

REGIONE
TOSCANA



Direzione Generale delle Politiche
Territoriali e Ambientali e per la Mobilità
Coordinamento Regionale Prevenzione
Sismica



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



CONFERENZA DELLE REGIONI E
DELLE PROVINCE AUTONOME

Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77

MICROZONAZIONE SISMICA

**Relazione Illustrativa
COMUNE DI SCARPERIA
Novembre 2012**



Veduta panoramica del centro storico di Scarperia

a cura di:

M. Baglione¹, V. D'Intinosante¹, V. Nencini¹

con la collaborazione tecnica di: M. Rossi²

¹ Regione Toscana – Direzione Generale Politiche Territoriali e Ambientali e per la Mobilità – Coordinamento Regionale Prevenzione Sismica; Via S. Gallo 34a, 50134 Firenze – Tel. 055/4389055 Fax 055/4389072 – www.rete.toscana.it/sett/pta/sismica - sismica@regione.toscana.it

² Regione Toscana – Direzione Generale Politiche Territoriali e Ambientali e per la Mobilità – Ufficio tecnico del genio civile di Area Vasta di Siena e Grosseto

INDICE

1.0. Introduzione.....	Pag. 3
2.0. Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento.....	Pag. 15
3.0 Assetto geologico e geomorfologico dell'area.....	Pag.20
4.0 Dati geotecnici e geofisici.....	Pag.35
5.0 Modello del sottosuolo	Pag.39
6.0. Interpretazioni ed incertezze.....	Pag. 43
7.0 Metodologie di elaborazione e risultati	Pag.43
8.0 Elaborati cartograficiPag.57
9.0 Bibliografia.....	Pag.71

1.0. Introduzione

Premessa

L'attività di valutazione su un territorio (alla scala comunale) delle modificazioni apportate allo scuotimento del suolo dalle condizioni geologico-tecniche locali e dalle condizioni topografiche locali viene chiamata **microzonazione sismica (MS)**.

Tale attività rientra in un quadro più generale nei programmi di prevenzione e di mitigazione degli effetti di un terremoto, in cui è necessario individuare in via preliminare con criteri speditivi le zone a più elevato rischio sismico da sottoporre a studi particolareggiati.

Si definiscono “**condizioni locali di sito**”:

- la geologia e la geomorfologia locale;
- condizioni geotecniche e stratigrafiche locali;
- prossimità ad una faglia sismicamente attiva.

Le condizioni locali di sito sono responsabili degli effetti locali di sito che possono schematicamente essere così riassunti:

- modifica delle caratteristiche dello scuotimento rispetto a quanto definito in termini di pericolosità di base;
- fenomeni di instabilità del terreno.

Per ciò che attiene alla modifica del moto sismico, si tratta di definire la **pericolosità sismica locale**. Ciò comporta in generale un'amplificazione del moto sismico, la cui causa è riconducibile a motivi stratigrafici (presenza di depositi soffici poggiati su substrato roccioso), topografici (amplificazione del moto sismico lungo pendii o alla sommità di scarpate o pendii) oppure riferibile alla presenza di particolari geometrie sepolte, in grado di modificare le caratteristiche del moto sismico sia in termini di intensità sia per quanto concerne il contenuto spettrale.

Per ciò che attiene ai fenomeni di instabilità dei terreni e delle rocce gli aspetti rilevanti sono quelli che riguardano:

- liquefazione e/o densificazione dei depositi sabbiosi;
- eccessivi cedimenti e deformazioni permanenti del suolo;
- instabilità di pendio in terreni e roccia;
- attività di faglia.

Danni consistenti possono ricorrere quando la frequenza di risonanza di un terreno (depositi alluvionali, falde di detrito) raggiunta durante un evento sismico corrisponde a quella propria dell'edificio (fenomeno della doppia risonanza).

La pericolosità di base è di norma definita mediante approccio di tipo probabilistico. In generale, per la determinazione della pericolosità di base è necessario definire:

- la sismicità storica;
- le zone sismogenetiche;
- le relazioni di attenuazione;
- le leggi di ricorrenza.

A tal fine è necessario raccogliere e interpretare dati e informazioni riguardanti la sismicità regionale, la sismo-tettonica, dati e registrazioni ottenuti da reti sismiche nazionali e locali.

Per quanto riguarda la stima della pericolosità sismica locale, essa è da ricondurre ad una serie di caratteri geologico-tecnici di un'area più o meno ampia che viene presa in esame. Tali caratteri geologico tecnici come è noto riguardano: la morfologia di superficie, la morfologia sepolta, le litologie, le caratteristiche fisico meccaniche, le condizioni idrogeologiche s.l. Queste condizioni infatti oltre ad essere causa di possibile amplificazione degli effetti sismici possono provocare i

cosiddetti fenomeni indotti, quali: attivazione e rimobilizzazione di fenomeni gravitativi, liquefazione in terreni granulari saturi, deformazioni permanenti in terreni di fondazione.

La **valutazione degli effetti locali** di amplificazione del moto sismico e quindi la pericolosità sismica locale sono di norma valutati attraverso analisi di risposta sismica locale dei depositi di terreno.

Tutti i dati così acquisiti saranno organizzati in banche dati geografiche (GIS) al fine di omogeneizzare le procedure di acquisizione, archiviazione e gestione oltre che per la rappresentazione cartografica.

A riguardo la normativa di riferimento (D.M. 14.09.2008) consente di valutare gli effetti locali di amplificazione del moto sismico sia in modo semplificato, sia con modalità analitiche più rigorose.

Uno degli aspetti più importanti di queste normative è quello di definire e di valutare l'amplificazione sismica dei terreni sulla base della definizione del parametro V_s , cioè della velocità delle onde di taglio.

Metodologia di lavoro e obiettivi

Nell'ambito delle attività di microzonazione sismica previste per l'Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77 e finanziate dall'OPCM 3907/2010, il Settore Coordinamento Regionale Prevenzione Sismica è stato incaricato dal Comune di Scarperia, mediante la stipula di apposita convenzione di collaborazione tecnica, per la predisposizione degli studi di Microzonazione Sismica Comunale (di seguito MS) nel rispetto degli "Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica Nazionale" (di seguito ICMS) e delle specifiche tecniche regionali per la microzonazione sismica approvate con Deliberazione di G.R.T. n.261/2011.

Nei citati ICMS vengono definite le procedure, le metodologie di analisi al fine di individuare e caratterizzare le zone stabili, le zone stabili suscettibili di amplificazione locale del moto sismico e le zone suscettibili di instabilità.

La realizzazione di uno studio di MS, secondo quanto esplicitato nei suddetti ICMS, è uno strumento conoscitivo dalle diverse potenzialità, che ha costi differenziati in funzione del livello di approfondimento.

Al momento di decidere l'esecuzione e il livello dello studio, occorre tener presente l'utilità che da esso può derivare, in modo da compararla con i costi da affrontare. Il miglioramento della conoscenza prodotto dagli studi di MS può contribuire concretamente, insieme a studi di vulnerabilità ed esposizione, all'ottimizzazione delle risorse rese disponibili per interventi mirati alla mitigazione del rischio sismico.

In funzione dei diversi contesti e dei diversi obiettivi gli studi di MS possono essere effettuati a vari livelli di approfondimento, con complessità ed impegno crescenti, passando dal livello 1 fino al livello 3. Il livello 1 è un livello propedeutico ai veri e propri studi di MS, in quanto consiste in una raccolta di dati preesistenti, esecuzione di nuove indagini in situ e realizzazione di elaborati per suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee. Il livello 2 introduce l'elemento quantitativo associato alle zone omogenee, utilizzando ulteriori e mirate indagini, ove necessarie, e definisce una vera carta di MS. Infine il livello 3 restituisce una carta di MS con approfondimenti su tematiche o aree particolari.

Nello specifico la MS individua e caratterizza:

- Le **Zone Stabili**, sono zone nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura (litotipi assimilabili al substrato sismico in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata) e pertanto gli scuotimenti attesi sono equivalenti a quelli forniti dagli studi di pericolosità di base;

- Le **Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica**, sono le zone in cui il moto sismico viene modificato a causa delle caratteristiche litostratigrafiche e/o geomorfologiche del territorio;
- Le **Zone suscettibili di instabilità**, sono le zone suscettibili di attivazione dei fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazioni, fagliazioni superficiale).

Per la definizione delle zone e della loro perimetrazione si rimanda a quanto definito al par. 1.6.3.1.2 degli ICMS.

Gli studi di MS rivestono una notevole importanza nella pianificazione territoriale, fornendo una base conoscitiva della pericolosità sismica locale, al fine di stabilire gerarchie di pericolosità utili per la programmazione di interventi di riduzione del rischio sismico a varie scale, orientare la scelta di aree per nuovi insediamenti, definire gli interventi ammissibili in una determinata area, programmare le indagini e i livelli di approfondimento, stabilire orientamenti, modalità e priorità di intervento nelle aree urbanizzate.

In generale la realizzazione di uno studio di MS può essere affrontata con diversi livelli di approfondimento che vengono dettati dalle finalità (pianificazione territoriale, pianificazione per l'emergenza, progettazione delle opere), dalle necessità intrinseche del sito (caratteristiche geomorfologiche, importanza delle opere da realizzare) e dei livelli di pericolosità.

In relazione ai diversi contesti geologico-tecnici, alla pericolosità sismica di base ed in funzione dei diversi obiettivi degli studi di MS, possono essere effettuati n. 3 livelli di approfondimento, con complessità e impegno economico crescente.

In particolare possono essere predisposti i seguenti livelli:

- il **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)";
- il **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";
- il **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".

Va sottolineato che i livelli 1 e 2 di MS servono solo per la pianificazione territoriale, mentre il livello 3 di MS può fornire utili indicazioni per la progettazione delle opere.

Per una maggiore definizione dei livelli di approfondimento sismico si rimanda al par.1.6.3 degli ICMS.

Per ognuno dei livelli di approfondimento individuati è obbligatorio:

- la realizzazione di opportune indagini geologiche, geofisiche e geotecniche al fine di definire il quadro conoscitivo;
- l'effettuazione di opportune analisi ed elaborazioni;
- la predisposizione di risultati finali.

Le tabelle riepilogative sottostanti (da tabella 1.1 a tabella 1.3) forniscono un quadro di sintesi del quadro conoscitivo minimo che deve essere raggiunto per ogni livello sulla scorta delle indicazioni contenute al par.1.6.3 degli ICMS.

Tab. 1.1 – Sintesi del quadro conoscitivo del livello 1

INDAGINI MINIME OBBLIGATORIE	<ol style="list-style-type: none"> 1) <u>Raccolta di tutti i dati pregressi esistenti nell'area</u>: rilievi geologici, geomorfologici, geologico-tecnici, indagini geofisiche, sondaggi e stratigrafie desunte da pozzi; 2) <u>Rilevamenti geologici di controllo sul terreno</u>; 3) <u>Nuove indagini</u>: Esecuzione di ulteriori indagini geofisiche e geotecniche, qualora la raccolta dei dati pregressi non consenta la ricostruzione di un quadro conoscitivo sufficientemente attendibile rispetto agli obiettivi del livello 1; 4) <u>Misura passive del rumore ambientale</u>, mediante tecnica a stazione singola;
ANALISI ED ELABORAZIONI	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Sintesi dei dati e delle cartografie disponibili</u>; • <u>Rilettura, sintesi dei dati ed eventuali nuovi rilievi geologici</u>.
PRODOTTI FINALI OBBLIGATORI	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Carta delle indagini</u> (sia esistenti che di nuova realizzazione); • <u>Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica</u> almeno alla scala 1:5.000-1.10.000; • <u>Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)</u> almeno alla scala 1:5.000-1.10.000; • <u>Relazione tecnica illustrativa</u> della carta MOPS; • <u>Carta delle frequenze fondamentali dei depositi</u>.

Il principale elaborato previsto in questo livello è la **Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)**. Questa carta individua le microzone ove, sulla base di osservazioni geologiche e geomorfologiche e in relazione all'acquisizione, valutazione ed analisi dei dati geognostici e di alcune tipologie di dati geofisici, è prevedibile l'occorrenza di diverse tipologie di effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, liquefazione, ecc.). Di particolare importanza a questo scopo risulta la ricostruzione del modello geologico-tecnico dell'area, l'individuazione dei litotipi che possono costituire il substrato rigido (ovvero dei materiali caratterizzati da valori delle velocità di propagazione delle onde di taglio S significativamente maggiori di quelli relativi alle coperture localmente presenti) accompagnata da una stima approssimativa della loro profondità rispetto al piano di campagna (del tipo: "qualche metro", "una decina di metri", "alcune decine di metri", "oltre i 100 metri"), una stima di massima del contrasto di impedenza sismica atteso (del tipo: "alto" o "basso"). Di particolare importanza sarà l'individuazione di eventuali discontinuità e morfologie sepolte potenzialmente in grado di causare inversioni della velocità di propagazione delle onde di taglio ed effetti di RSL bi- e tri-dimensionali. Pertanto, per acquisire tali informazioni di tipo semiquantitativo al fine di consentire la predisposizione della cartografia delle *Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)* si ritiene che sia necessaria l'acquisizione, oltre alle informazioni già previste al par. 1.6.3.1.2 degli ICMS, dei risultati di indagini geofisiche utili alla ricostruzione geometrica dei corpi sepolti (sismica a rifrazione, ERT, gravimetria, ecc.) e alla individuazione di eventuali contrasti di impedenza sismica e possibili fenomeni di risonanza (campagne di misura delle frequenze naturali di sito da vibrazioni ambientali o da terremoti).

Per meglio rappresentare queste caratteristiche la carta dovrà essere corredata da sezioni geolitoologiche rappresentative della situazione lito-stratigrafica e strutturale presente.

Attraverso questo livello, quindi, sarà possibile:

- la definizione delle caratteristiche litologiche e geometriche delle unità geologiche del sottosuolo;
- l'individuazione delle aree a minore pericolosità locale (zone stabili);
- l'individuazione delle aree per le quali sono necessari ulteriori livelli di approfondimento;
- definire il livello di approfondimento richiesto nelle aree che necessitano di approfondimenti;

- la programmazione di indagini di approfondimento, sulla base delle diverse tipologie di effetti attesi.

Nell'ambito di questo livello di approfondimento, potrà anche essere possibile fornire una preliminare indicazione sulle situazioni geologiche e morfologiche complesse per le quali può essere presumibile che l'approccio semplificato previsto dalle NTC (2008) non sia da ritenersi idoneo per una stima corretta della RSL. Si precisa però che tale indicazione rientra nell'ambito della raccolta di informazioni e non può essere direttamente applicabile in questa prima fase; al contrario dovrà comunque essere approfondita nei successivi livelli di MS al fine di un suo possibile utilizzo diretto in fase di pianificazione territoriale e di progettazione edilizia.

Un elenco delle possibili situazioni geologiche e morfologiche complesse viene sinteticamente proposto sotto:

- geometria articolata del substrato rigido sepolto alla scala di interesse (presenza di paleoalvei, substrato rigido deformato da strutture tettoniche, andamento del substrato a *Horst* e *Graben*, ...);
- zona di raccordo tra rilievo e pianura (zona di unghia con substrato rigido sepolto in approfondimento sotto la pianura, in maniera continua o discontinua);
- geometria del substrato rigido che crea una valle stretta colmata di sedimenti soffici ($C > 0.25$, dove C è il coefficiente di forma, $C = h/l$, dove h è lo spessore della coltre alluvionale e l è la sua semi-ampiezza)
- successione litostratigrafica che preveda terreni rigidi su terreni soffici (possibile profilo di V_s con inversioni di velocità);
- substrato rigido profondo alcune decine di metri;
- presenza di marcati contrasti di impedenza sismica;
- presenza di possibili cavità sepolte;
- eventuale presenza di aree soggette a instabilità.

Per la predisposizione della **cartografia delle indagini** e delle **cartografia delle Microzonazione Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)** si rimanda ai par. 2.2 e 2.3 degli ICMS in cui vengono presentate le procedure di riferimento per la realizzazione delle suddette carte.

Per una stima del livello di qualità raggiunto per la redazione delle cartografie del livello 1 si deve fare riferimento alla procedura semi-quantitativa definita dal Gruppo di Lavoro MS (rapporto interno del DPC – 2011) e meglio definita in Appendice 1.

Tale procedura deve essere utilizzata in due differenti fasi:

- in fase di predisposizione dello studio di MS di livello 1 dal soggetto realizzatore, al fine di poter valutare se il quadro conoscitivo desunto sia sufficiente per la redazione dello studio di MS di livello 1 o se al contrario debbano essere effettuati approfondimenti di indagine, anche in relazione alla complessità geologico-tecnica dell'area;
- in fase di controllo sui risultati prodotti, da parte del soggetto validatore, come strumento di ausilio e supporto in fase istruttoria.

Per la redazione delle **cartografie geologico-tecniche per la microzonazione sismica** si dovrà fare riferimento ai criteri di cui al par. 3.4.2 degli ICMS e dovranno essere rispettate le legende previste all'interno degli "Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica" redatti dal DPC (versione 2.0beta –II, Giugno 2012).

Per la redazione delle **relazioni tecniche illustrative** si rimanda alle indicazioni contenute al par.1.6.4 degli ICMS.

Tab. 1.2 – Sintesi del quadro conoscitivo del livello 2

INDAGINI MINIME OBBLIGATORIE	5) <u>Programmazione ed esecuzione di nuove indagini</u> : indagini geofisiche attive di superficie, prove geofisiche in foro, sondaggi geognostici, prove geotecniche in situ e in laboratorio
ANALISI ED ELABORAZIONI	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Correlazioni e confronto con i risultati del livello 1.</u> • <u>Definizione del modello geologico-tecnico di sottosuolo.</u> • <u>Predisposizione di abachi per i fattori di amplificazione, abachi e formule empiriche per le instabilità di versante e per la liquefazione.</u>
PRODOTTI FINALI OBBLIGATORI	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Carta delle indagini</u>, implementata rispetto a quella del livello 1 con le nuove indagini; • <u>Carta di Microzonazione Sismica</u> almeno alla scala 1:5.000-1.10.000; • <u>Relazione tecnica illustrativa della Carta di Microzonazione Sismica.</u>

Per la predisposizione delle **cartografie di Microzonazione Sismica** si rimanda al par. 2.4 degli ICMS in cui viene presentata la procedura di riferimento per la realizzazione delle suddette cartografie.

Per la redazione delle **relazioni tecniche illustrative** si rimanda alle indicazioni contenute al par.1.6.4 degli ICMS.

Tab. 1.3 – Sintesi del quadro conoscitivo del livello 3

INDAGINI MINIME OBBLIGATORIE	6) <u>Programmazione ed esecuzione di nuove indagini</u> : integrazioni ed approfondimenti delle medesime indagini rispetto al livello 2; analisi dinamiche di laboratorio
ANALISI ED ELABORAZIONI	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Analisi numeriche di risposta sismica locale</u> almeno 1D e/o 2D per amplificazioni sismiche e/o deformazioni permanenti
PRODOTTI FINALI OBBLIGATORI	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Carta delle indagini</u>, implementata rispetto a quella del livello 1 e/o 2 con le nuove indagini; • <u>Carta di Microzonazione Sismica con approfondimenti</u> almeno alla scala 1:5.000-1.10.000; • <u>Relazione tecnica illustrativa della Carta di Microzonazione Sismica con approfondimenti.</u>

Per la predisposizione delle **cartografie di Microzonazione Sismica con approfondimenti** si rimanda al par. 2.4 degli ICMS in cui viene presentata la procedura di riferimento per la realizzazione delle suddette cartografie.

Per la redazione delle **relazioni tecniche illustrative** si rimanda alle indicazioni contenute al par. 1.6.4 degli ICMS.

Per quanto concerne i dati di base raccolti, le nuove indagini e i rilievi effettuati nel corso dei vari livelli di approfondimento degli studi di MS si dovrà rispettare le indicazioni generali riportate nel par. 1.6.2 degli ICMS e si dovrà tener conto delle procedure per la predisposizione delle indagini riportate al par. 2.1 degli stessi ICMS.

Per quanto riguarda la modalità di realizzazione, acquisizione dati e presentazione dei risultati inerenti le indagini e i rilievi geologici, le indagini geofisiche e geotecniche si deve fare riferimento a quanto contenuto al par.3.4 degli ICMS e per quanto non specificato alle I.T. del Programma VEL.

Per quanto attiene gli aspetti tecnici, il Settore Coordinamento Regionale Prevenzione Sismica ha realizzato, nell'ambito dei centri urbani significativi del Comune di Scarperia, uno studio di MS di livello 1 ed in aggiunta per il solo capoluogo anche lo studio di MS di livello 3 secondo le indicazioni previste dagli ICMS. Per quanto concerne la metodologia di lavoro per la redazione

degli studi di MS di livello 3, oltre alle indicazioni degli ICMS, ci si è attenuti anche alla metodologia prevista dal Programma Regionale VEL.

Per quanto concerne le modalità di rappresentazione e archiviazione informativa dei risultati prodotti, è stato utilizzato il documento approvato dalla Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica (Versione 2 – Giugno 2012).

Programma Regionale VEL

Il Programma regionale di valutazione degli effetti locali (**Programma VEL**) si colloca nell'ambito della L.R.30.07.1997 n. 56 relativa agli interventi sperimentali per la riduzione del rischio sismico. La suddetta legge è stata successivamente aggiornata ed integrata con la L.R. n. 58 del 16.10.2009 inerente le norme regionali in materia di prevenzione e riduzione del rischio sismico.

La fase sperimentale del progetto ha interessato i principali centri urbani della Lunigiana, Garfagnana e Media Valle del Serchio. In queste aree è stata messa a punto la metodologia operativa che è stata poi adottata anche in altre zone classificate sismiche della Toscana quali il Mugello, la Valtiberina, il Casentino e l'Amiata.

L'obiettivo prioritario del Programma VEL è quello di valutare ed individuare all'interno di ambiti territoriali a scala subcomunale (frazioni e centri), le aree a comportamento omogeneo sotto il profilo della risposta sismica locale in corrispondenza di un terremoto atteso, definendo così i possibili effetti sui principali centri urbani e sui singoli edifici strategici e rilevanti in modo da poter fornire agli enti locali informazioni e parametri utili alla progettazione edilizia e pianificazione urbanistica.

In particolare, in questo progetto, per ognuno dei centri urbani individuati, è previsto l'avvio di una serie di attività e di indagini volte alla conoscenza delle caratteristiche geologiche, geotecniche, geofisiche e strutturali dei terreni in funzione dei possibili effetti di amplificazione e di instabilità connessi con un evento sismico.

Gli obiettivi delle singole attività sono nello specifico quelli di:

- concentrare le indagini ed i rilievi nei centri urbani più significativi in termini di esposizione al rischio sismico;
- mettere a confronto più metodologie di indagini per valutare le differenze non solo in termini di risultati e di attendibilità in relazione alle varie situazioni stratigrafiche incontrate ma anche sotto il profilo delle difficoltà di attuazione di tipo logistico e dei costi;
- mettere a confronto più approcci di modellazione numerica per valutare diversi aspetti dell'amplificazione locale (non-linearità, amplificazione stratigrafica, effetti 2D);
- valutare più approcci per la determinazione dell'input sismico (probabilistico, deterministico ed energetico);
- sperimentare nuove metodologie di indagine sia in ambito geofisico che geotecnico e verificarne l'applicabilità in relazione alle diverse problematiche geologico- strutturali.

I dati geologici, geotecnici e geofisici ad oggi acquisiti, hanno permesso di:

- verificare e approfondire le conoscenze geologiche del sottosuolo (con cartografie, sezioni geologiche, logs stratigrafici, sezioni sismostratigrafiche);
- caratterizzare per i siti investigati le unità geologiche in termini di velocità delle onde sismiche di taglio (V_{sh}) e il coefficiente di Poisson dinamico;
- determinare per le unità geologiche campionabili i parametri geotecnici dinamici (curva di decadimento del modulo di taglio, l'incremento dello smorzamento a crescere della deformazione, il coefficiente di Poisson dinamico).

Tali parametri permetteranno la caratterizzazione sismica dei terreni secondo quanto previsto dal D.M. 14/09/2008 (Le Norme Tecniche sulle Costruzioni).

Il programma delle attività è improntato su una filosofia operativa di tipo multidisciplinare ed analitica, assimilabile al livello 3 come meglio definito dagli I&C di Microzonazione Sismica, che prede come riferimento i criteri e le metodologie operative definite ed illustrate nelle Istruzioni Tecniche Regionali e si articola nelle seguenti fasi:

FASE 0. Individuazione delle aree oggetto di indagine

Per ognuno dei Comuni sono definite le aree oggetto delle indagini sulla base di alcuni criteri morfologici, geologici e antropici di interesse ai fini della valutazione degli effetti locali;

FASE 1. Redazione e aggiornamento delle Istruzioni tecniche regionali con l'obiettivo di fissare i criteri e gli standard previsti per l'esecuzione dei rilievi superficiali e delle indagini geofisiche e geotecniche di esplorazione del sottosuolo;

FASE 2. Realizzazione di cartografia geologica e geomorfologica in scala 1:2.000 o 1:5.000 ed individuazione della sezione geologica significativa, al fine di acquisire strumenti cartografici di dettaglio alla scala del centro urbano, in relazione soprattutto alla ricostruzione delle geometrie delle unità geologiche presenti, con particolare riferimento agli spessori delle coperture.

FASE 3. Campagna di indagini di sismica a rifrazione con onde P e SH, in grado di fornire una parametrizzazione geometrica e fisico-meccanica, in assetto bidimensionale, finalizzata all'estensione nel sottosuolo delle conoscenze di superficie, nei limiti intrinseci della metodologia e connessi alla logistica delle aree indagate;

FASE 4. Approfondimento delle indagini: Sulla base dei risultati delle indagini sismiche di superficie, vengono realizzate indagini di dettaglio, quali sondaggi geognostici (con prelievo di campioni per l'esecuzione di prove geotecniche di laboratorio in campo statico e dinamico) e prove Down-hole, per una migliore e puntuale definizione del profilo sismostratigrafico;

FASE 5. Definizione del modello geologico-tecnico, dell'input sismico ed esecuzione dell'analisi di amplificazione: a seguito della realizzazione di sezioni litostratigrafiche e della parallela definizione di un input sismico significativo (eseguito su base deterministica, probabilistica o energetica) vengono realizzate analisi numeriche in campo mono e bidimensionale, al fine di fornire una stima quantitativa della risposta sismica locale;

FASE 6. Definizione dei parametri (spettri di risposta e fattori di amplificazione) da fornire ai comuni per la progettazione di nuovi edifici e per gli interventi di adeguamento e miglioramento sugli edifici esistenti;

FASE 7. Realizzazione di un banca dati geografica (GIS) dei dati acquisiti mediante le indagini geologiche, geotecniche e geofisiche: Lo scopo principale è quello di poter gestire un quantitativo ingente di informazioni provenienti da diverse discipline e di integrare tali dati in modo oggettivo e dinamico, in modo da poterli modificare e aggiornare nel corso del progetto ed utilizzarli per scopi diversi, quali la semplice rappresentazione cartografica, l'estrazione dei dati sulla base di specifiche richieste dell'utente (comuni e singoli professionisti) o l'analisi con diversi metodi.

FASE 8 - Redazione di cartografie di microzonazione sismica da fornire agli Enti Locali ed ai professionisti al fine di integrare lo strumento conoscitivo del territorio e costituire la base conoscitiva da utilizzare anche ai fini urbanistici.

Corografia: Delimitazione delle aree di indagine

La città di Scarperia sorge al di sopra di un terrazzo alluvionale compreso tra le quote di 265 e 300 metri presso la porzione più settentrionale. L'area è caratterizzata da un centro storico collocato nella porzione centrale dell'abitato e da un'area produttiva in espansione collocata a SE del capoluogo lungo la riva destra del Torrente Levisone, affluente del Fiume Sieve. Il centro di Scarperia è delimitato a Sud dalla località Fagna, a Nord dal Colle Serrentaia, ad Ovest dal corso d'acqua del Torrente Levisone e ad Est dal Torrente Bagnone.

Oltre all'area del capoluogo e alla sua zona produttiva, sono state individuate altre tre frazioni non interessate da indagini geofisiche e geotecniche ma comprese all'interno delle aree di rilevamento geologico e geomorfologico VEL effettuato dall'Università di Firenze:

- La frazione di Sant'Agata ubicata a NE del Capoluogo lungo la strada provinciale Galliano–Sant'Agata e delimitata a Nord dal Poggio Cavallo e a Sud dall'area produttiva di Cafaggio.
- Le frazioni di Marcoiano - Castellana si trovano a NW del Capoluogo. Marcoiano, la frazione più meridionale delle due, è ubicata all'interno della biforcazione del Torrente Tavaiano e del Borro della Castellana. La Castellana è posta lungo il Borro della Castellana e compresa tra l'abitato di Marcoiano e gli stabilimenti dell'acqua minerale a Panna.
- L'abitato di Ponzalla si trova lungo la strada statale del Giogo a Nord del capoluogo ed è delimitato a Sud dalla Località Poggiolo e a Nord da il Poggio di Vico.

Di seguito si riporta una tabella con l'estensione delle aree di indagine su cui sono stati effettuati i rilievi geologici di cui alla Fase 2 e realizzate le indagini di cui alla Fase 3 e 4 ed una cartografia con la delimitazione delle aree di indagine (Figg. da 1.1 a 1.5 e Tab. 1.4).

