

Piano Strutturale

Relazione geologico–tecnica

Agosto 2024

Comune di Montevarchi

Piano Strutturale

progetto:

Roberto Vezzosi (capogruppo)

Stefania Rizzotti, Idp studio

Monica Coletta, Studio Tecnico Agostoli di Coletta Frassinetti Sarrica

Valentina Vettori

I dp progetti gis s.r.l.

indagini geologiche, idrauliche e sismiche: Letizia Morandi e Fabio Montagnani, Indago s.r.l.

Valutazione Ambientale Strategica: Graziano Massetani e Piermichele Malucchi

potenziale rischio archeologico: Alessio Mini, Studiotre+ s.c.t.p.

supporto legale: Lorian Maccari

Sindaco: Silvia Chiassai Martini

Assessore all'Assetto del territorio e pianificazione: Angiolino Piomboni

Responsabile del procedimento: Ugo Fabbri

Garante dell'informazione e della partecipazione: Paola Manetti

Comune di Montevarchi

Sommario

1.PREMESSA	6
2.ELEMENTI DI BASE.....	8
3.CARTA GEOLOGICA	9
3.1.Inquadramento geologico.....	9
3.2.Stratigrafia.....	10
3.2.1.Unità tettoniche sub liguri.....	10
3.2.2.Unità tettoniche toscane.....	11
3.2.3.Successione del Bacino del Valdarno Superiore	11
3.2.4.Coperture recenti	13
3.2.5.Depositi alluvionali	13
4.CARTA GEOMORFOLOGICA	14
5.CARTA IDROGEOLOGICA.....	16
6.VULNERABILITA' DEGLI ACQUIFERI	17
7.PIANO STRALCIO BILANCIO IDRICO	18
8.CARTA DEI DATI DI BASE	19
9.CARTA DELLE AREE A PERICOLOSITÀ GEOLOGICA.....	20
10.MICROZONAZIONE SISMICA	21
11.CARTA DELLE INDAGINI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA.....	23
12.CARTA GEOLOGICO - TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA.....	23
13.CARTA DELLE FREQUENZE FONDAMENTALI DEI DEPOSITI	24
14.CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)	27
15.MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 2.....	28
16.CARTA DELLE AREE A PERICOLOSITÀ SISMICA.....	32

1. PREMESSA

La presente relazione tecnica è stata redatta a seguito dell'incarico ricevuto dall'Amministrazione Comunale di Montevarchi (Provincia di Arezzo) e rappresenta la descrizione dettagliata della metodologia applicata per la realizzazione degli elaborati necessari alla pianificazione territoriale ed urbanistica, come supporto al Piano Strutturale (PS) comunale.

Il PS contiene gli studi, le analisi e gli approfondimenti conoscitivi, gli elaborati grafici e cartografici di carattere idrologico, idraulico, geologico, morfologico, idrogeologico e sismico redatti in applicazione e nel rispetto delle seguenti norme:

Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) del Distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale, approvato con DPCM 27.10.2016;

Piano di Gestione delle Acque del Distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale, approvato con DPCM 27.10.2016;

Progetto di Piano – PAI Piano di bacino, stralcio Assetto Idrogeologico (PAI), adottato con Delibera CIP n. 20 del 20.12.2019;

Piano di bacino, stralcio Bilancio Idrico del fiume Arno, approvato con DPCM 20.02.2015.

Le indagini e gli approfondimenti conoscitivi di carattere geologico, idraulico e sismico sono stati condotti in conformità alla LR 41/2018 ed al DPGR 5/R/2020, *Regolamento di attuazione dell'articolo 104 della legge regionale 10 novembre 2014, n. 65 (Norme per il governo del territorio) contenente disposizioni in materia di indagini geologiche, idrauliche e*

sismiche e dalla Delibera della Giunta Regionale 20 gennaio 2020, n. 31 *Direttive tecniche per lo svolgimento delle indagini geologiche, idrauliche e sismiche*, seguendo le direttive tecniche di cui all'Allegato A.

La valutazione degli aspetti idraulici fa riferimento al reticolo idrografico individuato dalla Regione ai sensi dell'articolo 22, comma 2, lettera e), della LR 79/2012, interferente con il territorio urbanizzato e alle mappe di pericolosità da alluvione come definite dall'articolo 2 della LR 41/2018. Al di fuori del territorio urbanizzato, in presenza di aree non riconducibili alle mappe di pericolosità da alluvione ed in assenza di studi idrologici idraulici, il Piano comunque definisce gli ambiti territoriali di fondovalle posti in situazione morfologicamente sfavorevole, di norma a quote altimetriche inferiori a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda. Sono, inoltre, definite le aree presidiate da sistemi arginali per il contenimento delle alluvioni, come definite dall'articolo 2, comma 1, lettera s) della LR 41/2018.

Tali normative, in attuazione dell'articolo 104 della Legge Regionale del 10 novembre 2014, n. 65 *Norme per il governo del territorio*, disciplinano la formazione degli strumenti necessari alla pianificazione territoriale e urbanistica. In particolare, regolarizzano le direttive per la predisposizione di analisi e approfondimenti tecnici, denominati indagini, finalizzate a:

- verificare la pericolosità del territorio: devono essere presi in considerazione gli aspetti geologici, valutando la presenza di fenomeni franosi attivi e potenziali, i fenomeni erosivi e la morfo-dinamica del territorio in esame, gli aspetti sismici considerando le deformazioni dovute ai movimenti delle faglie, i processi di liquefazione e i fenomeni di amplificazione sismica locale e gli aspetti idraulici che tengono presente la distribuzione del reticolo idrografico e il relativo rischio alluvionale;
- definire i criteri necessari per l'individuazione delle classi di pericolosità o di rischio, che identifichino aree omogenee classificandole secondo una scala di pericolosità da bassa, media, elevata a molto elevata con riferimento agli aspetti geologici, idraulici e sismici;
- verificare la fattibilità degli interventi di trasformazione del territorio previsti dal piano urbanistico per mitigare tali rischi.

Le indagini e i risultati tecnici composti dalle carte delle aree a pericolosità andranno a comporre il Quadro Conoscitivo che descriverà lo stato e i processi evolutivi che caratterizzano il territorio del Comune di Montevarchi, contribuendo inoltre alla stesura delle strategie di sviluppo del piano strutturale. I criteri di fattibilità andranno poi a costituire elaborati e supporto del successivo Piano Operativo.

Il piano risulta composto dalle seguenti carte tematiche:

ELABORATO	TITOLO	SCALA
PS.G.01.N	Carta geologica	1:10.000
PS.G.01.S	Carta geologica	1:10.000
PS.G.02.N	Carta geomorfologica	1:10.000
PS.G.02.S	Carta geomorfologica	1:10.000
PS.G.03.N	Carta idrogeologica	1:10.000
PS.G.03.S	Carta idrogeologica	1:10.000
PS.G.04.N	Carta dei dati di base	1:10.000
PS.G.04.S	Carta dei dati di base	1:10.000
PS.G.05.N	Carta delle aree a pericolosità geologica	1:10.000
PS.G.05.S	Carta delle aree a pericolosità geologica	1:10.000
PS.S.01.N	Carta delle indagini per la microzonazione sismica	1:10.000
PS.S.01.S	Carta delle indagini per la microzonazione sismica	1:10.000

PS.S.02.N	Carta geologico–tecnica per la microzonazione sismica	1:10.000
PS.S.02.S	Carta geologico–tecnica per la microzonazione sismica	1:10.000
PS.S.03.N	Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica	1:10.000
PS.S.03.S	Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica	1:10.000
PS.S.04.N	Carta delle frequenze fondamentali	1:10.000
PS.S.04.S	Carta delle frequenze fondamentali	1:10.000
PS.S.05.N	Carta della microzonazione sismica con FA0.1–0.5	1:10.000
PS.S.05.S	Carta della microzonazione sismica con FA0.1–0.5	1:10.000
PS.S.06.N	Carta della microzonazione sismica con FA0.4–0.8	1:10.000
PS.S.06.S	Carta della microzonazione sismica con FA0.4–0.8	1:10.000
PS.S.07.N	Carta della microzonazione sismica con FA0.7–1.1	1:10.000
PS.S.07.S	Carta della microzonazione sismica con FA0.7–1.1	1:10.000
PS.S.08.N	Carta delle aree a pericolosità sismica	1:10.000
PS.S.08.S	Carta delle aree a pericolosità sismica	1:10.000

Tabella 1 – Elenco degli elaborati geologico tecnici.

Tutta la cartografia tematica redatta è stata geo–referenziata nel sistema di riferimento Gauss Boaga e risulta dunque essere coerente con la topografia della Carta Tecnica della Regione Toscana in scala 1:10.000.

Alla Carta dei dati di base, elaborato G.04 sono stati allegati i Tomi dei dati di base. Tale documentazione è costituita da stratigrafie, certificazioni di prove geotecniche in situ e indagini geofisiche effettuate nel territorio comunale.

2. ELEMENTI DI BASE

La sintesi delle conoscenze, realizzata ai sensi delle direttive per le indagini geologico allegata al DPGR 5/r 2020, comprende la raccolta della documentazione relativa al quadro conoscitivo esistente e certificato come quello derivante dai Piani di Bacino, dal Piano di Indirizzo Territoriale, al fine di inquadrare le problematiche ed i vincoli presenti sul territorio e sulla cui base effettuare le successive analisi ed elaborazioni.

Gli elementi di base risultano articolati nelle seguenti attività:

- Consultazione della Cartografia geologica regionale (Database geologico della Regione Toscana, aggiornamento del Continuum geologico e Progetto CARG);
- Consultazione dei Piani di Bacino redatti dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno: "Stralcio Assetto Idrogeologico" e "Stralcio Bilancio Idrico";
- Consultazione del Piano di Indirizzo Territoriale della Regione Toscana (P.I.T.);
- Consultazione dell'Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani, progetto I.F.F.I., realizzato a cura dell'A.P.A.T. Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici e della Regione Toscana;
- Consultazione delle precedenti indagini geologiche e geologico–tecniche che hanno investigato il territorio comunale;
- Ricerca dei dati di base litostratigrafici e geotecnici presenti negli archivi comunali;
- Studi di fotointerpretazione effettuati su foto in visione stereoscopica dei voli presenti presso la Regione Toscana ed in rete e studi di fotointerpretazione di ortofoto; gli studi sono serviti per l'aggiornamento della Carta geomorfologica ed i successivi approfondimenti e derivazioni;
- Ricerca bibliografica riguardante studi di carattere geologico in senso lato aventi ad oggetto il territorio comunale;
- Consultazione del Portale del Servizio Geologico d'Italia, in particolare dei seguenti archivi: 'Indagini del sottosuolo (L.

464/84)', servito per un ulteriore aggiornamento dei dati di base, e 'Faglie capaci (ITHACA)';

- Consultazione degli archivi della Regione Toscana, in particolare della Banca Dati del sottosuolo (LaMMA), della Banca Dati indagini geotematiche (BDIG), della Banca Dati stratigrafica della Toscana (SIRA) e Informazione Geografica (GEOscopio);
- Consultazione del Piano Provinciale per la Gestione dei Rifiuti – Terzo Stralcio "Bonifica delle aree inquinate", Piano Operativo di Censimento (P.O.C.) 2008;
- Consultazione del portale ARPAT – SIRA, Banca dati delle Zone Vulnerabili ai Nitrati – ZVN e Sistema Informativo Siti interessati da procedimenti di bonifica – SISBON.

3. CARTA GEOLOGICA

Per quanto riguarda la Carta geologica (elaborato G.01) è stata predisposta principalmente attraverso l'elaborazione di quella presente sul portale Geoscopio del sito web della Regione Toscana operando un confronto con gli elementi geologici secondo il quadro delle conoscenze sopra-riportato.

3.1. Inquadramento geologico

Il territorio del Comune di Montevarchi si trova ubicato nel Valdarno Superiore, tipico bacino intermontano, uno dei più estesi dell'Appennino Settentrionale, delimitato ad est dalla dorsale del Pratomagno e ad ovest dai Monti del Chianti. In particolare, il territorio comunale di Montevarchi va dal corso del Fiume Arno, che lo delimita ad est, fino ai Monti del Chianti che lo delimitano a ovest e in questo "percorso" si trovano morfologie e ambienti sedimentari assai diversi e caratteristici. Dapprima si hanno le alluvioni recenti deposte dal Fiume Arno e dai suoi affluenti, quindi, si incontrano le colline costituite dai terreni plio-pleistocenici di origine fluvio-lacustre e infine troviamo il substrato prelacustre rappresentato dalla formazione del Macigno.

L'individuazione e formazione del bacino del Valdarno Superiore risale all'inizio del Pliocene (circa 5 milioni di anni fa) e da quel momento è stato sede di tre importanti fasi di sedimentazione in ambiente continentale (figura 1). Queste sono state interrotte e intervallate da altrettante fasi erosive, avvenute sempre in clima continentale e mai marino. I terreni deposti nelle fasi sopra indicate costituenti i sedimenti di origine fluvio – lacustre – palustre del Valdarno Superiore sono suddivisi in Sintema di Castelnuovo dei Sabbioni, Sintema di Montevarchi e Sintema del Torrente Ciuffenna. Detti terreni poggiano su di un substrato prelacustre che per ciò che concerne il territorio comunale di Montevarchi è rappresentato dal Macigno, una formazione di origine torbiditica appartenente alla Successione Toscana non Metamorfica deposta dal Triassico superiore all'Oligocene in ambiente francamente marino.

