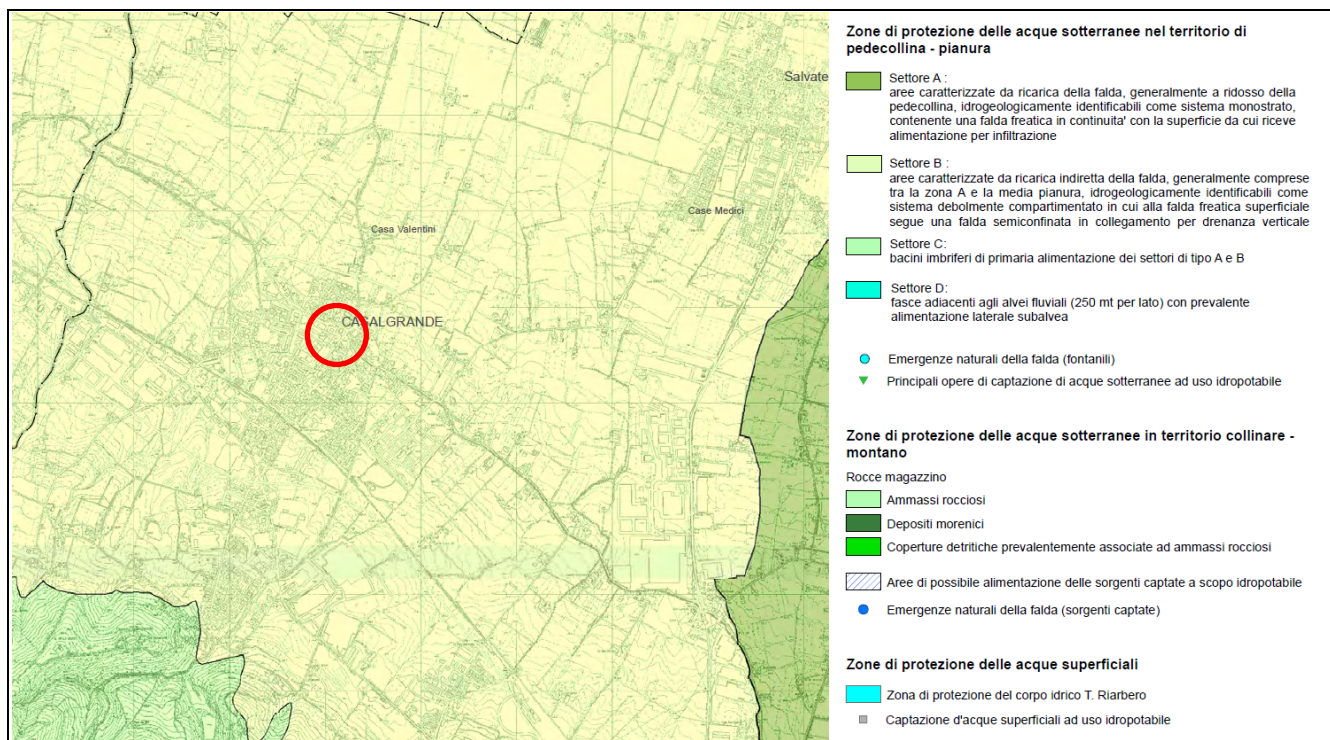


Figura 7 Carta delle tutele delle acque sotterranee e superficiali – PTCP, stralcio in scala grafica. In rosso è evidenziata l'area di interesse

Nei settori di ricarica di tipo A, B, C, e D vanno rispettate le disposizioni dell'art. 45 delle norme del PTA e valgono le disposizioni generali e per settore rivolte al risparmio idrico di cui all'art. 85 e dell'art. 82 delle norme di attuazione del PTCP.

I Comuni in sede di formazione e adozione degli strumenti urbanistici generali o di varianti di adeguamento al presente Piano, recepiscono le direttive a seconda delle classi di infiltrazione potenziale comparativa alta, media e bassa, come riportate nella tavola P10c (**Figura 8**).

L'area in esame ricade all'interno delle zone di protezione delle acque sotterranee del territorio di pedecollina-pianura, nella **classe di infiltrazione media**, la quale prevede la disciplina sulla prevenzione, messa in sicurezza o riduzione del rischio relativa ai centri di pericolo di cui all'art. 45, comma 2, lett. a2) e il rispetto delle disposizioni di cui al comma 2, lettera b, delle norme del PTA, riportata e dettagliata all'Allegato 9 delle norme.

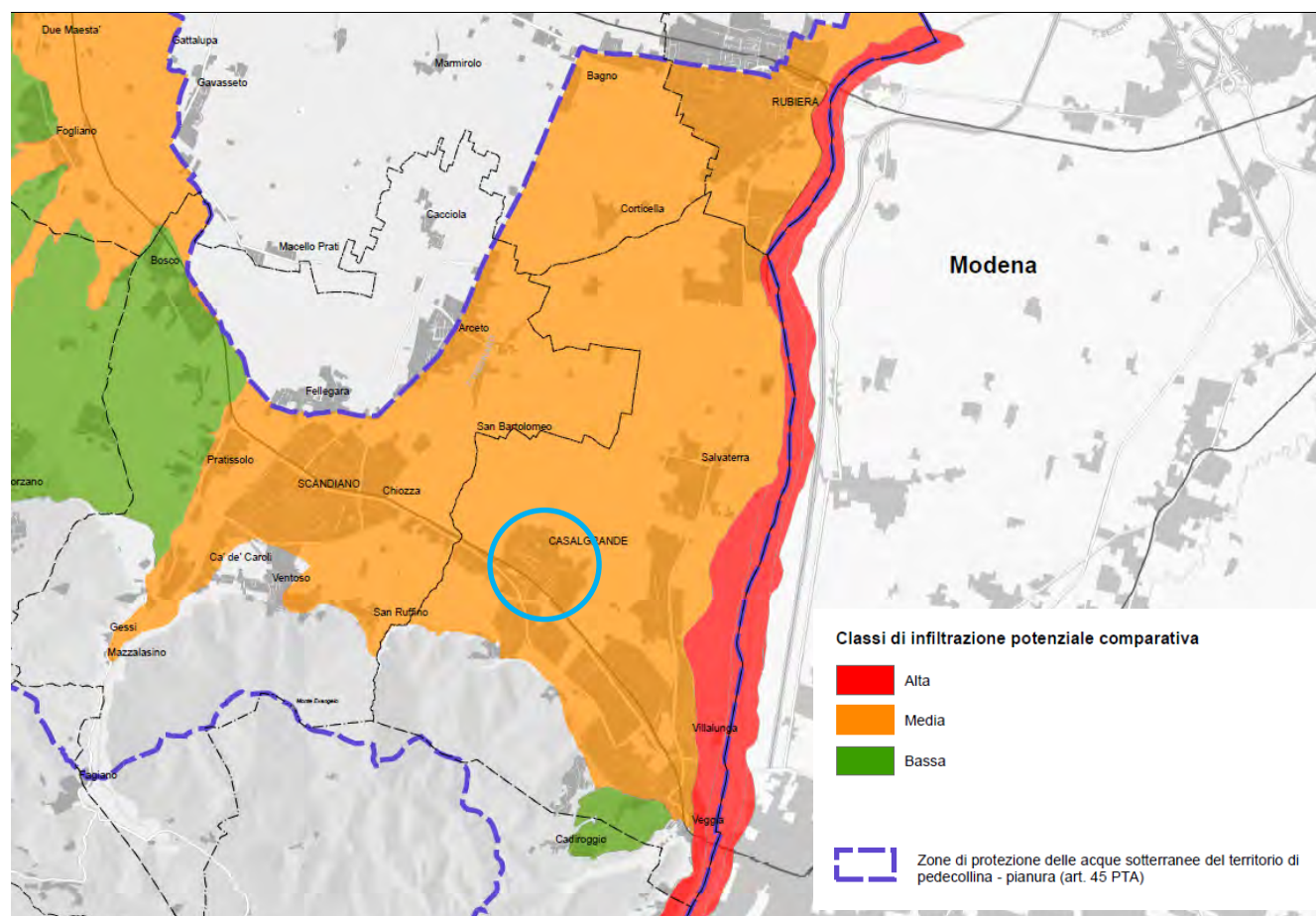


Figura 8: Carta dell'infiltrazione potenziale comparativa per la pianificazione urbanistica comunale (Tavola P10c) – PTCP, stralcio in scala grafica. In azzurro è evidenziato il territorio d'interesse

Inoltre, come riportato nell'Art. 82, comma 3, lettera d, punto 4, del PTCP, nei settori di ricarica di tipo B, i nuovi sistemi fognari pubblici e quelli realizzati dai soggetti attuatori degli interventi previsti dalla pianificazione urbanistica comunale devono essere realizzati con tecnologie e materiali atti a garantirne la tenuta, con particolare riferimento al collegamento tra il collettore e i pozzetti d'ispezione, al fine di precludere ogni rischio d'inquinamento. Le medesime garanzie costruttive debbono essere riservate anche agli altri manufatti in rete (es. impianti di sollevamento ecc.) e alle strutture proprie degli impianti di depurazione. Per tutte le reti ed i manufatti fognari pubblici dovrà essere prevista una verifica della tenuta idraulica. I regolamenti urbanistici comunali dovranno contenere disposizioni in tal senso.

4.6 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA

La componente pericolosità del rischio sismico dipende:

- dalle caratteristiche sismiche dell'area, cioè dalle sorgenti sismiche, dall'energia, dal tipo e dalla frequenza dei terremoti; questi aspetti sono comunemente indicati come “pericolosità sismica di base”;
- dalle caratteristiche geologiche e morfologiche del territorio, in quanto alcuni depositi e forme del paesaggio possono modificare le caratteristiche del moto sismico in superficie e costituire aspetti predisponenti al verificarsi di effetti locali quali fenomeni di amplificazione o di instabilità dei terreni (cedimenti, frane, fenomeni di liquefazione); questi aspetti sono comunemente indicati come “pericolosità sismica locale”.

4.6.1 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE: SISMICITÀ DEL TERRITORIO

La pericolosità sismica di base, intesa in senso probabilistico, è lo scuotimento del suolo atteso in un dato sito con una certa probabilità di eccedenza in un dato intervallo di tempo, ovvero la probabilità che un certo valore di scuotimento si verifichi in un dato periodo.

Questo tipo di stima si basa sulla definizione di una serie di elementi di input (quali catalogo dei terremoti, zone sorgente, relazione di attenuazione del moto del suolo, ecc.) e dei parametri di riferimento (scuotimento in accelerazione o spostamento, tipo di suolo, finestra temporale, ecc.).

La valutazione del rischio sismico prevede di verificare la collocazione del territorio di interesse nell'ambito della zonazione sismogenetica del territorio nazionale, la quale si basa sull'analisi cinematica degli elementi geologici. La zonazione sismogenetica del territorio nazionale, chiamata ufficialmente ZS9, che identifica le zone sorgente a caratteristiche sismiche omogenee, elaborata da I.N.G.V. (2003), colloca il territorio del comune di Casalgrande al confine tra la **zona sismogenetica 912**, denominata “Dorsale Ferrarese” e la **zona sismogenetica 913**, denominata “Appennino Emiliano” (**Figura 9**). Le zone 913 e 912 sono quelle con un potenziale sismico tale da generare effetti non trascurabili nel territorio di interesse. Come riportato nella “Relazione illustrativa MS” del comune di Casalgrande, la zona sismogenetica “913” è caratterizzata da movimenti prevalentemente compressivi in direzione NW e da meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo, che interrompono la continuità longitudinale delle strutture attive con la maggior parte dei terremoti che si verificano a profondità in genere comprese tra 12 e 20 km. La zona 912 rappresenta, invece, la porzione più esterna, sepolta dai sedimenti alluvionali, della fascia in compressione dell'arco appenninico settentrionale, ed è caratterizzata da terremoti che avvengono in genere a profondità comprese tra 5 e 8 km. Sulla base dei meccanismi focali, i valori di magnitudo massima previsti sono pari a $M_{wmax} = 6,14$ per la ZS912 e $M_{wmax} = 5,91$ per la ZS913.

Altre zone sismogenetiche al contorno vengono considerate poco influenti pur generando terremoti con magnitudo a volte anche elevata (ad es. la zona 915).

Le citate zone sono principalmente collegate a meccanismi focali compressivi e trascorrenti, che si originano dal margine appenninico sino alla Dorsale Ferrarese e, seppur in modo subordinato, della sismicità della zona subalpina. Risultano secondari e subordinati i meccanismi focali distensivi.

Gli eventi sismici di maggiore intensità per l'area di interesse si sono verificati nel territorio reggiano, parmense, frignano, modenese, la pianura emiliana e la Lunigiana, con ipocentri concentrati prevalentemente nei primi 10/15 km del sottosuolo (attività sismogenetica di tipo superficiale); la distribuzione degli ipocentri focali che si generano tra -15 e -40 km dal piano campagna, è simile a quella più superficiale ma contraddistinta da intensità e frequenza inferiori.



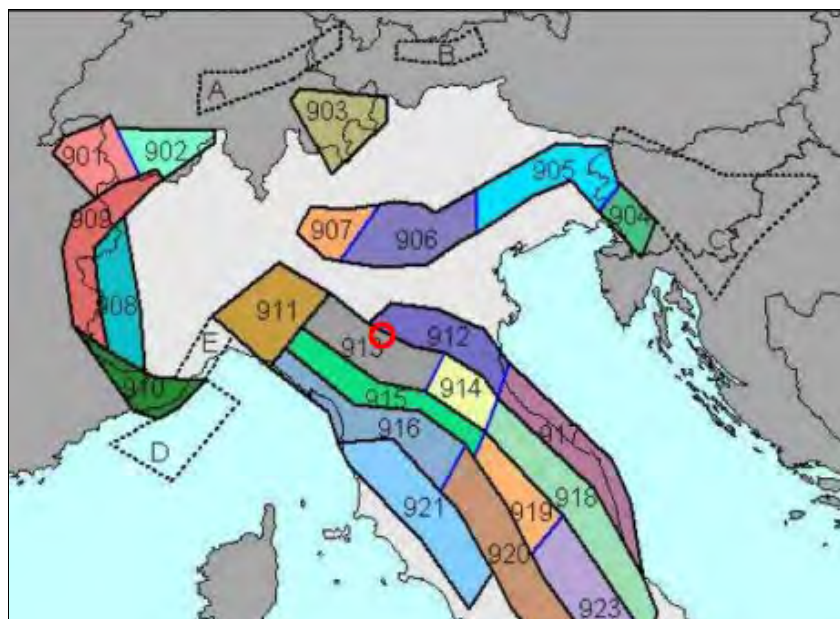


Figura 9: Zonazione sismogenetica ZS9. Immagine tratta dalla “Relazione illustrativa MS” del comune di Casalgrande

Come definito sulla base della pericolosità sismica dall’OPCM n. 3274 / 2003, il comune di Casalgrande è classificato come Zona 2 (**Figura 10**), ovvero come zona a sismicità media.