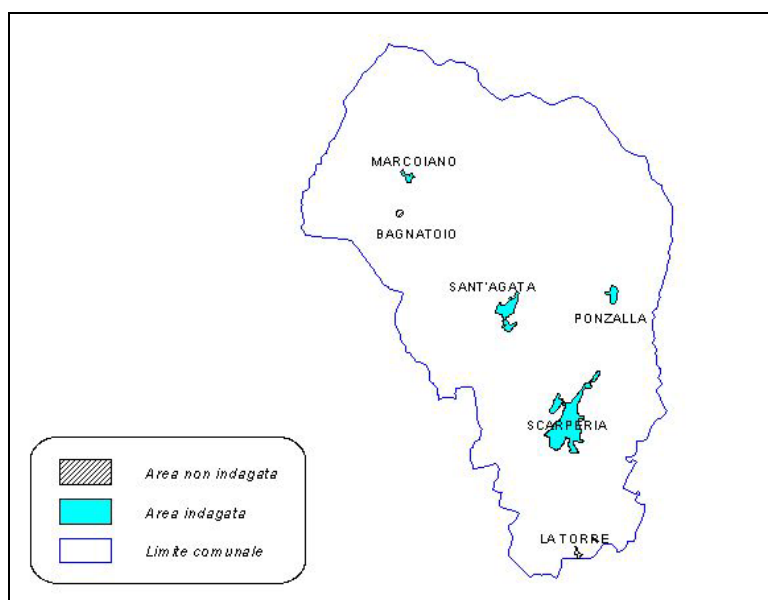


Fig.1.1 – Delimitazione delle aree individuate per le indagini

L'individuazione delle aree interessate dal progetto è stata effettuata in base alla localizzazione e alla distribuzione dei principali centri urbani, definiti sulla base di: informazioni fornite

dall'Amministrazione Comunale, esame di carte topografiche di base in scala 1:2.000 e 1:10.000 e sopralluoghi specifici effettuati dai tecnici regionali.

Una volta individuate le aree, la delimitazione delle stesse viene effettuata allargandone il perimetro ad un "congruo intorno" scelto in considerazione non solo degli aspetti urbanistici, ma anche sulla base degli aspetti geomorfologici, geologici e geometrico-strutturali che possono produrre fenomeni di amplificazione sismica locale.

In altre parole, se per esempio l'area delimitata è ubicata su un fondovalle, si cerca di delimitare l'area considerando tutti gli aspetti geomorfologici presenti: quindi anche i versanti della valle stessa. Nello stesso modo verranno evidenziati anche gli aspetti geologici e strutturali di tutta la valle.

Ne risulta che in certi casi l'area su cui avviare le indagini può risultare anche più estesa rispetto a quella in cui sono distribuiti i centri abitati. Ciò risulta utile e necessario al fine di una corretta ed adeguata definizione del modello geologico-geofisico-geotecnico finalizzato all'analisi di amplificazione nelle aree previste.

La scelta delle aree deve essere effettuata anche tenendo presente che in queste si devono scegliere le sezioni significative per la modellazione.

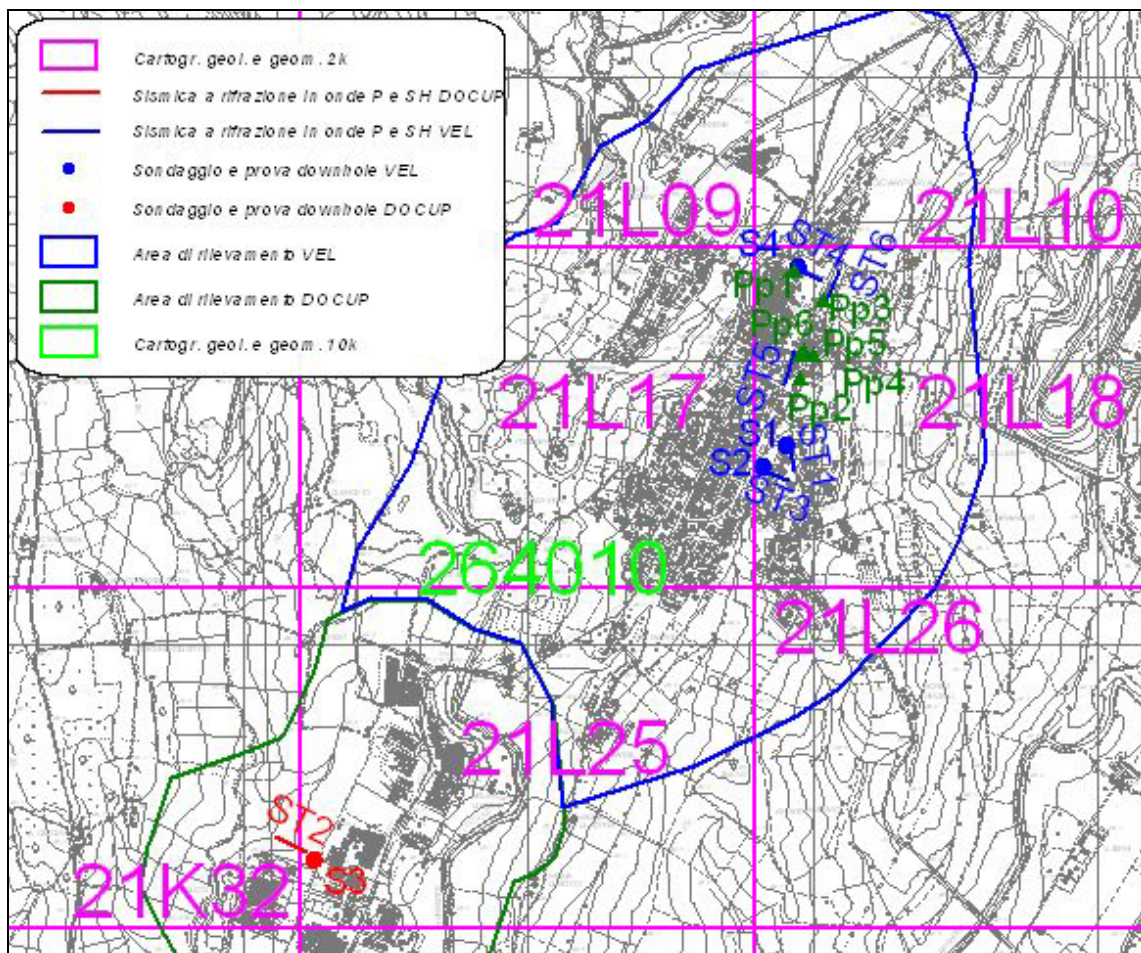


Fig.1.2 – Ubicazione delle indagini geotecniche e geofisiche eseguite nell'area di Scarperia capoluogo.

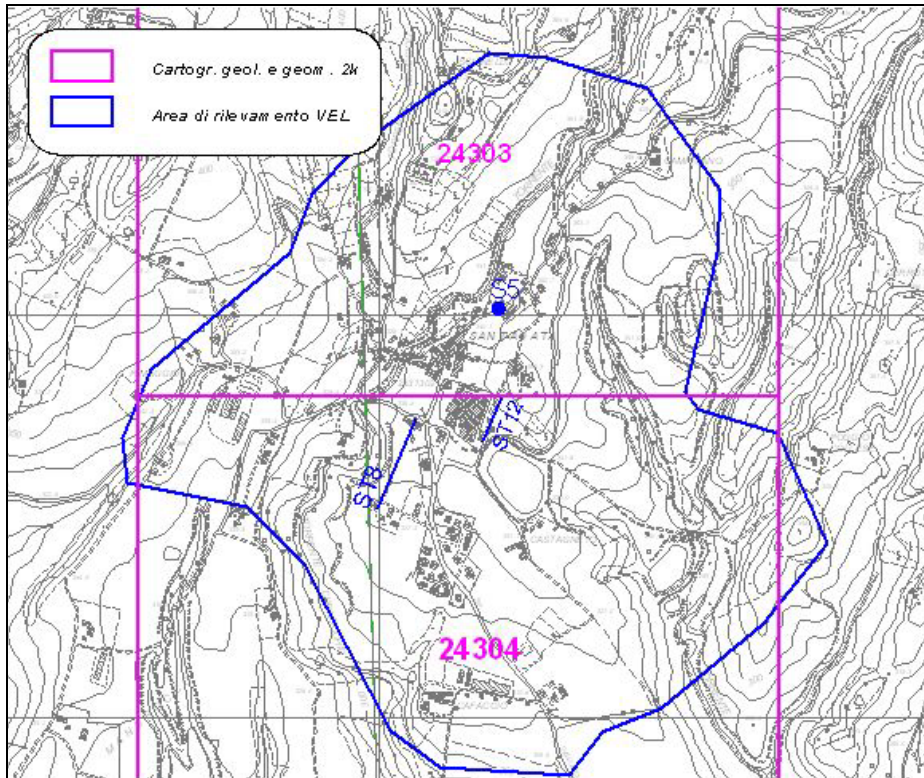


Fig.1.3 – Ubicazione delle indagini geotecniche e geofisiche eseguite nell'area di Sant'Agata.

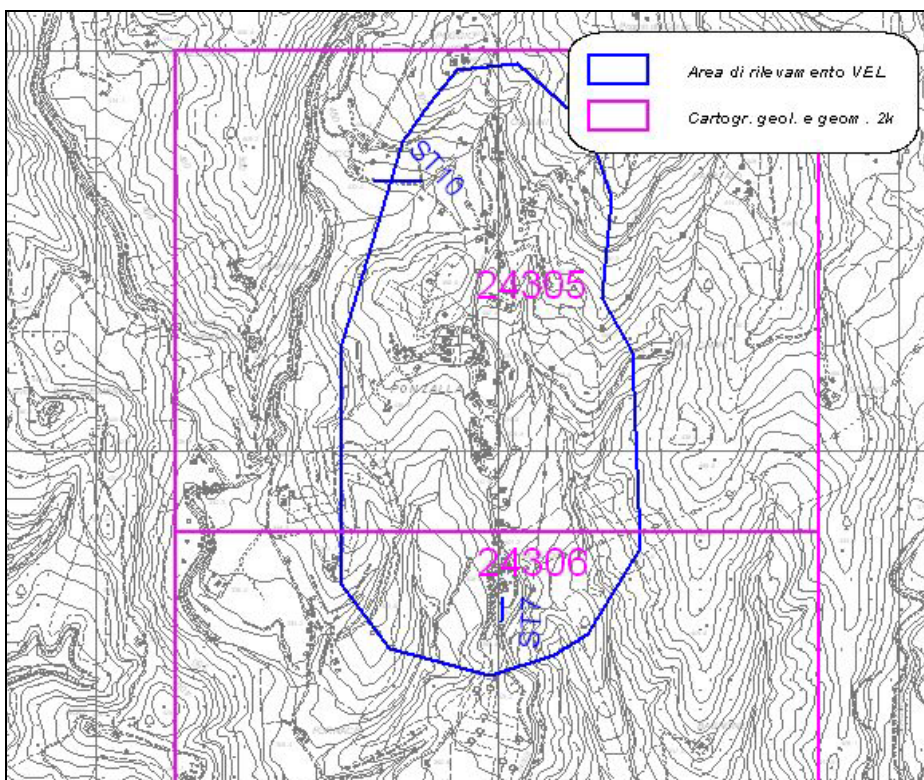


Fig.1.4 – Ubicazione delle indagini geofisiche eseguite nell'area di Ponzalla.

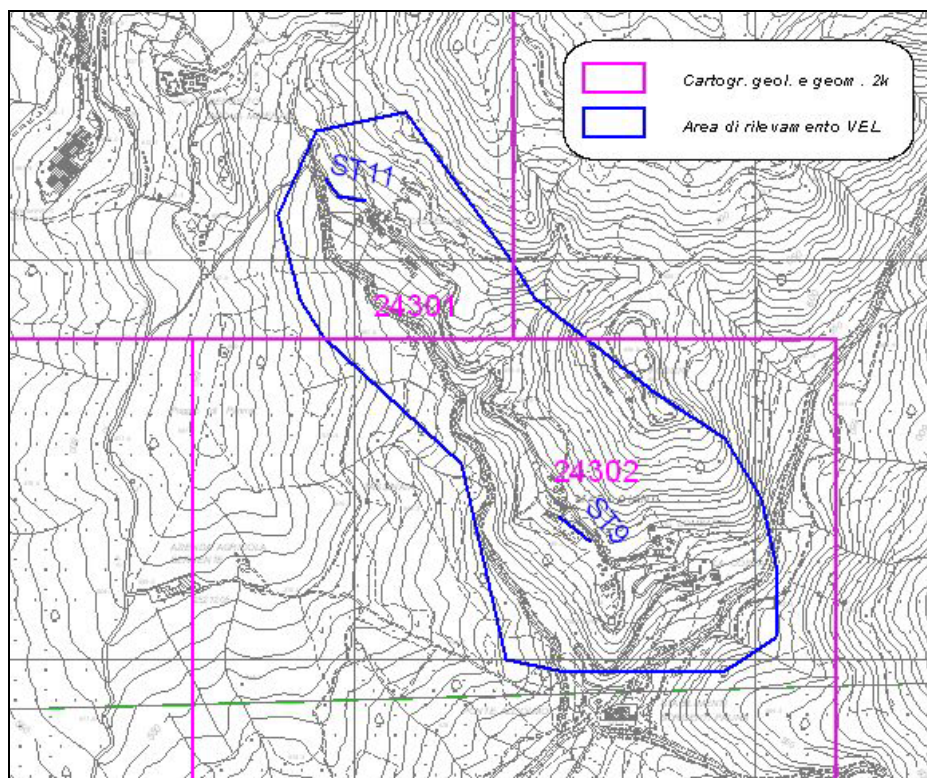


Fig.1.5 – Ubicazione delle indagini geofisiche eseguite nell’area di Marcoiano e Castellana.

Tab.1.4 – Delimitazione aree oggetto dei rilievi geologici, geomorfologici e delle indagini geofisiche e geotecniche

Comune	località	Superficie (ha)	Superficie totale (ha)
Scarperia	capoluogo	400,15	861,95
	s. agata	187,99	
	ponzalla	89,75	
	castellana-marcoiano	86,05	

2.0. Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento

L'area del Mugello è caratterizzata da una sismicità medio-elevata e si posiziona tra le zone a maggior pericolosità sismica della Toscana. Infatti, i comuni afferenti al bacino del Mugello (Fig. 2.1), compreso il territorio di Scarperia, sono classificati in zona sismica 2 (Del. GRT 878/2012). Del resto il comune di Scarperia è stato tra i primi comuni classificati in zona sismica 2, ovvero a partire dal 1927.

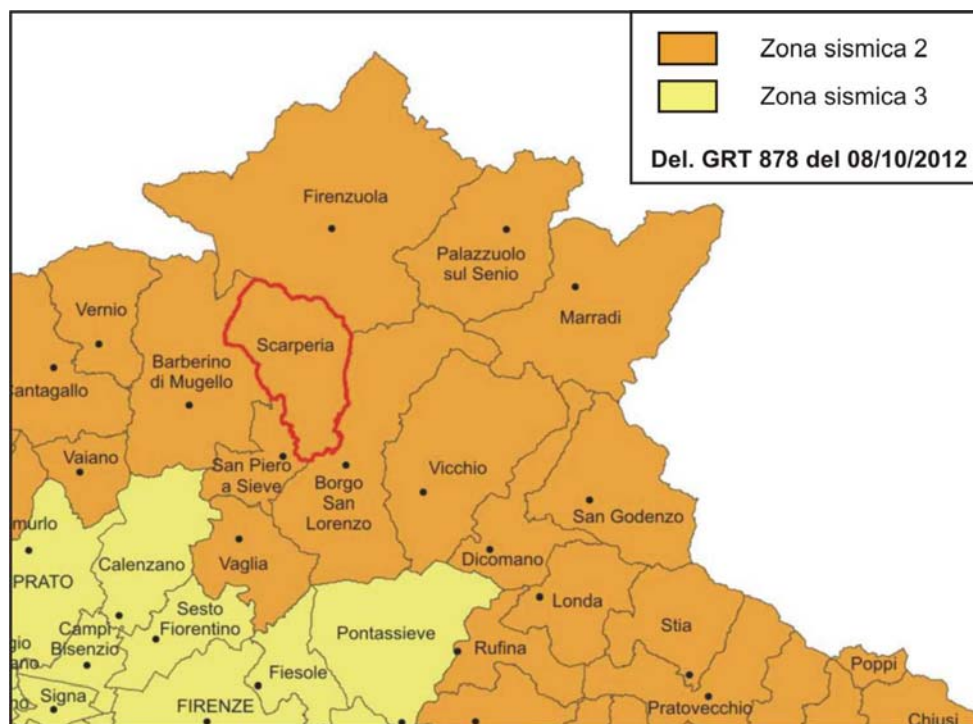


Fig.2.1 – Classificazione sismica dell'area del Mugello; in rosso è evidenziato il territorio comunale di Scarperia

L'attività sismica di questa zona (Fig.2.3 e Tab.2.1) è imputabile alle deformazioni che si sviluppano all'interno e all'esterno del sistema oroclinale sollecitato dal regime compressivo parallelo alla catena che ha agito nella parte settentrionale del cuneo Romagna-Marche-Umbria (Mantovani et al., 2012).

In figura 2.3 è rappresentata la Mappa di Pericolosità Sismica (O.P.C.M. 3519/2006) relativa al territorio di Scarperia. La Mappa è relativa alla distribuzione dei valori stimati di accelerazione (ag) su bedrock sismico in condizioni di topografia pianeggiante per un periodo di ritorno di 475 anni e relativi al valore mediano (50mo percentile). La mappa illustra, per il territorio di Scarperia, valori di accelerazione sismica (normalizzata rispetto all'accelerazione di gravità g) pressoché costanti e relativi ad un range compatibile con l'iscrizione del comune in zona sismica 2.

Inoltre, nell'area del Mugello sono presenti reti di monitoraggio dello scuotimento sismico (sismometrico ed accelerometrico) e dei parametri ad esso connessi per le quali la Regione Toscana ha provveduto nel corso degli ultimi decenni alla realizzazione e/o al cofinanziamento mediante la stipula di convenzioni ed Accordi di collaborazione scientifica. Maggiori informazioni sull'argomento sono reperibili al link regionale:

<http://www.rete.toscana.it/sett/pta/sismica/02rischio/monitoraggio/reti/index.htm>

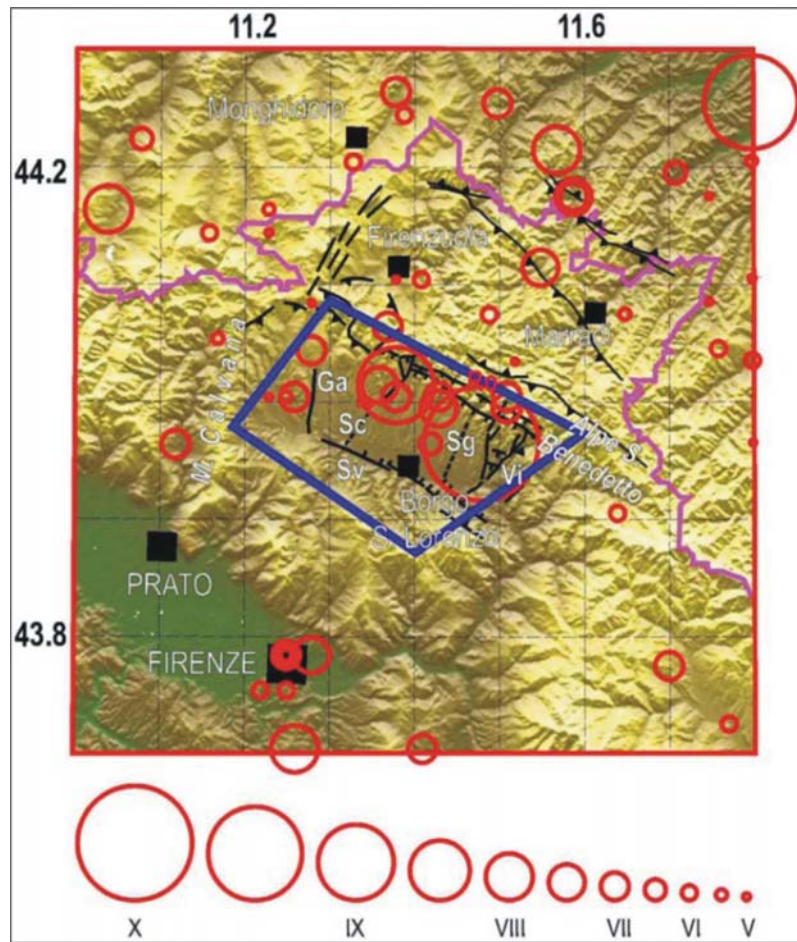


Fig.2.2 – Sismicità storica dell’area del Mugello. I cerchi rossi indicano i terremoti avvenuti dopo il 1000. I principali elementi tettonici, riportati anche sullo schema geologico (Fig.1.3.4), sono in nero. Si può notare che le scosse storiche principali di questa zona hanno interessato segmenti diversi delle faglie presenti: Ga=Galliano, Sc=Scarperia, Sg=Sagginale, Sv=Sieve, Vi= Vicchio. Da Mantovani et al., 2012

Tab. 2.1 – Lista dei terremoti con $I_{max} \geq 7$ avvenuti dopo il 1000 nella zona contornata in figura 2.2. In grassetto i terremoti con $I_{max} \geq 8/9$ o $M \geq 5.5$. Mw = Magnitudo momento riportata nel catalogo CPTI11 (Rovida et alii, 2011). Io e I_{max} sono rispettivamente l’intensità epicentrale e quella massima osservata (riportate entrambe quando non coincidenti). T indica l’intervallo di tempo trascorso rispetto al terremoto precedente. Da Mantovani et al., 2012

Anno	Mese	Giorno	Zona epicentrale	Latitudine (°N)	Longitudine (°E)	Magnitudo Mw)	Intensità Io (Imax)	T (anni)
1542	6	13	Mugello	44.01	11.39	5.9	9	
1597	8	3	Mugello	43.99	11.43	5.2	7.5	55
1611	9	8	Scarperia	44.01	11.36	5.1	7 (7.5)	14
1762	4	15	Mugello	44	11.51	5.1	7	151
1843	10	25	Mugello	44.01	11.26	5.1	6.5 (7)	82
1864	12	11	Mugello	44.04	11.28	5.1	7	21
1919	6	29	Mugello	43.96	11.48	6.3	10	55
1929	7	18	Mugello	43.99	11.51	5.0	6.5 (7)	10
1931	9	5	Mugello	44.06	11.37	4.8	6 (7)	2
1939	2	11	Marradi	44	11.43	5.0	7	7
1960	10	29	Mugello	44	11.39	5.0	7	22

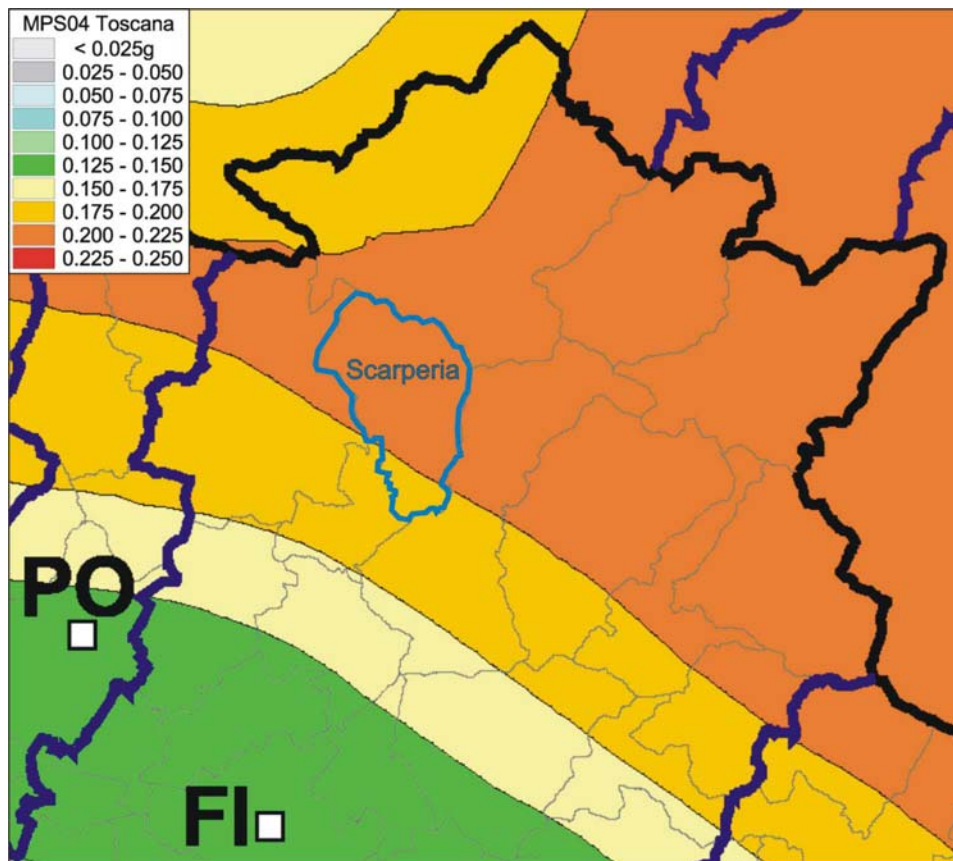


Fig.2.3 – Mappa di Pericolosità Sismica relativa all’area del Mugello realizzata dall’INGV nel 2004 (Allegato 1B dell’O.P.C.M. 3519/2006)

La scelta di realizzare per il centro abitato di Scarperia e per l’attigua area industriale un’analisi parametrica finalizzata alla redazione di una cartografia di microzonazione sismica di livello 3, impone la preliminare definizione di un input sismico, costituito da un set di accelerogrammi naturali sismocompatibili con le caratteristiche tettoniche dell’area e spettrocompatibili con quanto prescritto dalle vigenti NTC 2008.

In particolare, per l’area di Scarperia, l’input sismico è stato definito mediante la procedura messa a punto da EUCENTRE mediante una convenzione con la Regione Toscana, finalizzata alla “Definizione del terremoto di progetto nei territori toscani della Garfagnana, Lunigiana, Mugello, Val di Sieve e Montagna Fiorentina”.

A tal proposito è stato sviluppato un codice di calcolo di semplice utilizzo che fornisce, in funzione del sito e del periodo di ritorno considerati, l’input sismico compatibile con le NTC08 sia in termini spettrali che di accelerogrammi spettro-compatibili. Il codice, scritto in Fortran90, è chiamato SCALCONA (SCALing of COmpatible Natural Accelerograms).

Si è optato per gli accelerogrammi naturali selezionati da banche dati accelerometriche “strong-motion” accreditate. Essi sono da preferire, secondo la normativa e la letteratura internazionale più avanzata per le analisi geotecniche e di risposta sismica locale, a fronte degli accelerogrammi artificiali.

Ai fini della selezione degli accelerogrammi è stata effettuata una mesozonazione del territorio che ha consentito di identificare “aree” omogenee dal punto di vista degli spettri di risposta prescritti dalle NTC08. Per ciascun gruppo di spettri di risposta e ciascun periodo di ritorno è stato quindi definito uno spettro di risposta di riferimento, utilizzato per la selezione degli accelerogrammi.

SCALCONA utilizza e scala opportunamente i risultati della selezione degli accelerogrammi, consentendo di restituire, per il sito e periodo di ritorno di interesse, un gruppo di 7 accelerogrammi

che soddisfano i requisiti di spettro-compatibilità prescritti dalle NTC08 e dalla Circolare NTC (2009). Gli accelerogrammi possono essere selezionati per ciascun punto interno ai territori di studio e per ciascuno dei 9 periodi di ritorno considerati nelle NTC08 (ossia 30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni).

Le analisi di risposta sismica locale realizzate per la microzonazione sismica di livello 3 oggetto del presente lavoro fanno riferimento ad un input sismico relativo ad un periodo di ritorno di 475 anni.

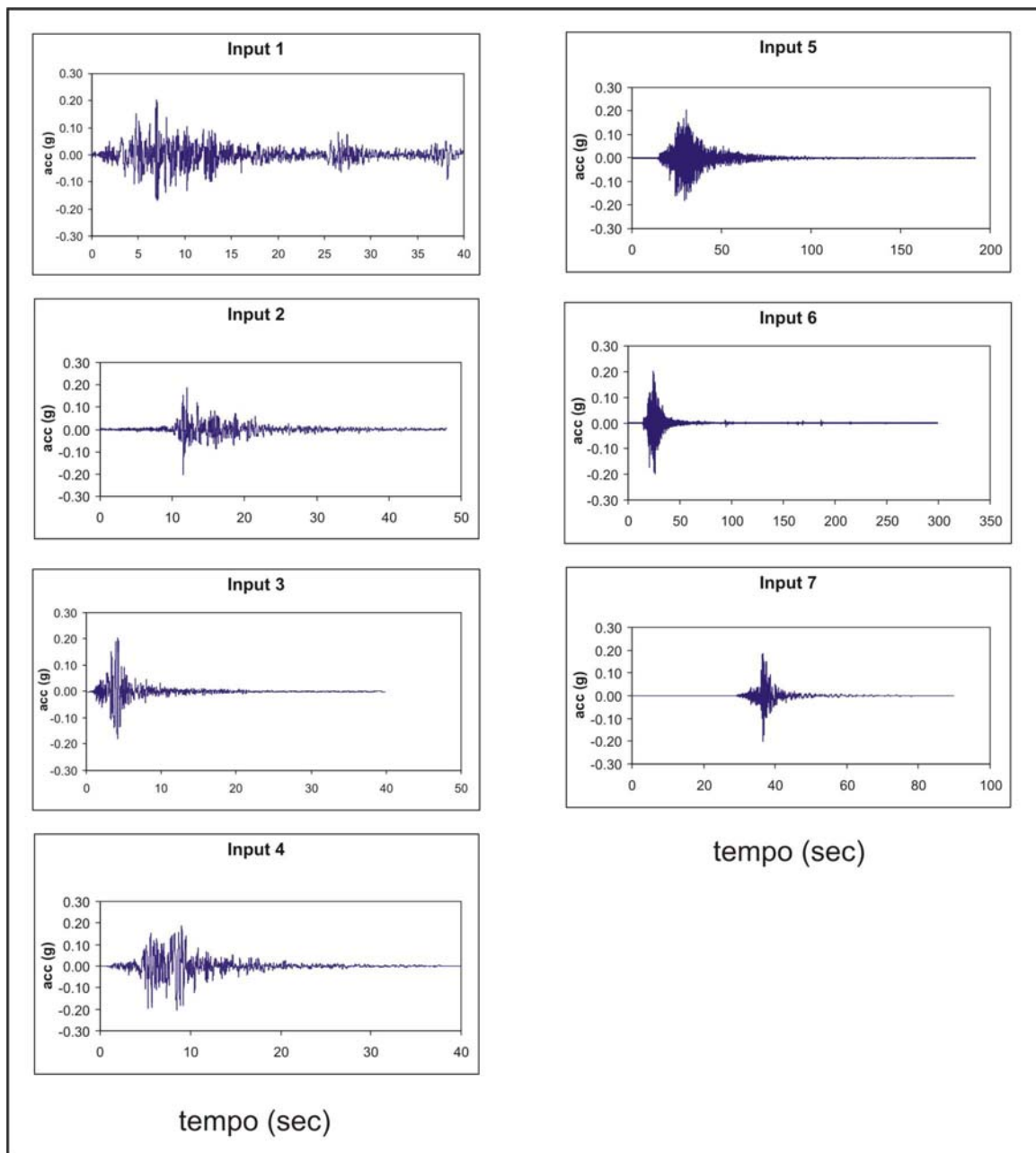


Fig.2.4 – Storie temporali dei 7 accelerogrammi utilizzati come input sismico

In figura 2.4 è possibile visualizzare le storie temporali dei 7 accelerogrammi utilizzati nelle analisi di risposta sismica locale come input sismico. La figura 2.5, invece, illustra gli spettri di risposta elastici dei medesimi accelerogrammi a confronto con lo spettro di cat. A (bedrock sismico) previsto dalle NTC 2008 per il centro comunale di Scarperia (il valore è riferito convenzionalmente

alla sede comunale). Dal grafico è possibile notare la spettro-compatibilità della media dei 7 input a confronto con lo spettro target di normativa.