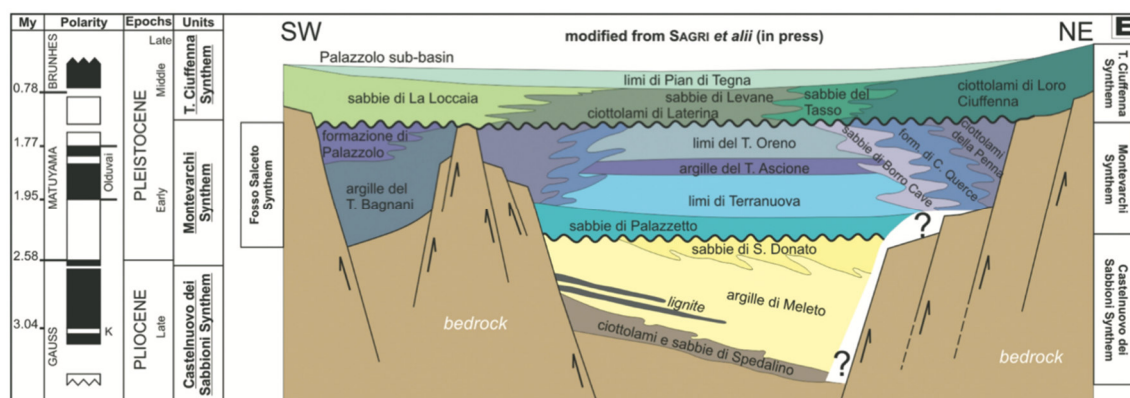


Figura 1 – Schema stratigrafico del Valdarno Superiore (estratto dalla figura 2 in Fidolini, Ghinassi, Magi, Papini & Sagri

La prima fase di deposizione del bacino del Valdarno Superiore ha inizio nel Pliocene superiore (Villafranchiano inferiore). Quando il mare lambiva i Monti del Chianti, nel Valdarno Superiore si erano formati due bacini poco estesi in cui era presente un ambiente di tipo lacustre e palustre, caratterizzato da un clima caldo umido riconducibile inizialmente al tipo tropicale per poi alternarsi a momenti più freschi. Le due depressioni (che prendono rispettivamente il nome di Bacino di Castelnuovo e di Bacino di Palazzolo) erano caratterizzate da una piccola profondità, da piccole dimensioni, da vaste aree paludose ed erano sede di una torbiera nella quale si aveva la formazione del giacimento di lignite xiloide (tipo di lignite dove sono riconoscibili le varie parti che costituivano le piante originarie) presente alla base della formazione a litologia limoso argillosa e che è stato coltivato nella Miniera a cielo aperto di Santa Barbara, nel territorio del Comune di Cavriglia (oggi esaurita e nella quale la coltivazione del materiale è terminata all'inizio degli anni '90 dello scorso secolo). Come detto, i depositi fluvio – lacustri del Sintema di Castelnuovo dei Sabbioni costituiscono il riempimento del bacino durante la prima fase. Di notevole importanza, in questa fase sedimentaria, sono i ritrovamenti di fossili di tipo vegetale quali tronchi, rami, radici, foglie, frutti, semi, fiori e pollini. Rari sono invece i ritrovamenti di resti di mammiferi terrestri. Questi depositi comprendono, dal basso verso l'alto, ciottolami e sabbie, quindi, limi ed argille con ligniti e sabbie. I terreni depositi durante la prima fase non affiorano nel territorio del Comune di Montevarchi.

La seconda fase di deposizione (Sintema di Montevarchi) è del Pliocene terminale–Pleistocene inferiore. Dopo una fase erosiva e di movimenti tettonici, responsabili dell'ampliamento del bacino del Valdarno Superiore e dell'innalzamento dei Monti del Chianti e del Pratomagno, si ebbe la formazione di un bacino fluvio – palustre – lacustre di vaste proporzioni che occupava gran parte della vallata. La profondità delle acque era limitata e raggiungeva una certa altezza solo in rare occasioni. Erano presenti, anche in questo periodo, vaste zone paludose, caratterizzate da acqua stagnante. Il clima era più temperato e meno umido rispetto alla fase precedente e caratterizzato da modeste oscillazioni verso l'arido. Era presente una tipica vegetazione della savana, nella quale si sviluppavano le faune a mammiferi che caratterizzano il Villafranchiano superiore in Europa meridionale (elefanti, ippopotami, rinoceronti, bovi, cavalli, cervi, cinghiali, istrici, lepri, scimmie, castori, cani, orsi, pantere, linci, iene e tigri dai denti a sciabola). Durante la seconda fase fluvio–lacustre si sono depositati i sedimenti palustro–lacustri appartenenti al Sintema di Montevarchi con terreni più fini nella parte centrale del bacino e con terreni più grossolani a formare delta–conoide nelle zone marginali, ai piedi dei Monti del Chianti e del Pratomagno. Detti terreni affiorano estesamente nel territorio del Comune di Montevarchi.

La terza fase di deposizione si è sviluppata nel Pleistocene medio. Questa fase deposizionale di tipo fluviale è attribuibile al paleo–Arno. E' in questo momento che, nel Valdarno Superiore compare l'uomo. Questa comparsa però non è marcata dal ritrovamento di fossili, ma dal rinvenimento di manufatti litici (industrie litiche dell'Acheuleano). Questa terza fase è riferibile all'interglaciale Riss–Würm ed è caratterizzata dall'alternarsi di fasi con climi caldi a fasi con climi freddi. I mammiferi rinvenuti in questi depositi confermano questa tesi: elefante (clima caldo), mammut lanoso (clima freddo), rinoceronte, bove, cervo, orso. I depositi della terza fase di deposizione fluvio–lacustre comprendono i sedimenti fluviali del cosiddetto Sintema del Torrente Ciuffenna, depositi dal paleo–Arno, e i sedimenti di conoidi alluvionali sviluppate ai margini del bacino in corrispondenza dei Monti del Chianti e della dorsale del Pratomagno. I depositi sono costituiti, dal basso verso l'alto, dai Ciottolami di Laterina, dalle Sabbie di Levane ed infine dai Limi di Latereto. I depositi delle estese conoidi alluvionali, poste ai margini del bacino, che verso il centro di questo vengono a sovrapporsi ai depositi fluviali di Monticello, sono costituiti dai terreni riconducibili a ciottolami, sabbie e limi.

La successiva erosione dei sedimenti depositi nelle fasi descritte, ha poi portato il Valdarno Superiore ad assumere la morfologia attuale.

3.2. Stratigrafia

3.2.1. Unità tettoniche sub liguri

Questa unità è costituita da litologie prevalentemente argilloso–calcaree alla base, spesso in facies di melange, mentre nella parte superiore sono presenti torbiditi arenaceo–pelitiche e talora conglomeratiche che riposano in discordanza

sulle precedenti facies. Questi terreni, che riposano direttamente sulle formazioni torbiditiche del Dominio Toscano, un tempo riferiti genericamente all'*Alberese* o alle *Argille Scagliose*, vengono adesso indicati come Unità alloctone sub liguri.

3.2.1.1. *Calcari e breccie di Monte Senario SNE*

Si tratta di una formazione caratterizzata da un'alternanza di scisti argillosi, marne, calcari marnosi, silicei, detritici, breccie e arenarie calcaree. L'aspetto generale è quello di una serie di strati calcarei e marnosi di colore giallastro per alterazione, ma grigio chiaro e talvolta scuro al taglio fresco, il tutto immerso in scisti argillosi scuri. L'età è Oligocene medio – Miocene inferiore.

3.2.2. Unità tettoniche toscane

3.2.2.1. *Unità Cervarola-Falterona*

3.2.2.1.1. *Arenarie di M. Falterona - Membro di Montalto FAL3*

Si tratta di arenarie a granulometria media e medio grossolana con intercalazioni di peliti siltose alternate a strati sottili di arenarie fini e siltiti. Presentano una stratificazione da molto sottile a molto spessa, talora in banchi.

L'età è Miocene basale.

3.2.2.2. *Unità Falda Toscana*

3.2.2.2.1. *Macigno MAC*

Si tratta di un'arenaria quarzoso-feldspatico-micacea, di origine torbiditica, caratterizzata da una grana da minuta a media, anche se non mancano strati con, alla base, grossi clasti. Gli strati arenacei si presentano di colore grigio acciaio al taglio fresco e di colore giallo e giallo ocra all'alterazione. La stratificazione è sempre netta, e i grossi banchi arenacei raggiungono (anche se ciò non è una regola) i 10–15 metri di spessore. Gli strati arenacei sono più o meno regolarmente alternati a quelli argilloso siltosi, i quali sono, in genere, meno abbondanti e meno spessi rispetto ai precedenti. Occasionalmente sono presenti anche strati torbiditici calcareo-marnosi, bianco avana all'alterazione e grigi al taglio fresco, di spessore variabile tra i 10 cm e i 2 metri, e strati argillosi aventi spessore tra i 5 cm ed 1 metro, a frattura da scagliosa ad aciculare, con colorazione nera. L'età è Oligocene medio – Miocene inferiore.

3.2.2.2.2. *Macigno: Olistostroma superiore MACb*

Si tratta di accumuli per frane sottomarine, intercalati nella formazione del Macigno. Sono costituiti da pacchi di strati o blocchi di calcari marnosi inglobati in matrice argillosa. Gli olistostromi formano corpi lenticolari, talvolta potenti, al cui interno è riconoscibile in genere un assetto più o meno costante, anche se non mancano situazioni caotiche. L'età è Oligocene superiore – Miocene inferiore.

3.2.3. Successione del Bacino del Valdarno Superiore

3.2.3.1. *Sintema di Montevarchi*

3.2.3.1.1. *Ciottolami e sabbie di Caposelvi CSC*

L'unità è costituita da depositi ghiaiosi e sabbiosi spessi 50 metri che si sono depositati in un ambiente di conoide alluvionale e che poggiano direttamente sul substrato roccioso (area Caposelvi – Mercatale). Le ghiaie, spesse fino a 25 m, sono costituite da ciottoli e massi ben arrotondati. Questi depositi, clastosostenuti, con scarsa matrice, presentano rare intercalazioni sabbiose. I corpi ghiaiosi hanno spessori fino a 1,5 – 2, 0 metri mentre i depositi sabbiosi sono costituiti da letti tabulari sono spessi fino a 20,0 – 25,0 metri. I depositi sabbiosi e ghiaiosi rappresentano la facies prossimale della conoide alluvionale. Le paleocorrenti e la distribuzione delle facies mostrano che il sistema alluvionale proviene dal margine dei Monti del Chianti. L'età è Pleistocene inferiore.

3.2.3.1.2. *Membro di Ricasoli SPAa*

Il Membro di Ricasoli (SPAa) composto da sabbie, ghiaie e limi a stratificazione lenticolare e/o tabulare.

3.2.3.1.3. Sabbie di Palazzetto SPA

Si tratta di sabbie e sabbie limose di colore giallastro a stratificazione tabulare con locali intercalazioni di limi sabbioso – argillosi di colore grigio e di ghiaie ad elementi prevalentemente a composizione arenacea.

3.2.3.1.4. Limi di Terranuova TER

Si tratta di sedimenti costituiti da limi, limi argillosi e limi sabbiosi, di colore grigio oppure grigio azzurro, in banchi e strati poco evidenti, di regola massicci, con giacitura prevalentemente suborizzontale, con frequenti intercalazioni di livelli di sabbie e sabbie limose di colore grigio oppure giallastro, talvolta arrossate. Il passaggio alle sovrastanti Argille del Torrente Ascione (ASC) avviene gradualmente, per il progressivo aumento della componente argillosa e la comparsa di livelli di torba o di sedimenti ricchi di sostanza organica. Il passaggio tra le due unità è difficilmente definibile data la gradualità della transizione. I Limi di Terranuova (TER) si sono originati in ambiente palustro – lacustre e la presenza di numerosi paleosuoli indica periodi di disseccamento del fondo del lago con conseguente colonizzazione da parte della vegetazione. L'ambiente era caratterizzato da un clima caldo, interessato anche da episodi più freschi ed umidi. Lo spessore raggiunge e supera il centinaio di metri, l'età è attribuibile al Pliocene terminale – Pleistocene inferiore.

3.2.3.1.5. Argille del Torrente Ascione ASC

Le Argille del Torrente Ascione (ASC) sono costituite da argille grigio azzurre e limi argillosi organizzati in banchi metrici contenenti livelli di torba con intercalazioni di sabbie e sabbie ciottolose di colore giallastro. Le lenti di materiali grossolani aumentano verso il margine del bacino, accompagnate da una diminuzione della frazione di sostanze organiche nei sedimenti. Lo spessore delle Argille del Torrente Ascione aumenta gradualmente spostandosi dal margine verso il centro del bacino raggiungendo una potenza massima di 25 metri. Le Argille del torrente Ascione (ASC) poggiano in continuità sui Limi di Terranuova e passano verso l'alto ai Limi e sabbie del Torrente Oreno. Il passaggio al tetto, come quello alla base, avviene gradualmente per diminuzione della componente argillosa e scomparsa dei livelli di torba. Questi terreni costituiscono un orizzonte esteso in tutto il bacino la cui deposizione è stata correlata ad un periodo con ridotti apporti terrigeni grossolani ed una notevole espansione della vegetazione acquatica. I pollini rinvenuti indicano un'alternanza di fasi caldo umide e fasi fresche. L'ambiente era lacustre, ricco di piante acquatiche, soggetto a saltuari periodi di prosciugamento con conseguente formazione di suoli.

3.2.3.1.6. Limi e sabbie del Torrente Oreno LSO

Si tratta dell'unità stratigraficamente e geometricamente superiore dei depositi del Subsistema di Montevarchi. Si tratta di depositi palustro-lacustri costituiti di sabbie e limi, spessi fino a 50 metri. Le porzioni sabbiose si sono deposte nella parte più distale dei delta conoidi, presenti soprattutto nella parte nord-orientale del bacino del Valdarno Superiore, mentre questi progradavano verso il centro del bacino. Sono presenti livelli arrossati e paleosuoli che indicano emersioni legate anche a periodi di parziale disseccamento del lago. L'età è Pleistocene inferiore.

3.2.3.1.7. Sabbie di Borro Cave SBC

Si tratta di depositi di delta – conoide costituiti da un'alternanza irregolare di sabbie di colore giallastro, sabbie limose e limi sabbioso – argillosi grigie o grigio giallastre con intercalazioni di banchi di argille limoso – sabbiose grigio azzurrognole e lenti di ciottolami ad elementi arenacei e presenza di paleosuoli. Questi depositi, aventi un'età del Pleistocene inferiore e uno spessore che raggiunge alcune decine di metri, costituiscono la zona di transizione e la porzione subacquea dei delta – conoide.