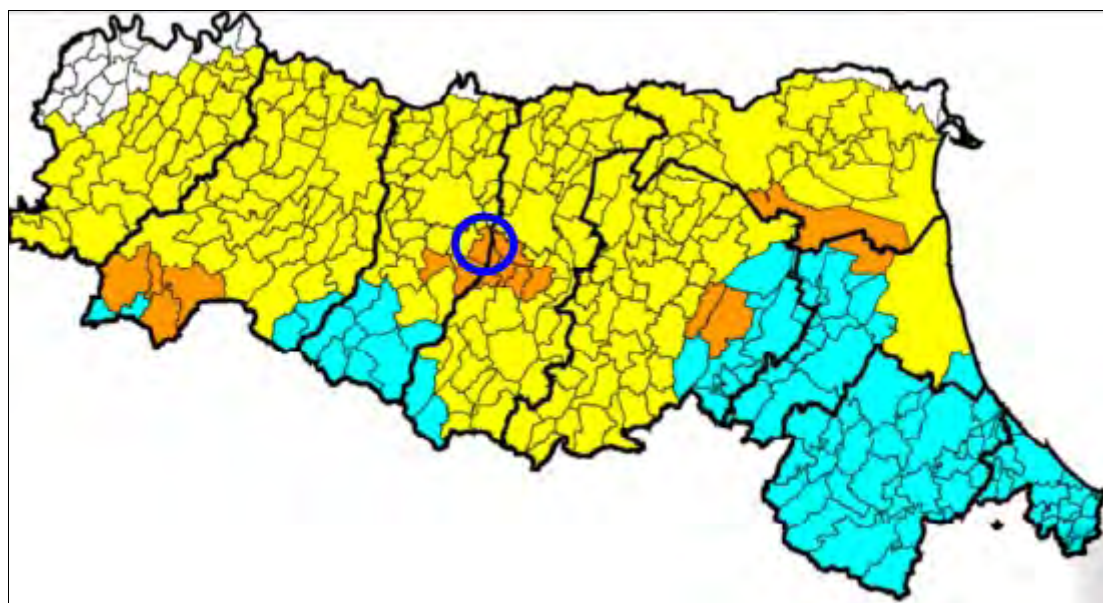


Figura 10: Riclassificazione sismica dell’Emilia-Romagna a seguito dell’OPCM n° 3274/2003. Immagine tratta dalla “Relazione illustrativa MS” del comune di Casalgrande

L’Ordinanza PCM 3519/2006 ha indicato i Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone. A tale ordinanza è allegata la Mappa di Pericolosità Sismica di riferimento a scala nazionale (progetto DPC-INGV-S1) nella quale è possibile verificare che il territorio di interesse è compreso nell’area caratterizzata da valori dell’accelerazione massima al suolo (a_{max}), con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli molto rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat. A, All. 2, 3.1), **compresi tra 0,150 e 0,175 g**.

La Regione Emilia-Romagna, in data 02-05-2007, ha approvato la Del. n. 112 “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica.”; in All. A4 sono riportati i valori di accelerazione max, espressa sempre in frazione dell’accelerazione di gravità g ($arefg$), per ogni comune della Regione. Per il Comune di **Casalgrande** risulta **$arefg=0,162$** .

Con l’aggiornamento apportato dalla DGR n.2193/2015 la Regione Emilia-Romagna ha disposto che la pericolosità sismica sia valutata a partire dai valori di arefg elaborati da INGV per il territorio nazionale, resi disponibili per il territorio regionale sui punti di una griglia con passo 0,05 gradi, e disponibili nel sito web del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, tema “Sismica – Microzonazione Sismica”. Il valore di arefg relativo al sito analizzato si ottiene interpolando i valori di arefg definiti nei punti della griglia più prossimi al sito oppure utilizzando il valore del punto della griglia più vicino. A tal riguardo, per il sito di interesse si è ottenuto il valore **arefg=0,162**.

Le Nuove NTC (2018), col sostegno dei risultati del progetto S1-INGV, consentono di definire la pericolosità sismica di base attraverso le forme spettrali per differenti periodi di ritorno T_R , a iniziare dai valori dei parametri:

a_g accelerazione orizzontale massima;

F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per la definizione della pericolosità si fa riferimento a 4 stati limite per l’azione sismica (SLO, SLD, SLV, SLC), al cui crescere fanno corrispondere una progressiva crescita del danneggiamento dell’insieme di struttura, elementi non strutturali ed impianti. A seconda delle caratteristiche prestazionali richieste alla generica costruzione si possono ricavare l’accelerazione del suolo a_g e le forme dello spettro di risposta di progetto per ciascun sito, costruzione, situazione d’uso, stato limite.

A partire dalle coordinate geografiche e caratteristiche prestazionali del manufatto di interesse, facendo riferimento alla media pesata dei valori che si riferiscono a quattro punti del reticolo che comprendono l’area in oggetto (coordinate espresse in ED50):

Sito in esame

latitudine: 44,590660
longitudine: 10,739608
Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 16277	Lat: 44,6017	Lon: 10,6826	Distanza: 4682,502
Sito 2	ID: 16278	Lat: 44,6034	Lon: 10,7527	Distanza: 1752,656
Sito 3	ID: 16500	Lat: 44,5534	Lon: 10,7550	Distanza: 4319,868
Sito 4	ID: 16499	Lat: 44,5518	Lon: 10,6849	Distanza: 6123,478

si è potuto risalire ai seguenti valori dei parametri e agli spettri di risposta per diversi stati limite:

Operatività (SLO):		Danno (SLD):	
Probabilità di superamento:	81 %	Probabilità di superamento:	63 %
Tr:	30[anni]	Tr:	50[anni]
a_g :	0,051 g	a_g :	0,064 g
F_o :	2,478	F_o :	2,491
T_c^* :	0,251 [s]	T_c^* :	0,265 [s]
Salvaguardia della vita (SLV):		Prevenzione dal collasso (SLC):	
Probabilità di superamento:	10 %	Probabilità di superamento:	5 %
Tr:	475[anni]	Tr:	975[anni]
a_g :	0,163 g	a_g :	0,205 g
F_o :	2,375	F_o :	2,386
T_c^* :	0,289 [s]	T_c^* :	0,303 [s]



4.6.2 PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE E MICROZONAZIONE SISMICA

Le azioni sismiche definite in precedenza su scala territoriale possono assumere, anche a distanze di poche decine di metri, caratteristiche differenti in funzione delle diverse condizioni geologiche che caratterizzano un dato ambito locale (morfologia superficiale, morfologia del substrato roccioso sepolto, presenza e profondità della falda freatica, costituzione e proprietà del sottosuolo, presenza di faglie, ecc.). Si possono così avere effetti temporanei, che cessano quando cessa il terremoto (es. amplificazione del moto sismico), e, in caso di forti terremoti, modifiche permanenti del paesaggio (frane, rotture del terreno, cedimenti, ecc.).

La microzonazione sismica si propone di studiare e valutare quantitativamente l'influenza che le condizioni geologiche locali hanno sui movimenti del suolo durante un evento sismico.

L'elemento base della microzonazione sismica è la valutazione della “risposta sismica locale” (RSL). Con tale termine s'intende l'insieme delle modifiche in intensità, ampiezza e frequenza, che un moto sismico relativo ad una formazione rocciosa di base (bedrock), posta ad una certa profondità nel sottosuolo, subisce attraverso gli strati di terreno sovrastanti fino alla superficie.

La microzonazione sismica è quindi uno strumento di riduzione del rischio che si attua nel rispetto di specifiche normative nazionali e regionali e che viene applicato fino dalle prime fasi della pianificazione urbanistica.

Gli aspetti e i principi fondamentali degli studi di MS sono:

- 1) definizione degli scenari di pericolosità sismica locale, cioè identificazione delle parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.);
- 2) suddivisione del territorio in zone a diversa pericolosità sismica locale e stima quantitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti nelle aree indagate (“Microzonazione Sismica”, MS);
- 3) tre livelli di approfondimento a seconda delle finalità e delle condizioni di pericolosità sismica locale;
- 4) gli studi di MS fanno riferimento ad un periodo di ritorno dell'evento atteso di 474 anni (probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni).

Gli studi di Microzonazione Sismica (MS) consentono quindi di caratterizzare il territorio in base alla risposta sismica locale, cioè al comportamento del terreno durante e dopo il terremoto, individuando e delimitando le aree a comportamento omogeneo, distinguendo tra:

- zone stabili,
- zone suscettibili di amplificazione del moto sismico,
- zone soggette a instabilità, quali frane, fratturazioni superficiali e liquefazioni.

La Regione Emilia-Romagna per la programmazione territoriale e di pianificazione territoriale ed urbanistica ha recepito i numerosi studi di microzonazione sismica finora realizzati, tra cui lo Studio di microzonazione sismica di II livello del Comune di Casalgrande, in attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77.

I risultati dello studio di microzonazione sismica del Comune di Casalgrande sono stati approvati dalla RER nel 2015 e pubblicati dal Comune in un documento con allegate diverse tavole, tra cui le Mappe delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica, le Mappe delle Frequenze Naturali dei terreni e le Mappe dei Fattori di Amplificazione in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA₀), sia di rapporto di Intensità di Housner (SI/SI₀) per prefissati intervalli di periodo.

4.6.3 MICROZONAZIONE SISMICA – PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Il **Comune di Casalgrande** attraverso lo strumento urbanistico del PSC, nell’ambito dello studio sismico del territorio, ha redatto una serie di documenti di riferimento, tra cui la *carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)*, in scala 1: 10000, di I livello di approfondimento. La cartografia prodotta ha consentito di caratterizzare il territorio in base alla risposta sismica locale.

Come si evince dalla mappa delle MOPS di **Figura 11**, l’area di interesse ricade nella **ZONA 5** (zona stabile suscettibile di amplificazioni locali) da cui deriva la seguente descrizione tipologica: *successione stratigrafica costituita da depositi di argille limose con intercalazioni di livelli ghiaiosi in matrice limo-argillosa e limo-sabbiosa. A profondità variabili da -10 a -20 metri da p.c. è presente un orizzonte ghiaioso addensato poggiante su depositi sabbioso-ghiaiosi di ambiente costiero.*

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

Microzonazione sismica: sono richiesti approfondimenti di II livello.

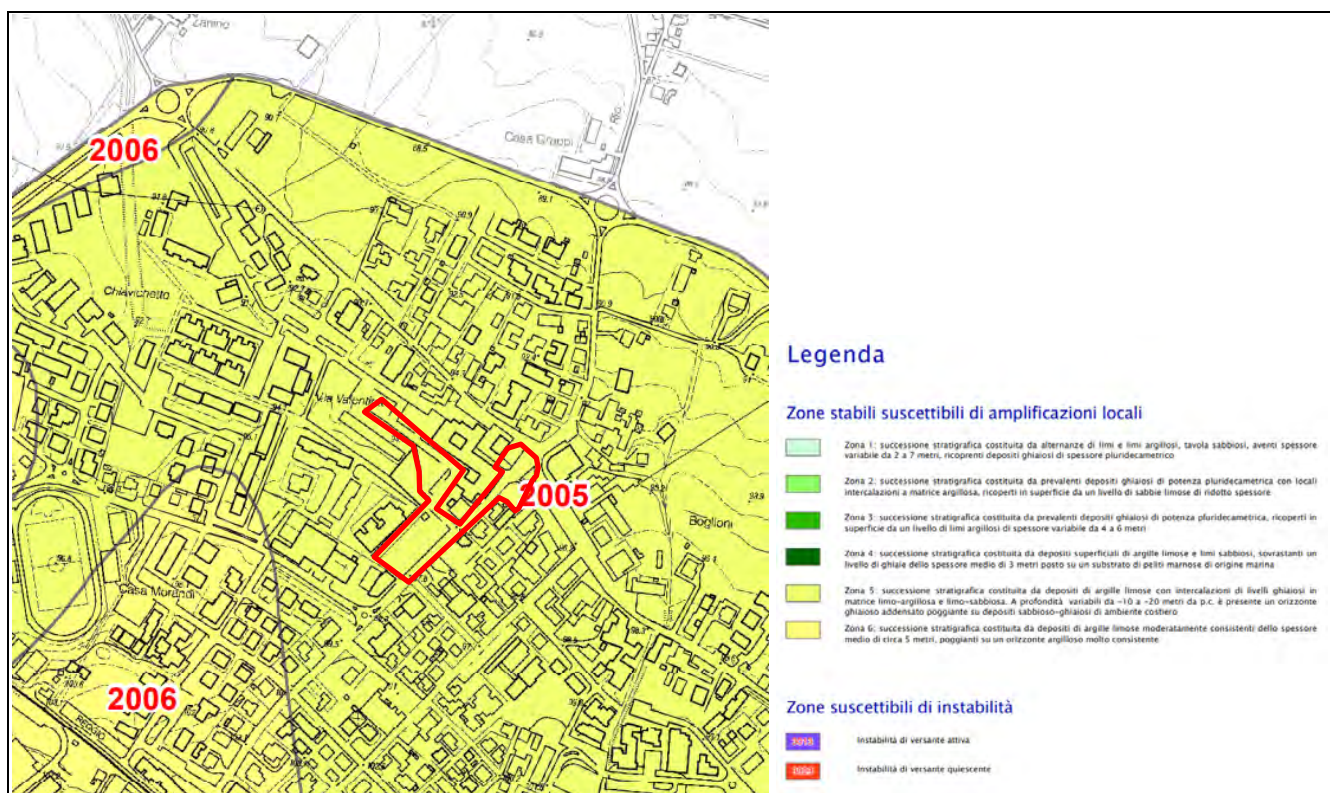


Figura 11: Carta delle MOPS (a sinistra), tratta dal PSC del Comune di Casalgrande (stralcio in scala 1:10000). In rosso è evidenziato il comparto di studio

4.6.4 MICROZONAZIONE SISMICA – SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Il Comune di Casalgrande, sempre nell’ambito del PSC, sulla base di dati geologici e geomorfologici di dettaglio, prove geofisiche e geotecniche in situ, ha prodotto uno studio di secondo livello di approfondimento del territorio comunale, con particolare attenzione alle aree urbanizzate, a quelle suscettibili di trasformazioni urbanistiche e lungo le fasce a cavallo delle reti infrastrutturali principali. Tra gli elaborati dello studio di microzonazione sismica, di sicuro interesse per il presente progetto c’è la Carta di microzonazione sismica (*livello 2*) dei fattori di amplificazione – F.a. P.G.A. (**Figura 12**).

