

# PIANO STRUTTURALE INTERCOMUNALE

## Unione dei Colli Marittimi Pisani

Comune di **Castellina Marittima, Montescudaio, Riparbella**

*Provincia di Pisa*

*Capogruppo Progettista*  
Arch. Giovanni Parlanti

*Responsabile VAS*  
Arch. Gabriele Banchetti

*Studi geologici*  
GEOPROGETTI STUDIO ASSOCIATO  
Geol. Emilio Pistilli

Dott. Geol. Gian Franco Ruffini  
Dott. Geol. Leonardo Ruffini

*Studi idraulici*  
H.S. Ingegneria s.r.l.  
Ing. Simone Pozzolini

*Studi agronomici forestali*  
Dott. Agr. Fausto Grandi

*Valutazioni archeologiche*  
Dott.ssa Gloriana Pace

*Profili giuridici*  
Avv. Enrico Amante

Elaborazione grafica e GIS  
Paes. Giulia Mancini

Presidente Unione dei Colli Marittimi Pisani

*Responsabile del Procedimento*  
Geom. Luciana Orlandini

*Garante dell'informazione e della partecipazione*  
Segretario dell'Unione dei Colli Marittimi Pisani

COMUNE CASTELLINA MARITTIMA  
*Area Urbanistica*  
Arch. Eraldo Rossi

*Sindaco*  
Manolo Panicucci

COMUNE MONTESCUDAIO  
*Area Tecnica*  
Arch. Ivan Fiaccadori

*Sindaco*  
Simona Fedeli

COMUNE RIPARBELLA  
*Ufficio Urbanistica*  
Geom. Luciana Orlandini

*Sindaco*  
Salvatore Neri

**RELAZIONE TECNICA**

Doc.  
**QG 01**

Adottato con Del. C.C. n. del  
**Dicembre 2019**

**Indagini geologico tecniche di supporto  
al Piano Strutturale Intercomunale  
dell'Unione dei Colli Marittimi Pisani  
Comuni di Castellina Marittima, Montescudaio e Riparbella**

**PROVINCIA DI PISA**

**INDICE**

Premessa	pag. 2
Metodologia di studio	pag. 3
Inquadramento geologico	pag. 6
Carta geomorfologica	pag. 22
Carta idrogeologica	pag. 27
Carta litotecnica e dei dati di base	pag. 30
Carta delle pendenze	pag. 33
Carta delle MOPS e delle frequenze fondamentali	pag. 34
Carta della pericolosità geologica	pag. 53
Carta della pericolosità sismica	pag. 56
Carta della pericolosità idraulica	pag. 58
Carta della Vulnerabilità idrogeologica	pag. 60
Bibliografia	pag. 65

## 01 - Premessa

Su incarico dell'Unione dei Comuni dei Colli Marittimi Pisani è stato eseguito uno studio geologico tecnico di supporto alla redazione del Piano Strutturale Intercomunale dei Comuni Castellina Marittima, Montescudaio e Riparbella, realizzato contestualmente dalle tre Amministrazioni.

Il presente Piano Strutturale va a sostituire l'attuale Piano Strutturale Coordinato tra i Comuni di Castellina Marittima, Riparbella, Montescudaio, e Guardistallo, approvato ai sensi della L.R. n. 1/2005 e successive modifiche ed integrazioni con D.C.C. n°2 del 22.02.2008, esecutiva, e pubblicato sul BURT n° 15 del 09.04.2008, supportato da precedenti indagini geologico tecniche depositate presso l'URTAT di Pisa in data 03.11.2003, contestualmente agli altri elaborati del Piano.

Lo studio in parola è di supporto al Piano Strutturale secondo quanto previsto ai sensi della L.R. n° 65/2014. Le modalità esecutive secondo le quali l'indagine deve essere redatta sono disciplinate dalle disposizioni emanate con **DPGR n° 53/R del 25.10.2011**. Secondo tali Direttive le indagini geologico tecniche da prodursi si configurano con quelle esposte al **punto 4 dell'Allegato A**.

I tematismi di natura geologica sono stati inoltre redatti seguendo le indicazioni della Normativa vigente, rappresentata dal Piano di Assetto Idrogeologico del Bacino Toscana Costa, approvato con DCR [n 13 del 25 gennaio 2005](#), dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno, approvato con DPCM del 06.05.2005, dal Piano di Indirizzo Territoriale (PIT) approvato con DCR n° 37 del 27.03.2015, dal Piano Territoriale di Coordinamento (PTC) della Provincia di Pisa, approvato con DCP n.100 del 27.07.2006, e dal Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA), approvato con DPCM del 27.10.2016.

## **02 - Metodologia di studio**

Lo studio si è articolato secondo le seguenti fasi:

- rivisitazione degli studi redatti a supporto del precedente Piano Strutturale Intercomunale e dei successivi singoli Regolamenti Urbanistici
- ricerca bibliografica sulle caratteristiche geologiche, morfologiche, geotecniche idrogeologiche e idrauliche inerenti i territori comunali in argomento
- rivisitazione del rilevamento geologico-strutturale di dettaglio di porzioni del territorio dei tre Comuni, finalizzato a verificare le informazioni presenti sulla cartografia geologica di supporto al precedente PS
- rivisitazione del rilevamento geomorfologico del territorio, finalizzato ad individuare i principali lineamenti morfologici che si fossero instaurati nel periodo intercorso tra l'attuale e quelli relativi la stesura dei precedenti Atti di Governo del Territorio
- caratterizzazione delle unità litostratigrafiche che costituiscono la struttura geologica sotto il profilo litotecnico, in base alla composizione ed al grado di cementazione dei singoli litotipi
- censimento dei pozzi superficiali e profondi significativi, con acquisizione dei livelli statici forniti dalle Società proprietarie, al fine della ricostruzione dell'andamento della superficie piezometrica nella pianura alluvionale del Fiume Cecina
- caratterizzazione dei territori comunali sulla base delle pendenze dei versanti distinte in 5 classi a diversa acclività
- raccolta dei dati di base geologici e geotecnici attraverso una ricerca negli archivi dei singoli Uffici Tecnici comunali
- esecuzione di indagini sismiche a supporto dello studio di MS
- zonizzazione del territorio eseguita sulla base delle caratteristiche relative alla pericolosità geologica, alla pericolosità idraulica, alla pericolosità sismica e alla vulnerabilità idrogeologica

La cartografia è stata realizzata su supporto informatico, in formato shapefile, in coordinate Gauss Boaga, Roma Monte Mario EPSG 3003.

Lo studio geologico tecnico consta dei seguenti elaborati:

- **Relazione tecnica (Doc QG01)** descrittiva delle varie carte tematiche prodotte, che sintetizza gli elementi che da esse emergono e che possono rappresentare controindicazioni con limitazioni alle utilizzazioni previste.
- **Carta geologica (Tav QG01)** il cui rilevamento si basa su criteri di distinzione litostratigrafica in base alle caratteristiche litologiche, paleontologiche, sedimentologiche, petrografiche, mineralogiche e morfologiche riconoscibili alla scala dell'affioramento, e distinguibili da quelle adiacenti.
- **Carta geomorfologica (Tav QG03)** contenente informazioni su fenomeni di instabilità e sui processi morfologici più rilevanti quali i prodotti di fenomeni erosivi, le scarpate in erosione, i fenomeni di instabilità, le forme dovute ad acque incanalate, le forme e i prodotti di interventi antropici.
- **Carta idrogeologica (Tav QG04)** indicativa del grado di permeabilità delle varie formazioni presenti, e della posizione dei pozzi e delle emergenze naturali della zona.
- **Carta litotecnica (Tav QG05)** contenente le unità che costituiscono la struttura geologica, accorpate sotto il profilo litotecnico secondo parametri che consentono di delimitare i terreni che possono manifestare un comportamento meccanico omogeneo.
- **Carta dei dati di base (Tav QG05)** si sovrappone alla precedente; indica l'ubicazione delle prove geotecniche in sito, quali sondaggi geognostici, prove penetrometriche statiche e dinamiche, tomografiche geoelettriche, indagini sismiche a rifrazione o MASW, i pozzi a stratigrafia nota, utilizzati per la caratterizzazione stratigrafica e fisico meccanica dei terreni;
- **Carta delle pendenze (Tav QG06)** distinta per classi di acclività ritenute significative in rapporto al quadro altimetrico locale ed alle "soglie" che rivestono importanza nei confronti della propensione al dissesto dei terreni;

- **Carta delle frequenze fondamentali e delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (Tav QG07)**; il tematismo costituisce un approfondimento rispetto alla Carta dei dati di Base (o delle indagini) e individua la posizione delle indagini sismiche eseguite e la misure delle frequenze rilevate dalla cui elaborazione è stata ottenuta la carta delle MOPS il cui scopo è quello di individuare le zone in cui le condizioni locali possono modificare le caratteristiche del moto sismico atteso.
- **Carta della pericolosità geologica (Tav QG08)** sulla quale sono distinte le varie porzioni dei tre territori comunali ricondotte alle quattro classi di pericolosità (bassa, media, elevata e molto elevata) previste dal DPGR 53/R/2011.
- **Carta della pericolosità sismica (Tav QG09)** sulla quale sono distinte le varie porzioni dei tre territori comunali ricondotte alle quattro classi di pericolosità (bassa, media, elevata e molto elevata) previste dal DPGR 53/R/2011.
- **Carta della pericolosità idraulica (Tav QG10)** redatta secondo le prescrizioni del DPGR/53/R 2011 e della Direttiva PGRA e sulla quale sono distinte le aree collinari e di fondovalle riconducibili, per le loro condizioni, alle quattro classi di pericolosità previste: bassa (aree collinari), media, elevata e molto elevata (aree di fondovalle);
- **Carta della vulnerabilità idrogeologica (Tav QG11)** dalla quale si evince il grado di pericolosità di inquinamento della falda ad opera di eventuali agenti contaminanti, reiterante i criteri che hanno condotto alla redazione del tematismo del precedente PS, a sua volta redatto secondo le prescrizioni del PTC provinciale.

### 03 - Inquadramento geologico

Le numerose formazioni che costituiscono il territorio dei Comuni presi in esame sono riconducibili al Complesso Neautoctono e al Complesso del Dominio Ligure. All'interno dei due complessi sono poi distinguibili singoli depositi, comprendenti a loro volta un numero variabile di formazioni. I depositi individuati, dal basso verso l'alto risultano i seguenti.

- **depositi del Dominio Ligure**, che costituiscono il substrato pre-neogenico, riferibili all'Unità Ofiolitica (Monti di Castellina, Riparbella e Terriccio)
- **depositi del Neautoctono Toscano sin-rift**, ulteriormente suddivisi in:
  - depositi miocenici (Torrente Marmolaio-margine meridionale della Val di Fine, Località Strido, margine occidentale del Terriccio, Val di Lopia)
  - depositi plio-pleistocenici (Val di Fine, margine occidentale del Terriccio, bacino neogenico di Montescudaio);
- **depositi del Neautoctono Toscano post-rift**, pleistocenici (margine occidentale del Terriccio, Torrente Acquerta, versante occidentale delle Colline di Montescudaio);
- **depositi recenti ed attuali**.

Di seguito viene fornita una descrizione delle singole formazioni individuate, procedendo da quelle più antiche alle più recenti. La denominazione delle formazioni riprende quella introdotta nel Progetto CARG, intrapreso dal Servizio Geologico per uniformare le varie unità litostratigrafie presenti sul territorio regionale. Ne deriva che alcuni termini risultano diversi dal toponimo classico utilizzato, che viene comunque riproposto. Analogamente la sigla associata ed indicata sulla carta geologica è quella prevista dal progetto CARG. Per facilitare la correlazione, nella successiva descrizione litologica, a fianco della denominazione della formazione, è indicata tra parentesi sia la sigla CARG sia quella classica, utilizzata in bibliografia. Nel caso in cui la seconda sia assente, questo indica l'istituzione di una nuova formazione operata nel contesto del CARG, oppure la coincidenza delle due sigle. All'interno della Legenda della **Carta Geologica (Tav QG01)** è stata infine proposta una tabella di comparazione tra le formazioni presenti in carta e le due simbologie indicate.

## **Depositi del Dominio Ligure**

I depositi appartenenti a questa Unità affiorano nei Monti di Casciana Terme e di Castellina M.ma, che costituiscono il margine orientale della Val di Fine. Nella zona di Castellina M.ma-Terriccio-Riparbella i depositi sono caratterizzati da una complessa situazione strutturale, dovuta almeno a tre fasi deformative duttili ed alle successive deformazioni fragili. Delle deformazioni duttili la prima, la più intensa, ha determinato la formazione di pieghe isoclinali a nucleo ofiolitico, caratterizzate da vergenza occidentale. Alla scala cartografica, di queste sono riconoscibili alcuni megafianchi rovesci. Della seconda fase deformativa si riconoscono, sia a scala cartografica che a quella dell'affioramento, alcune pieghe anticlinali e anticlinali rovesciate, con vergenza nord-est, e delle sinclinali a nucleo di Calcari a Calpionelle (sez. Riparbella) o a nucleo di Basalti, individuabili alle Pruniccie ed al Giardino (sez. Terriccio). Della terza fase deformativa, alla scala cartografica è possibile osservare alcune pieghe a largo raggio di curvatura con assi per lo più antiappenninici.

Alcune probabili zone di taglio, di natura fragile-duttile, marcano alcuni contatti tettonici tra unità liguri, probabilmente riferibili a sovrascorrimenti dei quali però rimane incerta la collocazione cronologica (Nocolino, sez. Riparbella).

La deformazione fragile si esplica sotto forma di faglie dirette a direzione appenninica che ribassano a sud-ovest le varie porzioni dell'edificio ligure. In questo modo esse portano in contatto porzioni del fianco diritto della megapiegia isoclinale con il fianco rovescio della stessa. Ad esempio in corrispondenza della faglia di Ortacavoli Vecchia (sez. Terriccio) nel settore a ovest si ha una successione diretta, data da Basalti, Diaspri, Calcari a Calpionelle ed Argille a Palombini, mentre nel settore ad est della faglia si ha la successione di fianco rovescio, data da Argille a Palombini seguite da Calcari a Calpionelle, Diaspri e Basalti. Un sistema di faglie antiappenniniche a cinematica sia trascorrente che diretta interessa infine l'intero edificio. Della citata unità ofiolitica del dominio ligure fanno parte le seguenti formazioni.

## **Serpentiniti ( $\Sigma$ )**

Affiorano nei Monti di Castellina M.ma e Riparbella. Sono comunemente interpretate come rocce di mantello legate all'apertura del bacino oceanico giurassico Ligure-Piemontese. Costituiscono, insieme ai Gabbri, il basamento della sequenza ofiolitica. Si tratta di ultramafiti che si presentano in masse rocciose costituite da blocchi compatti, da metrici a decametrici, di roccia nero-verdastra, interessati da una rete diffusa di vene di minerali serpentinitici (crisotilo, lizardite), di clorite e di calcite. Nei blocchi compatti meno alterati si riconoscono lherzoliti tettonitiche caratterizzate da tessiture protogranulari e tettonitiche. Nelle prime si possono osservare cristalli di bastite pseudomorfa su pirosseno, di dimensioni da qualche millimetro fino a 1 cm, immersi in una pasta di fondo basica. Le tessiture tettonitiche sono caratterizzate da un'anisotropia planare dei minerali (principalmente pirosseno e olivina) che costituiscono la paragenesi della roccia. Sono presenti anche lenti di duniti cumulitiche. Raramente sono conservati i rapporti primari con gli altri litotipi della sequenza ofiolitica. Le potenze della formazione non sono determinabili in affioramento.

## **Gabbri ( $\Gamma$ )**

Si osservano in limitati e ridotti affioramenti (Terriccio, Torrente Le Botra). Sono caratterizzati da cristalli chiari di plagioclasio immersi in un aggregato scuro di minerali femici, tra i quali è riconoscibile il clinopirosseno. Si tratta prevalentemente di Mg-gabbri, con paragenesi data da plagioclasio, clinopirosseno ed olivina. All'affioramento si presentano prevalentemente con struttura isotropa e, subordinatamente, con struttura flaser-gabbro (T. Le Botra), caratterizzata da anisotropie planari più o meno marcate. Talvolta sono attraversati da piccoli filoni chiari di plagiogranito. La potenza non è determinabile in affioramento. I gabbri sono interpretati come residui delle camere magmatiche legate all'apertura del bacino oceanico giurassico.

## **Brecce di Serpentiniti ( $\Sigma$ br)**

Le finalità tecniche del presente lavoro hanno determinato il raggruppamento in questa unità di tutti i tipi di brecce ofiolitiche ed oficalcifiche affioranti nella zona, senza

una distinzione sulle loro origini tettoniche o sedimentarie, ma tenendo in considerazione solo la prevalenza litologica all'interno dell'ammasso roccioso, che in questo caso è marcatamente serpentinitica.

