

E78 GROSSETO - FANO
Tratto Nodo di Arezzo – Selci – Lama (E45)
Adeguamento a quattro corsie del tratto
San Zeno – Arezzo – Palazzo del Pero, 1° lotto

PROGETTO DEFINITIVO

FI 508

ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

IL GEOLOGO

Dott. Geol. Roberto Salucci
Ordine Ingegneri della Regione Lazio n. 633

I PROGETTISTI SPECIALISTICI

Ing. Ambrogio Signorelli
Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35111

COORDINATORE PER LA SICUREZZA
IN FASE DI PROGETTAZIONE

Arch. Santo Salvatore Vermiglio
Ordine Architetti
Provincia di Reggio Calabria n. 1270

Ing. Moreno Panfili
Ordine Ingegneri
Provincia di Perugia n. A2657

Ing. Matteo Bordugo
Ordine Ingegneri
Provincia di Pordenone al n. 790A

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Ing. Francesco Pisani

VISTO: IL RESP. DEL PROGETTO

Arch. Pianif. Marco Colazza

Ing. Giuseppe Resta
Ordine Ingegneri
Provincia di Roma n. 20629

PROGETTAZIONE ATI:
(Mandataria)

GP INGENGNERIA
GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl

(Mandante)

cooprogetti

(Mandante)

engeko

(Mandante)

AIM
Studio di Architettura e Ingegneria Moderna

IL PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI
SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 12):

Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI
ORDINE INGEGNERI
ROMA
N° 14035

STUDI ED INDAGINI
Sismica
Relazione sismica

CODICE PROGETTO

PROGETTO LIV.PROG ANNO

DPFI508 D 23

NOME FILE

T01GE02GEORE01_A

REVISIONE

SCALA

CODICE
ELAB.

T01GE02GEORE01

A

-

D

C

B

A

Emissione

Agosto '23

Vazzoler

Salucci

Guiducci

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

INDICE

<u>PREMESSA.....</u>	<u>2</u>
<u>1. NORMATIVE DI RIFERIMENTO E BIBLIOGRAFIA.....</u>	<u>2</u>
<u>2. SOFTWARE</u>	<u>3</u>
<u>3. LINEAMENTI GEOLOGICI.....</u>	<u>4</u>
3.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE.....	4
3.2. CARATTERI GEOLITOLOGICI DEI DEPOSITI SUPERFICIALI E DELLE FORMAZIONI DEL SUBSTRATO	5
3.2.1. <i>Litologie del substrato</i>	5
3.2.2. <i>Depositi continentali quaternari</i>	6
<u>4. LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI.....</u>	<u>7</u>
<u>5. LINEAMENTI IDROGEOLOGICI</u>	<u>8</u>
<u>6. ASPETTI GEOTECNICI.....</u>	<u>9</u>
<u>7. INQUADRAMENTO SISMICO</u>	<u>11</u>
7.1. CLASSIFICAZIONE SISMICA.....	11
7.2. PERICOLOSITÀ SISMICA	12
7.3. SISMICITÀ STORICA	15
7.4. ASPETTI SIMOGENETICI	21
7.5. STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA LOCALE	24
<u>8. SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE LOCALE</u>	<u>27</u>
8.1. AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA.....	27
8.2. CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	30
8.2.1. <i>Interpretazione indagini sismiche</i>	30
8.2.2. <i>Attribuzione delle categorie sismiche di sottosuolo</i>	31
8.3. VITA NOMINALE	37
8.4. CLASSE D'USO.....	37
8.5. PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA.....	38

PREMESSA

La presente relazione ha come finalità la caratterizzazione sismica delle aree interessate dal Progetto Definitivo Tratto Nodo Di Arezzo – Selci – Lama (E45) – Palazzo Del Pero – Completamento (FI509), comprese le fasce attraversate rispettivamente dalla “Strada di collegamento E78-S.R. 71” e dalla “Strada di collegamento S.R. 73-Raccordo A1 Arezzo-Battifolle”. Il lavoro è stato svolto in ottemperanza al D.M. 17/01/2018 “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”, ed è stata eseguita una ricerca bibliografica di eventuali studi specialistici riguardanti la zona in esame presso gli Enti, i Comuni e le Regioni interessati al territorio dell'intervento.

1. NORMATIVE DI RIFERIMENTO E BIBLIOGRAFIA

La redazione della seguente relazione è stata eseguita nel rispetto delle normative vigenti in materia di progettazione antisismica e di diverse raccomandazioni tecniche, tra cui:

- Circolare Ministero Lavori Pubblici 24 settembre 1988 n.30483 “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione”. (Pres. Cons. Superiore - Servizio Tecnico Centrale).
- Decreto Ministero dei Lavori Pubblici n. 47 (11 marzo 1988) “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.
- Eurocodice 8 – Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, Strutture di contenimento ed Aspetti geotecnici (1998).
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20 marzo 2003 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica (ordinanza n. 3274 – Allegati 1, 2 e 3);
- OPCM n.3316 del 02.10.2003 recante modifiche e integrazioni dell'OPCM n. 3274
- DGR Toscana n. 604 del 16 giugno 2003 ha per oggetto la riclassificazione sismica del territorio della Regione Lazio in applicazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 -2003
- OPCM n.3431 del 03.05.2005, Norme Tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici.
- O.P.C.M. 3519 del 2006 Nuova Ordinanza (OPCM 3519/2006) ha adottato la mappa di pericolosità sismica MPS04 quale riferimento ufficiale, e ha definito i criteri che le Regioni devono seguire per aggiornare le afferenze dei Comuni alle 4 zone sismiche.

- O.P.C.M. 13/11/2010 n. 3907: “Contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico”;
- Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 17/01/2018 pubblicate sul Supplemento ordinario alla “Gazzetta Ufficiale, n. 42 del 20 febbraio 2018;
- Gruppo di lavoro MS (2008). Indirizzi e criteri per la Microzonazione sismica. Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome, Dipartimento della protezione civile, Roma;
- DGR Toscana n. 878 2012, aggiornamento della classificazione sismica del 2003;
- DGR 421 del 2014, aggiornamento della classificazione sismica della regione Toscana, a seguito della fusione di 14 comuni.
- NTC 2018 – DM 08/2018 Decreto del Ministero delle infrastrutture dei trasporti n. 8/2018 “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni” entrato in vigore il 22 marzo 2018 che ha leggermente modificato le categorie di suolo e di cui in data 21 gennaio 2019 sono state pubblicate le istruzioni per l’applicazione.
- Foti, S., Comina, C., Boiero, D., Socco, L.V. 2009. Non-uniqueness in surface-wave inversion and consequences on seismic site response analyses. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 29, pp. 982-993;
- Y. Hashash, 2014 - DEEPSOIL v. 6.1;
- Kottke, Albert R., and Ellen M. Rathje. (2008). "Technical manual for Strata." Report No.: 2008/10. Pacific Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley.
- G. Modoni, A. Gazzellone (2010). Simplified theoretical analysis of the seismic response of artificially compacted gravels. Proc. V Int. Conf. on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics, San Diego, USA, Paper No. 1.28a;
- G. Peruzzi, D. Albarello (2016). Stimatori approssimati della componente verticale del moto nelle valutazioni di risposta sismica locale;
- Studio di microzonazione sismica per i comuni del centro Italia colpiti dagli eventi sismici a far data dal 24 agosto 2016 così come previsto con l’ordinanza n° 24 del 12 maggio 2017 del Commissario Straordinario;
- Zaho B., Horike M.; 2003: Simulation of High-Frequency Strong Vertical Motions using Microtremor Horizontal-to-Vertical Ratios. *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 93, No. 6, pp. 2546–2553;

2. SOFTWARE

- [11] Ambraseys, N., Smit, P., Sigbjornsson, R., Suhadolc, P. and Margaris, B. Internet-Site for European Strong-Motion Data, European Commission, Research-Directorate General, Environment and Climate Programme (2002);

PROGETTAZIONE ATI:

- [12] Iervolino, I., Galasso, C., Cosenza, E. REXEL: computer aided record selection for code-based seismic structural analysis. Bulletin of Earthquake Engineering, 8:339-362, 2010 DOI 10.1007/s10518-009-9146-1;
- [13] STRATA, written by Albert Kottke at the University of Texas at Austin. Versione 0.8.1 – 378ae00.

3. LINEAMENTI GEOLOGICI

3.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

Geologicamente, l'area oggetto del presente studio, fa parte della fascia centrale della catena orogenica dell'Appennino settentrionale costituito da una struttura complessa di falde e sovrascorrimenti.

In questo settore si sviluppano le formazioni alloctone cosiddette Liguridi, appartenenti ad un ambiente di tipo pelagico (Bacino Ligure), riferibili ad un periodo di deposizione compreso tra il Cretacico superiore e l'Eocene.

L'esistenza di un oceano compreso tra le masse continentali europea e africana è confermata dalla presenza di serie basaltiche ed ofioliti, alla base dei sedimenti in questione, ben rappresentate nella fascia montuosa ligure-emiliana.

Circa 30 milioni di anni fa per l'effetto di una rotazione con fulcro in prossimità dell'attuale Liguria, il blocco sardo-corso iniziò a ruotare in senso antiorario fino a raggiungere la sua attuale posizione intorno a 18 milioni di anni fa; mentre la sua appendice meridionale continuò a migrare fino a posizionarsi all'estremo sud della penisola (Calabria e Sicilia). Questo processo, che prende il nome di "sfenocasma ligure-piemontese", provocò l'avanzamento delle Unità Liguridi verso E e il loro accavallamento sulle unità autoctone del Dominio Toscano Interno, il quale si scollò dal suo basamento al livello delle evaporiti triassiche accavallandosi a sua volta alle Unità dal Dominio Toscano Esterno.

Questo processo veniva, allo stesso tempo, accompagnato dalla messa in posto di ingenti quantità di materiale torbiditico che si andava accumulando in allungate fosse marine parallele al fronte della sommersa.

L'avanzata del ricoprimento ligure terminò in tempi diversi da luogo a luogo, ma quasi sempre in un periodo di tempo compreso tra i 10 e i 5 milioni di anni fa; dopo di che fu coinvolto insieme al substrato autoctono in ulteriori fasi tettoniche e processi di sollevamento.

A partire dal Tortoniano superiore un'inversione tettonica (da compressiva a distensiva) portò alla formazione di bacini neogenici riempiti da depositi fluvio-lacustri (Mugello, Valdarno Superiore, Valdarno Medio) e depositi marini (Valdarno Inferiore).

Le caratteristiche delle forme appenniniche assumono quindi aspetti diversi fra i bacini a Nord dell'Arno, dove prevalgono formazioni geologiche rigide, e i bacini a Sud dell'Arno dove si hanno grandi estensioni di terreni argillosi.

Ovunque però si è verificata una marcata azione erosiva caratterizzata dall'incisione dei depositi alluvionali.

Il Bacino corrispondente al sistema di pianura intermontana di Arezzo ed alla Val di Chiana deve la sua genesi ed evoluzione, durante l'orogenesi dell'Appennino, alla formazione di due alti strutturali, corrispondenti ad anticlinali, che delimitano il bacino: la dorsale Alpe di Poti - M. Murlo – Pratomagno, a est, e che continua fino ai rilievi di Cortona (Monte Castel Giudeo e Alta S.Egidio), ed i Monti del Chianti, a ovest, e Di Rapolano - Cetona a sud ovest. Gli elementi strutturali che caratterizzano le due dorsali sono la Falda Toscana e l'Unità Cervarola - Falterona, entrambe differenziate durante le fasi mioceniche del corrugamento appenninico dove affiorano in prevalenza di unità torbiditico-arenacee e subordinatamente argilloso-marnose. L'elemento

PROGETTAZIONE ATI:

strutturale più importante della zona meridionale della Val di Chiana è rappresentato dalla dorsale Rapolano - Monte Cetona, che separa il bacino neoautoctono Siena-Radicofani da quello della Val di Chiana.

In questa dorsale allungata in direzione nord – sud, di notevole interesse geologico e morfologico, affiorano le formazioni mesozoiche sormontate dalle successioni toscane e liguri s.l..

Nel Quaternario inferiore, sollevamenti a blocchi e basculamenti verso est provocano la regressione marina che trasforma la Val di Chiana in un grande lago, con la parte più profonda verso est. I movimenti differenziali esumano, quindi, la soglia di Chiani e contribuiscono alla deviazione del paleo - Arno verso nord-ovest e al riempimento del bacino di Arezzo; la riduzione di portata idrica ed il forte apporto di sedimenti dai torrenti minori portano alla progressiva estinzione del lago, con la presumibile eccezione della parte più profonda, corrispondente all'attuale Lago Trasimeno. La riorganizzazione dell'idrografia procede con l'instaurarsi del moderno Arno che, per erosione e subsidenza, si abbassa rispetto alla Val di Chiana, con l'incisione dei depositi del bacino di Arezzo. L'alto tasso di sedimentazione nella Val di Chiana e la soglia di Chiani mantengono la valle sospesa rispetto al Valdarno, mentre la sua relativa subsidenza ostacola lo sviluppo di un reticolo diretto verso il Tevere. Gli elevati deflussi idrici nel bacino della Val di Chiana determinano vaste aree paludose.

Il bacino di Arezzo non si discosta da questo modello in quanto il suo bordo meridionale è delimitato da uno di questi allineamenti, l'allineamento Arbia-Val Marecchia, che è appunto una faglia trasversale che si sviluppa dall'area di Larderello fino alla costa marchigiana.

Le strutture fondamentali che delimitano ad ovest e ad est il territorio comunale di Arezzo sono la dorsale dei Monti del Chianti e la dorsale Protomagno -Alpe di Poti.

Il bacino di Arezzo è occupato per gran parte da depositi quaternari che hanno, per loro natura, obliterato le evidenze dell'attività tettonica, ma ad un'attenta analisi dell'assetto stratigrafico si evidenziano strutture sia degli affioramenti del substrato che dei depositi fluvio-lacustri.

Ovunque però si è verificata una marcata azione erosiva caratterizzata dall'incisione dei depositi alluvionali.

3.2. CARATTERI GEOLITOLOGICI DEI DEPOSITI SUPERFICIALI E DELLE FORMAZIONI DEL SUBSTRATO

3.2.1. LITOLOGIE DEL SUBSTRATO

3.2.1.1. Arenarie del Cervarola

La formazione è costituita da una regolare alternanza di siltiti, arenarie fini e marne argillose; le arenarie sono generalmente di esiguo spessore (3 - 4 cm), ma possono raggiungere spessori anche di 20 - 30 cm.