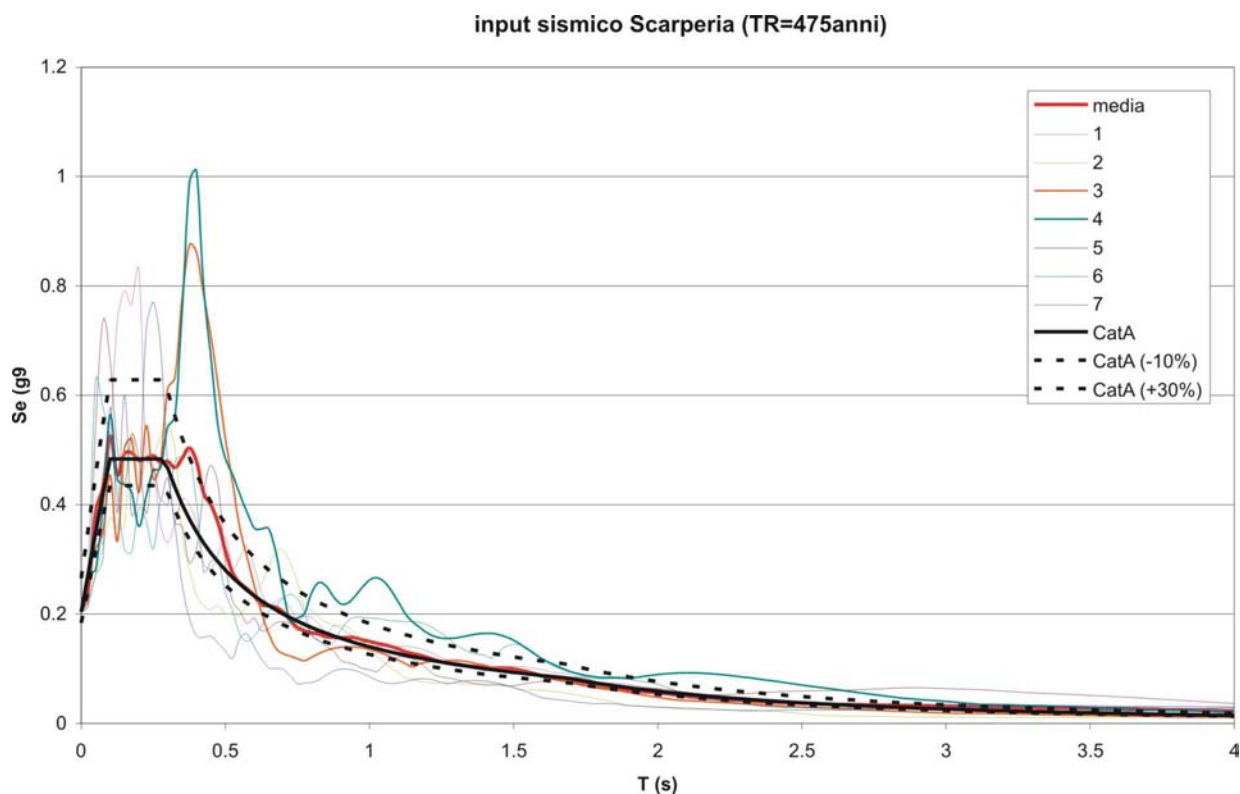


Fig.2.5 – Rappresentazione in termini di spettro di risposta elastico (damping factor=5%) dei 7 accelerogrammi utilizzati come input sismico per le analisi di risposta sismica locale nel territorio comunale di Scarperia.

Tab.2.2 – Informazioni relative ai 7 accelerogrammi spettro-compatibili utilizzati come input sismico: Magnitude Mw = magnitudo momento associata, Epicentral Distance = distanza epicentrale in km, Scaling Factor = fattore di scala, Source file name = indicazione del nome del record e del codice della banca dati di provenienza.

n°	Magnitude (Mw)	Epic. Distance (km)	Scaling Factor	Source File Name
1	6.87	11	0.6	ESMD 000182xa.cor
2	6.68	65	0.78	ESMD 000200ya.cor
3	6.93	28.64	0.43	NGA 0765y.txt
4	6.69	38.07	1.36	NGA 1091x.txt
5	7	50.5	1.11	KNET2 IWT0100305261824.EW
6	6.6	36.18	1.62	KNET1 SAG0010503201053.NS
7	6.3	31.6	2.51	ITACA 20090406_013239ITDPC_CLN_WEC.DAT

La tabella 2.2 riporta le informazioni relative ai predetti accelerogrammi. Essi si riferiscono a registrazioni di eventi naturali e relative a stazioni poste sulla superficie terrestre.

Pertanto, prima di utilizzarli come input per le analisi di risposta sismica, i 7 accelerogrammi sono stati deconvoluti mediante l'utilizzo del software STRATA (Kottke & Rathje, 2008), al fine di ricondurli alle caratteristiche che avrebbero avuto all'interfaccia di passaggio tra il bedrock sismico e le sovrastanti coperture, che corrisponde al punto di imposizione dell'input sismico.

3.0. Assetto geologico e geomorfologico dell'area

Geologia dell'area

Dal punto di vista geologico il substrato pre-quadernario affiora prevalentemente nelle località di Ponzalla e di La Castellana-Marcoiano ubicate rispettivamente a Nord e a NW dell'abitato di Scarperia.

Di seguito, data la diversa situazione geologica delle aree indagate nel Comune, si analizzano separatamente le caratteristiche geologiche di ciascuna località.

Località Capoluogo

Le aree del Capoluogo e della zona industriale sono caratterizzate dall'assenza di affioramenti di substrato roccioso e dalla conseguente presenza di sedimenti che affiorano estesamente in tutta l'area rilevata del capoluogo.

I sedimenti sono stati classificati come depositi alluvionali quadernari di pianura alluvionale attuali (**b**), depositi fluviali del Bacino del Mugello e depositi fluvio-lacustri.

I depositi alluvionali attuali, prevalentemente ciottolosi e ghiaiosi, sono ovviamente presenti lungo il corso del Torrente Levisone. Superiormente dal punto di vista topografico, separati dai depositi attuali da una scarpata di pochi metri di altezza, sono presenti i depositi alluvionali dell'Unità di Sagginale (**SIV3**, Pleistocene Sup?-Olocene). Allontanandosi dal letto del torrente e con il leggero aumento della quota si passa ai depositi alluvionali dell'Unità di Luco di Mugello (**SIV2**, Pleistocene medio?-Superiore); mentre i depositi fluviali dell'Unità di Scarperia (**SIV1**, Pleistocene Inferiore finale?-Medio) costituiscono l'esteso ripiano al di sopra del quale si imposta l'intero centro storico del Capoluogo.

I depositi fluvio-lacustri, facenti parte dell'Unità **MGO2** (Pleistocene Inf.) facies delle argille siltoso-sabbiose lacustri e di fronte deltizio (**a2**), sono presenti al di sotto dei depositi alluvionali. I depositi fluvio-lacustri affiorano, per erosione, lungo le scarpate che separano i depositi alluvionali delle 3 unità suddette e per incisione dei depositi alluvionali dell'Unità di Scarperia ad opera del Fosso di Mirabello ad Est del Capoluogo.

Il detrito di versante (**a**), riferibile al Pleistocene Medio finale - Olocene, è costituito da matrice generalmente limo-argillosa e da frammenti eterometrici prevalentemente grossolani derivanti dall'erosione dei depositi alluvionali ed è presente in prevalenza sul fondo di impluvi come presso il tracciato più a monte del Fosso di Mirabello.

Frequentemente, le numerose scarpate di terrazzo che separano le differenti Unità dei depositi alluvionali sono ricoperte di depositi eluvio-colluviali (**b8**, Pleistocene Medio finale - Olocene) costituiti da elementi eterometrici in abbondante matrice argillo-limosa.

I depositi franosi nell'area si impostano lungo le ripide ed estese scarpate che separano le alluvioni dell'Unità di Luco di Mugello dalle soprastanti alluvioni dell'Unità di Scarperia. I movimenti sono di scivolamento rotazionale, stabilizzati e quiescenti, e coinvolgono materiale alluvionale e/o fluvio-lacustre.

Località Sant'Agata

La situazione geologica di Sant'Agata è simile a quella vista per il Capoluogo. Infatti l'area presenta una diffusa copertura di sedimenti alluvionali terrazzati (in ordine decrescente di età: **SIV2** e **SIV3**) la cui successione stratigrafica è caratterizzata dalla presenza, dal basso verso l'alto, di ciottoli, sabbie e limi fluviali. Al di sotto di questi sono presenti depositi fluvio-lacustri plio-pleistocenici (**MGO1a1** e **MGO1s1**) costituiti prevalentemente da argille marnose lignitifere e sabbie giallastre medio-grossolane, affioranti ai margini dell'area dove la topografia presenta una maggiore acclività e lungo le scarpate. Affioramenti di fluvio-lacustre si trovano anche a meridione

della frazione a causa dell'erosione dei depositi fluvio-lacustri ad opera del Fosso del Cornocchio. A Nord di Sant'Agata sono cartografati affioramenti di ciottoli giallo-grigiastri (**MGOc1**). Alla base dei versanti e all'interno degli impluvi si trovano depositi eluvio-colluviali (**b8**). Movimenti di scivolamento rotazionale quiescenti (**a1q**), che interessano prevalentemente i depositi fluvio-lacustri sabbiosi, si individuano su entrambi i versanti della blanda valle creata dal Fosso del Cornocchio

Località Marcoiano – La Castellana

I centri abitati di Marcoiano e La Castellana sono ubicati in una zona collinare con numerosi affioramenti di substrato roccioso arenitico-marnoso. Le Formazioni affioranti appartengono all'Unità Tettonica dell'Acquerino, Membro arenaceo-pelitico (**AQR1**) e Marne varicolori di Villore (**MVV**) e, nella porzione ad Ovest del Borro della Castellana, la Formazione del Sillano (**SIL**) dell'Unità Tettonica Morello del Dominio Ligure Esterno.

A causa dei pendii piuttosto inclinati (20°-30°) e della litologia sono frequenti fenomeni gravitativi con movimento di tipo scivolamento rotazionale e scivolamento traslativo.

Tra i depositi di copertura sono presenti alluvioni lungo i corsi d'acqua (**b1** e **b2**) e accumuli di detrito di versante all'interno degli impluvi e lungo i pendii, in particolare lungo il versante ad Ovest della strada che collega le due frazioni.

Il detrito di versante si presenta costituito da materiale marnoso, argilloso, carbonatico o arenitico in base al substrato sul quale tali fenomeni si impostano.

Data l'inclinazione di entrambi i pendii, compresa tra 20° e 30°, e le formazioni rocciose presenti caratterizzate da alternanza di litotipi a diversa competenza e prevalentemente stratificati, i fenomeni franosi sono molto frequenti ed arrivano ad interessare parte dei centri abitati.

I movimenti di scivolamento planare sono prevalenti presso la frazione di La Castellana mentre i movimenti di scivolamento rotazionale interessano Marcoiano presso le località di Casa Lombardi e La Costa. Numerosi altri corpi di frana (**a1**) si trovano all'interno della stretta vallecchia generata dal Borro della Castellana.

Località Ponzalla

Ponzalla è ubicata lungo la strada statale del Giogo a quote comprese tra 400 e 500 metri sul livello del mare. Nell'area sono assenti i depositi alluvionali ed i depositi quaternari sono costituiti da detrito di versante e depositi di frana. Il principale agglomerato urbano di Ponzalla si trova al di sopra di un *bedrock* roccioso costituito dal Membro arenaceo-pelitico (**AQR1**) e dalle Marne Varicolori di Villore (**MVV**) entrambi appartenenti all'Unità Tettonica Acquerino, mentre la porzione più meridionale dell'abitato, che si trova a quote inferiori, è caratterizzata dagli affioramenti di depositi fluvio-lacustri del Bacino del Mugello (**s1** dell'Unità MGO1 e l'Unità **MGO3** presso la strada).

Il detrito di versante (**a**) è ubicato prevalentemente presso la frazione rocciosa all'interno degli impluvi e lungo i pendii.

I corpi di frana (**a1**), prevalentemente stabilizzati, sono ubicati ad Est dell'abitato e sono prevalentemente movimenti di scivolamento rotazionale favoriti dall'alternanza di strati pelitici e arenitici dell'AQR1 e dalla loro giacitura a franapoggio.

Si descrivono qui le unità geologiche affioranti, dalle più recenti alle più antiche, suddividendole in depositi Plio-Quaternari e substrato pre-Pliocenico.

I depositi Plio-Quaternari sono stati distinti in: depositi alluvio-colluviali recenti, depositi fluviali depositi dal Pleistocene inf. all'Olocene entro il Bacino del Mugello, e depositi fluvio-lacustri di riempimento del bacino, accumulati tra il Pliocene sup? ed il Pleistocene inferiore.

Le formazioni, i membri e le litofacies, appartenenti al substrato pre-pliocenico, sono raggruppate in unità tettoniche, a loro volta inserite in "domini".

Per quanto riguarda la nomenclatura e l'età delle varie unità stratigrafiche ci siamo riferiti alle classificazioni adottate dalla “*Legenda per la realizzazione della cartografia geologica, geomorfologica e litologico-tecnica per le aree del Mugello – PROGRAMMA VEL MUGELLO – VOLUME 5*”.

Per quanto concerne l'inquadramento stratigrafico dell'area del Comune di Scarperia, questa è costituita dall'alto verso il basso dalle seguenti formazioni:

DEPOSITI QUATERNARI

DEPOSITI ALLUVIO-COLLUVIALI

Depositi di frana (a₁)

I depositi franosi in quest'area sono di importante estensione, costituiti da argille, sabbie e frammenti arenacei in relazione al litotipo su cui si sono impostati. In particolar modo i corpi di frana posti lungo i versanti costituiti dalle formazioni appartenenti all'Unità Tettonica Acquerino sono costituiti da sabbie e frammenti eterometrici di natura arenitica.

Depositi alluvionali attuali (b)

Si tratta di depositi fluviali costituiti da ciottolami eterometrici e poligenici in matrice limoso-sabbiosa con tessitura da clasto- a matrice-sostenuta, e subordinatamente ghiaie, sabbie e limi. I ciottoli, da subarrotondati ad arrotondati, hanno sfericità bassa. Sono depositi di pianura alluvionale in evoluzione, deposti dal Fiume Sieve e dai corsi d'acqua secondari.

Descrizione litotecnica di campagna: attenendosi alla *Guida schematica alla definizione di unità litologico-tecniche (U.L.T.) nel “substrato” e nella “copertura”* –Regione Toscana (Ferrini & Calosi ed., 2000; Ferrini ed., 2002), questa unità è riferibile all'U.L.T. E1.a3/4.t2 (materiale granulare non cementato o poco cementato a granulometria grossolana dominante, da poco addensato a sciolto, con presenza di frazione limoso-sabbiosa).

Olocene

Detrito di versante (a)

Deposito di versante costituito da elementi eterometrici, prevalentemente grossolani, in abbondante matrice sabbiosa-limosa, derivante da processi di degradazione superficiale e accumulato lungo i versanti o al piede degli stessi principalmente per gravità. Nell'area in esame spessi accumuli di detrito si trovano anche all'interno degli impluvi e delle strette vallecicole generate dai corsi d'acqua. Generalmente questi accumuli sono costituiti da frammenti eterometrici di arenarie del AQR1 che costituisce i versanti, dispersi in abbondante matrice sabbioso limosa avana.

Questi depositi presentano frequentemente rimaneggiamento antropico. Affiorano in tutte le località in esame, ma estesamente affiorano in località Ponzalla con uno spessore valutabile intorno ad 1-2m, e nelle località La Castellana e Marcoiano.

Descrizione litotecnica di campagna: attenendosi alla *Guida schematica alla definizione di unità litologico-tecniche (U.L.T.) nel “substrato” e nella “copertura”* –Regione Toscana (Ferrini & Calosi ed., 2000; Ferrini ed., 2002), questi depositi sono attribuibili all'U.L.T. E1.a3/4.t2 (materiale granulare poco cementato a granulometria grossolana dominante, da poco addensato a sciolto, con presenza di frazione limoso-sabbiosa).

Pleistocene medio finale-Olocene

Depositi alluvionali antichi terrazzati e recenti (bI-n)

Si tratta di depositi fluviali di ambiente di piana alluvionale, si trovano presso le località Marcoiano-La Castellana e sono stati deposti dal Borro della Castellana e dal Torrente Tavaiano. Sono costituiti da ciottolami eterometrici e poligenici in matrice limoso-sabbiosa con tessitura da clasto- a matrice-

sostenuta, e subordinatamente ghiaie, sabbie e limi, talora variamente pedogenizzati. I ciottoli, da subarrotondati ad arrotondati, hanno sfericità bassa. Sono depositi numerati a partire dal terrazzo morfologicamente più alto, fino alla pianura alluvionale recente. Quest'ultima può essere localmente soggetta ad esondazioni. Nell'area in esame sono stati riconosciuti due ordini di terrazzi. Lembi di terrazzi del primo ordine sono ubicati presso la porzione settentrionale, che si trova anche a quote superiori, del Borro della Castellana, mentre i terrazzi del secondo ordine a quote inferiori più a Sud.

Descrizione litotecnica di campagna: attenendosi alla *Guida schematica alla definizione di unità litologico-tecniche (U.L.T.) nel "substrato" e nella "copertura"* –Regione Toscana (Ferrini & Calosi ed., 2000; Ferrini ed., 2002), questa unità è riferibile all'U.L.T. E1.a3/4.t2 (materiale granulare non cementato o poco cementato a granulometria grossolana dominante, da poco addensato a sciolto, con presenza di frazione limoso-sabbiosa).

Pleistocene medio-Olocene

Depositi eluvio-colluviali (b8)

Si tratta di un deposito ad elementi eterometrici e poligenici dispersi in matrice limosa, a granulometria minore rispetto al detrito di versante. Si forma per alterazione superficiale e può accumularsi in posto o ai piedi dei versanti stessi dopo un breve trasporto avvenuto principalmente per ruscellamento. Questi depositi sono presenti esclusivamente in Scarperia capoluogo e non superano lo spessore di 1-2m.

Descrizione litotecnica di campagna: attenendosi alla *Guida schematica alla definizione di unità litologico-tecniche (U.L.T.) nel "substrato" e nella "copertura"* –Regione Toscana (Ferrini & Calosi, ed. 2000; Ferrini, ed.2002), questi depositi sono attribuibili all'U.L.T. E/F.a3-4/s5-6. (materiale granulare non cementato o poco cementato, a granulometria prevalentemente fine, da poco addensato a sciolto; quando la granulometria è limoso argillosa si presenta come un terreno coesivo poco consistente).

Pleistocene-Olocene

Successione del Mugello

-Depositi fluviali

Sono i depositi attuali e terrazzati deposti dal Fiume Sieve e dai suoi affluenti dal Pleistocene inferiore finale all'Olocene entro il Bacino del Mugello. Vengono suddivisi in tre unità che poggiano in discordanza sia sul substrato pre-Pliocenico che sui depositi fluvio-lacustri. Presentano una caratteristica diminuzione granulometrica verso l'alto stratigrafico: ciottoli alla base, sabbie e limi al tetto. Queste unità affiorano esclusivamente nelle aree di Scarperia capoluogo e S. Agata.

Unità di Sagginale, SIV3 (=bIII)

È costituita da depositi alluvionali: ciottolati bruno-grigiastri eterometrici e poligenici, da subarrotondati ad arrotondati e tessitura variabile da casto- a matrice-sostenuta; sabbie giallastre medio-fini a stratificazione inclinata piana; silt sabbiosi grigiastri massicci; argille siltose grigiastre laminate. Questi depositi presentano generalmente una tripartizione granulometrica: ciottoli alla base, sabbie e limi al tetto.

Questa unità affiora lungo i fondovalle. Lo spessore è valutabile entro i 5-6m.

Descrizione litotecnica di campagna: attenendosi alla *Guida schematica alla definizione di unità litologico-tecniche (U.L.T.) nel "substrato" e nella "copertura"* –Regione Toscana (Ferrini & Calosi, ed. 2000; Ferrini, ed.2002), questa unità è riferibile all'U.L.T. E.a3/4.t2 (materiale granulare non cementato o poco cementato, da poco addensato a sciolto, con presenza di frazione sabbioso-limosa).

Pleistocene superiore?-Olocene

Unità di Luco di Mugello, SIV2 (=bII)

È costituita da depositi alluvionali: ciottoli bruno-giallastri eterometrici e poligenici, da subarrotondati ad arrotondati e tessitura variabile da casto- a matrice-sostenuta; sabbie giallastre medio-fini a stratificazione inclinata piana; silt sabbiosi massicci; argille siltose grigiastre laminate. Presentano generalmente una tripartizione granulometrica: ciottoli alla base, sabbie e limi al tetto.

Questi depositi possono presentare al tetto una debole pedogenesi. L'unità di Luco di Mugello affiora estesamente in tutta la zona in esame. Lo spessore è valutabile intorno ad 8-10m.

Descrizione litotecnica di campagna: attenendosi alla *Guida schematica alla definizione di unità litologico-tecniche (U.L.T.) nel "substrato" e nella "copertura"* –Regione Toscana (Ferrini & Calosi, ed. 2000; Ferrini, ed.2002), questa unità è riferibile

all'U.L.T. E.a3/4.t2 (materiale granulare non cementato o poco cementato, da poco addensato a sciolto con presenza di frazione sabbioso-limosa).

Pleistocene medio-superiore

Unità di Scarperia, SIV1 (=bI)

È costituita da depositi alluvionali: ciottoli rossastri a prevalenza arenaceo-marnosa, eterometrici, da subarrotondati ad arrotondati e tessitura variabile da clasto a matrice sostenuta; sabbie e silt sabbiosi rossastri massicci. Localmente questi depositi possono presentare al tetto un paleosuolo argillico con caratteri idromorfici generalmente a profilo troncato con spessore inferiore ai 2m.

Lo spessore è valutabile entro i 10m.

Descrizione litotecnica di campagna: attenendosi alla *Guida schematica alla definizione di unità litologico-tecniche (U.L.T.) nel "substrato" e nella "copertura"* –Regione Toscana (Ferrini & Calosi, ed. 2000; Ferrini, ed.2002), questa unità è riferibile all'U.L.T. E.a3/4.t2 (materiale granulare non cementato o poco cementato, da poco addensato a sciolto con presenza di frazione sabbioso-limosa).

Pleistocene inferiore finale?-medio

Depositi fluvio-lacustri

Sono i depositi di riempimento del Bacino fluvio-lacustre del Mugello, accumulati tra il Pliocene sup? ed il Pleistocene inferiore. Sono stati divisi in tre unità (MGO1, MGO2 ed MGO3) ed in ogni unità sono state distinte varie associazioni di litofacies caratterizzate da frequenti passaggi latero-verticali.

Unità MGO3

Questa unità è costituita da ghiaie e ciottolami rossastri e limi sabbiosi massivi, anch'essi arrossati. Sono depositi di conoide alluvionale fortemente alterati con a tetto lembi di paleosuolo con orizzonti argillitici. Lo spessore di questa unità si aggira sui 20-30m. Questa unità affiora in località Ponzalla.

Descrizione litotecnica di campagna: attenendosi alla *Guida schematica alla definizione di unità litologico-tecniche (U.L.T.) nel "substrato" e nella "copertura"* –Regione Toscana (Ferrini & Calosi, ed. 2000; Ferrini, ed.2002), questa unità è riferibile all'U.L.T. E.a3/4.t2 (materiale granulare non cementato o poco cementato, da poco addensato a sciolto con presenza di frazione sabbioso-limosa).

Pleistocene inferiore finale?

Unità MGO2

Si tratta di depositi alluvionali costituiti da: ciottolami giallo-rossastri (c2=cg) eterometrici in matrice sabbioso limosa, in strati a base erosiva di spessore fino a 2m e limi sabbiosi giallo-rossastri massivi. La tessitura varia da casto- a matrice sostenuta. Sabbie (s2=s) giallastre medio-fini a laminazione piano-parallela orizzontale ed inclinata piana, di ambiente di delta conoide. Argille

(a2=arg) siltoso-sabbiose con lenti di ciottoli, ghiaie e sabbie, di ambiente lacustre e di fronte deltizio.

Nell'area di Scarperia capoluogo affiorano esclusivamente le a2=arg: argille siltoso-sabbiose grigiastre lacustri e di fronte deltizio. Possono essere massicce o presentare laminazione piano-parallela orizzontale. Contengono resti di vegetali e molluschi dulcicoli. All'interno sono presentano corpi sabbiosi massicci o a gradazione normale e corpi lenticolari di ciottoli, ghiaie e sabbie a stratificazione inclinata piana. Costituiscono il substrato su cui poggiano in discordanza i depositi fluviali ed il loro spessore non è valutabile dalla carta geologica.

Descrizione litotecnica di campagna: attenendosi alla *Guida schematica alla definizione di unità litologico-tecniche (U.L.T.) nel "substrato" e nella "copertura"* –Regione Toscana (Ferrini & Calosi, ed. 2000; Ferrini, ed.2002), questa unità è riferibile all'U.L.T. F2.s4/5 (materiale coesivo moderatamente consistente).

Pleistocene inferiore

Unità MGO1

Nell'area oggetto di studio affiorano le litofacies a1=arg, c1=c ed s1=s. L'unità a1=arg è costituita da argille siltoso-sabbiose grigiastre, talora marnose e lignitifere, lacustri e di fronte deltizio. Possono essere massicce o presentare laminazione pianoparallela orizzontale. Contengono resti di vegetali e molluschi dulcicoli. L'unità s1 è costituita da sabbie giallastre medio-grossolane massicce e sabbie medio fini a laminazione inclinata piana anch'esse di colore giallastro e da limi sabbiosi grigiastri, talvolta giallastri, massivi. L'unità c1 è costituita da ciottolami giallo-grigiastri da subangolosi a mediamente arrotondati e tessitura da matrice a casto sostenuta, con intercalazioni di sabbie medio-grossolane e limi sabbiosi giallastri massivi. Le unità c1 ed s1 affiorano estesamente in località Ponzalla.

Descrizione litotecnica di campagna: attenendosi alla *Guida schematica alla definizione di unità litologico-tecniche (U.L.T.) nel "substrato" e nella "copertura"* –Regione Toscana (Ferrini & Calosi, ed. 2000; Ferrini, ed.2002), questa unità è riferibile all'U.L.T. F2.s4/5 (materiale coesivo moderatamente consistente).

Pleistocene inferiore

SUBSTRATO PRE-PLIOCENICO

Il substrato affiora esclusivamente nelle aree di Ponzalla, di La Castellana e di Marcoiano. Esso è costituito da terreni riferibili al Dominio Toscano (Unità Tettonica Acquerino) e al Dominio Ligure Esterno (Unità tettonica Morello).

Unità tettonica Acquerino

E' qui costituita dal membro basale della Formazione dell'Acquerino e dalle sottostanti Marne Varicolori di Villore.

Formazione dell'Acquerino

A scala regionale questa formazione, con una potenza complessiva di oltre 1.000 metri, rappresenta un singolo sistema deposizionale torbido ed è stata suddivisa in tre membri (AQR1, AQR2 e AQR3) che presentano una generale diminuzione del rapporto arenaria-pelite e dello spessore degli strati dal basso verso l'alto della formazione. Le impronte di fondo indicano una provenienza da ONO.

Membro arenaceo-pelitico (AQR1)

Alternanze arenaceo-pelitiche in strati gradati da medi a molto spessi e banchi, con base arenitica a granulometria da fine a grossolana in relazione allo spessore dei livelli di arenite. Le arenarie sono di colore grigio al taglio e marrone all'alterazione. Il rapporto arenaria/pelite è > 1 ed aumenta verso il basso. Contatto inferiore netto o per breve alternanza con MVV. Affiorano nell'area di Ponzalla e di La Castellana- Marcoiano (Figg. 3.1 e 3.2).

