



Comuni di Bientina, Buti, Calcinaia, Capannoli, Cascina Terme Lari, Palaia e Pontedera  
Zona Valdera  
Provincia di Pisa



# PIANO STRUTTURALE INTERCOMUNALE

---

## STUDI GEOLOGICI SISMICI ED IDRAULICI

---

**PROPONENTE:**

GIUNTA DELL'UNIONE VALDERA

**AUTORITA' COMPETENTE:**

ARCH. ROBERTO FANTOZZI

**RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:**

ARCH. ANNA GUERRIERO

**GARANTE DELL'INFORMAZIONE E DELLA PARTECIPAZIONE:**

DOTT. GIOVANNI FORTE

**DATA: APRILE 2019**

Presidente Unione Valdera e Sindaco di Calcinaia:

Lucia Ciampi

Sindaci dei Comuni aderenti all'Unione Valdera:

Bientina: Carmassi Dario

Buti: Alessio Lari

Capannoli: Arianna Cecchini

Cascina Terme Lari: Mirko Terreni

Palaia: Marco Gherardini

Pontedera: Simone Millozzi

Segretario Generale:

dott.ssa Marzia Venturi

Responsabile del Procedimento

arch. Anna Guerriero

Garante dell'Informazione e della Partecipazione

dott. Giovanni Forte

Coordinatore del Gruppo Progettazione e Responsabile della redazione del PSI

arch. Massimo Parrini

Co-progettisti alla redazione Piano Strutturale Intercomunale

arch. Katuscia Meini (Comune di Buti), arch. Giancarlo Montanelli (Comune di Bientina), arch. Cinzia Forsi (Comune di Calcinaia), arch. Anna Guerriero (Comune di Calcinaia), arch. Antonietta Vocino (Comune di Capannoli), arch. Nicola Barsotti (Comune di Casciana Terme Lari), Michele Borsacchi (Comune di Palaia), arch. Marco Salvini (Comune di Pontedera)

Gruppo di lavoro intercomunale

Bientina: Alessandra Frediani, Marco Cecchi, Barbara Scaringella, Claudia Baccelli, Antonio Preite, Veronica Stelitano, Barbara Giorgi.

Casciana Terme Lari: Claudia Caroti, Francesco Giubbolini, Elena Baldi.

Buti: Giuseppina di Loreto, Catia Scervino, Giacomo Matteucci.

Pontedera: Barbara Cantini, Ilaria Tedesco, Luca Magnozzi, Angela Rosa Basile, Stefania Rosati, Alessandro Macchia, Cinzia Ciampalini, Letizia Poggetti, Gino Gozzoli, Michela Giorgi.

Palaia: Gian Paolo Bonistalli, Franco Doveri, Michele Ponticelli.

Calcinaia: Ilenia Latessa.

Capannoli: Gennai Giovanna, Palazzuoli Luca.

Unione Valdera: Lorenzoni Silvia, Iorio Rossella, Dal Canto Fabio, Bacci Alessio, Cintoli Samuela,  
Mezzabotta Paola, Corsi Elena.

Società della Salute: Patrizia Salvadori.

**Indice**

1. PREMESSA.....	5
2. ALLEGATI.....	6

## 1. PREMESSA

Con convenzione datata 23/07/2018 e perfezionata nell'ottobre 2018, l'Unione Valdera ha incaricato l'Istituto di Geoscienze e Georisorse (IGG) del CNR di Pisa di realizzare uno studio geologico e geomorfologico del territorio dell'Unione, pari ad un'area di circa 203 Km<sup>2</sup>. Le attività previste in convenzione prevedono una prima fase di raccolta ed omogeneizzazione dei dati esistenti, geologici, geomorfologici, litologico tecnici ed idrogeologici relativi all'area studiata, i cui prodotti sono rappresentati dalla redazione delle carte preliminari riguardanti le tematiche geologia, geomorfologia, litotecnica, idrogeologia e pericolosità geologica.

In una fase successiva delle attività, le carte prodotte saranno integrate e rielaborate sulla base di studi specifici di carattere geologico, geologico strutturale, biostratigrafico e geomorfologico.