3.2.3.2. Sintema del Torrente Ciuffenna

3.2.3.2.1. Ciottolami di Laterina CLA

Si tratta di ciottolami a elementi prevalentemente calcarei, derivanti dalla Formazione di Monte Morello e dai Calcarei a Briozoi della Verna ad indicare una chiara provenienza casentinese. I clasti costituenti il conglomerato sono in genere arrotondati, di regola sferici e presentano dimensioni massime di 0,25 – 0,30 metri. All'interno dei Ciottolami di Laterina (CLA) sono stati riconosciuti tre cicli deposizionali separati tra loro da superfici erosive. Il primo ciclo è formato da ciottolami grossolani e massicci, talora con stratificazione incrociata concava, eterometrici, con abbondante matrice sabbiosa. Il secondo ciclo è costituito da 3 m di ciottolami ben cerniti, di dimensioni medie, ben embriciati e spesso organizzati in lamine piano – parallele inclinate di circa 10°. Queste ultime indicano accrezione laterale in canali a bassa sinuosità. Il terzo ciclo è costituito da ciottolami medio – fini, ben selezionati, molto appiattiti, bene embriciati e

organizzati in lamine piano – parallele orizzontali o inclinate al massimo di 5°. La giacitura di questi depositi, originati nel Pleistocene medio, è orizzontale ed il loro spessore medio nel bacino è di circa 8 metri raggiungendo e superando localmente anche i 15 m.

3.2.3.2.2. Sabbie di Levane SLE

Si tratta di sabbie quarzoso – feldspatiche, con elementi carbonatici, da grossolane a medio fini, con livelli di conglomerati calcarei e lenti di materiale limoso più o meno estese. Nel bacino questa formazione, avente sempre una giacitura orizzontale e un'età riferibile al Pleistocene medio, ha una potenza di circa 10 – 20 metri.

3.2.3.2.3. Sabbie di Loccaia LOC

Si tratta di sabbie e ghiaie con clasti prevalentemente a composizione arenacea con intercalazioni di limi sabbiosi di colore bruno rossastro, spesso con indizi di pedogenizzazione.

3.2.3.3. Limi di Latereto e di Pian di Tegna LAT

Si tratta di limi e limi sabbiosi con colore variabile da rosso bruno a grigio e nerastro, di aspetto massivo, profondamente interessati da pedogenesi a pseudogley e da abbondanti screziature rossastre. Localmente sono presenti livelli di sabbie e lenti di ghiaie fini con elementi che non superano il centimetro. Lo spessore di questa unità è assai variabile da pochi decimetri, nelle zone marginali del bacino, a oltre una decina di metri di spessore nelle zone centrali.

3.2.4. Coperture recenti

Le coperture recenti coinvolgono depositi superficiali derivanti dai processi di alterazione delle formazioni precedentemente descritte.

3.2.4.1. Depositi eluvio-colluviali b2a

Si tratta di materiale detritico, generalmente fine, quali frammenti di roccia, sabbie e limi generalmente prodotto da alterazione in situ dovuta all'azione mista di acque e l'azione della gravità. L'età è Olocene.

3.2.4.2. Depositi antropici h5

Si tratta di materiale di riporto conseguente a una qualsiasi attività umana, quali depositi di materiale inerte, sbarramenti artificiali di piccoli bacini, argini di fiumi e di canali, rilevati stradali e ferroviari, riempimenti. L'età è Olocene.

3.2.5. Depositi alluvionali

Si tratta di materiale di origine fluviale, connesso con le attività di erosione, trasporto e deposizione del Fiume Arno e dei suoi affluenti.

3.2.5.1. Depositi alluvionali terrazzati bn

Si tratta di depositi prevalentemente composti da limi argillosi, sabbie e ghiaie organizzati in apparati tabulari spesso interdigitati, allungati secondo la direzione della corrente prevalente. L'età è Olocene.

3.2.5.2. Depositi alluvionali in evoluzione b

Si tratta dei depositi alluvionali attuali (b) originati a partire dal Pleistocene superiore dall'Arno e dai suoi affluenti. Le litologie presenti sono ghiaie, sabbie, limi e argille e le loro combinazioni (ghiaie e limi, ghiaie e sabbie, ghiaie sabbie e limi, limi e argille, sabbie e limi).

3.2.5.3. Travertini f1

Si tratta di una formazione caratterizzata da depositi di origine calcarea il cui colore varia da giallo a bianco. L'età è Olocene.

4. CARTA GEOMORFOLOGICA

La carta geomorfologica (elaborato G.02) è stata redatta sulla base di quanto disposto al punto B2 dell'Allegato A del DPGR 5/R 2020 tenendo conto, inoltre, delle indicazioni fornite nell'Allegato 3 del Del n° 20 del 20/12/19 "Disciplina di progetto di piano PAI dissesti geomorfologici".

La Carta individua, sulla base topografica, le forme del territorio e il loro stato di attività. Tale carta rappresenta un tematismo di fondamentale importanza per la gestione urbanistica comunale, in quanto può essere utilizzata per comprendere le dinamiche di evoluzione del territorio. Per la stesura della Carta geomorfologica del Comune di Montevarchi sono stati utilizzate le informazioni fornite dai seguenti precedenti lavori:

- indagini geologico – tecniche a supporto del Piano Strutturale redatte dalla Società Progeo Engineering s.r.l. e dr. geol. Maurizio Magi nel 2000;
- indagini geologico – tecniche a supporto del Piano Strutturale redatte dal TERRA & OPERE nel 2007;
- Piano di Bacino del Fiume Arno, Progetto di Piano – PAI dissesti geomorfologici, redatto dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale, adottato con Delibera del CIP n. 20 del 20 dicembre 2019;
- Consultazione dell'Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani, progetto I.F.F.I., realizzato a cura dell'A.P.A.T. Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici e della Regione Toscana;
- carta geologica di nuovo impianto, disegnata sulla base topografica in scala 1:10.000 (reperibile sul sito web della Regione Toscana);

L'elaborazione è stata effettuata previa acquisizione dei seguenti elementi:

- Rilievi geomorfologici di campagna su base topografica 1:10.000;
- Studi di fotointerpretazione effettuati in visione stereoscopica dei voli presenti presso la Regione Toscana ed in rete e analisi ortofoto sequenziali;
- Analisi dati di interferometria radar satellitare "Permanent scatters"

I dati ricavati dai lavori sopra citati sono stati acquisiti e valutati criticamente per individuare le forme che interessano il territorio. In particolare, sulla carta sono riportati tutti i fenomeni geomorfologici che interessano il territorio in esame, ovvero:

- processi geomorfologici di erosione;
- processi geomorfologici di deposizione;
- processi di natura antropica.

Le principali forme di erosione riguardano i processi di modellazione dei versanti dovuti all'azione idrica superficiale e profonda e le attività erosive che i corsi d'acqua attuano sulle sponde laterali e sulla profondità dell'alveo. Sono stati dunque individuati i fenomeni di tipo franoso che interessano il territorio e ciascun fenomeno rilevato è stato distinto in base alla tipologia di movimento (frane di scivolamento, crolli, etc..) e al suo stato di attività (attivo, inattivo, quiescente). Sono stati anche inseriti gli specifici attributi allo shapefile di cui alla Tab. 3 secondo le indicazioni delle Tab. C e D dell'Allegato 3 sopracitato.

Dall'analisi effettuata risulta che la tipologia di movimento che maggiormente interessa il territorio comunale è rappresentata da movimenti a cinematica lenta, quali scivolamenti e soliflussi, che si verificano in particolare nell'area nord, nord est del territorio comunale. La terminologia adottata nella descrizione dello stato di attività classifica come attive quelle frane che presentano indizi di movimento con ricorrenza pluridecennale (indicativamente a partire dall'inizio degli anni 90), mentre, una frana che non si è apparentemente mossa nel trentennio viene definita genericamente inattiva oppure quiescente se si ritiene possibile una sua riattivazione. I processi di tipo antropico si riferiscono alle alterazioni del territorio dovute all'azione dell'uomo, quali, per esempio, opere di urbanizzazione industriale e residenziale, dighe, cave e modellazioni dovute ad attività agricole.

I risultati dei rilievi e delle elaborazioni condotte relativamente al territorio comunale di Montevarchi possono essere così sintetizzati.

Forme e processi di erosione idrica del pendio (forme e processi di denudazione o erosione)

I processi che sono stati rilevati e cartografati in questa classe di morfotipi sono rappresentati da forme di denudazione o erosione che rappresentano il primo stadio evolutivo dei processi gravitativi. Rientrano in questa classe gli orli di

scarpata fluviale, in erosione o non in erosione, le aree soggette ad erosione profonda e superficiale, le erosioni laterali di sponda.

Nella porzione alluvionale del territorio di località Becorpi sono stati individuati due ordini di terrazzi fluviali visibili sia lungo il T. Caposelvi sia lungo il T. Ambra di cui il Caposelvi è tributario sinistro. In corrispondenza della confluenza del Caposelvi nel T. Ambra sono osservabili entrambi gli ordini con un dislivello di circa 3.50 m; le tracce di un terzo ordine di terrazzo sono visibili nella porzione a monte della S.S. 69 del Valdarno e sviluppa in direzione NW a partire dalla località La Villanuzza.

Nel tratto dove il T. Ambra scorre circa parallelo al F. Arno con andamento pressoché rettilineo, si rilevano processi erosivi laterali abbastanza accentuati tanto che sono presenti in più punti interventi di risistemazione spondale con opere realizzate anche in alveo, quali repellenti, martelli ed interventi di rettifica del corso d'acqua. Nell'area a valle della confluenza con il T. Caposelvi sono presenti, presso "Lo Sprondoro", alcuni pennelli che risultano di notevole importanza per la funzione di contenimento dei processi erosivi spondali che sono stati messi in evidenza con lo studio geomorfologico. Lungo il corso del T. Ambra, sempre nei pressi di Sprondoro, vi sono due zone in erosione che hanno asportato parte della sponda destra del corso d'acqua ed intaccato la sponda sinistra del torrente arrivando a lambire l'argine esattamente in corrispondenza del termine della strada che si dirama in direzione N in uscita del nucleo de "Le Casine". Nelle aree "il Pateresso - Valdilago" in località La Steccate e La Gruccia è stata inoltre evidenziata la presenza di paleovalvei generatesi per l'azione di migrazione del corso dell'Ambra e dell'Arno.

Nella parte pedecollinare tutti i torrenti risultano con alveo incassato con arginature artificiali (muro) nella parte abitata e scarpate ad alto angolo più a monte. Nel settore occidentale ci sono poi moltissimi borri e fossetti in erosione indicati come solchi erosivi di ruscellamento concentrato.

Forme e processi dovuti a gravità

Tra le forme di denudazione i processi che sono stati rilevati e cartografati risultano essere quelli che di fatto condizionano in modo importante il territorio in termini di pericolosità. Rientrano in questa classe le corone di frana, le frane di limitata estensione, le aree molto instabili per franosità diffusa, le aree interessate da deformazioni superficiali lente, le aree instabili per soliflusso generalizzato, le aree in reptazione e le aree interessate da soliflusso localizzato. Esempi di tali morfotipi sono stati evidenziati lungo la pendice del colle di Levane, in località Tenuta La Vigna, Levane Alta, Casa del Vento. Dal rilevamento geomorfologico e soprattutto dall'esame storeografico di orto-foto si è potuto rilevare una forte dinamicità delle forme e dei processi di dissesto gravitativo per cui, vista la scala del rilievo, molte frane già precedentemente individuate negli studi geologici di supporto alla pianificazione urbanistica soprattutto se di dimensioni difficilmente cartografabili quando molto ravvicinate sono state raggruppare in areali a franosità diffusa come in loc. Mulinaccio, loc. il Quercio ed in loc. Castelluccio.

Per quanto concerne poi i veri e propri corpi di frana il territorio comunale è caratterizzato dalla presenza di moltissime forme di dissesto per lo più di tipo quiescente o stabilizzato per le quali nell'ultimo trentennio dalle immagini satellitari e soprattutto da interviste eseguite in campo non sono stati evidenziati indizi di attività parzialmente o totalmente obliterate dalle lavorazioni agrarie (con sterri, riporti e drenaggi) che hanno consentito in molti casi la loro stabilizzazione.

Esempi di tali morfotipi si rilevano in tutta la parte collinare del territorio comunale e lungo i versanti di podere Poggiornello, Ossaia, Il Poggiolino nell'area più vicina al capoluogo.

Per quanto concerne le forme attive, oltre al dissesto di Ricasoli se ne rilevano altre sul territorio comunale pochissime delle quali di nuova identificazione (frane in loc. Palazzetto sul versante a monte della ferrovia, frana in loc. Scrafana).

Forme artificiali (antropiche)

La parte pianeggiante del territorio comunale risulta intensamente modificata dal punto di vista del tessuto urbano, sono infatti presenti aree soprattutto industriali ma anche residenziali e sportive. Sono state indicate in cartografia quelle aree indicate come urbanizzate quelle aree non evincibili dallo stralcio cartografico di rappresentazione. Come elementi areali sono stati indicati anche le aree di sbancamento ed i riporti antropici rilevati da immagini delle ortofoto unitamente ai rilievi di campagna.

5. CARTA IDROGEOLOGICA

La Carta idrogeologica (elaborato G.03) rappresenta in modo sintetico e in forma globale le principali informazioni idrogeologiche esistenti sul territorio del Comune di Montevarchi.

In particolare, le formazioni geologiche presenti nel territorio comunale sono state raggruppate in due classi idrogeologiche principali:

- **formazioni permeabili per porosità primaria:** se le caratteristiche di permeabilità e trasmissività sono connesse alle caratteristiche granulometriche del materiale;
- **formazioni permeabili per porosità secondaria:** se le caratteristiche di permeabilità derivano da fratturazioni o da altri eventi successivi alla formazione dei terreni, quali, per esempio, fenomeni tettonici.