Descrizione litotecnica di campagna: attenendosi alla Guida schematica alla definizione di unità litologico-tecniche (U.L.T.) nel “substrato” e nella “copertura” –Regione Toscana (Ferrini & Calosi ed., 2000; Ferrini ed., 2002), questo membro è riferibile all’U.L.T. B3.r1/4.d4/5.c4/5. Chattiano terminale-Aquitaniaco MNN1a-MNN1indiff.



Fig. 3.1 – Formazione dell’Acquerino, membro arenaceo-pelitico (AQR1), affiorante nel fosso a SE di Ponzalla.



Fig. 3.2 – Formazione dell’Acquerino, membro AQR1, affiorante nell’area di Marcoiano a SE del paese.

Marne varicolori di Villore (MVV)

Marne e marne argillose intensamente foliate di colore grigio chiaro-verdastro e talora rosso-vinaccia. Contatto inferiore non affiorante poiché la formazione risulta sempre interessata da superfici di sovrascorrimento. Affiorano nelle aree di Ponzalla e di La Castellana-Marcoiano (Figg. da 3.3 a 3.6).

Descrizione litotecnica di campagna: attenendosi alla *Guida schematica alla definizione di unità litologico-tecniche (U.L.T.) nel “substrato” e nella “copertura”* –Regione Toscana (Ferrini & Calosi ed., 2000; Ferrini ed., 2002), questo membro è riferibile all’U.L.T. B2.r5/6.d4/5.c4/5. *Chattiano-Aquitani*o MNP25a-MNN1d



Fig. 3.3 – Marne Varicolori di Villore (MVV) affioranti a Ponzalla.



Fig. 3.4 – Marne Varicolori di Villore (MVV) affioranti a Ponzalla.



Fig. 3.5 – Marne varicolori di Villore (MVV), affioranti immediatamente a N dell’abitato di Marcoiano.



Fig. 3.6 – Contatto tra Marne varicolori di Villore (MVV) (a destra) e la Formazione dell’Acquerino (AQR1) affiorante lungo la strada che collega La Castellana a Marcoiano. In questo caso gli strati presentano una giacitura rovesciata.

Unità tettonica Morello

Formazione di Sillano (SIL)

Argilliti, talora marnose, in bande verdi, grigie e nerastre al taglio fresco e nocciola in superficie alterata, in strati sottili con intercalate calcilutiti grigie, siltiti ed areniti in strati gradati sottili. Il rapporto argilla/calcare varia da maggiore a molto maggiore di 1. La deformazione tettonica molto intensa dà origine ad una foliazione estremamente pervasiva nelle argilliti, mentre i livelli più competenti si presentano fortemente tettonizzati e discontinui. Si ritrova sub-affiorante a SO del

paese di Castellana (Fig. 3.7), in destra idrografica del fosso della Castellana (Fogli in scala 1:2000 24302 e 24301).

Descrizione litotecnica di campagna: attenendosi alla *Guida schematica alla definizione di unità litologico-tecniche (U.L.T.) nel “substrato” e nella “copertura”* –Regione Toscana (Ferrini & Calosi ed., 2000; Ferrini ed., 2002), questo membro è riferibile all’U.L.T. B5.r5/6.d4/5.c4/5 .
Cretaceo sup.-Eocene inf.



Fig. 3.7 –Aspetto caratteristico dei terreni costituiti dalla Formazione di Sillano; si noti anche l’estrema franosità.

Geomorfologia dell’area

L’area studiata è ubicata in una zona caratterizzata da blande colline e aree a bassa energia del rilievo a parte le frazioni di Ponzalla e di Castellana-Marcoiano dove la morfologia, influenzata da rocce più competenti, si presenta più aspra. Le colline sono formate dalle argille fluvio-lacustri, mentre nelle aree pianeggianti sono individuati tre ordini di terrazzi alluvionali. Modeste fasce di colluvio raccordano i depositi argillosi con i terrazzi, mentre gli eventi franosi sono classificabili come scivolamenti rotazionali e scivolamenti traslativi che prevalgono in corrispondenza della Formazione dell’Acquerino con litotipi stratificati e a diversa competenza.

Sui depositi argillosi sono spesso presenti fenomeni di soliflusso generalizzato.

Le aree studiate ubicate presso Scarperia sono caratterizzate da ampie zone a bassa energia del rilievo, che corrispondono ai tre ordini di terrazzi alluvionali. I terrazzi del 2° e 3° ordine si trovano quasi sempre nei fondovalle, mentre il terrazzo più alto, appartenente per l’appunto all’unità di Scarperia, si trova al di sopra dei depositi argillosi fluvio lacustri oppure sopra le formazioni litoidi. Probabilmente la morfologia originaria di questo terrazzo doveva estendersi lungo tutto il bacino del Mugello, data la sua presenza nelle aree di cresta più elevate, e non vincolata alle attuali valli fluviali. I depositi di questa unità rappresentano con tutta probabilità i lembi relitti di un’antica piana alluvionale, la cui erosione è stata determinata da un abbassamento del livello di base locale dei corsi d’acqua.

Ampie fasce di colluvio correlano le argille ai terrazzi, mentre frequentemente si trova materiale detritico a raccordare le formazioni litoidi con i terrazzi alluvionali. Presso Scarperia, in virtù delle coperture presenti e dei depositi fluvio-lacustri e quindi della loro granulometria fine, prevalgono i

depositi eluvio-colluviali che costituiscono fasce lungo le scarpate di terrazzo e corpi di frana legati a movimenti di tipo scivolamento rotazionale.

Nella frazione di Ponzalla si trovano accumuli di detrito di versante all'interno degli impluvi, accumuli costituiti da matrice sabbioso-limosa e da clasti eterometrici in prevalenza arenitici.

Le frane, frequenti nella porzione settentrionale della frazione, si impostano al di sopra del substrato roccioso e sono classificate come movimenti di scivolamento rotazionale favoriti dall'alternanza di strati pelitici e arenitici dell'AQR1 e dalla loro giacitura a franapoggio.

A causa della maggiore energia del rilievo gli accumuli di detrito di versante e i depositi di frana sono frequenti nelle frazioni di Marcoiano-La Castellana. L'alternanza di marne e arenarie del substrato favorisce movimenti franosi di tipo scivolamento traslativo in genere stabilizzati e impostati sui versanti prossimi agli abitati di La Castellana e de La Costa più a Sud.

Il contesto geomorfologico di S. Agata è simile a quello analizzato per Scarperia, in quanto anche in quest'area non sono presenti affioramenti di substrato. Le coperture che affiorano sono costituite da depositi fluviali del Bacino del Mugello e dai depositi fluvio-lacustri. Sono inoltre presenti estese fasce di depositi eluvio-colluviali lungo le scarpate di terrazzo e fenomeni franosi di scivolamento rotazionale stabilizzati.

Per maggiori dettagli si rimanda alle fotografie in figg. da 3.8 a 3.13.



Fig. 3.8 - Scivolamento a Sud-Ovest di Castellana.



Fig. 3.9 - Vista panoramica della frana di ampie dimensioni a Nord di Castellana.



Fig. 3.10 - Ampia fascia di detrito di versante a Nord di Marcoiano



Fig. 3.11 - Corpo di Frana reinciso dal Fosso del Tufo a Nord Ovest di Marcoiano.



Fig. 3.12 - Opere di sistemazione di versante sotto il Castello di Scarperia



Fig. 3.13 - Scivolamento a Sud-Est del centro urbano di Scarperia.

Inquadramento Tettonico

Nell'area di Ponzalla è presente un sovrascorrimento che sovrappone MVV su AQR1, la cui superficie ha una direzione circa nord-sud ed immergente ad ovest. Questo fa parte di una serie di scaglie tettoniche che interessano l'Unità Acquerino in quest'area.

L'area di la Castellana - Marcoiano è caratterizzata dalla presenza di un sovrascorrimento ad andamento NNO-SSE e vergenza verso OSO (cioè un *back-thrust*) che porta il membro arenaceo-pelitico (AQR1) della Formazione dell'Acquerino a sovrapporsi tettonicamente su di uno spezzone della successione miocenica che qui si presenta a giacitura rovescia. Al di sotto della superficie di accavallamento, infatti, si ritrovano le Marne Varicolori di Villore (MVV) che passano verso il basso alle arenarie della Formazione dell'Acquerino. Lungo il versante in destra idrografica del Fosso della Castellana, il rilevamento ha evidenziato la presenza delle argilliti della Formazione di Sillano che, considerati i rapporti geometrici esistenti tra le varie unità tettoniche, potrebbero risultare implicati in questo sistema di retroscorrimenti.

Sono note in letteratura alcune faglie ad andamento NE-SW che segmentano il bacino e che hanno controllato i meccanismi di sedimentazione e di deformazione dei depositi quaternari. Queste faglie si ubicano lungo le direttrici Scarperia – S. Piero a Sieve e Lattaia – Sagginale, si trovano sepolte dai sedimenti quaternari non mostrano evidenze di attività tettonica recente.

Secondo BENVENUTI (1997) il bacino del Mugello si può suddividere in tre zone con diverse caratteristiche deformative e suddivise dalle due strutture trasversali suddette: la zona centrale presenta i sedimenti fluvio-lacustri altamente deformati mentre le due zone periferiche presentano una minore deformazione a carico dei sedimenti stessi. I diversi gradi di deformazione che si rilevano dalla giacitura dei depositi prossimali pleistocenici, possono essere il prodotto di un'attività delle strutture trasversali tipo *transfer-fault*, che hanno svincolato le diverse zone del bacino.

Osservando lo schema tettonico della fig. 3.14 e 3.15 (MARTINI & SAGRI, 1993; BENVENUTI, 1996) si nota la presenza di un sistema di faglie ad orientamento anti-appenninico che si trova nella porzione orientale del bacino e che risulta coevo con i sistemi di faglie della Sieve e di Ronta, dato che interferisce con questi ultimi. L'attività recente di questo sistema trasversale è supportato inoltre

dalla presenza di microattività sismica secondo allineamenti trasversali all'asse del bacino (BULGARINI D'ELCI et alii, 1977). Recenti studi sulla sismicità storica, attraverso una rivalutazione ed una nuova elaborazione dei dati macrosismici (VANNUCCI, 1999) avanzano l'ipotesi che la struttura che ha dato origine al terremoto avvenuto in Mugello nel 1919, sia orientata in senso trasversale al bacino.

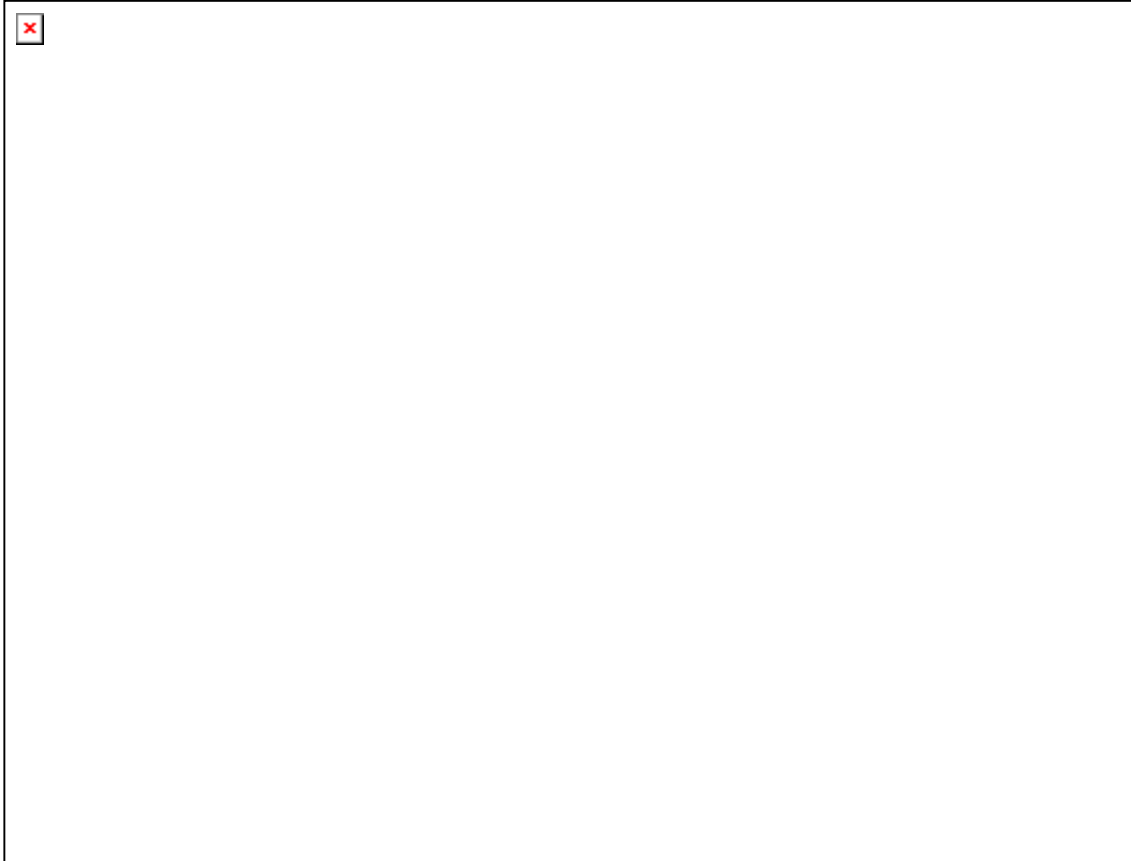


Fig.3.14 - Inquadramento geologico e tettonico dell'area del Mugello (Delle Donne, Piccardi, Sani, 2002).

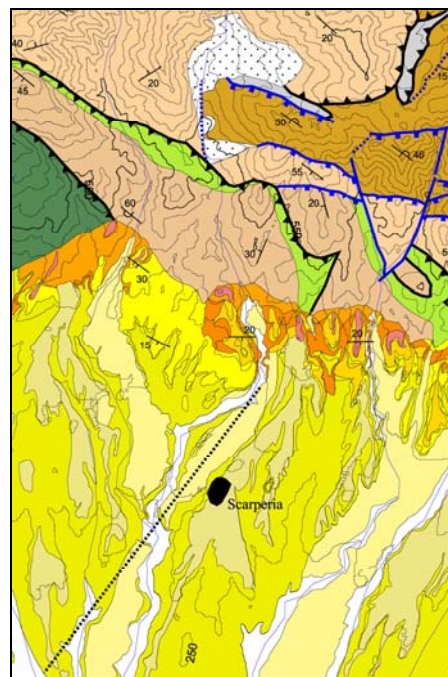


Fig. 3.15 - Particolare della geologia dell'area presso Barberino di Mugello (Delle Donne, Piccardi, Sani, 2002).

4.0. Dati geotecnici e geofisici

Dal rilievo geologico e geomorfologico eseguito nell'area di Scarperia in località capoluogo e nelle frazioni principali erano emerse numerose problematiche e diversi aspetti da definire con l'obiettivo di ricostruire in maniera dettagliata il modello geologico di sottosuolo attraverso la parametrizzazione dei terreni investigati e la ricostruzione delle geometrie sepolte.

In primo luogo si è cercato di definire i depositi di copertura superficiali (detrito di versante, depositi alluvionali) e di fornire la geometria dei corpi assieme ad una necessaria parametrizzazione geofisica. A tal fine, le indagini eseguite nel Capoluogo sono state finalizzate alla determinazione delle velocità delle onde di rifrazione all'interno degli orizzonti alluvionali e fluvio-lacustri per poter poi risalire a valori caratteristici di V_{S30} .

Un'altra problematica che è stata affrontata era connessa con la conoscenza dello spessore e delle velocità delle onde delle coperture presenti nell'area di raccordo con i rilievi dove lo spessore della copertura tende a rastremarsi ed assottigliarsi e pertanto poteva contribuire a provocare importanti fenomeni di amplificazione sismica sia di natura stratigrafica che dovuta a morfologie sepolte.

Per approfondire tali problematiche e soprattutto per determinare spessori, geometrie e parametri dinamici (in particolare le velocità V_{SH}) sono state quindi svolte successive campagne di indagini geofisiche di sismica a rifrazione in onde P e SH, indagini geotecniche e geofisiche in foro di tipo down-hole con onde P e SH e prove di laboratorio sui campioni indisturbati prelevati nel corso dei sondaggi geotecnici.

Nello specifico le campagne di indagini sono riassunte nella tabella allegata (Tab.4.1, 4.2, 4.3) e sono state le seguenti:

- a) campagna di indagini di sismica a rifrazione per il *Programma di Valutazione della Vulnerabilità sismica delle aree produttive (Programma DOCUP Toscana 2000-2006 – Prog. d'area Prov. di Firenze)*, eseguita nell'Ottobre del 2004 (n.1 linea di sismica a rifrazione);
- b) campagna di indagini di sismica a rifrazione per il *Programma di Valutazione della Vulnerabilità sismica degli Edifici Scolastici (Scuola Media e Materna, Scuola Elementare)*, eseguite nel Novembre del 2005 (n.2 linee di sismica a rifrazione);
- c) campagna di indagini geotecniche e geofisiche in foro per il *Programma di Valutazione della Vulnerabilità sismica degli edifici scolastici (Scuola Media e Materna, Scuola Elementare)*, eseguita nel Luglio 2006 (n.2 sondaggi + DH + analisi di laboratorio);
- d) campagna di indagini geotecniche e geofisiche in foro per il *Programma di Valutazione della Vulnerabilità sismica delle aree produttive (Programma DOCUP Toscana 2000-2006 – Prog. d'area Prov. di Firenze)*, eseguita nel Febbraio 2007 (n.1 sondaggio + DH + analisi di laboratorio);
- e) campagna di indagini geofisica di superficie, geotecnica e geofisica in foro per il *Programma di Valutazione della Vulnerabilità sismica degli edifici pubblici strategici (Palazzo comunale, Sede Polizia Municipale e Magazzino Comunale - DCR 3846/2010)*, eseguita nel Marzo 2011 (n.1 sondaggio + DH + n.3 linee di sismica a rifrazione).

In aggiunta a tali indagini sono state realizzate anche n. 3 prove penetrometriche CPT nell'ambito del Progetto VEL, ad integrazione delle precedenti indagini in corrispondenza degli edifici pubblici del Comune.

Infine per la predisposizione del presente di *studio di Microzonazione Sismica dei centri urbani* è stato necessario realizzare ulteriori n.6 linee sismiche a rifrazione (ST7-8-9-10-11-12) e n.1 sondaggio a c.c. con realizzazione di prova down-hole in foro (S5). Tali indagini sono state realizzate nelle frazioni di Sant'Agata, Castellana, Marcoiano e Ponzalla.

I risultati di tutte le indagini geofisiche, geotecniche e geofisiche in foro sono riportati nel DVD allegato.

Tab.4.1 – Elenco delle linee sismiche realizzate

LOCALITA'	SIGLA	LUNGHEZZA	DATA ESECUZIONE	DATA CONSEGNA	IMPRESA	PROGRAMMA	SIGLA BANCA DATI
Capoluogo	ST1	120	nov-05	12/12/2005	Igetecma	VEL	PSpsh3_VEL_ST1
Capoluogo	ST2	120	ott-04	30/11/2004	Igetecma	DOCUP	PSpsh1_DOCUP_ST2
Capoluogo	ST3	120	nov-05	12/12/2005	Igetecma	VEL	PSpsh2_VEL_ST3
Capoluogo	ST4	120	feb-11	10/02/2011	Igea	VEL	PSpsh4_VEL_ST4
Capoluogo	ST5	120	feb-11	10/02/2011	Igea	VEL	PSpsh5_VEL_ST5
Capoluogo	ST6	120	feb-11	10/02/2011	Igea	VEL	PSpsh6_VEL_ST6
Ponzalla	ST7	72	set-12	04/10/2012	Igea	VEL	PSpsh7_VEL_ST7
Sant'Agata	ST8	210	set-12	04/10/2012	Igea	VEL	PSpsh7_VEL_ST8
Marcoiano	ST9	96	set-12	04/10/2012	Igea	VEL	PSpsh7_VEL_ST9
Ponzalla	ST10	120	set-12	04/10/2012	Igea	VEL	PSpsh7_VEL_ST10
Castellana	ST11	120	set-12	04/10/2012	Igea	VEL	PSpsh7_VEL_ST11
Sant'Agata	ST12	120	set-12	04/10/2012	Igea	VEL	PSpsh7_VEL_ST12

Tab.4.2 – Elenco dei sondaggi e delle prove down-hole realizzate

LOCALITA'	SIGLA	PROF	D.L.	IMPRESA	DATA ESECUZIONE	DATA CONSEGNA	PROGRAMMA	SIGLA BANCA DATI	DATA ESECUZIONE DH	IMPRESA DH
Capoluogo	S1	30	Pini	Gea	06/07/2006	09/10/2006	VEL	Sg1_VEL_S1	02/08/2006	Methodo
Capoluogo	S2	30	Pini	Gea	05/07/2006	09/10/2006	VEL	Sg2_VEL_S2	nov-05	Methodo
Capoluogo	S3	30	Vannini	Methodo	16/02/2007	12/03/2007	DOCUP	Sg3_VEL_S3	02/08/2006	Methodo
Capoluogo	S4	31	Tofacchi	Geoprogetti	31/02/2011	30/04/2012	VEL	Sg4_VEL_S4	mag-11	Tecnogeo
Sant'Agata	S5	25	Baglione	Soilttest	27/09/2012	03/10/2012	VEL	Sg5_VEL_S5	ott-12	Galileo Geofisica

Tab.4.3 – Elenco delle analisi di laboratorio statiche e dinamiche eseguite sui campioni indisturbati prelevati

Sondaggio	Campione	Profondità	Apertura	W	γ	G_s	GR Vagliatura	GR Sedimentazione	LL/LP	RIC	EDO/CRS	DS/RS	CIU	CID	RC/TS	VTL	Ciclica	LOCALI
S3	SH1	11.00-11.30	1	1	1	1	1	1	1		1		1		1	1		

CANTIERE	SOND	CAMP	APERT	W	γ	G_s	VAGLIO	SEDIM	LL	EDO	DS	RC
P.zza Boccaccio	S4	CI1	1	1	1	1	1	1	1		3	
P.zza Boccaccio	S4	CI2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1

Tabella 2 Prove eseguite

N.	Cantiere	Sondaggio	Campione	Contenuto d'acqua naturale	Peso di volume naturale	Peso specifico rg	Limiti di Atterbe	Granulometria e Aerometria	Edometria	Taglio diretto	Colonna risonante / Taglio torsionale ciclico	Triassiale ciclica
1	Scarperia (FI)	S1	C1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Scarperia (FI)	S1	C2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Scarperia (FI)	S2	C1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Scarperia (FI)	S2	C2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

LEGENDA

D C	Apertura e descrizione cam pione
W	Contenuto d'acqua
γ_u	Peso di volume
γ_s	Peso specifico dei grani
GR -vaglio	Granulometria per vagliatura
GR -sedim	Granulometria per sedimentazione
L L P	Limiti di liquidi e plastici
E D O	Edometria ad incremento di carico (IL) o a velocità di deformazione costante (CRS)
CR S	Edometria a velocità di deformazione costante (CRS)
D S / R S	Taglio diretto (D S) o taglio anulare (R S)
U U	Triassiale non consolidata e rottura non drenata
C I U -C K U U	Prova triassiale consolidata isotropica mente/an isotrop. e rottura non drenata
C I D -C K U D	Prova triassiale consolidata isotropica mente/an isotrop. e rottura drenata
R C	Colonna risonante
T S	Taglio torsionale ciclico
T X -C I C L I C A	Prova triassiale ciclica
V T L	Misura del tempo di velocità di propagazione delle onde di taglio Vs
T X -L O C A L I	Prova triassiale consolidata isotropica mente/an isotrop., rottura drenata/non drenata con

Parallelamente all'esecuzione della campagna geofisica di superficie è stata condotta monitoraggio sismometrico (Vedi risultati nel DVD allegato) a cura del DST dell'Università di Firenze. L'analisi è stata realizzata mediante l'utilizzo di sette stazioni sismiche triassiali appartenenti alle rete mobile del Laboratorio di Geofisica Sperimentale del Dip.to di Scienze della Terra, che sono state installate in 13 diversi siti di indagine distribuiti uniformemente sul territorio ed in accordo con le condizioni geologiche del territorio (vedi carta delle indagini per la relativa ubicazione). I siti sono stati scelti mediante sopralluoghi congiunti con i tecnici del Coordinamento Regionale Prevenzione Sismica della Regione Toscana.

Ogni stazione sismica utilizzata è costituita da un digitalizzatore Guralp a 24 bits e un sismometro triassiale Lennartz 3D/5sec con sensibilità di 400 V/m/s e frequenza di oscillazione propria di 0.2 Hz.

Mediante tali stazioni è stato possibile valutare il rapporto spettrale tra la componente orizzontale e quella verticale del rumore sismico registrato (HVSr); ciò al fine di poter valutare qualitativamente l'amplificazione delle onde sismiche nella coltre sedimentaria, nell'ipotesi che la componente verticale del rumore non subisca significative variazioni.

Tutte le indagini eseguite, come risulta dalle tabelle riepilogative sono state realizzate da imprese specializzate nel settore attraverso procedure di appalto pubblico coordinate dal Comune di Scarperia oppure dalla Regione Toscana; sono state successivamente validate da apposita Commissione di Collaudo costituita da rappresentanti della comunità scientifica nazionale sia per gli aspetti di natura geologico-stratigrafica, sia per gli aspetti di natura geofisica e geotecnica e sono disponibili in formato .pdf sul seguente sito web:

<http://www.rete.toscana.it/sett/pta/sismica/lr56/VEL/indagini/mugello/scarperia/scarperia.htm>

Inoltre, in aggiunta a tutte le suddette indagini geognostiche realizzate nell'ambito del Programma VEL che forniscono le principali informazioni per la caratterizzazione del modello geologico di sottosuolo, è stata effettuata un'operazione di recupero dei dati geognostici pregressi mediante la consultazione di archivi esistenti.

Nello specifico sono stati consultati e acquisiti i seguenti dati:

- n.60 pozzi ad uso idropotabile con stratigrafia reperiti dall'archivio pozzi della Provincia di Firenze;
- n.22 sondaggi geognostici con stratigrafie reperiti dall'archivio sondaggi della Provincia di Firenze;
- n.13 pozzi con stratigrafia nota reperiti dalla Banca dati ISPRA;
- n.7 sondaggi geotecnici reperiti dalla "Carta dei dati di base" allegata allo Strumento Urbanistico Comunale;
- n. 3 prove geofisiche di tipo MASW reperite presso l'archivio dei dati geognostici dell'Ufficio Tecnico del Genio Civile di Firenze;
- n. 5 indagini di sismica a rifrazione con onde P e SH reperite dall'archivio dei dati geognostici dell'Ufficio Tecnico del Genio Civile di Firenze;
- n. 16 indagini geotecniche reperite dall'archivio dei dati geognostici dell'Ufficio Tecnico del Genio Civile di Firenze.

5.0. Modello del sottosuolo

A seguito di tutte le indagini geologiche, geofisiche e geotecniche svolte nell'area di indagine del Comune di Scarperia, sono stati ricostruiti per ciascuna area dei modelli geologici, geofisici e geotecnici di sottosuolo; definendo altresì la/e sezione/i geologica/che rappresentativa/e dell'area e fornendo una parametrizzazione geofisica e geotecnica di riferimento. Naturalmente è opportuno sottolineare che tale parametrizzazione poiché deriva dalle indagini eseguite risulta indicativa e non deve quindi essere utilizzata a scala di progettazione.

Come indicato nel capitolo precedente le indagini sono state effettuate tutte nella zona di Scarperia, all'interno del centro abitato e delle sue frazioni e presso l'area produttiva a SW.

Per quanto concerne il **centro storico di Scarperia e la sua zona produttiva** sono state realizzate n.6 linee di sismica a rifrazione (ST1-2-3-4-5-6) e n.4 sondaggi (S1, S2, S3 e S4) con relative prove down-hole e analisi di laboratorio. Dalle indagini svolte opportunamente integrate tra loro e con l'ausilio dei rilievi geologici eseguiti nell'area emerge la presenza di una copertura caratterizzata da depositi fluviali del Bacino del Mugello (**SIV1, SIV2, SIV3**) di spessore non superiore ai 15m complessivi poggianti generalmente sui depositi fluvio-lacustri fini di natura argillosa (**MOG2a2**). Il substrato roccioso è molto profondo e si attesta intorno ai 250-300m di profondità, come risulterebbe dalle analisi di rumore ambientale eseguite (HVSr).

Le sezioni geologiche AA'-BB'-CC'-DD'-EE'-FF', le cui ubicazioni sono riportate in figg. 5.1 e 5.2, sono riportate integralmente nel DVD allegato.

Un esempio, relativo alla sezione AA', è riportato in fig. 5.3.

Osservando le sezioni geologiche si nota che l'**Unità di Scarperia (SIV1)**, essendo l'unità più antica, è collocata a quote superiori (tra i 270 e i 290 metri di quota) rispetto alle altre due unità e costituisce la superficie terrazzata al di sopra della quale si imposta l'intero abitato del Capoluogo. I depositi alluvionali presentano uno spessore variabile da 7m ad un massimo di circa 10-15m con Vs compresa tra 226 a 300 m/sec e sono in prevalenza costituiti da sabbie limose o limo-argillose addensate, da medie a fini, e con passaggi di ghiaie con composizione arenitica e siltitica. I valori medi di SPT oscillano tra 9 e 52 colpi.

Le successive due unità presenti a quote inferiori all'interno dell'area di studio prevalentemente costituite da ghiaia e ciottoli, ghiaia sabbiosa e limosa da addensata a molto addensata con clasti di natura arenitica, siltitica e calcarenitica.

Per quanto concerne i **depositi eluvio-colluviali (b8)**, che costituiscono delle estese fasce di raccordo lungo le scarpate dei singoli terrazzi, e il **detrito di versante (a)**, generalmente confluito all'interno degli impluvi, non è stato possibile rilevare i parametri geofisici poiché, non interessando le aree adiacenti agli edifici indagati, non sono state programmate indagini al di sopra di esso. Il detrito è caratterizzato da matrice con granulometria da sabbia limosa a sabbia grossolana con abbondanti inclusi di natura siltitica ed arenitica.