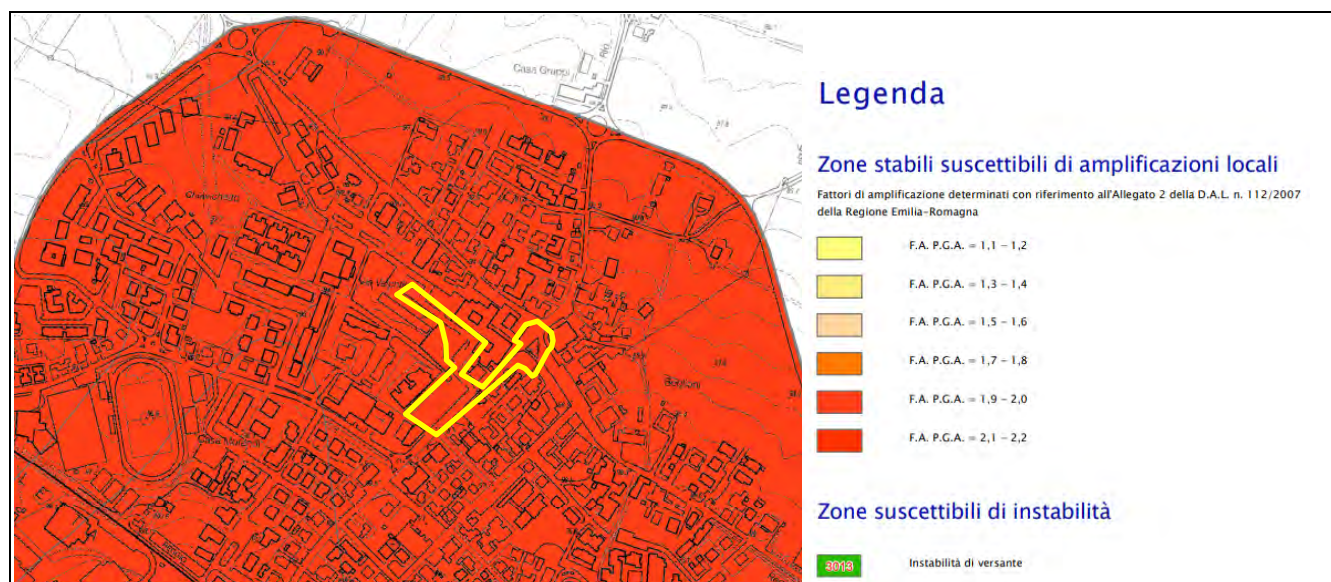


Figura 12: carta dei F.A.PGA. In giallo è evidenziata l'area di interesse

Lo studio definisce la ricostruzione del modello del sottosuolo e della carta delle frequenze ipotizzando il bedrock sismico situato a profondità maggiori di -100 m da p.c. nel settore centrale e settentrionale del territorio comunale. Viceversa, nel settore meridionale viene ipotizzato il bedrock sismico a profondità minori di 50 m dal p.c.

Per la definizione dell'amplificazione sono state utilizzate le tabelle e le formule indicate dell'Allegato A2 degli indirizzi regionali (Delibera dell'Assemblea Legislativa Regione Emilia- Romagna n° 112 del 2 maggio 2007), tra cui la tabella “Pianura 2” per il settore centrale e settentrionale del territorio comunale, mentre per il settore meridionale è stata utilizzata la tabella “Appennino e margine appenninico-padano”, con substrato marino caratterizzato da $V_s < 800$ m/s.

Non sono stati considerati fattori di amplificazione topografici dal momento che le porzioni del Comune oggetto di microzonazione ricadono sempre in aree con inclinazione inferiore a 15° .

Per la zona 5 i valori di riferimento della V_{s30} determinati sulla base delle classi di velocità contenute nelle tabelle dell'Allegato A2 degli indirizzi regionali è la seguente:

- Zona 2005 _ $V_{sH} = 340$ m/s con $H = 20$ m.

Per quanto riguarda i fattori di amplificazione della PGA (FPGA) e di $FA_{P.G.A.}$; $FA_{SI_{0,1-0,5s}}$; $FA_{SI_{0,5-1,0s}}$ si hanno per l'area di studio i seguenti valori:

F.A.	Range:
P.G.A.	1,9 – 2,0
Fa_{IS} relativi a:	Range:
0,1 - 0,5 sec	1,9 – 2,0
0,5 - 1,0 sec	1,5-1,6

5. CARATTERIZZAZIONE DI DETTAGLIO DEL SITO MEDIANTE INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

Una volta valutato l'intervento in progetto, in relazione alle criticità riscontrate nei precedenti livelli di approfondimento, sono state analizzate tutte le indagini e gli studi di repertorio volti a supportare i successivi gradi approfondimento richiesti dalle normative di riferimento. A tal fine sull'area di intervento si sono considerate le seguenti indagini rappresentative eseguite dallo scrivente:

- n.1 prova penetrometrica statica CPT;
- n.2 prove di sismica passiva (TR) mediante la metodologia HVSR.

L'ubicazione generale delle indagini considerate nel presente studio è riportata in **Figura 13**.



Figura 13: Ubicazione delle indagini considerate. In arancione è evidenziata l'area di studio e in verde l'area di esecuzione delle prove di riferimento

5.1 PROVE PENETROMETRICHE: ATTREZZATURA ED ELABORAZIONE

L'attrezzatura utilizzata si compone di un penetrometro statico Pagani da 100 kN montato su carro cingolato. Il segnale elettrico generato dalla cella di pressione durante l'infissione della CPT viene opportunamente condizionato e amplificato dalla centralina di acquisizione e visualizzato su di un display digitale a quattro cifre.

Le caratteristiche dello strumento impiegato per i sondaggi sono le seguenti:

- punta meccanica	Begemann;	- parametri registrati:	Rp (resistenza alla punta); Rl (resistenza attrito-laterale);
- spinta	100 kN;	- area punta	10 cm ² ;
- intervalli di misura	20 cm;	- angolo alla punta	60°.

La prova penetrometrica statica CPT (Cone Penetration Test) viene realizzata infiggendo nel terreno, alla velocità di 2 cm/sec, la punta meccanica Begemann. La punta presenta alla sua estremità inferiore un cono avente un angolo al vertice di 60°, un diametro alla base di 36 mm e quindi un'area di base di 10 cm². Esso supporta lungo il suo stelo un manicotto d'attrito, la cui superficie laterale è di 150 cm². I parametri geotecnici della prova sono stati ottenuti mediante la lettura di campagna relativa all'infissione della sola punta (Rp), e mediante la lettura dell'infissione della punta e del manicotto (Rl). Si sono ottenuti così i valori di resistenza alla punta (q_c) e di resistenza laterale locale (f_s), espressi in MPa, per ogni 20 cm di terreno attraversato. Dal rapporto q_c / f_s si è potuta effettuare una valutazione della litologia.

5.2 PROVA MICROTREMORE A STAZIONE SINGOLA: ATTREZZATURA ED ELABORAZIONE

Le misure puntuali ad alta risoluzione di sismica passiva eseguite con tromografo digitale sono finalizzate all'elaborazione degli spettri di base ed analisi HVSR del sottosuolo. Tale strumento misura il rumore di fondo e lo utilizza come funzione di eccitazione per identificare in maniera passiva, non invasiva e rapida le frequenze di risonanza del sottosuolo, che sono in relazione diretta con l'amplificazione sismica, oggi considerata da molti la prima causa di danno e distruzione durante un terremoto (Mulargia et al., 2007).

Il rumore di fondo (microtremore), presente ovunque sulla superficie terrestre ed associato sia a fenomeni atmosferici che all'attività antropica, è relativo ad oscillazioni molto piccole (10^{-15} m/s²), con componenti spettrali che vengono scarsamente attenuate nello spazio e misurabili con tecniche di acquisizione dette passive.

Tutte le onde elastiche dalla sorgente al sito, subiscono modifiche al loro tragitto ed attenuazioni in relazione alla natura del sottosuolo attraversato. Le informazioni stratigrafiche contenute nei microtremori sono sovrapposte al rumore casuale e possono essere estratte attraverso metodologie come quella di Nakamura dei rapporti spettrali (HVSR – horizontal to vertical spectral ratio). Tale tecnica è utilizzata per la determinazione dell'amplificazione sismica locale e per stimare le frequenze principali di risonanza del sottosuolo, dati molto utili anche per la progettazione ingegneristica delle strutture (Castellaro, 2012).

Il metodo considera i microtremori come composti in massima parte da onde di superficie (di Rayleigh) nelle componenti orizzontali e verticali, che vengono amplificate per effetto di sito a causa della presenza di discontinuità stratigrafiche nel sottosuolo. È quindi possibile ricostruire la forma spettrale del microtremore, in cui i picchi alle diverse frequenze rappresentano il rapporto tra la componente orizzontale e verticale dei segnali registrati.

Per la campagna di indagine è stato utilizzato uno strumento della ditta SARA Electronic Instruments srl denominato Sara Geobox con sensore Sara SS45PACK, con sensore integrato da 4,5 Hz.

L'acquisizione dei dati è stata effettuata alla frequenza di 300 Hz con un tempo di singola registrazione pari a 20 minuti.

Le registrazioni sono state elaborate utilizzando un modulo del software “GeoExplorer HVSR 2.0.0 Alfa version” per la modellazione delle curve H/V nell'intervallo 0,0 – 128 Hz, impostando una larghezza delle finestre di analisi tra 25 e 40 secondi, e lisciamento secondo una finestra triangolare con ampiezza pari al 20%.

6. RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA SULLE INDAGINI

La ricostruzione della stratigrafia del sottosuolo, finalizzata alla creazione del modello geologico è stata ottenuta mediante un rilievo geologico-geomorfologico, la consultazione delle note bibliografiche disponibili e acquisendo i dati di prove penetrometriche.

In relazione alle esigenze progettuali e alle caratteristiche di resistenza del terreno, l'indagine geognostica è stata spinta fino ad una profondità massima di -9.0 m. Durante l'esecuzione delle indagini non si sono riscontrate anomalie di funzionamento delle apparecchiature sia meccaniche che digitali.

6.1 MODELLO GEOLOGICO-LITOSTRATIGRAFICO DEL TERRENO

Si è realizzato un modello geologico e litostratigrafico del sottosuolo, mediante la suddivisione del terreno in strati come segue:

- dal piano campagna e fino a -1,6 m di profondità è presente del terreno costituito da argilla, limo e sabbia in proporzioni variabili. Lo strato si presenta sovraconsolidato in superficie. Da -1,6 m a -3,8 m da p.c. sono presenti litologie argilloso limose e limo argillose sovraconsolidate, con un grado di consistenza medio-elevato. Sottili lenti limoso sabbiose fini si frappongono al materiale argilloso, con spessore perlopiù trascurabile. Da tale profondità e fino alla quota di -5,6 m da p.c. è presente argilla debolmente limosa e sabbiosa con un grado di consistenza medio, in graduale diminuzione con la profondità, al contatto con gli strati sottostanti. Da -5,6 m a -8,4 m di profondità si rileva uno strato a comportamento misto (granulare e coesivo) costituito prevalentemente da limo sabbioso e ghiaioso alternato ad argilla limosa, disposta in strati sottili (perlopiù decimetrici). Il grado di addensamento è medio-elevato, localmente molto elevato (ove presente la ghiaia). Da -8,4 m e fino alla quota di fine indagine (-9,0 m da p.c.) è presente ghiaia eterometrica in matrice limo sabbiosa, con un grado di addensamento da elevato a molto elevato.

FALDA

Il monitoraggio del livello piezometrico misurato all'interno dei fori di sondaggio ha consentito di identificare il seguente livello di falda rispetto al piano di campagna:

CPT (prof. raggiunta)	CPT (-9,0 m da p.c.)
Profondità falda	Acqua assente



6.1.1 MODELLO GEOLOGICO CPT

Sulla base dei riscontri penetrometrici si ricostruisce la seguente sequenza stratigrafica:

Unità Litostratigrafica	Prof. base strato (m)	Qc Medio (MPa)	Fs Media (MPa)	Gamma Medio (KN/m ³)	Descrizione
A	1,60	4,39	0,19	19,65	argilla sabbiosa
B	3,80	3,7	0,33	20,36	argilla limosa
C	5,60	3,31	0,21	20,14	sabbia debolmente limosa
D	8,40	5,85	0,26	20,55	sabbia argillosa
E	9,00	21,5	0,18	19,61	ghiaia sabbiosa

La verticale d’indagine può essere rappresentata graficamente come segue (**Figura 14**):

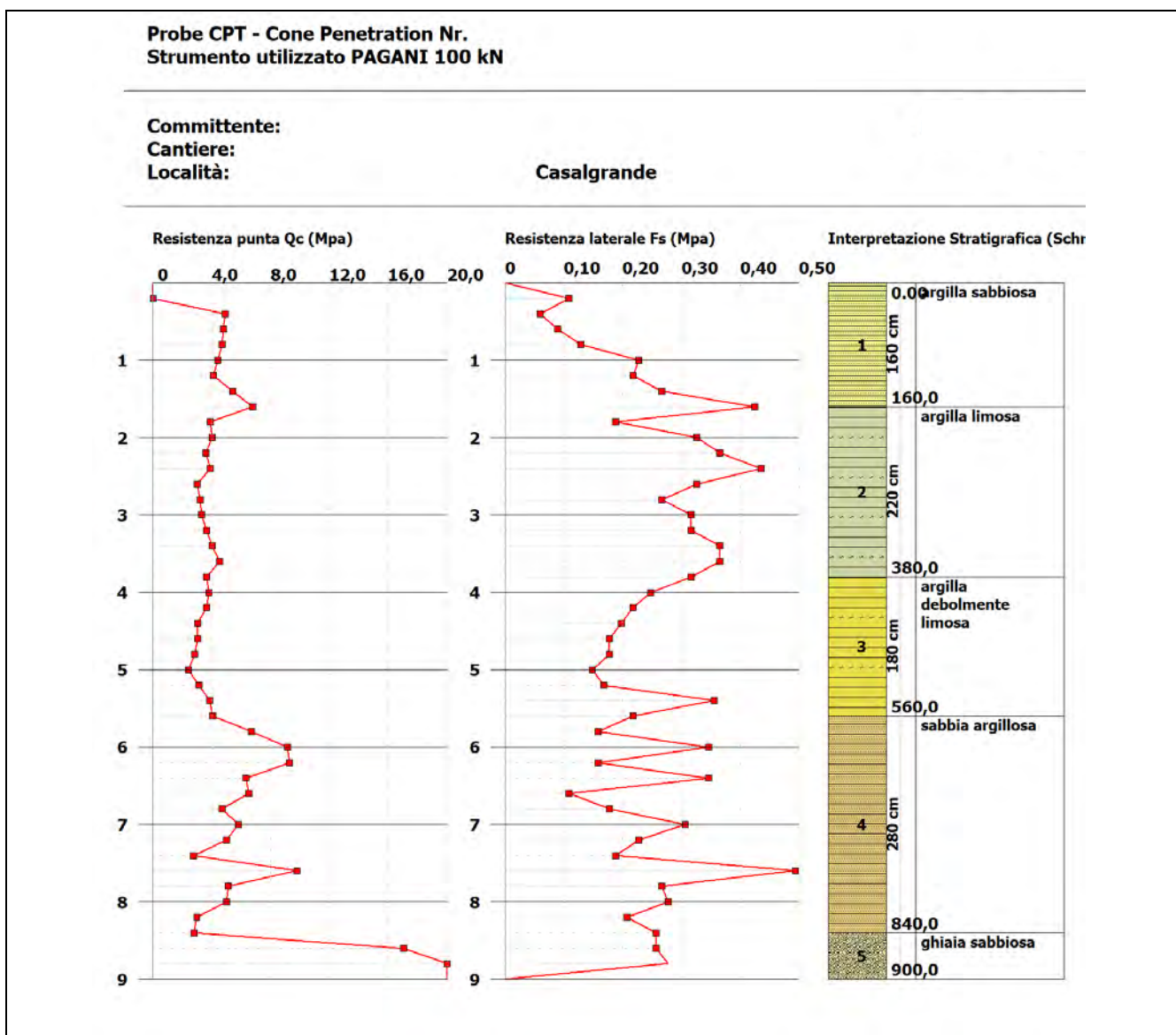


Figura 14: modello stratigrafico interpretativo della prova penetrometrica CPT

7. RELAZIONE GEOTECNICA SULLE INDAGINI

La relazione geotecnica, intesa come l'insieme delle scelte progettuali, il programma e i risultati delle indagini, la caratterizzazione e la modellazione geotecnica, unitamente ai calcoli per il dimensionamento geotecnico delle opere e alla descrizione delle fasi e modalità costruttive, basa la sua struttura su una serie di indagini geognostiche e geotecniche, in sito ed in laboratorio.