I litotipi coerenti-lapidei sono caratterizzati generalmente da un grado di fratturazione medio alto e si differenziano sostanzialmente per la presenza o meno di differenziazioni litologiche e stratigrafiche. Prevalentemente si riscontra la presenza di Arenarie con intercalazioni argillitiche e siltitiche con buone proprietà meccaniche. Le caratteristiche meccaniche di tale classe diminuiscono però fortemente all'aumentare del grado di alterazione e della potenza degli strati argilloso-siltosi oltre che all'aumentare del grado di fratturazione. I termini monolitologici sono costituiti da arenarie e peliti più o meno fratturate con buone proprietà meccaniche che diminuiscono però fortemente all'aumentare del grado di alterazione.

Sono frequentemente laminate e presentano controimpronte alla base tipo "groove casts". Talvolta si ritrovano fra gli strati arenacei delle intercalazioni di calcari marnosi con liste e noduli di selce;

PROGETTAZIONE ATI:

altre intercalazioni sono costituite da scisti nerastri e lenti marnose. L'età è ascrivibile all'Oligocene superiore-Miocene inferiore.

La coltre di alterazione è rappresentata da un ammasso costituito da uno scheletro di clasti e blocchi arenacei e marnosi in matrice sabbiosa-argillosa, ma non mancano ampie porzioni di formazione non destrutturata, in cui sono ancora intatte le strutture originarie, come la stratificazione, e l'ammasso è solo affetto da un allentamento con ampliamento delle fratture e propagazione in profondità del processo di ossidazione.

La formazione è interessata da numerose dislocazioni per faglia diretta orientate in direzione appenninica (NW-SE), che attraversano il substrato e che vengono intercettate circa ortogonalmente dal tracciato stradale. Esse "sbloccano" la formazione delle Arenarie del Cervarola e non se ne conoscono i rigetti. Oltretutto il rilievo attraversato dal tratto San Zeno Arezzo e la serie di rilievi attraversata dal tratto Arezzo-Palazzo del Pero, sono separati dalla piana di Arezzo che rappresenta una depressione tettonica ai cui margini sono collocate importanti faglie dirette che ribassano il settore di pianura rispetto ai territori posti al margine. Questo aspetto, tra gli altri, rende difficoltosa la correlazione stratigrafica tra i due settori.

3.2.1.2. Marne di S.Polo

La formazione è rappresentata da marne giallastre e grigie a frattura scheggiata intercalate al Macigno del Mugello. Essa si incontra solamente nella porzione iniziale del lotto 1, tra la pk 1200+000 e la pk 1600+000.

L'età, anche per questa formazione, è ascrivibile all'Oligocene superiore-Miocene inferiore.

Sono marne a grana fine intensamente alterate, dalle basse caratteristiche di resistenza, poco tenaci, scarsamente rigide ed elastiche, fittamente laminate ed intensamente fratturate con riempimenti a matrice argillosa, spesso calcitici o a breccia minuta in matrice argillosa e presenza sporadica di ricementazioni lungo i giunti (valori di RQD bassi). Resistenza a di compressione monoassiale generalmente bassa.

3.2.2. DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI

3.2.2.1. Depositi alluvionali recenti ed attuali (Olocene - Attuale)

Individuano depositi alluvionali recenti di ambiente fluviale, costituiti da litotipi rappresentati da limi argillosi, limi sabbiosi, argille limose, con spessi banchi di sabbie e strati ghiaiosi, di età olocenica.

I sedimenti alluvionali ricoprono il substrato costituito dal Macigno del Mugello fino alle aree marginali in cui questo viene ad emergere. Gli spessori delle alluvioni tendono ad aumentare progressivamente mano a mano che ci si sposta verso Arezzo. Partendo da Arezzo gli spessori delle alluvioni decrescono spostandosi verso est, partendo da importanti spessori dell'ordine di svariate decine di metri e confermati dal fatto che i sondaggi non hanno mai raggiunto il substrato lapideo e decrescendo fino ad azzerarsi al contatto con i versanti arenacei.

Localmente sono presenti anche intercalazioni di terre fini e medio-fini, da argilla a limo sabbioso, che talvolta possono prevalere, in particolare nella parte sommatiale.

3.2.2.2. Terreni di riporto

Data l'intensa urbanizzazione dell'area, sono presenti terreni di riporto rappresentati da materiali eterogenei, da limi sabbiosi e/o argillosi a sabbie limose, con ghiaia o ciottoli di varia composizione, spesso clasti di marna, arenaria e laterizi; talora vi è presente sostanza organica.

I terreni suddetti, intercettati da alcuni sondaggi, rappresentano rilevati stradali oppure aree di colmamento artificiale (da pk 0 a pk 450 , da pk 0+750 a pk 1+300, da pk 1+700 a pk 1+740, da pk 2+025 a pk 2+125, da pk 2+325 a pk 2+375, da pk 2+490 a pk 2+630, da pk 3+750 a pk 3+925, da pk 4+175 a pk 4+280, da pk 4+600 a pk 4+710 , da pk 5+390 a pk 5+460, da pk 5+540 a pk 5+660,

da pk 6+210 a pk 6+280, da pk 6+650 a pk 6+675, da pk 7+015 a pk 7+400, da pk 8+100 a pk 8+475).

Nella carta geologica prodotta, in allegato a questo elaborato, sono cartografate le zone in cui le unità appena descritte sono affioranti o sub-affioranti.

4. LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI

La morfologia del territorio attraversato dal progetto in oggetto si può dividere in tre settori ben distinti tra loro:

- a. Un primo settore rappresentato da un territorio tipicamente pianeggiante, corrispondente alle aree di pianura della Val di Chiana e della piana di Arezzo, colmate da sedimenti alluvionali, poste rispettivamente nella zona sud-occidentale ed in quella nord-orientale; le pendenze sono molto blande e decrescono verso ovest nel settore della val di Chiana, cioè verso il Canale Maestro della Chiana, nella seconda area verso nord-ovest, cioè verso la piana di Arezzo. Le quote altimetriche sono di poco inferiori ai 250 m s.l.m. nell'area della Val di Chiana.
- b. Un secondo settore, nella porzione centrale del lotto, corrisponde all'area di spartiacque costituita da un rilievo impostato nelle Arenarie del Cervarola, la cui massima quota raggiunge i 700 m circa s.l.m.. Questo è rappresentato da versanti impostati su roccia caratterizzati da pendenze relativamente accentuate. Il tracciato attraversa la dorsale ad una quota di circa 500 m s.l.m..
- c. Un terzo settore caratterizzato da un'area di fondovalle, le cui quote variano da un massimo di 485 m s.l.m. ad un minimo di 435 m s.l.m..

Le quote altimetriche sono di poco inferiori ai 250 m s.l.m. nel tratto iniziale nell'area all'interno della Val di Chiana, e aumentano nel tratto centrale del lotto fino ad arrivare a circa 500 m s.l.m. per poi decrescere nuovamente fino a circa 435 m s.l.m. Circa l'influenza dei depositi affioranti sul modellamento, le Arenarie del Cervarola danno le quote più elevate.

Dal punto di vista idrografico il tracciato intercetta due corsi d'acqua modesti, il Torrente Vingone tra le pk 250+000 e 353+229 ed il Rio Fiumicello che corre parallelo all'ultima parte del tracciato del lotto in esame.

Per il resto del tracciato sono presenti solo modestissimi scoli che drenano verso il reticolo principale.

La rete dei torrenti e dei canali che drenano la Piana di Arezzo e la Val di Chiana rappresentano un sistema idraulico e di drenaggio estremamente complesso, caratterizzato da un assetto geomorfologico che, specie nelle aree di margine e nelle fasce colluvio-alluvionali pedemontane orientali, determina condizioni di sovralluvionamento e di colmata alluvionale delle superfici.

Ne derivano spesso alvei pensili che solcano superfici depresse che, in occasione di fenomeni alluvionali o di piogge importanti, possono venire diffusamente allagate.

Questa condizione geomorfologica dei torrenti costituisce una naturale criticità idraulica che si somma alle numerose interferenze operate da infrastrutture viarie e insediamenti, le quali determinano spesso ostruzione al naturale deflusso in alveo, determinando fenomeni di allagamento. Tra questi va citato il Fosso di Covole, affluente sinistro del Torrente della Bicchieraia, uno dei cui rami apicali intercetta il tracciato tra le 5750+000 e 5800+000 circa ad una quota di 445 m s.l.m. circa ed è cartografato dal PAI come area a pericolosità di frana molto elevata.

Dal punto di vista dei fenomeni gravitativi, il territorio in cui ricade il lotto presenta una franosità piuttosto accentuata. Prima di passare all'analisi dei singoli fenomeni cartografati, è opportuno specificare la distinzione che è stata adottata in cartografia per quanto riguarda lo stato di attività dei fenomeni franosi. Per **fenomeni attivi** si intendono quelli in continua evoluzione, le cui

PROGETTAZIONE ATI:

dinamiche e modificazioni possono essere registrate in breve intervallo temporale; si tratta quindi di fenomeni che non hanno raggiunto condizioni di equilibrio. Questi possono alternare periodi di massima dinamica a periodi di inattività temporanea generalmente legati al ciclo stagionale. Si citano ad esempio l'azione erosiva delle acque incanalate, oppure fenomeni legati alla dinamica gravitativa del tipo "soliflusso", che mostrano diversa velocità nei vari periodi dell'anno;

Per forme **non attive** si intendono fenomeni che non hanno subito movimenti per più cicli stagionali. A tale categoria possono essere ricondotte le frane "quiescenti" che risultano in apparente stato di stabilità. Il movimento può riprendere sia lungo la nicchia di distacco che nel cumulo della frana, in occasione di sensibili variazioni morfologiche, per eventi climatici anomali o in caso di adeguate sollecitazioni transitorie (interventi antropici, sisma, ecc.). Si tratta di frane inattive che possono essere riattivate dalle proprie cause originali; in sostanza sono fenomeni per i quali permangono le possibilità di movimento. Gran parte di tali frane non ha subito sostanziali evoluzioni negli ultimi anni, ma è facilmente prevedibile che, in concomitanza con precipitazioni superiori alla media, si possano verificare riprese nell'attività dinamica. Tali forme, durante il periodo di inattività, possono mostrare comunque indicatori tali da far ritenere una più o meno prossima ripresa del movimento;

Le frane **stabilizzate** comprendono quelle fenomenologie che hanno raggiunto uno stato di equilibrio tale da far ritenere meno probabili nuove evoluzioni in senso dinamico.

Da segnalare infine la presenza di **forme artificiali** (antropiche). Si tratta di forme dovute all'azione dell'uomo sul territorio, quindi rientrano in questa categoria un'ampia gamma di interventi e in generale tutte le aree che, per una qualsiasi ragione, sono state modificate dall'uomo.

5. LINEAMENTI IDROGEOLOGICI

Le formazioni geologiche affioranti nell'area in esame possiedono caratteristiche idrogeologiche alquanto diverse. Alla permeabilità primaria dei depositi alluvionali si contrappone la permeabilità di tipo secondario mostrata dalle formazioni flyshoidi.

La permeabilità come sopra definita ha significato puramente qualitativo e si basa su considerazioni dettate dall'esperienza. In questi terreni valutazioni di carattere quantitativo si potranno ottenere prevalentemente con prove in situ.

La falda presente nella pianura di Arezzo trae la sua alimentazione dalla fascia pedecollinare e defluisce in direzione del canale maestro della Chiana.

Gli acquiferi presenti nell'area possono essere divisi in due tipologie principali:

- Acquiferi permeabili per porosità:

A questa categoria appartengono i sedimenti granulari non consolidati che vanno dalle sabbie alle ghiaie e ai ciottoli. Hanno una elevata porosità primaria e quindi possono immagazzinare buone percentuali d'acqua, sino al 40% del volume; la loro permeabilità aumenta con le dimensioni dei granuli. Si tratta di sedimenti marini o continentali (fluviolacustri e fluviali) che hanno un'età dal Miocene. Sono costituiti da ghiaie e sabbie la cui permeabilità varia in funzione della percentuale di limo e argilla.

I sedimenti alluvionali sono in genere ben alimentati, sia dall'infiltrazione delle acque di pioggia sia dagli alvei fluviali; in qualche caso usufruiscono anche della ricarica laterale e profonda delle rocce incassanti.

Nelle pianure alluvionali si trovano le falde idriche più importanti e quindi più sfruttate. Ciò dipende da vari fattori: oltre alla buona permeabilità dei sedimenti alluvionali sono fattori importanti la produttività delle falde idriche e la loro facile captazione con pozzi generalmente poco profondi ed ubicati nelle zone stesse di utilizzazione.

Sistemi acquiferi liberi in alluvioni da grossolane a medie, od in materiali fortemente alterati e/o risedimentati, privi di efficace protezione in superficie e, talora, soggiacenti ad

agglomerati di centri di pericolo (urbanizzato) sono caratterizzati da una classe di vulnerabilità generalmente molto elevata che diminuisce fino ad una classe alta in funzione della presenza di una copertura superficiale da scarsamente permeabile a tratti impermeabile.

La soggiacenza della falda nei settori di piana alluvionale e variabile da pochi metri a profondità intorno ai 10 m dal p.c..

- Acquiferi permeabili per fratturazione:

La seconda categoria di acquiferi è quella delle rocce consolidate, solitamente di età anteriore al Miocene, nelle quali l'acqua circola per gravità in corrispondenza di una rete di discontinuità formatasi successivamente al consolidamento della roccia: in genere si tratta di fratture originate dai movimenti tettonici o da processi di alterazione. tali condizioni si verificano più frequentemente nei litotipi maggiormente cementati di arenaria, calcarenite e calcirudite, mentre sono rare nei litotipi pelitici, marne argillose e argilloscisti, ancorché compatti, a causa della maggior presenza di materiali di riempimento.

Nel complesso questi depositi sono caratterizzati da una permeabilità medio-bassa.

Questi sistemi acquiferi sono caratterizzati da un grado di vulnerabilità variabile da media a bassa a seconda dello stato di fratturazione e della percentuale di materiali marnosi presenti. In genere, questi complessi non sono molto produttivi a parità di alimentazione ma possono dare risposte di accumulo di inquinanti quando si trovano nel sottosuolo di agglomerati di centri di pericolo o vengono impegnati da scarichi industriali e discariche.