Per quanto riguarda gli aspetti sismici l'Unione Valdera ha affidato al gruppo di lavoro costituito dal dott. geol. Fabio Mezzetti, dott. geol. Andrea Casella, dott. geol. Benedetta Polverosi, dott. geol. Alessandro Fontanelli, arch. Maria Rosaria De Vita, dott. geol. Giorgio Della Croce, dott. geol. Andrea Carmignani le indagini sismiche di approfondimento finanziate dal Settore Sismica della Regione Toscana per i Comuni di Pontedera, Palaia e Capannoli che hanno consentito di redigere un elaborato di pericolosità sismica omogeneo tra i territori analizzati. In particolare per il Comune di Capannoli le indagini di approfondimento sono andate ad integrare quelle già svolte per proprio conto, mentre per Pontedera e per Palaia hanno rappresentato una prima analisi estesa del loro territorio.

Per i Comuni di Casciana Terme Lari, Calcinaia e Buti sono stati recepiti gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 che ciascuna amministrazione ha condotto singolarmente; Casciana Terme Lari usufruendo di finanziamenti regionali mentre Calcinaia e Buti con fondi propri. Il Comune di Bientina ha tuttora in corso gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 attingendo a fondi propri e quindi è l'unico territorio dell'Unione Valdera che ha le indagini sismiche adeguate al superato DPGR 26/R/2007.

Lo studio idrologico-idraulico è stato affidato mediante convenzione di ricerca al Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Firenze e sono stati redatti dal Prof. Ing. Fabio Castelli e dall'Ing. Chiara Arrighi. Lo studio idrologico-idraulico riguarda una parte del reticolo idrografico ricadente nel territorio dell'Unione Valdera. Il reticolo di interesse è stato selezionato per la prossimità o l'intersezione con aree urbanizzate o in previsione di urbanizzazione in accordo col soggetto richiedente.

Per la parte di approfondimento idraulico i corsi d'acqua selezionati sono modellati per i soli tratti di interferenza con le urbanizzazioni.

Per i Comuni di Casciana terme-Lari, Bientina e Calcinaia in una fase successiva ci si racconterà con gli studi idrologico-idraulici in corso affidati dai singoli comuni.

Gli studi eseguiti hanno portato ad una prima definizione delle Carte della Pericolosità geologica e sismica, come descritto nei relativi documenti e come risulta dalle tavole QC05 e QC06 ma non essendo al momento disponibili gli studi idraulici che sono in corso di elaborazione da parte dell'Università di Firenze la Carta della pericolosità idraulica QC07 del presente Piano è stata realizzata recependo le Carte della pericolosità idraulica dei vigenti Piani Strutturali Comunali che presentano la seguente distinzione in classi di pericolosità (ai sensi del DPGR 53/R )

**Pericolosità idraulica molto elevata (I.4): aree interessate da allagamenti per eventi con Tr<sub>s</sub>≤30 anni.**

Fuori dalle UTOE potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici e idraulici, rientrano in classe di pericolosità molto elevata le aree di fondovalle non protette da opere idrauliche per le quali ricorrano contestualmente le seguenti condizioni:

- vi sono notizie storiche di inondazioni;

- sono morfologicamente in situazione

sfavorevole di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda.

**Pericolosità idraulica elevata (I.3): aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra 30<TR< 200 anni.**

Fuori dalle UTOE potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici e idraulici, rientrano in classe di pericolosità elevata le aree di fondovalle per le quali ricorra almeno una delle seguenti condizioni:

- vi sono notizie storiche di inondazioni;
- sono morfologicamente in condizione

sfavorevole di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda.

**Pericolosità idraulica media (I.2): aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra 200<TR< 50 anni.**

Fuori dalle UTOE potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici e idraulici rientrano in classe di pericolosità media le aree di fondovalle per le quali ricorrano le seguenti condizioni:

- non vi sono notizie storiche di inondazioni;
- sono in situazione di alto morfologico rispetto alla piana alluvionale adiacente, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.

**Pericolosità idraulica bassa (I.1): aree collinari o montane prossime ai corsi d'acqua**

per le quali ricorrono le seguenti condizioni:

- non vi sono notizie storiche di inondazioni;
- sono in situazioni favorevoli di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.