La permeabilità dei terreni affioranti non è stata misurata né in laboratorio né in campo, ma è stata stimata sulla base degli elementi da cui questa dipende (densità del reticolo idrografico, distribuzione e portata delle sorgenti, litologia delle formazioni geologiche, informazioni derivate dai pozzi e strutture delle formazioni geologiche). Le classi di permeabilità derivate da questa analisi non forniscono quindi valori numerici del coefficiente di permeabilità k , ma solamente indicazioni di tipo qualitativo. In base alle formazioni geologiche presenti nel territorio comunale si sono individuate cinque classi, da molto bassa a molto alta, che descrivono il grado di permeabilità primaria e secondaria dei terreni come riportato nella seguente tabella 2.

Per la permeabilità primaria i terreni che mostrano le maggiori probabilità di reperimento della risorsa idrica sono i Ciottolami di Laterina (CLA), le Sabbie di Levane (SLE), i Depositi alluvionali attuali (b), i Depositi alluvionali terrazzati (bn), le Sabbie di La Loccaia (LOC).

Per la permeabilità secondaria le formazioni che mostrano le maggiori probabilità di reperimento della risorsa idrica sono il Macigno (MAC) e il Membro di Montalto delle Arenarie del Falterona (FAL3).

GRADO DI PERMEABILITÀ	PERMEABILITÀ PER POROSITÀ PRIMARIA		PERMEABILITÀ PER POROSITÀ SECONDARIA	
molto bassa	a	ASC	1	MACb
bassa	b	h5, LAT, LSO, TER	2	f1
media	c	b2a, CSC, SBC, SPA, SPAa, Frane	3	SNE
alta	d	b, bn, LOC	4	MAC, FAL3
molto alta	e	CLA, SLE	5	

Tabella 2 – Permeabilità per porosità primaria e secondaria.

Nell'elaborato è stata inoltre rappresentata la superficie piezometrica relativa al primo acquifero messo in carico dalle opere di captazione. La superficie è stata ricostruita attraverso l'effettuazione di una campagna di misurazioni piezometriche sui pozzi, il cui censimento è stato fornito dal competente ufficio regionale, eseguita nel Giugno 2021. Le misurazioni sono state poi interpolate col metodo Kriging ed infine è stata poi effettuata una correzione a mano per la ricostruzione delle curve con equidistanza 2 m.

6. VULNERABILITA' DEGLI ACQUIFERI

La vulnerabilità degli acquiferi individua, sulla base delle caratteristiche litologiche dei terreni affioranti e quindi superficiali, la possibilità di penetrazione e diffusione in profondità di un inquinante fluido o idro veicolato ed è quindi in stretta relazione con il concetto di protezione delle falde. Chiaramente l'impatto che può avere un fluido che si diffonde nella falda sotterranea deve essere valutato sia nello spazio che nel tempo. Dalla vulnerabilità degli acquiferi possono discendere alcune considerazioni che portano alle decisioni quali l'identificazione delle zone che meglio si prestano per l'insediamento di attività potenzialmente pericolose per la falda oppure individuare le zone in cui andare a reperire le risorse idriche oppure identificare l'estensione delle zone di protezione delle opere di captazione con eventuali attività di monitoraggio perimetrale. L'attribuzione della vulnerabilità può essere fatta attraverso una valutazione qualitativa delle caratteristiche peculiari dei terreni affioranti, quindi analizzando la litologia e conseguentemente gli aspetti legati alla permeabilità per porosità primaria e/o secondaria (fratturazione, permeabilità, ecc.). Appare evidente che una valutazione della vulnerabilità all'inquinamento in modo serio e approfondito non può prescindere da una ripartizione verticale e areale del sistema in tutte le sue componenti quali la zona epidermica, la zona vadosa, la zona freatica, ecc. e dalla consapevolezza che la vulnerabilità è un problema di tipo dinamico che si sviluppa e si propaga dal punto di immissione.

Per il territorio in esame è stata fatta una mera valutazione qualitativa che, una volta analizzate le informazioni derivanti dalle cartografie derivanti dalle indagini geologico tecniche elaborate per il territorio del Comune di Montevarchi, ha permesso la stesura della tabella sottostante nella quale sono sintetizzati in modo schematico i rapporti tra formazione geologica e vulnerabilità degli acquiferi.

SIGLA DELLA FORMAZIONE GEOLOGICA NELLA CARTA GEOLOGICA	LITOLOGIA E TIPOLOGIA DI ACQUIFERO	CIRCOLAZIONE IDRICA	VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI
TER, ASC, LSO, LAT, h5	acquiferi di scarsa produttività in depositi fini quali limi e argille	assente	molto bassa
MACb, MAC, FAL, SNE	acquiferi di media produttività in formazioni arenacee o calcaree con interstrati marnosi e/o argillitici	bassa	bassa
SPAa, SPA, CSC, SBC, CLA, SLE, LOC, f1	Acquiferi di modesta importanza in sabbie e ciottolami con scarsa copertura	media	media
bn, b2a	Acquiferi in materiali detritici caratterizzati da modeste continuità laterali	media	media
b	Acquiferi con granulometria media e grossolana con scarsa protezione in materiali alluvionali	alta	alta

Tabella 3 - Vulnerabilità degli acquiferi

7. PIANO STRALCIO BILANCIO IDRICO

In accordo a quanto stabilito dall'art. 145 del D.Lgs. 152/2006 "l'Autorità di Bacino competente definisce ed aggiorna periodicamente il bilancio idrico diretto ad assicurare l'equilibrio fra le disponibilità di risorse reperibili o attivabili nell'area di riferimento ed i fabbisogni per i diversi usi, nel rispetto dei criteri e degli obiettivi di cui all'articolo 144...". *Tale attività è essenziale per la corretta gestione della risorsa idrica in quanto rappresenta lo strumento operativo per la valutazione, da un punto di vista di equilibrio di bilancio idrico, delle richieste di nuove concessioni idriche. A tal fine l'autorità di bacino redige le cartografie a scala di bacino suddividendo lo stesso in zone aventi diversa disponibilità idrica, denominate Stralci. Per quanto riguarda il Comune di Montevarchi si fa riferimento allo Stralcio n. 28 della Tav. C.*

– Zonazione delle aree a diversa disponibilità di acque sotterranee *in cui le aree vengono suddivise in quattro classi sulla base della disponibilità idrica:*

D1 – aree ad elevata disponibilità;

D2 – aree a disponibilità prossima alla capacità di ricarica;

D3 – aree a disponibilità inferiore alla capacità di ricarica;

D4 – aree a disponibilità molto inferiore alla capacità di ricarica.

Si classificano D1 le aree dove la ricarica media copre ampiamente o in maniera sufficiente i prelievi in atto, pertanto nuovi prelievi in queste aree non creano disequilibri al bilancio idrico se nel complesso l'acquifero risulta in saldo di pareggio o positivo; D2 le aree in cui la ricarica media copre in maniera sufficiente i prelievi, pertanto sono prossime al pareggio e nuovi prelievi potrebbero creare disequilibri a livello di area; D3 e D4 sono aree in cui il disavanzo tra ricarica media ed unità di superficie risulta elevato (D3) o molto elevato (D4) e quindi nuovi prelievi potrebbero generare approfondimenti della superficie piezometrica. Oltre alle aree a diversa disponibilità idrica sulle tavole è indicata l'eventuale presenza di acquiferi aventi bilancio negativo.

Per quanto riguarda il territorio del Comune di Montevarchi esso è rappresentato nello stralcio n. 28. Detta tavola è stata realizzata solamente per le aree della pianura alluvionale del Fiume Arno nella quale si individuano due aree di limitata dimensione in classe D4 e poi il resto della zona è classificato in D2 e D1.

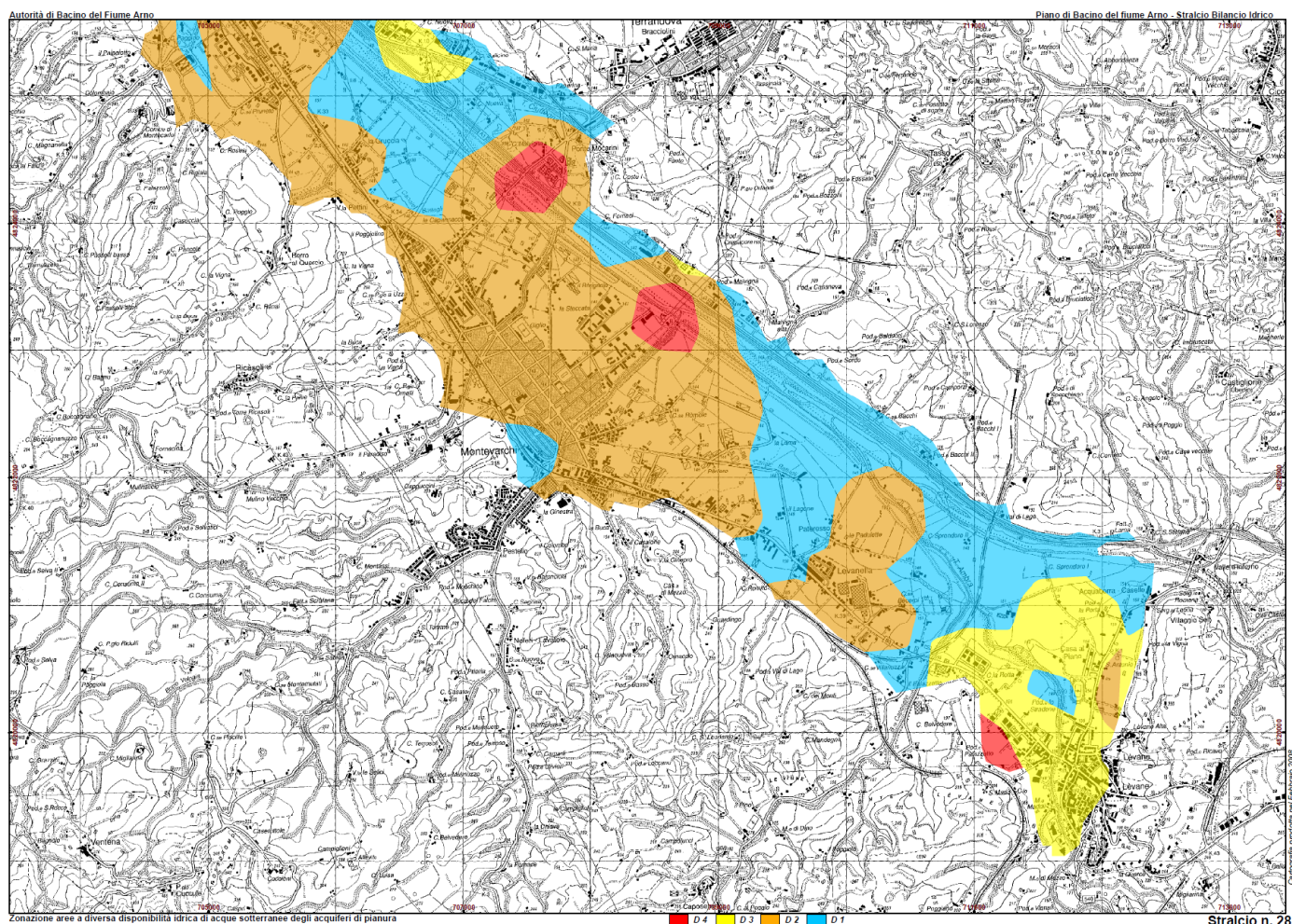


Figura 2 – Estratto da AdB Fiume Arno – stralcio 28: Zonazione delle aree a diversa disponibilità di acque sotterranee

8. CARTA DEI DATI DI BASE

Nella Carta dei dati di base (elaborato G.04) sono state riportate le informazioni riguardanti l'ubicazione delle indagini geognostiche e geofisiche svolte nell'area comunale per la caratterizzazione dei terreni. Per la raccolta dei dati di base sono state effettuate le seguenti attività:

- presa visione delle pratiche presenti presso l'Ufficio Urbanistica, Edilizia e Lavori Pubblici del Comune di Montevarchi;
- utilizzo delle indagini già presenti nella Carta litotecnica e dei dati di base di cui alle indagini geologico – tecniche di supporto al Piano Strutturale datate 17 luglio 2000, redatte dalla Società Progeo Engineering s.r.l. e dr. geol. Maurizio Magi;
- utilizzo delle indagini geofisiche Multi-channel Analysis of Surface Waves (MASW), Extended Spatial Auto – Correlation (ESAC) e Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr) eseguite dalla società Indago Srl nel 2021;

I dati di base sono stati elaborati e scansati in modo tale da produrre un totale di 64 nuove schede che si vanno ad aggiungere alle 37 già precedentemente elaborate per il vecchio piano proseguendo la numerazione progressiva.

Dopo avere scansato le indagini sono stati eliminati tutti i riferimenti alla proprietà, alla committenza, alla ditta esecutrice e al tecnico incaricato, rendendo così le schede completamente anonime. Per ogni scheda predisposta sono stati riportati il numero progressivo, il riferimento alla pratica edilizia, la località di indagine, il progetto cui si riferisce, la quantità e il tipo di indagini presenti, il numero dei certificati presenti oltre alla data dell'indagine. Dove possibile, si è inoltre aggiunta una planimetria di dettaglio con l'ubicazione delle varie indagini.

9. CARTA DELLE AREE A PERICOLOSITÀ GEOLOGICA

Per redigere la Carta delle aree a pericolosità geologica del territorio comunale di Montevarchi (elaborato G.05) si è fatto riferimento alla Delibera della Giunta Regionale 20 gennaio 2020, n. 31 *Direttive tecniche per lo svolgimento delle indagini geologiche, idrauliche e sismiche* che definisce i criteri per la caratterizzazione di aree omogenee dal punto di vista della pericolosità e delle criticità rispetto ai diversi fattori, geologici, idraulici, sismici. I criteri utilizzati per la stesura della carta tematica sono illustrati nella tabella sottostante. Le aree a pericolosità geologica vengono classificate secondo le quattro classi riportate di seguito:

- **Pericolosità geologica molto elevata (G.4):** aree in cui sono presenti fenomeni franosi attivi e relative aree di evoluzione, ed aree in cui sono presenti intensi fenomeni geomorfologici attivi di tipo erosivo;
- **Pericolosità geologica elevata (G.3):** aree in cui sono presenti fenomeni franosi quiescenti e relative aree di evoluzione; aree con potenziale instabilità connessa a giacitura, ad acclività, a litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee e relativi processi di morfodinamica fluviale, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da fenomeni di soliflusso, fenomeni erosivi; aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geomeccaniche; corpi detritici su versanti con pendenze superiori a 15 gradi;
- **Pericolosità geologica media (G.2):** aree in cui sono presenti fenomeni geomorfologici inattivi; aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori a 15 gradi;
- **Pericolosità geologica bassa (G.1):** aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciturali non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi.