7.1 MODELLO GEOTECNICO E PARAMETRI GEOTECNICI DEL TERRENO

I valori di resistenza meccanica del terreno hanno consentito la suddivisione in strati del terreno per la creazione di un **Modello Geotecnico** per ciascuna verticale di indagine. Il modello geotecnico tiene conto dell'insieme delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni coinvolti nell'intervento in progetto, entro un volume reputato significativo. Tutti i parametri e i valori di resistenza al taglio indicati sono stati estrapolati da una “stima ragionata e cautelativa” del dato sperimentale acquisito. Le elaborazioni numeriche per conseguire informazioni geotecniche sono state effettuate con il supporto di un programma di calcolo della GeoStru Software, in licenza allo Scrivente.

7.1.1 MODELLO GEOTECNICO CPT

Si riporta per ogni strato la stima dei parametri geotecnici caratteristici:

Strato	Descrizione	Prof. base	Cu	Eu	Mo	G	Puv	PuvS	Fi	Ey
[1]	argilla sabbiosa	1,60	76,3	21,9	13,1	28,0	19,6	21,4	26,7	--
[2]	argilla limosa	3,80	63,3	18,5	11,0	25,2	19,3	21,1	--	--
[3]	argilla debolmente limosa	5,60	55,3	16,5	9,9	23,5	19,1	20,9	--	--
[4]	sabbia argillosa	8,40	85,0	29,2	17,5	33,3	19,1	21,8	26,0	--
[5]	ghiaia sabbiosa	9,00	--	--	32,2	73,9	18,6	21,5	35,8	--

Tabella - Modello Geotecnico del Terreno. Legenda:

Nr: Numero progressivo strato
Prof: Profondità strato (m)
Cu: Coesione non drenata (KPa)
Ey: Modulo di Young (MPa)
Eu: Modulo di defomazione non drenato (MPa)

G: Modulo di deformazione a taglio (MPa)
Puv: Peso unità di volume (KN/m³)
PuvS: Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Fi: Angolo di resistenza al taglio (°)
Mo: Modulo Edometrico (MPa)



8. CARATTERIZZAZIONE SISMOSTRATIGRAFICA DEL SITO

Al fine di caratterizzare l'area dal punto di vista sismostratigrafico è stata considerata una campagna di indagine geofisica comprensiva di:

- n. 2 indagini sismiche passiva con misurazione di microtremore a stazione singola TR.

L'indagine è stata interpretata con l'obiettivo di determinare la sismostratigrafia dell'area di intervento, la frequenza fondamentale del terreno, nonché la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), in riferimento al D.M. 17/01/18 (“Nuove NTC”).

I dati ottenuti dalla prospezione sismica di superficie sono stati opportunamente tarati con dati sismici, stratigrafici e litologici presenti in bibliografia (pozzi, sezioni stratigrafiche ecc.) e delle prove penetrometriche eseguite in sito. Tali indagini hanno consentito la creazione del modello sismostratigrafico del terreno, la definizione del profilo di V_s con la profondità e quindi all'analisi di risposta sismica locale del suolo di fondazione.

8.1 RISULTATI INDAGINE GEOFISICA CON TECNICA HVSR

MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO DEL TERRENO DA PROVA HVSR 1

La misura **HV n.1** con tromografo ha consentito di rilevare diversi picchi di frequenza, tra cui è stata selezionata la seguente frequenza fondamentale (diagrammi in **Figura 15a**):

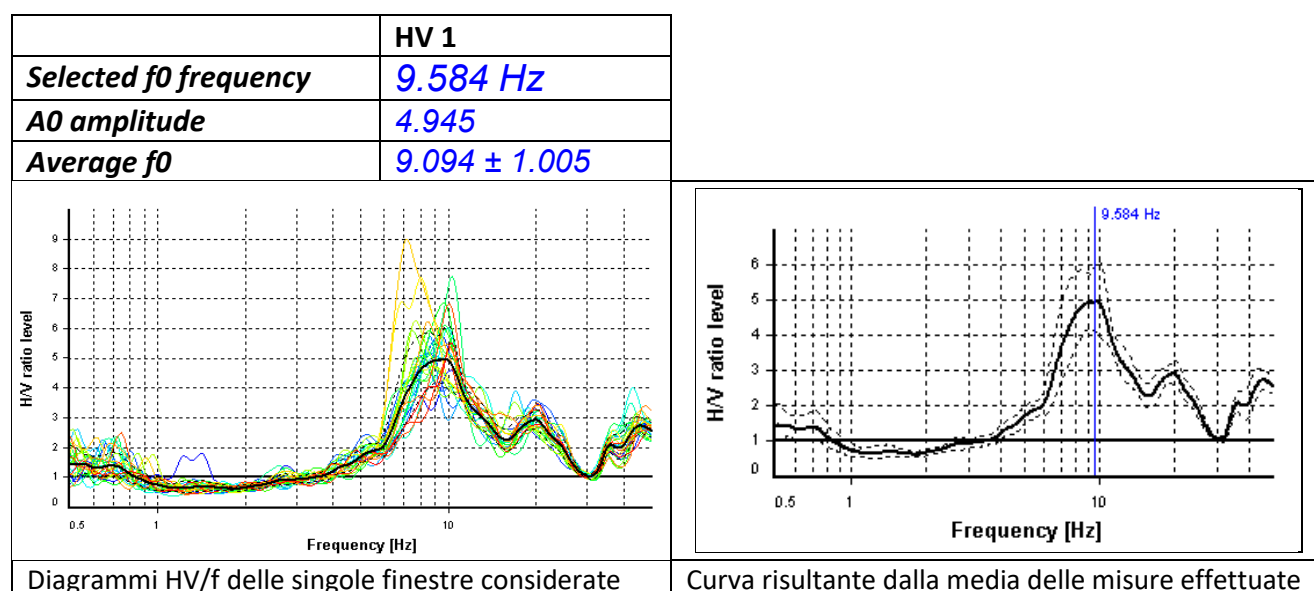


Figura 15a: diagrammi HVSR/f delle singole finestre considerate e curva risultante dalla media delle misure effettuate, con evidenziata la frequenza di picco

Il massimo rapporto spettrale H/V selezionato per il terreno naturale indica una possibile frequenza fondamentale compresa tra $9.1\text{Hz} < f_0 < 9.7\text{Hz}$, con valori del rapporto H/V poco inferiori a 5, lasciando presupporre la presenza di contrasto sismico (passaggio fra sequenza alluvionale a differente rigidità), alla profondità di -7,1 m. Sono riconoscibili altri picchi meno accentuati che evidenziano più superfici di contatto tra terreni a differente rigidità sia a quote minori sia maggiori.

Di seguito (**Figura 15b**) si riporta la sovrapposizione tra la curva sperimentale e la curva sintetica HVSR, il modello sismostratigrafico e l'andamento delle curve delle onde P ed S con la profondità.

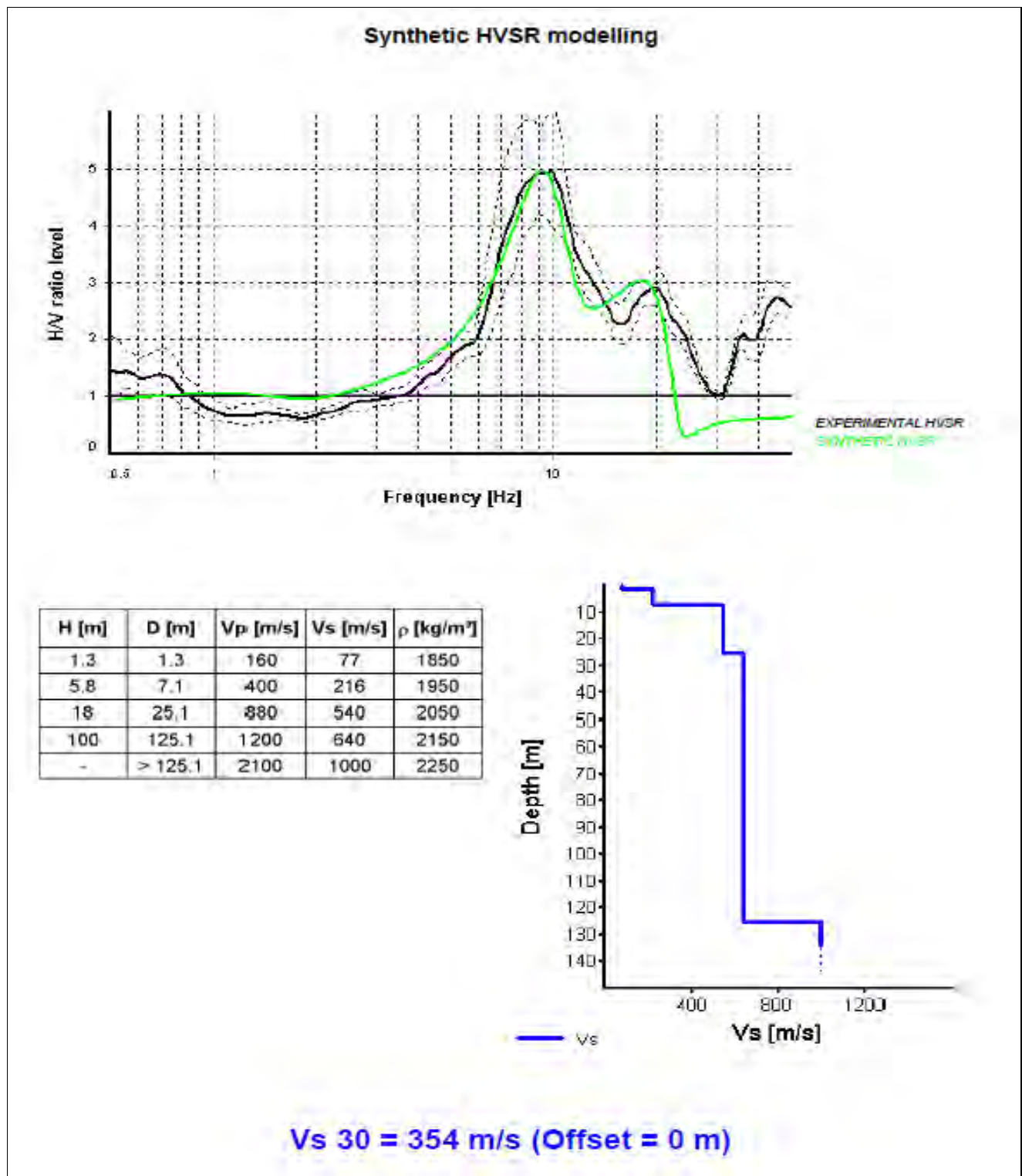


Figura 15b: curva sperimentale e la curva sintetica HVSR modello sismostratigrafico del terreno_HV1

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, di cui si riporta il valore per i primi 30 m di sottosuolo:

$$V_{s,30} = 354 \text{ m/sec (da p.c. a -30,0 m).}$$

MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO DEL TERRENO DA PROVA HVSR 2

La misura **HV n.2** con tromografo ha consentito di rilevare diversi picchi di frequenza tra cui è stata selezionata la seguente frequenza fondamentale (diagrammi in **Figura 16a**):

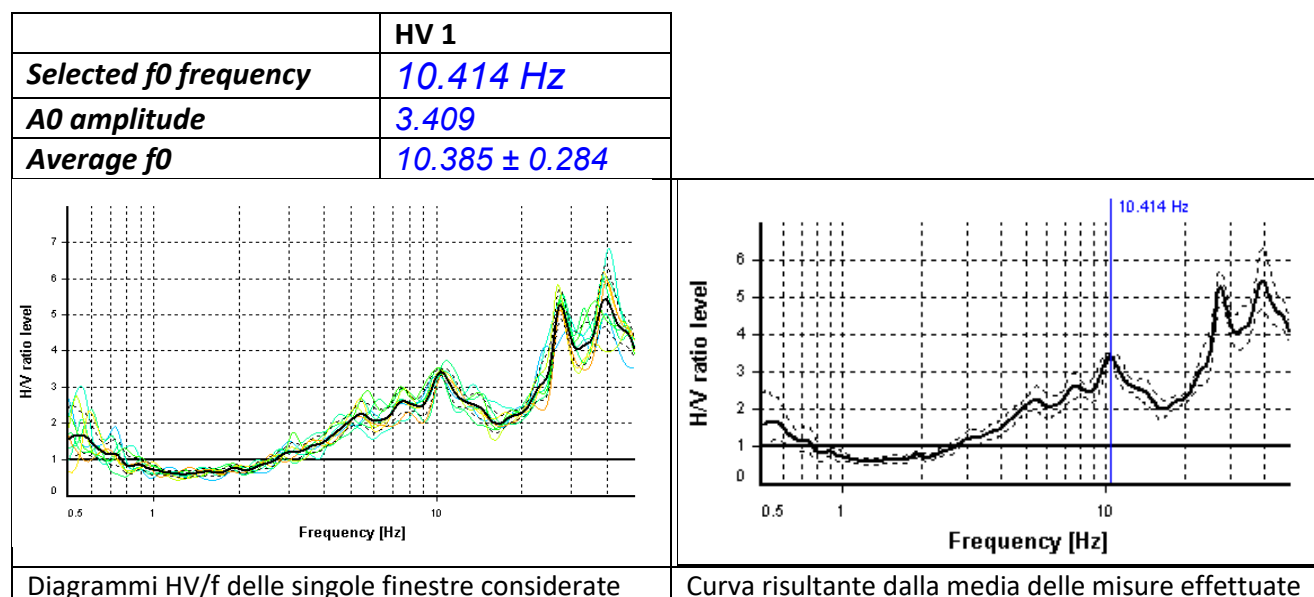


Figura 16a: diagrammi HVSR/f delle singole finestre considerate e curva risultante dalla media delle misure effettuate, con evidenziata la frequenza di picco

Il massimo rapporto spettrale H/V selezionato per il terreno naturale indica una possibile frequenza fondamentale compresa tra $10.3\text{Hz} < f_0 < 10.5\text{Hz}$, con valori del rapporto H/V pari a circa 3,5, lasciando presupporre la presenza di contrasto sismico (passaggio fra sequenza alluvionale a differente rigidità), alla profondità di -6,2 m. Sono riconoscibili altri picchi meno accentuati (a frequenza minore) e più accentuati (a frequenza maggiore) che evidenziano più superfici di contatto tra terreni a differente rigidità sia a quote maggiori sia minori.