### **Basalti (Δ)**

Ampliamente diffusi nell'area dei Monti di Castellina e Riparbella, sono presenti come basalti massicci, basalti filoniani e basalti a pillows, con l'aggiunta di brecce di pillows. I basalti massicci hanno tessitura afanitica ed un colore variabile da grigio scuro a verde scuro. Spesso le patine di alterazione sono arrossate per la presenza di ossidi di ferro. Sono prevalenti le facies afiriche, subordinate le varietà porfiriche e doleritiche. Le paragenesi primarie consistono di plagioclasio+clinopirosseno+minerali opachi (ilmenite+magnetite) cui si sovrappongono paragenesi metamorfiche di basso grado. I filoni di basalto si ritrovano sia nelle Serpentiniti sia nei Gabbri (Terriccio), sia all'interno delle colate rappresentate dai basalti a pillows che hanno una tessitura prevalentemente porfirica e subordinatamente afirica. Nella facies porfirica i fenocristalli sono costituiti da plagioclasio e sono immersi in una pasta di fondo con struttura contenente plagioclasio, pirosseno alterato (spesso completamente sostituito da aggregati fibroso raggiati di tremolite-attinolite e FeMg-clorite) e minerali opachi. I Basalti a pillows rappresentano le colate vulcaniche che ricoprono il basamento ofiolitico. Sono ammassi di ellissoidi ("cuscini") di varie dimensioni (assi da decimetrici a metrici), con l'asse maggiore in genere disposto secondo la stessa direzione del piano di stratificazione delle sovrastanti coperture sedimentarie e con un "picciolo" non molto sviluppato posizionato nella parte inferiore del corpo. I cuscini sono caratterizzati da marcate variazioni strutturali dal nucleo alla periferia (rispettivamente da intersertale a grana medio-fine a intersertale a grana molto fine, a vitrofirica e con fessurazioni radiali e concentriche) e colori che variano dal grigio scuro, al rosso fegato, al marrone. Le zone interstiziali tra i cuscini sono riempite da una matrice cloritico-ematitica di colore verde-rossastro. La superficie esterna dei cuscini è caratterizzata da una crosta di colore rosso fegato. In alcuni casi (Pod. I Prati sez. Riparbella) i basalti a pillows contengono livelletti di radiolariti ed areniti ofiolitiche. La potenza degli affioramenti non è determinabile. I Basalti a pillows della

località Aiola-Terriccio, nei pressi di Castellina M.ma, sono stati datati a 158 Ma (Oxfordiano sup.) utilizzando il metodo  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  (Bortolotti et alii, 1991).

### **Brecce di Mt. Zenone (Γbr)**

Si tratta di un tipo particolare e ben riconoscibile di breccia sedimentaria, costituita prevalentemente da brecce decimetriche, da subangolari a subarrotondate, di Mg-gabbro alterato, sia isotropo che flaser, immerse in una matrice cloritico-carbonatica, alle quali sono intercalati alcuni strati sottili e discontinui di areniti a composizione ofiolitica. Sono subordinatamente presenti clasti di serpentiniti e di basalti a pillows. La denominazione deriva dal fatto che questa breccia mostra una stretta somiglianza con le Brecce del Monte Zenone della Liguria orientale (Picchi, 1985). Gli spessori variano da decametrici a metrici (Ceppo Nero-Castellina M.ma), rendendo la formazione spesso non cartografabile.

### **Diaspri di Monte Alpe (DSA-g)**

Si identifica con una formazione sedimentaria, distribuita in esigui affioramenti che fasciano le principali masse ofiolitiche, con particolare riguardo a quelle basaltiche. I Diaspri sono costituiti da strati silicei di origine organica (radiolariti), alternati a strati pelitici scuri (mudstone silicei). Gli strati silicei hanno spessori da molto sottili a sottili (0.5 - 10 cm). Essi sono prevalentemente di colore rosso fegato (per la presenza di un pigmento ematitico), ma anche bianco. Talora sono presenti zonature di color verde tenue, che osservate sulla superficie di strato disegnano una rete a maglia vagamente romboidale che ricalca, alterandolo, un preesistente sistema di vene e/o fratture. Gli strati pelitici sono caratterizzati da spessori molto sottili e da colore rosso con zonature verdi. Alle Debbiare (sez. Terriccio) e al Ceppo Nero (sez. Castellina) i diaspri hanno intercalate nella parte sommitale delle peliti marnose color nocciola rosato, con spessore di 2-4 metri. Questa unità presenta i caratteri di un sedimento emipelagico deposto direttamente su crosta oceanica. In questa zona la formazione presenta uno spessore ridotto rispetto agli affioramenti dell'Appennino Ligure, e non supera i 10-20 metri (Poggio delle Pianacce). I Diaspri del vicino Monte Vitalba sono datati

all'Oxfordiano sup. - Tortoniano inf. (facies A, "basale" di Picchi, 1985) e al Berriasiano superiore (facies B, "sommitale", di Picchi, 1985). I Diaspri dell'Aiola-Terriccio hanno invece datazioni riferibili all'Oxfordiano superiore-Kimmeridgiano inferiore per dei livelli intercalati nei Basalti, e al Kimmeridgiano medio-Tortoniano inferiore per gli strati depositi sopra i Basalti (Nozzoli, 1986).

### **Calcari a Calpionelle (CCL-c1)**

La migliore esposizione dei Calcari a Calpionelle si osserva nella cava dei Sassi Bianchi a nord-est di Castellina M.ma. I Calcari a Calpionelle sono costituiti da strati, con spessori variabili, di calcilutiti di colore grigio chiaro, che acquisiscono un tipico colore bianco-latte sulle superfici di alterazione, oppure rosa chiaro in prossimità del contatto con i Diaspri. In alcuni casi si osserva l'intercalazione di strati sottili di argilliti scure nella parte basale della formazione. In altri casi (Ceppo Nero) il passaggio tra Diaspri e Calcari a Calpionelle è marcato da strati medio-spessi di marne beige chiaro. Lo spessore massimo è quantificato in 80-90 metri. L'ambiente di sedimentazione è di tipo marino pelagico. I Calcari a Calpionelle del Monte Vitalba sono stati datati da Perilli (1998) al Berriasiano superiore-Valanginiano inferiore (Cretaceo inferiore).

### **Argille a Palombini (APA-c2)**

Le Argille a Palombini affiorano diffusamente in tutta l'area dei Monti di Castellina M.ma e Riparbella. In genere esse danno origine ad una coltre pedogenetica prevalentemente argillosa, spesso alcuni metri, caratterizzata da scarse proprietà geotecniche. Gli affioramenti che presentano le caratteristiche litologiche originarie si possono invece osservare prevalentemente nelle incisioni dei vari torrenti e botri o in coincidenza delle cerniere dei crinali. La formazione è costituita da un'alternanza di strati torbiditici calcarei, calcareo-marnosi, calcareo-silicei ed emipelagici privi di  $\text{CaCO}_3$ . Gli strati calcareo silicei ("i Palombini") hanno spessori che generalmente variano da pochi centimetri ad un metro. Sono di solito a grana finissima e presentano, in assenza di alterazione, un colore grigio. Gli strati marnosi presentano spessori da sottili a medi e grana fine o medio-fine. All'interno degli strati calcarei-marnosi-silicei sono state

riconosciute strutture sedimentarie che testimoniano la natura torbidityca del deposito. Le emipelagiti sono costituite da argilliti di colore grigio scuro-nero prive di  $\text{CaCO}_3$ , con potenze che variano fino a raggiungere i 2 metri di potenza. Lo spessore totale della formazione è mal definibile per l'elevata deformazione, sia duttile che fragile, che l'ha interessata. Si presume in ogni modo una potenza massima di 200 metri. L'ambiente di sedimentazione è riferibile a quello di piana abissale interessata da episodi torbidityci silicoclastici. Le Argille a Palombini del vicino Monte Vitalba sono datate al Valanginiano inferiore-Barremiano inferiore (Perilli, 1998).

#### **Formazione di Lanciaia (CAA-pe1) Membro delle Marne sabbiose del T. Pesciera**

Affiora lungo l'incisione del T. Pesciera e lungo il Botro della Carbonaia, circa 4 km ad WSW di Castellina M.ma. Si tratta prevalentemente di marne sabbiose di colore rosso mattone, alle quali si intercalano livelli di argilliti grigio scure e argilliti marnose varicolori di spessore metrico, e livelli biocalcarenitici grigi gradati, in sequenze di 25-80 cm. Inglobati nelle marne si rinvengono sia areniti ofiolitiche che breccie ofiolitiche a granulometria varia. Si sovrappongono alle Serpentiniti con un contatto stratigrafico marcato da breccie serpentinitiche e con una netta discordanza angolare. Al tetto sono coperte, con contatto tettonico, dalle Argille a Palombini. Lo spessore massimo è stimabile in 40-50 m. Le Marne sabbiose del T. Pesciera sono state attribuite alla metà superiore dell'Ypresiano (Eocene inferiore) (Maccantelli e Mazzei, 1994).

### **NEOAUTOCTONO TOSCANO, depositi SIN RIFT *Depositi miocenici***

#### **Conglomerati di Podere Luppiano (LUP)**

Affiorano nella zona di Strido (sez. Mt. Vitalba), dove giacciono in discordanza sulle Unità liguri. Sono costituiti da conglomerati scarsamente organizzati, malclassati, clasto-sostenuti e con scarsa matrice arenacea rossastra. I ciottoli, di forma da subangolosa a subarrotondata, hanno dimensioni medie di 10 cm e massime fino a 30 cm. La composizione è prevalentemente calcareo-silicea e, in subordine, radiolaritica e

ofiolitica. Una patina di ossidi ricopre tutti i tipi di ciottoli determinando una generale colorazione rossastra. Gli spessori sono mal valutabili per le pessime esposizioni e per le complicazioni tettoniche. Si tratta di un deposito continentale, legato a conoidi alluvionali al quale è attribuita un'età Turoliana (Tortoniano superiore).

### **Argille del Torrente Fosci (FOS)**

Affiorano nella zona di Strido (sez. Mt. Vitalba) e sono costituite da argille grigie massicce, talvolta caratterizzate da sottili intercalazioni di arenarie, di conglomerati minuti e, occasionalmente, di marne. Possibile il ritrovamento di sottili lenti e livelli di lignite. La potenza delle Argille del Torrente Fosci è assai variabile. L'ambiente di sedimentazione è di tipo lacustre. Nel tratto sommitale è documentabile un ambiente lagunare salmastro (Lazzarotto et alii). L'età è Turoliana riferibile al Tortoniano superiore per la porzione deposta in ambiente lacustre, e al Messiniano inferiore per quella deposta in ambiente lagunare-salmastro.

### **Formazione del Torrente Sellate (Conglomerati del Monte Soldano) (SLTc)**

Affiorano nella zona di Strido (sez. Riparbella) Si tratta di conglomerati clasto-sostenuti organizzati, poligenici e con matrice arenacea polimodale. I ciottoli, di solito arrotondati e con dimensioni generalmente medie o minute, provengono dalle Unità Liguri e sono immersi in una matrice argillosa grigio-nocciola a luoghi predominante. Gli spessori sono valutabili nell'ordine di alcuni metri. L'ambiente di deposizione è riferibile al tipo *braided stream* impostato nella parte subaerea di un fan-delta (Martini et alii, 1995). L'età è riferita al Turoliano del Tortoniano superiore.

### **Calcere di Rosignano (Conglomerati di Villa Mirabella) (CVM-m3)**

Affiorano nella zona del Pod. Urlarino e del Pod. Torricella (sez. Riparbella) e si identificano con conglomerati medio grossolani nocciola rossastri, matrice sostenuti. I clasti sono ben arrotondati e rappresentati, in ordine di abbondanza, da Serpentiniti, Argille a Palombini, Gabbri e Diaspri. La matrice è sabbioso argillosa con lenti di silt argilloso nocciola chiaro. I conglomerati sono in parte eteropici con le soprastanti sabbie

con biocalcareniti algali dei Calcari di Castelnuovo. L'ambiente di sedimentazione è lagunare-salmastro. Lo spessore massimo (250 metri) si registra a Poggio i Gabbri (sez. Guardistallo). L'età è riferibile al Messiniano inferiore.

#### **Calcare di Rosignano (Calcari di Castelnuovo) (CCS-m4)**

Affiorano nella Val di Lopia (sez. Riparbella) e presso il Poggio di Val di Perga (sez. Castellina M.ma). Si tratta di calcari detrico-organogeni, da giallo-avana a bianco, ricchi di materiale terrigeno (sabbie medie giallo-ocra), con livelli microconglomeratici ad elementi appartenenti alle formazioni dell'Unità Ofiolitifera, ed interstrati argillitici. Contengono livelli di calcareniti algali e di calcari oolitici. Ai corpi biocostruiti (composti dal corallo *Porites* e da alghe rosse) si associano abbondanti bioclasti tra cui sono riconoscibili Pectinidi ed Ostreidi. L'ambiente deposizionale è marino della facies di spiaggia. Gli spessori, difficilmente valutabili in affioramento, si attestano intorno ai 20 metri. L'età è riferibile al Messiniano inferiore.

#### **Argille e gessi del Fiume Era Morta (EMOg-m7)**

Affiorano nella valle del Torrente Marmolaio, nella sezione Castellina M.ma. Si tratta di un'alternanza di banchi di gesso selenitico (cristalli in posizione di crescita), di gesso microcristallino (alabastro) e di gessoareniti, con spessore da qualche dm a 2 metri, con interstrati di argille-silt-marne laminitiche grigio brune. L'ambiente deposizionale è salmastro (il cosiddetto "lago-mare"). Gli spessori sono estremamente variabili: quelli osservati si attestano sui 150 metri. L'età è il Messiniano superiore.

#### **Conglomerati di Sant'al Poggio (CSP)**

Affiorano nella zona del Torrente Marmolaio (sez. Castellina M.ma). Sono rappresentati da conglomerati grigi e localmente arrossati, medio-fini, matrice sostenuti, ben sortiti. I clasti sono subarrotondati e di provenienza dall'Unità Ofiolitica. E' presente una stratificazione pianoparallela ed intercalazioni di limi marnosi grigi con livelli microconglomeratici. L'ambiente deposizionale è deltizio retrogradante. Lo spessore è di 150 metri. L'età è riferibile al messiniano superiore.

### **Areniti dei Conglomerati di Sant'al Poggio (CSPa)**

Affiorano nella zona del Torrente Marmolaio. Sono costituite da sabbie e limi giallo chiari, localmente ben cementati, con lenti di biocalcareniti algali e di marne contenenti spicole ed Ostracodi. Malacofauna oligotipica: caratteristici gli Ostreidi di dimensioni ridotte. In affioramento sono individuabili delle strutture sedimentarie a ripples. L'ambiente deposizionale è il deltizio retrogradante (marino ristretto – lagunare). Lo spessore è quantificabile in alcune decine di metri. L'età è messiniana superiore.

### **Calcarei stromatolitici di Casa San Giovanni (CSG)**

Come i precedenti affiorano nella zona del Torrente Marmolaio. Si tratta di calcari stromatolitici e di calcareniti beige chiaro, con litici e frammenti di Lamellibranchi e Gasteropodi. La maggior parte degli stromatoliti ha un diametro di 10-30 cm, ma alcuni orizzonti mostrano grandi duomi con diametro di 1 metro, localmente estesi fino a 5 metri. Si tratta di depositi lagunari depositi in ambiente intertidale. Lo spessore è quantificato in 15 metri. L'età è riferita al messiniano superiore.

### **Marne e sabbie fini di Cava Serredi (MSS)**

Compaiono in piccoli affioramenti nella zona del Torrente Marmolaio. Si tratta di litofacies marnoso-siltose beige con ripples sinusoidali. L'ambiente deposizionale è il lagunare subtidale con caratteristiche distali. Sono riconosciuti ambienti deposizionali variabili, dall'off-shore al pro-delta. Gli spessori sono nell'ordine di pochi metri. L'età è il messiniano superiore.

### **Gessi del T. Marmolaio (GMA-m7)**

Affiorano estesamente alla cava Knauf del T.Marmolaio e alla cava del T. Pesciera (sez. Castellina M.ma). Si tratta di gessi selenitici e microcristallini (alabastro), in banchi con spessore da 50 cm a 3 metri, intercalati da livelli di argille laminate grigio-rossastre con livelli marnosi dolo-micritici. L'ambiente deposizionale è il cosiddetto "lago-mare", salmastro. Lo spessore è di 35-40 metri. L'età è il Messiniano superiore.

### **Argille e gessi del Fiume Era Morta (Argille laminitiche) (EMO-m5)**

Affiorano nel bacino dei Fiumi Tora e Fine (sez. Castellina M.ma e Terriccio). Si identificano con argille marnose nocciola-grigio-rosate, con laminazione piano-parallela, ricche di Ostracodi. Sono presenti lenti di gessoareniti e noduli di gesso microcristallino (alabastro EMOg). Lo spessore è di 40-50 metri. L'ambiente di sedimentazione è il deltizio lacustre. L'età è riconducibile al Messiniano superiore.