CLASSI DI PERICOLOSITÀ			
G.1	G.2	G.3	G.4

Tabella 4 – Classi di pericolosità geologica.

Il procedimento seguito per la redazione della Carta delle aree a pericolosità geologica è il seguente: si è iniziato dapprima con l'individuazione delle aree ricadenti nella classe a pericolosità più alta (pericolosità 4), per poi scendere di importanza con la classe a pericolosità 3. Dopo avere attribuito le classi 4 e 3, come previsto dalla normativa, è stata attribuita al restante territorio la classe 2, ritenendo che non ci siano gli elementi di garanzia e le condizioni per l'attribuzione della classe 1. Inoltre, si specifica che ai fenomeni geomorfologici attivi di tipo erosivo è stato applicato un buffer di 20 m e alle frane attive puntuali è stato applicato un buffer di 25 m cui è stata attribuita la pericolosità G.4. Alle aree che ricadono in pericolosità molto elevata è stato attribuito un buffer di pericolosità elevata variabile a seconda della tipologia di movimento gravitativo o di aree soggette ad erosione. Alle frane puntuali è stato applicato un buffer di 15 m. In base allo stato è stata attribuita una pericolosità G.4, per i movimenti attivi, e G.3, per i movimenti indeterminati e quiescenti. Interno alle frane puntuali attive è stato attribuito un buffer di pericolosità G.3 pari a 20 m. Alle aree in cui erano presenti fenomeni geomorfologici inattivi è stato applicato un buffer di 20 m.

aree a pericolosità geologica	classe di pericolosità			
	1	2	3	4
aree in cui sono presenti fenomeni franosi attivi e relative aree di evoluzione				X
aree in cui sono presenti intensi fenomeni geomorfologici attivi di tipo erosivo (ad es.: corso d'acqua con tendenza alla migrazione laterale dell'alveo e all'erosione di sponda con buffer 20 m; alvei in				X

approfondimento buffer 20 m; franosità diffusa; calanchi attivi; scarpate in erosione attiva buffer 20 m; frane puntuali buffer 15 m				
aree di influenza intorno alle zone a pericolosità geologica molto elevata (buffer 20 m)			X	
aree in cui sono presenti fenomeni franosi quiescenti e relative aree di evoluzione (ad es.: frane puntuali buffer 15 m)			X	
aree con potenziale instabilità connessa a giacitura, ad acclività (qualsiasi litologia >15 gradi) a litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee e relativi processi di morfodinamica fluviale, nonché a processi di degrado di carattere antropico, scarpate in erosione quiescenti buffer 20 m			X	
aree interessate da fenomeni di soliflusso, calanchi e biancane inattivi, fenomeni erosivi			X	
aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geomeccaniche			X	
corpi detritici su versanti con pendenze superiori a 15 gradi			X	
Depositi fluvio-lacustri su versanti < 15 gradi		X		
Arenarie, brecciole e calcari su versanti con pendenze < 15 gradi		X		
aree in cui sono presenti fenomeni geomorfologici inattivi (ad es.: scarpate inattive buffer 20 m; frane puntuali buffer 15 m)		X		
aree con elementi geomorfologici, litologici e giacaturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto (ad es.: scarpate antropiche senza indizi di evoluzione buffer 20 m)		X		
corpi detritici su versanti con pendenze inferiori a 15 gradi		X		

Tabella 5 – Criteri utilizzati per la stesura della Carta delle aree a pericolosità geologica.

10. MICROZONAZIONE SISMICA

Come riportato nell'Allegato A alla Delibera della Giunta Regionale 31/2020 *gli elementi di conoscenza del territorio, integrati con le misure passive del rumore ambientale a stazione singola ed eventuali ulteriori indagini sismiche, permettono la realizzazione di studi di MS, secondo le specifiche tecniche definite dagli ICMS e dalle specifiche tecniche regionali, redatte sulla base di quanto richiesto dall'articolo 5, comma 3 e dall'articolo 6, commi 1 e 2 dell'o.d.p.c.m. 3907/2010, di cui alla deliberazione della Giunta regionale 18 aprile 2011, n. 261 (Approvazione delle specifiche tecniche regionali per l'elaborazione di indagini e studi di microzonazione sismica); alla deliberazione della Giunta regionale 6 agosto 2012, n. 741 (Approvazione delle nuove specifiche tecniche regionali per l'elaborazione di indagini e studi di microzonazione sismica); alla deliberazione della Giunta regionale 25 novembre 2012, n. 971 (Approvazione delle modalità di finanziamento e delle nuove specifiche tecniche regionali per l'elaborazione di indagini e studi di microzonazione sismica); alla deliberazione della Giunta regionale 23 febbraio 2015, n. 144 (Approvazione delle modalità di finanziamento e delle nuove specifiche tecniche regionali per l'elaborazione di indagini e studi di microzonazione sismica e analisi delle Condizioni Limite per l'Emergenza); alla deliberazione della Giunta regionale 14 giugno 2016, n. 557 (Approvazione costituzione fondo del 2% per attività di "Supporto per l'archiviazione informatica e l'implementazione Portale Web-GIS relativo alle indagini e studi di Microzonazione Sismica Comunale e alle analisi delle Condizioni Limite per l'Emergenza"); alla deliberazione della Giunta regionale 2 maggio 2018, n. 468 (Approvazione delle modalità di finanziamento e delle Nuove Specifiche Tecniche Regionali per l'elaborazione di indagini e studi di Microzonazione Sismica e analisi delle Condizioni Limite per l'Emergenza, e modalità di utilizzo del Fondo del 2% di cui*

alle OcDPC 293/2015 e 344/2016) e alla deliberazione della Giunta regionale 22 ottobre 2018, n. 1162 (Ripartizione tra interventi di prevenzione sismica su edifici pubblici e su edifici privati della quota assegnata alla Regione Toscana. Approvazione delle nuove specifiche tecniche regionali per la realizzazione di studi di Microzonazione sismica ed Analisi CLE).

La valutazione viene effettuata mediante l'individuazione di aree che possono essere soggette, in un dato intervallo di tempo, a un evento sismico di una certa intensità. All'interno di queste aree è possibile valutare con maggiore precisione le differenze di intensità massima dovute a differenti situazioni locali dei terreni. È infatti possibile dimostrare che le azioni sismiche possono assumere, anche a distanze di poche decine di metri, caratteristiche differenti in funzione delle diverse condizioni locali dei terreni, quali la morfologia superficiale, la morfologia del substrato roccioso sepolto, la presenza e la profondità della falda freatica, la costituzione e le proprietà del sottosuolo, la presenza di faglie, etc.

La valutazione delle modificazioni apportate allo scuotimento del suolo dalle condizioni geologico-tecniche locali e dalle condizioni topografiche locali su un territorio a scala comunale, viene indicata come studio di microzonazione sismica (MS). Tale valutazione può essere affrontata con diversi livelli di approfondimento caratterizzati da complessità e impegno economico crescente. Il grado di approfondimento dello studio di MS viene stabilito in base alle finalità (pianificazione territoriale, pianificazione per l'emergenza, progettazione delle opere), alle necessità intrinseche del sito (caratteristiche geomorfologiche, importanza delle opere da realizzare) e ai livelli di pericolosità. In particolare, si distinguono i seguenti tre livelli di approfondimento crescente:

- **Livello 1:** è un livello propedeutico ai successivi studi di MS, che consiste esclusivamente 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);
- **Livello 2:** è un livello successivo in cui si introduce l'elemento quantitativo associato alle zone omogenee mediante metodologie di analisi numerica di tipo semplificato (abachi regionalizzati, modellazione 1D, leggi empiriche) e l'esecuzione di ulteriori e più mirate indagini. Tale approfondimento è finalizzato alla realizzazione della carta di microzonazione sismica;
- **Livello 3:** rappresenta il livello più approfondito che permette di giungere ad una microzonazione approfondita del territorio basata su metodologie analitiche di analisi di tipo quantitativo. Tale approfondimento è finalizzato alla realizzazione della Carta di microzonazione sismica con approfondimenti.

Per il Piano Strutturale del Comune di Montevarchi sono stati eseguiti opportuni studi e approfondimenti per adempiere alle disposizioni dei livelli 1 e 2 come riportato in tabella Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..

LIVELLO DI APPROFONDIMENTO	INDAGINI MINIME	ELABORATI FINALI RICHIESTI
LIVELLO 1	Raccolta di tutti i dati pregressi esistenti nell'area	Carta delle indagini
	Rilevamenti geologici di controllo	Carta geologico-tecnica per la MS
	Indagini ex-novo	Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)
	Misure passive del rumore ambientale mediante tecnica a stazione singola	Carta delle frequenze fondamentali dei depositi
LIVELLO 2	Programmazione ed esecuzione di indagini aggiuntive	Carta di microzonazione sismica

Tabella 6 – Elaborati per la microzonazione sismica

11. CARTA DELLE INDAGINI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA

Al fine di caratterizzare il territorio del Comune di Montevarchi dal punto di vista sismico, nelle aree in cui sarà redatta la Carta delle aree a pericolosità sismica, è stata necessaria l'acquisizione delle informazioni relative all'ubicazione e ai risultati delle indagini geognostiche e geofisiche effettuate e disponibili. La Microzonazione Sismica viene svolta in corrispondenza dei centri urbani e nelle aree ritenute maggiormente significative ai fini della gestione territoriale, definita in accordo con l'Amministrazione Comunale e con i funzionari del Dipartimento di Sismica della Regione Toscana.

I centri individuati sono:

- Montevarchi
- Ricasoli
- Ventena
- Moncioni
- Rendola
- Cocoioni
- Caposelvi
- Levane
- Mercatale val d'Arno

Nella Carta delle indagini per la microzonazione sismica (elaborato S.01) sono state rappresentate, con una simbologia specifica, le indagini preesistenti e quelle effettuate ex-novo.

In particolare, sono state utilizzate le indagini fornite da:

- documentazione presente negli archivi comunali predisposta per il supporto di progetti di opere private e di opere pubbliche, compreso il Quadro Conoscitivo del Piano Strutturale;
- indagini geofisiche (alcune Multi-channel Analysis of Surface Waves – MASW, Extended Spatial Auto – Correlation – ESAC e Horizontal to Vertical Spectral Ratio – HVSR) effettuate col seguente personale:

Geol. Fabio Montagnani (D.LL. indagini geofisiche);

Geol. Fausto Berti (geofisico)

Ing. Giulio Pacella

Geol. Filippo Giorgi (geofisico)

Geom. Jacopo Montagnani

12. CARTA GEOLOGICO - TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA

La Carta geologico – tecnica per la microzonazione sismica (elaborato S.02) deriva da una revisione delle cartografie geologiche e geomorfologiche precedentemente redatte unitamente a tutti i dati litologici, stratigrafici e litotecnici acquisiti ed è stata redatta per la sola porzione su cui verrà redatta anche la Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS). Le unità vengono classificate in base ad una serie di criteri, tra cui origine, caratteristiche litologiche, caratteristiche meccaniche. Nella carta sono state riportate anche tutti gli elementi tettonico – strutturali. Infine nella figura 3 sono riportate le sezioni le cui tracce sono visibili nella Carta geologico – tecnica per la Microzonazione Sismica.

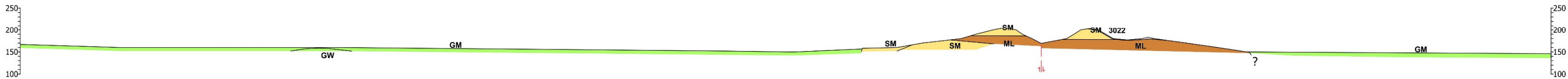
13. CARTA DELLE FREQUENZE FONDAMENTALI DEI DEPOSITI

Con le informazioni ottenute dall'osservazione delle indagini definite Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr) è stata realizzata la Carta delle frequenze fondamentali dei depositi (elaborato S.04). La prova HVSr è nota anche con il nome H/V e fu sperimentata per la prima volta da Nogoshi e Igarashi nel 1970, ma è stata poi diffusa successivamente, nel 1989, da Nakamura (infatti la prova viene anche definita come metodo di Nakamura). La prova consiste in una valutazione sperimentale del rapporto di ampiezza esistente tra la media delle componenti orizzontali e di quella verticale delle vibrazioni ambientali (sismica passiva) misurate in un determinato punto della superficie terrestre tramite un sismometro a tre componenti (due orizzontali perpendicolari tra loro ed una verticale).