6. ASPETTI GEOTECNICI

Dal punto di vista dei criteri di caratterizzazione geotecnica, si distinguono tre tipologie di materiale:

- materiali a prevalente comportamento coesivo;
- materiali a prevalente comportamento incoerente;
- substrato roccioso.

L'individuazione del tipo di materiale, e quindi la scelta del metodo di interpretazione, è fatta principalmente sulla base della descrizione stratigrafica dei sondaggi e delle prove di laboratorio sui campioni di terreno. Sono stati inoltre utilizzati i risultati ottenuti dalle prove N_{SPT} e i risultati in termini di velocità delle onde di taglio (V_s) da prove geofisiche Down-Hole e sismica a riflessione.

Tutte le unità geotecniche individuate fanno riferimento alle unità geologiche descritte nella Relazione geologica (T01GE01GEORE01). Di seguito una Tabella che correla le unità geotecniche e le unità geologiche corrispondenti.

UNITÀ GEOLOGICA	UNITÀ GEOTECNICA	TIPOLOGIA TERRENO/ROCCIA
R – Terreni di riporto	R - Riporto	Riporto
Fn - Frana	FN - Frana	Depositi di frana
at – Alluvioni recenti ed attuali	LS – Limi e sabbie	Coesivo in prevalenza limoso sabbioso
at – Alluvioni recenti ed attuali	GS – Ghiaie e sabbie limose	Incoerente in prevalenza ghiaiosa sabbiosa
ac – Arenaria del Cervarola	AC – Arenaria del Cervarola	Substrato formato da alternanze tra arenarie siltiti argilliti

PROGETTAZIONE ATI:

ac – Arenaria del Cervarola	AC alt - Arenaria del Cervarola alterata	Substrato formato da alternanze tra arenarie siltiti argilliti fortemente alterato e destrutturato
ms – Marne di San Polo	MS – Marne di San Polo	Alternanze tra arenarie siltiti argilliti
ms – Marne di San Polo	MS alt - Marne di San Polo alterate	Substrato formato da alternanze tra arenarie siltiti argilliti fortemente alterato e destrutturato

Facendo riferimento al profilo longitudinale in dir. Grosseto, di seguito vengono brevemente descritti i terreni di fondazione che interagiscono con l'opera in progetto.

Dalla pk **0+000** alla **0+475** il profilo stratigrafico è caratterizzato dalla presenza di terreni alluvionali di natura limosa intervallati da lenti più argillose o più sabbioso-ghiaiose. Il suo spessore tende velocemente a diminuire da Ovest verso Est fino a scomparire alla pk 0+475 circa, dove il substrato è affiorante. Il sondaggio B_S01 non intercetta il substrato roccioso.

Dalla **0+475** alla **0+750** il substrato roccioso è affiorante; per quanto significativa, la prova MASW ha indicato la presenza di uno spessore di substrato alterato (unità AC alt) di spessore pari a circa 4-5 m, seguito dal substrato con migliore caratteristiche fisico-meccaniche, si tratta dell'unità delle Arenarie del Cervarola (unità AC).

Dalla **0+475** alla **1+200**, ancora una volta, il profilo stratigrafico è caratterizzato dalla presenza di depositi alluvionali. Tuttavia, in questo caso la loro natura è francamente incoerente (unità GS), come suggeriscono l'esito dei sondaggi B_S02 e B_S03 e delle prove di laboratorio eseguite sui campioni estratti. La sua profondità massima, alla pk 1+000 raggiunge circa 25-26 m da p.c., mentre lateralmente (sia verso Est che verso Ovest) la sua profondità tende a diminuire. Al di sotto dei terreni alluvionali si incontrano le Arenarie del Cervarola (unità AC). Anche in questo caso, nella parte superficiale dell'unità AC, è presente un cappellaccio di alterazione (AC alt) con spessore minimo.

Dalla **1+200** alla **1+600** affiora il substrato roccioso dell'unità delle Marne di San Polo (unità MS); le indagini disponibili hanno indicato uno spessore di circa 5-6 m di substrato alterato. In corrispondenza delle pk 1+200 e 1+600, come indicato negli elaborati geologici, sono presenti i limiti geologici tra Arenarie del Cervarola e Marne di San Polo.

Dalla **1+600** alla **8+125** affiora persistentemente il substrato roccioso e, in particolare, la formazione geologica delle Arenarie del Cervarola. Lungo tutto il tracciato è presente, dapprima, l'unità costituita dal substrato roccioso alterato (AC alt), con spessore variabile da pochi metri fino talvolta a cc 30 m, come ad esempio in corrispondenza dei sondaggi B_S11, B_S12. Segue il substrato non alterato con buone caratteristiche fisico-meccaniche. Anche all'interno dell'unità AC sono presenti lenti di substrato alterato (vedi B_S05, B_S14, B_S15, MASW4).

Dalla **8+125** alla **8+475** il substrato roccioso non è più affiorante, ma sepolto da depositi di natura alluvionale, composti in prevalenza terreni coesivi. Il loro spessore è di circa una decina di metri.

7. INQUADRAMENTO SISMICO

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto (accelerazione del moto del suolo, intensità al sito, spettro di sito) viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (riportato nella tabella 1 dell'Allegato B del D.M. 14 gennaio 2008).

L'approccio "sito dipendente" della nuova normativa permette di riferirsi, per ogni costruzione, ad un'accelerazione di riferimento propria in relazione sia alle coordinate geografiche dell'area di progetto, sia alla vita nominale dell'opera stessa.

In quest'ottica la classificazione sismica del territorio basata su un'approssimazione dei valori e della distribuzione del parametro a_g secondo i limiti amministrativi (criterio "zona dipendente") rimane utile, dal punto di vista amministrativo, per la gestione pianificatoria e di controllo dello stesso, e viene di seguito riportata per completezza espositiva.

7.1. CLASSIFICAZIONE SISMICA

Per quanto riguarda la Classificazione sismica del territorio della Regione Toscana le Delibere della Giunta regionale Toscana n.431 del 19/06/2006 e n. 841 del 26.11.2007, in attuazione dell'Ordinanza del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20 marzo 2003, hanno aggiornato la Classificazione sismica del Territorio della Regione Toscana, prevedendo l'istituzione di una nuova zona 3S, interna alla zona 3, in cui ricadono i comuni in zona 3 da declassificare e per i quali nella progettazione si mantiene lo stesso livello di protezione assicurato per le azioni sismiche della zona 2.

Si riportano di seguito i valori a_g di accelerazione orizzontale d'ancoraggio dello spettro di risposta elastica per ogni zona.

ZONA	Accelerazione di ancoraggio dello spettro di risposta elastico(a_g)
2	0.25
3s	0.25
3	0.15
4	0.05

Figura 7-7.1 Valori di accelerazione orizzontale d'ancoraggio e relative zone secondo DGRT n. 431 -2006

Con la Delibera di Giunta Regionale n. 878 dell'8 ottobre 2012 in attuazione dell'O.P.C.M. 3519/2006 ed ai sensi del D.M. 14.01.2008 è stato attuato l'aggiornamento della classificazione sismica con la revoca della DGRT 431/2006" e la cessazione di efficacia dell'elenco dei Comuni a Maggior Rischio Sismico della Toscana (DGRT 841/2007). Secondo tale delibera il comune di Arezzo ricade in zona 2.

Infine con la D.G.R. n. 421 del 26.05.2014 si è proceduto con l'aggiornamento dell'Allegato 1 (elenco dei comuni) e dell'Allegato 2 (mappa) della deliberazione GRT n. 878 dell'8 ottobre 2012. Anche secondo tale delibera il comune di Arezzo ricade in zona sismica 2.

Tabella 7-7-1 Storia della classificazione sismica del comune di Arezzo dal 1927 a oggi

Cod. ISTAT	Comune	CLASSIFICAZIONI SISMICHE PRECEDENTI								ATTUALE	
		R. D. 13 03 1927	R. D. 25 03 1935	R. D. 22 11	Legge 25 11 1962	Decreto Ministeriale	O. P.C.M. n°3274	O.P.C.M. n°3519	Del. G.R.T. n°878	Del. G.R.T.	

PROGETTAZIONE ATI:

		n°431	n°640	1937 n°2105	n°1684	19 03 1982	20 03 2003 Del. G.R.T. n°604 16 06 2003	28 04,2006 Del. G.R.T. n°431 19 06 2006	8 10 2012	n°421 26 maggio 2014
051002	AREZZO	2 sola fraz. S.Maria alla Rassinata	2 sola fraz. S.Maria alla Rassinata	n.c.	n.c.	2	2	2	2	2

**MAPPA DI AGGIORNAMENTO DELLA CLASSIFICAZIONE SISMICA DELLA
REGIONE TOSCANA – 2014**

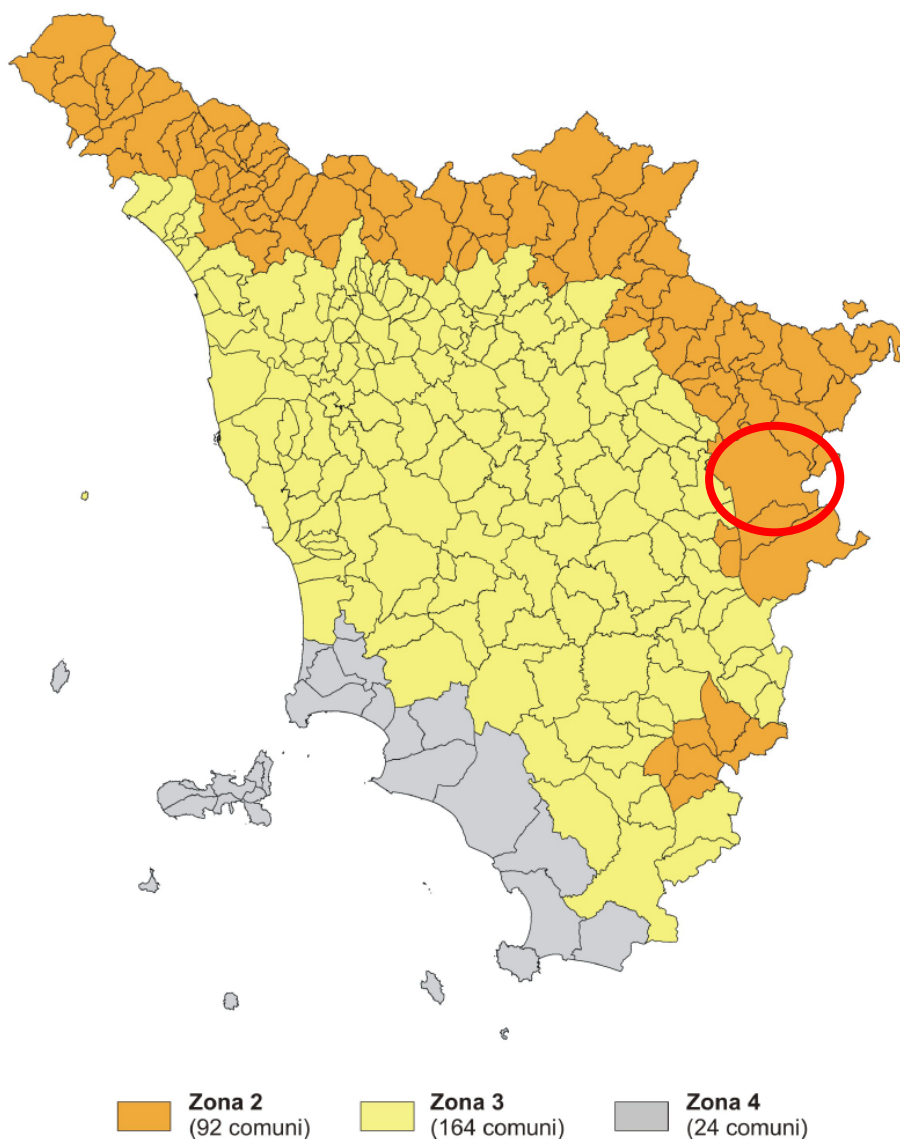


Figura 7-7.2 Classificazione zone sismiche regione Toscana – Delibera GRT n. 421 del 26/05/2014

7.2. PERICOLOSITÀ SISMICA

L' Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28/04/2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle

PROGETTAZIONE ATI:

medesime zone” ha adottato la mappa di pericolosità sismica MPS04 quale riferimento ufficiale e ha definito i criteri che ciascuna Regione deve seguire per l’aggiornamento della classificazione sismica del proprio territorio.

La stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido, viene definita mediante un approccio "sito-dipendente" e non più tramite un criterio "zona-dipendente". In sintesi, non si progetta più stimando l’azione sismica a partire dalla “zona”, ma calcolandola ad hoc per il sito di progetto, inserendo la localizzazione nella mappa nazionale di pericolosità. Ne consegue che la classificazione sismica del territorio è scollegata dalla determinazione dell’azione sismica di progetto, mentre rimane il riferimento per la trattazione di problematiche tecnico-amministrative connesse con la stima della pericolosità sismica.

Questo strumento normativo, per la prima volta, ha portato a valutare la classificazione sismica del territorio secondo parametri sismologici svincolati dal solo criterio politico del limite amministrativo utilizzato fino a quel momento.