### **NEOAUTOCTONO TOSCANO, depositi SIN RIFT *Depositi pliocenici e pleistocenici***

#### **Argille azzurre (FAA-p)**

Sono argille grigio azzurre e limi argillosi grigio nocciola. Nella parte alta sono presenti livelli lenticolari di calcisiltiti e calcareniti grigio scure. La malacofauna presente è data da *Glycymeris*, *Turritella*, *Tellina*, *Natica* e *Murex* ed è particolarmente abbondante nella parte alta della successione. Nelle sezioni esaminate le Argille azzurre costituiscono il termine più basso del ciclo sedimentario pliocenico, non affiorando infatti mai i depositi arenitici basali. Nella sezione Castellina M.ma poggiano con debole discordanza angolare sulle argille e gessi del Messiniano superiore (Matassina bassa, lato sinistro T. Marmolaio). Al tetto passano gradualmente, con contatto stratigrafico concordante, alle argille sabbiose della Formazione di Guardistallo (Argille sabbiose di San Cipriano). Lo spessore è di circa 100 metri. L'ambiente è il marino, da neritico a batiale superiore. L'età è riconducibile al Pliocene inferiore e medio.

#### **Formazione di Villamagna - Argille sabbiose di San Cipriano (VLMA-p2)**

Coincide con *il membro argilloso sabbioso della ex Formazione di Guardistallo*. Nell'area esaminata affiorano solo nelle aree prossime l'abitato di Montescudaio. Il corpo sedimentario risulta costituito da limi argilloso-sabbiosi di colore nocciola, con abbondante malacofauna (*Cladochora caespitosa*, *Turritella*, *Cerithium*, *Murex*, *Nassa*, *Natica*, *Ostreidi Pectinidi*). Contengono livelli cartografabili di sabbie medio fini (Sabbie di S. Giusto, VLMS) in un numero variabile da 1 a 5. Si sovrappongono con contatto stratigrafico concordante alle Argille azzurre e sono sormontate in discordanza angolare

dalle Sabbie ed argille ad Arctica islandica (AIS). Lo spessore complessivo, comprendendo anche le intercalazioni sabbiose, è di circa 250 metri. L'ambiente di deposizione è quello di mare basso e spiaggia. L'età è il Pliocene medio.

### **Formazione di Villamagna - Sabbie di S.Giusto (VLMs – p3)**

Corrisponde al *membro delle sabbie e conglomerati della ex Formazione di Guardistallo*. E' costituito da sabbie fini grigio chiaro o gialle, massive o con stratificazione piano parallela talvolta ben cementate, con frequenti livelli o bancate di conglomerati ad elementi di provenienza per lo più ligure ed interstrati di limi argillosi. I livelli più cementati sono ricchi di Ostreidi, Pectinidi e Balanidi. Nella zona di Montescudaio affiorano in livelli (da 3 metri a 20 metri di spessore) intercalati nelle citate argille sabbiose (VLMa). L'ambiente di deposizione è quello di mare basso e spiaggia. L'età è il Pliocene medio.

### **Sabbie ed Argille ad Arctica Islandica (AIS – q2)**

Affiorano estesamente nella valle del Fiume Cecina, tra gli abitati di Riparbella e Montescudaio. Si identificano con sabbie fini, giallo chiaro, alternate ad argille sabbiose brune e grigie. Presentano una laminazione piano-parallela, incrociata piana o flaser. Intercalate alle sabbie sono presenti livelli calcarenitici ad andamento lenticolare, che in alcune situazioni raggiungono anche notevoli spessori. La formazione si presenta ricca di macrofossili, tra cui Ostrea, Lophya, Glycymeris, Pecten. Caratteristica è la presenza di Cladochora caespitosa e di Arctica islandica. Sono infine presenti bioturbazioni, ciottoli molli e resti vegetali. Si sovrappongono in discordanza angolare sui depositi del Pliocene inferiore-medio. L'ambiente è il marino ristretto. Lo spessore raggiunge anche i 100 metri. L'età è riferita al Pleistocene inferiore (Santerniano-Bossio et al., 1981, Santerniano-Emiliano p.p. Bartoletti et al., 1985).

### **Conglomerati di Riparbella (CEP – qr)**

Affiorano nella sez. Riparbella ed a nord del Fiume Cecina. Sono in parte eteropici con le sottostanti Sabbie ed argille ad Arctica islandica, mentre passano lateralmente

verso sud ai Calcari di Montescudaio. Al Podere Vallari (sez. Terriccio) sono ricoperti con superficie d'erosione ed in discordanza angolare dai Conglomerati di Bolgheri (Siciliano), appartenenti al ciclo deposizionale successivo. Si tratta di conglomerati matrice sostenuti, beige grigi, con ciottoli subarrotondati che solitamente costituiscono barre ghiaiose e riempimenti di canale, con stratificazione incrociata piana o concava, e sabbie fini e limi con laminazioni a basso angolo localmente più cementate. I ciottoli, da 2 cm. a 10 cm., a luoghi fortemente eterometrici ma perlopiù mediamente sortiti, sono di provenienza dal substrato ligure. Contengono Ostreidi, Pectinidi, Arctica islandica e frammenti di lamellibranchi, Turritella e coralli. I ciottoli calcarei hanno spesso fori di Litodomi. Si identificano con un deposito di mare basso-spiaggia. Lo spessore è in genere pari a 20-30 metri. L'età è riferita all'Emiliano.

### **Calcari di Montescudaio (MSC – q3)**

Affiorano nelle aree circostanti il capoluogo omonimo. Sono almeno in parte eteropici delle Sabbie ed argille ad Arctica islandica (Mazzanti e Sanesi, 1986; Bartoletti et al., 1985) a cui si sovrappongono con contatto stratigrafico concordante. Sono sormontati dalle calcareniti sabbiose della Formazione di Bibbona con contatto stratigrafico concordante. La formazione è rappresentata da calcari detritici più o meno ricchi di frazione sabbiosa e a variabile grado di cementazione. Gli strati sono nettamente suddivisi in elementi di 30-50 cm di spessore nella parte inferiore, mentre passano in genere verso l'alto a bancate di calcare detritico decisamente competenti e di notevole potenza. Nel suo insieme la formazione si presenta comunque omogenea, con spessori costanti intorno ai 100 metri. Molto ricca è la componente fossile (Ostreidi e Pectinidi). Si identificano con un deposito di mare basso. L'età è l'Emiliano.

## **NEOAUTOCTONO TOSCANO, depositi POST RIFT**

### **Formazione di Bibbona (BBB – q5)**

Affiora nelle sezioni Terriccio, Riparbella e Guardistallo. Il corpo sedimentario costituisce un insieme assai variabile lateralmente e verticalmente di calcareniti

sabbiose diversamente cementate, di sabbie a varia granulometria e vario grado di addensamento, e di conglomerati a matrice sabbiosa e calcareo detritica. Strati e banchi hanno andamento lenticolare, spesso con ulteriore suddivisione in lamine pianoparallele o sigmoidali, incrociate specialmente nella frazione sabbiosa. Le areniti contengono quarzo, litici, frammenti di gusci ed intraclasti carbonatici (ooliti-oncoliti); presentano una stratificazione incrociata piana e a *liscia di pesce*. I conglomerati hanno ciottoli provenienti da tutte le formazioni delle Unità Liguri, di dimensioni assai diverse, pur nell'ambito delle medio piccole, e ben selezionati. Si presentano spesso in plaghe di uguale misura. In prevalenza la loro forma è "a piattella" ben accentuata. E' noto il ritrovamento di "choppers" uni e bifacciali (Galiberti, 1974,1982) riferiti al ciclo della "Pebble culture". I rapporti giacitureali alla base sono di discordanza angolare in aree adiacenti a quella in esame, e di generale concordanza in quest'ultima. La formazione riflette un ambiente di deposizione di spiaggia sommersa ed emersa. Lo spessore è assai modesto e non supera i 30 metri. L'età è infine riconducibile al Siciliano.

### **Conglomerati di Casa Poggio ai Lecci (CPL – q6)**

Nella terminologia locale sono noti con il termine di **Conglomerati di Bolgheri**. Affiorano nella stessa regione della sottostante Formazione di Bibbona. Si tratta di un corpo sedimentario costituito da conglomerati bruno rossastri, ad elementi molto eterometrici, spesso anche grossolani, in cui si riconoscono i tipi litologici delle formazioni dell'Alloctono Ligure cui si aggiunge il calcedonio ed il plagiogranito. La matrice inglobante, anch'essa rossastra, è eterogenea sia in percentuale sia in distribuzione laterale e verticale. Essa è in genere sabbiosa, pur essendo presente una certa componente argillosa in quantità variabile. La stratificazione è in genere piuttosto disordinata, talora inclinata, mentre la potenza originaria è difficilmente valutabile. In base alle caratteristiche sedimentologiche questi depositi sono riconducibili ad un ambiente di delta fluviale e presentano sia zone di deposizione subacquea che zone di deposizione continentale. In queste ultime si notano paleosuoli riferibili ad *ultisuoli* secondo la classificazione USDA (1975) (Mazzanti & Sanesi, 1987). Canalizzano le Areniti della Formazione di Bibbona. Presentano per quanto detto variazioni

nell'accumulo a seconda delle località, ma la sua potenza può essere valutata al massimo in non più di una ventina di metri. L'età è riferita al Pleistocene medio.

### **Sabbie di Val di Gori (VGR – q7)**

Affiorano nelle sezioni Cecina e Guardistallo. Si tratta di sabbie di colore rosso vivo, con notevole scheletro argilloso e assetto massivo, talora con ciottoli sparsi, ben arrotondati da 2 a 4 cm di diametro. Sono presenti lenti di sabbie più grossolane, agglutinate in calcareniti, e lenti interessate dal passaggio di dilavamenti colluviali, con il conseguente deposito di materiali più grossolani, fino alla formazione di lenti alluvionali di conglomerati. Gran parte della formazione è interessata da un'intensa pedogenesi con suoli riferibili ad *Alfisuoli palexeralfs* (Mazzanti & Sanesi, 1987) che richiedono un'evoluzione in un clima caldo-umido verosimilmente corrispondente all'ultimo interglaciale (Tirreniano). Si sovrappongono trasgressivamente sui Conglomerati di Bolgheri e sui depositi più antichi. Si tratta di un deposito d'ambiente di sedimentazione continentale, con azioni miste in prevalenza colluviali ed eoliche, e temporanei episodi torrentizi là dove affiorano estesamente i ciottoli sparsi, riconducibile al Pleistocene medio. Lo spessore degli affioramenti individuati è limitato a 5 – 20 metri.

## **DEPOSITI RECENTI ED ATTUALI**

### **Depositi alluvionali in terrazzi (at)**

Si identificano con depositi ghiaiosi e sabbiosi che formano terrazzi intravallivi posti a quote superiori a quelle dei fondovalle attuali, in quanto relativi ad una rete idrografica non dissimile dall'attuale ma distribuita ad una quota superiore. Lo spessore è ridotto a pochi metri. L'età è Olocene.

### **Depositi alluvionali di fondovalle (a)**

Costituiscono il riempimento delle principali incisioni vallive. Sono dati da alternanze di limi e limi argillosi con livelli e lenti ghiaioso sabbiose. I depositi alluvionali principali si identificano con quelli della valle del Fiume Cecina. Qui essi sono costituiti in

superficie da sedimenti di natura limo sabbiosa, dello spessore medio di circa 4-5 metri, a granulometria molto fine, sovrastanti un notevole spessore di sabbie grossolane e/o ghiaie immerse in un'abbondante matrice sabbiosa o argillosa. La notevole presenza dei litotipi a minore granulometria si spiega con la relativa vicinanza al mare, e quindi con la minor energia del corso d'acqua. Le alluvioni mostrano una stratificazione piuttosto complessa, inclinata o lenticolare. Il loro spessore si aggira nell'ordine di qualche decina di metri. L'età è riferita all'Olocene.

I rapporti di giacitura tra le varie formazioni descritte sono ricavabili nelle sezioni geologiche illustrate nella **Tav QG02**.

## **04 - Carta geomorfologica**

I territori dei tre Comuni analizzati possiedono caratteristiche prettamente collinari, tanto da poter essere considerati come l'appendice sud-occidentale delle cosiddette "Colline Pisane" (da cui il termine Colli marittimi pisani). Esistono comunque anche due importanti aree di fondovalle: quella relativa al fiume Cecina, che segna il limite meridionale del comune di Riparbella e settentrionale del comune di Montescudaio, e quella del Torrente Pesciera-Gonnellino, situata all'estremità occidentale del territorio comunale di Castellina Marittima. In particolare l'estensione della parte collinare copre il 70-80 % dell'intero territorio esaminato. La morfologia tipica di queste zone è riconducibile alla media collina maremmana, costituita da una serie di alture con versanti moderatamente acclivi e asse morfologico in direzione appenninica (NNO-SSE).

La carta geomorfologica (**Tav QG03**) deriva dalla rivisitazione dell'analogo tematismo allegato al precedente Piano Strutturale, conseguente un rilievo di dettaglio finalizzato a verificare la presenza di nuovi eventuali situazioni di dissesto verificatesi nel periodo intercorso tra la elaborazione dei due Atti di Pianificazione e a valutare l'eventuale evoluzione di quelli già individuati e censiti. Gli elementi geomorfologici emersi dalla seguente indagine, sono stati raggruppati in tre distinte categorie.

### **Forme e depositi di versante**

A questo raggruppamento appartengono le più importanti forme di instabilità, cioè i movimenti franosi (attivi e non attivi), i soliflussi, le scarpate di degradazione (attive, non attive e strutturali) ed i depositi detritici.

Una particolare attenzione è stata posta nel rilevamento delle frane che, come si evince anche dall'analisi della carta in oggetto, si sviluppano preferenzialmente all'interno delle masse detritiche e dei terreni argillosi (sia Neoautoctoni che Liguri). Le aree con maggiori instabilità sono infatti da ricercare nel settore orientale del territorio comunale di Montescudaio e ad ovest dell'abitato di Castellina Marittima. Nel primo

caso i dissesti si identificano prevalentemente con frane a scoscendimenti multipli a sviluppo rotazionale, mentre nel secondo si riflettono in frane di colamento. Nello specifico sono stati distinti i movimenti **franosì attivi**, caratterizzati da manifeste situazioni di dissesto attivo, dalle aree interessate da **frane quiescenti** e dalle **aree caratterizzate da forme e depositi associati a dissesti inattivi (relitti)**. Con il secondo termine sono stati identificati quei movimenti franosi che mostrano una temporanea situazione di riposo, di inattività o di ritrovato equilibrio. Le condizioni sono però tali da non poter escludere la possibilità di un riattivarsi del dissesto. Con il termine relitto si sono invece identificate quelle situazioni in cui è palese come il movimento franoso si sia completamente esaurito e come il materiale disarticolato sia stato del tutto “scaricato” verso valle e successivamente asportato dagli agenti esogeni.

La distinzione è stata fatta per ogni singolo dissesto seguendo un criterio di pendenza in relazione alla soglia critica della classe litotecnica, alla litologia e alla giacitura. Se a monte o nel corpo in dissesto è presente una sorgente questa favorirà la rimessa in moto. L'area interessata è stata pertanto considerata quiescente. Per gli stessi motivi tutte le frane che presentano al loro interno un corso d'acqua sono state considerate quiescenti, in quanto l'erosione associata al deflusso potrà favorire l'instabilità. Sono state poi considerate aree interessate da intensi fenomeni erosivi le aree di erosione fluviale interne o adiacenti ad aree in frana.

Anche le scarpate rappresentano un elemento morfologico molto importante. Per questo sono state messe in risalto cercando di individuarne la tipologia. Le zone definite come **scarpate di degradazione attiva** si identificano in genere con quei lineamenti che determinano un arretramento morfologico più o meno accentuato e sono riconducibili ad alzate di terrazzamenti di entità superiore a quella canonica delle normali modificazioni antropiche ad uso agronomico. Le scarpate sono contrassegnate non da evidenze di crollo bensì da fenomeni di dilavamento della frazione sabbiosa tipica delle formazioni in genere interessate, sempre dovuta alla non corretta regimazione delle acque meteoriche a monte o alla mancanza di vegetazione che le ricopra. Sono viceversa definite **scarpate di degradazione non attiva** quei lineamenti

analoghi ai precedenti in cui non sono però manifeste situazioni di erosione e/o di dilavamento e che coincidono quindi con una rottura di pendio in equilibrio.