Al di sotto dei depositi alluvionali e in abbondanti affioramenti lungo le scarpate che separano i terrazzi dell'Unità di Scarperia dai sottostanti, troviamo i **depositi fluvio-lacustri del Bacino del Mugello (Unità MGO2-a2)** costituiti da argille limose di colore grigio-avana da consistenti a molto consistenti. Questi depositi sono caratterizzati da velocità delle onde SH comprese tra 226m/s e 390m/s e da valori medi di SPT compresi tra 31 e 50 colpi.

Nella zona di Scarperia non sono presenti affioramenti di *bedrock* sismico che, non essendo individuato da nessuna delle indagini effettuate, risulta avere una profondità superiore ai 250m.

L'**area produttiva di Scarperia** presenta una situazione geologica e strutturale molto simile a quella esaminata in precedenza, in virtù anche della breve distanza dal Capoluogo.

In questa zona è stata eseguita una sola stesa di sismica a rifrazione (ST2) ed un unico sondaggio geognostico (S3) con relativa down-hole ed analisi di laboratorio sui campioni prelevati.

I depositi alluvionali dell'Unità di Scarperia (SIV1) presentano uno spessore compreso tra 6 e 10 metri, hanno valori di Vs variabili tra 114 m/s e 310 m/s e valori medi di SPT tra 8 e 24 colpi e sono costituiti da ghiaia arenacea addensata in matrice limoso sabbiosa.

Sono presenti coperture di **depositi eluvio-colluviali (b8)** lungo i versanti che bordano la vallecchia creata dall'erosione da parte del Fosso di Riomotoso ad Ovest dell'area produttiva.

Lungo le scarpate che delimitano i terrazzi alluvionali del SIV1 affiorano i **depositi fluvio-lacustri del Bacino del Mugello (Unità MGO2-a2)** presenti anche al di sotto dei depositi alluvionali come testimoniato dai risultati del sondaggio S3 e della stesa ST2.

Questi depositi presentano Vs comprese tra 200 m/s e 520 m/s e valori medi di SPT di circa 17 colpi.

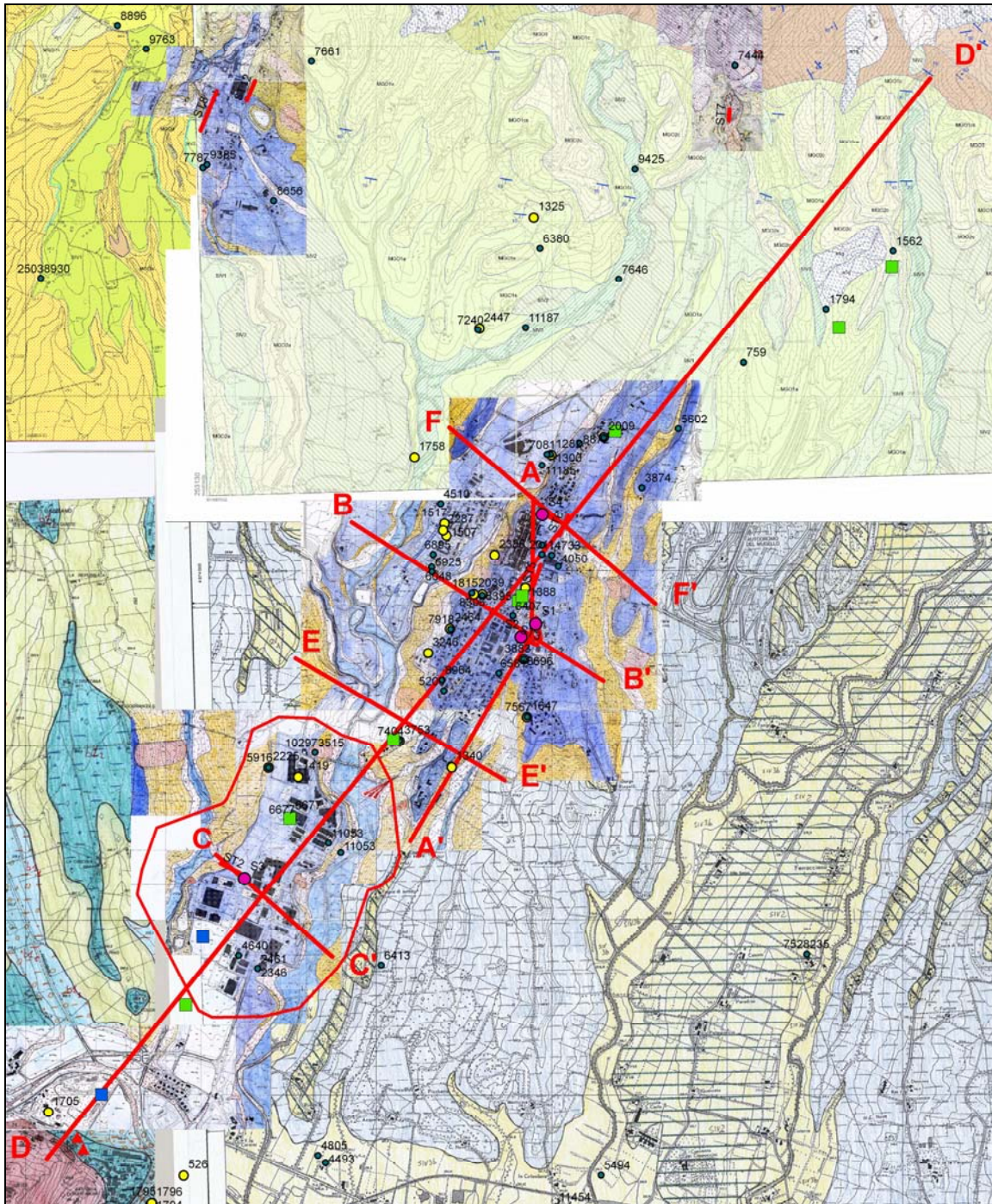


Fig. 5.1 – Cartografia con ubicazione di tutte le sezioni realizzate

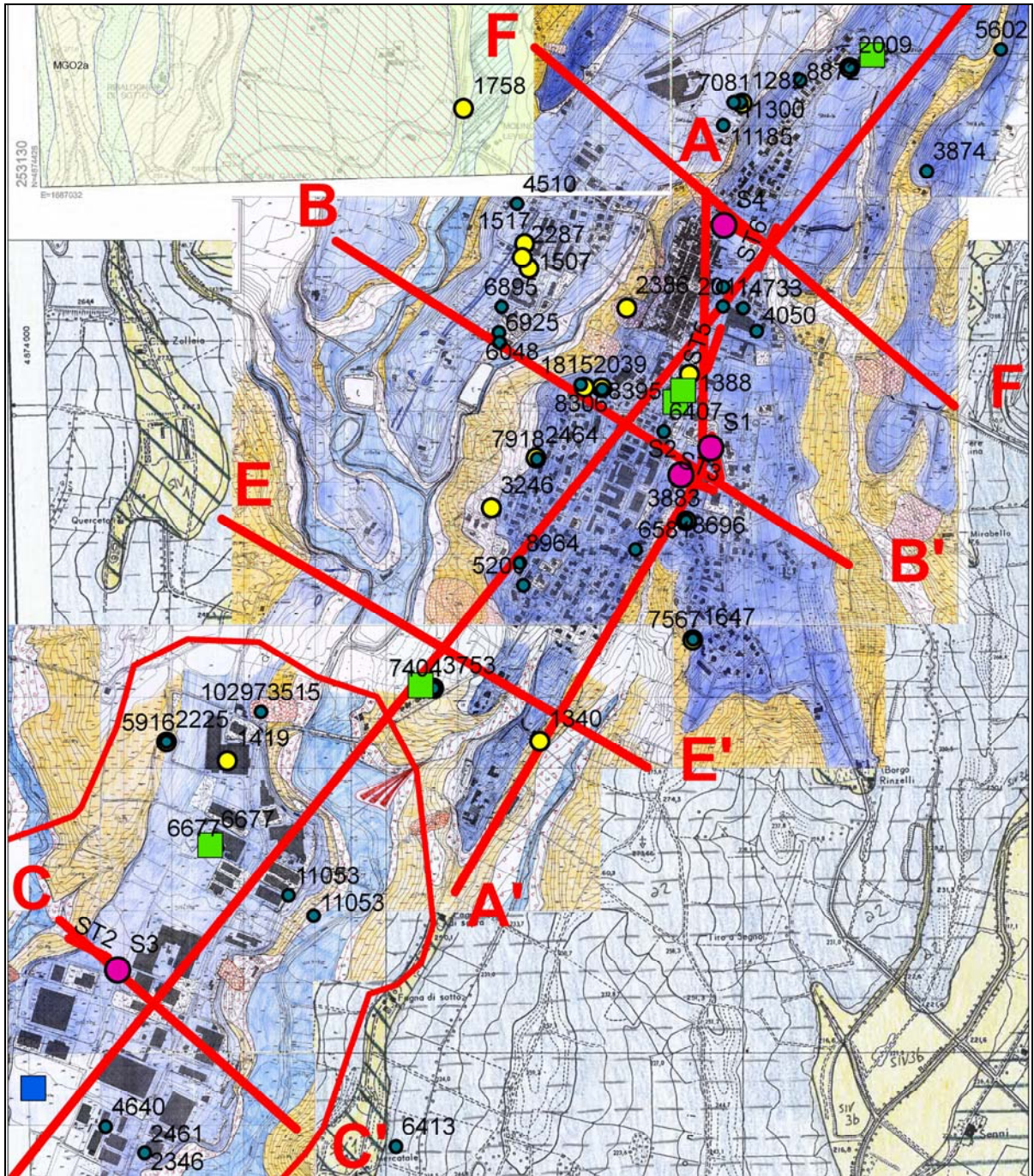


Fig. 5.2 – Cartografia con particolare dell'ubicazione delle sezioni AA', BB', CC', EE' e FF'



Fig. 5.3 – Sezione geologica AA' ubicata in corrispondenza del centro storico di Scarperia

Al modello geologico di sottosuolo definito sulla base dei rilievi geologici realizzati e delle indagini geognostiche e rappresentato sulla base delle n. 6 sezioni geologiche rappresentative, è stata associata una parametrizzazione geofisica media suddivisa per le varie formazioni geologiche e distinta nelle tab. 5.1 e 5.2 tra i parametri desunti dalle indagini geofisiche di superficie da quelli ricavati dalle indagini geofisiche in foro. Questi parametri sono stati usati per le analisi di modellazione bidimensionali.

E' importante precisare che tali parametri sono valori mediati tra tutti quelli disponibili all'interno del Comune. Nelle sezioni geologiche rappresentative i valori geofisici riportati sono invece desunti dalle prove geofisiche eseguite in corrispondenza delle verticali stesse.

Tab. 5.1 – Velocità geofisiche medie delle diverse formazioni geologiche, desunte dalle prove down-hole eseguite

Velocità Medie ⁽¹⁾ per le varie formazioni geologiche				
litologia	formazione	sigla	Vp	Vs
Depositi alluvionali costituiti da ciottolami, sabbie ed argille con spessori fino ad un massimo di circa 15m	Unità di Scarperia	SIV1	1050	300
Depositi fluvio-lacustri costituiti da argille e argille limose poco consistenti con spessore anche fino a 100-200m	Depositi fluvio-lacustri	MGO2a2	1670	330
(1) le velocità sono riprese dalle prove down-hole in foro				

Tab. 5.2 – Velocità geofisiche medie delle diverse formazioni geologiche, desunte dalle stese di sismica a rifrazione realizzate

Velocità Medie ⁽²⁾ per le varie formazioni geologiche				
litologia	formazione	sigla	Vp	Vs
clasti e ciottoli in matrice limoso-sabbiosa	Detrito di versante	a = dt	500	220
Depositi alluvionali costituiti da ciottolami, sabbie ed argille con spessori fino ad un massimo di circa 15m	Unità di Scarperia	SIV1	900	355
Depositi alluvionali costituiti da ciottolami, sabbie ed argille con spessori fino ad un massimo di circa 5m	Unità di Luco di Mugello	SIV2	750	450
Ghiaie e ciottolami rossastri e limi sabbiosi. Spessore circa 20-30m	Depositi fluvio-lacustri	MGO3	1250	390
argille e argille limose poco consistenti con spessore anche fino a 100-200m	Depositi fluvio-lacustri	MGO2 a2	1580	410
Sabbie giallastre prevalenti con intercalazioni di limi ed argille	Depositi fluvio-lacustri	MGO1s1	1500	450
argille siltose talora lignitifere con spessore anche fino a 100-200m	Depositi fluvio-lacustri	MGO1 a1	1650	780
Argilliti e marne prevalenti con intercalazioni arenaceo calcaree	Marne Varicolori di Villore	MVV	2500	800
Arenarie, marne, argilliti e siltiti	Formazione dell'Aquerino	AQR1	2700	1100
(2) le velocità sono riprese dalle linee sismiche a rifrazione				

6.0. Interpretazioni ed incertezze

Nell'ambito di uno studio di microzonazione sismica particolare attenzione deve essere posta alla numerosità e qualità dei dati geognostici che si hanno a disposizione. Tale aspetto influisce certamente sia sulle interpretazioni geologiche che verranno effettuate nelle fasi di analisi e di sintesi dei dati, sia nella gestione delle eventuali incertezze.

Sulla base dei molteplici dati a disposizione nell'ambito del presente studio e in relazione alla buona qualità di molte indagini (in quanto desunte dal Programma VEL), si ritiene che il grado di dettaglio dello studio sia sufficientemente affidabile e che le interpretazioni e le incertezze siano comunque contenute in funzione al grado di approfondimento dello studio che si intende perseguire. Fermo restando quanto evidenziato, naturalmente vi sono alcuni aspetti critici che potrebbero essere approfonditi in fasi successive e che si riassumono nei seguenti punti:

- maggiore precisione, tramite ulteriori indagini (es. geoelettrica, gravimetria...), nell'individuazione del bedrock sismico profondo al di sotto del capoluogo di Scarperia;
- località Sant'Agata – individuazione del bedrock sismico profondo al di sotto della copertura fluvio-lacustre, tramite ulteriori indagini dirette (es. sondaggi a distruzione, geoelettrica, sismica a riflessione ...);
- località Marcoiano-Castellana – eventuali approfondimenti sulle coperture franose di versante.

7.0 Metodologie di elaborazione e risultati

I dati acquisiti con il rilevamento geologico e con le indagini geofisiche e geotecniche in sito e di laboratorio vengono raccolti ed organizzati in una **banca dati geografica (Geographic Information System, "GIS")**.

Lo scopo è quello di poter gestire un quantitativo ingente di informazioni provenienti da diverse discipline e di integrare tali dati in modo oggettivo e dinamico, in modo da poterli modificare e aggiornare nel corso del progetto ed utilizzarli per scopi diversi, quali la semplice rappresentazione cartografica, l'estrazione dei dati sulla base di specifiche richieste dell'utente o l'analisi con diversi metodi.

La banca dati si sviluppa secondo due filoni strettamente dipendenti:

- 1) la banca dati geografica delle cartografia, geologica, geomorfologica e litotecnica ;
- 2) la banca dati delle indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche.

Per strutturare la banca dati è stato preso come riferimento lo “*Standard di rappresentazione e archiviazione informatica*” (versione 2.0 – Giugno 2012) del Dip.to della Protezione Civile Nazionale prodotto dalla “Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica” costituita ai sensi dell'art.5 comma 7 dell'OPCM 3907/2010.

Le entità cartografate vengono ricondotte a tre tipi di elementi geometrici: punti, linee, poligoni. Uno strato informativo è costituito da una tipologia di elementi geometrici (solo punti, solo linee, solo poligoni) connessi ad elementi descrittivi (tabelle). La digitalizzazione viene fatta con ArcGIS 9.2 View, la correzione geometrica e topologica viene effettuata con ArcInfo.

La banca dati geotecnica e geofisica è stata organizzata in un DBMS unico per le due tipologie di indagini: quelle riconducibili in un piano ad elementi puntuali (sondaggi geotecnici, prove down-hole, prove penetrometriche) ed ad elementi lineari (sismica a rifrazione). La banca dati è stata strutturata in modo da permettere l' estrazione e l' utilizzo delle informazioni inserite per l' analisi integrative attraverso sistemi GIS. Per ogni punto di indagine vengono inserite le coordinate geografiche nel sistema Gauss-Boaga, in modo di legare le informazioni descrittive a forme geometriche georeferenziate attraverso specifiche operazioni di conversione.

Di seguito si riporta lo schema logico (Fig.7.1) delle relazioni che devono essere implementate tra le tabelle di tipo alfanumerico che servono per archiviare i dati dei siti relativi alle indagini (puntuali e lineari) ed ai parametri ad esse collegate. La relazione con gli shapefile è stabilita attraverso i campi ID_SLN (Tabella Sito_Lineare) e ID_SPU (Tabella Sito_Puntuale). Ogni tabella è definita in maniera univoca secondo le specifiche tecniche nazionali riportate nel suddetto documento.

La banca dati completa di tutte le indagini (sia pregresse che di nuova acquisizione), le cartografie tematiche prodotte, i layout predisposti e le basi dati sono archiviate secondo una struttura di archiviazione dei file in cartelle in maniera standard seguendo lo schema indicato in tab. 7.1

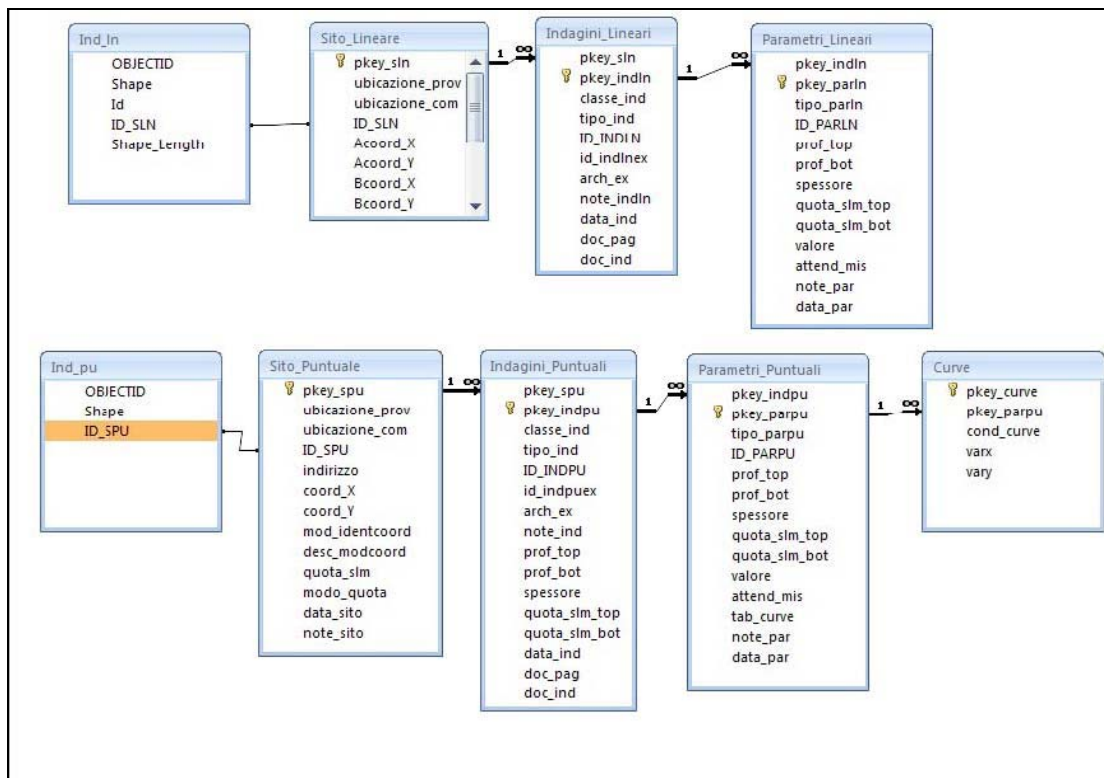


Fig. 7.1 – Relazione tra tabelle e shapefile

Tab. 7.1 – Modalità di archiviazione dei file nelle cartelle all'interno della Banca Dati

Nome cartella	Descrizione sintetica dei contenuti
<i>Nomecomune_S20</i>	Cartella principale contenente tutte le cartelle funzionali agli studi di microzonazione sismica. Questa cartella deve essere rinominata con il nome del Comune per il quale si sta eseguendo lo studio.
<i>BasiDati</i>	Nella cartella BasiDati andranno inserite le carte di base utilizzate (es. CTR) in formato <i>raster</i> o vettoriale georeferenziate.
<i>CLE</i>	Cartella contenente: <ul style="list-style-type: none"> • Gli <i>shapefile</i> per l'analisi cella CLE <ul style="list-style-type: none"> ○ CL_AC ○ CL_AE ○ CL_AS ○ CL_ES ○ CL_US • Il <i>database</i> CLE_db.mdb che contiene le tabelle relative alle schede: <ul style="list-style-type: none"> ○ scheda_ES ○ scheda_AE ○ scheda_AC ○ scheda_AS ○ scheda_US
<i>GeoTec</i>	Cartella contenente gli <i>shapefile</i> riferiti ad elementi geologici e idrogeologici: Epuntuali Elineari Forme Geoidr Geotec Cartella nella quale inserire il <i>raster</i> georeferenziato della Carta geologico – tecnica prodotta e il file "Legenda".
<i>Indagini</i>	Cartella contenente <ul style="list-style-type: none"> • gli <i>shapefile</i> delle indagini: <ul style="list-style-type: none"> ○ Ind_pu ○ Ind_ln • il database "CdI_tabelle" con le tabelle per l'archiviazione delle indagini • la cartella Documenti per inserire i documenti pdf delle Indagini_puntuali e delle Indagini_lineari
<i>MS1</i>	Contiene i seguenti <i>shapefile</i> Isosub Instab Stab
<i>MS2</i>	Identico contenuto della cartella MS1. Viene utilizzata per l'inserimento della Carta della microzonazione sismica di livello 2.
<i>MS3</i>	Identico contenuto della cartella MS1. Viene utilizzata per l'inserimento della Carta della microzonazione sismica di livello 3.
<i>Plot</i>	Cartella nella quale inserire file di stampa delle carte realizzate e la Relazione illustrativa.

<i>Progetti</i>	Cartella per eventuali progetti (per esempio .mxd realizzati in EsriArcGis®).
<i>Tools</i>	Cartella principale contenente la cartella “SoftCLE” nella quale è presente il pacchetto di installazione per il software di inserimento dati “softCLE”
<i>Vestiture</i>	Cartella per le vestiture realizzate (librerie e simboli). Al momento contiene “MS_CartaIndagini_20.style” utile alla rappresentazione cartografica dei simboli corrispondenti alle indagini. (Per utilizzare i file .style in ArcGis® selezionare lo StyleManager) Sono inoltre presenti i loghi della Conferenza delle regioni e delle Province Autonome e del Dipartimento della Protezione Civile, per il layout delle carte

Dall'insieme dei dati immagazzinati sono stati redatti ulteriori elaborati per la definizione della risposta sismica locale quali la cartografia delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica a partire dagli elaborati di base (MOPS), la Carta delle Frequenze fondamentali dei depositi, la Cartografia geologico-tecnica per la Microzonazione Sismica e la Carta delle indagini. Tali cartografie sono state informatizzate seguendo le indicazioni, i criteri, le legende tipo e le colorazioni previste dagli “*Standard di rappresentazione e archiviazione informatica*” (versione 2.0 – Giugno 2012).

Tutte le indagini geognostiche eseguite nel Comune di Scarperia, sono anche disponibili in formato .pdf sul seguente sito web:

<http://www.rete.toscana.it/sett/pta/sismica/lr56/VEL/indagini/mugello/scarperia/scarperia.htm>

dove è possibile scaricare gratuitamente le cartografie geologiche e geomorfologiche in scala 1:10.000 e 1:2.000 in formato raster georeferenziato (.ecw); le stese sismiche a rifrazione con onde P e SH (sia le sezioni sismostratigrafiche originali della ditta, sia quelle reinterperate, sia le sezioni litostratigrafiche), i log-stratigrafici dei sondaggi geotecnici e i diagrammi delle dromocrona delle prove down-hole eseguite e i certificati delle prove statiche e dinamiche di laboratorio sui campioni indisturbati prelevati.

Tutti i dati geofisici ricavati dalle indagini geofisiche a rifrazione e geofisiche in foro di tipo down-hole sono stati diagrammati attraverso una serie di grafici al fine di verificarne la loro variabilità in relazione ai litotipi di riferimento.

I parametri elasto-dinamici presi in considerazione sono Vp, Vs e rapporto Vp/Vs.

A titolo esemplificativo si riporta in Fig. 7.2 e Fig. 7.3 la distribuzione per litotipi delle velocità delle onde di taglio in funzione delle velocità delle onde compressionali. In Fig. 7.2 è riportata la distribuzione delle velocità ricavate dalle indagini di sismica a rifrazione, in fig. 7.2 le velocità ricavate dalle down-hole.

Osservando la distribuzione delle velocità ricavate dalla rifrazione in onde P e SH e dalle prove down-hole in foro (Fig. 7.2-7.3) si nota la presenza di gruppi di punti caratterizzati da Vs differenziate in relazione alla litologia di appartenenza. In particolare mentre sia i detriti (dt=a) che i riporti sono ben distinti, gli altri depositi alluvionali e fluvio-lacustri presentano velocità medie delle onde di taglio molto vicine tra loro.

Solo i depositi fluvio-lacustri (MGO1 a1) presentano velocità abbastanza più alta dei precedenti.

Per quanto riguarda i substrati rocciosi presenti, l'Unità Acquerino (AQR1) possiede sempre velocità delle onde di taglio superiori ai 1000m/sec, mentre le Marne Varicolori di Villore (MVV) possiedono due separate “facies” sismiche, la prima con velocità paragonabili all'Unità Acquerino, mentre la seconda con velocità Vsh sempre inferiori agli 800m/sec.

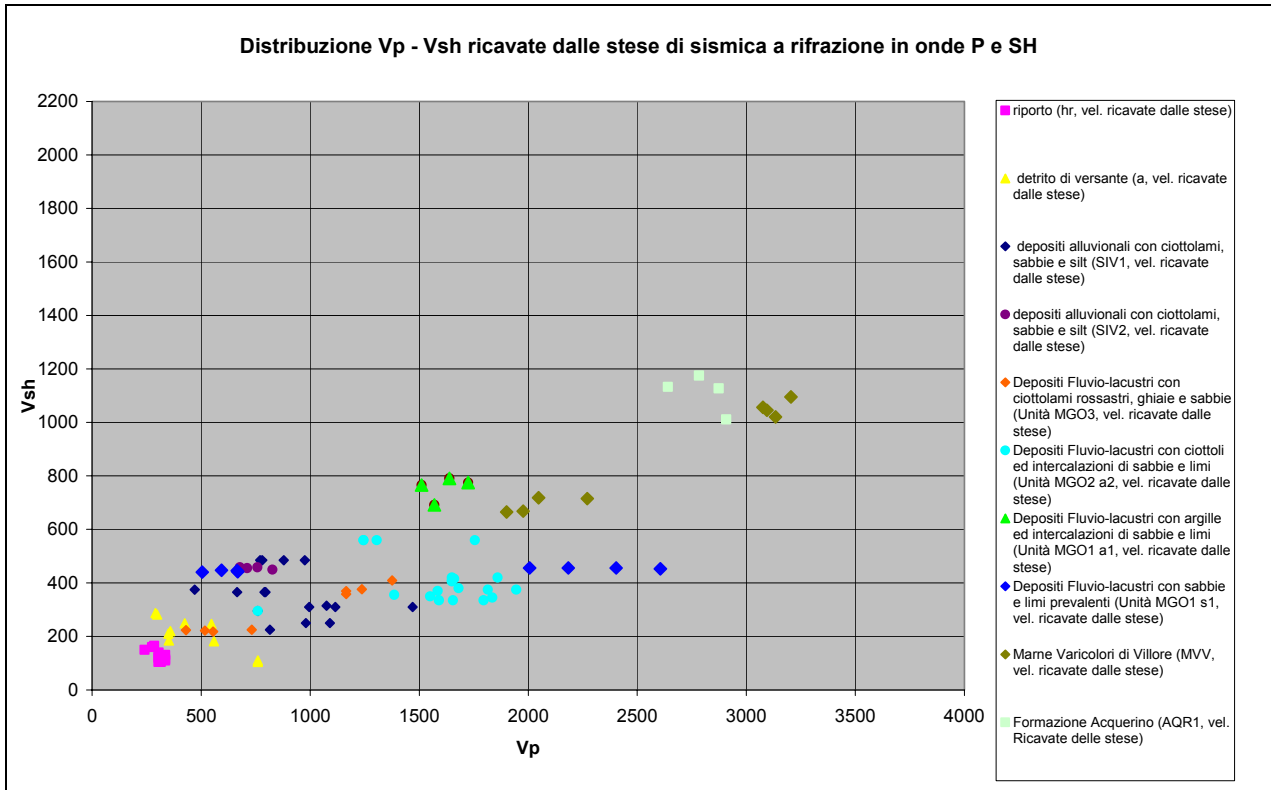


Fig.7.2 – Distribuzione areale delle Vp e delle Vsh, ricavate dalle indagini di sismica a rifrazione in onde P e SH, in funzione delle litologie

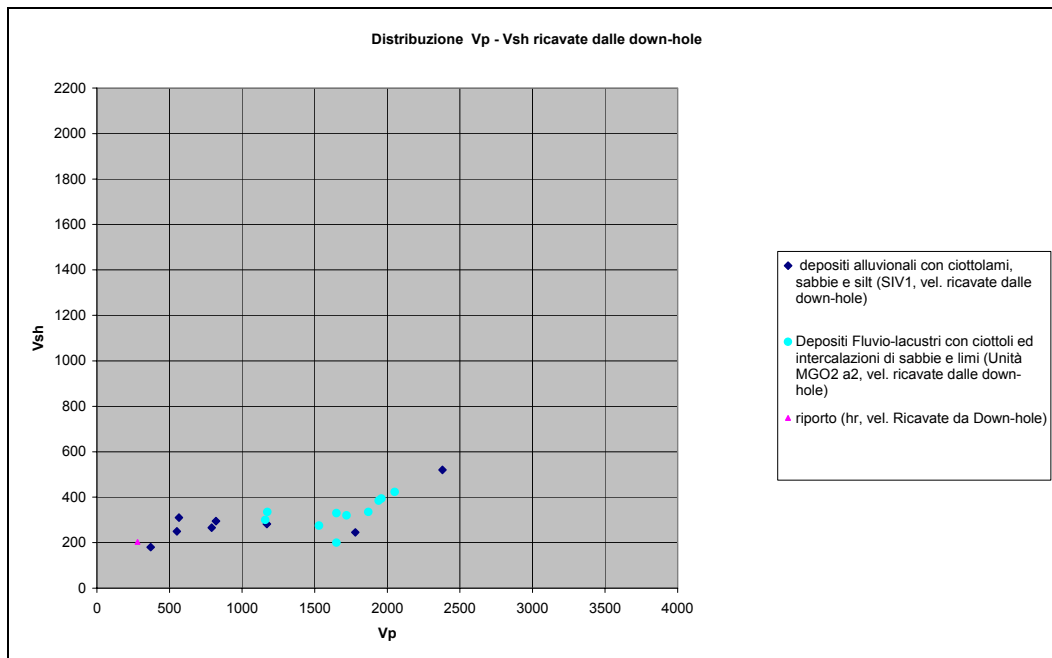


Fig.7.3 – Distribuzione areale delle Vp e delle Vsh, ricavate dalle indagini di *down-hole*, in funzione delle litologie

7.1 – Analisi di risposta sismica locale

L'area del centro abitato di Scarperia e l'attigua zona industriale sono state oggetto di analisi di risposta sismica locale in assetto bidimensionale, finalizzate alla redazione di cartografie di microzonazione sismica di livello 3.