Di seguito (**Figura 17b**) si riporta la sovrapposizione tra la curva sperimentale e la curva sintetica HVSR, il modello sismostratigrafico e l'andamento delle curve delle onde P ed S con la profondità.

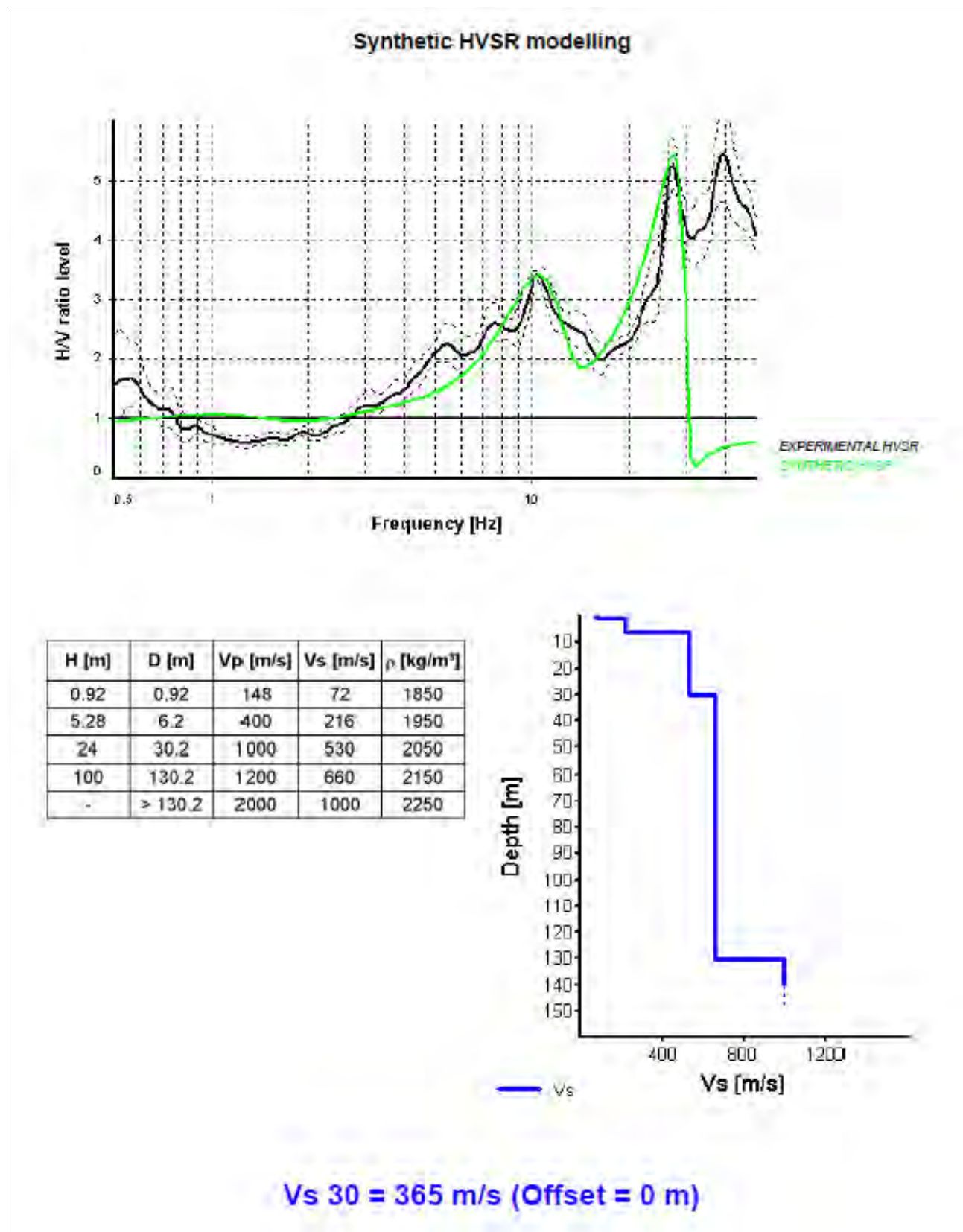


Figura 16b: curva sperimentale e la curva sintetica HVSR modello sismostratigrafico del terreno_HV2

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, di cui si riporta il valore per i primi 30 m di sottosuolo:
 $V_{s,30} = 365$ m/sec (da p.c. a -30,0 m).

8.2 MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO DEL TERRENO

I risultati delle indagini geofisiche hanno permesso la ricostruzione del modello di sottosuolo per l'analisi di risposta sismica locale. L'area indagata presenta caratteristiche sostanzialmente omogenee dal punto di vista della risposta sismica e, rispetto alle lunghezze d'onda di interesse, il sottosuolo può essere assunto monodimensionale 1D.

Limitatamente all'approccio semplificato, di cui al § 3.2.2 delle NTC 2018, ai vari sismo-strati è stato associato il valore della velocità V_s , consentendo di ottenere le seguenti V_{s30} (velocità media di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m di sottosuolo) derivanti dalle diverse prove:

HV 1 $V_{s30} = 354$ m/sec (da p.c. a -30,0 m);

HV 2 $V_{s30} = 365$ m/sec (da p.c. a -30,0 m);

Valore medio $V_{s30} \approx 359$ m/sec (da p.c. a -30,0 m).

Tenuto conto della descrizione geotecnica, di cui alla Tabella 3.2.II (categorie di sottosuolo), contenuta nelle NTC 2018, si classifica il terreno di fondazione come appartenente alla **categoria 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.”*

9. PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE - ANALISI DEL TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Sulla base degli scenari individuati si esegue il III livello di approfondimento per valutare il grado di pericolosità sismica locale ai fini della definizione della risposta sismica locale. Il terzo livello di approfondimento si attua per la valutazione dell'azione sismica in superficie.

9.1 CALCOLO DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE

Il calcolo della risposta sismica locale nelle analisi di terzo livello viene eseguito sulla base di accelerogrammi di riferimento ricavabili seguendo la procedura che si basa sui valori di pericolosità sismica elaborati da INGV per il territorio nazionale resi disponibili per il territorio regionale sui punti di una griglia con passo 0,05 gradi nel sito web del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, tema “Sismica –Microzonazione Sismica”.

SEGNALI DI INPUT

La selezione degli accelerogrammi è stata effettuata mediante il programma ASCONA (Automated Selection of Compatible Natural Accelerograms, Corigliano et al., 2012), che implementa una procedura semi-automatica per la selezione degli accelerogrammi reali sismo- e spettro-compatibili. La procedura consente di scegliere, da una banca-dati predefinita, un set di accelerogrammi naturali che soddisfano diversi criteri, con l'ulteriore condizione di spettro-compatibilità rispetto ad uno spettro di riferimento in uno specificato campo di periodi. La procedura si articola nei seguenti 4 passaggi:

1. mesozonazione del territorio in modo da raggruppare gli spettri di risposta di normativa (spettri di risposta elastici in accelerazione delle componenti orizzontali definiti dalle NTC08 ed NTC18 per sito rigido con superficie topografica orizzontale - sottosuolo di categoria 'A') associati ai nodi del reticolo di riferimento interni al territorio regionale in gruppi caratterizzati da forme spettrali simili e ampiezza limitata (questa operazione è stata effettuata indipendentemente per ciascun periodo di ritorno considerato);
2. definizione di uno spettro di risposta di riferimento ('spettro genitore') per ciascun gruppo individuato;
3. selezione di un gruppo di 7 accelerogrammi naturali spettro-compatibili per ciascuno spettro di risposta di riferimento individuato, considerando le prescrizioni delle NTC08 e NTC18 (ossia lo scarto tra lo spettro medio ottenuto dai 7 accelerogrammi e lo spettro di riferimento non deve superare una specifica soglia all'interno di un prefissato campo di periodi);
4. scalatura lineare degli accelerogrammi selezionati in modo da ottenere un gruppo di 7 accelerogrammi spettro-compatibili per uno spettro di risposta qualsiasi all'interno della Regione.

È importante sottolineare che i due aspetti chiave della procedura utilizzata sono i criteri adottati per definire i gruppi (punto 1) e gli spettri di risposta di riferimento per ciascun gruppo (punto 2). Entrambi gli aspetti sono fondamentali per contenere i fattori di scala che devono essere applicati agli accelerogrammi selezionati (punto 3) in modo da renderli spettro-compatibili ad altri spettri del gruppo, diversi dallo spettro di riferimento sul quale è basata la selezione (punto 4).

Per il sito in oggetto si sono selezionati i files di cui all'identificativo TR475_ID16278 (TR periodo di ritorno; ID nodo reticolo di riferimento); i files sono riportati di seguito:

Magnitude (Mw)	Epic. Distance (km)	Scaling Factor (SF0)	Banca dati e nome accelerogramma
6.20	29.90	2.14	ESM EU.HRZ..HNE.D.19790524.172317.C.ACC.ASC
5.74	12.57	1.40	NGA RSN146_COYOTELK_G01320.AT2
5.99	54.21	2.64	NGA RSN703_WHITTIER.A_A-VAS000.AT2
6.93	83.53	1.56	NGA RSN804_LOMAP_SSF205.AT2
6.69	38.07	1.18	NGA RSN1091_NORTHV_VAS090.AT2
6.60	31.00	0.66	KiKnet SMNH100010061330.EW2
5.90	14.40	2.79	ESM IT.SLO..HGE.D.20161026.191806.C.ACC.ASC



CODICE DI CALCOLO PER LA VALUTAZIONE DELLA RSL

Tra i diversi programmi di calcolo per eseguire modellazioni numeriche ai fini della valutazione della risposta sismica locale, si è utilizzato il programma RSL III - Versione: 2022.21.5.978 della Geostru Software, basato sul codice SHAKE 91 (SCHNABEL et al., 1972) per quanto concerne le soluzioni relative alle propagazioni delle onde di taglio. Il programma consente di effettuare analisi lineari e lineari equivalenti nel dominio delle frequenze per un sottosuolo stratificato. Il comportamento visco-elastico di ciascuno strato viene modellato usando un modulo di rigidità complesso [IDRISS e SUN, 1992; KRAMER, 1996]. Il substrato di base (bedrock), cui è applicato il segnale sismico, può essere modellato come rigido o come elastico, assegnandone in tal caso le proprietà.

Per ogni input sismico di riferimento si ottengono le storie temporali di accelerazione, velocità relativa e spostamento al tetto dei sotto-strati selezionati, oltre al fattore di amplificazione (FA).

MODELLO GEOFISICO DEL SOTTOSUOLO

Il modello numerico di risposta sismica locale è stato elaborato impostando differenti litotipi, a cui sono state associate le caratteristiche (velocità delle onde sismiche di taglio V_s ; curve di variazione dello smorzamento D e della rigidità G/G_0 in funzione della deformazione e densità in situ) che compaiono nella tabella che segue:

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Terreno	Gmax [MPa]	Peso unità vol. [kN/m ³]	V_s [m/s]	Tensione verticale [kPa]
1	1.5	1.5	Lombardia - Limi argillosi	59.45	18.0	180.0	13.5
2	3.5	2.0	Lombardia - Argille limose	75.43	18.5	200.0	45.5
3	6.0	2.5	Lombardia - Ghiaie	174.31	19.0	300.0	87.8
4	11.0	5.0	Lombardia - Limi sabbiosi	318.04	19.5	400.0	160.3
5	21.0	10.0	Lombardia - Ghiaie	733.94	20.0	600.0	309.0
6	41.0	20.0	Lombardia - Limi sabbiosi	882.90	20.5	650.0	515.9
7	66.0	25.0	Seed et al. (1986) Gravel	1048.93	21.0	700.0	762.7
8	96.0	30.0	Seed et al. (1986) Sand - Upper Bound	1232.80	21.5	750.0	1077.9
9	oo	--	Smorzamento costante	1467.89	22.5	800.0	1253.3

Il comportamento meccanico del terreno sotto azioni sismiche è quindi valutato modellando le litologie in categorie che presentano le proprietà nel modulo di taglio G/G_0 e fattore di smorzamento secondo quanto riportato in tabella (da letteratura). Le leggi di variazione del rapporto G/G_{max} e del coefficiente di smorzamento in funzione della deformazione a taglio che si sono utilizzate possono essere ritenute rappresentative dei terreni presenti nel sito oggetto di intervento. Tale modellazione è stata spinta in profondità fino a raggiungere il bedrock sismico, individuato come quello strato con velocità $V_s > 800$ m/s.