Sulla carta morfologica sono state inoltre individuate le **aree di influenza** relative ai fenomeni franosi attivi, a quelli quiescenti e ai fenomeni erosivi intensi. Le aree di influenza sono state individuate caso per caso, valutando l'acclività e l'omogeneità litologica, e adottando fra i vari criteri indicati per le aree in dissesto quello ritenuto il più confacente. Nel caso di una frana, la zona d'influenza è stata condotta fino a comprendere una scarpata a monte, se presente; in altri casi è stata protratta fino all'eventuale contatto litologico; in altri casi fino alla sommità del crinale. Analogamente sono state individuate le aree di influenza delle scarpate attive. Le aree di influenza sono state identificate a monte delle frane ma non a valle. Le frane rilevate (attive o quiescenti) terminano infatti in corrispondenza di un botro. La zona a valle non potrà quindi essere interessata dal corpo di frana, essendo l'accumulo progressivamente dilavato ed asportato dal corso d'acqua.

Si ritiene infine corretto evidenziare come la valutazione del perimetro delle frane, per la metodologia adottata (considerazioni morfologiche e trasposizione cartografica in base all'andamento delle isoipse) e per la scala della cartografia, sia da considerare sicuramente cautelativa rispetto al perimetro minimo interessato dal potenziale dissesto. Ne deriva quindi che sicuramente ogni area definita in frana comprende già una parte di aree di influenza, a tutto vantaggio dell'eventuale riduzione del rischio.

Con altrettanta cura sono state cartografate le **coperture detritiche** e le zone soggette ad **instabilità superficiale diffusa (soliflussi)**. Le prime si ritrovano in prevalenza in prossimità dell'abitato di Castellina e sono riconducibili all'accumulo del materiale derivante dallo smantellamento e dall'alterazione delle rocce ofiolitiche che costituiscono la dorsale ad est dell'abitato. I soliflussi si presentano come un susseguirsi di rigonfiamenti ed avvallamenti del terreno, che stanno a testimoniare deformazioni del sottosuolo lente e permanenti, le quali non determinano vere e proprie rotture, coinvolgendo infatti solo la porzione superficiale (1-2 metri) del versante. Interessano

preferenzialmente la coltre di alterazione delle argilliti e calcari a Palombini (zona a nord di Riparbella) e la parte superficiale delle argille plioceniche (ad est di Montescudaio). Vista la diversa realtà è stato ritenuto opportuno distinguere due diverse situazioni di soliflusso. La prima è indicata come **“superficie interessata da soliflusso intenso”** caratterizzata dal fenomeno vero e proprio, in cui lo spessore del livello interessato dal disequilibrio risulta significativo. Tale situazione è stata generalmente riscontrata in coincidenza delle formazioni argillose messiniane e piacentiane. La seconda situazione è stata invece indicata come **“superficie interessata da fenomeni di soliflusso superficiale”** intendendo con questo termine il fenomeno analogo al precedente ma di entità minore, riconducibile in genere allo spessore della coltre sovrastante gli argilloscisti a Palombini, la cui origine deriva spesso dal rimaneggiamento esogeno associato all'assenza di regimazione idraulica e all'abbandono agronomico. Al riguardo si rileva la situazione delle aree presenti nella zona settentrionale del territorio comunale di Riparbella. Nello specifico si tratta dell'area ubicata a nord del Podere La Dottorina, della vasta area ubicata al di sotto del tracciato della Provinciale del Commercio in località Nocolino e dell'area ubicata in località Ortacavoli vecchia. Tali aree, contrassegnate dalla presenza di soliflussi superficiali, sono state interessate da modifiche di carattere agronomico e da opere di regimazione a seguito dell'impianto di vigneti, che hanno prodotto una ritrovata situazione di equilibrio ed un evidente aumento della stabilità.

### **Forme e depositi fluviali e di dilavamento**

In questa categoria sono state inserite tutte quelle forme riconducibili all'azione erosiva o di deposito delle acque. Vi ritroviamo pertanto le scarpate di erosione fluviale, le forme di dilavamento di versante concentrato e diffuso, le aree calanchive (concentrate nell'alta valle del Fosso a Pelliccia a sud di Montescudaio) ed i depositi alluvionali terrazzati e di fondovalle, questi ultimi particolarmente significativi dal punto di vista morfologico in quanto individuano aree pressoché pianeggianti. E' stato inoltre messo in risalto l'intero reticolo idrografico.

### **Forme e depositi antropici**

In questo raggruppamento sono stati inseriti gli invasi, le aree estrattive (attive e non attive) e i terrazzamenti, i quali rappresentano forme di rilevante importanza poiché spesso contribuiscono alla stabilità di un pendio.

## 05 - Carta idrogeologica

Nella carta idrogeologica (**Tav QG05**) le formazioni geologiche descritte sono state divise in base al tipo di permeabilità, distinguendo una permeabilità per porosità (**primaria**), una permeabilità per fessurazione (**secondaria**) e una permeabilità sia per porosità che per fessurazione (**mista**). Ogni tipo è stato poi ulteriormente suddiviso in base al **grado** di permeabilità (basso, medio, alto) secondo la seguente tabella.

<i>Tipo</i>	<i>Primaria</i>	<i>Secondaria</i>	<i>Mista</i>
	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>M</i>
<i>Alto</i>	$\Sigma br, \Gamma br, at$	$\Sigma, \Gamma, \Delta, g, c1$	<i>CVM, CCS, CSP, CSP<sub>a</sub>, CSG, q3, q5, q6</i>
<i>Medio</i>	<i>a</i>		<i>Pe, SLTc, LUP, p3, qr</i>
<i>Basso</i>	<i>p2, q2, q7, MSS</i>		<i>c2, EM Og, GMA</i>
<i>Impermeabili</i>	<i>FAA, FOS, EMO, p,</i>		

**Permeabilità primaria di grado basso:** la classe è caratterizzata da litotipi prevalentemente argillosi con intercalazioni di sabbie e conglomerati di modesto spessore che costituiscono acquiferi di scarsa importanza.

**Permeabilità primaria di grado medio:** la classe comprende i sedimenti alluvionali recenti depositati nelle incisioni vallive dei principali corsi d'acqua. Generalmente nella parte più profonda sono presenti livelli discontinui di ghiaie a matrice sabbiosa di spessore variabile. Tali orizzonti sono sede di falde idriche caratterizzate da discreta trasmissività, utilizzate anche per scopi potabili. La parte più superficiale del deposito è invece costituita da limi e argille a bassissima permeabilità con intercalazioni di ghiaie.

**Permeabilità primaria di grado alto:** la classe comprende le rocce clastiche (brecce sedimentarie) originatesi per diagenesi di detriti rocciosi e costituite da elementi immersi

in una matrice fine. La porosità della breccia si forma al momento della diagenesi. Della classe fanno parte anche i depositi alluvionali terrazzati, costituiti da ghiaie e sabbie. La permeabilità di questi ultimi è mediamente buona, tuttavia, in considerazione dei limitati affioramenti, e della posizione morfologica, non costituiscono acquiferi significativi.

**Permeabilità mista di grado basso:** rientrano in questa classe gli argilloscisti a Palombini e le argille con interstrati di gesso. La permeabilità d'insieme è molto bassa. La circolazione di acqua, seppure limitata, è circoscritta agli strati calcareo-marnosi, se intensamente fratturati, e agli strati di gesso. Questi ultimi, permeabili per dissoluzione, possono contenere falde ipersaline non utilizzabili per usi potabili. Non costituiscono acquiferi di una certa importanza.

**Permeabilità mista di grado medio:** comprendono i conglomerati e le arenarie caratterizzate da fratturazione non intensa e priva di continuità.

**Permeabilità mista di grado alto:** rientrano in questo gruppo i calcari organogeni e i conglomerati se fratturati. Tali litotipi sono dotati di una buona permeabilità e sono sede di importanti acquiferi utilizzati anche per scopi potabili.

**Permeabilità secondaria di grado alto:** appartengono a questo raggruppamento le serpentiniti, i gabbri, i diabasi e i calcari a calpionella. Risultano discretamente permeabili quando intensamente fratturati. Possono costituire acquiferi di una certa importanza dando luogo a sorgenti utilizzate anche per usi potabili.

**Impermeabili:** sedimenti a prevalente composizione argillosa caratterizzati da una permeabilità nulla.

Dall'esame della carta idrogeologica, e sulla base della distribuzione dei pozzi all'interno del territorio esaminato, è possibile affermare che i principali acquiferi sono localizzati all'interno delle rocce ofiolitiche, affioranti nel settore nord del Comune di Riparbella e in quello orientale del Comune di Castellina Marittima, e in corrispondenza dei depositi alluvionali nella valle del Fiume Cecina. Acquiferi secondari sono ubicati all'interno delle formazioni calcaree e conglomeratiche, comprese nella classe a permeabilità mista alta, affioranti nei settori occidentali del Comune di Montescudaio.

Nella pianura del Fiume Cecina, nel territorio dei Comuni di Montescudaio e di Riparbella, è stato ricostruito l'andamento del tetto della superficie piezometrica, indicato in metri rispetto al livello del mare. Le isopieze, con equidistanza di 1 metro, derivano da un modello *GRID* della superficie piezometrica, ricavato dai dati di sedici pozzi di proprietà della Soc. Solvay e della Soc. ASA, gestore del pubblico acquedotto locale, relativi al Giugno 2002. Il modello evidenzia un progressivo approfondimento del tetto della falda procedendo da monte verso valle, con un minimo (-0.82 metri) in località Fagiolaia. Il modello ricostruito si integra coerentemente con l'analogica ricostruzione piezometrica realizzata a supporto del Piano Strutturale del Comune di Cecina.

## 06 - Carta litotecnica e dei dati di base

La caratterizzazione stratigrafica, geomeccanica e sismica dei terreni che costituiscono il sottosuolo dei territori comunali in argomento è stata operata sulla base dei numerosi dati esistenti relativi a *prove geognostiche* (sondaggi, penetrometrie statiche e dinamiche, indagini di laboratorio, sezioni geoelettriche), a *indagini sismiche* (a rifrazione, MASW e HVSR) ed a *pozzi a stratigrafia nota*. L'ubicazione puntuale delle indagini e dei pozzi, distinti con diversa simbologia ed indicati con una singola numerazione progressiva per ciascun Comune, è individuata nel tematismo in parola, contestuale alla carta litotecnica. Tutti gli elementi utili alle citate *prove* sono accorpate nei **dati di base** e riportati negli allegati Doc QG02, Doc QG03 e Doc QG04 relativi rispettivamente i Comuni di Castellina Marittima, Montescudaio e Riparbella.

In un ulteriore allegato, Doc QG05 sono racchiuse le misure passive del rumore ambientale, con elaborazione HVSR eseguite nei tre comuni.

La tabella seguente riassume per tipologia i dati riportati nelle tavole.

<b>Tipologia</b>	quantità
<b>Dati geognostici</b>	
<i>CPT</i>	5
<i>DPM</i>	3
<i>DPSH</i>	250
<i>Sondaggio a carotaggio continuo</i>	32
<i>Saggio con escavatore</i>	1
<i>Analisi di laboratorio</i>	20
<b>Dati sismici</b>	
<i>MASW</i>	92
<i>Profili sismici</i>	8
<i>Down-Hole</i>	1
<i>HVSR</i>	32
<b>Dati geoelettrici</b>	
<i>Profilo geoelettrico</i>	10
<i>SEV</i>	4
<i>Pozzi a stratigrafia nota</i>	10

Le misure di rumore ambientale (HVSR) cifrate da 1 a 6 derivano dalle indagini sismiche redatte nel 2014 a supporto del RU del Comune di Riparbella. Le misure identificate con i numeri da 7 a 26 sono state eseguite nel corso della presente indagine, mentre le misure identificate con i numeri da 27 a 32 sono state eseguite a supporto della recente variante al RU del Comune di Castellina Marittima.

L'elevato numero di informazioni, seppur non distribuite in maniera omogenea in tutto il territorio, date le sue peculiari caratteristiche morfologiche e vegetazionali, ha permesso un'attenta valutazione dell'andamento stratigrafico e delle proprietà geotecniche del sottosuolo di ampie aree dei Comuni in argomento, costituendo un patrimonio di conoscenze indispensabile, anche se non esaustivo, per una corretta pianificazione urbanistica.

In cartografia sono stati individuati anche i 4 contesti litotecnici principali definiti come segue:

#### **Coperture detritiche poligeniche**

In questa classe, rappresentata graficamente con retino trasparente per consentire l'osservazione del litotipo sottostante, sono racchiuse tutte le coperture detritiche, costituite da corpi franosi (con qualsiasi stato di attività), dalle falde detritiche e dalle aree oggetto di soliflusso intenso.

#### **Coperture incoerenti**

In questa classe sono compresi i sedimenti alluvionali attuali e recenti sciolti (sigle "a" e "at"), caratterizzati da consistenza mediocre o poco consistente.

#### **Substrato geologico semicoerente**

In questa classe si racchiudono tutti i litotipi di media consistenza di età compresa tra il Tortoniano superiore ed il Pleistocene medio. Rientrano in questa categoria le formazioni geologiche con sigla CCS, CSG, CSP, CVM, EMO, GMA, MSS, RAQ, SPC, AIS, BBB, CEP, CPL, MSC, VGR, FAA, VLM, FOS, LUP, SLT. Tutte le formazioni ricomprese in questa classe sono caratterizzate da comportamento meccanico intermedio tra una roccia ed un terreno sciolto.

### **Substrato Geologico litoide**

I litotipi rocciosi mesozoici appartenenti alle unità Liguri sono stati inseriti in questa classe. Rientrano in questa categoria le formazioni *APA*, *CAA*, *CCL*, Delta ( $\Delta$ ), *DSA*, Gamma ( $\gamma$ ), Sigma ( $\sigma$ ).

La classificazione proposta evidenzia le caratteristiche principali delle varie litologie e delle coltri detritiche anche in riferimento al comportamento in occasione di eventi sismici.

Nella tabella seguente sono indicate le quattro **classi litotecniche** descritte e le sigle delle formazioni geologiche che ciascuna di esse comprende.

<b>Classe litotecnica</b>	<b>Sigla bibliografia</b>
<i>Coperture detritiche poligeniche</i>	Fr (Frane di tutte le tipologie), Sf (soliflussi intensi), d (detrito di versante)
<i>Coperture incoerenti</i>	a, at
<i>Substrato geologico semicoerente.</i>	CCS, CSG, CSP, CVM, EMO, GMA, MSS, RAQ, SPC, AIS, BBB, CEP, CPL, MSC, VGR, FAA, VLM, FOS, LUP, SLT
<i>Substrato Geologico litoide</i>	APA, CAA, CCL, DSA, $\gamma$ , $\sigma$ , $\Delta$

## 07 - Carta delle pendenze

La carta delle pendenze (**Tav QG 07**) distingue cinque classi di acclività, secondo quanto di seguito:

- Classe 1            pendenza da 0% al 10%
- Classe 2            pendenza dal 10% al 15%
- Classe 3            pendenza dal 15% al 25%
- Classe 4            pendenza dal 25 al 35%
- Classe 5            pendenza maggiore del 35%

La carta è stata eseguita dal SIT (Sistema Informativo Territoriale) della Provincia di Pisa attraverso un processo di elaborazione automatico. Il programma utilizzato, sulla base delle curve di livello in formato vettoriale, aventi un'equidistanza di 10 metri, e di input di intervalli di pendenza, suddivide il territorio in poligoni chiusi, ciascuno dei quali rappresenta una specifica classe di pendenza. Nell'elaborazione della classi è stato imposto di non considerare i poligoni di estensione inferiore o uguale a 1.000 mq al fine di eliminare un numero eccessivo di minuscoli poligoni che avrebbero appesantito la carta, senza produrre alcun vantaggio, ma viceversa impedendo una chiara lettura del tematismo.

## **08 - Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica, frequenze fondamentali e colonne stratigrafiche delle MOPS**

Gli studi di microzonazione sismica devono individuare le zone in cui le condizioni locali possono modificare le caratteristiche del moto sismico atteso o possono produrre deformazioni permanenti rilevanti per le costruzioni, per le infrastrutture e per l'ambiente.

In relazione ai diversi contesti geologico-tecnici, alla pericolosità sismica di base ed in funzione dei diversi obiettivi degli studi di MS, sono individuati tre livelli di approfondimento con complessità ed impegno crescente.

In sede di pianificazione territoriale viene richiesto di eseguire almeno gli studi di livello 1, che sono propedeutici ai successivi, e che consistono in una raccolta organica e ragionata dei dati di natura geologica, geofisica e geotecnica al fine di suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee dal punto di vista del comportamento sismico. Tale livello è finalizzato alla realizzazione della carta delle "Microzone Omogenee in prospettiva sismica" (MOPS). Questo elaborato individua le microzone dove, sulla base di osservazioni geologiche, geomorfologiche e dei dati derivati da indagini sismiche, è prevedibile l'occorrenza di diverse tipologie di effetti prodotti dall'azione sismica.