Il fine principale è stato quello di stimare, mediante una procedura analitica (possibile grazie alla buona campagna di esplorazione multidisciplinare del sottosuolo, descritta nei precedenti capitoli) il valore del fattore di amplificazione dei terreni oggetto di indagine, ascrivibile sia a condizioni stratigrafiche sia al contesto geometrico sepolto dell'area.

Infatti, le suindicate analisi sono state successivamente confrontate con i risultati delle omologhe modellazioni monodimensionali, per una valutazione disaggregata del contributo all'amplificazione sismica del sito degli aspetti di natura bidimensionale rispetto a quelli dovuti al semplice assetto sismostratigrafico.

In particolare, le analisi di modellazione dinamica in assetto bidimensionale sono state condotte mediante software agli elementi finiti QUAKE/W della Geostudio 2012. Esso consente di definire il comportamento dinamico del terreno con un modello lineare equivalente, il quale si basa su parametri rappresentativi delle proprietà elastiche ed isteretiche dei terreni in funzione della deformazione di taglio. Nei modelli lineari equivalenti, pur attenendosi ad una formulazione lineare "a tratti", si considerano gli effetti di non linearità e di dissipazione.

Tale software permette la digitalizzazione di sezioni geologo-tecniche, l'inserimento dei parametri geotecnico-geofisici delle formazioni geologiche presenti e la discretizzazione dei livelli individuati in elementi (mesh), le cui dimensioni sono stimate sulla base dei valori di velocità delle onde di taglio nello strato in esame, della massima frequenza che si vuole propagare e di un coefficiente di stabilità.

La sezione geologico-tecnica viene sottoposta, quindi, alla sollecitazione dinamica relativa ad ognuno dei 7 accelerogrammi spettro-compatibili ricavati con le procedure descritte nel capitolo 2.0.

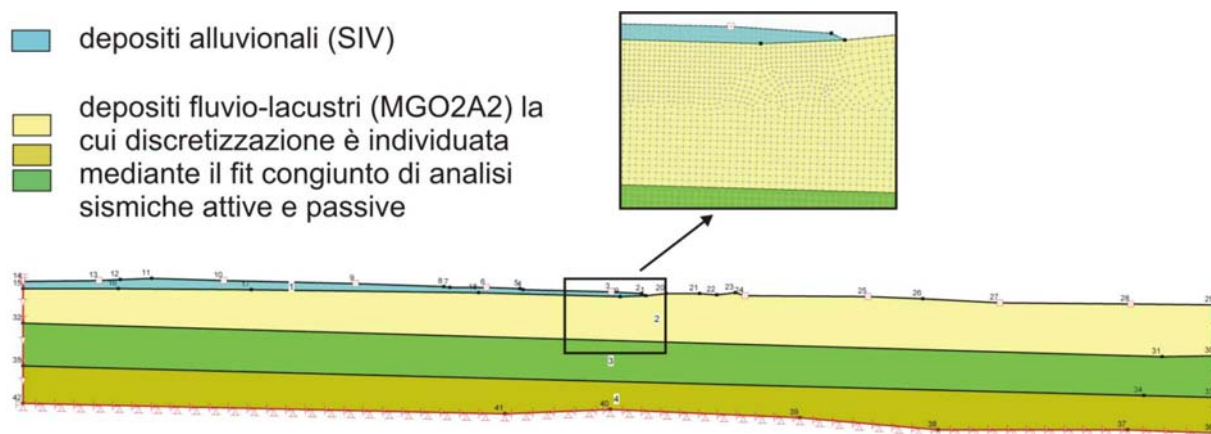


Fig.7.1.1 – Schematizzazione della sezione A-A1 sottoposta ad analisi di risposta sismica locale 2D. Nel riquadro è possibile notare la discretizzazione in elementi effettuata per i depositi alluvionali e fluvio-lacustri costituenti le coperture sismiche dell'area d'indagine

In figura 7.1.1 è rappresentata la discretizzazione in elementi finiti delle formazioni indagate dalla sezione A-A'. La dimensione degli elementi finiti è stata stabilita (per ognuna delle sezioni analizzate) considerandola proporzionale alla minima lunghezza d'onda propagabile nel mezzo investigato (Kuhlemeyer & Lysimer, 1973). Pertanto, introducendo un coefficiente di stabilità k pari mediamente a 8 (Lanzo & Silvestri, 1999), possiamo indicare la dimensione massima di ogni elemento (D_{max}) come:

$$D_{max} = \lambda / 8 = 0.12 T V_s \quad (7.1)$$

Dove V_s viene ricavata dalle indagini geofisiche dirette illustrate per il sito in esame in tabella 7.1.1, mentre T è il periodo corrispondente alla minore onda sismica propagabile (si è ritenuto sufficiente il valore di frequenza pari a 20Hz), corrispondente a 0.05s che è quindi minor periodo per cui si può ritenere attendibile il dato di output.

Le sezioni, al fine di evitare l'occorrenza di fenomeni di bordo, sono state estese nei loro estremi per una distanza media di circa 200m (grandezza ritenuta sufficiente sulla base di alcuni test speditivi realizzati prima dell'esecuzione delle analisi).

I parametri utilizzati (coefficiente di poisson dinamico, densità, modulo di taglio massimo, curve dinamiche G/G_0 e Damping) sono direttamente quelli ricavati dalle prospezioni effettuate nell'area. In particolare, nelle figure 7.1.2 e 7.1.3 sono riportate rispettivamente le curve relative al decadimento del modulo di taglio normalizzato G/G_0 ed all'incremento del rapporto di smorzamento D , ricavate da prove di laboratorio effettuate su campioni indisturbati prelevati nell'area.

Inoltre, la tabella 7.1.1 illustra i parametri utilizzati per le analisi in oggetto. Si tenga presente che le sigle SIV ed MGO2A2 si riferiscono rispettivamente ai depositi alluvionali terrazzati ed ai sottostanti depositi fluvio-lacustri e che la differenziazione nell'ambito del SIV è legata ai differenti punti di caratterizzazione dinamica dello stesso (prove down-hole in onde P ed SH e subordinatamente indagini di sismica a rifrazione). Per l'attribuzione dei parametri si è fatto riferimento al criterio della vicinanza, ovvero laddove esistevano differenti parametrizzazioni per una stessa formazione geologica si sono utilizzati i parametri e le curve dinamiche relative al punto d'indagine più vicino (e pertinente) alla sezione geologico-tecnica in esame.

La differenziazione delle argille lacustri (MGO2A2) è stata possibile la realizzazione di analisi di dispersione delle onde superficiali nell'area di Scarperia con il metodo dell'auto correlazione spaziale, effettuata nell'ambito di una campagna di misure strumentali da parte del DST dell'Università di Firenze (fig. 7.1.4). Infine, per quanto attiene alla scelta delle curve dinamiche per i livelli profondi dei depositi lacustri, caratterizzati da parametri dinamici più elevati dei livelli superficiali, si è deciso di utilizzare le curve dinamiche relative al campione prelevato nel sondaggio S3, poiché caratterizzate da minor damping factor e minore degradazione del modulo di taglio G e quindi più adeguate ai livelli ipotizzati nella suddetta analisi indiretta.

Il parametro utilizzato nel presente lavoro ai fini della rappresentazione dei livelli amplificativi è il fattore di amplificazione di Housner (di seguito denominato FH) misurato come rapporto tra l'integrale dello spettro di accelerazione in output (PSA_{out}) ed l'omologo integrale dello spettro di accelerazione in input (PSA_{in}):

$$FH = \frac{\int_{0.1}^{0.5} PSA_{out}(T) dT}{\int_{0.1}^{0.5} PSA_{in}(T) dT} \quad (7.2)$$

Considerate le caratteristiche medie dell'abitato di Scarperia, si è ritenuto opportuno un intervallo di integrazione tra 0.1 e 0.5 secondi, corrispondente a valori in frequenza compresi tra 2 e 10 Hz.

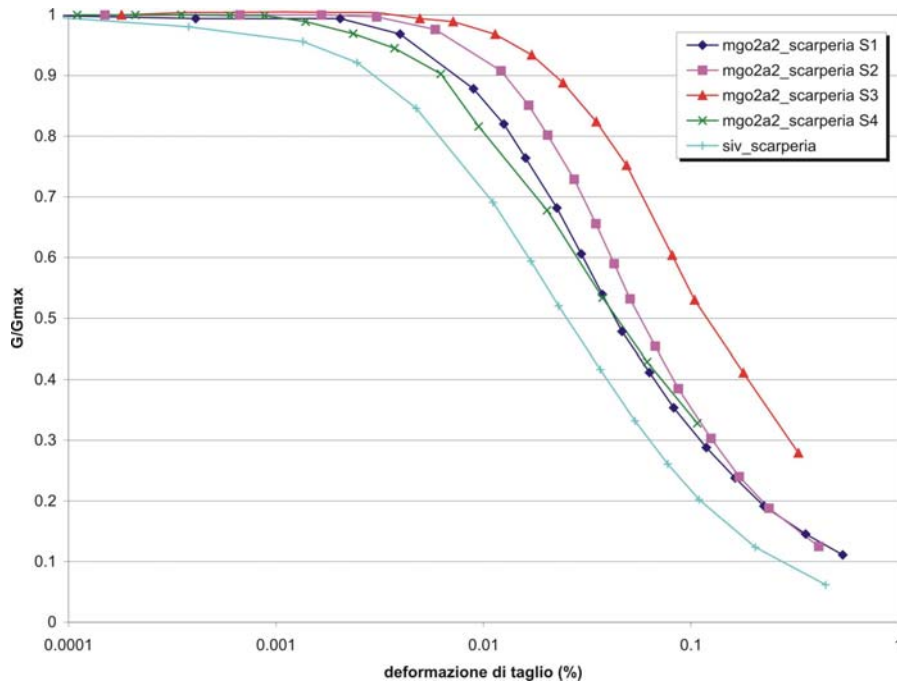


Fig.7.1.2 – Curve di degradazione del modulo di taglio “G” relative ai depositi fluvio-lacustri (MGO2A2) ed ai depositi alluvionali (SIV). Mentre per le alluvioni si dispone di una sola curva dinamiche, i depositi fluvio-lacustri sono stati campionati ed analizzati in ognuno dei quattro sondaggi realizzati nell’area.

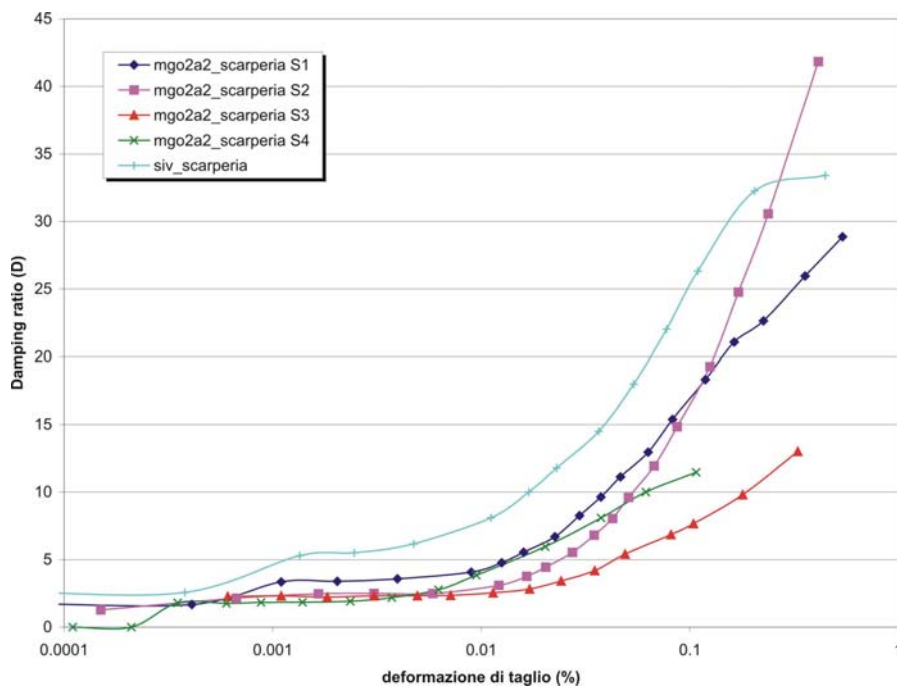


Fig.7.1.3 – Curve di smorzamento del modulo “D” relative ai depositi fluvio-lacustri (MGO2A2) ed ai depositi alluvionali (SIV). Mentre per le alluvioni si dispone di una sola curva dinamiche, i depositi fluvio-lacustri sono stati campionati ed analizzati in ognuno dei quattro sondaggi realizzati nell’area.

Tab.7.1.1 – Dati sismostratigrafici utilizzati per le analisi di risposta sismica locale nel comune di Scarperia

Tipologia terreno	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Rapporto Vp/Vs	Coefficiente di Poisson	Peso di volume (kN/m ³)	ambito di applicazione
Alluvioni (siv) - sondaggi S1 ed S2	1050	255	4.1	0.47	18.5	sezioni A-A', B-B', E-E'
Alluvioni (siv) - sondaggio S4	790	265	3.0	0.44	18.5	sezioni A-A', F-F'
Alluvioni (siv) - sondaggio S3	565	310	1.8	0.28	18.5	sezioni C-C', D-D', E-E', F-F'
mgo2a2_1 (livello più superficiale)	1670	350	4.8	0.48	20.0	tutte le sezioni
mgo2a2_2 (livello intermedio)	1900	450	4.2	0.47	20.0	tutte le sezioni
mgo2a2_3 (livello più profondo)	2100	550	3.8	0.46	20.0	tutte le sezioni
detrito di versante (a), coperture eluvio-colluviali (b8) e corpi gravitativi quiescenti (A1q)	760	110	6.9	0.49	18.5	sezioni C-C', F-F'

In particolare, si è deciso di utilizzare il parametro FH calcolandolo dal rapporto tra gli spettri di risposta medi (sia come input sia come output) relativi alla media dei sette spettri di risposta relativi agli accelerogrammi utilizzati nell'analisi

Per le sezioni D-D' ed A-A', oltre alla realizzazione delle analisi bidimensionali, si è provveduto ad eseguire in corrispondenza delle stesse verticali anche analisi 1D mediante il software STRATA.

Dalla rappresentazione dei valori di FH in corrispondenza della porzione sinistra della sezione D-D' (esterna all'area d'indagine, ma rappresentativa del bordo valle su cui si imposta interamente l'abitato di Scarperia) si evince la presenza di effetti di bordo legati sia a motivi di natura geometrica sia alle caratteristiche sismostratigrafiche (figura 7.1.5); infatti, anche dalle analisi 1D si apprezza un'amplificazione presso il bordo valle, dove lo spessore delle coperture sismiche è minore e dove, quindi, la profondità del substrato sismico non è elevata come nel centro valle. In questi contesti i fenomeni amplificativi monodimensionali prevalgono sugli effetti dissipativi (preponderanti nell'approccio 1D per le aree distanti dal bordo, dove il valore di FH scende al di sotto di 1).

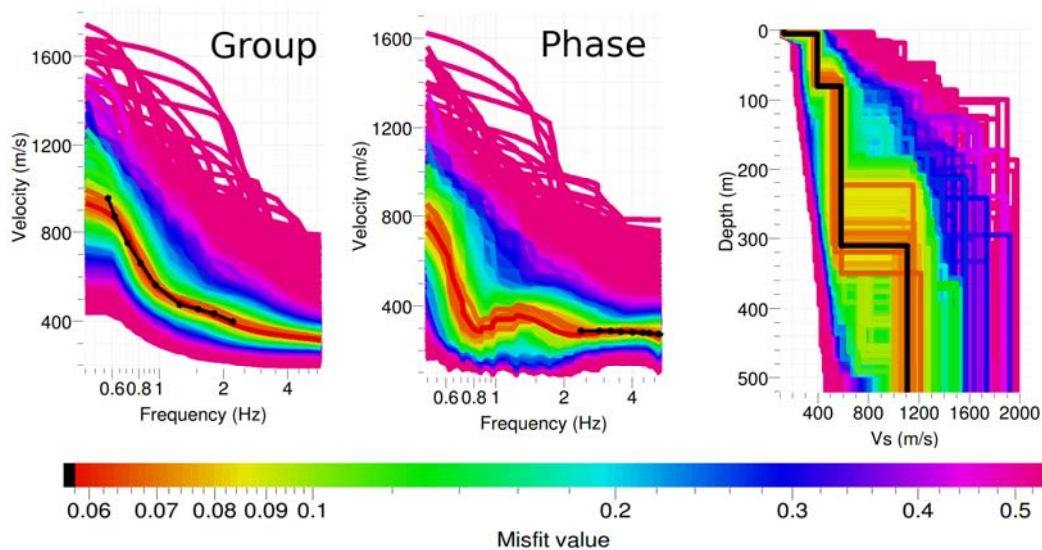


Fig.7.1.4 – Analisi di dispersione delle onde superficiali nell'area di Scarperia effettuata nell'ambito di una campagna di misure strumentali da parte del DST dell'Università di Firenze

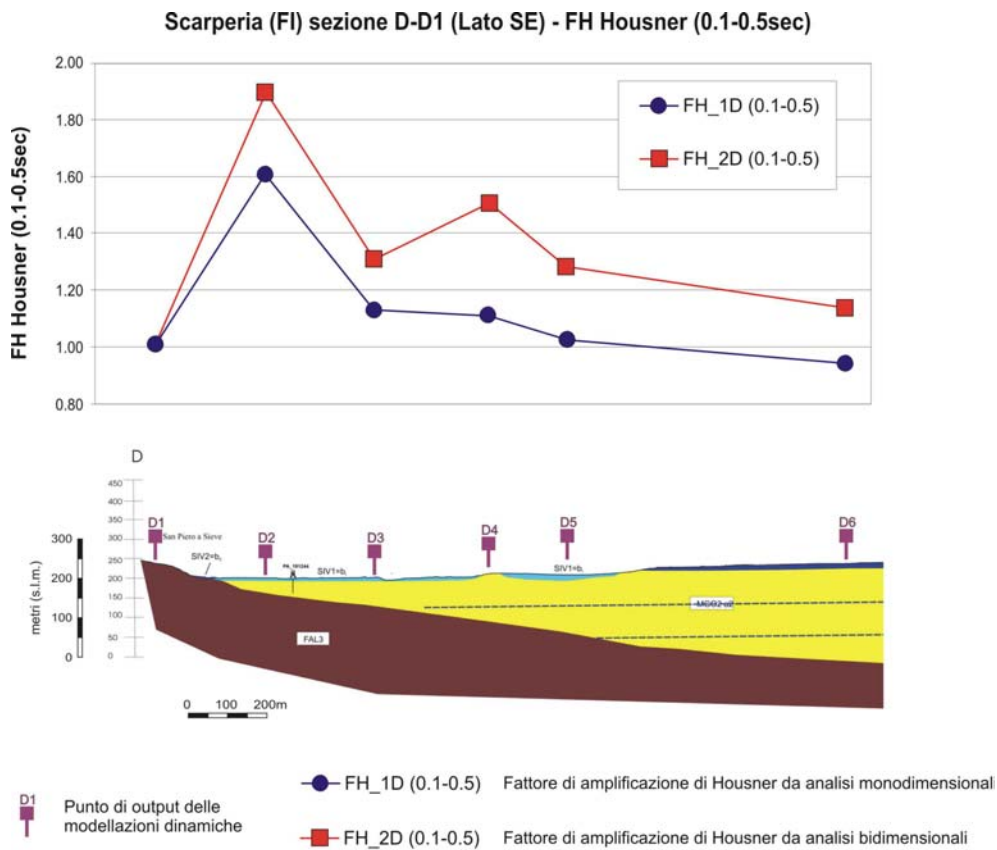


Fig.7.1.5 – Risultati in termini di FH per il settore sinistro della sezione D-D'

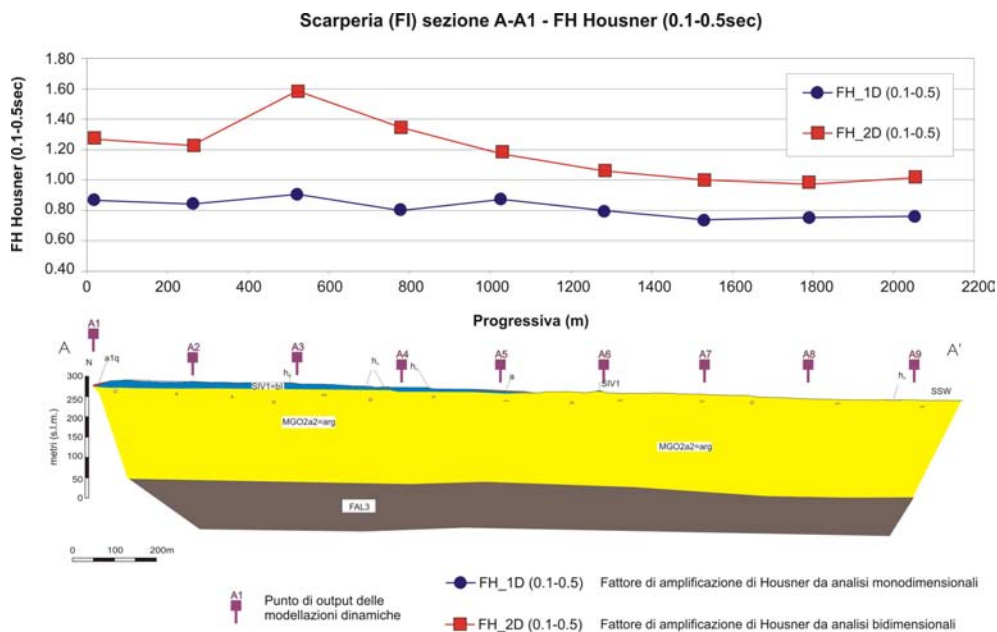


Fig.7.1.6 – Risultati in termini di FH per la sezione A-A'

Anche nelle aree lontane dal bordo valle permane, tuttavia, la differenza tra fattore d'amplificazione monodimensionale e bidimensionale, come si evince per la sezione A-A' in figura 7.1.6.

Sulla base di queste differenze, quindi, si è ritenuto di proseguire l'analisi di risposta sismica locale affidandosi esclusivamente all'approccio bidimensionale, ritenendo non idoneo il contesto 1D, anche perchè meno cautelativo.

Le figure dalla 7.1.7 alla 7.1.10 illustrano i risultati, sempre in termini di FH per le sezioni B-B', C-C', E-E' ed F-F'.

In tabella 7.1.2 sono riportati i medesimi dati in formato tabellare.

Tab.7.1.2 – Fattori di amplificazione di Housner FH (0.1s-0.5s) rilevate dalle analisi di risposta sismica bidimensionale nel centro abitato di Scarperia

Punto di output delle analisi dinamiche 2D	FH (0.1s-0.5s)
A1	1.27
A2	1.22
A3	1.58
A4	1.35
A5	1.18
A6	1.06
A7	1.00
A8	0.99
A9	1.02
B1	1.10
B2	1.64
B3	1.42
B4	1.52
B5	1.31
B6	1.69
B7	1.08
C1	2.37
C2	1.22
C3	1.08
C4	1.14
C5	1.14
C6	1.39
C7	1.01
C8	1.24
E1	1.21
E2	1.19
E3	1.37
E4	1.70
E5	1.20
E6	0.98
E7	1.07
E8	1.17
E9	1.13
E10	1.02
F1	1.10
F2	1.71
F3	1.19
F4	1.19
F5	1.42
F6	1.14
F7	1.45
F8	1.35
F9	1.03
F10	1.51

Scarperia (FI) sezione B-B1 - FH Housner (0.1-0.5sec)

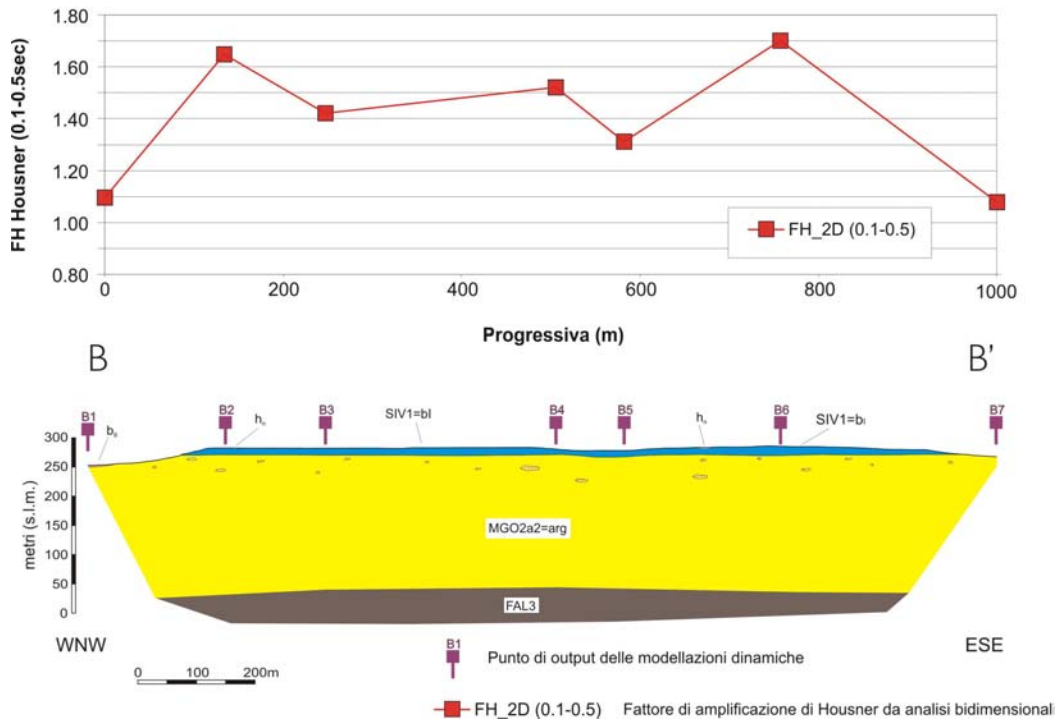


Fig.7.1.7 – Risultati in termini di FH per la sezione B-B'

Scarperia (FI) sezione C-C1 - FH Housner (0.1-0.5sec)

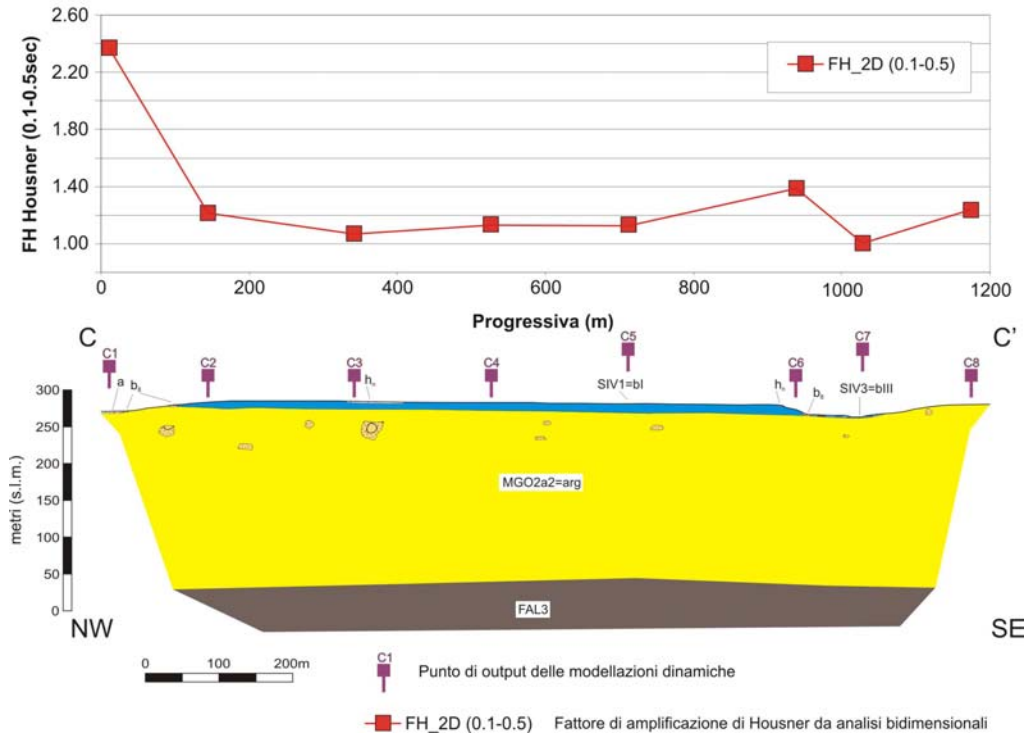


Fig.7.1.8 – Risultati in termini di FH per la sezione C-C'