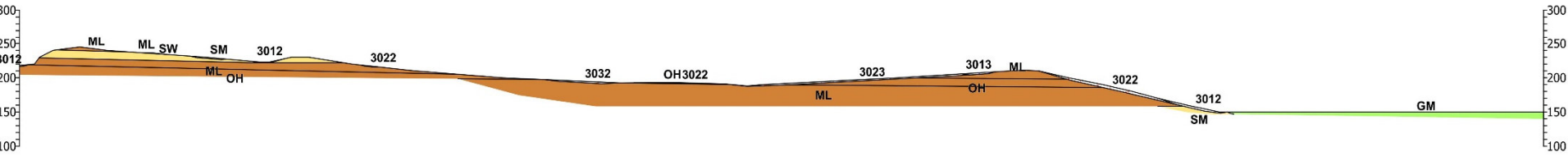
Sezione 1



Sezione 2



Sezione 3



Sezione 4

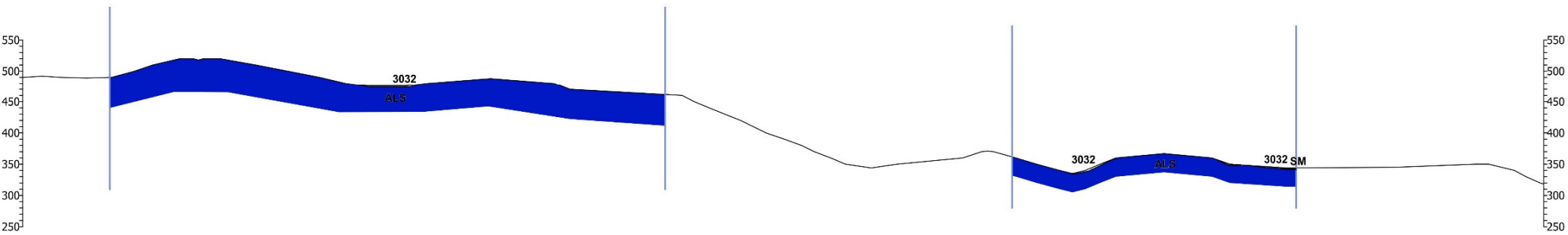


Figura 3 – Sezioni geologico – tecniche le cui tracce sono riportate nella Carta geologico – tecnica per la Microzonazione Sismica, scala 1:5.000.

Da quanto detto si capisce anche perché il metodo venga definito come prova HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) oppure HVSNR (Horizontal to Vertical Spectral Noise Ratio). Le vibrazioni che vengono misurate sono i cosiddetti microtremori e sono l'effetto di una molteplicità di sorgenti le quali sono attive per una molteplicità di frequenze, anche se quelle che interessano a fini ingegneristici sono generalmente quelle comprese nell'intervallo 0,5 – 20 Hz. Le principali sorgenti di vibrazione sono sia di origine antropica (traffico veicolare, attività industriale, rumore urbano in genere, ...) che naturale (onde marine, perturbazioni atmosferiche, cicloni oceanici, tremori vulcanici, ...). Durante l'acquisizione dei dati vanno rispettate una precisa metodologia ed alcune accortezze per fare in modo che il dato sia statisticamente corretto.

La Carta delle frequenze fondamentali dei depositi riporta l'ubicazione di tutte le misure di rumore ambientale mediante tecnica a stazione singola, con i relativi valori della frequenza fondamentale (f_0) e dell'ampiezza dei picchi fondamentali (A_0). La rappresentazione grafica scelta è stata quella semplificata con l'ubicazione dei punti di misura distinti con dei cerchi di colore variabile in funzione della frequenza del picco e con raggio variabile in funzione dell'ampiezza, secondo la classificazione riportata nelle tabelle. L'origine riferimento non è stata trovata. e Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..

CLASSI DI FREQUENZA (Hz)
$f_0 < 0,99$
$1,00 < f_0 < 1,99$
$2,00 < f_0 < 2,99$
$3,00 < f_0 < 4,99$
$5,00 < f_0 < 7,99$
$8,00 < f_0 < 19,99$
$f_0 > 20,00$

Tabella 7 – Classificazione delle frequenze utilizzata

$1,1 \leq A_0 < 2,0$
$2,0 \leq A_0 < 3,0$
$3,0 \leq A_0 < 5,0$
$A_0 \geq 5,0$

Tabella 8 – Classificazione dei valori di Ampiezza

Lo scopo di tale rappresentazione tematica è quello di individuare qualitativamente zone caratterizzate o meno da fenomeni di risonanza significativi e quelle caratterizzate da alti contrasti di impedenza.

Inoltre, l'elaborazione dei risultati ottenuti ha fornito indicazioni e conferme ai fini della ricostruzione del Modello geologico di sottosuolo per la stesura delle MOPS, con particolare riferimento al confronto tra lo spessore delle coperture stimate e le frequenze fondamentali (Albarello et al., 2010).

Il moto sismico è amplificato in corrispondenza di determinate frequenze, che corrispondono alle frequenze naturali di vibrazione di un deposito.

Di particolare importanza è la prima frequenza naturale di vibrazione denominata frequenza fondamentale di risonanza, che dipende dallo spessore H della copertura e dalla velocità media delle V_s della stessa secondo la relazione $v = V_s/4H$.

L'interpretazione delle misure eseguite consente di correlare il valore di picco dello spettro di risposta HVSR con la profondità del substrato (bedrock sismico) e di individuare una corrispondenza fra i valori di frequenza relativi alle discontinuità sismiche e le variazioni litologiche presenti nel sottosuolo. Per maggiori approfondimenti sull'argomento facciamo riferimento alla relazione geofisica sulle indagini.

L'interpretazione delle misure H/V deve essere sempre tarata sulla base di indagini dirette, che consentano una

correlazione con la stratigrafia di sottosuolo.

Lo studio delle frequenze fondamentali dei depositi può fornire anche indicazioni di supporto ingegneristico per la progettazione e la salvaguardia dell'edificio.

Infatti, la frequenza caratteristica di risonanza del sito rappresenta un parametro fondamentale per un corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale; confrontando infatti la frequenza naturale del terreno con la frequenza fondamentale di risonanza di un edificio è possibile capire se, in caso di sisma, la struttura possa essere a rischio o meno.

Qualora venga riscontrata la condizione per cui la frequenza di risonanza di un edificio sia pari o analoga alla frequenza naturale del terreno sottostante, può verificarsi una situazione potenzialmente pericolosa, conosciuta come fenomeno della 'doppia risonanza', per il quale si ha la massima amplificazione in caso di sisma, con aumento considerevole delle sollecitazioni sull'edificio.

Da un punto di vista empirico la frequenza di risonanza di un edificio dipende principalmente dalla sua altezza e può essere quindi approssimativamente calcolata con la formula (cfr. es. Pratt):

$$\text{frequenza di risonanza edificio} = 10\text{Hz} / \text{Numero di piani}$$

14. CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)

La Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) (elaborato S.03) classifica il territorio in esame in microzone omogenee al fine di prevedere l'occorrenza di diverse tipologie di effetti prodotti dall'azione sismica sul terreno, quali amplificazioni, instabilità di versante, liquefazione, ecc.

A tal fine risulta fondamentale la ricostruzione del modello geologico-tecnico dell'area, l'individuazione dei litotipi che possono costituire il substrato rigido e della loro profondità, una stima di massima del contrasto di impedenza sismica atteso, nonché l'individuazione di eventuali discontinuità e morfologie sepolte potenzialmente in grado di causare inversioni della velocità di propagazione delle onde di taglio. Tale carta viene dunque, redatta sulla base delle informazioni fornite dalla carta geologica, dalla carta geomorfologica e sulla base della carta geologico-tecnica per la Microzonazione Sismica.

Il territorio del Comune di Montevarchi è stato suddiviso in zone o porzioni di territorio caratterizzate da un comportamento sismico omogeneo, secondo la seguente classificazione:

- **zone stabili:** zone nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura (litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata) e pertanto gli scuotimenti attesi sono equivalenti a quelli forniti dagli studi di pericolosità di base;
- **zone stabili suscettibili di amplificazione sismica:** zone in cui il moto sismico viene modificato a causa delle caratteristiche lito-stratigrafiche e/o geomorfologiche del territorio;
- **zone suscettibili di instabilità:** zone suscettibili di attivazione dei fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazioni, fagliazioni superficiali).

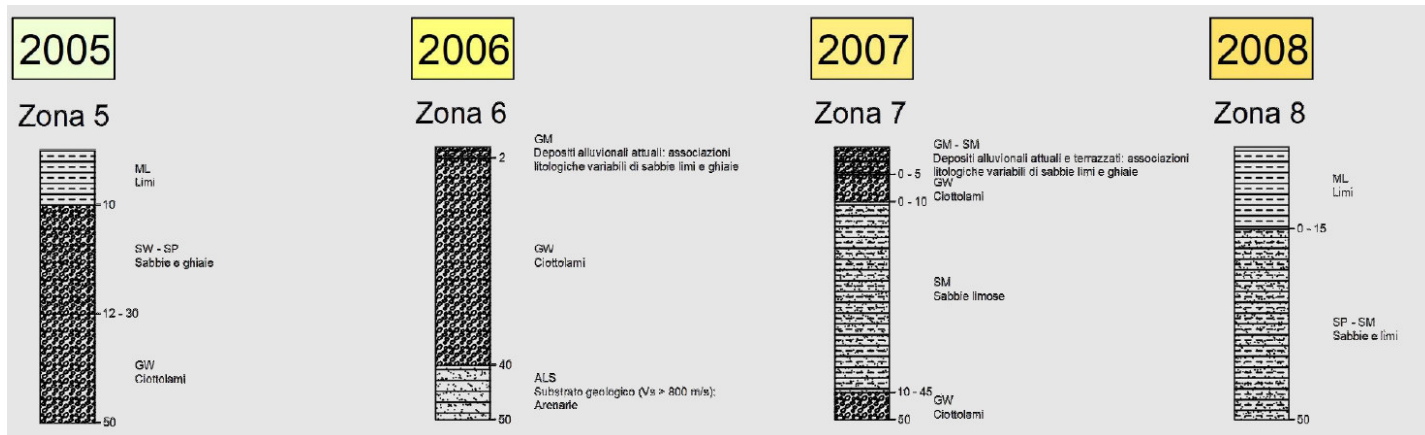
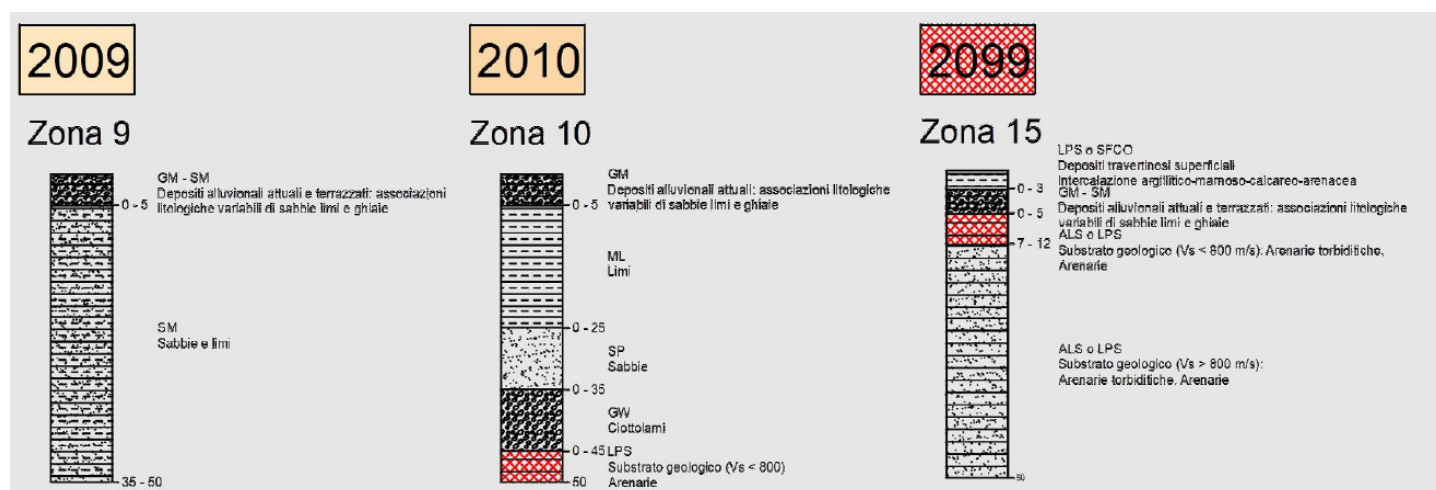


Figura 4 – Stratigrafie Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (zone stabili suscettibili di amplificazione sismica)



-  ZA(FR) - Zona di Attenzione per instabilità
-  ZA(ID) - Zona di Attenzione per sovrapposizione di zone suscettibili di instabilità differenti
-  ZA(CD) - Zona di Attenzione per cedimenti differenziali/crollo di cavità sotterranee/sinkhole

Figura 5 – Stratigrafie Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (zone suscettibili di instabilità)

15. MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 2

A completamento della caratterizzazione del territorio di Montevarchi in termini di pericolosità sismica, si è provveduto a redigere le seguenti carte della Microzonazione Sismica di livello 2:

- Carta della microzonazione sismica con FA 0,1 – 0,5 s (elaborato S.05);
- Carta della microzonazione sismica con FA 0,4 – 0,8 s (elaborato S.06)
- Carta della microzonazione sismica con FA 0,7 – 1,1 s (elaborato S.07)

In tali carte viene rappresentata l'amplificazione locale del moto sismico di base ottenuta seguendo gli abachi predisposti dalla Regione Toscana. Tali abachi si differenziano sulla base di:

- area geografica in esame;
- tipologia di input sismico;
- profondità di substrato sismico;
- tipo di fattore di amplificazione.

Come è possibile notare dalla mappa di figura 5, il comune di Montevarchi rientra nella macroarea classificata come "Toscana Interna". Una volta definita la macroarea, si è proceduto considerando il valore di accelerazione di base per un tempo di ritorno di 475 anni (ag475anni) di riferimento per la macroarea identificata. Per il Comune di Montevarchi, tale valore risulta essere pari a 0,125 g, identificato consultando la Mappa di Pericolosità Sismica dell'INGV, riportata in figura 6. Per la scelta dell'abaco più idoneo risulta essenziale stabilire la profondità del substrato sismico. Sulla base dei dati di sottosuolo a disposizione è stato dunque determinato se la profondità del substrato sismico risultava minore o superiore a 30 metri. Sono stati dunque utilizzati come riferimento per la costruzione delle carte di MS di livello 2 gli abachi di figura 7 e 8. Per quantificare l'amplificazione sismica delle microzone in cui è stato suddiviso il territorio di Montevarchi sono stati utilizzati i valori della frequenza fondamentale f_0 e della velocità media delle onde S_h nei primi 30 metri di sottosuolo V_{s30} ottenuti dai risultati delle prove geofisiche effettuate sul territorio comunale.