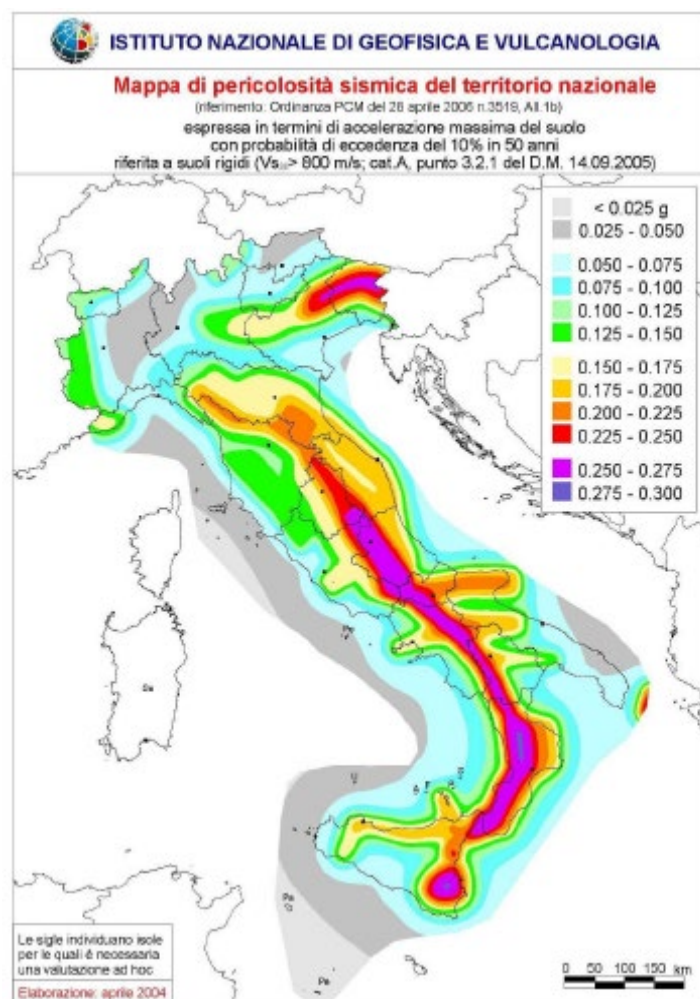


Figura 7-7.3 Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (OPCM 3519 2006)

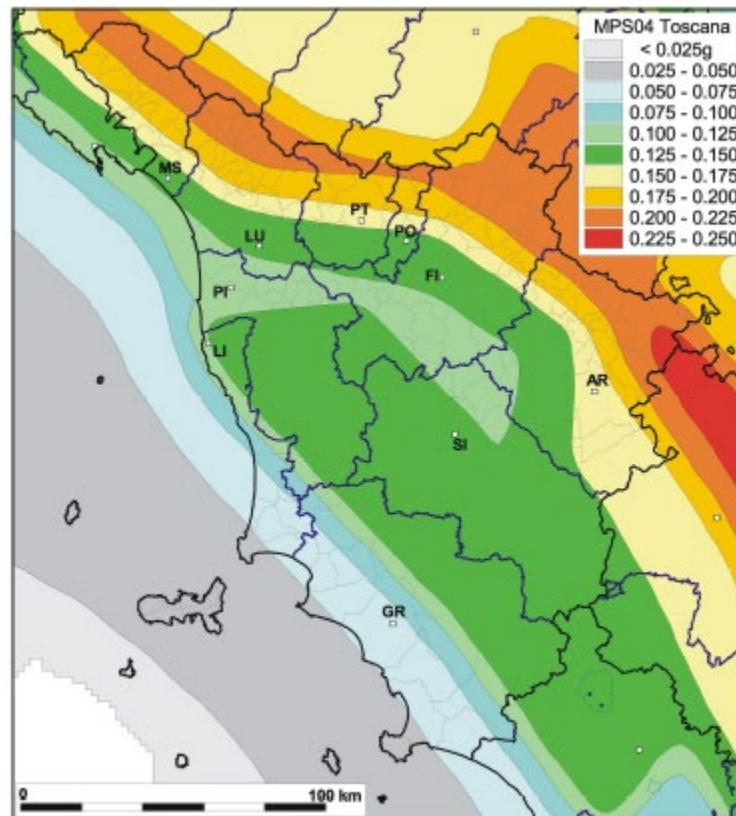


Figura 7-7.4 Mappa della pericolosità Sismica della Toscana

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle N.T.C., dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- $-a_g$ accelerazione orizzontale massima del terreno;
- $-F_0$ 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.

Questi tre parametri sono definiti in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento), i cui nodi non distano fra loro più di 10 km, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e per diversi periodi di ritorno (variabili tra 30 e 975 anni).

Nello specifico, tramite applicazione Webgis consultabile on line sul sito dell'I.N.G.V. all'indirizzo <http://esse1-gis.mi.ingv.it>, è possibile in maniera interattiva esaminare le mappe di pericolosità sismica del territorio nazionale. In particolare, come specificato, il territorio del comune di Arezzo si hanno dei valori di accelerazione del suolo, riferiti ai suoli rigidi, (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) compresi tra $0.125 \div 0.200 a_g$ di accelerazione massima del suolo espressa come accelerazione di gravità.

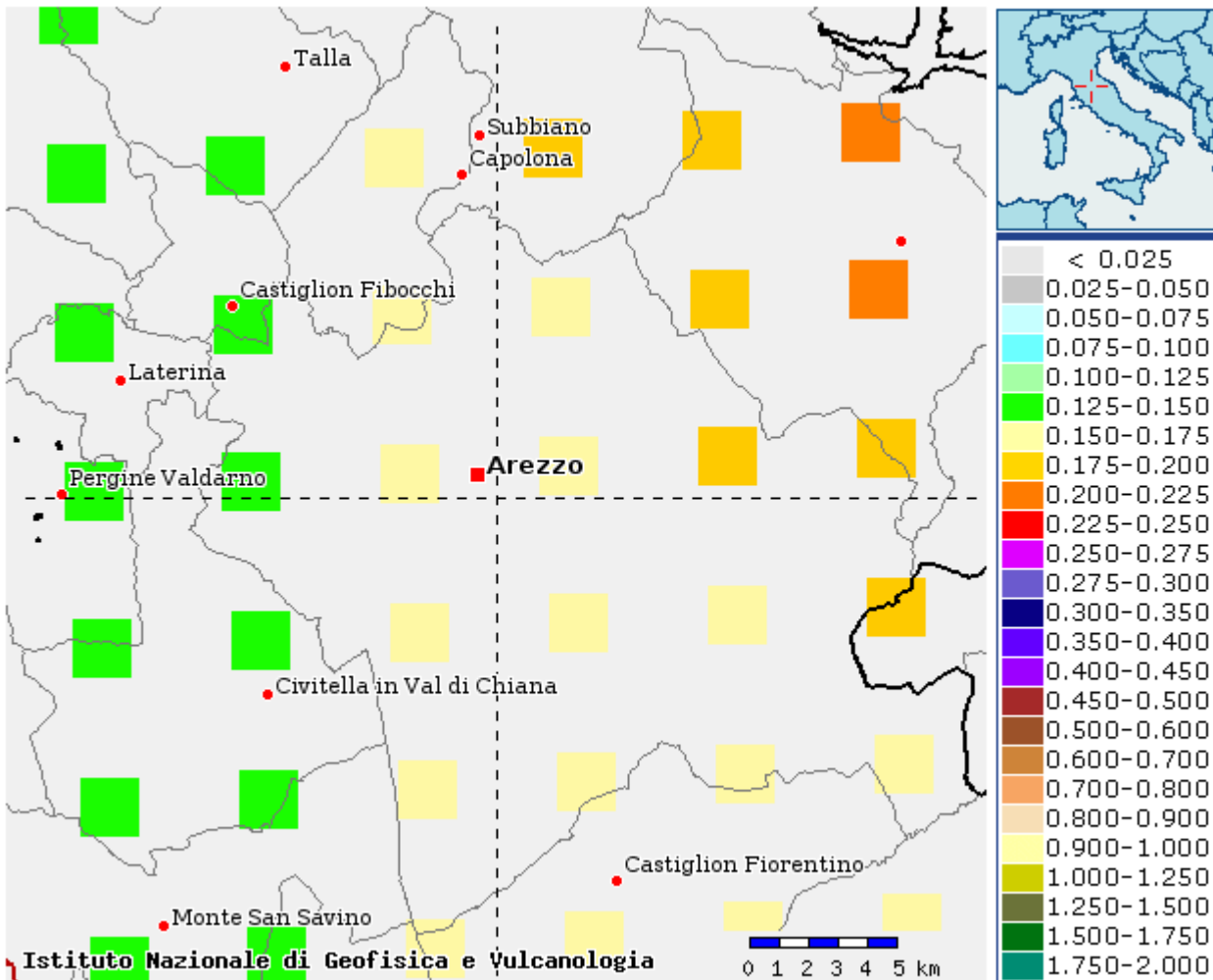


Figura 7-7.5 Valori di pericolosità sismica (OPCM del 28 aprile 2006 n. 3519, All. 1b) espressi in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat. A, punto A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005).

7.3. SISMICITÀ STORICA

La sismicità storica dell'area interessata dall'opera in progetto è stata analizzata consultando i cataloghi più aggiornati, considerando un intervallo temporale che va dal mondo antico all'epoca attuale. In particolare, sono stati consultati i seguenti database:

- Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 (CPTI15), redatto dal Gruppo di lavoro CPTI 2015 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). Questo catalogo fornisce dati parametrici omogenei, sia macrosismici, sia strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima ≥ 5 o magnitudo ≥ 4.0 d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014.
- DataBase Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15), realizzato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). Fornisce un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti relativo ai terremoti con intensità massima ≥ 5 e d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014.

La finestra cronologica coperta dal catalogo CPTI15 e dal database DBMI15 va dall'anno 1000 d.C. circa a tutto il 2014 d.C., ed offre per ogni terremoto una stima il più possibile omogenea della

PROGETTAZIONE ATI:

localizzazione epicentrale (Latitudine, Longitudine), dei valori di Intensità massima ed epicentrale, della magnitudo momento e della magnitudo calcolata dalle onde superficiali.

Per la compilazione del CPTI15 sono stati ritenuti di interesse solo i terremoti avvenuti in Italia e quelli che, pur essendo stati localizzati in aree limitrofe, potrebbero essere stati risentiti con intensità significativa all'interno dei confini dello stato.

Per area interessata dall'opera in progetto sono stati identificati i seguenti eventi ricavabili dal database dell'INGV:

PlaceID IT_46638					
Coordinate (lat, lon) 43.464, 11.882					
Comune (ISTAT 2015) Arezzo					
Provincia Arezzo					
Regione Toscana					
Numero di eventi riportati 84					
Int.	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
7-8	1005	Arezzo	4	6-7	4,86
7-8	1352 12 25	Alta Valtiberina	7	9	6,31
NC	1542 06 13 02 15	Mugello	46	9	6,02
5	1751 07 27 01	Appennino umbro-marchigiano	66	10	6,38
4-5	1774 01 31 19 30	Alta Valtiberina	3	6	4,63
F	1781 01 11	Crete Senesi	4	6-7	4,86
6	1781 06 03	Cagliese	157	10	6,51
4-5	1787 12 26	Casentino	6	5-6	4,4
6	1796 02 05 02	Aretino	9	7	4,96
4	1798 05 26	Senese	15	6-7	4,85
3	1854 02 12 05	Valle Umbra	21	8	5,57
F	1865 09 21 20 50	Alta Valtiberina	5	7	5,1
3	1869 02 07	Senese	8	6-7	4,81
F	1869 02 07 04 52	Senese	5	5-6	4,4
4	1873 03 12 20 04	Appennino marchigiano	196	8	5,85
3-4	1875 03 17 23 51	Costa romagnola	144	8	5,74
3	1881 09 28	Cesena	24	6-7	4,71
2	1887 11 14 05 48 05.00	Fiorentino	101	6	4,47
NF	1889 12 08	Gargano	122	7	5,47
F	1891 12 08	Alta Valtiberina	24	5	4,34
F	1892 11 21	Alta Valtiberina	22	5-6	4,25
3	1895 05 18 19 55 12.00	Fiorentino	401	8	5,5
2-3	1895 06 06 00 35 05.00	Fiorentino	29	5-6	4,55
F	1895 10 25 00 24 58.00	Chianti	36	5-6	4,51
5-6	1897 12 18 07 24 20.00	Alta Valtiberina	132	7	5,09
4-5	1902 06 27 16 48	Casentino	13	6	4,46
3	1907 12 20 10 29 15.00	Chianti	35	6	4,44
4	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5,36

PROGETTAZIONE ATI:

PlaceID IT_46638					
Coordinate (lat, lon) 43.464, 11.882					
Comune (ISTAT 2015) Arezzo					
Provincia Arezzo					
Regione Toscana					
Numero di eventi riportati 84					
Int.	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
5	1909 08 25 00 22	Crete Senesi	259	7-8	5,34
4	1911 02 19 07 18 30.00	Forlivese	181	7	5,26
2	1911 03 20 15 47	Forlivese	25	6	5,09
2	1911 03 26 20 20 50.00	Casentino	8	6	4,54
4-5	1911 09 13 22 29 02.00	Chianti	115	7	5,08
2	1913 07 21 22 35	Appennino romagnolo	43	5-6	4,79
3	1915 01 13 06 52 43.00	Marsica	1041	11	7,08
3-4	1916 05 17 12 50	Riminese	132	8	5,82
6	1917 04 26 09 35 59.00	Alta Valtiberina	134	9-10	5,99
3	1917 12 02 17 39	Appennino forlivese	32	6-7	5,09
4	1918 11 10 15 12 28.00	Appennino forlivese	187	9	5,96
3	1919 02 13 02 20	Lago Trasimeno	18	6	4,64
5	1919 06 29 15 06 13.00	Mugello	565	10	6,38
NF	1919 09 10 16 57	Val di Paglia	67	7-8	5,36
5	1919 10 25 13 51	Alta Valtiberina	30	6	5,03
3	1920 09 07 05 55 40.00	Garfagnana	750	10	6,53
3	1920 11 24 04 20	Senese	15	4-5	4,07
3	1930 10 30 07 13	Senigallia	268	8	5,83
3	1940 10 16 13 17	Val di Paglia	106	7-8	5,29
5	1948 06 13 06 33 36.00	Alta Valtiberina	142	7	5,04
2-3	1949 03 09 04 16 30.00	Mugello	12	5	4,42
3	1951 09 01	Monti Sibillini	80	7	5,25
NF	1952 12 02 06 13 22.00	Appennino forlivese	53	5	4,42
3	1957 04 30 06 05 08.00	Alta Valtiberina	57	5	4,23
NF	1959 03 24 10 24	Fiorentino	28	7	4,85
NF	1960 04 15 02 45 11.00	Montefeltro	30	5-6	4,45
3	1960 10 29 00 08 39.00	Mugello	69	7	4,91
F	1962 09 16 14 49 45.00	Chianti	19	6	4,54
4	1965 08 04 11 49 53.00	Alta Valtiberina	44	5	4,48
3	1969 08 09 09 20 57.00	Appennino tosco-romagnolo	33	5	4,2
3	1969 08 11 13 55	Lago Trasimeno	46	7	4,7
3	1972 10 25 21 56 11.31	Appennino settentrionale	198	5	4,87
5	1979 09 19 21 35 37.00	Valnerina	694	8-9	5,83
2-3	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	1394	10	6,81