EFFETTI DELLA TOPOGRAFIA

Gli effetti topografici possono essere trascurati per pendii con inclinazione media inferiore a 15°. Devono essere calcolati nel caso di configurazioni geometriche bidimensionali e tridimensionali (cocuzzolo, cresta, dorsale allungata) di altezza (H) superiore a 30 m. Per pendii con inclinazione maggiore di 15° la risposta sismica locale deve essere incrementata di un fattore ST (coefficiente di amplificazione topografica) che può essere calcolato nel seguente modo (**Figura 17**):

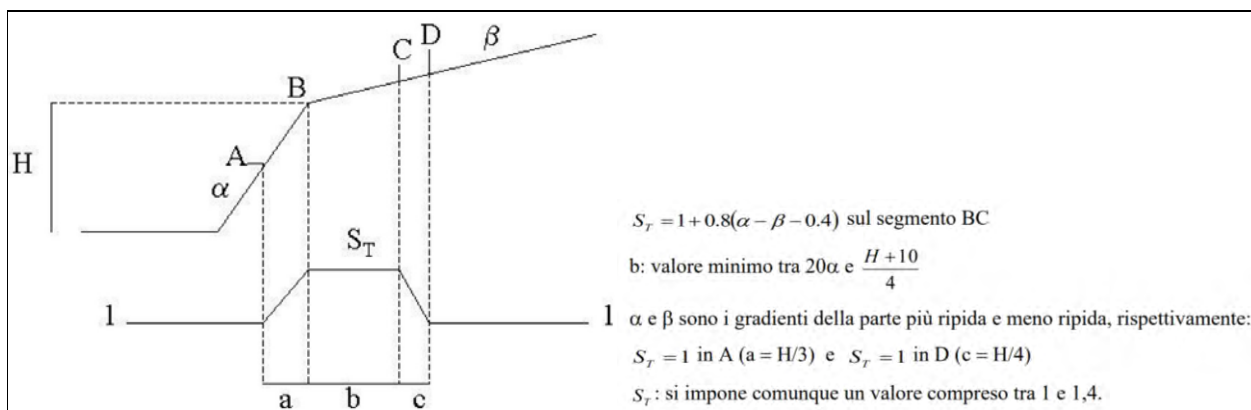


Figura 17: schema per il calcolo degli effetti della topografia

A partire dal rilievo morfologico del sito oggetto di intervento si è considerato un fattore amplificativo dovuto alla topografia $S_T = 1,0$.

9.1.1 ANALISI ALLO SLV

Tutti gli accelerogrammi sono stati scalati in modo che la loro accelerazione massima corrisponda al valore di $a_{refg} = 0,164 \text{ g}$ (PGA_0). Tale valore di PGA_0 deriva dai seguenti dati di ingresso per classe d'uso e per il sisma di riferimento:

Classe d'uso edifici: 2;
Coefficiente d'uso (C_u): 1,0;
Vita nominale edificio (V_n): 50 anni;
Periodo di riferimento (V_r): 50 anni;
Stato limite: Salvaguardia della vita (SLV);
Probabilità di superamento: 10%;
Tr: 475 [anni];
 a_g : 0,164g [PGA_0].

ELABORAZIONE - SLV

Numero di iterazioni: 20

Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima: 0.5

Tipo di modulo elastico: Shake 91

Massimo errore percentuale di convergenza: $3.93 \cdot 10^{-5}$

FATTORI DI AMPLIFICAZIONE ICMS 2018 - SLV

Tai	0.190	[s]	Svmi	0.214	[m/s]	TB	0.091	[s]
Tvi	0.620	[s]	Samo	6.668	[m/s ²]	TC	0.272	[s]
Tao	0.170	[s]	Svmo	0.289	[m/s]	TD	2.396	[s]
Tvo	0.620	[s]	Fa	1.628	[-]	SA(0)	0.199	[g]
Sami	4.095	[m/s ²]	Fv	1.346	[-]	SA(TB)	0.680	[g]

FATTORI DI AMPLIFICAZIONE SU INTENSITÀ SPETTRALE - SLV

Periodo minino [s]	Periodo massimo [s]	Int. Housner input [m]	Int. Housner output [m]	Int. Housner input/output [m]	FA
0.100	0.500	0.063	0.087	0.200	1.392
0.500	1.000	0.104	0.136	0.500	1.316
0.500	1.500	0.203	0.258	0.333	1.270

SPETTRO MEDIO DI RISPOSTA ELASTICO - SLV

Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.2521	0.26	0.5235	0.52	0.2903	0.98	0.1495	2.25	0.0406
0.01	0.2521	0.27	0.5073	0.53	0.2815	1.00	0.1411	2.30	0.0390
0.02	0.2545	0.28	0.4745	0.54	0.2768	1.05	0.1314	2.35	0.0375
0.03	0.2577	0.29	0.4617	0.55	0.2794	1.10	0.1265	2.40	0.0364
0.04	0.2776	0.30	0.4683	0.56	0.2853	1.15	0.1201	2.50	0.0351
0.05	0.3220	0.31	0.4856	0.57	0.2910	1.20	0.1122	2.60	0.0331
0.06	0.3588	0.32	0.4855	0.58	0.2966	1.25	0.1083	2.70	0.0320
0.07	0.3943	0.33	0.4689	0.60	0.3035	1.30	0.1041	2.80	0.0310
0.08	0.5066	0.34	0.4426	0.62	0.3022	1.35	0.0971	2.90	0.0293
0.09	0.5584	0.35	0.4099	0.64	0.2947	1.40	0.0926	3.00	0.0276
0.10	0.5792	0.36	0.4066	0.66	0.2896	1.45	0.0913	3.10	0.0258
0.11	0.6124	0.37	0.4117	0.68	0.2801	1.50	0.0868	3.20	0.0244
0.12	0.6953	0.38	0.4164	0.70	0.2603	1.55	0.0814	3.30	0.0238
0.13	0.6854	0.39	0.4153	0.72	0.2342	1.60	0.0784	3.40	0.0231
0.14	0.7097	0.40	0.4063	0.74	0.2113	1.65	0.0768	3.50	0.0222
0.15	0.7694	0.41	0.3941	0.76	0.1933	1.70	0.0742	3.60	0.0212
0.16	0.8426	0.42	0.3766	0.78	0.1790	1.75	0.0702	3.70	0.0201
0.17	0.8700	0.43	0.3569	0.80	0.1719	1.80	0.0678	3.80	0.0191
0.18	0.8211	0.44	0.3441	0.82	0.1681	1.85	0.0653	3.90	0.0180
0.19	0.8058	0.45	0.3423	0.84	0.1672	1.90	0.0635	4.00	0.0171
0.20	0.7385	0.46	0.3407	0.86	0.1675	1.95	0.0612		
0.21	0.6515	0.47	0.3338	0.88	0.1698	2.00	0.0583		
0.22	0.5897	0.48	0.3251	0.90	0.1696	2.05	0.0549		
0.23	0.5525	0.49	0.3146	0.92	0.1687	2.10	0.0509		
0.24	0.5493	0.50	0.3054	0.94	0.1647	2.15	0.0468		
0.25	0.5320	0.51	0.2990	0.96	0.1577	2.20	0.0432		

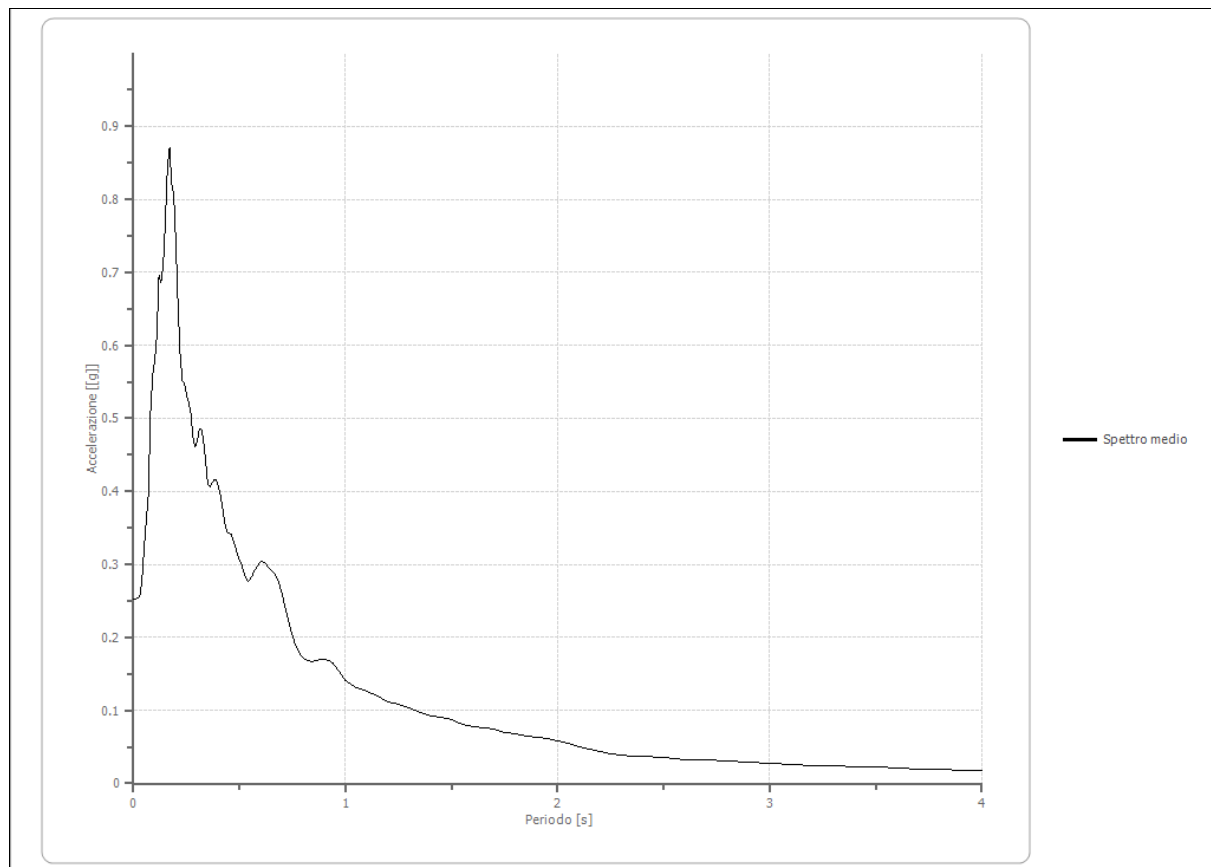


Figura 18: spettro medio di risposta elastico - SLV



SPETTRO NORMALIZZATO DI RISPOSTA ELASTICO - SLV

Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.1991	0.26	0.6797	0.52	0.3554	0.98	0.1886	2.25	0.0821
0.01	0.2521	0.27	0.6797	0.53	0.3487	1.00	0.1848	2.30	0.0804
0.02	0.3051	0.28	0.6600	0.54	0.3422	1.05	0.1760	2.35	0.0786
0.03	0.3582	0.29	0.6373	0.55	0.3360	1.10	0.1680	2.40	0.0770
0.04	0.4112	0.30	0.6160	0.56	0.3300	1.15	0.1607	2.50	0.0739
0.05	0.4642	0.31	0.5962	0.57	0.3242	1.20	0.1540	2.60	0.0711
0.06	0.5173	0.32	0.5775	0.58	0.3186	1.25	0.1478	2.70	0.0684
0.07	0.5703	0.33	0.5600	0.60	0.3080	1.30	0.1422	2.80	0.0660
0.08	0.6233	0.34	0.5436	0.62	0.2981	1.35	0.1369	2.90	0.0637
0.09	0.6764	0.35	0.5280	0.64	0.2888	1.40	0.1320	3.00	0.0616
0.10	0.6797	0.36	0.5134	0.66	0.2800	1.45	0.1275	3.10	0.0596
0.11	0.6797	0.37	0.4995	0.68	0.2718	1.50	0.1232	3.20	0.0578
0.12	0.6797	0.38	0.4863	0.70	0.2640	1.55	0.1192	3.30	0.0560
0.13	0.6797	0.39	0.4739	0.72	0.2567	1.60	0.1155	3.40	0.0544
0.14	0.6797	0.40	0.4620	0.74	0.2497	1.65	0.1120	3.50	0.0528
0.15	0.6797	0.41	0.4508	0.76	0.2432	1.70	0.1087	3.60	0.0513
0.16	0.6797	0.42	0.4400	0.78	0.2369	1.75	0.1056	3.70	0.0499
0.17	0.6797	0.43	0.4298	0.80	0.2310	1.80	0.1027	3.80	0.0486
0.18	0.6797	0.44	0.4200	0.82	0.2254	1.85	0.0999	3.90	0.0474
0.19	0.6797	0.45	0.4107	0.84	0.2200	1.90	0.0973	4.00	0.0462
0.20	0.6797	0.46	0.4018	0.86	0.2149	1.95	0.0948		
0.21	0.6797	0.47	0.3932	0.88	0.2100	2.00	0.0924		
0.22	0.6797	0.48	0.3850	0.90	0.2053	2.05	0.0902		
0.23	0.6797	0.49	0.3772	0.92	0.2009	2.10	0.0880		
0.24	0.6797	0.50	0.3696	0.94	0.1966	2.15	0.0860		
0.25	0.6797	0.51	0.3624	0.96	0.1925	2.20	0.0840		