## **2. ALLEGATI**

- Studio Geologico e Geomorfologico della Valdera redatto da IGG -CNR
- Relazione preliminare sugli aspetti sismici redatto da RTP capogruppo Geol. Fabio Mezzetti
- Assetto idrologico-idraulico e portate di piena per l'unione Valdera redatto da UNIFI-Prof.Ing. Fabio Castelli e Ing. Chiara Arrighi



## **STUDIO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELLA VALDERA RELAZIONE PRELIMINARE**

### **Indice**

- 1. Scopo dell'incarico e gruppo di lavoro**
- 2. Organizzazione generale dello studio**
- 3. CARTA GEOLOGICA (Tav. QC01)**
  - 3.1. Inquadramento geologico regionale**
  - 3.2. Geologia dell'area dell'Unione Valdera**
    - 3.2.1 DOMINIO TOSCANO**
    - 3.2.2 DOMINIO LIGURE**
    - 3.2.3 SUCCESSIONE NEOGENICO – QUATERNARIA**
    - 3.2.4 DEPOSITI CONTINENTALI RECENTI E ATTUALI**
    - 3.2.5 TETTONICA**
- 4. CARTA GEOMORFOLOGICA (Tav. QC02)**
- 5. CARTA LITOTECNICA (Tav. QC03)**
- 6. CARTA IDROGEOLOGICA (Tav. QC04)**
- 7. CARTA DELLA PERICOLOSITÀ GEOLOGICA (Tav. QC05)**

### **BIBLIOGRAFIA**

## **1. Scopo dell'incarico e gruppo di lavoro**

Con convenzione datata 23/07/2018 e perfezionata nell'ottobre 2018, l'Unione Valdera ha incaricato l'Istituto di Geoscienze e Georisorse (IGG) del CNR di Pisa di realizzare uno studio geologico e geomorfologico del territorio dell'Unione, pari ad un'area di circa 203 Km<sup>2</sup>. Le attività previste in convenzione consistono in una prima fase di raccolta ed omogeneizzazione dei dati esistenti, geologici, geomorfologici, litologico tecnici ed idrogeologici relativi all'area studiata, i cui prodotti sono rappresentati dalla redazione delle carte preliminari riguardanti le tematiche geologia, geomorfologia, litotecnica, idrogeologia e pericolosità geologica, che costituiscono la consegna accompagnata dalla presente relazione. In una fase successiva delle attività, le carte prodotte saranno integrate e rielaborate sulla base di studi specifici di carattere geologico, geologico strutturale, biostratigrafico e geomorfologico.

Il gruppo di lavoro IGG coinvolto nelle attività copre un ampio ventaglio di competenze ed è quindi in grado di rispondere a problematiche di tipo geologico strutturale, biostratigrafico, geomorfologico, idrogeologico e di garantire l'organizzazione dei dati raccolti e prodotti in banche dati georiferite. In particolare, il Dott. G. Turrini si occupa della raccolta ed elaborazione dei dati geologici, geomorfologici e della realizzazione delle derivate litotecnica, idrogeologica e pericolosità; il Dott. S. Da Prato e la Dott.ssa R. Catanzariti si occupano dello studio biostratigrafico e della geologia della successione neogenica; il Dott. G. Ottria collabora alla raccolta e all'interpretazione di dati geologico strutturali; il Dott. G. Masetti si occupa della raccolta ed interpretazione dei dati geomorfologici e della realizzazione di tutte le banche dati prodotte. Il Dott. A. Ellero si occupa della raccolta ed interpretazione dei dati geologici e geologico-strutturali, coordinando inoltre le attività previste dalla convenzione.

## **2. Organizzazione generale dello studio**

La prima fase delle attività previste in convenzione è consistita nella raccolta, razionalizzazione, interpretazione critica e sintesi dei dati geologici, geomorfologici, litologico tecnici ed idrogeologici esistenti per l'area oggetto di studio. Le fonti consultate ed utilizzate sono rappresentate dalla BD Geologica Regionale (Continuum Geologico), dalla Carta Geologica della Provincia di Pisa, dai Fogli CARG disponibili (273 Pisa, 284 Rosignano Marittimo, 285 Volterra), dai dati in formato raster e vettoriale messi a disposizione dagli Uffici Tecnici dei Comuni appartenenti all'Unione Valdera, dalla banca dati delle indagini geotematiche della Regione Toscana, dalla banca dati ISPRA (Legge 464/84).

Le carte tecniche preliminari oggetto della consegna sono le seguenti:

Tav. QC01 – Carta Geologica – (2 tavole scala 1:25.000)

Tav. QC02 – Carta Geomorfologica – (2 tavole scala 1:25.000)

Tav. QC03 – Carta Litotecnica - (2 tavole scala 1:25.000)

Tav. QC04 – Carta Idrogeologica – (2 tavole scala 1:25.000)

La consegna degli elaborati è stata predisposta in formato .pdf.