PROGETTAZIONE ATI:

PlaceID IT_46638					
Coordinate (lat, lon) 43.464, 11.882					
Comune (ISTAT 2015) Arezzo					
Provincia Arezzo					
Regione Toscana					
Numero di eventi riportati 84					
Int.	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
3	1983 11 09 16 29 52.00	Parmense	850	6-7	5,04
4-5	1984 04 29 05 02 59.00	Umbria settentrionale	709	7	5,62
NF	1987 07 05 13 12 37.46	Montefeltro	90	6	4,44
NF	1989 07 09 03 54 37.25	Montefeltro	48	5	4,09
NF	1990 05 08 22 33 15.91	Alta Valtiberina	64	5	3,77
2	1991 01 14 07 38 36.65	Casentino	62	5	4,26
3	1993 01 17 10 51 23.39	Alta Valtiberina	76	5	4,26
NF	1993 06 05 19 16 17.02	Valle del Topino	326	6	4,72
4	1997 09 26 00 33 12.88	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5,66
4-5	1997 09 26 09 40 26.60	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5,97
3	1997 10 02 19 38 02.29	Alta Valtiberina	55		4,42
3-4	1997 10 14 15 23 10.64	Valnerina	786		5,62
3	1998 04 05 15 52 21.01	Appennino umbro-marchigiano	395		4,78
4-5	2000 06 22 12 16 35.58	Bacino di Gubbio	107	5	4,47
5	2001 11 26 00 56 55.46	Casentino	211	5-6	4,63
3	2003 12 07 10 20 33.04	Forlivese	165	5	4,18
NF	2006 10 21 07 04 10.01	Anconetano	287	5	4,21
3	2009 12 15 13 11 58.98	Valle del Tevere	26	7	4,23
3-4	2016 08 24 01 36 32.00	Monti della Laga	221	10	6,18
4	2016 10 26 19 18 07.42	Valnerina	77		6,07
4-5	2016 10 30 06 40 17.32	Valnerina	379		6,61
3-4	2017 01 18 10 14 09.90	Aquilano	280		5,7

Tabella 7.2 Catalogo sismico del sito di Arezzo. Dati modificati a partire dal gruppo di Lavoro CPTI2015 (Io=intensità ipocentrale ; Mw = Magnitudo ; Int.Intensità realmente risentita al sito in scala MCS).

Si riporta inoltre l'istogramma della distribuzione degli eventi sismici in funzione dell'intensità e del tempo.

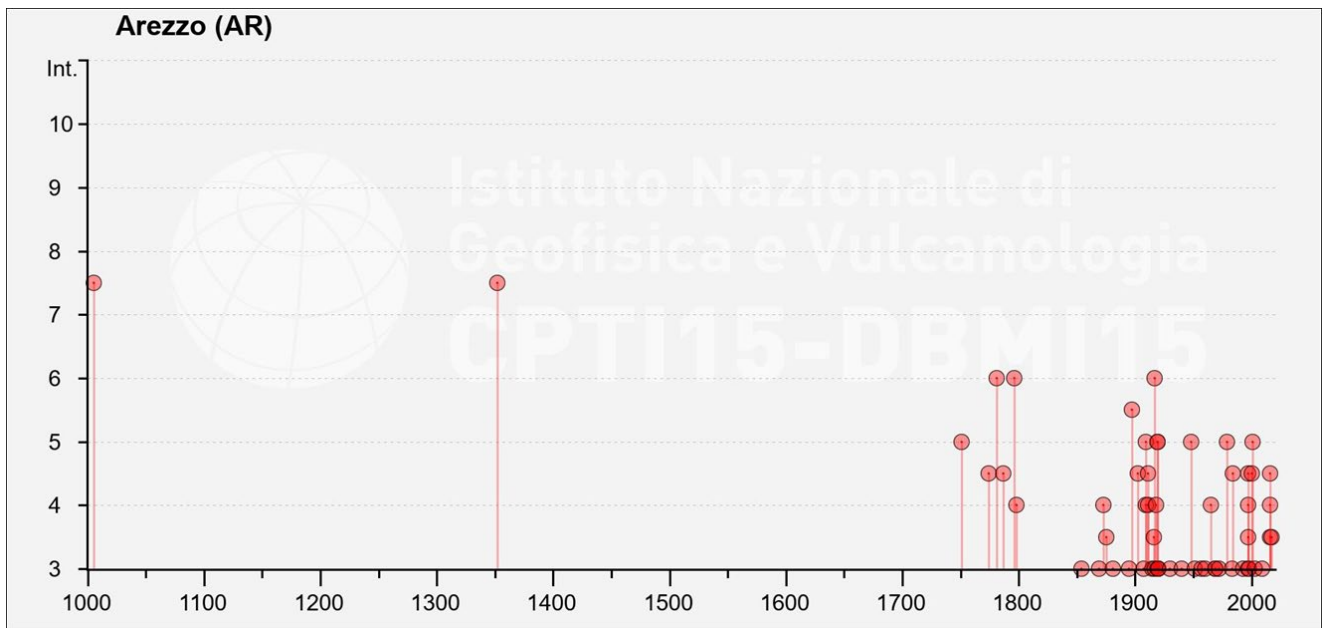


Figura 7-7.6 Distribuzione delle intensità risentite al sito (Is) dei terremoti verificatisi nell'area di Arezzo dal 1000 al 2002.

Di seguito si riporta una tabella con le massime intensità macrosismiche osservate nella provincia di Arezzo e una mappa con le stesse massime intensità osservate nella Regione Toscana (Dipartimento della Protezione Civile 1996), in cui si può osservare come la massima intensità macrosismica registrata per il comune di Arezzo sia $I_{max} = 8$. Per intensità macrosismica si intende la misura degli effetti di un terremoto sulle costruzioni, sull'uomo e sull'ambiente, classificandoli in dodici gradi attraverso la scala Mercalli. L'intensità non è quindi una misura dell'energia di un terremoto, ma del grado di danneggiamento, perché le conseguenze dipendono dalla violenza dello scuotimento ma anche da come sono state costruite le case e da quante persone vivono nell'area colpita.

Comune	Re	Pr	Com	Lat	Lon	I_{max}
ANGHIARI	9	51	1	43.54050	12.05450	8
AREZZO	9	51	2	43.46281	11.87932	8
BADIA TEDALDA	9	51	3	43.70670	12.18704	8
BIBBIENA	9	51	4	43.69658	11.81639	7
BUCINE	9	51	5	43.47788	11.61651	7
CAPOLONA	9	51	6	43.56244	11.85960	7
CAPRESE MICHELANGELO	9	51	7	43.64069	11.98555	7
CASTEL FOCIGNANO	9	51	8	43.65128	11.83626	7
CASTELFRANCO DI SOPRA	9	51	9	43.62092	11.55496	7
CASTEL SAN NICCOLO`	9	51	10	43.74058	11.70381	7
CASTIGLION FIBOCCHI	9	51	11	43.52702	11.76322	7
CASTIGLION FIORENTINO	9	51	12	43.34111	11.92350	7
CAVRIGLIA	9	51	13	43.52116	11.48940	7
CHITIGNANO	9	51	14	43.66051	11.88163	8
CHIUSI DELLA VERNA	9	51	15	43.69491	11.93877	7
CIVITELLA IN VAL DI CHIANA	9	51	16	43.40456	11.76845	7
CORTONA	9	51	17	43.27465	11.98648	7
FOIANO DELLA CHIANA	9	51	18	43.25226	11.81929	7
LATERINA	9	51	19	43.50809	11.71592	7

PROGETTAZIONE ATI:

LORO CIUFFENNA	9	51	20	43.59213	11.63242	7
LUCIGNANO	9	51	21	43.27331	11.74634	7
MARCIANO DELLA CHIANA	9	51	22	43.30446	11.78684	7
MONTEMIGNAIO	9	51	23	43.73934	11.61991	7
MONTERCHI	9	51	24	43.48484	12.11140	>=10
MONTE SAN SAVINO	9	51	25	43.33107	11.72506	7
MONTEVARCHI	9	51	26	43.52297	11.56842	7
ORTIGNANO RAGGIOLO	9	51	27	43.67951	11.74681	7
PERGINE VALDARNO	9	51	28	43.46911	11.68586	7
PIAN DI SCO	9	51	29	43.64264	11.54862	7
PIEVE SANTO STEFANO	9	51	30	43.67016	12.04079	8
POPPI	9	51	31	43.72271	11.76711	7
PRATOVECCHIO	9	51	32	43.78803	11.72171	7
SAN GIOVANNI VALDARNO	9	51	33	43.56426	11.53055	7
SANSEPOLCRO	9	51	34	43.56998	12.14130	9
SESTINO	9	51	35	43.70807	12.29702	8
STIA	9	51	36	43.80029	11.70803	8
SUBBIANO	9	51	37	43.57493	11.87042	7
TALLA	9	51	38	43.60112	11.78900	7
TERRANUOVA BRACCIOLINI	9	51	39	43.55041	11.58610	7

Tabella 7.3 Intensità macrosismiche della provincia di Arezzo (DPC1996).

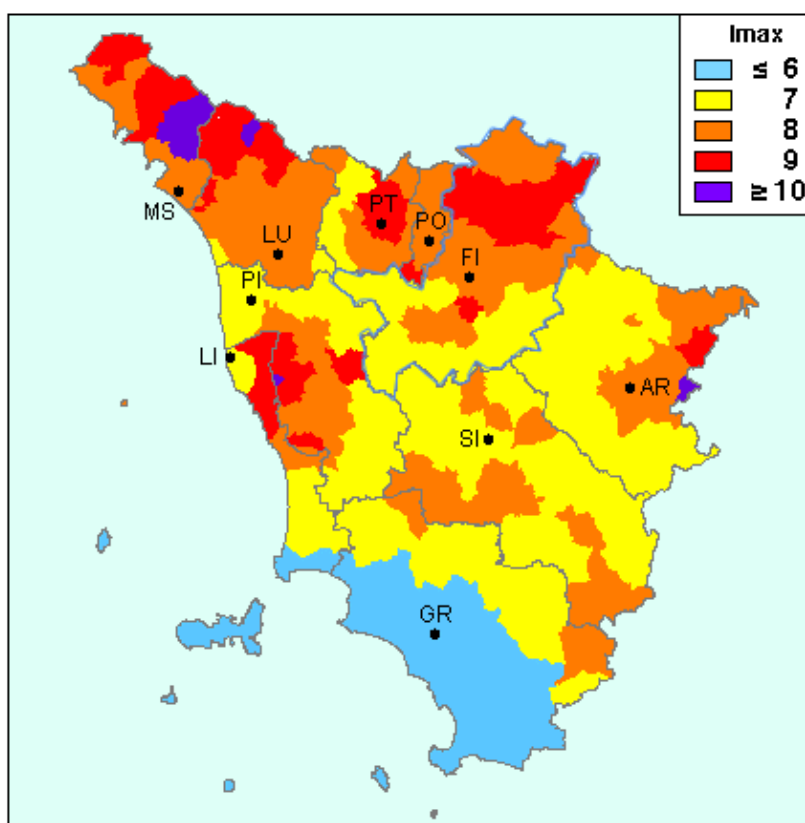


Figura 7-7.7 Massime intensità macrosismiche della Regione Toscana (INGV2016)

PROGETTAZIONE ATI:

7.4. ASPETTI SISMOGENETICI

A seguito dell'Ordinanza P.C.M. 20 marzo 2003 n.3274, All.1, l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, con l'istituzione del Gruppo di Lavoro del 2004, ha provveduto alla produzione di una mappa di pericolosità sismica di riferimento, elaborando una nuova zonazione sismogenetica (ZS9). Questa nuova zonizzazione sismogenetica è stata definita a partire da un sostanziale ripensamento della precedente zonazione ZS4 (Meletti et al., 2000), alla luce delle nuove evidenze di tettonica attiva e delle valutazioni sul potenziale sismogenetico acquisite negli ultimi anni.

La zonizzazione sismogenetica ZS9 è corredata, per ogni Zona Sismogenetica (ZS), da un meccanismo focale prevalente, da un valore di Magnitudo Momento Massima (Mw), un valore di Magnitudo di Durata massimo (Md) e da un valore di profondità efficace.