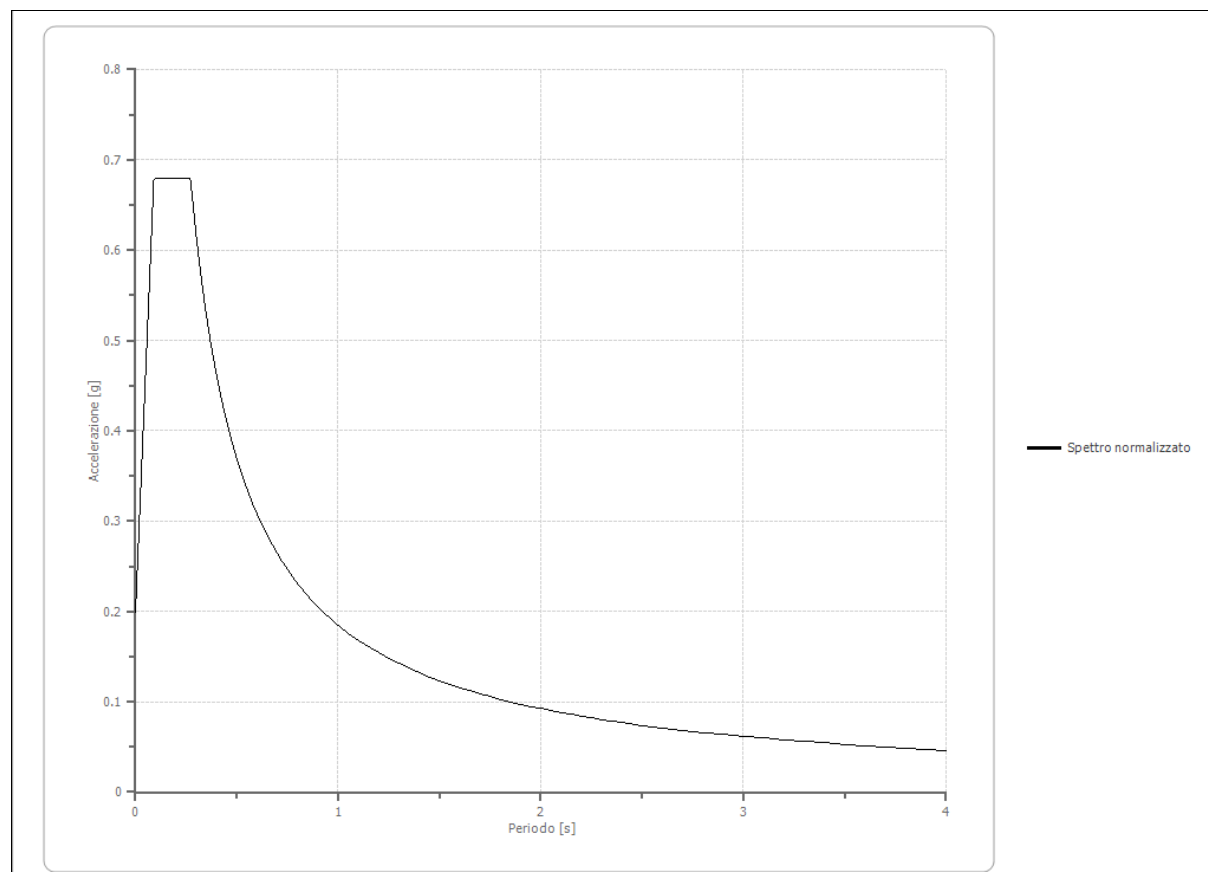


Figura 19: spettro normalizzato di risposta elastico - SLV

PARAMETRI SPETTRO NORMALIZZATO - SLV

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se (0) [g]	Se (TB) [g]	S
0.199	3.414809	--	0.091	0.272	2.396	0.199	0.680	1.221

CONFRONTO TRA GLI SPETTRI - SLV

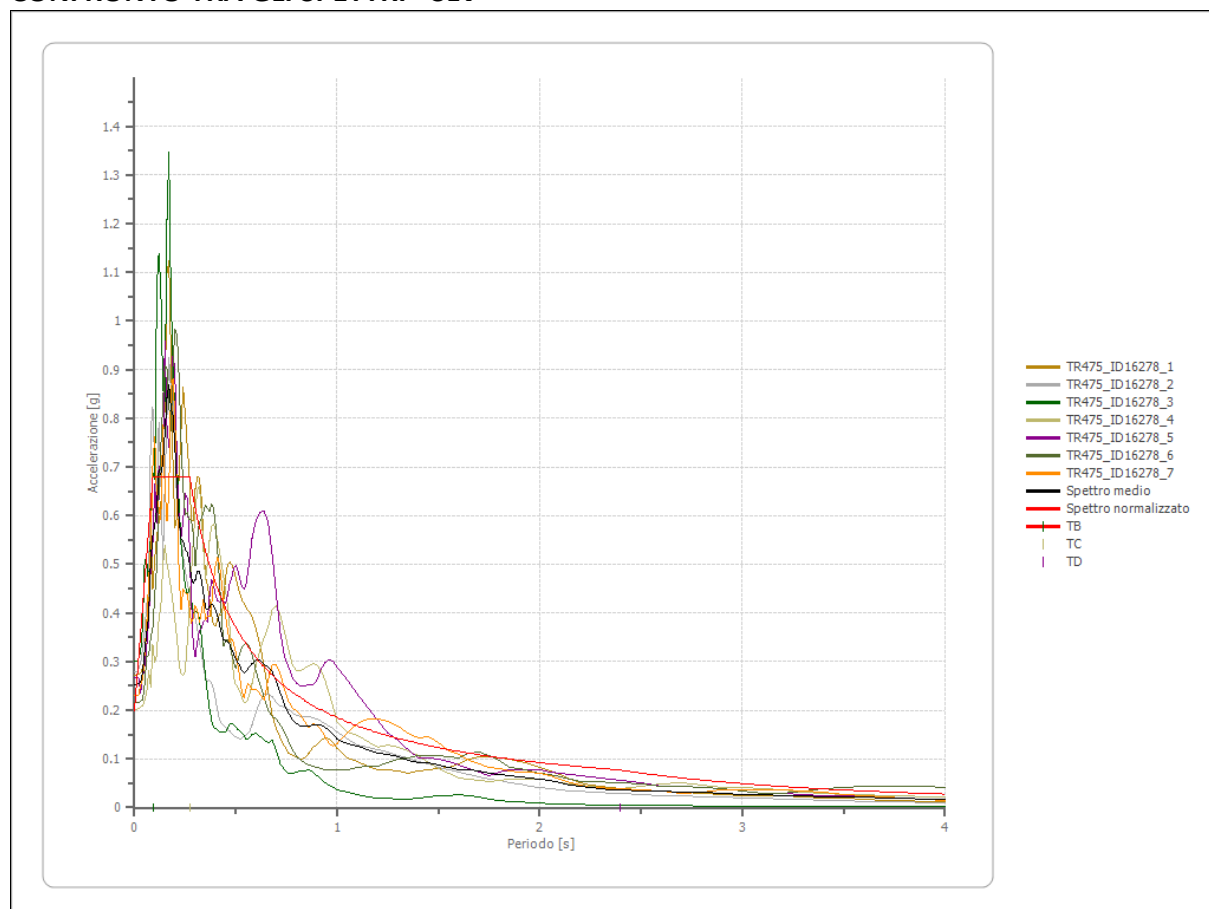


Figura 20: tracce degli spettri analizzati, spettro medio e spettro normalizzato - SLV

CONFRONTO SPETTRO NORMATIVA

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO Cat. C	Danno SLD Cat. C	Salvaguardia vita SLV Cat. C	Prev. collasso SLC Cat. C	Operatività SLO Cat. D	Danno SLD Cat. D	Salvaguardia vita SLV Cat. D	Prev. collasso SLC Cat. D
Tr [anni]	30	50	475	975	30	50	475	975
ag [g]	0.051	0.064	0.163	0.205	0.051	0.064	0.163	0.205
Fo	2.478	2.491	2.375	2.386	2.478	2.491	2.375	2.386
Tc* [s]	0.251	0.265	0.289	0.303	0.251	0.265	0.289	0.303
Ss	1.50	1.50	1.47	1.41	1.80	1.80	1.80	1.67
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.66	1.63	1.58	1.56	2.50	2.43	2.33	2.27
TB [s]	0.139	0.144	0.152	0.157	0.209	0.214	0.224	0.229
TC [s]	0.416	0.431	0.457	0.472	0.626	0.643	0.672	0.688
TD [s]	1.804	1.856	2.252	2.420	1.804	1.856	2.252	2.420
Se(0) [g]	0.077	0.096	0.239	0.288	0.092	0.115	0.293	0.342
Se(TB) [g]	0.190	0.239	0.568	0.688	0.227	0.287	0.697	0.815

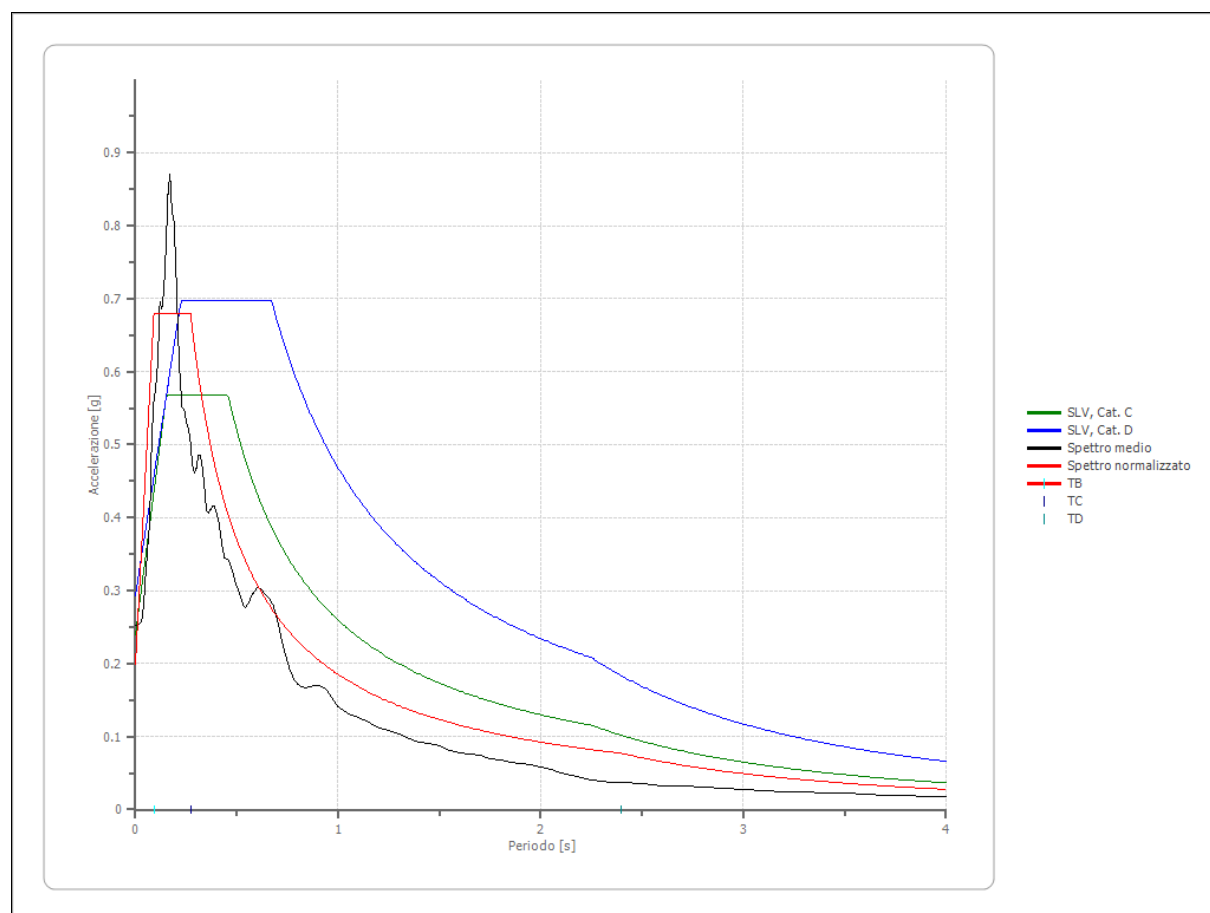


Figura 21: confronto tra lo spettro in accelerazione calcolato per il sito di riferimento e lo spettro di risposta relativo alla categoria di sottosuolo C e D - SLV

ACCELERAZIONE MASSIMA ATTESA (PGA) - SLV

Rispetto ai terremoti precedentemente analizzati si riportano i diagrammi (**Figura n.17**) e i valori numerici di accelerazione A_{max} dal bedrock fino al piano campagna:

	0.0 [m]	2.5 [m]	5.0 [m]	10.0 [m]	20.0 [m]	45.0 [m]	70.0 [m]	120.0 [m]	170.0 [m]
TR475_ID15397_1 [g]	0.272	0.262	0.229	0.189	0.135	0.154	0.113	0.106	0.164
TR475_ID15397_2 [g]	0.278	0.252	0.208	0.165	0.136	0.119	0.117	0.111	0.164
TR475_ID15397_3 [g]	0.300	0.271	0.204	0.163	0.132	0.095	0.105	0.102	0.164
TR475_ID15397_4 [g]	0.202	0.196	0.178	0.161	0.141	0.114	0.104	0.086	0.164
TR475_ID15397_5 [g]	0.266	0.243	0.200	0.178	0.159	0.145	0.115	0.116	0.164
TR475_ID15397_6 [g]	0.215	0.208	0.194	0.183	0.157	0.114	0.099	0.113	0.164
TR475_ID15397_7 [g]	0.230	0.215	0.161	0.129	0.113	0.104	0.101	0.085	0.164
media [g]	0.252	0.235	0.196	0.167	0.139	0.121	0.108	0.103	0.164
Dev. St. [g]	0.036	0.029	0.022	0.020	0.016	0.021	0.007	0.013	0.000

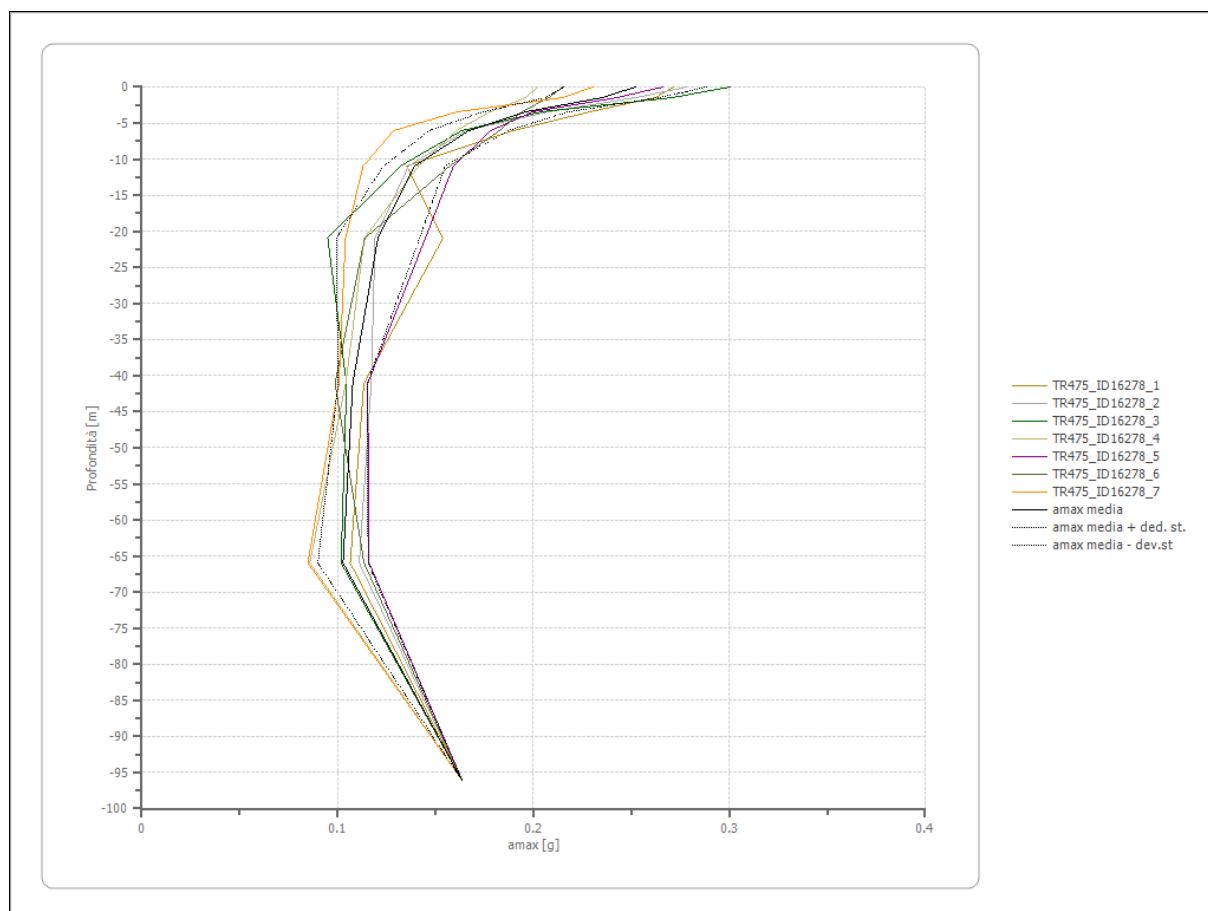


Figura 22: andamento dell'accelerazione di picco dal bedrock al piano di campagna (A_{max}) – SLV

10. SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE

Il termine liquefazione denota la circostanza, causata dall'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo scuotimento sismico, caratterizzata da deformazioni permanenti significative o dall'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno. Il rischio di liquefazione deve essere valutato per tutti i terreni suscettibili di tale comportamento.