Nello specifico la normativa richiede, a supporto della stesura della carta di primo livello, di individuare le:

- *zone nelle quali non sono previste significative modifiche dello scuotimento che l'evento sismico causerebbe su terreni rigidi e pianeggianti;*
- *zone nelle quali lo scuotimento è amplificato per stratigrafia, topografia e per morfologie sepolte;*
- *zone suscettibili di frane in terreni e in roccia;*
- *zone potenzialmente suscettibili di liquefazioni e/o addensamento;*
- *zone interessate da faglie attive e capaci e/o strutture tettoniche;*
- *zone interessate da cedimenti diffusi e differenziali;*
- *zone di contatto tra litotipi a caratteristiche fisico-meccaniche significativamente differenti.*

Nella carta MOPS (Tavola QG07) sono state riportate anche le misure delle frequenze fondamentali dei depositi sia a disposizione, che realizzate a supporto della presente indagine.

La “Classificazione sismica della Toscana 2012”, realizzata a partire dagli studi di sismicità dell'INGV (mappa mediana al 50° percentil e), inserisce il territorio esaminato in zona sismica 3, riconducibile a tutti quei comuni che presentano accelerazioni inferiori a 0,15g con un tempo di ritorno pari a 475 anni.

La Giunta Regionale Toscana ha inoltre redatto una normativa per definire la metodologia da mettere in atto in sede di pianificazione urbanistica per la valutazione degli effetti locali e di sito in relazione all'obiettivo della riduzione del rischio sismico (D.P.G.R. 53/R/2011). In tale normativa viene richiesto di realizzare la carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) secondo le specifiche tecniche definite negli ICMS (indirizzi e criteri per la microzonazione sismica) redatte dal dipartimento della Protezione civile e nelle specifiche tecniche di cui all'O.D.P.C.M. 3907/2010 (allegato A).

### **8.1 – Caratteri generali del territorio**

A scala Regionale, il territorio in esame è ubicato al margine di zone interessate in passato da fenomeni sismogenetici anche importanti.

In particolare sono da ricordare:

- Il terremoto di Orciano Pisano verificatosi il 14/08/1846 con una magnitudo stimata di 6.04 ha provocato numerose vittime ed ingentissimi danni ai centri dell'epoca.
- Il terremoto di Rosignano Marittimo verificatosi il 01/04/1950 con una magnitudo stimata di 4,7 con epicentro a circa 10 km a sud-ovest del territorio del Comune di Santa Luce.

Relativamente al terremoto di Orciano, gli studiosi di sismologia storica che hanno studiato questo terremoto (Albini et al., 1991; Guidoboni et al., 2007) ne hanno ricostruito lo “scenario” degli effetti sul territorio partendo dal recupero e da una analisi

critica e approfondita della ricca documentazione prodotta all'epoca dell'evento; fonti storiche di vario tipo, come cronache giornalistiche, documenti amministrativi di archivio, perizie tecniche di danni, relazioni scientifiche, fonti memorialistiche e storiografiche ecc. A queste si aggiungono le relazioni degli studiosi che si recarono sul posto per rilevare personalmente gli effetti nelle località danneggiate; tra queste spiccano per importanza quelle del già citato Leopoldo Pilla e di Paolo Savi, che forniscono un contributo prezioso e rilevante alla conoscenza degli effetti sull'edilizia e sull'ambiente della zona.

I principali studi sono visionabili alla pagina dell'INGV:

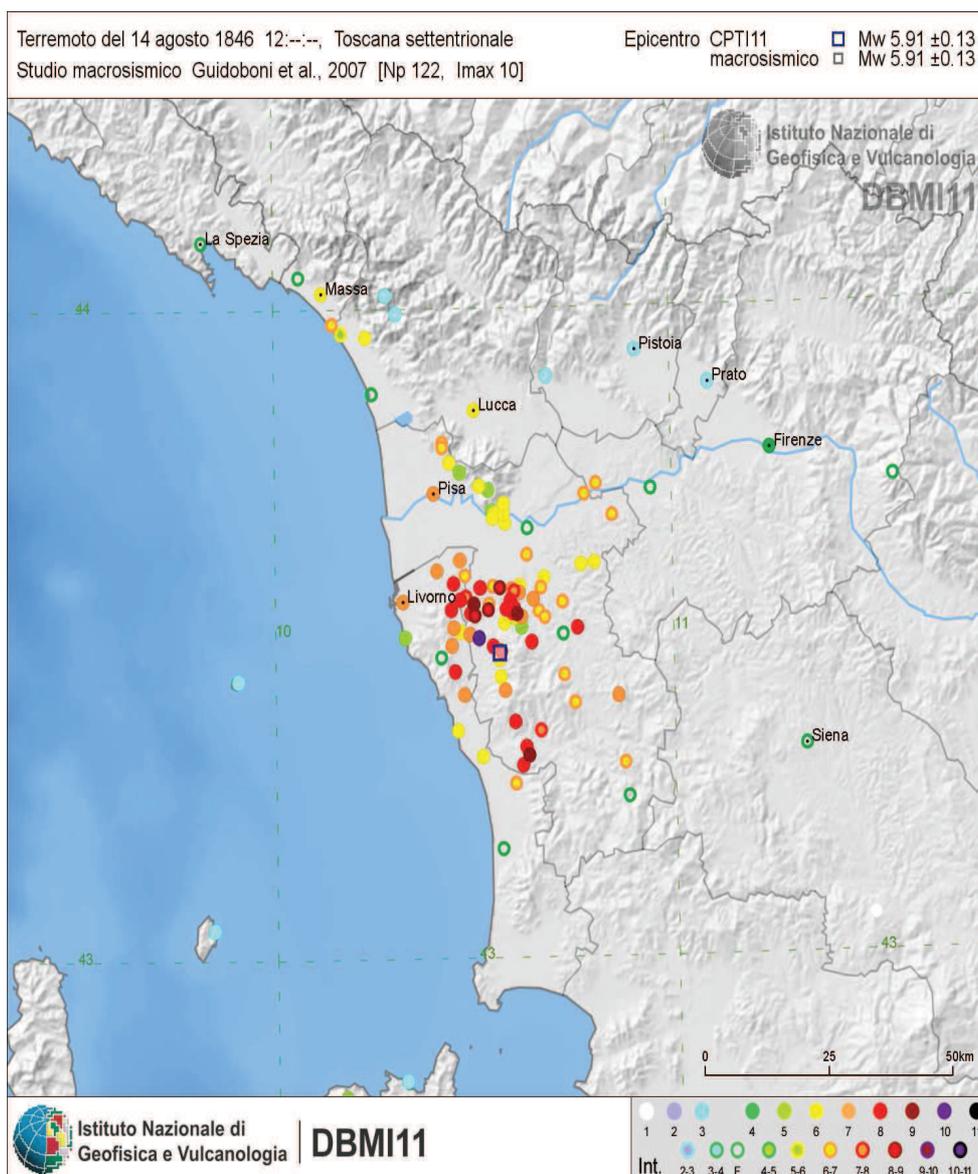
<https://ingvterremoti.wordpress.com/2015/08/14/i-terremoti-nella-storia-il-terremoto-del-14-agosto-1846-di-orciano-pisano/>

di cui si riporta di seguito un estratto, rinviando comunque per una analisi più approfondita alla suddetta pagina.

L'area colpita all'epoca apparteneva al Granducato di Toscana, governato da Leopoldo II di Lorena (1824-1859). L'economia della zona era essenzialmente agricola, con una diffusa presenza di case rurali su fondi agricoli. Il terremoto si verificò in un periodo di crisi economica, poiché l'annata del 1846 era stata caratterizzata da scarsi raccolti. I ceti meno abbienti furono i più colpiti non solo per la sfavorevole congiuntura in corso, ma anche perché un'elevata percentuale di crolli riguardò proprio le case coloniche e i villaggi della campagna, costruiti prevalentemente con materiali scadenti e secondo sistemi edilizi non adeguati a resistere a scosse sismiche (Guidoboni et al., 2007). Il paese più gravemente colpito fu Orciano Pisano, nella Val di Fine, dove l'intensità della scossa raggiunse il grado 10 della scala macrosismica Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS): il terremoto, preceduto e seguito da forti rumori sotterranei, causò il crollo totale o parziale della gran parte degli edifici dell'abitato; le case dei contadini nella campagna circostante si sgretolarono. Solo alcune abitazioni signorili non crollarono e riportarono "soltanto" lesioni e fenditure nelle murature. Secondo Baratta (1901) complessivamente andò distrutto circa l'88% del patrimonio edilizio del paese.

Danni gravissimi e molti crolli avvennero anche a Crespina, Lorenzana e in alcune località degli attuali comuni di Fauglia (Luciana, Pagliana) e di Casciana Terme

(Vivaia), tutti paesi che, come Orciano, oggi si trovano in provincia di Pisa. Anche in questi centri l'entità dei danni fu aggravata dallo stato di fatiscenza delle case contadine. La scossa distrusse anche gran parte dell'abitato di Guardistallo, paese situato una ventina di chilometri a sud di Orciano, nella valle del Fiume Cecina; la parte alta del castello fu ridotta ad un cumulo di macerie (Guidoboni et al., 2007).



Distribuzione degli effetti macrosismici del terremoto toscano del 14 agosto 1846 secondo Guidoboni et al., (2007) [figura estratta dal sito dell'INGV].

In una ventina di altre località, fra cui Montescudaio, Casale Marittimo, Casciana Alta e Fauglia, ci furono gravi danni, per lo più crolli parziali e dissesti strutturali estesi a gran parte del patrimonio edilizio. In particolare, a Montescudaio il terremoto causò il crollo dell'antico castello e degli edifici adiacenti, nella parte alta del paese. Fra i centri del livornese maggiormente colpiti ci furono alcune frazioni dell'attuale comune di Collesalveti (Castell'Anselmo, Parrana San Martino, Nugola, Torretta Vecchia) e del comune di Rosignano Marittimo (Castelnuovo della Misericordia).

<i>Pilla L., Istoria del tremuoto che ha devastato i paesi della costa Toscana il dì 14 agosto 1846, Pisa, 1846</i>				
<b>Paese</b>	<b>Numero totale delle case Case cadute o demolite</b>	<b>Popolazione</b>	<b>Feriti</b>	<b>Morti</b>
<b>Riparbella</b>		1450	12	3
<b>Lorenzana</b>	Forma degli edifici vantaggiosa, bassi , connessi insieme –	1012	40	7
<b>S.Regolo</b>	Costruzioni cattive – Forma del suolo sfavorevole – Natura del suolo sfavorevole, mattaione,	100		2
<b>Guardistallo</b>	molasse friabili – Rovine generali	1428	5 50 contusi	1
<b>Montescudajo (castello)</b>	Forma degli edifici svantaggiosa, isolati ,– Costruzioni solide – Situazione sfavorevole, eminente – Qualità del suolo cattiva, mattaione, molasse – Rovine grandissime	1080	9 mortali 30 lesi	8 castello
<b>Orciano</b>	Forma degli edifici vantaggiosa, bassi , uniti insieme – Costruzioni generalmente pessime – Forma del suolo non molto favorevole, poco eminente e spianato – Natura del suolo svantaggiosa, mattaione,– Grande devastazione	761	120	16
<b>Vivaia</b>		40		3
<b>Cappella di S. Stefano a Vivaia Loc. Poggio Presso S. Regolo</b>	Tutte le condizioni sfavorevoli – Edifici isolati – Costruzioni cattivissime. Situazione in cima di poggi erti, eminenti ed isolati in forma di cupole – Qualità del suolo cattivissima, molasse, friabili			
<i>In tutto il numero de' morti infino al dì' 22 agosto ascendeva a circa 60</i>				

Le narrazioni e le osservazioni dirette del terremoto redatte da G.Tabani, C. Tellini, L.Pilla, nel 1846 insieme ad una successiva nota del Levantini Pieroni del 1874, riportano anche i dati relativi al numero della popolazione totale residente, dei morti, dei feriti, alcune volte riportano il numero totale degli edifici, delle case danneggiate o in rovina. I dati si riferiscono ai paesi più colpiti dalla “catastrofe” e/o a quelli visitati direttamente dagli osservatori. Le cifre differiscono leggermente l’una dall’altra. A tale proposito risulta utile elaborare dei quadri di sintesi dei dati per ogni fonte documentaria.

*C Tellini, Relazioni storiche dei danni cagionati dal tremuoto nel dì 14 agosto 1946, nelle colline pisane e nelle città di Livorno, Pisa e Volterra, Livorno, 1846*

<b>Paese</b>	<b>Numero totale delle case</b>	<b>Case cadute o demolite</b>	<b>Popolazione</b>	<b>Feriti</b>	<b>Morti</b>
<b>Riparbella</b>				12	3
<b>Lorenzana</b>		100	1445	100	7
<b>Montescudajo</b>			1059	17	8
<b>Luciana</b> (San Regolo, Pagliata, Pastignano Nuovo e Vecchio)			750	45	7
<b>Orciano</b>	135	135	800	100	16

*Scene del terremoto d'Orciano del 1846 scritte da testimone oculare rivedute e corrette sui documenti ufficiali., a cura di G. Levantini-Pieroni, in Almanacco-Annuzzi della Gazzetta D'Italia per 1874 anno primo. Firenze, 1874*

<b>Paese</b>	<b>Numero totale delle case</b>	<b>Case cadute o demolite</b>	<b>Popolazione</b>	<b>Feriti</b>	<b>Morti</b>
<b>Orciano</b>	113	99	800	95 con pericolo 75 meno grave	19

<i>G.Tabani, Del terremoto accaduto in Toscana il 14 agosto 1846, Pisa, 1846</i>					
<b>Paese</b>	<b>Numero totale delle case</b>	<b>Case cadute o demolite</b>	<b>Popolazione</b>	<b>Feriti</b>	<b>Morti</b>
<b>Riparbella</b>	137	15	1450	4	4
<b>Castelnuovo della Misericordia</b>	140 circa	9 cadute 28 guastissime	1500	18	5
<b>Lorenzana</b>	131 = Paese 72 Contado 59	40	1006	95	7
<b>Montescudajo</b>	135	30	1080	14	8
<b>Luciana</b>	82	34 cadute 48 danneggiate	650	50	8
<b>Orciano</b>	113	99cadute	761	95 con pericolo 75 contusi	19

In base all'evento ed alle tabelle allegate al testo citato in precedenza si osserva che i comuni maggiormente interessati sono Castelnuovo della Misericordia, Lorenzana, Luciana, Orciano, Vivaia (C. Terme), Riparbella, Montescudaio e Guardistallo, mentre manca in ogni report qualsiasi informazione relativa al territorio comunale di Castellina Marittina.

In prima analisi sembrerebbe che le località più intensamente interessate dal sisma che tra l'altro hanno subito i maggiori danni in persone e case, siano ubicate secondo lineamenti ben precisi.

Castelnuovo della Misericordia, Lorenzana, Luciana, Orciano, Vivaia, Casciana Terme sono orientate in direzione Est-Ovest lungo gli allineamenti antiappenninici che dislocano gli alti tettonici dell'area. I paesi di Montescudaio e Guardistallo a Sud e Riparbella sono invece nuclei localizzati lungo le strutture antiappenniniche che limitano il graben del Cecina.

## **8.2 - Procedura di Realizzazione della Carta MOPS**

Seguendo le direttive degli ICMS, l'individuazione delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) è stata effettuata a partire dalla banca dati stratigrafica e sismica realizzata nell'ambito del presente studio utilizzando come base la cartografia tecnica (CTR) di maggior dettaglio disponibile. Le varie microzone, più o meno

suscettibili di amplificazione, sono state definite sia arealmente, tenendo conto anche delle caratteristiche geomorfologiche locali (frane, zone acclivi etc.), sia in profondità, identificando una serie di “stratigrafie tipo” rappresentative delle caratteristiche stratigrafiche di ogni zona.

A partire dalla carta MOPS è stata poi realizzata, seguendo i criteri del D.P.G.R. 53/R/2011, la carta della pericolosità sismica locale, che verrà descritta nei capitoli successivi.

In sintesi le varie fasi di realizzazione della cartografia MOPS e della successiva carta di pericolosità sismica si sono articolate come segue:

- delimitazione delle aree all'interno delle quali definire la cartografia (“aree MOPS”);
- perimetrazione delle microzone omogenee in prospettiva sismica sulla base dei fenomeni geomorfologici rilevati (Tavola QG07), delle velocità sismiche, delle frequenze fondamentali di sito e delle successioni stratigrafiche. Contestuale realizzazione delle “colonne stratigrafiche”;
- realizzazione della carta di pericolosità sismica locale (Tavola QG09);

### **8.3 – Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica e relative colonne stratigrafiche**

La costruzione di una carta di microzonazione sismica di livello Uno, ai sensi degli ICMS della protezione civile prevede l'analisi delle informazioni geologiche e stratigrafiche di quadro conoscitivo e la definizione di macroaree territoriali uniformi dal punto di vista della risposta sismica locale.