Figura 7-7.8 Zonazione sismogenetica ZS9 del territorio italiano

PROGETTAZIONE ATI:

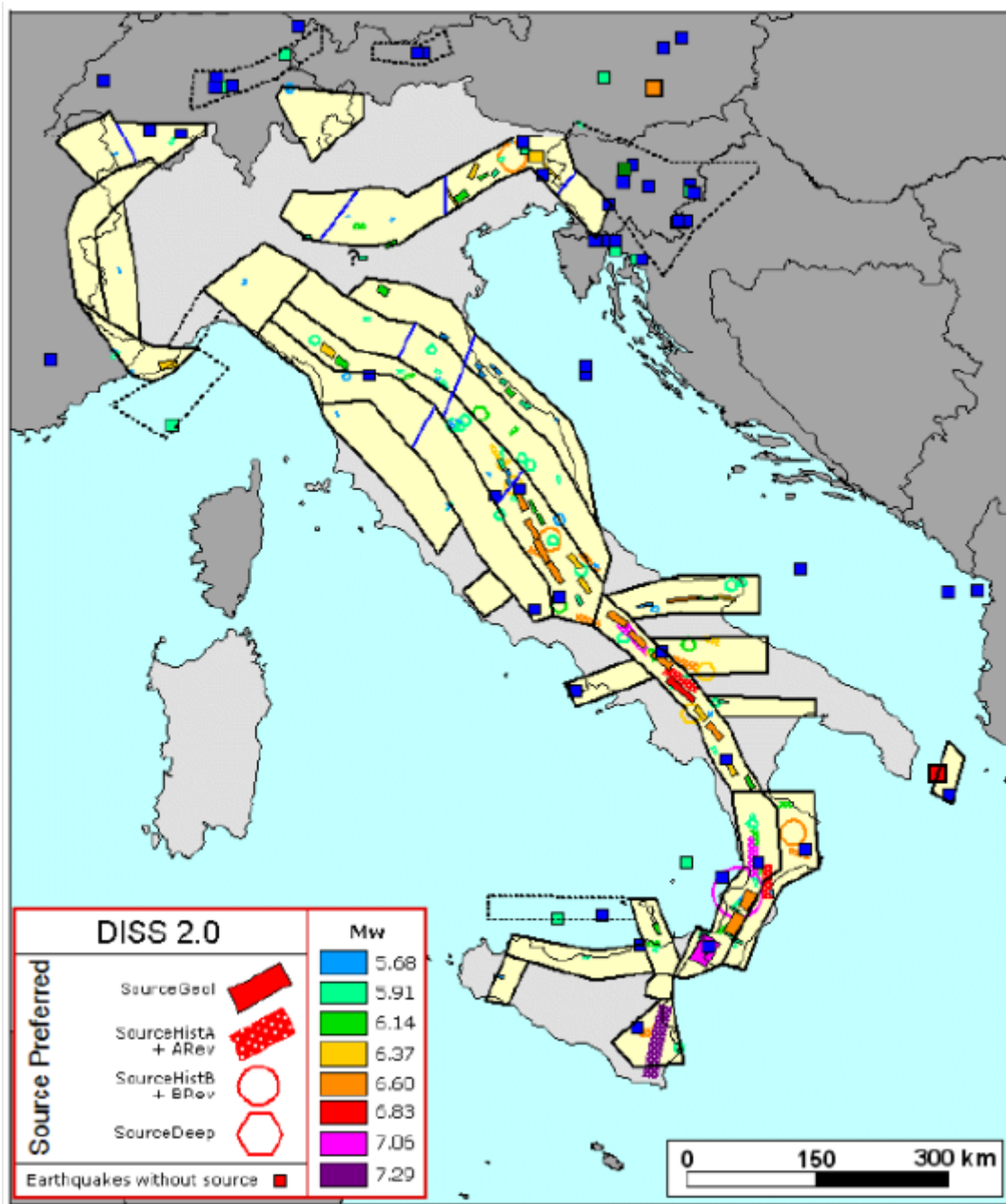


Figura 7-7.9 Zonazione sismogenetica ZS9 a confronto con la distribuzione delle sorgenti sismogenetiche contenute nel database DISS 2.0. Ogni sorgente è rappresentata utilizzando una scala cromatica che esprime la magnitudo Mw del terremoto atteso per la sorgente stessa. I simboli quadrati indicano terremoti presenti nel catalogo di riferimento (CPTI2) ma non associati ad una specifica sorgente di DISS 2.0. La loro magnitudo viene rappresentata mediante la stessa scala cromatica usata per le sorgenti. Le classi di magnitudo con le quali sono rappresentati i terremoti e le sorgenti sono le stesse utilizzate per il calcolo dei tassi di sismicità.

PROGETTAZIONE ATI:

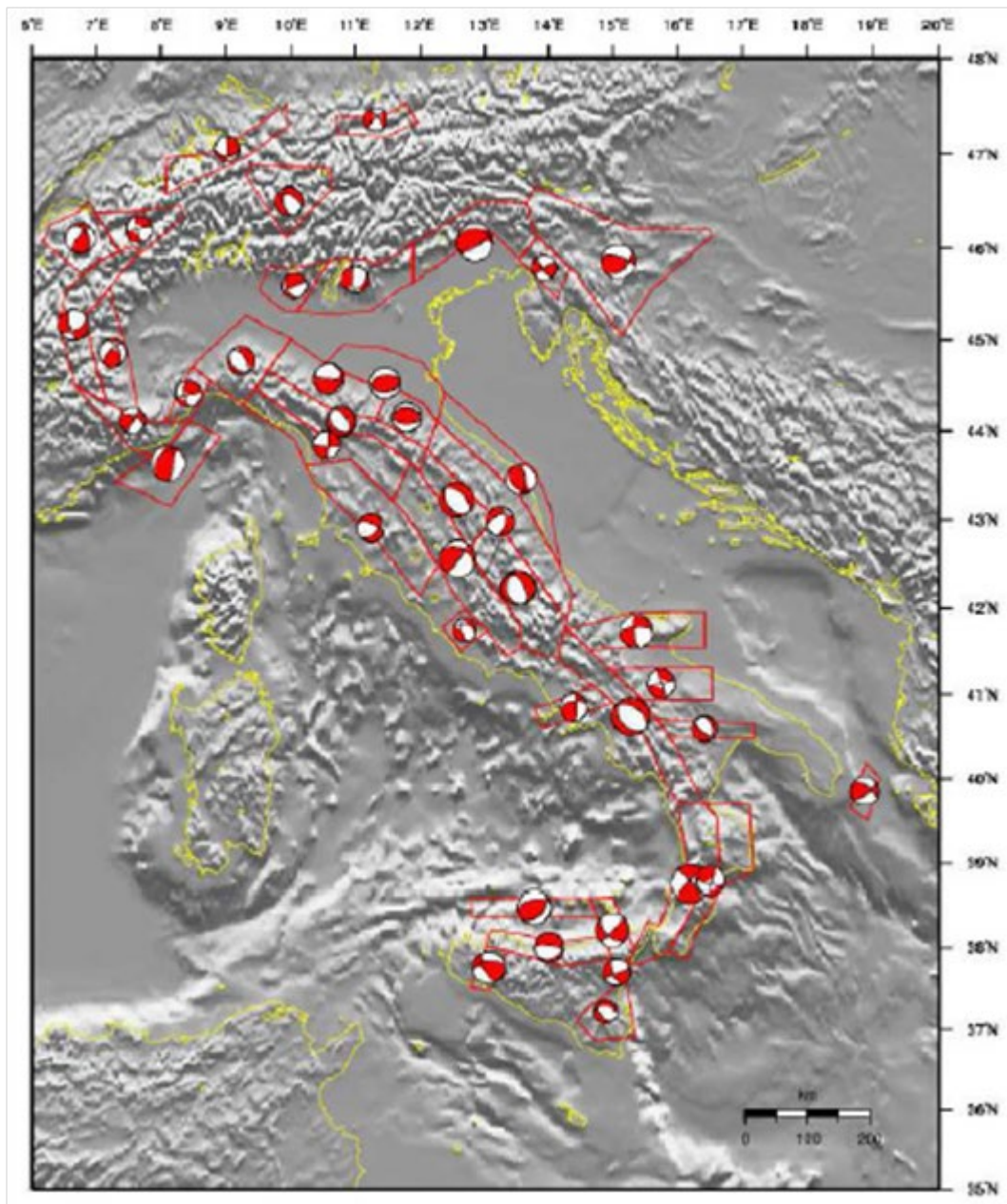


Figura 7-7.10 Meccanismi focali medi calcolati per tutte le zone sismogenetiche di ZS9 a partire dal database recentemente pubblicato da Vannucci e Gasperini (2003). La dimensione dei simboli è proporzionale al logaritmo del momento sismico complessivo rilasciato all'interno delle singole zone.

Dalla consultazione della zonizzazione sismogenetica ZS9, emerge che l'area in esame ricade all'interno della zona sismogenetica 920.

La zona 920 (insieme alla zona 916) coincide con il settore in distensione tirrenica definito nel modello sismotettonico di Meletti et al. (2000). Questa zona è caratterizzata da una sismicità di bassa energia che sporadicamente raggiunge valori di magnitudo relativamente elevati.

Nella zona 920 si verificano terremoti prevalentemente con meccanismi di fagliazione distensivi. Le profondità ipocentrali sono mediamente minori in questa fascia di quanto non siano nella fascia più occidentale. Studi paleosismologici lungo le espressioni superficiali delle sorgenti suggeriscono una ripetuta attivazione nel corso dell'Olocene con magnitudo attese che, sulla base della lunghezza

PROGETTAZIONE ATI:

della rottura di superficie, vengono stimate tra 5 e 8 km, con maggior frequenza intorno ai 6 km di profondità. (Galadini e Galli, 2000).

Dalla consultazione del “Database of Individual Seismogenic Sources - DISS 3” dell’INGV non si evidenzia la presenza di strutture sismogenetiche né di faglie attive nell’area di progetto.

Per sorgente sismogenetica si intende “una rappresentazione semplificata e tridimensionale di una faglia crostale contenente un numero imprecisato di sorgenti sismogenetiche non individuabili. Le sorgenti sismogenetiche composite non sono associate a un insieme specifico di terremoti o distribuzione sismica.”

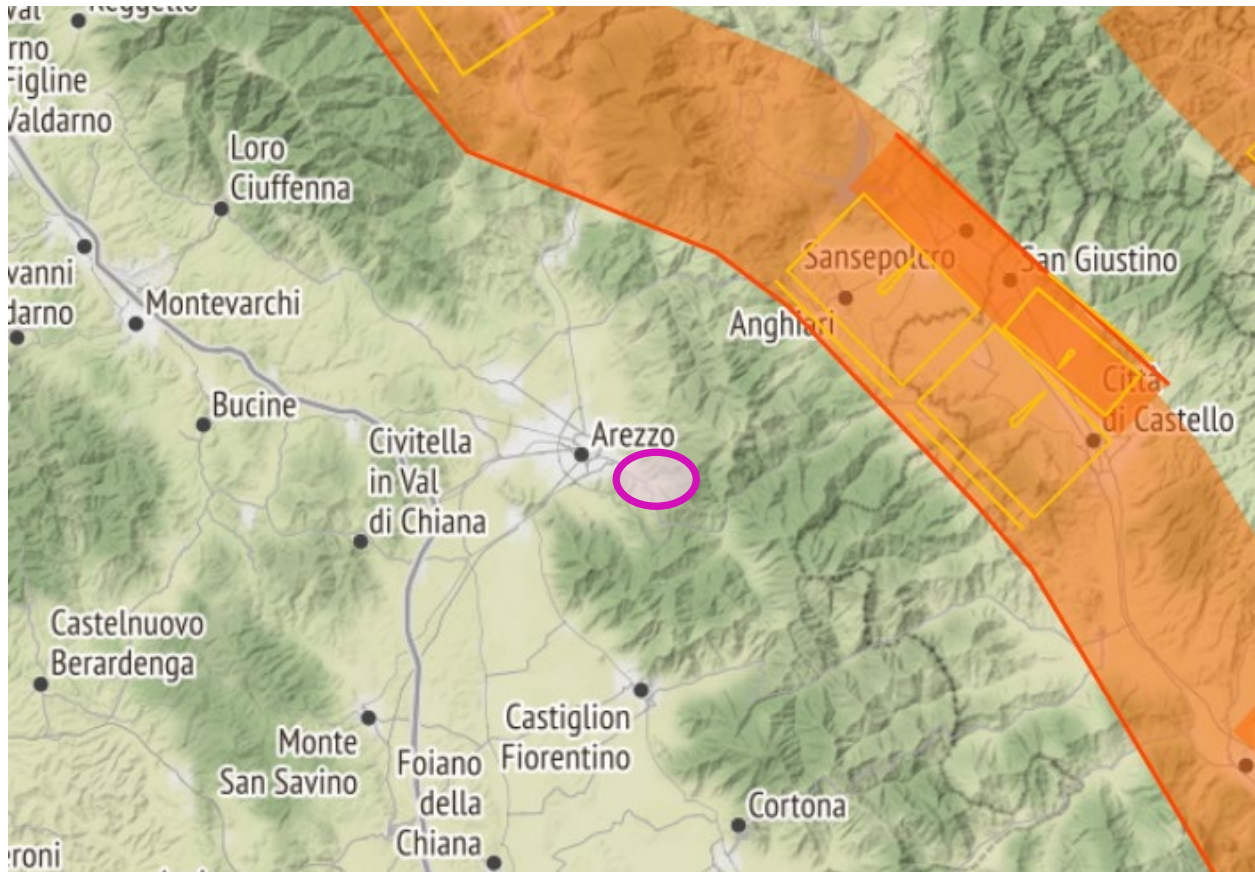


Figura 7.11 Database of Individual Seismogenic Sources (DISS 3.3.0 INGV)

7.5. STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA LOCALE

Il Comune di Arezzo si è dotato di uno studio di microzonazione Sismica di livello 1.

Lo studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 (MS1) rappresenta un livello propedeutico ai successivi studi di MS, che consiste in una raccolta organica e ragionata di dati di natura geologica, geofisica e geotecnica e delle informazioni preesistenti e/o acquisite appositamente al fine di suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee dal punto di vista del comportamento sismico. Tale approfondimento è finalizzato alla realizzazione della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS).

La carta delle MOPS è di estrema importanza ai fini delle scelte di pianificazione territoriale, rappresentando uno strumento che consente di dare informazioni sintetiche ottenute dalla sovrapposizione di informazioni di dati geologici, geomorfologici, geotecnici e geofisici attraverso la suddivisione del territorio in zone che presentano un medesimo potenziale di suscettibilità o meno a fenomeni di amplificazione locale indotto dal sisma. La carta evidenzia perciò ambiti omogenei dove si può prevedere l’occorrenza di diversi tipi di effetti prodotti dall’azione sismica come amplificazioni, instabilità e liquefazione. A tal fine, oltre all’acquisizione di ogni informazione esistente finalizzata

PROGETTAZIONE ATI:

alla conoscenza del territorio sotto il profilo geologico e geomorfologico, risulta indispensabile acquisire tutti gli elementi per una ricostruzione e successiva rappresentazione del modello geologico-tecnico di sottosuolo, sia in termini di geometrie sepolte e di spessori delle litologie presenti, sia in termini di parametrizzazione dinamica del terreno principalmente in relazione alla misura diretta delle Vsh (velocità di propagazione delle onde di taglio polarizzate orizzontalmente). Lo studio di MS ha permesso l'individuazione delle seguenti zone omogenee:

- Le zone suscettibili di instabilità cartografate nell'area oggetto di studio sono riferibili a fenomeni di instabilità gravitativa. Tali aree sono state classificate come zone di attenzione per instabilità in quanto, in occasione di eventi sismici di rilevante importanza, tali fenomeni potrebbero riattivarsi. Le diverse fenomenologie che hanno evidenziato indizi di attività durante gli ultimi cicli stagionali sono raggruppate entro la categoria (FR_a) e determinano una Pericolosità Sismica S4. Alle zone interessate da fenomeni gravitativi quiescenti (FR_Q), è stata attribuita la Pericolosità sismica locale S3 (elevata) ai sensi DPGR 53/r/2011 che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici. Alle zone interessate da fenomeni gravitativi inattivi (FR_I) è stata attribuita la Pericolosità sismica locale S2 (media);
- Le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali così come codificate nelle MOPS, corrispondono per la maggior parte a classi di Pericolosità sismica locale S3 (elevata). Sono ricomprese nella classe di Pericolosità sismica S3 le zone caratterizzate da un significativo contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri". Nel territorio di Arezzo, ad eccezione delle aree con substrato sub-affiorante, si rilevano condizioni di significativo contrasto impedenza sismica entro i primi 30 metri di profondità;
- Le zone stabili sono quelle dove affiora il substrato roccioso e dove non si abbiano differenze marcate di impedenza acustica tra la copertura alterata e il substrato integro, ovvero in presenza di un passaggio graduale tra fascia di alterazione e la roccia sana. Tali zone vengono inserite all'interno della classe "Pericolosità sismica locale media (S.2)", fatta salva la eventuale presenza concomitante di settori in pericolosità geomorfologica G4 che comportano un pari aumento di grado di pericolosità sismica.