Le metodologie utilizzate per il rilievo, l'elaborazione e la restituzione cartografica sono illustrate nei capitoli in cui vengono descritte le singole tavole.

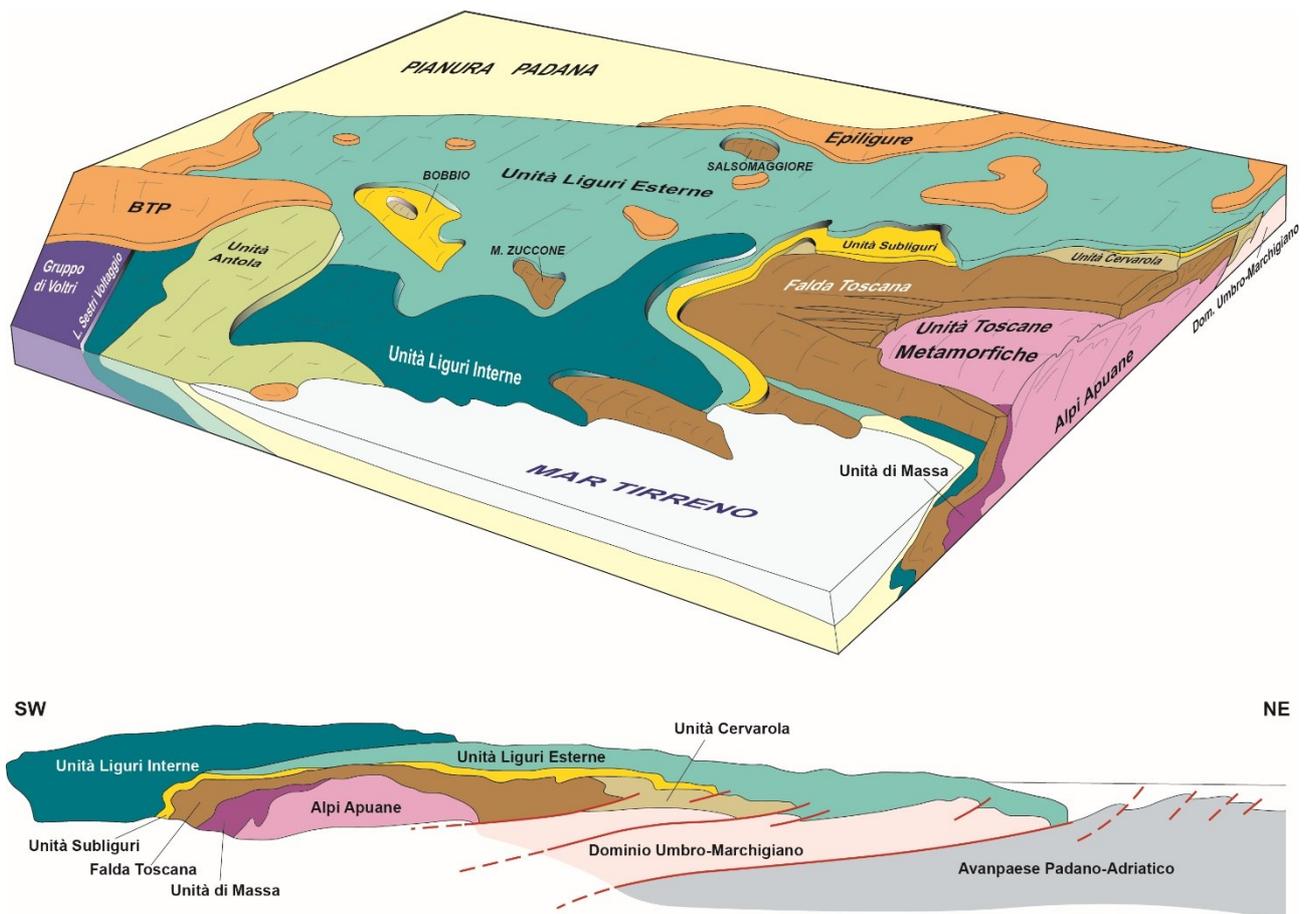
### **3. CARTA GEOLOGICA (Tav. QC01)**

#### **3.1. Inquadramento geologico regionale**

Dal punto di vista geologico, l'area oggetto di studio appartiene al sistema orogenico dell'Appennino Settentrionale, una catena a falde costituita da un complesso impilamento di unità tettoniche (Fig. 1) le cui caratteristiche litostratigrafiche e strutturali testimoniano una lunga storia geodinamica, che inizia con le fasi di *rifting* e *spreading* triassico-giurassiche legate all'apertura del Dominio oceanico Ligure-Piemontese, compreso tra i margini continentali delle placche Europa ed Adria. Nel Cretaceo Superiore il regime geodinamico si inverte, passando dalle fasi di apertura a quelle convergenti, conosciute in letteratura come Fase Ligure (Elter, 1975a), con la subduzione di litosfera oceanica e la progressiva chiusura del Domino Ligure-Piemontese che si completa nell'Eocene Medio con la collisione continentale. A partire dall'Oligo-Miocene, la deformazione coinvolge il margine continentale della placca Adria con la progressiva migrazione del fronte compressivo verso est e la sovrapposizione tettonica dell'insieme alloctono delle Unità Liguri, di origine oceanica, sull'insieme Umbro-Toscano, costituito dalle coperture deformate e scollate del margine continentale della placca Adria.

Nel Miocene Inferiore il sistema orogenico appenninico si presenta quindi come un edificio a falde caratterizzato da una serie di unità tettoniche sovrapposte costituite, dal basso verso l'alto, dalle Unità Toscane Metamorfiche, dalla Falda Toscana, dalle Unità Liguri e dalle Unità Subliguri. Le Unità Liguri possono essere distinte a loro volta, sulla base della loro paleogeografia originaria, in Unità Liguri Interne, costituite da un basamento oceanico con relative coperture sedimentarie, ed Unità Liguri Esterne, caratterizzate da successioni torbiditiche depositatesi su di un substrato transizionale (Elter, 1975b; Marroni & Pandolfi, 1996; Marroni et al., 2001).