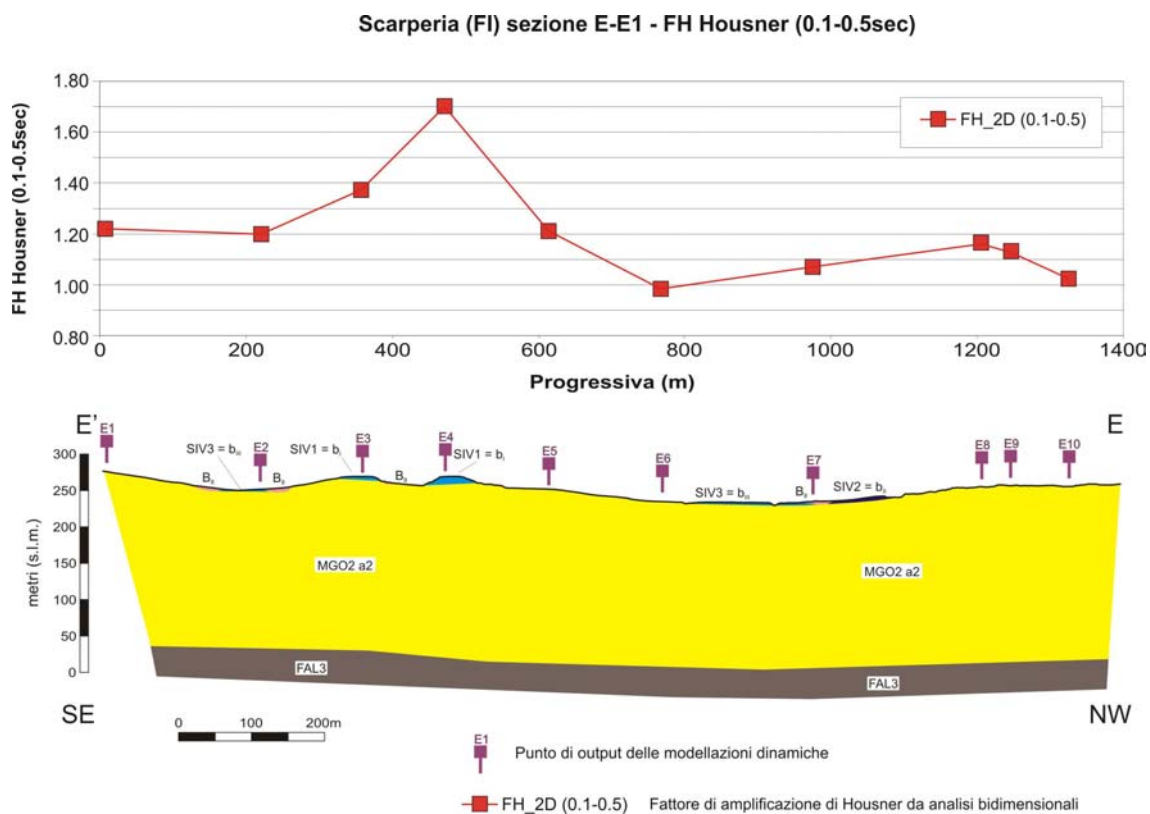


Fig.7.1.9 – Risultati in termini di FH per la sezione E-E'

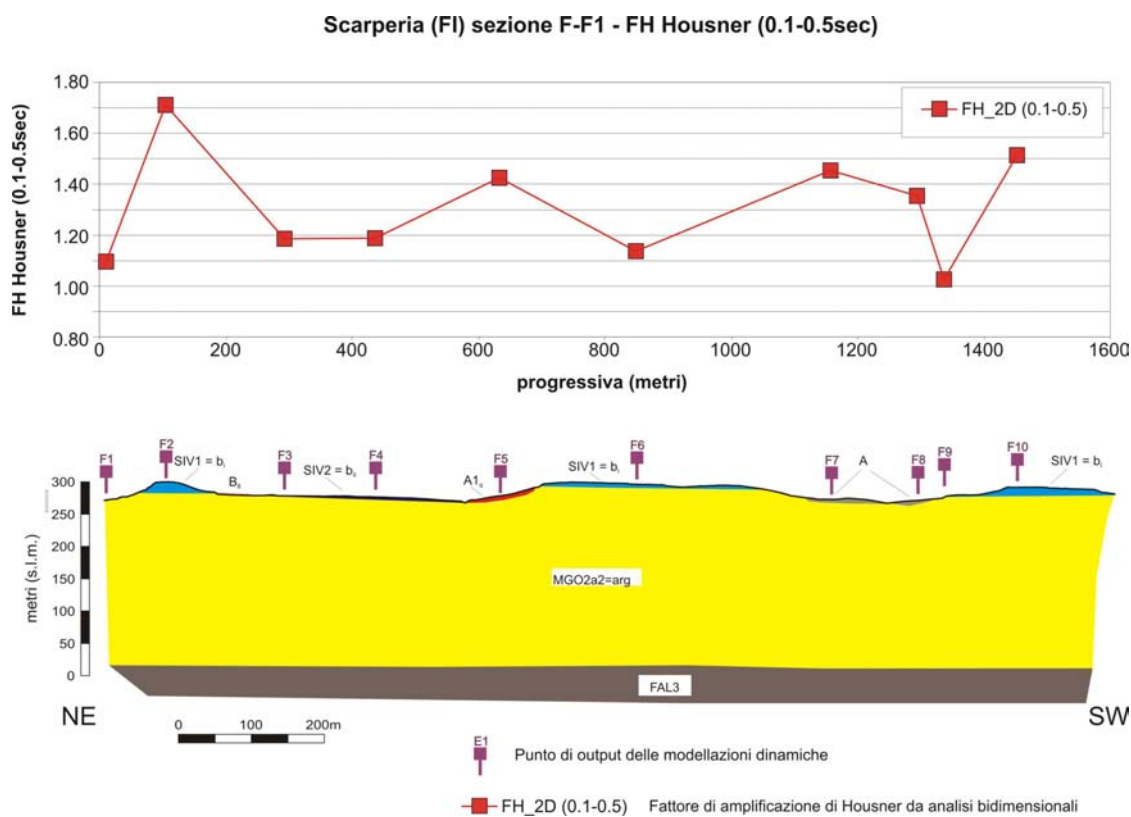


Fig.7.1.10 – Risultati in termini di FH per la sezione F-F'

8.0 Elaborati cartografici

Di seguito si riportano gli elaborati cartografici realizzati.

8.1 – Carta delle indagini

Per ognuna delle aree selezionate per la Microzonazione Sismica sono state realizzate le cartografie delle indagini in scala 1:5000 in cui si riportano tutte le informazioni pregresse in aggiunta a tutte le indagini geognostiche che sono state realizzate ad hoc nei siti di interesse (nel DVD allegato).

Tale cartografia costituisce il primo passo per la definizione del quadro conoscitivo del sottosuolo e deve essere predisposta in due successive fasi: nell'ambito delle attività del livello 1 di approfondimento, in cui devono essere rappresentate le indagini pregresse e di nuova realizzazione, e per i successivi livelli 2 e 3, in cui devono essere indicate anche eventuali nuove indagini realizzate ex-novo per lo studio di microzonazione sismica.

Per una maggiore completezza si è scelto di realizzare una unica cartografia delle indagini che comprenda sia le indagini pregresse, sia le indagini realizzate nell'ambito del livello 3.

Nella suddetta cartografia sono indicate le localizzazioni delle indagini suddivise per tipologie e per codice di riferimento all'indagine in oggetto.

La carta delle indagini, riportate integralmente nel DVD allegato, è stata realizzata sia in forma cartacea che digitale (in formato GIS) utilizzando la simbologia e le specifiche tecniche per l'informatizzazione previste dalla "Commissione Nazionale per la Microzonazione Sismica" del DPC.

8.2 – Carta geologica e geomorfologica

Per quanto concerne la carta geologica e geomorfologica dell'area si è fatto riferimento per tutta l'area alle cartografie geologiche e geomorfologiche in scala 1:2000 realizzate dal DST dell'Università di Firenze nell'ambito del Programma VEL mediante rilevamenti geologici ad hoc e fotointerpretazioni. Durante la fase di rilievo è stata posta particolare attenzione alla mappatura dei depositi di copertura (con particolare riferimento a quelli con spessore maggiore di 2m), ed alla ricostruzione dettagliata di tutte le forme geomorfologiche, dei fenomeni gravitativi di versante e/o delle aree instabili e nell'individuazione del substrato roccioso mediante l'identificazione degli affioramenti significativi. Tali affioramenti sono stati utili anche per l'individuazione delle caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso. La cartografia è stata corredata da sezioni geologiche significative, in numero adeguato, orientate sia trasversalmente che longitudinalmente rispettato ai principali geologico-strutturali dell'area.

La carta geologica, riportata integralmente nel DVD allegato, è stata realizzata sia in forma cartacea che su supporto digitale utilizzando la simbologia prevista dalle Legende del Programma VEL.

8.3 – Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica

Tale cartografia (redatta in scala 1:5.000) deriva essenzialmente da una revisione a scala di dettaglio delle cartografie geologiche e geomorfologiche esistenti unitamente a tutti i dati litologici, stratigrafici e litotecnici acquisiti.

Nell'ambito di tale revisione, che ha comporta necessariamente anche rilevamenti di controllo in loco, particolare attenzione è stata posta alla mappatura dei depositi di copertura (con particolare riferimento a quelli con spessore maggiore di 3m), nella ricostruzione dettagliata di tutte le forme geomorfologiche, dei fenomeni gravitativi di versante e/o delle aree instabili e nell'individuazione del substrato roccioso mediante l'identificazione degli affioramenti significativi. Tali affioramenti sono stati utili anche per l'individuazione delle caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso.

La carta geologico-tecnica è stata realizzata sia in forma cartacea che in formato vettoriale (tramite tecnologia GIS) utilizzando la simbologia prevista dagli “Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica” redatti dal DPC (versione 2.0beta –II, Giugno 2012).

8.4 – Carta delle frequenze fondamentali

Sulla base delle misure di rumore sismico effettuate ed al fine di definire le principali caratteristiche della risposta sismica delle aree in esame, è stata effettuata l’interpolazione dei dati puntuali relative alle frequenze di risonanza al fine di poter ricostruire la carta delle frequenze fondamentali dei depositi presenti.

Tale cartografia oltre a illustrare la distribuzione di tali misure arealmente, permette, se pur con un certo margine di affidabilità, di poter fornire indicazioni di massima per le successive analisi di risposta sismica locale.

Per l’ara artigianale di Scarperia si osserva un chiaro picco di amplificazione a bassa frequenza (f_{pN} ; media 0.38 Hz, std 0.05 Hz), molto stabile su tutte le stazioni di misura, che indica un netto contrasto di impedenza acustica profondo (Figura 8.1). Questa frequenza di risonanza principale del terreno mostra un progressivo aumento verso Nord/Ovest, con il valore massimo (0.48 Hz) registrato alla stazione *Sc5* e potrebbe rappresentare la copertura sedimentaria del bacino sopra il substrato litoide (Arenarie del Falterona). Gli spettri HVSR calcolati su rumore mostrano però anche un picco secondario, di ampiezza sistematicamente più bassa e frequenza più alta (f_{sN} ; media 0.87 Hz, std 0.08 Hz) del picco principale. Questo picco secondario, abbastanza stabile su tutta l’area di indagine mostra un andamento molto simile a quello del picco principale e potrebbe rappresentare un contrasto di impedenza acustica secondario nei terreni di copertura (cioè all’interno dei depositi lacustri di natura argillosa prevalente).



Fig.8.1 – Carta delle frequenza di risonanza fondamentali per l’area industriale del capoluogo di Scarperia calcolata sugli spettri HVSR del rumore sismico

Per l'abitato di Scarperia, l'involuppo delle frequenze di base (f_{pN} ; 0.32-0.38 Hz) individuate dall'analisi di rumore, mostra una progressiva diminuzione della frequenza spostandosi verso ovest (Figura 8.2), in accordo con la batimetria attesa per il bacino. Questo suggerisce che la frequenza di base (0.32-0.38 Hz) possa realmente rispecchiare l'interfaccia tra il substrato litoide e il riempimento sedimentario del bacino.

Una distribuzione leggermente diversa si ottiene invece per il picco di frequenza (0.8-1 Hz) secondario che potrebbe invece rappresentare un contrasto di impedenza acustica più superficiale tra due diverse unità di depositi sedimentari.

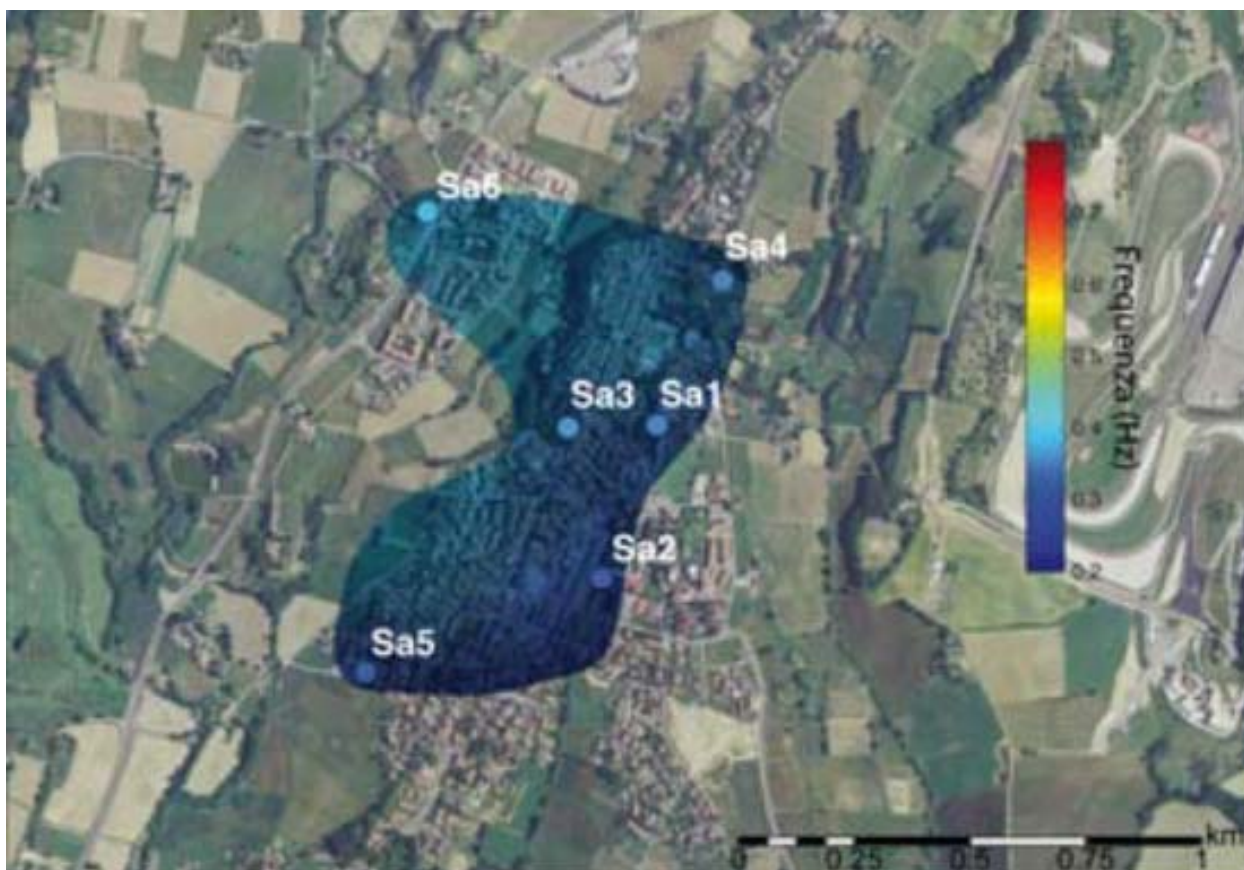


Fig.8.2 – Carta delle frequenze di risonanza fondamentali per il capoluogo di Scarperia calcolata sugli spettri HVSR del rumore sismico

L'analisi del rapporto HVSR calcolato sul rumore sismico indica per la frazione di Sant'Agata un quadro completamente diverso. In questo caso gli spettri alle sei stazioni di indagine (Figure 8.3) non presentano un picco spettrale a bassa frequenza, come osservato per Scarperia e per l'area artigianale, ma mostrano generalmente singoli picchi spettrali a frequenza superiore (>1.57 Hz), e suggeriscono la presenza di un singolo contrasto di impedenza acustica. Per due stazioni (*Sg1* e *Sg5*) inoltre non è possibile identificare una chiara frequenza di risonanza.

L'interpolazione dei risultati alle singole stazioni permette poi di definire un quadro abbastanza chiaro, con le frequenze che tendono progressivamente a diminuire verso sud, indicando un progressivo inspessimento della coltre sedimentaria.

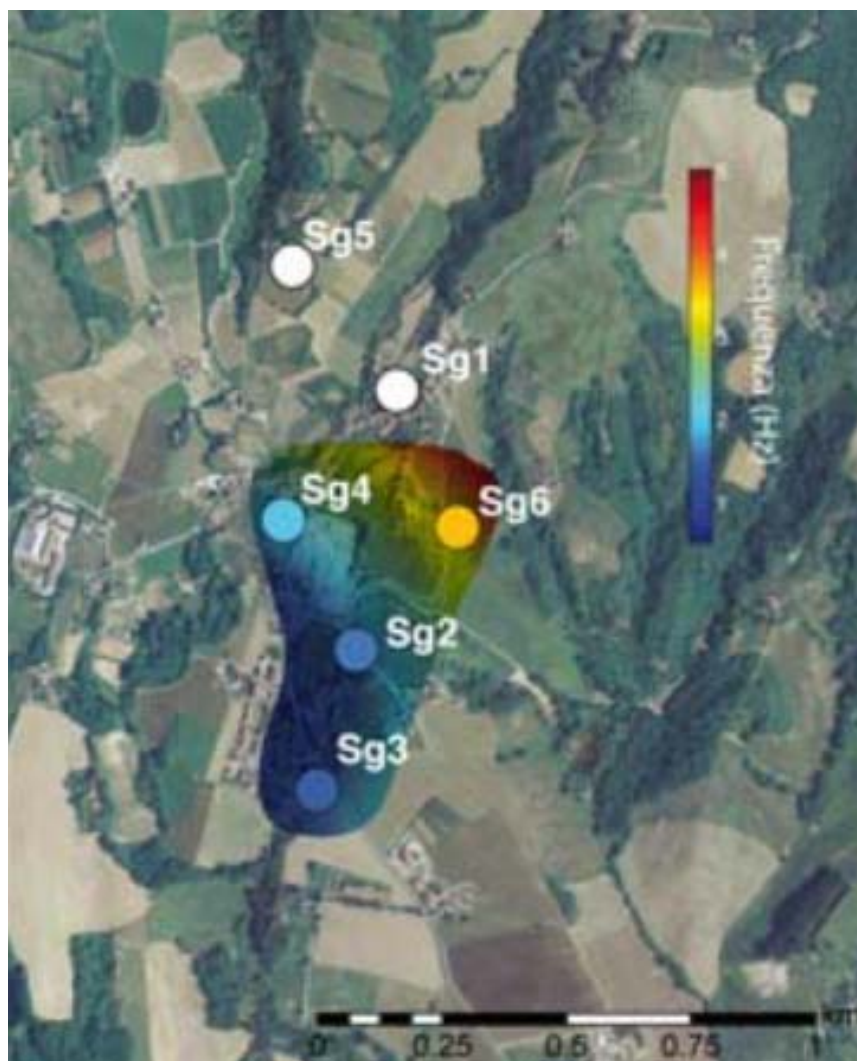


Fig.8.3 – Carta delle frequenza di risonanza fondamentali per la frazione di Sant’Agata calcolata sugli spettri HVSr del rumore sismico

8.5 – Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica

Tutte le informazioni acquisite nella fase di rilevamento e riportate nelle cartografie geologiche prodotte, unitamente ai dati di base pregressi reperiti e a tutte le indagini geologiche, geofisiche e geotecniche realizzate nell’ambito del Programma VEL, hanno permesso di realizzare l’elaborato relativo alle **cartografie delle “microzonazione omogenee in prospettiva sismica” (MOPS)**.

Tali cartografie sono state redatte in linea agli “*Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica*”, per cui sono state individuate delle microzone per le quali, sulla base delle osservazioni geo-litologiche, geomorfologiche, litostratigrafiche e con i dati di base pregressi acquisiti, possano essere ipotizzati l’occorrenza di diversi tipi di effetti: amplificazione, instabilità di versante, liquefazione, ecc...

Le microzone della carta sono classificate in tre categorie:

- a) *Zone stabili*
- b) *Zone stabili suscettibili di amplificazione locali*
- c) *Zone suscettibili di instabilità*

La cartografia, quindi, corrisponde ad un approfondimento di *Livello 1* ed individua qualitativamente e grossolanamente la geometria delle aree potenzialmente caratterizzate da specifici effetti sismici locali. Ciò permette quindi di guidare i necessari approfondimenti di indagini nelle successive fasi di approfondimento identificabili con il livello 2 e/o 3.

Nel DVD allegato, si riportano le carte delle microzone omogenee in prospettiva sismica redatte sia per la località Capoluogo, sia per le frazioni: Sant'Agata, Ponzalla, Marcoiano e Castellana.

Tali cartografie sono state realizzate secondo la legenda riportata negli “*Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica*”.

In linea di massima, come è possibile evincere dalla legenda alla cartografia riportata in fig.8.4, sono riportate le seguenti microzone:

- **zona stabile**, caratterizzata dal substrato roccioso rigido in affioramento o subaffioramento con topografia orizzontale o con pendenza indicativamente inferiore ai 15°. Il substrato rigido è rappresentato nell'area esclusivamente dalla Formazione Acquerino (Membro Arenaceo-Pelitico AQR3). Naturalmente in corrispondenza di tali aree è possibile la presenza di limitati porzioni di detrito di alterazione del substrato roccioso che andranno valutate nelle successive fasi attuative. Tale zona è presente nelle località Marcoiano, Castellana e Ponzalla mentre non è presente nel capoluogo.
- **Zona stabili suscettibili di amplificazione locali**. Tali zone sono state differenziate in relazione alle possibili combinazioni tra le varie unità deposizionali distinguendo le aree in cui i depositi alluvionali quaternari poggiano direttamente al di sopra del substrato roccioso, dalle aree in cui sono presenti anche i depositi fluvio-lacustri. Sono state anche fornite indicazioni preliminari circa gli spessori delle coperture e sono stati indicate anche le aree in cui sono presenti rocce deboli (Formazione di Sillano – SIL e/o la Formazione delle Marne Varicolori di Villore – MVV) che non sempre presentano le caratteristiche di un substrato rigido. La suddivisione delle aree si completa anche con l'indicazione delle copertura detritiche ed i riporti superiori a 2m (comprendenti anche discariche). Di seguito si riporta la successione delle zone:
 - **Zona 1**, caratterizzata da *substrato rigido lapideo stratificato S*, posto su un versante acclive (pendenza indicativamente superiore a 15°) e tale da non escludere fenomeni di amplificazione di tipo topografico.
 - **Zona 2**, caratterizzata dalla presenza di *substrato roccioso* (Formazione di Sillano SIL e/o Formazione delle Marne Varicolori di Villore – MVV) che non sempre presentano le caratteristiche di substrato rigido, ma che per loro natura (roccia debole) o per il loro grado di fratturazione/alterazione spesso non possono essere assimilati ad un bedrock sismico. Tali substrati poggiano sul substrato sismico costituito da Unità della zona 1. Pertanto, per tali motivazioni, si è preferito inserire queste aree all'interno delle zone stabili suscettibili di fenomeni di amplificazione di tipo stratigrafico.
 - **Zona 3a, 3b**, caratterizzata dalla presenza di depositi quaternari di copertura alluvionale (3a) e/o detritica di versante (3b) con spessori massimi di 15m poggianti su un substrato non rigido (come ad esempio la Formazione di Sillano SIL e/o Formazione delle Marne Varicolori di Villore – MVV).
 - **Zona 4a, 4b**, caratterizzata dalla presenza di depositi quaternari di copertura alluvionale (4a) e/o detritica di versante (4b) con spessori massimi di 15m poggianti su un substrato rigido. Tale situazione generalmente può essere associata ad un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra coperture e substrato rigido e quindi va valutata con attenzione in quanto potrebbe produrre elevati fenomeni di amplificazione di tipo stratigrafico.
 - **Zona 5 e 6**, caratterizzate dalla presenza di depositi di natura fluvio-lacustre di granulometria variabile dalle ghiaie (MGO3 oppure MGO1c1-MGO2c2), alle sabbie (MGO1s1-MGO2s2) fino alle sottostanti argille appartenenti alla formazione MGO1a1 oppure alla formazione MGO2a2. Tali depositi fluvio-lacustri, presentano spessori

variabili e poggiano sul substrato rigido stratificato. Tali aree, pertanto sono state inserite tra le zone stabili suscettibili di fenomeni di amplificazione di tipo stratigrafico e sono state differenziate in ragione dello spessore della copertura sedimentaria. In particolare si segnala che in queste zone si possono verificare alcune situazioni stratigrafiche particolari che possono essere associate ad un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra coperture e substrato rigido e quindi vanno valutate con attenzione in quanto si potrebbero produrre elevati fenomeni di amplificazione di tipo stratigrafico. Le zone 5 e 6 sono presenti nelle località di Ponzalla e Sant'Agata.

- **Zona 7**, caratterizzate dalla presenza di depositi di natura fluvio-lacustre di granulometria variabile dalle sabbie (MGO1s1-MGO2s2) fino alle sottostanti argille appartenenti alla formazione MGO1a1 oppure alla formazione MGO2a2. Tali depositi fluvio-lacustri, presentano spessori variabili e poggiano sul substrato rigido stratificato. Tali aree, pertanto sono state inserite tra le zone stabili suscettibili di fenomeni di amplificazione di tipo stratigrafico e sono state differenziate in ragione dello spessore della copertura sedimentaria. In particolare si segnala che in questa zona si possono verificare alcune situazioni stratigrafiche particolari che possono essere associate ad un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra coperture e substrato rigido e quindi vanno valutate con attenzione in quanto si potrebbero produrre elevati fenomeni di amplificazione di tipo stratigrafico. Le zone 7 è presente nelle località di Sant'Agata.
- **Zona 8**, caratterizzate dalla presenza di depositi di natura fluvio-lacustre di granulometria limoso-argillosa appartenenti alla formazione MGO1a1 oppure alla formazione MGO2a2. Tali depositi fluvio-lacustri, presentano spessori variabili e poggiano sul substrato rigido stratificato. Tale area, pertanto è stata inserita tra le zone stabili suscettibili di fenomeni di amplificazione di tipo stratigrafico ed è stata differenziata in ragione dello spessore della copertura sedimentaria. In particolare si segnala che in questa zona si possono verificare alcune situazioni stratigrafiche particolari che possono essere associate ad un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra coperture e substrato rigido e quindi vanno valutate con attenzione in quanto si potrebbero produrre elevati fenomeni di amplificazione di tipo stratigrafico. Le zone 8 è presente nelle località di Sant'Agata e nel Capoluogo.
- **Zona 9**, caratterizzate dalla presenza di depositi di natura fluvio-lacustre di granulometria limoso-argillosa appartenenti alla formazione MGO1a1 oppure alla formazione MGO2a2. Tali depositi fluvio-lacustri, posti al di sotto della copertura quaternaria (SIV), presentano spessori variabili e poggiano sul substrato rigido stratificato. Tale area, pertanto è stata inserita tra le zone stabili suscettibili di fenomeni di amplificazione di tipo stratigrafico ed è stata differenziata in ragione dello spessore della copertura sedimentaria. In particolare si segnala che in questa zona si possono verificare alcune situazioni stratigrafiche particolari che possono essere associate ad un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra coperture e substrato rigido e quindi vanno valutate con attenzione in quanto si potrebbero produrre elevati fenomeni di amplificazione di tipo stratigrafico. Le zone 9 è presente nelle località di Sant'Agata e nel Capoluogo.

E' opportuno precisare che l'indicazione relativa allo spessore di copertura può essere suscettibile di variazioni in funzione dei dati di base esistenti nell'area, il cui numero è quantitativamente buono, ma la distribuzione può non essere sufficientemente omogenea.

- **Zone suscettibili di instabilità.** Sono state distinte esclusivamente le aree instabili connesse a fenomenologie gravitative di versante. Non sono state inserite aree con presenza di possibili cedimenti differenziali, né aree interessate da deformazioni legate alle faglie attive e capaci, né aree con terreni potenzialmente suscettibili di liquefazione in quanto non

ricorrono nessuna di queste fenomenologie. In particolare, per quest'ultime, sono stati valutati, in corrispondenza delle litologie prevalentemente sabbiose, tutti i fusi granulometrici disponibili dalle analisi di laboratorio per una preliminare valutazione della suscettibilità a liquefazione secondo il metodo proposto da AGI, 2005.