Le microzone individuate hanno permesso la suddivisione del territorio comunale in aree con diverso grado di pericolosità sismica locale:

- Pericolosità sismica locale molto elevata (S.4): zone suscettibili di instabilità di versante attiva che pertanto potrebbero subire una accentuazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; terreni suscettibili di liquefazione dinamica in comuni classificati in zona sismica 2;
- Pericolosità sismica locale elevata (S.3): zone suscettibili di instabilità di versante quiescente che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi; terreni suscettibili di liquefazione dinamica (per tutti i comuni tranne quelli classificati in zona sismica 2); zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse; aree interessate da deformazioni legate alla presenza di faglie attive e faglie capaci (faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie); zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzati da un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri;
- Pericolosità sismica locale media (S.2): zone suscettibili di instabilità di versante inattiva e che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono

verificarsi in occasione di eventi sismici; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (che non rientrano tra quelli previsti per la classe di pericolosità sismica S.3);
L'area interessata dal progetto ricade in classi di pericolosità S3 ed S2.

Per quanto riguarda la suscettibilità alla liquefazione dei terreni le NTC18, al §7.11.3.4.2 contengono una lista delle condizioni di esclusione di tale verifica:

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 $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} 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 $U_c > 3,5$.

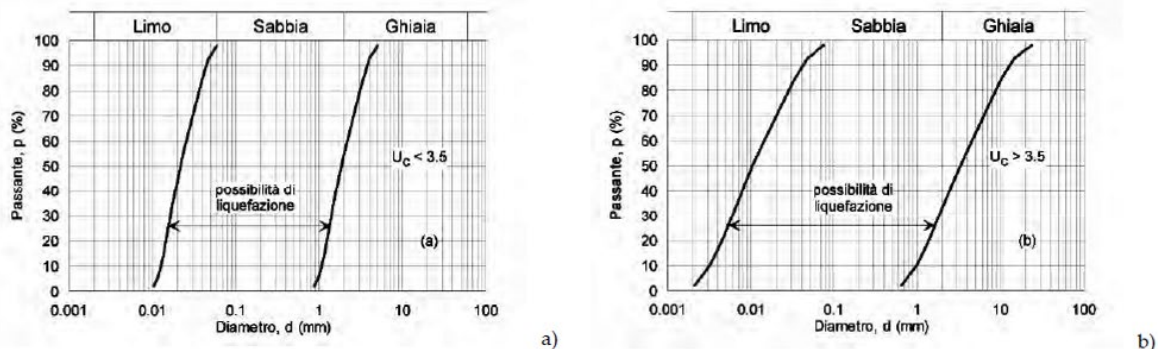


Figura 7.12 Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione.

Per quanto riguarda i terreni di fondazione dell'unità LS, essi risultano caratterizzati da un elevato contenuto di fine ($FC > 50\%$), che comporta una significativa riduzione dell'insorgenza del pericolo di liquefazione. Tuttavia, in accordo con la vigente normativa, non risulta possibile escludere a priori l'insorgere di fenomeni legati alla liquefazione dei terreni di fondazione dei rilevati.

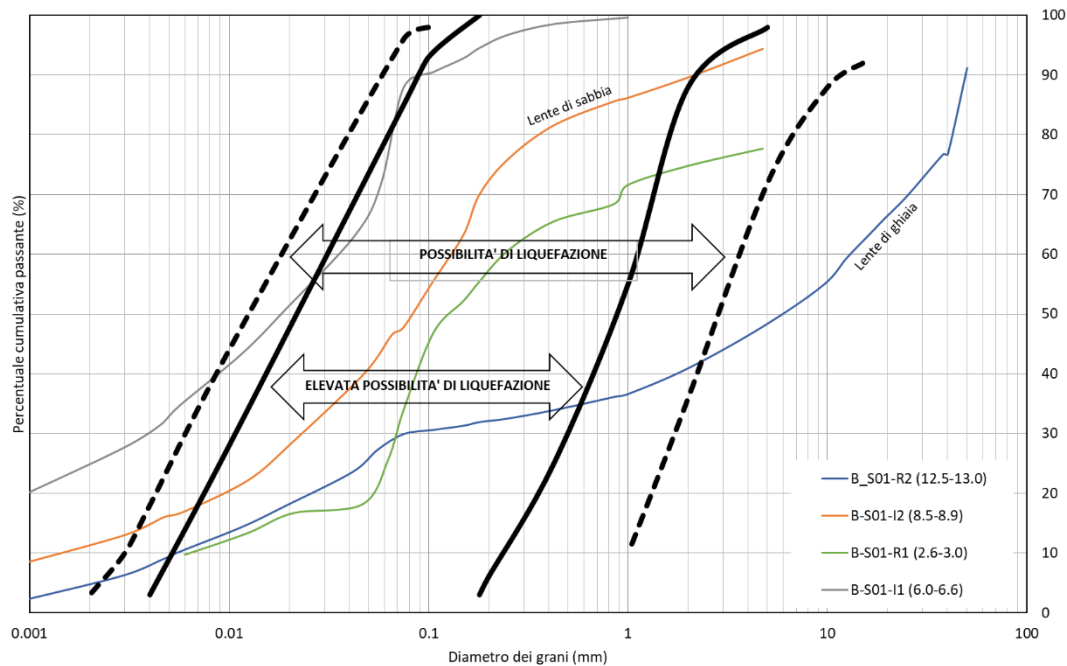


Figura 7.13 Fusi granulometrici dei campioni del sondaggio B_S01 dell'unità geotecnica LS

Dal momento che nessuna delle condizioni del par. 7.11.3.4.2 “Esclusione della verifica a liquefazione” delle NTC 2018 è pienamente verificata, è necessario svolgere la verifica di liquefazione. Per maggiori dettagli sulla verifica a liquefazione è possibile fare riferimento alla relazione geotecnica, dalla quale risulta che sebbene limitatamente alle prove SPT disponibili, è possibile escludere il pericolo di liquefazione, anche in ragione delle caratteristiche stratigrafiche dei terreni di fondazione così come emerso dal sondaggio BS01.

8. SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE LOCALE

Per la valutazione dello spettro di risposta elastico (componente orizzontale e componente verticale) dell'area investigata si è fatto riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018).

8.1. AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

Per tener conto delle condizioni topografiche si utilizzano i valori del coefficiente topografico S riportati nella tabella seguente in funzione delle categorie topografiche e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento. La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base, dove ST assume valore unitario.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tabella 8.8-1 Categorie topografiche

Categoria	Ubicazione dell'opera	ST
-----------	-----------------------	----

PROGETTAZIONE ATI:

Topografica		
T1	-	1.0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.4

Tabella 8-2 Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica ST (la variazione spaziale di ST è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo dalla sommità fino alla base dove ST=1,0).

Di seguito, si riporta la tabella con l'attribuzione della categoria topografica per i tratti di tracciato interessati da opere.

Tabella 8-3 Attribuzione categoria topografica Asse principale

Carreggiata Fano		Carreggiata Grosseto		Cat. topografica
pk inizio	pk fine	pk inizio	pk fine	
0+000	1+650	0+000	1+650	T1
1+650	2+500	1+650	2+500	T1
2+500	2+625	2+525	2+625	T1
2+625	2+975	2+625	3+000	T1
2+975	3+925	3+000	3+950	T1
3+925	4+225	3+950	4+225	T2
4+225	6+250	4+225	5+900	T1
-	-	5+900	6+250	T2
6+250	8+375	6+250	8+350	T1

Tabella 8-4 Attribuzione categoria topografica opere d'arte carreggiata Fano

Descrizione e WBS opera	Cat. topografica
OS.01 Muro di sostegno dx	T1
OS.03 Muro di sostegno dx	T1
OS.04 Muro sottoscarpa dx	T1
OS.06 Muro di sostegno dx	T1
VI.01 Muro di sostegno dx	T1
VI.01 Viadotto "Montocello"	T1
OS.09 Muro di sostegno dx	T1
OS.10 Terra armata dx	T1
OS.13 Terra armata dx	T1
VI.02 Viadotto "Mari"	T1
OS.15 Paratia dx	T1
OS.17 Paratia dx	T1
OS.19 Paratia dx	T2
OS.20 Muro spartitraffico sx	T1
OS.22 Paratia dx	T1
VI.05 Viadotto "Le Torri"	T1
OS.24 Muro spartitraffico sx	T1
VI.08 Viadotto "Torrino"	T1

PROGETTAZIONE ATI:

Descrizione e WBS opera	Cat. topografica
OS.26 Paratia sx	T1
OS.27 Muro di sostegno dx	T1
OS.31 Muro di sostegno dx	T1
OS.32 Muro di sostegno dx	T1
OS.34 Muro di sostegno dx	T1

Tabella 8-5 Attribuzione categoria topografica opere d'arte carreggiata Grosseto

Descrizione	Cat. topografica
OS.02 Muro di sostegno dx	T1
OS.05 Muro di sostegno dx	T1
OS.07 Paratia dx	T1
OS.08 Muro spartitraffico sx	T1
OS.11 Muro di sostegno dx	T1
OS.12 Paratia dx	T1
OS.14 Paratia dx	T1
OS.48 Muro di sostegno dx	T1
VI.03 Viadotto "Mari"	T1
OS.49 Muro di sostegno dx	T1
OS.45 Muro di sostegno sx	T1
GA.01 Galleria artificiale	T1
OS.16 Muro di sostegno dx	T1
OS.18 Muro di sostegno dx	T1
OS.51 Muro di sostegno dx	T1
VI.04 Viadotto "Giostra"	T2
OS.21 Muro di sostegno dx	T1
OS.23 Muro di sostegno dx	T1
VI.06 Viadotto "Le Torri"	T1
OS.50 Muro di sostegno sx	T1
VI.07 Viadotto "Le Torri"	T1
OS.25 Muro di sostegno dx	T1
GA.02 Galleria artificiale	T2
GN.01 Galleria naturale "Torrino"	T2
GA.03 Galleria artificiale	T2
OS.28 Paratia dx	T2
OS.29 Paratia dx	T1
OS.30 Paratia dx	T1
OS.33 Paratia dx	T1

Tabella 8-6 Attribuzione categoria topografica opere d'arte svincoli e viabilità secondaria

Descrizione	Cat. topografica
ST.01 Prolungamento sottovia esistente	T1
ST.02 Sottovia scatolare	T1

PROGETTAZIONE ATI:

Descrizione	Cat. topografica
CV.01 Cavalcavia	T1
CV.02 Cavalcavia	T1
OS.35 Paratia dx	T1
OS.36 Paratia dx	T1
OS.37 Muro sottoscarpa dx	T1
OS.38 Muro sottoscarpa dx	T1
OS.39 Muro di sostegno dx	T1
OS.40 Paratia dx	T1
OS.41 Paratia dx	T1
OS.42 Paratia dx	T1
OS.43 Paratia dx	T1
OS.44 Paratia dx	T1
OS.46 Paratia dx	T1
OS.47 Paratia sx	T1
OS.52 Muro di sostegno dx	T1
OS.53 Muro di sostegno sx	T1
OS.54 Muro sx	T1
VI.09 Viadotto "Fiumicello"	T1
VI.10 Viadotto "Scopetone"	T1

Per sottosuolo di categoria **A** i coefficienti S_S e C_C valgono 1. Per le categorie di sottosuolo **B, C, D** ed **E** i coefficienti S_S e C_C possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_0 e T_C^* relativi al sottosuolo di categoria **A**, mediante le espressioni fornite nella tabella seguente, nelle quali $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ è l'accelerazione di gravità e T_C^* è espresso in secondi.

Categoria di sottosuolo	SS	CC
A	1.00	1.00
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.20$	$1.10 \cdot (T_C^*)^{-0.20}$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.50$	$1.05 \cdot (T_C^*)^{-0.33}$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.80$	$1.25 \cdot (T_C^*)^{-0.5}$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.60$	$1.15 \cdot (T_C^*)^{-0.40}$

Tabella 8.8-7 - Valori dei coefficienti SS e Cc, per ciascuna categoria di sottosuolo

8.2. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

8.2.1. INTERPRETAZIONE INDAGINI SISMICHE

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, la Normativa Italiana (D.M. 17/01/2018), prevede la valutazione della risposta sismica locale mediante specifiche analisi come definite al

PROGETTAZIONE ATI:

§7.11.3 del D.M. 17/01/2018, oppure in assenza di tali analisi, attraverso un approccio semplificato che si basa sulla individuazione di categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa 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.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tabella 8.8-8 Categorie sismiche dei terreni per le quali è utilizzabile la procedura semplificata

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

- h_i spessore dell'i-esimo strato;
- $v_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- N numero di strati;
- H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

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

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

8.2.2. ATTRIBUZIONE DELLE CATEGORIE SISMICHE DI SOTTOSUOLO

L'attribuzione delle categorie di sottosuolo è stata definita in funzione della velocità equivalente $V_{S,eq}$ di propagazione delle onde di taglio S dall'esecuzione delle prospezioni sismiche di tipo MASW e Down-Hole, così distribuite lungo il lotto 1 (Tratto B):

- N°4 indagini MASW (**B_MASW1, B_MASW2, B_MASW3, B_MASW4**);
- N°4 prove DOWN-HOLE nei fori di sondaggio (**B_S07, B_S11, B_S13, B_S20**);

PROGETTAZIONE ATI:

In aggiunta a queste sono state effettuate N° 10 indagini di sismica a rifrazione in onde P ed S, così distribuite lungo asse di progetto.