Come dettagliato nel D.P.G.R. 53/R, lo studio MOPS deve essere realizzato in corrispondenza dei centri urbani maggiormente significativi che il comune, di concerto con la struttura regionale competente, individua secondo le specifiche di cui al paragrafo 1.B1.2 delle istruzioni del programma VEL e perimetra secondo i criteri definiti al par. 3.4.2 degli ICMS. Di fatto l'analisi si applica generalmente alle UTOE ed alle aree immediatamente adiacenti sia perché in esse si concentra il massimo grado di

attenzione, sia perché è generalmente più ricco il database di indagini geognostiche reperibili nelle pratiche comunali.

Considerata la ridotta estensione delle aree edificate, sia residenziali che artigianali, e la carenza di indagini geognostiche e sismiche nelle aree esterne all'edificato, si è scelto, come peraltro richiesto dal D.P.G.R. 53/r, di limitare lo studio di microzonazione ai principali centri abitati.

Nello specifico lo studio è stato eseguito per le seguenti zone:

<b>Comune di Castellina Marittima</b>	<i>Castellina Marittima</i>
	<i>Zona stabilimento Knauf</i>
	<i>Le Badie</i>
	<i>Malandrone</i>
<b>Comune di Riparbella</b>	<i>Riparbella</i>
	<i>Il Doccino</i>
	<i>Borgo Felciaione</i>
	<i>Nocolino</i>
	<i>San Pecoraio</i>
	<i>Pieve vecchia</i>
	<i>San Martino</i>
	<i>Val di Mare</i>
	<i>Fagiolaia</i>
<b>Comune di Montescudaio</b>	<i>Montescudaio</i>
	<i>Fiorino</i>
	<i>Poggio Gagliardo</i>
	<i>Poggio Bandita</i>
	<i>Fattoria Giusti</i>

Gli ambienti geolitologici principali del territorio sono già stati rappresentati nella carta litotecnica e dei dati di base; essenzialmente sono i seguenti:

**Terreni incoerenti e semicoerenti:**

*Contesto litotecnico delle coperture detritiche poligeniche:*

Sono racchiuse tutte le coperture detritiche, costituite da corpi franosi (con qualsiasi stato di attività), dalle falde detritiche e dalle coperture oggetto di soliflusso intenso.

**Coperture incoerenti alluvionali:**

Sono rappresentate dai sedimenti alluvionali attuali e recenti sciolti (sigle "a" e "at"), caratterizzati da consistenza sciolta o poco consistente.

**Terreni semicoerenti di consistenza da media a medio elevata:**

Sono i sedimenti di età compresa tra il Tortoniano superiore ed il Pleistocene medio. Rientrano in questa categoria le formazioni geologiche con sigla CCS, CSG, CSP, CVM, EMO, GMA, MSS, RAQ, SPC, AIS, BBB, CEP, CPL, MSC, VGR, FAA, VLM, FOS, LUP, SLT.

**Complesso litoide mesozoico di elevata consistenza (bedrock):**

Sono i litotipi rocciosi mesozoici appartenenti alla unità Ligure. Rientrano in questa categoria le formazioni APA, CAA, CCL, Delta ( $\Delta$ ), DSA, Gamma ( $\gamma$ ), Sigma ( $\sigma$ ).

La risposta sismica di sito è macroscopicamente relazionabile alla reciproca sovrapposizione dei precedenti contesti geolitologici. Sulla base di ciò è possibile schematizzare le colonne stratigrafiche tipo riportate nella Tavola QG07, che rappresentano lo sviluppo in profondità delle varie microzone omogenee cartografate nella stessa Tavola.

**8.3.1 – Descrizione delle zone stabili**

Nelle zone stabili sono stati inseriti gli affioramenti rocciosi ofiolitiferi. Le stratigrafie tipiche di queste zone, semplificate per rappresentarne la risposta sismica, sono riconducibili alla colonna della "Zona 1", relativa al contesto igneo. La colonna stratigrafica mostra un bedrock sismico affiorante o sub affiorante in un contesto lontano da fenomeni geomorfologici e con acclività inferiore a 15°. La zona è confinata a 5 piccoli settori ricadenti all'interno dei centri abitati di Castellina Marittima e Riparbella.

### **8.3.2 – Descrizione delle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali e delle relative colonne stratigrafiche**

Nelle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali sono possibili amplificazioni del moto sismico, come effetto della situazione litostratigrafica e morfologica locale. Le “stratigrafie tipo” rappresentative delle microzone MOPS, sono descrivibili come segue:

#### **Zona 1**

E' costituita dalle formazioni ofiolitiche (basalti e serpentiniti) del Dominio Ligure caratterizzate da una coltre coesiva poligenica di esiguo spessore. Si ritrova per lo più nella porzione settentrionale dell'abitato di Riparbella.

#### **Zona 2**

E' analoga alla zona 1 fatta eccezione per la presenza di una coltre detritica superficiale di spessore approssimativamente inferiore ai 5 m. Si ritrova nel comune di Riparbella, in località Nocolino e a nord ovest del capoluogo.

#### **Zona 3**

Con questa colonna sono state descritte le aree in cui si ha un esiguo e discontinuo spessore di sedimenti misti sovraconsolidati (appartenenti alla formazione delle Sabbie e Argille ad Arctica Islandica), sovrapposto ad un bedrock ofiolitico. Si ritrova intorno all'abitato di Riparbella ed in località San Pecoraio.

#### **Zona 4**

Questa colonna è caratterizzata da un'importante spessore (circa 30-40 m) di terreni misti sovraconsolidati appartenenti alla formazione delle Sabbie e Argille ad Arctica Islandica (AIS), sovrapposti al bedrock ofiolitico. In superficie si ritrovano lembi della formazione prevalentemente granulare sovrastante denominata Conglomerati di Riparbella (CEP). Si ritrova sui versanti circostanti a Riparbella e in località Borgo Felciaione.

#### **Zona 5**

Questa colonna è analoga a quella della zona 4 fatta eccezione per il maggior spessore dei terreni coesivi sovraconsolidati (AIS), che giungono a 40-50 m. In superficie è presente un “cappello” discontinuo di Conglomerati di Riparbella (CEP). Si ritrova unicamente nel centro storico di Riparbella.

### **Zona 6**

Questa colonna è caratterizzata dalla presenza di argilliti subaffioranti, appartenenti alla formazione delle Argille a Palombini (APA), comprensiva di un sottile orizzonte di alterazione. Si ritrova prevalentemente in località Castellina Marittima ed in loc. Apparita nel Comune di Riparbella.

### **Zona 7**

E' rappresentativa delle zone dove affiorano depositi alluvionali recenti ed attuali di spessore generalmente inferiore a 10 m, che poggiano in disconformità sui sedimenti coesivi sovraconsolidati del neoautoctono (Argille Azzurre FAA, Argille e Gessi del fiume Era Morta EMO, Gessi del Marmolaio GMA). Si ritrova nel fondovalle nord occidentale di Castellina Marittima, nei raccordi delle valli minori con la valle del Fiume Fine, e nell'area centro settentrionale del comune di Castellina M.ma, nel fondovalle del T. Marmolaio.

### **Zona 8**

E' caratterizzata dalla presenza di sedimenti alluvionali prevalentemente coesivi con spessore generalmente inferiore ai 20 m sovrapposti alle formazioni pleistoceniche prevalentemente granulari con livelli consolidati, note come Formazione di Bibbona (BBB) e come Conglomerati sabbie e limi di Casa Poggio ai Lecci (CPL). Si ritrova nel fondovalle del Fiume Cecina nell'area sud occidentale dei comuni di Montescudaio e Riparbella. In piccola parte si ritrova anche in località Malandrone, nel fondovalle del Botro del Gaziandrino.

### **Zona 9**

In queste aree affiorano sedimenti sovraconsolidati prevalentemente granulari talvolta con livelli cementati appartenenti alle formazioni geologiche note come Formazione di Bibbona (BBB), Conglomerati sabbie e limi di Casa Poggio ai Lecci (CPL), Sabbie di Val di Gori (VGR). Gli spessori di queste formazioni si aggirano approssimativamente sui 30-40 m. Al di sotto si ritrovano sabbie argillose sovraconsolidate (Sabbie ed Argille ad Arctica Islandica AIS) e argille sabbiose con livello calcarei (Calcari di Montescudaio MSC). Si ritrova per lo più sui rilievi collinari in sinistra idrografica del Fiume Cecina, nella metà occidentale del Comune di Montescudaio.

### **Zona 10**

In queste aree affiora la formazione geologica dei Calcari di Montescudaio (MSC), caratterizzata da argille sabbiose con livelli calcarei. Gli spessori di questa formazione sono molto variabili, ma comunque compresi tra 10 e 40 m. Nelle aree coperte da questa microzona i calcari sono seguiti da sabbie argillose sovraconsolidate appartenenti alla formazione delle Sabbie ed Argilla ad Arctica Islandica (AIS). Si ritrova estesamente nella metà orientale del Comune di Montescudaio.

### **Zona 11**

E' caratterizzata da un livello superficiale di spessore variabile (10-50 m), mediamente consistente, di sabbie argillose sovraconsolidate di età pleistocenica appartenenti alla formazione delle Sabbie e Argille ad Arctica Islandica (AIS). Queste poggiano in discordanza angolare su sedimenti pliocenici prevalentemente sabbiosi della Formazione di Villamagna. Questa colonna è rappresentativa delle aree immediatamente circostanti all'abitato di Montescudaio.

### **Zona 12**

In queste aree affiora il complesso di sabbie e sabbie limose facente parte della formazione pliocenica di Villamagna (VLMa, VLMS). Lo spessore di questa successione è mal definito in quanto gli strati sono posti spesso in una rilevante inclinazione tuttavia si ipotizza uno spessore dell'ordine dei 40-50 m nell'area ad est di Montescudaio. Al di sotto, compatibilmente con le evidenze di affioramento, si ritrovano sedimenti coesivi di età pliocenica (Argille Azzurre FAA). Si ritrova nei versanti ad est di del rilievo di Montescudaio.

### **Zona 13**

Questa microzona è riferibile alle aree dove affiora la formazione delle Argille Azzurre (FAA) nella sua parte sommitale. Sebbene non vi siano dati geognostici profondi, gli spessori delle argille sovraconsolidate sono notevoli (molte decine se non centinaia di metri). All'interno delle aree MOPS questa tipologia si ritrova solo in un sito di limitata estensione areale a SE di Montescudaio.

#### **Zona 14**

Si riferisce alle aree in cui affiora la formazione delle Argille Azzurre nella sua parte basale. In questi siti le argille si presentano mediamente consistenti (valori di numero di colpi nel penetrometro dinamico medio inferiori a 10), e presentano spessori tra 5 e 30 m (più frequentemente entro i 15 m). Al di sotto si ritrovano le formazioni argillose con orizzonti evaporitici note come Argille e Gessi del Fiume Era Morta. Questa zona manifesta spesso picchi rilevanti nei grafici del rapporto H/V delle tomografie in sito, imputabili alla rilevante differenza di velocità di propagazione delle onde di taglio tra le argille azzurre e gli strati gessosi più profondi. Le aree in cui si ha questa tipologia stratigrafica sono situate nell'area nord occidentale del comune di Castellina Marittima, in loc. Le Badie.

#### **Zona 15**

In queste aree affiorano le formazioni argillose e gessifere della formazione delle Argille e Gessi del Fiume Era Morta (EMO). Lo spessore dei litotipi contenenti evaporiti è difficilmente valutabile, probabilmente è limitato a circa 20-35 m (vedasi sondaggi in corrispondenza della zona industriale Knauf). In profondità, avvicinandosi al basamento del neoautoctono prevale la componente marnosa tettonizzata. Al di sotto della formazione EMO si ritrova direttamente il basamento rappresentato dalle Argille a Palombini (APA). Le aree in cui si ha questa tipologia stratigrafica sono situate nel limite settentrionale del Comune di Castellina Marittima, nei pressi dello stabilimento Knauf.

#### **Zona 16**

La zona 16 è rappresentativa dei siti in cui affiorano ammassi rocciosi delle formazioni dell'Unità Ligure, sia di natura calcarea (Calcari a Calpionelle CCL) che silicea (Diaspri di Monte Alpe DSA). Il basamento è rappresentato dalle formazioni ofiolitiche sebbene, vista l'intensa tettonizzazione, non si può escludere la presenza di lembi delle Argille a Palombini (APA). La zona interessata da questa tipologia di situazione è situata a nord est dell'abitato di Castellina Marittima.

#### **Zona 17**

E' rappresentativa delle aree in cui affiorano litotipi messiniani calcarei appartenenti al complesso neoautoctono, costituiti da calcari marnosi e calcareniti della

formazione di Cava Serredi (MSS) e dai Calcari stromatolitici di Casa San Giovanni (CSG). Il livello su cui poggiano queste formazioni calcaree è rappresentato dalle Argille a Palombini (APA). Questa microzona si ritrova a nord del Comune di Castellina Marittima, a sud dello stabilimento Knauf.

#### **Zona 18**

Comprende le aree in cui affiorano i sedimenti alluvionali antichi riconducibili al trasporto dei tributari di sinistra del Fiume Fine. Lo spessore di questi depositi varia generalmente da 0 a circa 20 m. La composizione complessiva è granulare, mentre al di sotto si hanno sedimenti coesivi sovraconsolidati appartenenti alla formazione delle Argille Azzurre. La microzona in oggetto si ritrova sui rilievi ad est della località Le Badie (Castellina Marittima).

#### **Zona 19**

E' rappresentativa di una piccola area di fondovalle del Comune di Riparbella. Si distingue dalla zona 18 per la presenza, al di sotto dei sedimenti alluvionali terrazzati, della Formazione di Bibbona, la quale può presentare livelli di Panchina. Lo spessore delle alluvioni terrazzate, che risultano prevalentemente granulari, è approssimativamente compreso tra 5 e 15 m. Al di sotto si ritrova, a circa 30 m dal p.c., la formazione delle Sabbie ed Argille ad Arctica Islandica. La microzona in oggetto si ritrova in località Fagiolaia, nel Comune di Riparbella.

#### **Zona 20**

E' rappresentativa di una piccola zona dove affiorano depositi alluvionali recenti ed attuali di esiguo spessore, che poggiano in disconformità sui sedimenti misti sovraconsolidati della formazione delle Sabbie ed Argille ad Arctica Islandica. Si ritrova a margine del fondovalle del torrente Botra in località San Martino, nel Comune di Riparbella.

#### **Zona 21**

Comprende le aree in cui affiorano i sedimenti alluvionali antichi riconducibili al trasporto dei tributari di destra del Fiume Cecina. Lo spessore di questi depositi varia generalmente da 0 a circa 20 m. Alcune indagini in località San Martino (Comune di Riparbella), indicano spessori leggermente superiori, fino a 30 m, includendo anche

lembi conglomeratici della formazione di Casa Poggio ai Lecci. La composizione complessiva è granulare, mentre al di sotto si hanno sedimenti misti sovraconsolidati appartenenti alla formazione delle Sabbie ed Argille ad Arctica Islandica. La microzona in oggetto si ritrova in località San Martino, nel Comune di Riparbella.

### **8.3.3 – Descrizione delle zone suscettibili di instabilità**

Le zone suscettibili di instabilità rappresentano le situazioni nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio. In questa categoria rientrano elementi stratigrafici, tettonici e geomorfologici che possono generare: Cedimenti diffusi e differenziali (“CD”), Amplificazione stratigrafica, Liquefazione (“L”), Movimenti franosi (“FR”).

All'interno delle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali si ritrovano anche alcune “forme di superficie” che possono sovrapporsi alle microzone precedentemente descritte aumentandone localmente la pericolosità.

#### Cedimenti diffusi e differenziali “CD”

In cartografia sono stati individuati due ambiti differenti all'interno dei quali possono svilupparsi fenomeni di cedimenti diffusi e/o differenziali.

Aree caratterizzate dalla presenza di coperture detritiche poligeniche, di detriti di versante, di frane relitte o di fenomeni di soliflusso intensi.

Zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente differenti. Queste aree sono presenti solo all'interno del Comune di Castellina Marittima e ricomprendono le fasce di territorio al contatto tra i depositi alluvionali attuali e recenti, soffici e caratterizzati da basse velocità sismiche, e le formazioni più antiche molto consistenti e con alte velocità sismiche. La fascia di territorio è stata individuata operando un buffer del contatto esteso 10 metri verso monte e 20 metri verso valle.