Sono inoltre riportati con sovrassegni puntinati le aree caratterizzate dalla presenza di coperture detritiche con spessori modesti (da 3 a 10m) poggianti sia sul substrato rigido che su altre coperture. Tali aree, pertanto sono state inserite tra le zone stabili suscettibili di fenomeni di amplificazione di tipo stratigrafico ed in particolare laddove sia presente un substrato rigido, tale area può generalmente associata ad un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra coperture e substrato rigido e quindi va valutata con attenzione in quanto potrebbe produrre elevati fenomeni di amplificazione di tipo stratigrafico.

La carta è stata completata riportando le più significative *forme di superficie*: cresta e orli di scarpata morfologica.

Si precisa che, laddove siano disponibili cartografie di microzonazione sismica di livelli superiori (livello 2 o 3), la stima della pericolosità sismica locale dovrà essere effettuata esclusivamente sulla base di tali cartografie, le quali forniscono una stima quantitativa del parametro amplificativo (fattore d'amplificazione di Housner nel presente lavoro).

Di contro, nei casi in cui tali cartografie di livello superiore non siano disponibili, si dovranno utilizzare, ai fini della predisposizione della carta di pericolosità sismica (ai sensi del Reg. 53R/2011), i dati qualitativi forniti dalle cartografie MOPS le quali, non fornendo alcuna stima inerente la pericolosità sismica, devono essere intese solo come guida per gli approfondimenti d'indagine/prescrizione successivi.

A titolo esemplificativo, si riporta in figura 8.5 la cartografia MOPS relativa alla frazione di Sant'Agata. Le cartografie MOPS complete sono riportate nel DVD allegato.

COMUNE DI SCARPERIA - LEGENDA CARTA MOPS

INFORMAZIONI SUL SUBSTRATO

SUBSTRATO (comprese eventuali coperture di alterazione con spessore < 3 m):

a) lapideo con $Vs_{\text{medie}} > 800$ m/s
 b) lapideo con $Vs_{\text{medie}} < 800$ m/s



FORMAZIONI DI RIFERIMENTO

a) Formazione Acquerino\Arenarie di Monte Falterona\Monte Morello (alternanza arenarie, peliti e marne in rapporti variabili)
 b) Formazione di Sillano, Marne Varicolori di Villore (argilliti e siltiti con intercalati livelli calcarei)

SUBSTRATO:


a) stratificato
 b) non stratificato



INFORMAZIONI SUI TERRENI DI COPERTURA

DEPOSITI ALLUVIONALI ANTICHI TERRAZZATI E RECENTI


SIV



Ciottolami in matrice limoso-sabbiosa, ghiaie, sabbie e limi (SIV).


DEPOSITI FLUVIO - LACUSTRI DEL BACINO DEL MUGELLO

UNITÀ MGO3




Ghiaie e ciottolami rossastri e limi sabbiosi. Spessore circa 20-30m (MGO3).


UNITÀ MGO2



Ciottolami giallo-rossastri e limi sabbiosi giallo-rossastri massivi. Spessore fino a 2m (MGO2-c2).




Sabbie medio-fini di delta conoide a laminazione piano-parallela orizzontale ed inclinata piana (MGO2-s2).




Argille, lacustri, siltose talora marnose e lignitifere. Locali intercalazioni di sabbie e ghiaie (MGO2-a2).


UNITÀ MGO1



Ciottolami giallo-rossastri e limi sabbiosi giallo-rossastri massivi. Spessore fino a 2m (MGO1-c1).



Sabbie medio-fini di delta conoide a laminazione piano-parallela orizzontale ed inclinata piana (MGO1-s1).



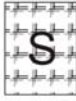
Argille, lacustri, siltose talora marnose e lignitifere. Locali intercalazioni di sabbie e ghiaie. (MGO1-a1)

Fig. 8.4a – Legenda alla Cartografia di Microzonazione Sismica di livello 1 (MOPS)

ZONE STABILI



Zona stabile



Substrato lapideo
con $V_s_{medie} > 800$ m/s
(AQR - MLL)

(Cod. 1011)

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI



Zona 1



Substrato lapideo
con $V_s_{medie} > 800$ m/s
(AQR - MLL)

(Cod. 2001)

Substrato lapideo
con pendenza $> 15^\circ$

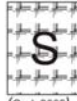


Zona 2



Substrato lapideo
con $V_s_{medie} < 800$ m/s
(MVV - SILL)
0-30m

(Cod. 2002)



Substrato lapideo
con $V_s_{medie} > 800$ m/s
(AQR - MLL)

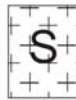
(Cod. 2002)



Zona3a-b



Depositi Alluvionali e/o detritici di versante
(SIV e/o a)
0-15 m



Substrato lapideo
con $V_s_{medie} < 800$ m/s
(MVV - SILL)

(Cod. 2003)



Zona4a-b



*Zona caratterizzata da un contrasto di
impedenza tra copertura e substrato rigido
presumibilmente alto*

Depositi Alluvionali e/o detritici di versante
(SIV e/o a)
0-15 m



Substrato lapideo
con $V_s_{medie} > 800$ m/s
(AQR - MLL)

(Cod. 2004)



Zona 5



Ghiaie e ciottolami rossastrì e limi sabbiosi
Spessore circa 20-30m. (MGO3).
0-30m



Sabbie medio-fini di delta conoide a laminazione
piano-parallela orizzontale ed inclinata piana
(MGO1-s1). 0-30m



Argille, lacustri, siltose talora marnose e
lignitifere. Locali intercalazioni di sabbie e ghiaie.
(MGO1-a1). 0-200m



Substrato lapideo
con $V_s_{medie} > 800$ m/s
(AQR)

(Cod. 2005)



Zona 6



Ciottolami giallo-rossastrì e limi sabbiosi
giallo-rossastrì massivi.
(MGO1-c1 e MGO2-c2). 0-10m



Sabbie medio-fini di delta conoide a laminazione
piano-parallela orizzontale ed inclinata piana
(MGO1-s1 e MGO2-s2). 0-30m



Argille, lacustri, siltose talora marnose e
lignitifere. Locali intercalazioni di sabbie e ghiaie.
(MGO1-a1 e MGO2-a2). 0-100m



Substrato lapideo
con $V_s_{medie} > 800$ m/s
(AQR - FAL - MLL)

(Cod. 2006)

Fig. 8.4b – Legenda alla Cartografia di Microzonazione Sismica di livello 1 (MOPS)

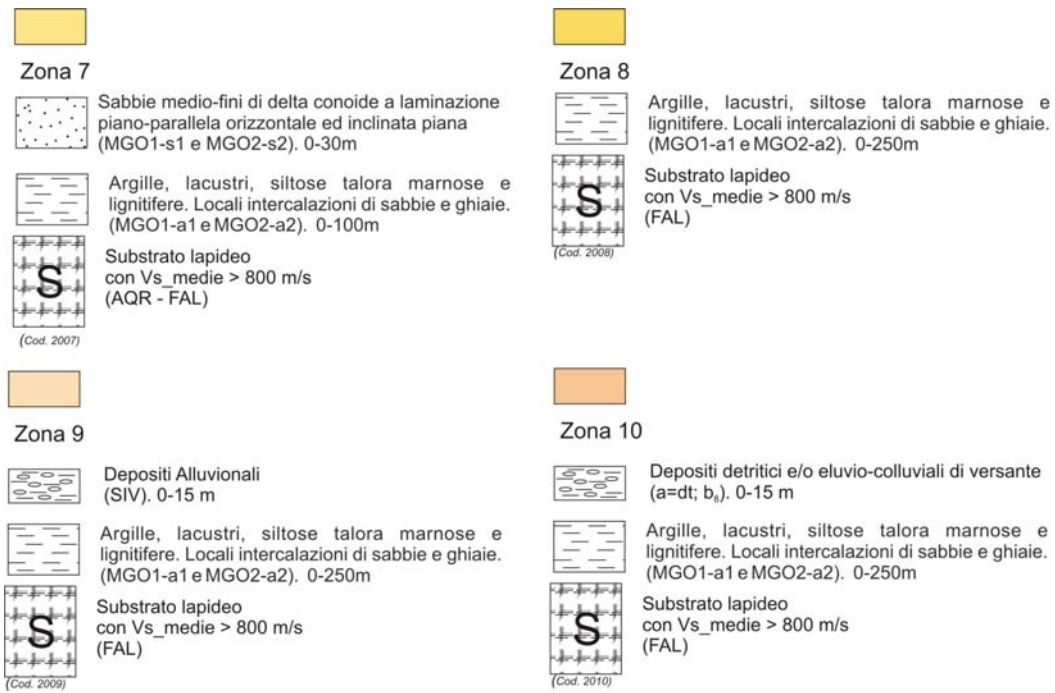


Fig. 8.4c – Legenda alla Cartografia di Microzonazione Sismica di livello 1 (MOPS)

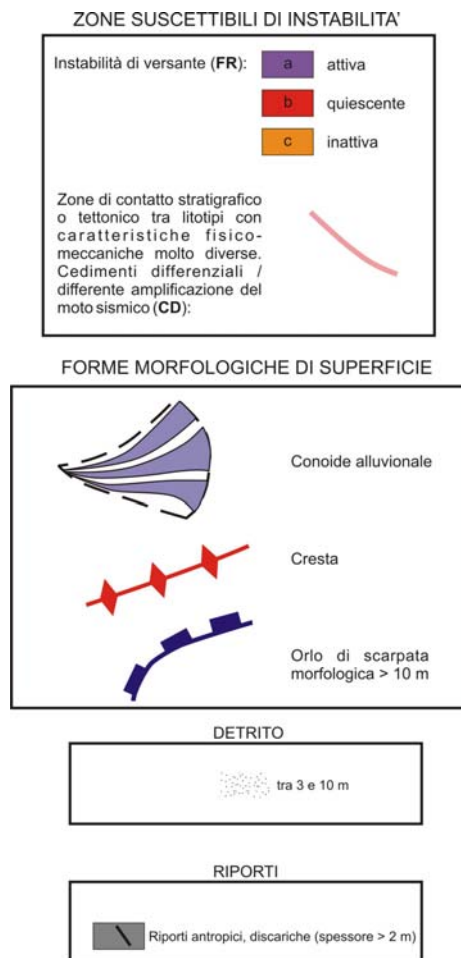


Fig. 8.4d – Legenda alla Cartografia di Microzonazione Sismica di livello 1 (MOPS)

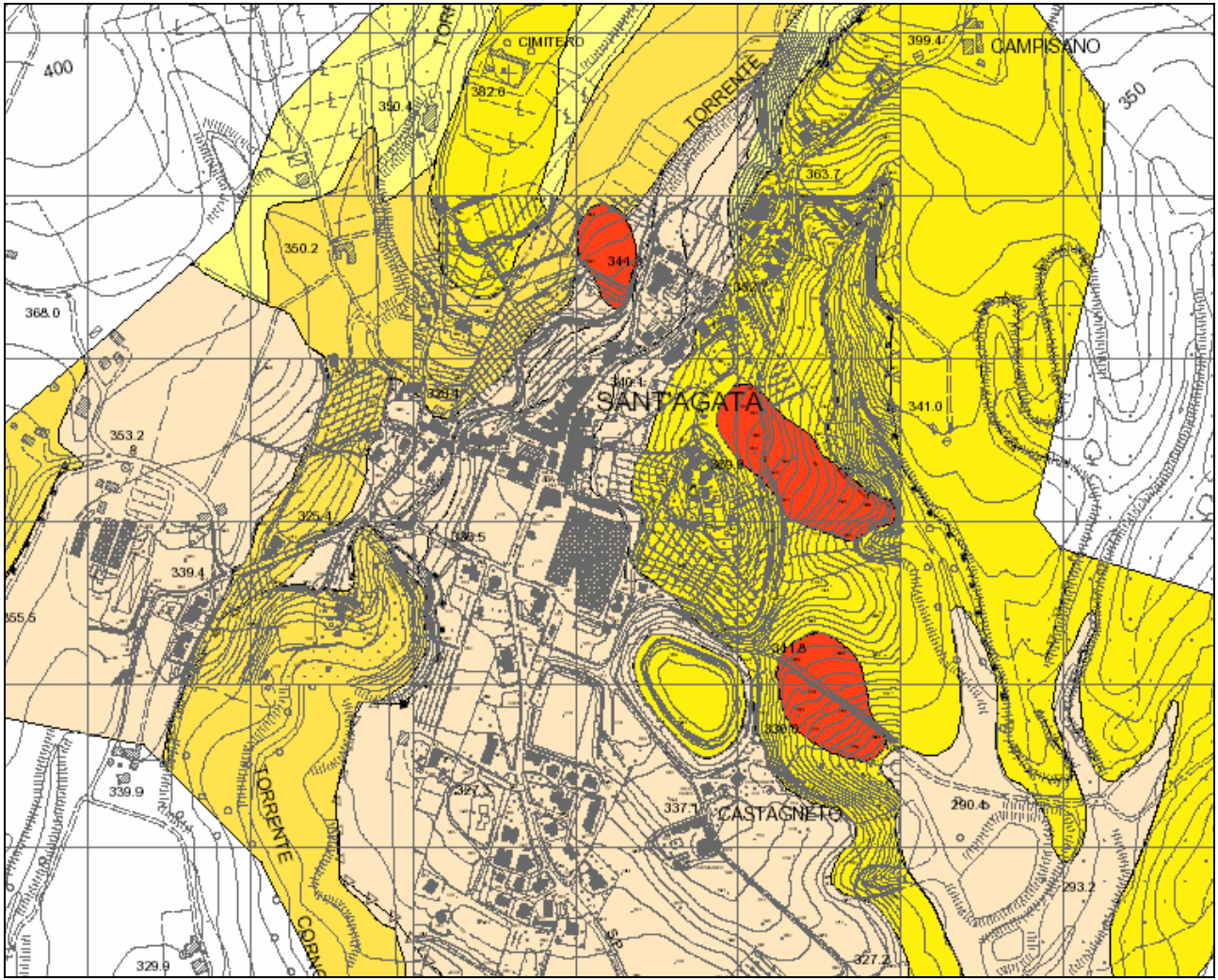


Fig. 8.5 – Stralcio della cartografia di Microzonazione Sismica di livello 1 (MOPS) di Scarperia, loc.tà Sant'Agata

8.6 – Carta di microzonazione sismica di livello 3

La realizzazione delle analisi di risposta sismica locale bidimensionale, illustrata nei capitoli precedenti, ha permesso la redazione della cartografia di microzonazione sismica di livello 3, per quanto attiene al capoluogo ed alla limitrofa zona industriale.

I risultati in termini di FH, desunti dalle analisi 2D, sono stati estesi arealmente mediante l'ausilio combinato della cartografia litologico-tecnica e della cartografia MOPS.

Il modello logico su cui si è basata l'estrapolazione areale dei dati di amplificazione è stato il seguente:

1. rappresentazione su mappa di tutti i punti di output delle modellazioni dinamiche effettuate con il relativo valore di FH;
2. individuazione del modello geologico-tecnico alla base di ogni valore di FH desunto;
3. identificazione sulle cartografie tematiche esistenti (in particolare litologico-tecnico e MOPS) di analoghe condizioni geologico-tecnico su aree in cui non sono disponibili analisi di risposta sismica per assenza di dati di base;
4. conseguente attribuzione del fattore FH nelle predette aree;
5. raggruppamento di situazioni tipologiche ed amplificative simili mediante la discretizzazione dell'area in classi distinte da differenti intervalli di FH;
6. rappresentazione della cartografia prodotta mediante software operante in ambiente GIS.

Sulla base di quanto illustrato precedentemente, si può discretizzare l'area in esame sulla base delle seguenti classi:

ZONA A ($1 \leq FH \leq 1.3$): include le aree di affioramento dei depositi lacustri di natura argillosa e delle alluvioni terrazzate (ad esclusione di alcune zone di bordo e dell'area relativa al centro storico) le amplificazioni siano di fatto assenti o minime (il valore massimo di FH è pari ad 1.24);

ZONA B ($1.3 \leq FH \leq 1.6$): individua tutte le aree di affioramento dei depositi colluviali e detritici (ad esclusione del deposito detritico di versante ubicato nell'area NW della sezione C-C'), le aree alluvionali terrazzate al bordo dei versanti (ad esclusione di quelle relative al centro storico) e le alluvioni terrazzate pianeggianti su cui è ubicato il centro storico di Scarperia. In tali situazioni le amplificazioni presentano valori di FH medio-elevati. Si ritiene che la causa di tali amplificazioni sia dovuta principalmente al contrasto di impedenza sismica tra il substrato argilloso lacustre ed i sovrastanti depositi detritici/colluviali/alluvionali. Inoltre, la presenza di effetti topografici (vicinanza di bordi di scarpata) su terreni propri della zona A, produce fenomeni amplificativi bidimensionali in grado di elevare FH a valori ≥ 1.3 . Anche l'unica misura su depositi gravitativi quiescenti (per i quali è necessario considerare anche la probabile attivazione di fenomeni di deformazione permanente) presenta valori medio-elevati (FH=1.42);

ZONA C ($1.6 \leq FH \leq 2.0$): comprende il bordo del terrazzo alluvionale su cui è ubicato il centro storico di Scarperia e la cresta allungata in direzione NNE-SSW ubicata su depositi alluvionali a Nord del centro storico;

ZONA D ($FH > 2.0$): riguarda esclusivamente la limitata porzione di detriti di versante ubicati nell'area NW della sezione C-C'. L'elevata amplificazione (FH=2.37) sembra dovuta all'elevato contrasto di impedenza tra questi depositi ($V_s=110$ m/s) e le sottostanti argille lacustri, coadiuvato anche da aspetti legati alle geometrie sepolte. La criticità connessa con l'individuazione di questa zona dovrà essere eventualmente valutata con attenzione in fase attuativa, in quanto relativa ad un unico punto di output di modellazione e derivante da una unica indagine di natura geofisica.

8.7 – Commenti finali e criticità

Il presente lavoro di MS è stato presentato in maniera organica con l'obiettivo di fornire, all'Amministrazione Comunale e anche ai professionisti che operano in tale Comune, una descrizione dettagliata e particolarmente approfondita del livello di conoscenza del sottosuolo presente nel Comune di Scarperia.

Sono state così presentati, discussi ed interpretati in chiave geologica tutti i risultati dei rilievi geologici eseguiti nell'area, tutti i dati geofisici disponibili desunti sia dalle indagini geofisiche di superficie che dalle indagini in foro, tutti i dati geotecnici derivati dai sondaggi geotecnici, dalle prove in situ ed in laboratorio effettuate. Tali dati sono stati opportunamente incrociati al fine di permettere una attendibile ricostruzione del modello geologico-tecnico di sottosuolo delineata attraverso la realizzazione di n. 6 sezioni geologiche di sottosuolo.

Sulla base del quadro conoscitivo ricostruito, le due aree indagate nel Comune di Scarperia (la località Capoluogo e l'area produttiva a SW) presentano una situazione geologica e stratigrafica simile essendosi sviluppate su pianure alluvionali che ricoprono i depositi fluvio-lacustri che colmano a loro volta i bacini sottostanti.

Tali bacini, raggiungendo profondità notevoli di centinaia di metri ed essendo principalmente colmati da depositi limoso-argillosi addensati, talora ghiaiosi, potrebbero determinare situazioni di amplificazione stratigrafica generalmente contenuta da un punto di vista sismostratigrafico; tuttavia, è stato riscontrato, mediante analisi di risposta sismica locale in assetto 2D, come la presenza di contrasti di rigidità (seppur limitati) e soprattutto di elementi topografici (bardi di terrazzo e creste) possa influire localmente in termini di aumento del fattore amplificativi, come ampiamente discusso nel paragrafo precedente.

Le molteplici indagini eseguite (in particolare 12 stese di sismica a rifrazione insieme a 5 sondaggi geognostici con relative down-hole e analisi di laboratorio) hanno consentito una buona definizione del modello geologico tecnico di sottosuolo, in termini soprattutto di geometrie sepolte e parametrizzazione dinamica dei terreni indagati.

Infine, tutte le zone di frana possono essere suscettibili di una accentuazione dei fenomeni di instabilità a causa degli effetti dinamici che si possono verificare in occasione di eventi sismici. Tale problematica dovrà essere puntualmente verificata nelle fasi attuative.

La frazione di S. Agata presenta una situazione geologica e geomorfologica identica a quella precedentemente analizzata per il Capoluogo con depositi alluvionali che si impostano al di sopra di elevati spessori di depositi fluvio-lacustri. Anche in questo caso le aree di maggiore criticità sono costituite dalle zone attorno ai depositi eluvio-colluviali e agli accumuli di frana.

Mediante la realizzazione di indagini geofisiche di superficie, si è in grado di individuare delle potenziali aree di pericolosità per le località di Marcoiano e La Castellana.

In prossimità dei due paesi, infatti, il bedrock roccioso affiora diffusamente e, talora, si possono individuare zone di potenziale amplificazione sismica dovuta principalmente al contrasto di impedenza sismica tra le coperture (alluvionali, detritiche, eluvio-colluviali o di depositi di frana) ed il sottostante substrato.

Ad Est di La Castellana è presente un back-thrust con direzione NNO-SSE che costituisce una zona di criticità in quanto si potrebbero avere effetti di focalizzazione delle onde.

Inoltre, tutte le frane, molto frequenti lungo i versanti che circondano le due località, rappresentano potenziali aree di ulteriore instabilità legata agli effetti dinamici che si possono innescare durante eventi sismici.

Problemi simili si trovano per la frazione di Ponzalla, caratterizzata dalla presenza di substrato affiorante e di coperture costituite principalmente da detrito di versante e corpi di frana.

In quest'area è presente un contatto tettonico (un thrust ad Est dell'abitato con direzione N-S) lungo il quale si potrebbero formare effetti di focalizzazione delle onde sismiche.

Tutte queste problematiche sono state riassunte nella cartografia delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS), la quale dovrà essere inserita, a cura dell'Amministrazione Comunale, all'interno del quadro conoscitivo del proprio strumento urbanistico generale e che costituirà la base fondamentale per una buona determinazione dei futuri programmi d'indagine sia da un punto di vista quantitativo sia in riferimento alle migliori tipologie in funzione del contesto da indagare.

Invece, la cartografia di microzonazione sismica di livello 3, meglio illustrata nei precedenti capitoli, deve rappresentare la cartografia di pericolosità sismica di cui al regolamento regionale 53R/2011, la quale permetterà di individuare le condizioni di fattibilità sismica nell'ambito della revisione dello strumento urbanistico comunale.

In via preliminare, rimandando la scelta definitiva al professionista che verrà incaricato della revisione dello strumento urbanistico comunale, si consigliano i seguenti abbinamenti per l'individuazione delle classi di pericolosità sismica (di cui al regolamento regionale 53R/2011) limitatamente alle aree in cui è stata redatta la cartografia di microzonazione sismica di livello 3:

ZONA A = classe di pericolosità sismica S2;

ZONE B, C e D = classe di pericolosità sismica S3

Inoltre, non essendo presenti né aree con substrato sismico affiorante né fenomeni gravitativi di versante attivi, non si ravvisa la necessità di indicare classi di pericolosità sismica rispettivamente di tipo S1 ed S4.

Nelle aree interessate da tale cartografia non si ritiene necessario nell'ambito del regolamento urbanistico un approfondimento in termini di nuove indagini se non limitatamente alle zone attualmente non ancora interessate dalla presenza di indagini geognostiche e dove il valore del fattore d'amplificazione (FH) è derivante da estrapolazione.

Infine, limitatamente alle zone B, C e D (classe di pericolosità S3), si ritiene obbligatorio inserire, nell'ambito del regolamento urbanistico, che la progettazione di edifici strategici e/o rilevanti ricadenti in classe d'indagine 3 e 4 (di cui al reg. regionale 36R/2009) sia effettuata mediante l'ausilio di analisi di risposta sismica locale di sito, adottando le condizioni più cautelative tra quelle ricavate dall'analisi di sito e quelle ottenute mediante la definizione delle categorie di sottosuolo, di cui alle NTC 2008.

9.0. Bibliografia

- AA.VV. (2007) – *Istruzioni tecniche per le indagini geologiche, geofisiche, geognostiche e geotecniche per la valutazione degli effetti locali nei comuni classificati sismici della Toscana. VOLUME 1B Criteri, metodologie, modalità di presentazione delle indagini e degli elaborati* “Programma VEL” e “Programma di valutazione della vulnerabilità sismica degli edifici pubblici e/o strategici in muratura o in cemento armato (VSM e VSCA)” in Garfagnana, Lunigiana, Valtiberina, Casentino, Mugello ed Amiata. Regione Toscana – Direzione Generale Politiche Territoriali ed Ambientali – Servizio Sismico Regionale.
- AA.VV. (2007) – *Istruzioni tecniche per le indagini geologiche, geofisiche, geognostiche e geotecniche per la valutazione degli effetti locali nei comuni classificati sismici della Toscana. VOLUME 5 Legende per la realizzazione della cartografia geologica, geomorfologia e litologico-tecnica per le aree del Mugello* “Programma VEL” e “Programma di valutazione della vulnerabilità sismica degli edifici pubblici e/o strategici in muratura o in cemento armato (VSM e VSCA)” in Garfagnana, Lunigiana, Valtiberina, Casentino, Mugello ed Amiata. Regione Toscana – Direzione Generale Politiche Territoriali ed Ambientali – Servizio Sismico Regionale.
- BENVENUTI M. (1996) – *Carta Geologica del bacino Fluvio-Lacustre del Mugello (Firenze) Scala 1:50.000*. ARCA ed.
- BENVENUTI M. (1997) – *Physical stratigraphy of the fluvio-lacustrine Mugello Basin (Plio-Pleistocene, Northern Appenines, Italy)* – *Giornale di Geologia*, ser.3°, vol. 59/1-2: 91-111.
- BENVENUTI M. (2003) – *Facies Analysis and tectonic significance of lacustrine fan-deltaic successions in the Pliocene-Pleistocene Mugello Basin, Central Italy*, – *Sedimentary Geology*, Vol.157, pp.197-234, Elsevier, Amsterdam.
- BETTELLI G., BOCCALETTI M., CIBIN U., PANINI F., POCCIANI C. & ROSSELLI S. (2002) – *Carta Geologica d'Italia a scala 1:50.000. Foglio 252 "Barberino di Mugello"*. *Serv. Geol. d'Italia* – Regione Emilia-Romagna.
- BULGARINI D'ELCI G., CERTINI L., GABBANI G. & NAPOLEONE G., (1977) – *Primi risultati della misura dell'attività sismica nel bacino del Mugello*. Ateneo parmense.
- DE CASTRO C. & PILLOTTI C. (1993) - *I giacimenti di lignite della Toscana*. Mem. Desc.Carta Geol. D'Italia, 23, 3-23.
- DELLE DONNE D. (2005) – *Tettonica Attiva dell'Appennino Settentrionale nel settore compreso tra l'Appennino Pistoiese e l'alta Val Tiberina*, Tesi di dottorato, Università di Firenze.
- FACCIORUSSO J., MADIAI C., PULITI A., VANNUCCHI G., BAGLIONE M., FABBRONI P. & D'INTINOSANTE V. (2012) – *Seismic microzonation of an urban settlement of central Italy: geological features and selection of a proper amplification factor*. Second International Conference on performance-based design in Earthquake Geotechnical Engineering. May 28-30, 2012 - Taormina (Italy).
- GEMINA (1962) – *Il bacino del Mugello*. In: *Ligniti e torbe dell'Italia continentale*. Roma, 61-70.
- GRUPPO DI LAVORO MS (2008) – *Indirizzi e Criteri Generali per la Microzonazione Sismica*, Conferenza delle Regioni e della Province Autonome – DPC, Roma
- KOTTKE ALBERT R. & RATHJE ELLEN M. (2008) – *Technical Manual for Strata* - PEER 2008/10
- Kuhlemeyer R.L. & Lysimer J. (1973) – *Finite element method accuracy for wave propagation problems*. *J. Soil Mech. & Foundations*. Div. ASCE, 99 (SM5), pp 421-427
- LANZO G. & SILVESTRI F. (1999) – *Risposta Sismica Locale*. Edizioni Hevelius.
- MANTOVANI E., VITI M., BABBUCCI D., CENNI N., TAMBURELLI C., FIANCHISTI G., BAGLIONE M., D'INTINOSANTE V. & FABBRONI P. (2011) – *Quaternary Sismotettonica dell'Appennino settentrionale. Implicazioni per la pericolosità sismica della Toscana*. Stampa Centro stampa Giunta Regione Toscana.
- MANTOVANI E., VITI M., BABBUCCI D., CENNI N., TAMBURELLI C., VANNUCCHI A., FALCIANI F., FIANCHISTI G., BAGLIONE M., D'INTINOSANTE V. & FABBRONI P. (2012) – *Potenzialità sismica della*

Toscana e definizione di criteri di priorità per interventi di prevenzione. Stampa Centro stampa Giunta Regione Toscana

MARTINI I.P. & SAGRI M. (1993) – *Tectono-sedimentaries characteristics of Late Miocene-Quaternary extensional basins of the Northern Apennines, Italy.* Earth Science Reviews, 34. 197-233.

MINISTERO DELLA INFRASTRUTTURE (2008), D.M. 14/01/2008 (G.U. n.29 del 04/02/2008) – *Norme Tecniche per le Costruzioni*, Roma

PRINCIPI G. et alii (in prep.) - *Carta Geologica d'Italia a scala 1:50.000.* Foglio 263 "Prato". Serv. Geol. D'Italia.

RIPEPE M., MARCHETTI E. et alii (2008) – *La sequenza sismica del Mugello del 1 marzo 2008, registrata dalla rete sismica locale*, Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Firenze

ROVIDA A., CAMASSI R., GASPERINI P., STUCCHI M. (eds.), (2011) – *CPT111, the 2011 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes.* Milano,Bologna (<http://emidius.mi.ingv.it/CPT1>).

VANNUCCI G. (1999) – *Individuazioni di strutture attive nell'Appennino centro-settentrionale sulla base di dati macrosismici storici.* Tesi di Dottorato di Ricerca in Tettonica e Geologia Strutturale, XII Ciclo. Univ. di Camerino, 249 pp.