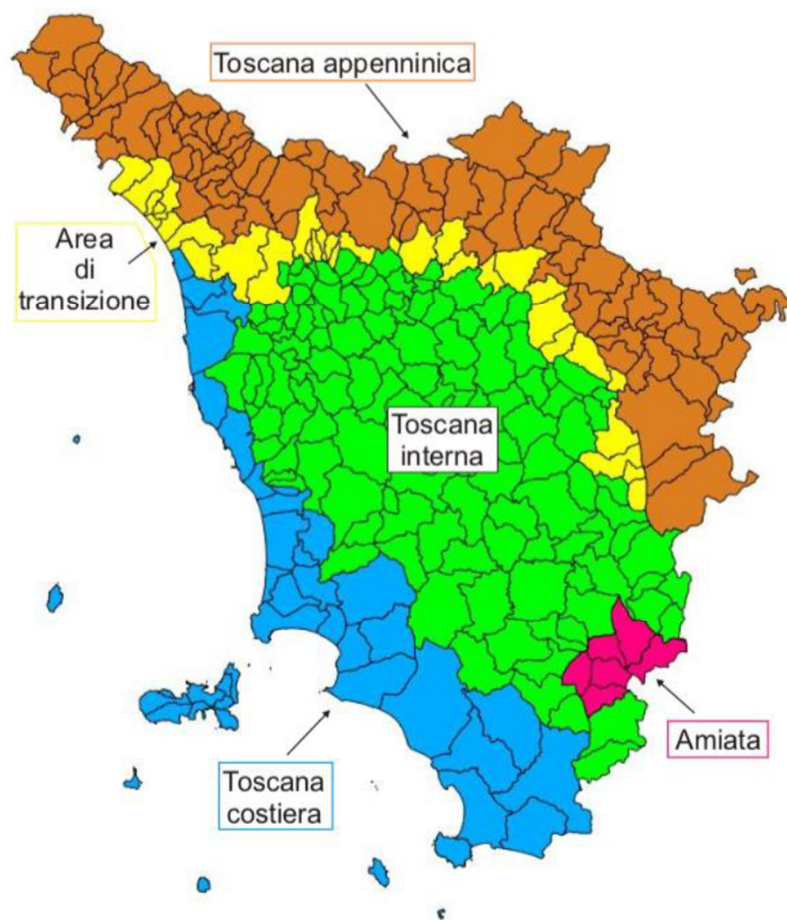


Figura 6 – Le 5 macroaree in cui è stato suddiviso il territorio regionale toscano per gli studi di microzonazione sismica.

L'elaborazione eseguita è riassunta nella tabella Errore. L'origine riferimento non è stata trovata. nella quale oltre alla zona MOPS e ai valori di entrata (frequenza F_0 e velocità delle onde di taglio entro la profondità di 30 m V_{S30}) sono riportati i fattori di amplificazione (FA) nel caso di substrato inferiore a 30 m di profondità e di substrato superiore a 30 m di profondità. Per la determinazione dei FA della MOPS 2002 si è scelto di raggruppare i valori simili di F_0 .



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Valori di pericolosità sismica del territorio nazionale

(riferimento: Ordinanza PCM 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 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)

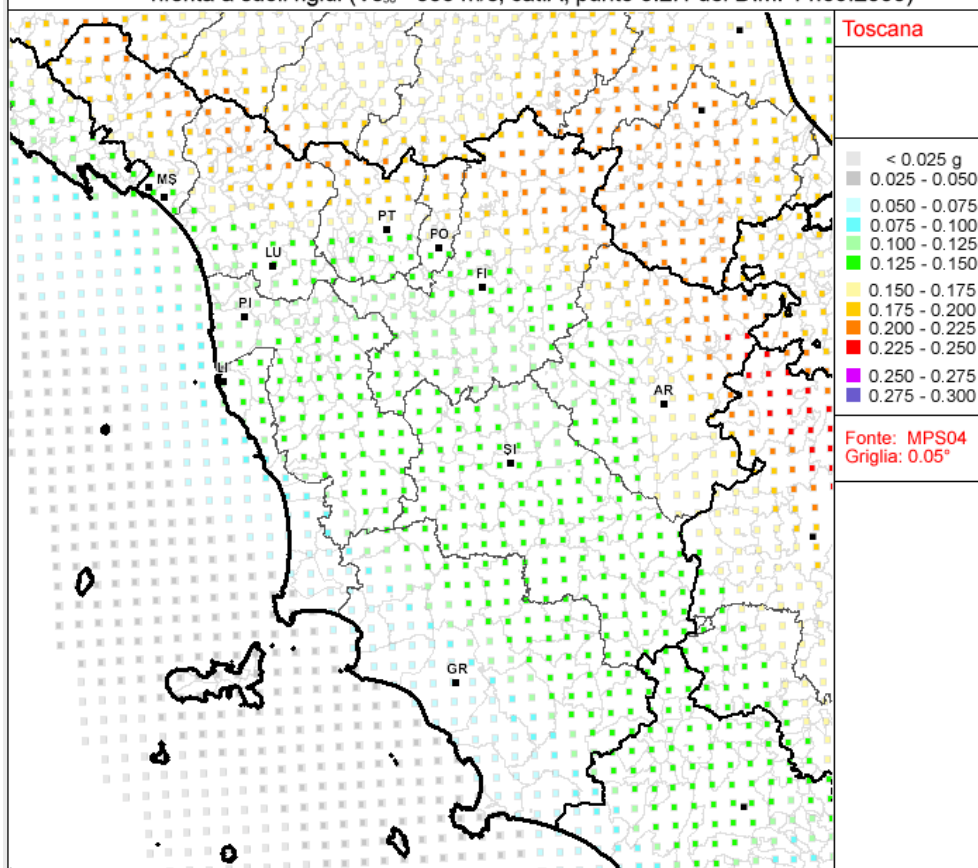


Figura 7 – Valori di pericolosità sismica espressi in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi, della Regione Toscana (INGV).

SIGLA MOPS	F0 da HVSR	Vs30	Substrato < 30m			Substrato > 30m		
			FA 01-05	FA 05-10	FA 07-11	FA 01-05	FA 04-08	FA 07-11
2001	0.45, 0.5, 0.53, 0.6, 0.62, 0.66, 0.67, 0.67, 0.69, 0.71, 0.71, 0.78, 0.81, 0.81, 0.84, 0.84, 0.84, 0.85, 0.96, 0.98, 0.98, 1.03, 1.07, 1.10, 1.22, 1.25, 1.27, 1.30, 1.31, 1.38, 1.40, 1.41, 1.57, 1.58, 1.85, 1.94, 2.30, 2.33, 2.42, 10.86, 12.79	300 cca				1,4	1,8	2,0
2002 (N-Levane)	3.09, 0.99, 2, 2, <20	322				1,8	2,1	1,7
2002 (Centro-S)	0.88, 1.28	322				1,4	1,8	2,0
2003	0.87, 0.92	323				1,1	1,4	1,5
2004	1.19	355				1,4	1,8	2,0
2005	2.95, 2.55	300 cca				1,7	2,1	1,6
2006	11.54, 3.89	356				1,8	1,8	1,7
2007	1.25, 1.28, 1.94	371				1,4	1,8	2,0
2008	0.8, 0.84	345				1,1	1,4	1,5
2009	1.42, 0.88	300 cca				1,4	1,8	2,0
2010	2.37, 3.08, 6.87	327				2	2,1	1,7
2099	12.86, 14.95, 9.39, 2.3, 10.41, 7.48, 7.93, 8.58, 8.74	639, 761, 383, 526, 450 cca, 400	1,3	1,1	1,0			

Tabella 9 – Dati di F0 e Vs30 utilizzati per la determinazione dei FA.

Qualora il valore della frequenza fondamentale non fosse stato disponibile, è stato scelto di utilizzare i valori riportati negli abachi in corrispondenza della colonna 75° percentile (fattore di amplificazione che scaturisce dal 75° percentile di tutte le analisi effettuate per quel determinato range di Vs30 o Vsh) oppure, qualora il 75° percentile fosse stato troppo penalizzante è stata considerata una Vsh minore scegliendo così un approccio cautelativo. Per le Zone di attenzione per sovrapposizione di instabilità differenti (ZA_{ID}) e per le Zone di attenzione per cedimenti differenziali/crollo di cavità/sinkhole (ZA_{CD}) è stato attribuito il valore di Fattore di Amplificazione dall'area MOPS in cui ricadono.

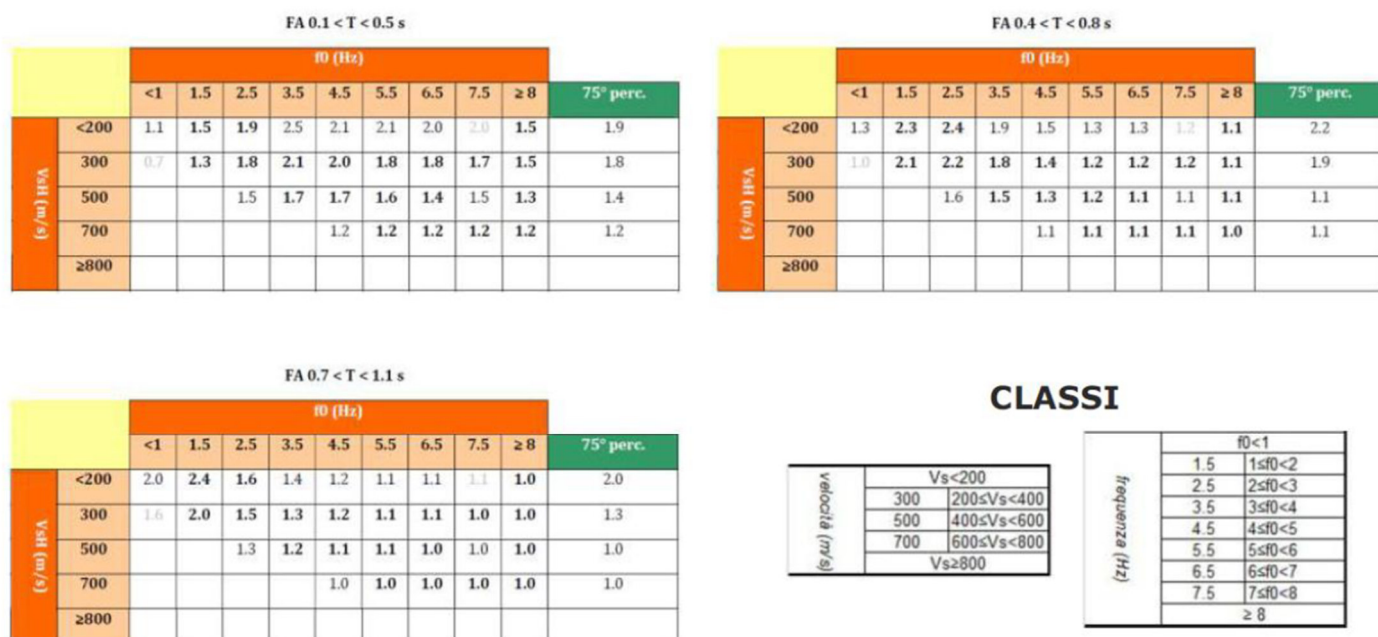


Figura 8– Abachi di riferimento per la macroarea Toscana Interna, per valori di $a_g \geq 0,125g$ e profondità del substrato sismico minore di 30m.

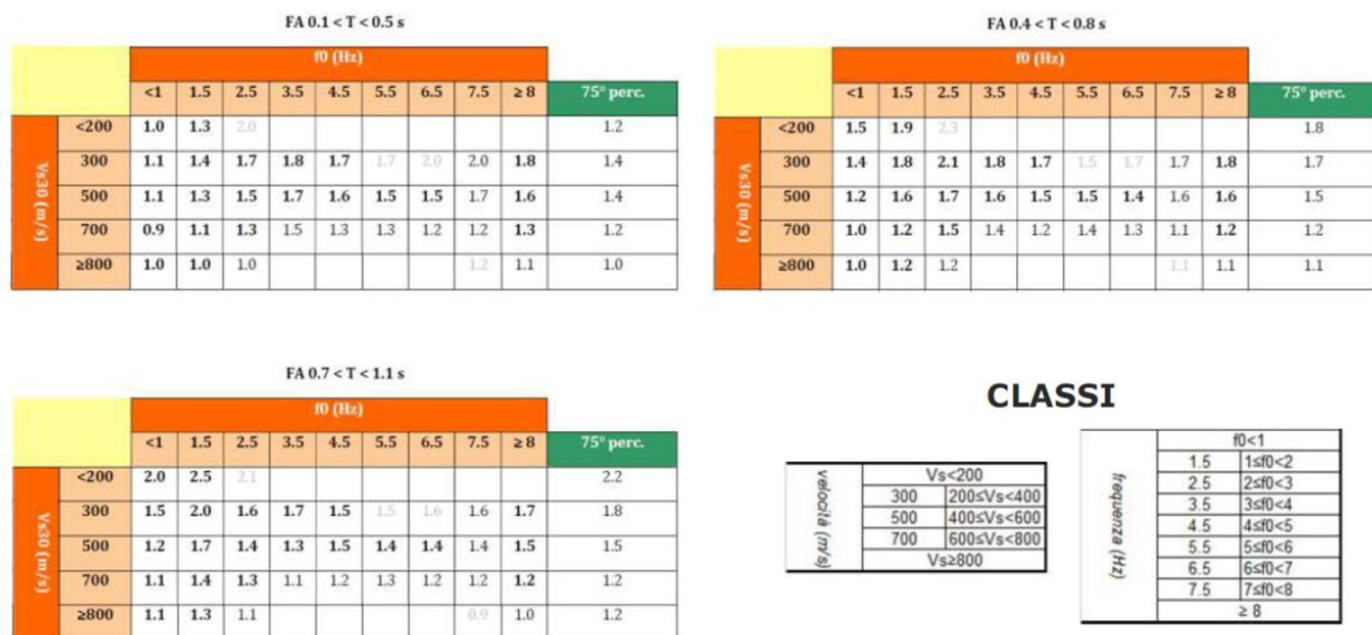


Figura 9 – Abachi di riferimento per la macroarea Toscana Interna, per valori di $a_g \geq 0,125g$ e profondità del substrato sismico maggiore di 30 m.