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze (§ 7.11.3.4.2 delle NTC 2018):

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$ (U_c rapporto D_{60}/D_{10} , dove D_{60} e D_{10} sono il diametro delle particelle corrispondenti rispettivamente al 60% e al 10% del passante sulla curva granulometrica cumulativa).

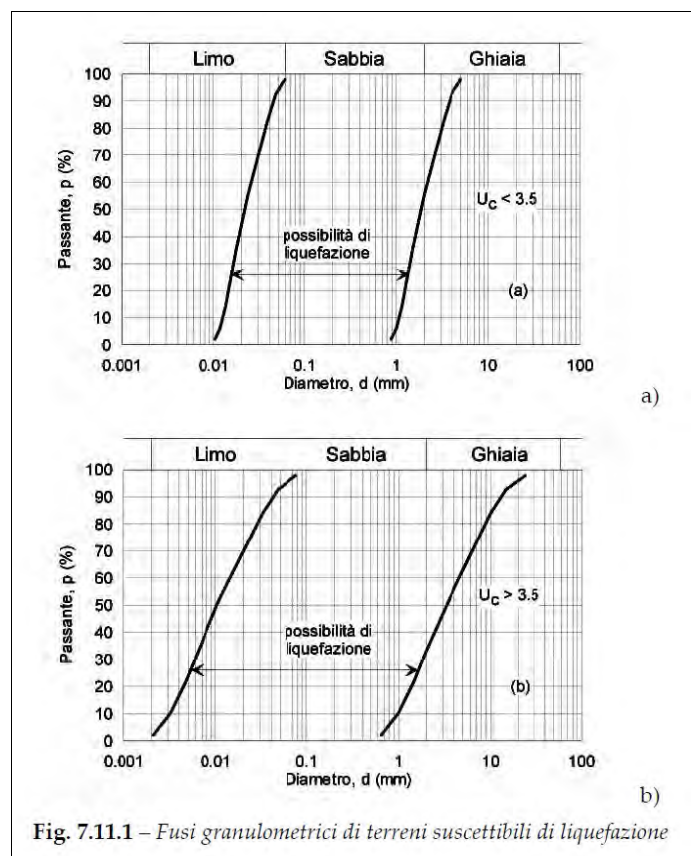


Figura 23: fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione (da: § 7.11.3.4.2 delle NTC 2018)

Quando la condizione 1 non risulti soddisfatta, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 2, 3 e 4.

Nel sito in oggetto i terreni posizionati nei primi metri dal piano di campagna corrispondono a depositi alluvionali coesivi e granulari da mediamente a molto consistenti o addensati, privi di falda (come riportato nel paragrafo 6.1). Sulla base di quanto rilevato in sito, per quanto attiene all'idrogeologia, si conferma che in nessuno dei punti di indagine si sia riscontrata la presenza di acqua, e da quanto dal Servizio Sismico e Geologico della Regione Emilia-Romagna e dall'Arpa Emilia-Romagna si è potuto constatare che il livello di soggiacenza rilevato in pozzi presenti in zona, catalogati dal Servizio Sismico e Geologico della Regione Emilia-Romagna e dall'Arpa Emilia-Romagna, è compreso tra -20 e -40 m di profondità.

Sulla base delle precedenti considerazioni si definisce il terreno di fondazione, per caratteristiche idrogeologiche, litostratigrafiche e geomeccaniche, non suscettibile di liquefazione o a bassa suscettibilità di liquefazione.



11. CONCLUSIONI GENERALI

Gli studi effettuati hanno permesso di definire le condizioni geologiche, idrogeologiche, sismiche e di stabilità generale del terreno inerenti all'intervento di riqualificazione urbana nell'ambito del progetto definitivo-esecutivo e variante al PSC – art 53 riguardante il “Sistema-centro di Casalgrande”.

MODELLAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E GEOTECNICA

La **modellazione geologica e idrogeologica** del sito è stata eseguita a partire da dati bibliografici e di repertorio di riferimento per la zona. La verifica ha evidenziato la presenza di litologie argillose, limose, sabbiose e ghiaiose in proporzioni variabili, da cui deriva la seguente descrizione tipologica: *successione stratigrafica costituita da depositi di argille limose con intercalazioni di livelli ghiaiosi in matrice limo-argillosa e limo-sabbiosa. A profondità variabili da -10 a -20 metri da p.c. è presente un orizzonte ghiaioso addensato poggiante su depositi sabbioso-ghiaiosi di ambiente costiero.*

Non è stata riscontrata la presenza della **falda freatica** all'interno del foro di sondaggio e il livello di soggiacenza rilevato in pozzi presenti in zona, catalogati dal Servizio Sismico e Geologico della Regione Emilia-Romagna e dall'Arpa Emilia-Romagna, è compreso tra -20 e -40 m di profondità.

MODELLAZIONE SISMICA E STUDIO DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

Le indagini geofisiche HVSR considerate hanno permesso di ottenere un modello sismostratigrafico utile all'Analisi di Risposta Sismica Locale, con un grado di approfondimento appropriato alla tipologia/classe d'uso e conforme alle disposizioni di cui alla DGR della Regione Emilia-Romagna n. 630 del 29.04.2019, così come aggiornata dalle DGR 476/2021 e 564/2021, alle NTC 2018 e alle disposizioni generali contenute negli strumenti urbanistici comunali. Si è quindi stimata l'amplificazione del moto in superficie rispetto al bedrock, in funzione della frequenza, e si è definito lo spettro di risposta dell'oscillatore armonico tipo ad un grado di libertà, in funzione del periodo proprio della struttura e per uno smorzamento tipico del 5%. Il confronto operato in termini spettrali con la Categoria di sottosuolo “C” (e “D”) ha consentito di accertare come variano gli effetti amplificativi al variare dei diversi periodi. Gli effetti di sito trovano ragione nella presenza di terreni che, sotto il profilo dinamico, hanno rigidezze localmente elevate, ma che sono separati da interstrati a minor rigidezza tali da determinare una amplificazione selettiva.

VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

Il terzo livello di approfondimento è stato espletato con la finalità di valutare l'effettivo grado di pericolosità sismica locale delle aree potenzialmente instabili e liquefacibili presenti. Per quanto attiene alla suscettibilità alla liquefazione si è verificato che le condizioni di assenza della falda acquifera nei primi 20 m di terreno nell'area di interesse sono condizione sufficiente per escludere il fenomeno di liquefazione.

RISCHIO IDRAULICO E PROTEZIONE DELLE ACQUE SOTTERRANEE

Per il **rischio idraulico** si sono considerate le sole mappe del reticolo idrografico secondario in quanto il reticolo principale ha come elemento di pericolosità il fiume Secchia, che ricade a quote e distanza non influenti con il comparto oggetto di studio. La porzione di territorio di interesse ricade interamente su aree a pericolosità media, caratterizzate da alluvioni poco frequenti, aventi tempi di ritorno tra 100 e 200 anni (P2-M). Per il rischio medio (R2), in cui ricade la quasi totalità dell'area di interesse, sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche.

In relazione alle caratteristiche di vulnerabilità, criticità e potenzialità delle risorse idriche si riferisce che per l'area di interesse NON sono presenti “Zone di tutela dei caratteri ambientali di laghi, bacini e corsi d'acqua”.

Per quanto attiene la tutela qualitativa e quantitativa delle risorse idriche superficiali e sotterranee, l'area ricade nelle “Zone di protezione delle acque sotterranee nel territorio di pedecollina-pianura”, per cui sono previste la tutela qualitativa e quantitativa delle risorse idriche sotterranee, in riferimento all'utilizzo idropotabile delle medesime. Per il **Settore B** (aree caratterizzate da ricarica indiretta della falda, generalmente comprese tra la zona A e la media pianura) vanno rispettate le disposizioni dell'art. 45 delle norme del PTA e valgono le disposizioni generali di cui all'art. 85 e all'art. 82 delle norme di attuazione del PTCP.

Nel caso in questione, la **classe di infiltrazione media**, prevede la disciplina sulla prevenzione, messa in sicurezza o riduzione del rischio relativa ai centri di pericolo di cui all'art. 45, comma 2, lett. a2) delle norme del PTA, riportata e dettagliata all'Allegato 9 delle norme. Inoltre, per la classe di infiltrazione media, i nuovi sistemi fognari pubblici e quelli realizzati dai soggetti attuatori degli interventi previsti dalla pianificazione urbanistica comunale devono essere realizzati con tecnologie e materiali atti a garantirne la tenuta, con particolare riferimento al collegamento tra il collettore e i pozzetti d'ispezione, al fine di precludere ogni rischio d'inquinamento. Le medesime garanzie costruttive debbono essere riservate anche agli altri manufatti in rete (es. impianti di sollevamento ecc.) e alle strutture proprie degli impianti di depurazione. Per tutte le reti ed i manufatti fognari pubblici dovrà essere prevista una verifica della tenuta idraulica. I regolamenti urbanistici comunali dovranno contenere disposizioni in tal senso.

VALUTAZIONE DI FATTIBILITÀ

I rilievi geologici, geotecnici e geofisici, unitamente alla raccolta di informazioni storiche sulla stabilità generale del sito ovvero su pregressi fenomeni di dissesto testimoniano che l'area di intervento non è interessata da instabilità. Si ritiene che l'intervento proposto sia compatibile con l'assetto geomorfologico, geotecnico e idrogeologico dei luoghi. A condizione di rispettare il buon regime delle acque nel bacino di riferimento, si ritiene inoltre che sarà garantito il mantenimento della stabilità geologica e idrogeologica del sito. Analizzate le condizioni di stabilità generale dei terreni, nell'ottica del progetto di variante al PSC, si ritiene pertanto il terreno **idoneo** dal punto di vista geologico, idrogeologico, geotecnico e sismico alla realizzazione degli interventi proposti.

21/06/2023

Dott. Geol. Francesco Dettori



ALLEGATO: certificati penetrometrici

Caratteristiche Strumentali PAGANI 100 kN

Rif. Norme	ASTM D3441-86
Diametro Punta conica meccanica	35.7
Angolo di apertura punta	60
Area punta	10
Superficie manicotto	150
Passo letture (cm)	20
Costante di trasformazione Ct	10

Strumento utilizzato: PAGANI 100 kN

Località: Casalgrande

PROVA CPT

Profondità (m)	Lettura punta (Mpa)	Lettura laterale (Mpa)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,00	0,00	0,01	0,11	0,09	1100,0
0,40	4,89	6,53	4,9	0,06	81,67	1,2
0,60	4,79	5,61	4,8	0,09	53,33	1,9
0,80	4,69	6,02	4,7	0,13	36,15	2,8
1,00	4,38	6,32	4,39	0,23	19,09	5,2
1,20	4,08	7,55	4,11	0,22	18,68	5,4
1,40	5,40	8,67	5,43	0,27	20,11	5,0
1,60	6,73	10,81	6,76	0,43	15,72	6,4
1,80	3,87	10,30	3,9	0,19	20,53	4,9
2,00	3,98	6,83	4,01	0,33	12,15	8,2
2,20	3,57	8,57	3,61	0,37	9,76	10,2
2,40	3,87	9,48	3,91	0,44	8,89	11,3
2,60	2,96	9,59	3,0	0,33	9,09	11,0
2,80	3,16	8,16	3,2	0,27	11,85	8,4
3,00	3,26	7,24	3,3	0,32	10,31	9,7
3,20	3,57	8,36	3,62	0,32	11,31	8,8
3,40	3,98	8,77	4,03	0,37	10,89	9,2
3,60	4,49	10,10	4,54	0,37	12,27	8,1
3,80	3,57	9,08	3,62	0,32	11,31	8,8
4,00	3,77	8,57	3,82	0,25	15,28	6,5
4,20	3,57	7,24	3,64	0,22	16,55	6,0
4,40	2,96	6,32	3,03	0,2	15,15	6,6
4,60	2,96	5,91	3,03	0,18	16,83	5,9
4,80	2,75	5,40	2,82	0,18	15,67	6,4
5,00	2,35	5,00	2,42	0,15	16,13	6,2
5,20	3,06	5,30	3,14	0,17	18,47	5,4
5,40	3,77	6,32	3,85	0,36	10,69	9,4
5,60	3,98	9,38	4,06	0,22	18,45	5,4
5,80	6,63	9,89	6,71	0,16	41,94	2,4
6,00	9,08	11,42	9,16	0,35	26,17	3,8
6,20	9,18	14,38	9,27	0,16	57,94	1,7
6,40	6,22	8,67	6,31	0,35	18,03	5,5
6,60	6,42	11,62	6,51	0,11	59,18	1,7
6,80	4,59	6,22	4,68	0,18	26,0	3,8
7,00	5,71	8,46	5,8	0,31	18,71	5,3
7,20	4,89	9,59	5,0	0,23	21,74	4,6
7,40	2,65	6,12	2,76	0,19	14,53	6,9
7,60	9,69	12,54	9,8	0,52	18,85	5,3
7,80	5,00	12,75	5,11	0,27	18,93	5,3
8,00	4,89	8,87	5,0	0,28	17,86	5,6
8,20	2,86	7,04	2,98	0,21	14,19	7,0
8,40	2,65	5,81	2,77	0,26	10,65	9,4
8,60	16,93	20,80	17,05	0,26	65,58	1,5
8,80	19,99	23,86	20,11	0,28	71,82	1,4
9,00	27,23	31,41	27,35	0,0		0,0