Nell'attribuzione delle categorie si è tenuto conto della possibile presenza di inversioni di velocità nel profilo delle V_s nella successione litostratigrafica, che secondo i criteri delle Linee Guida della Protezione Civile per la Microzonazione Sismica – Vol II (§ 2.5.3.1, pag. 86), che, sebbene non cogenti, risultano di indirizzo, si intendono realizzate quando:

- un terreno rigido sovrasta stratigraficamente un terreno meno rigido (soffice) con spessore >5 m;
- si riscontra un rapporto $V_{s\text{ rig}}/V_{s\text{ soff}} > 2$;
- si riscontra una differenza $V_{s\text{ rig}} - V_{s\text{ soff}} > 200$ m/s e $V_{s\text{ rig}} \geq 500$ m/s.

in cui $V_{s,\text{rig}}$ è la velocità delle onde di taglio dello strato di terreno rigido e $V_{s,\text{sof}}$ è la V_s dello strato più soffice.

Le indagini eseguite e la relativa categoria sismica attribuita ai terreni indagati sono riportate nella Tabella 8-9 (per le MASW, nella Tabella 8-10 (per le Down-Hole) e nella Tabella 8-11 (per gli stendimenti di sismica a rifrazione).

Tabella 8-9 Tabella riassuntiva delle MASW eseguite e categoria sismica calcolata secondo le NTC/18

IDENTIFICATIVO	Vseq ¹ (m/s)	Classe di Suolo NTC/18
B_MASW1	755	B
B_MASW2	770	B
B_MASW3	743	B
B_MASW4	484	B

Tabella 8-10 Tabella riassuntiva delle Down-Hole eseguite e categoria sismica calcolata secondo le NTC/18

IDENTIFICATIVO	Vseq ² (m/s)	Classe di Suolo NTC/18
B_S07	378	B
B_S11	559	B
B_S13	341	E
B_S20	280	E

Tabella 8-11 Tabella riassuntiva degli stendimenti sismici a rifrazione eseguiti e categoria sismica calcolata secondo le NTC/18

IDENTIFICATIVO	Vseq ³ (m/s)	Classe di Suolo NTC/18
----------------	----------------------------	---------------------------

¹ Il calcolo della V_{seq} è stato eseguito a partire dalla quota del p.c.

² Il calcolo della V_{seq} è stato eseguito a partire dalla quota del p.c.

³ Il calcolo della V_{seq} è stato eseguito lungo la verticale al centro dello stendimento a partire dalla quota del p.c.

IDENTIFICATIVO	Vseq ³ (m/s)	Classe di Suolo NTC/18
B_Sism01	391	B
B_Sism02	321	E
B_Sism02bis	665	B
B_Sism03	427	B
B_Sism04	422	B
B_Sism04bis	403	B
B_Sism05	410	B
B_Sism05bis	392	B
B_Sism05Ter	407	B
B_Sism05quater	476	B
B_Sism06	407	B
B_Sism06bis	360	B
B_Sism07	358	E
B_Sism07quater	501	B
B_Sism08	334	E
B_Sism08bis	488	B
B_Sism08ter	486	B
B_Sism08quater	398	B
B_Sism09	435	B
B_Sism10	348	E

Nella Figura 8.1 si riportano i risultati delle prove sismiche (DH e MASW) in termini di profilo delle Vs.

PROGETTAZIONE ATI:

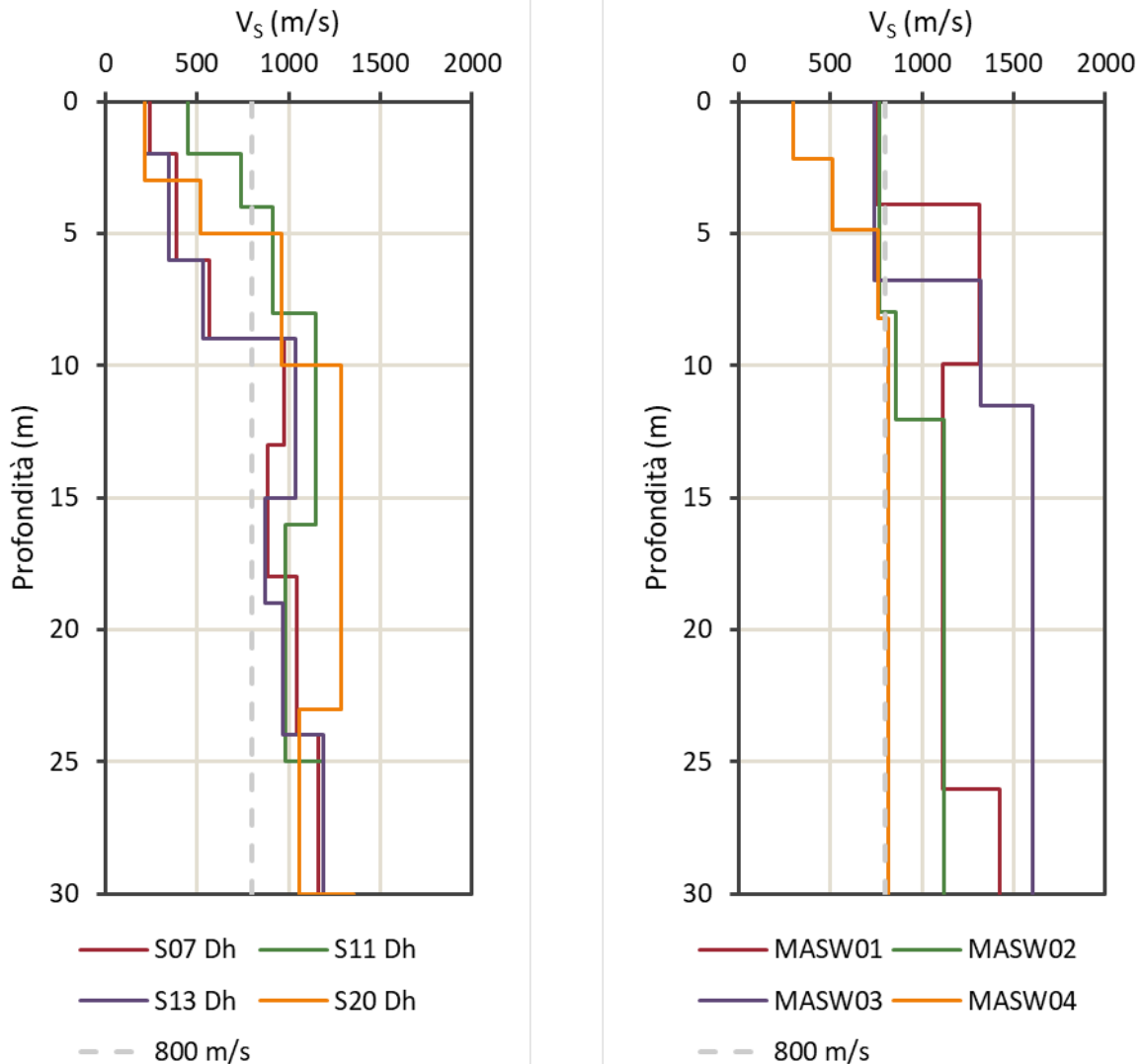


Figura 8.1 Profilo delle Vs da prove sismiche (DH e MASW)

In base alle indagini condotte si può ricostruire il seguente modello del sottosuolo:

- Il substrato geologico presente nell'area di Arezzo è costituito dalla F.ne delle Arenarie di Monte Falterona, le indagini sismiche a rifrazione pregresse hanno mostrato valori di velocità delle onde Sh, per il substrato non alterato, quasi sempre superiori al valore di 800 m/s.
- I terreni di copertura hanno caratteristiche eterogenee con presenza di interdigitazioni e eteropie laterali che testimoniano un ambiente con elevata dinamicità della sedimentazione. Gli spessori sono variabili e diminuiscono procedendo verso il centro abitato di Arezzo. Le misure di rumore mostrano picchi del rapporto H/V ad una frequenza minima di 1.2 hz con valori di ampiezza (solamente indicativi del contrasto di impedenza sismica) anche molto rilevanti in tutte le aree di valle. Generalmente i valori VSH misurate per i terreni di copertura sono di poco inferiori e di poco superiori al valore di 300 m/s.

PROGETTAZIONE ATI:

Di seguito, si riporta la tabella con l'attribuzione della categoria sismica di sottosuolo NTC18 per i tratti di tracciato interessati da opere.

Tabella 8-12 Attribuzione categoria stratigrafica Asse principale

Carreggiata Fano		Carreggiata Grosseto		Categoria sismica di sottosuolo
pk inizio	pk fine	pk inizio	pk inizio	
0+000	0+050	0+000	0+050	C
0+050	0+750	0+050	0+800	B
0+750	1+000	0+800	1+025	E
1+000	5+250	1+025	5+275	B
5+250	5+625	5+275	5+625	E
5+625	5+825	5+625	5+825	B
5+825	6+350	5+825	6+300	E
6+350	7+025	6+300	7+000	B
7+025	7+600	7+000	7+350	E
7+600	7+900	7+350	8+100	B
7+900	8+375	8+100	8+350	E

Tabella 8-13 Attribuzione categoria topografica opere d'arte carreggiata Fano

Descrizione e WBS opera	Categoria sismica di sottosuolo
OS.01 Muro di sostegno dx	B
OS.03 Muro di sostegno dx	B
OS.04 Muro sottoscarpa dx	E
OS.06 Muro di sostegno dx	B
VI.01 Muro di sostegno dx	B
VI.01 Viadotto "Montocello"	B
OS.09 Muro di sostegno dx	B
OS.10 Terra armata dx	B
OS.13 Terra armata dx	B
VI.02 Viadotto "Mari"	B
OS.15 Paratia dx	B
OS.17 Paratia dx	B
OS.19 Paratia dx	B
OS.20 Muro spartitraffico sx	B
OS.22 Paratia dx	B
VI.05 Viadotto "Le Torri"	B
OS.24 Muro spartitraffico sx	E
VI.08 Viadotto "Torrino"	E
OS.26 Paratia sx	E
OS.27 Muro di sostegno dx	E
OS.31 Muro di sostegno dx	E
OS.32 Muro di sostegno dx	E

PROGETTAZIONE ATI:

Descrizione e WBS opera	Categoria sismica di sottosuolo
OS.34 Muro di sostegno dx	E

Tabella 8-14 Attribuzione categoria topografica opere d'arte carreggiata Grosseto

Descrizione	Categoria sismica di sottosuolo
OS.02 Muro di sostegno dx	B
OS.05 Muro di sostegno dx	B
OS.07 Paratia dx	B
OS.08 Muro spartitraffico sx	B
OS.11 Muro di sostegno dx	B
OS.12 Paratia dx	B
OS.14 Paratia dx	B
OS.48 Muro di sostegno dx	B
VI.03 Viadotto "Mari"	B
OS.49 Muro di sostegno dx	B
OS.45 Muro di sostegno sx	B
GA.01 Galleria artificiale	B
OS.16 Muro di sostegno dx	B
OS.18 Muro di sostegno dx	B
OS.51 Muro di sostegno dx	B
VI.04 Viadotto "Giostra"	B
OS.21 Muro di sostegno dx	B
OS.23 Muro di sostegno dx	B
VI.06 Viadotto "Le Torri"	B
OS.50 Muro di sostegno sx	E
VI.07 Viadotto "Le Torri"	E
OS.25 Muro di sostegno dx	B
GA.02 Galleria artificiale	E
GN.01 Galleria naturale "Torrino"	E
GA.03 Galleria artificiale	E
OS.28 Paratia dx	E
OS.29 Paratia dx	B
OS.30 Paratia dx	B
OS.33 Paratia dx	B

Tabella 8-15 Attribuzione categoria topografica opere d'arte svincoli e viabilità secondaria

Descrizione	Categoria sismica di sottosuolo
ST.01 Prolungamento sottovia esistente	B
ST.02 Sottovia scatolare	E
CV.01 Cavalcavia	E
CV.02 Cavalcavia	B

PROGETTAZIONE ATI:

Descrizione	Categoria sismica di sottosuolo
OS.35 Paratia dx	B
OS.36 Paratia dx	B
OS.37 Muro sottoscarpa dx	E
OS.38 Muro sottoscarpa dx	E
OS.39 Muro di sostegno dx	B
OS.40 Paratia dx	B
OS.41 Paratia dx	B
OS.42 Paratia dx	E
OS.43 Paratia dx	E
OS.44 Paratia dx	E
OS.46 Paratia dx	B
OS.47 Paratia sx	B
OS.52 Muro di sostegno dx	E
OS.53 Muro di sostegno sx	E
OS.54 Muro di sostegno sx	B
VI.09 Viadotto "Fiumicello"	E
VI.10 Viadotto "Scopetone"	E

8.3. VITA NOMINALE

La vita nominale di progetto V_N di un'opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali. I valori minimi di V_N da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella tabella seguente; tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

TIPI DI COSTRUZIONI	Valori minimi di V_N (anni)
Costruzioni temporanee e provvisorie	10
Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Tabella 8.8-16 Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni.

Nel caso del presente intervento si considera "Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari";
 $V_N = 50$ anni.

8.4. CLASSE D'USO

In presenza di azioni sismiche, con lo scopo di valutare le conseguenze di una interruzione di operatività assegnata o di un eventuale collasso della struttura, le costruzioni sono catalogate in 4 classi d'uso a cui corrisponde un valore del coefficiente d'uso C_u per la definizione dell'azione sismica; in particolare, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise nelle classi d'uso così definite:

- *Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.*
- *Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non*

PROGETTAZIONE ATI:

pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

- *Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.*
- *Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.*

CLASSE D'USO				
Classe	I	II	III	IV
Coefficiente C_u	0.7	1	1.5	2

Tabella 8-17 Parametri per il calcolo del coefficiente d'uso (C_u).

All'opera in oggetto viene assegnato una Classe d'uso IV "Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica", a cui corrisponde un coefficiente d'uso:

$$\underline{C_u = 2.0}$$

8.5. PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale di progetto V_N per il coefficiente d'uso C_U ; pertanto, con riferimento a quanto esposto ai paragrafi precedenti risulta che:

$$\underline{V_R = V_n \text{ (Vita nominale)} \times C_u \text{ (Classe d'uso)} = 50 \times 2.0 = 100 \text{ anni}}$$