#### Amplificazione stratigrafica

Attraverso l'analisi spaziale delle tromometrie a disposizione sono state individuate alcune zone che presentano potenziale amplificazione stratigrafica, riportate

con un retino trasparente nella carta MOPS (QG07). Per la definizione di una area soggetta ad amplificazione sono state ricercate le tromografie caratterizzate da picchi nel grafico H/V con ampiezza maggiore o uguale a 3 nel range di frequenze tra 2 e 15Hz (range significativo per le opere di ingegneria civile).

Le aree che mostrano evidenze di amplificazione stratigrafica sono le seguenti:

1. Il fondovalle del torrente Marmolaio e del Fiume Fine, nelle aree nord occidentali del comune di Castellina Marittima (riquadri 1 e 4 in tavola QG07). In queste aree si individuano picchi con ampiezza compresa tra 3 e 4 con frequenze comprese tra 2 e 6Hz laddove i sedimenti alluvionali attuali si sovrappongono al contesto collinare mio-pliocenico. In località Le Conche la tromografia HVSR25 registra il massimo valore di amplificazione con un picco di ampiezza superiore a 15 a 2,7Hz nel grafico del rapporto H/V. In questi stessi settori anche la formazione delle Argille Azzurre registra picchi con ampiezza superiore a 3 a frequenze leggermente superiori. Ciò conduce a ipotizzare che l'amplificazione possa essere indotta dalla presenza, sotto le Argille Azzurre, delle formazioni gessifere.
2. L'area del Malandrone presenta un picco rilevante a frequenze piuttosto alte. La tromografia HVSR24 mostra infatti un picco significativo a 14Hz.
3. Altra zona per la quale vi sono indizi di amplificazione sismica è l'abitato di Riparbella, per il quale sono state definite due specifiche microzone (zone 4 e 5 in tavola QG07). In questo sito si registrano picchi con ampiezza massima pari a 3,5 a frequenze intorno ai 2Hz. L'amplificazione è da imputarsi evidentemente alla sovrapposizione dei depositi di età pleistocenica sul complesso ofiolitico ligure.
4. Il fondovalle del Fiume Cecina, nell'area sud occidentale del Comune di Montescudaio, presenta fenomeni di amplificazione nella fascia di alluvioni pedecollinare in località Fiorino con frequenze intorno ai 2Hz. L'amplificazione in questo caso è da imputarsi alla presenza del contrasto di velocità tra copertura alluvionale e contesto sedimentario plio-pleistocenico, ed in particolare alla

presenza di livelli consolidati presenti in alcune formazioni di pertinenza collinare come la Formazione di Bibbona.

5. Nel caso del centro abitato di Montescudaio è stata perimetrata un'area potenzialmente suscettibile di amplificazione stratigrafica basandosi sulle sismostratigrafie delle numerose indagini MASW a disposizione. Queste indagini infatti talvolta mostrano elevati contrasti di impedenza sismica nelle prime decine di metri sotto al p.c. e valori di Vs degli strati più profondi spesso superiori a 800m/s. Data l'elevata profondità cui si suppone essere il substrato ofiolitico è possibile che l'elevato contrasto di velocità sia imputabile alla presenza di bancate di arenaria all'interno della formazione delle Sabbie ed Argille ad Arctica Islandica testimoniate in parte dall'indagine M55.

#### Liquefazione

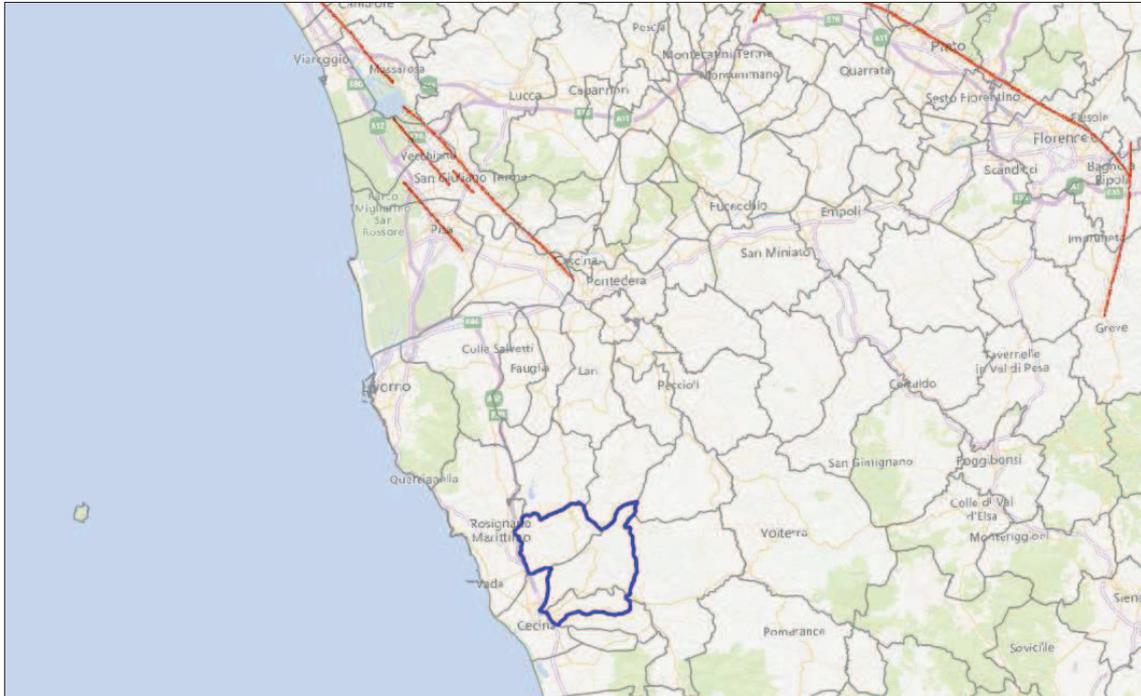
I depositi alluvionali dei tratti di fondovalle ricadenti nelle aree MOPS, hanno granulometrie molto variabili, con presenza di ghiaie, ciottoli, sabbie e frazioni fini etc etc., comunque con una marcata componente grossolana. I relativi fusi granulometrici non sembrano rientrare tra quelli per i quali è possibile il fenomeno della liquefazione. Queste considerazioni non escludono comunque che in sede di redazione delle indagine geologiche propedeutiche alla realizzazione di nuovi interventi, non debba essere analizzata puntualmente la possibilità che si verifichino fenomeni di liquefazione.

#### Frane

In cartografia sono state distinte in base al grado di attività in Frane Attive e Frane Quiescenti, ivi incluse le rispettive aree di influenza.

#### Considerazioni sulle faglie

Nel territorio in esame non sono presenti faglie attive e capaci appartenenti al catalogo nazionale delle faglie del database "Ithaca" (ITaly HAZard from CApable faults), come osservabile nella seguente immagine:



Rimane degna di nota la presenza di numerosi contatti tettonici segnati nella carta geologica (Tav. QG01) che interessano per lo più le formazioni del Dominio Ligure.

Alla luce di quanto sopra si conclude che, vista l'assenza di faglie attive e capaci nel catalogo Ithaca, non si hanno al momento informazioni sufficienti per imporre particolari vincoli di fattibilità connessi alla attività delle faglie.

## 09 - Carta della pericolosità geologica

Componendo tra loro, in modo ragionato, gli aspetti geologici, litotecnici e morfologici si è proceduto alla stesura della carta della pericolosità geologica (**Tav QG08**) sulla base dei criteri dettati dal DPGR 53/R/2011. Non è stato viceversa possibile rendere il tematismo coerente con gli strumenti di governo del territorio del PAI Bacino Toscana Costa ai sensi dell'Art. 25 delle Norme di Piano e del PAI Bacino Fiume Arno ai sensi degli articoli 27 e 32 delle Norme Tecniche di Attuazione in quanto al momento non è giunto il parere di competenza.

I criteri indicati dal DPGR53/R per l'identificazione delle classi di pericolosità geomorfologica sono i seguenti:

- **Pericolosità geomorfologica bassa (G.1):** aree in cui i processi geomorfologici, le caratteristiche litologiche e giacaturali non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi.
- **Pericolosità geomorfologica media (G.2):** aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giacaturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici con pendenze inferiori al 25%.
- **Pericolosità geomorfologica elevata (G.3):** aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti; aree con potenziale instabilità connessa alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da intensi fenomeni erosivi e da subsidenza; aree interessate da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche; corpi detritici con pendenze superiori al 25%.
- **Pericolosità geomorfologica molto elevata (G.4):** aree in cui sono presenti fenomeni attivi e relative aree di influenza, aree interessate da soliflussi.

In base ai criteri indicati dal DPGR 53/R, nella carta della pericolosità geologica sono state inserite in classe G4 le frane attive, le relative aree di influenza e le aree soggette a soliflussi (superficiali e intensi) in quanto identificati come attivi, a prescindere dall'entità dello spessore di terreno interessato.

Seguendo i criteri del DPGR 53/R sono state inserite in classe G3 le aree caratterizzate da frane quiescenti e da scarpate di degradazione attiva e le rispettive aree di influenza; sono state poi inserite le aree con potenziale instabilità connessa sia alla litologia che all'acclività. In particolare sono state individuate le aree caratterizzate dalla presenza di terreni di natura argilloso-sabbiosa (Formazione di Guardistallo e Formazione delle Argille Azzurre) con acclività superiore al 25%.

Sulla base dei criteri indicati dal DPGR 53/R/2011, le aree censite a pericolosità molto elevata (aree G4) coincidono con le aree censite come PFME dal PAI del Bacino Toscana Costa e con le aree PFA del PAI del Fiume Arno. Al contrario, essendo i criteri delle due direttive non pedissequamente collimanti, alcune zone censite a pericolosità elevata (G.3) ai sensi del DPGR 53/R/2011 risultano esterne al perimetro delle aree PAI del Bacino Toscana Costa. Le due classificazioni sono quindi del tutto indipendenti.

Nessuna trasformazione del territorio può prescindere dalla conoscenza e dall'accettazione delle limitazioni naturali che ne diminuiscono la potenziale trasformabilità. Per questo dalla presenza nei territori comunali di aree "fragili" derivano alcune condizioni alla trasformazione. In generale, al fine di tutelare e se possibile favorire il recupero della stabilità nelle aree fragili cui corrispondono livelli di pericolosità geomorfologica pari alle classi:

**P.F.M.E. e P.F.E.** (pericolosità geomorfologica ai sensi del P.A.I. Bacino Toscana Costa)

**P.F.4 e P.F.3** (pericolosità geomorfologica ai sensi del P.A.I. Bacino Arno)

**G4, G3** (pericolosità geomorfologica ai sensi del D.P.G.R. 53/R)

si propongono le seguenti direttive che potranno avere valore di linee guida per la formazione delle NTA dei futuri Piani Operativi Comunali (POC):

- è da evitare la realizzazione di sbancamenti e riporti consistenti;
- è da evitare la realizzazione di laghetti per l'accumulo di acqua;
- la realizzazione di smaltimenti di liquami per subirrigazione, di fertirrigazioni e di spandimenti di acque vegetative dovrà essere opportunamente motivata e sostenuta da uno studio geomorfologico di dettaglio;
- gli interventi strutturali di tipo conservativo devono essere finalizzati anche alla mitigazione del livello di rischio accertato ed ad assicurare il massimo consolidamento ottenibile e la più efficace messa in sicurezza;

- la possibilità di realizzare nuovi interventi è subordinata alle condizioni poste da una verifica puntuale della pericolosità e da un progetto sulla mitigazione dello stato di rischio accertato;
- gli interventi sul territorio che modifichino l'assetto originario dei luoghi (riporti e sbancamenti, viabilità in rilevato, piazzali, etc.), devono essere supportati da studi di approfondimento del contesto geomorfologico dell'area in oggetto, che entrino nel merito degli effetti di tali trasformazioni sui territori circostanti;
- al fine di contenere e/o ridurre l'erosione superficiale delle zone coltivate, sono da evitare disposizioni di uliveti, frutteti e vigneti con linee di drenaggio a rittochino, favorendo la realizzazione di impianti di nuove colture e di nuove affossature disposte secondo direttrici a bassa pendenza. Ciò per ridurre l'energia delle acque superficiali, il ruscellamento superficiale ed il trasporto solido delle acque incanalate;
- qualunque intervento che modifichi l'assetto originario del reticolo idrografico minore dovrà essere supportato da uno studio che verifichi la funzionalità del sistema drenante nelle condizioni attuali e con le modifiche previste; l'indagine dovrà essere estesa all'area scolante attraverso un rilievo di dettaglio del reticolo idrografico minore, in modo da definire i rapporti gerarchici tra le varie linee di drenaggio delle acque superficiali.
- sono da incentivare il mantenimento, la manutenzione ed il ripristino delle opere di sistemazione idraulico-agraria di presidio, tipiche degli assetti agricoli storici quali muretti, terrazzamenti, gradonature, canalizzazione delle acque selvagge, drenaggi, ecc;
- è da incentivare l'inerbimento permanente, evitando il pascolo, nelle zone limitrofe le aree calanchive;
- è da incentivare il mantenimento di una fascia di rispetto a terreno saldo dal ciglio superiore della scarpata a monte e dal ciglio inferiore della scarpata a valle della sede stradale;
- è da incentivare il mantenimento di una fascia di rispetto a terreno saldo in adiacenza della rete di regimazione delle acque nonché il mantenimento, lungo la viabilità podereale, i sentieri, le mulattiere e le carrarecce, delle cunette, dei taglia-acque e di opere simili al fine di evitare la loro trasformazione in collettori di acque superficiali.

Oltre a quanto in precedenza nelle suddette classi valgono le **condizioni alla trasformazione** definite nel rispetto delle relative normative (Norme di Piano del Bacino Tosca Costa, Norme di Piano del Bacino del Fiume Arno, condizioni alla trasformazione del DPGR 53/R/2011, L.R. 41/2018).

## 10 - Carta della pericolosità sismica

La carta della pericolosità sismica (**Tav QG09**) è stata determinata secondo i criteri indicati dal DPGR 53/R/2011. Ne deriva che il tematismo non è relativo agli interi territori comunali ma solo ai centri abitati e alle zone che le singole Amministrazioni ritengono potenzialmente interessate da future previsioni insediative e/o infrastrutturali. Nel territorio comunale di Montescudaio il tematismo prende quindi in esame il Capoluogo, la frazione Fiorino, e le tre zone artigianali di Poggio Gagliardo, di Pian di Laghetto e di Omnia Bausta. Nel territorio comunale di Riparbella il tematismo prende in esame il Capoluogo, la frazione San Martino e la zona industriale della Fagiolaia, mentre nel territorio di Castellina M.ma la carta è relativa al capoluogo, la frazione Le Badie e le zone artigianali di Malandrone e San Girolamo. Al proposito, in corrispondenza di tutte le zone citate è stato eseguito uno studio di Microzonazione Sismica (MS) di livello 1, allo scopo di assicurare la riduzione del rischio sismico. A supporto del citato studio sono state raccolte tutte le informazioni derivanti dalle indagini geognostiche e sismiche disponibili, integrandole con indagini sismiche di tipo MASW e HVSR di nuova realizzazione. Come descritto in precedenza, a questo ha fatto seguito la *Carta delle frequenze fondamentali dei depositi* e la *Carta delle MOPS*.

I criteri indicati dalla DPGR 53/R per la identificazione delle classi di pericolosità geomorfologica sono i seguenti:

- **Pericolosità sismica locale bassa (S.1):** zone stabili caratterizzate dalla presenza di litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata e dove non si ritengono probabili fenomeni di amplificazione o instabilità indotta dalla sollecitazione sismica.
- **Pericolosità sismica locale media (S.2):** zone suscettibili di instabilità di versante inattiva e che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (che non rientrano tra quelli previsti per la classe di pericolosità sismica S.3).
- **Pericolosità sismica locale elevata (S.3):** zone suscettibili di instabilità di versante quiescente che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone con terreni di fondazione

particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi; terreni suscettibili di liquefazione dinamica (per tutti i comuni tranne quelli classificati in zona sismica 2); zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse; aree interessate da deformazioni legate alla presenza di faglie attive e faglie capaci (faglie che potenzialmente possono creare deformazioni in superficie); zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzati da un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri.

- **Pericolosità sismica locale molto elevata (S.4):** zone suscettibili di instabilità di versante attiva che pertanto potrebbero subire una accentuazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; terreni suscettibili di liquefazione dinamica in comuni classificati in zona sismica.