Per la costruzione delle carte di Microzonazione Sismica sono stati determinati i valori del fattore di amplificazione per ognuno degli intervalli di interesse e i parametri riportati nella tabella Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..

Il fattore di amplificazione di Housner (denominato FH in tabella Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.), misurato come rapporto tra l'integrale dello spettro di accelerazione in output (PSAout) e l'omologo integrale dello spettro di accelerazione in input (PSAin), è stato valutato in tre intervalli di integrazione:

- tra 0,1 e 0,5 secondi: denominato FH 0,1 – 0,5 s;
- tra 0,4 e 0,8 secondi: denominato FH 0,4 – 0,8 s;
- tra 0,7 e 1,1 secondi: denominato FH 0,7 – 1,1 s;

Gli intervalli di frequenza sono Significativi per le diverse tipologie di strutture presenti nel territorio (rigide e flessibili).

PARAMETRO	DESCRIZIONE
FA	Valore del fattore di amplificazione a bassi periodi
FH 0105	Valore del fattore di amplificazione calcolato come intensità di Housner in pseudo velocità nell'intervallo di integrazione 0.1–0.5 s
FH 0408	Valore del fattore di amplificazione calcolato sugli spettri in pseudo accelerazione nell'intervallo di integrazione 0.4–0.8 s
FH 0711	Valore del fattore di amplificazione calcolato sugli spettri in pseudo accelerazione nell'intervallo di integrazione 0.7–1.1 s

Tabella 10 – Parametri di amplificazione sismica

16. VERIFICHE A LIQUEFAZIONE

Allo scopo di verificare in maniera analitica il livello di pericolosità sismica locale derivante dal rischio liquefazione nell'area del capoluogo a supporto dello studio di microzonazione sismica di II livello e quindi per la definizione delle zone di attenzione per liquefazione (ZALQ) sono state realizzate nel 2022 n. 8 prove penetrometriche di tipo statico con piezocono (CPTU1÷CPTU8) da parte della Geognostica Fiorentina S.r.l. di Scandicci (Firenze), spinte fino a profondità compresa fra 2,85 e 15,00 m dal piano di campagna. Le prove sono state eseguite laddove sono presenti depositi alluvionali attuali.

16.1. Elaborazione delle prove CPTU

La verifica a liquefazione è stata condotta in corrispondenza delle verticali delle otto prove penetrometriche statiche con piezocono (CPTU), distribuite in modo abbastanza uniforme da coprire il territorio comunale, ubicate come riportato nella Carta delle Indagini per la Microzonazione Sismica.

Le prove CPTU hanno investigato uno spessore di terreno variabile da circa 3 m p.c. (CPTU1) a 15 m p.c. (CPTU4), per i certificati e gli elaborati delle prove si rimanda all'Allegato A .

Fatte salve le quattro condizioni di esclusione della verifica alla liquefazione secondo le NTC 2018 (§ 7.11.3.4.2), in corrispondenza di ogni verticale di indagine sono state condotte verifiche tramite diversi metodi semplificati (Seed & Idriss, 1985; Seed & Idriss, 1982; Iwasaki et al., 1978, 1984; Tokimatsu & Yoshimi, 1983; Finn, 1985; Cortè, 1985; Robertson & Wride, 1997; Robertson & Wride modificato, 1998; Andrus & Stokoe, 1998).

In Allegato allo studio di microzonazione sismica di II livello sono riportate, per ciascuna prova CPTU, le relazioni di calcolo dei seguenti metodi semplificati, fra quelli più utilizzati:

- Seed & Idriss (1985);
- Iwasaki et al. (1978, 1984);
- Tokimatsu & Yoshimi (1983);
- Robertson & Wride modificato (1998);
- Andrus & Stokoe (1997–98).

L'indagine CPTU1 ha raggiunto una profondità (2,84 m p.c.) inferiore alla profondità di rinvenimento della falda (circa 3 m p.c.), quindi non sono state prodotte relazioni di calcolo di verifica.

Di seguito viene riportata una breve descrizione dei metodi semplificati più utilizzati, fra cui quelli presi a riferimento per le verifiche condotte.

Seed e Idriss (1985): Il metodo consente di valutare (i) la sollecitazione di taglio massima indotta dal sisma o Rapporto di Tensione Ciclica (CSR, Cyclic Stress Ratio), funzione sia (1) di a_{max} rappresentante l'accelerazione orizzontale massima attesa in superficie contenente gli effetti amplificativi di sito sia (2) del rapporto fra le pressioni litostatiche verticali

iniziale ed efficace s_v/s'_{vo} ; e di valutare (ii) la resistenza del terreno agli sforzi di taglio ciclico (CRR, Cyclic Resistance Ratio), funzione sia del parametro $(N1)_{60}$ che deriva dal parametro NSPT a cui vengono applicati alcuni fattori correttivi (CN, CE, CB, CS) e sia della densità relativa (DR%) e della pressione verticale effettiva (s'_{vo}). Al fattore di sicurezza a liquefazione ($F_s = CRR/CSR$) viene applicato un fattore correttivo (MSF, Magnitudo Scaling Factor) funzione della magnitudo dell'evento sismico preso in considerazione. E' un metodo che richiede i dati NSPT e della frazione fine FC%.

Iwasaki et al. (1978, 1984): questo metodo è stato sviluppato basandosi sull'osservazione che la severità dei danni prodotti dalla liquefazione sui manufatti è legata al volume di terreno liquefatto all'interno del deposito. Il metodo si basa sulla stima di due parametri: il fattore di resistenza (FS) e l'indice di liquefazione (IL). Il fattore di resistenza o coefficiente di sicurezza $F_s = CRR/CSR$ è pari al rapporto fra la resistenza a liquefazione (CRR) e lo sforzo di taglio normalizzato o rapporto di sollecitazione ciclica (CSR). La resistenza CRR è funzione del parametro D_{50} del fuso granulometrico, del numero medio di colpi NSPT e della pressione efficace verticale, con espressioni di CRR ottenute tramite prove di resistenza ciclica non drenata. La relazione esprime il rapporto di sollecitazione ciclica (CSR) fa riferimento a quella proposta da Seed e Idriss (1982), che applica il fattore correttivo (MSF) per valori diversi di magnitudo. L'indice di liquefazione IL è indicativo dell'estensione che il fenomeno della liquefazione può avere all'interno dell'intervallo in esame. Il rischio di liquefazione è correlato all'indice di liquefazione IL come da Tabella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** 1:

Tabella 2- Classi di Rischio	
I_L	Rischio di Liquefazione
$I_L = 0$	1,43
$0 < I_L \leq 5$	1,32
$5 < I_L \leq 15$	1,19
$15 < I_L$	1,08

Tabella 11 – Classi di rischio IL (fonte: Geostru s.r.l.).

E' un metodo valido per depositi sabbiosi e limosi con diametro D_{50} dei granuli compreso tra 0.04 mm e 1.5 mm, i dati richiesti sono NSPT e D_{50} .

Tokimatsu e Yoshimi (1983): il metodo calcola anch'esso CRR e CSR, a quest'ultimo parametro viene applicato un coefficiente correttivo funzione della magnitudo. La relazione che esprime CRR si basa su correlazioni dei risultati ottenuti da prove triassiali cicliche con i risultati di prove penetrometriche standard SPT. Viene consigliato di adottare un valore di $F_s > 1,5$ per le sabbie medio-sciolte e $F_s > 1,3$ per le sabbie medio-dense. E' un metodo valido per sabbie pulite, i dati richiesti sono i valori NSPT.

Finn (1985): il metodo propone una CRR funzione sia della magnitudo M sia del numero di colpi corretto $(N1)_{60}$. Per l'espressione relativa al Rapporto di Tensione Ciclica (CSR) si rifà all'espressione di Seed e Idriss (1982) in cui il coefficiente riduttivo (rd) viene ottenuto tramite Iwasaki et al. (1978). E' un metodo che richiede i dati NSPT.

Cortè (1985): il metodo esprime la resistenza CRR in funzione del parametro D_{50} del fuso granulometrico, del numero medio di colpi nella prova SPT e della pressione efficace verticale. La relazione CSR fa riferimento all'espressione di Seed e Idriss (1982), con il coefficiente riduttivo (rd) che rimanda ad Iwasaki et al. (1978). E' un metodo valido per depositi sabbiosi e limosi con diametro D_{50} dei granuli compreso tra 0.04 mm e 1.5 mm, i dati richiesti sono NSPT e D_{50} .

Robertson e Wride (1997): per la determinazione della sollecitazione di taglio massima indotta dal sisma (CSR, Cyclic Stress Ratio) il metodo rimanda al lavoro di Seed e Idriss (1971b), secondo cui lo sforzo di taglio massimo ad una certa profondità è funzione dell'accelerazione massima in superficie, dell'accelerazione di gravità e del peso di volume secco del terreno, sforzo a cui applicare un coefficiente riduttivo (Liao e Whitman, 1986) per tener conto degli effetti di deformabilità rispetto alle ipotesi di terreno rigido. Il CSR sarà tale sforzo di taglio ridotto diviso per la pressione verticale effettiva. Per quanto riguarda la determinazione della CRR, questo metodo si basa sull'indice di comportamento per il tipo di suolo (I_c) che è funzione della resistenza alla punta misurata (q_c), dell'attrito del manicotto (f_s), del rapporto fra la pressione atmosferica unitaria (P_a) e la pressione verticale effettiva (s'_{vo}) che determinano la resistenza alla punta corretta (q_{c1N}) che dipende da un esponente (n) funzione del tipo di suolo (con "n" da 1.0 per suolo argilloso a 0.5 per suolo incoerente a 0.75 per suolo limoso, con verifica iterativa dei valori assunti dal parametro I_c rispetto al valore soglia di 2.6). E' un metodo valido per sabbie pulite e sabbie con fini.

Robertson e Wride modificato (1998): la resistenza alla punta corretta (qc_{1N}) viene modificata (qc_{1N})CS in funzione di un parametro (K_c) che esprime il contenuto percentuale di fine (FC%). Quest'ultimo parametro, FC%, è direttamente proporzionale al parametro I_c . La sollecitazione di taglio massima indotta dal sisma (CSR, Cyclic Stress Ratio) è funzione anche di un coefficiente riduttivo (rd) legato alla profondità (z) di interesse per la valutazione della liquefazione. E' un metodo valido per sabbie pulite e sabbie con fini.

Andrus and Stokoe (1998): metodologia che si basa su dati provenienti da prove sismiche a rifrazione, in cui la velocità delle onde di taglio (V_s) viene corretta (V_{s1}) dagli effetti della sovrappressione tramite il rapporto fra la pressione atmosferica unitaria (P_a) e la pressione verticale effettiva (s'_{vo}). La resistenza alla liquefazione CRR è funzione sia della V_s corretta (V_{s1}) sia della V_s corretta per la presenza percentuale dei fini FC% (V_{s1})CS. Il rapporto di sforzo ciclico (CSR) è calcolato in modo analogo a quello descritto ad esempio per Seed Idriss (1985), Robertson e Wride (1997), Robertson e Wride modif. (1998), secondo le raccomandazioni NCEER riguardo al fattore correttivo MSF. E' un metodo valido per sabbie pulite, richiede il dato della V_s .

16.2. Risultati delle verifiche

Tutte le verifiche hanno evidenziato che i terreni investigati risultano essere "non suscettibili di liquefazione", presentano un Indice del Potenziale di Liquefazione (IPL) pari a 0 ed un rischio di liquefazione molto basso (tabella 111).

CPTU	profondità CPTU (m)	rif. indagine di supporto/controllo	profondità falda (m)	indice del Potenziale di Liquefazione	rischio di liquefazione
1	2,84	rif. MASW 7	3,0	prof indagine < prof falda	prof indagine < prof falda
2	4,56	rif. Schede 64-75	1,0÷2,9 ⁽¹⁾	0	molto basso
3	6,77	rif. MASW 9	3,4	0	molto basso
4	15,00	rif. MASW 2	3,2	0	molto basso
5	5,80	rif. Scheda 48 DH	3,2	0	molto basso
6	10,00	rif. Scheda 59 DH	7,0 ⁽²⁾	0	molto basso
7	6,12	rif. MASW 10	4,4	0	molto basso
8	11,80	rif. Schede 81 e 72	3,9	0	molto basso

(1) pressione dei pori positiva da 1.0÷1.35 m p.c. (anche in leggera sovrappressione), poi da circa 2.9 m p.c. trend della pressione neutra coerente con presenza di falda, terreni costituiti da alternanza di livelli di sabbia pulita-sabbia limosa e sabbia limosa-limo sabbioso ("clean sand to silty sand" e "silty sand to sandy silt")

(2) pressione dei pori negativa fino a circa 7 m p.c., probabilmente per risalita capillare, terreni costituiti da alternanza di sottili livelli di sabbia limosa-limo sabbioso e limo argilloso-argilla limosa ("silty sand to sandy silt" e "clayey silt to silty clay")

Tabella 11 – Tabella riepilogativa dei risultati delle verifiche a liquefazione.

Si deve ricordare che le prove penetrometriche statiche con piezocono (CPTU) non forniscono dati diretti relativi ai parametri presi a riferimento per le verifiche tramite i metodi semplificati, come ad esempio NSPT, D50, FC%, Dr% che di norma vengono determinati per mezzo di prove dinamiche in foro (SPT) e di analisi granulometriche di laboratorio.

17. CARTA DELLE AREE A PERICOLOSITÀ SISMICA

Nella Carta delle aree a pericolosità sismica (elaborato S.08) il territorio comunale viene classificato secondo quattro classi di pericolosità sismica locale, che rappresentano la sintesi di tutte le informazioni derivanti dagli studi di Microzonazione Sismica. Le aree sono identificate secondo la seguente classificazione:

- **Pericolosità sismica locale molto elevata (S.4):**

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

- **Pericolosità sismica locale elevata (S.3):**

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

- **Pericolosità sismica locale media (S.2):**

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

- **Pericolosità sismica locale bassa (S.1):**

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