## 11 - Carta della pericolosità idraulica

I criteri indicati dal DPGR53/R per l'identificazione delle classi di pericolosità idraulica sono i seguenti:

- **Pericolosità idraulica bassa (I.1):** aree collinari o montane prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni:
  - a) non vi sono notizie storiche di inondazioni
  - b) sono in situazioni favorevoli di alto morfologico, a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.
- **Pericolosità idraulica media (I.2):** aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra  $200 < Tr < 500$  anni. Al di fuori delle UTOE interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, nelle aree non interessate dagli studi idrologici e idraulici, rientrano in classe di pericolosità media le aree di fondovalle per le quali ricorrono le seguenti condizioni:
  - a) non vi sono notizie storiche di inondazioni
  - b) sono in situazioni favorevoli di alto morfologico, a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda
- **Pericolosità idraulica elevata (I.3):** aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra  $30 < Tr < 200$  anni. Al di fuori delle UTOE interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, nelle aree non interessate dagli studi idrologici e idraulici, rientrano in classe di pericolosità media le aree di fondovalle per le quali ricorra almeno una delle seguenti condizioni:
  - a) non vi sono notizie storiche di inondazioni
  - b) sono in situazioni favorevoli di alto morfologico, a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda
- **Pericolosità idraulica molto elevata (I.4):** aree interessate da allagamenti per eventi con  $Tr \leq 30$  anni. Al di fuori delle UTOE interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, nelle aree non interessate dagli studi idrologici e idraulici, rientrano in classe di pericolosità media le aree di fondovalle per le quali ricorrono contestualmente le seguenti condizioni:
  - a) non vi sono notizie storiche di inondazioni
  - b) sono in situazioni favorevoli di alto morfologico, a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda

Dal momento che il territorio esaminato comprende corsi d'acqua facenti parte del reticolo principale (Fiume Cecina e Fiume Fine) le cui aste interessano anche Amministrazioni Comunali che non fanno parte del PS in oggetto, e che il reticolo secondario recapita tutto nei due corsi d'acqua precedenti, la necessità di coordinarsi con tali Amministrazioni esterne ha portato ad un allungamento dei tempi che si è riflessa nella impossibilità da parte dell'Ingegnere idraulico Simone Pozzolini, incaricato della redazione degli studi idrologico-idraulici di supporto al Piano Strutturale in parola, di concludere la modellazione idraulica nei tempi previsti per l'adozione dello Strumento Urbanistico. Ne deriva che la pericolosità idraulica dei tre territori comunali, illustrata nella **Tavola QG10**, reitera le perimetrazioni introdotte dalla Direttiva PGRA che dal dicembre 2015 ha sostituito il PAI del Bacino Toscana Costa in merito al rischio di alluvioni. Le aree esterne alla perimetrazione del PGRA, coincidenti con le aree collinari, sono censite a pericolosità idraulica bassa (classe I.1) mentre per le altre tre classi viene fatto riferimento alla correlazione indicata nella tabella successiva:

<b>Piano Strutturale</b>	<b>PGRA</b>	<b>DPGR 53/R/2011</b>
Pericolosità media	P1	I2
Pericolosità elevata	P2	I3
Pericolosità molto elevata	P3	I4

## 12 - Carta della Vulnerabilità idrogeologica

Il tematismo in oggetto (**Tav QG11**) è stato redatto adottando le indicazioni e i criteri indicati nella “**Metodologia per la redazione degli strumenti cartografici**” edito dalla Provincia di Pisa, al quale si rimanda per una definizione dettagliata della procedura adottata. La stesura della Carta della Vulnerabilità Idrogeologica si è avvalsa di una procedura automatica. In primo luogo le formazioni individuate nella carta geologica sono state suddivise in distinti raggruppamenti, ciascuno caratterizzato da un omogeneo comportamento idrogeologico conseguente il carattere litotecnico.

Le Classi di Vulnerabilità Idrogeologica sono state definite come stabilito nell'Art. 20 del PTC, tenendo conto oltre che della litologia e della granulometria dei livelli più superficiali, della pendenza del versante e della presenza di acquiferi significativi.

- **Classe 1 (vulnerabilità irrilevante)** - vi ricadono le aree in cui la risorsa idrica non è presente, essendo i terreni praticamente privi di circolazione idrica sotterranea.
- **Classe 2 (vulnerabilità bassa)** - sono state inserite in questa classe le zone in cui la risorsa idrica considerata è apparentemente non vulnerabile. In essa ricadono i corpi idrici multifalda caratterizzati dalla presenza di alternanze tra litotipi a diversa ma comunque bassa permeabilità, non completamente definiti su base idrogeologica. Rientrano altresì i terreni a bassa permeabilità sciolti o litoidi con pendenze superiori al 20%.
- **Classe 3a (vulnerabilità medio-bassa)** - corrisponde a situazioni in cui la risorsa idrica considerata presenta un certo grado di protezione, insufficiente tuttavia a garantirne la salvaguardia. In essa ricadono, nelle aree di pianura, le zone caratterizzate da materiali alluvionali scarsamente permeabili con falda prossima al piano campagna. Nelle aree collinari, le zone in cui affiorano terreni a bassa permeabilità.
- **Classe 3b (vulnerabilità Medio-alta)** - questa classe è attribuita alle aree in cui la risorsa idrica considerata presenta un grado di protezione mediocre: in essa ricadono, nelle aree di pianura, le zone caratterizzate da materiali alluvionali permeabili con livelli piezometrici prossimi al piano campagna, nelle zone collinari le aree caratterizzate dall'affioramento di terreni litoidi a media permeabilità.
- **Classe 4a (vulnerabilità elevata)** - prevede situazioni in cui la risorsa idrica considerata presenta un grado di protezione insufficiente. In essa ricadono, nelle aree di pianura, le

zone con materiali alluvionali molto permeabili con falda prossima al piano campagna, nelle aree collinari, le zone di affioramento di terreni litoidi altamente permeabili.

- **Classe 4b (vulnerabilità elevata)** - corrisponde a situazioni in cui la risorsa idrica considerata è esposta. In essa ricadono le zone di alveo o di golena, morfologicamente depresse, nelle quali la falda è esposta o protetta soltanto da esigui spessori di sedimenti.

L'elemento discriminante è rappresentato dalla permeabilità a cui viene sommato l'effetto della omogeneità dell'ammasso del litotipo. Dalla combinazione delle diverse tipologie di permeabilità con l'entità assoluta della stessa deriva, per tutte le formazioni geologiche con l'eccezione delle alluvioni recenti, una classificazione litotecnica finalizzata alla valutazione del possibile diverso grado di vulnerabilità idrogeologica. La classificazione è rappresentata nella tabella seguente:

<b>Classe</b>	<b>Definizione</b>	<b>Formazione geologica</b>
<b>I</b>	<i>Formazioni omogenee, incoerenti argillose o coerenti fessurate di permeabilità molto bassa</i>	<i>FOS, EMOg, EMO, FAA, SMA, GMA</i>
<b>II</b>	<i>Formazioni incoerenti, omogenee limose e conglomeratiche in matrice argillosa di permeabilità bassa e inomogenee argilloso sabbiose prevalentemente impermeabili</i>	<i>VLMa, AIS, VGR</i>
<b>III</b>	<i>Formazioni coerenti fessurate, omogenee di permeabilità bassa e inomogenee prevalentemente impermeabili</i>	<i>APA, CAA</i>
<b>VI</b>	<i>Formazioni coerenti fessurate, omogenee di permeabilità media ed inomogenee prevalentemente permeabili</i>	<i>Σ, Γ, Δ, DSA, CCL, SLTc, LUP, CVM, CCS, CSP, CSPa, CSG, VLMs, MSC, CEP</i>
<b>VII</b>	<i>Formazioni incoerenti omogenee conglomeratiche con matrice sabbiosa di permeabilità elevata</i>	<i>Σbr, Γbr, BBB, CPL, at</i>

Alle formazioni di natura incoerente (classi **II** e **VII**) sviluppate all'interno dei territori comunali in situazioni morfologiche collinari, caratterizzate da ampie spianate sommitali, per la definizione del grado di vulnerabilità idrogeologica è stato inserito il parametro aggiuntivo acclività, attraverso l'introduzione di opportune soglie di pendenza. In tal modo sono state individuate le aree sub-pianeggianti con acclività minore del 10% di massima infiltrazione e generale ricarica degli acquiferi. L'intersezione tra le informazioni litotecniche derivate dalla carta geologica, con la suddetta soglia di pendenza, ha determinato la definizione delle classi di vulnerabilità idrogeologica.

Classi	Soglie di pendenza		
	$P < 10\%$	$10\% < P < 25\%$	$P > 25\%$
<b>II</b>	2	1	1
<b>VII</b>	3b	3b	3a
<b><u>Grado di Vulnerabilità idrogeologica</u></b>			

Per le classi litotecniche delle formazioni coerenti, affioranti in prevalenza nelle aree montane, dove le spianate sarebbero risultate di sviluppo assai limitato, il grado di vulnerabilità è stato invece definito in maniera indipendente dal parametro di pendenza locale.

Classe	Grado di vulnerabilità idrogeologica
<b>I</b>	1
<b>III</b>	2
<b>VI</b>	3a

Relativamente alle aree di affioramento delle **alluvioni recenti** (a) è stata ripresa e confermata la classificazione indicata dalla Carta della vulnerabilità idrogeologica allegata al PTC, la distribuzione delle cui classi risulta molto articolata, in ragione della forte disomogeneità litologica. Una completa revisione di tale classificazione avrebbe infatti implicato la necessità della disponibilità di una notevole quantità di dati stratigrafici a carattere puntuale. Si è proceduto pertanto alla modifica delle classi di vulnerabilità idrogeologica del PTC solo là dove erano a disposizione dati stratigrafici esaustivi. In particolare, è stata studiata l'area di fondovalle sulla sinistra del Fiume Cecina, nel tratto compreso tra il confine con il Comune di Cecina ad ovest e la diga della Steccaia ad est. Facendo riferimento allo studio geologico di supporto alla Variante al PRAE del Comune di Montescudaio è stata evidenziata la presenza di un substrato alluvionale superficiale a diversa litologia: ghiaie nel tratto settentrionale, fino all'asta fluviale del Fiume Cecina, e argille nella metà meridionale, fino al margine dei rilievi collinari. Per le due distinte zone sono state prese come riferimento le stratigrafie di due pozzi di proprietà Solvay: il pozzo n°124 (20A) e il pozzo n°23 (21A) indicati nella Tavola 4. Le stratigrafie sono le seguenti.

<b>Pozzo Solvay 20A</b>	
<i>Profondità dal p.c. in metri</i>	<i>Litologia</i>
0.00 – 2.00	Terreno vegetale
2.00 – 12.00	Ghiaie con acqua
12.00 – 21.00	Argille e limi
21.00 – 23.00	Ghiaie compatte con acqua
23.00 – 33.00	Argille azzurre
33.00 – 39.00	Ghiaie con acqua
39.00 – 42.00	Argille

<b>Pozzo Solvay 21A</b>	
<i>Profondità dal p.c. in metri</i>	<i>Litologia</i>
0.00 – 1.50	Terreno vegetale
1.50 – 13.00	Argille grigie
13.00 – 16.50	Sabbie limose con acqua
16.50 – 18.00	Ghiaie con acqua
18.00 – 33.00	Argille azzurre
33.00 – 39.00	Ghiaie con acqua
39.00 – 41.00	Argille

Sulla base dei dati relativi ai pozzi in oggetto si è risaliti al grado di Vulnerabilità attraverso l'applicazione del metodo quantitativo applicato nella redazione della Carta di Vulnerabilità del PTC, a sua volta ottenuto seguendo la "Proposta di legenda unificata per le Carte di Vulnerabilità all'inquinamento dei corpi idrici sotterranei" del GNDCI-CNR (Civita, 1994). Tale metodo permette la stima del tempo impiegato da un possibile inquinante, in condizione di moto verticale e con gradiente idraulico unitario, per attraversare lo spessore complessivo di terreno sovrastante il tetto dell'acquifero e per propagarsi orizzontalmente al tetto della prima falda incontrata. Il primo fattore viene definito applicando la Legge di Darcy, mentre il secondo, non quantificabile tramite formule matematiche, viene calcolato empiricamente applicando al tempo di infiltrazione relativo al primo fattore un coefficiente, definito di propagazione e variabile da 0 a 1, che ne incrementa il valore in relazione inversa con la permeabilità effettiva dell'orizzonte di falda. I tempi di arrivo che sono stati calcolati tendono conto di vari parametri (stratigrafia, spessore, profondità dell'acquifero, e velocità di infiltrazione definita) come indicato nella tabella seguente:

<b>Pozzo</b>	<b>Stratigrafia e spessore</b>	<b>Livello statico piezometrica</b>	<b>Permeabilità in condizioni sature (m/s)</b>	<b>Velocità di infiltrazione (m/g)</b>	<b>Tempo di arrivo in falda (gg)</b>
<b>20A</b>	Sabbie e ghiaie 0-12 metri	10 metri dal p.c.	$10^{-4}$	12	<b>1.08</b>
<b>21A</b>	Argille 0-13 metri	13 metri dal p.c.	$10^{-8}$	0.3	<b>43.3</b>

Infine, sulla base dei tempi di arrivo in falda calcolati è stata assegnata la classe di vulnerabilità idrogeologica.

<i>Pozzo</i>	<i>Tempo di arrivo in falda</i>	<i>Litologia della pianura alluvionale</i>	<i>Vulnerabilità idrogeologica</i>
<b>20A</b>	<i>1.08 giorni</i>	<i>Ghiaie</i>	<b>4a</b>
<b>21A</b>	<i>43.3 giorni</i>	<i>Argille</i>	<b>2</b>

La Carta della Vulnerabilità Idrogeologica riveste una sua importanza nella valutazione degli effetti operati da rifiuti e scarichi di ogni tipo sulle risorse idriche del territorio. Ciò vale sia per gli insediamenti esistenti che per quelli futuri. Come già detto per la Pericolosità Geomorfologica, sarebbe quindi auspicabile che in sede dei singoli Piani Operativi Comunali venisse predisposta una specifica normativa in materia che obbligasse l'utenza, nella misura maggiore possibile, all'allacciamento alla pubblica fognatura o alla predisposizione di singoli impianti di depurazione. Particolari prescrizioni andranno fornite inoltre per gli insediamenti sparsi o del tutto isolati.

Premesso quanto sopra si ritiene adeguato stabilire alcune limitazioni alla trasformabilità. In particolare nelle zone censite a vulnerabilità elevata, corrispondente alle classi 4b e 4a della Tavola QG11, per le quali è riconosciuta una elevata esposizione al rischio della risorsa idrica sono da evitare tutte le attività vietate dal D.lgs 152/99 relativo a "Disposizioni di tutela delle acque dall'inquinamento". Nelle aree censite a vulnerabilità medio-elevata, corrispondente alla classe 3b della Tavola QG11, la realizzazione di smaltimenti di liquami per subirrigazione, di fertirrigazione e di spandimenti di acque vegetative, nonché la realizzazione di strutture interrato di deposito o stoccaggio di prodotti chimici e simili dovrà invece essere opportunamente motivata e sostenuta da uno studio idrogeologico di dettaglio.

Riparbella, 12.12.2019

*Dott. Gian Franco Ruffini*

*Dott. Leonardo Ruffini*

*Dott. Emilio Pistilli*

## Bibliografia

- E. Giannini (1962)**, *Carta Geologica del Bacino del Fiume Fine*, 1:25.000, *Boll. Soc. Geol. It.*, 81(2).
- P. Squarci & R. Taffi (1963)**, *Carta Geologica di Chianni-Lajatico-Orciatice (Provincia di Pisa)*, 1:25.000, *Boll. Soc. Geol. It.*, 82(2).
- R. Mazzanti, G. Sanesi (1986)**, *Carta Geologica della Bassa Val di Cecina*, 1:25.000, C.N.R. Provincia di Pisa, *Quaderni del Museo di Storia naturale di Livorno supplemento n°1 volume 7*
- G. Sarti (1995)**, *Carta Geologica dei Depositi Neogenici della Val di Fine*, 1:25.000, *Studi Geologici Camerti*, Vol. spec. 1995/1.
- G. Bertini et alii (2000)**, *Stratigraphic and tectonic framework of the Ligurian Units in the Castellina Marittima Hills (southern Tuscany, Italy)*. *Boll. Soc. Geol. It.* 119, 687-701.
- J. Turchi (2001)**, *Rilevamento geologico ed analisi strutturale delle Unità Liguri dei Monti di Castellina M.ma (Toscana Meridionale)*. Tesi di Laurea inedita. Università di Pisa.
- E. Simonelli (2002)**, *Rilevamento geologico e analisi strutturale delle sequenze ofiolitiche nella zona di Riparbella (Toscana meridionale)*. Tesi di Laurea inedita. Università di Pisa.
- A. Cerrina Feroni (2003)** *Carta Geologica della sezione n°294080 "Riparbella"*, 1:10.000, Regione Toscana.
- G. Moratti (2003)**, *Carta Geologica della sezione n°294080 "Guardistallo"*, 1:10.000, Regione Toscana.
- G. Moratti (2003)**, *Carta Geologica della sezione n°294030 "Terriccio"*, 1:10.000, Regione Toscana.
- Provincia di Pisa (1995)**, *Metodologia per la redazione degli Strumenti cartografici di controllo delle attività di trasformazione ai fini della tutela del territorio*.