L'edificio a falde descritto viene quindi smantellato durante l'evoluzione post-collisionale, generalmente interpretata avvenire nel contesto di un regime geodinamico distensivo che nel corso del Neogene e del Quaternario porta al collasso e allo smembramento della catena appenninica. All'interno di questa storia post-collisionale vengono distinti due eventi distensivi principali (Carmignani & Kligfield, 1990; Bertini et al., 1991). Il primo evento, compreso tra il Miocene Inferiore ed il Tortoniano, è caratterizzato da una delaminazione crostale che avviene in corrispondenza di superfici estensionali a basso angolo, lungo le quali si ha l'elisione di porzioni importanti di successione stratigrafica, con la diretta sovrapposizione delle Unità Liguri su unità profonde dell'edificio strutturale come ad esempio i termini anidritici triassici della Falda Toscana o, addirittura, sulle Unità Toscane Metamorfiche ("serie ridotta", Decandia et al., 1993).



**Fig. 1** – Rappresentazione schematica dell'edificio a falde dell'Appennino Settentrionale e sezione geologica (ridisegnato da Elter, 1994)

Il secondo evento estensionale, attribuito ad un intervallo di tempo compreso tra il Tortoniano Superiore ed il Pleistocene Medio, è caratterizzato dallo sviluppo di faglie ad alto angolo che delimitano sistemi di fosse tettoniche orientate NW-SE.

La storia tettonica neogenico-quadernaria si riflette in una successione sedimentaria caratterizzata inizialmente da fasi di esumazione delle unità più profonde accompagnate dall'erosione delle unità tettoniche geometricamente più elevate (Unità Liguri) con la produzione dei depositi clastici anche grossolani che formano i sistemi fluvio-lacustri del Tortoniano Superiore. A questi eventi fa seguito nel Pliocene Inferiore un generale evento trasgressivo, particolarmente sviluppato in Toscana centro-meridionale.

Il quadro geodinamico descritto per i bacini Plio-Pleistocenici, interpretati come controllati da sistemi longitudinali di faglie normali ad alto angolo nel contesto di un regime distensivo (Trevisan, 1951; Elter et al., 1975; Lazzarotto & Mazzanti, 1978; Martini & Saggi, 1993), viene tuttavia messo in discussione da evidenze strutturali, più volte segnalate in letteratura (Boccaletti et al., 1992; Cerrina Feroni et al., 2006), che indicano campi di stress compressivi attivi anche negli stadi molto recenti della catena suggerendo quindi modelli evolutivi alternativi (Cerrina et al., 2004).

### 3.2. Geologia dell'area dell'Unione Valdera

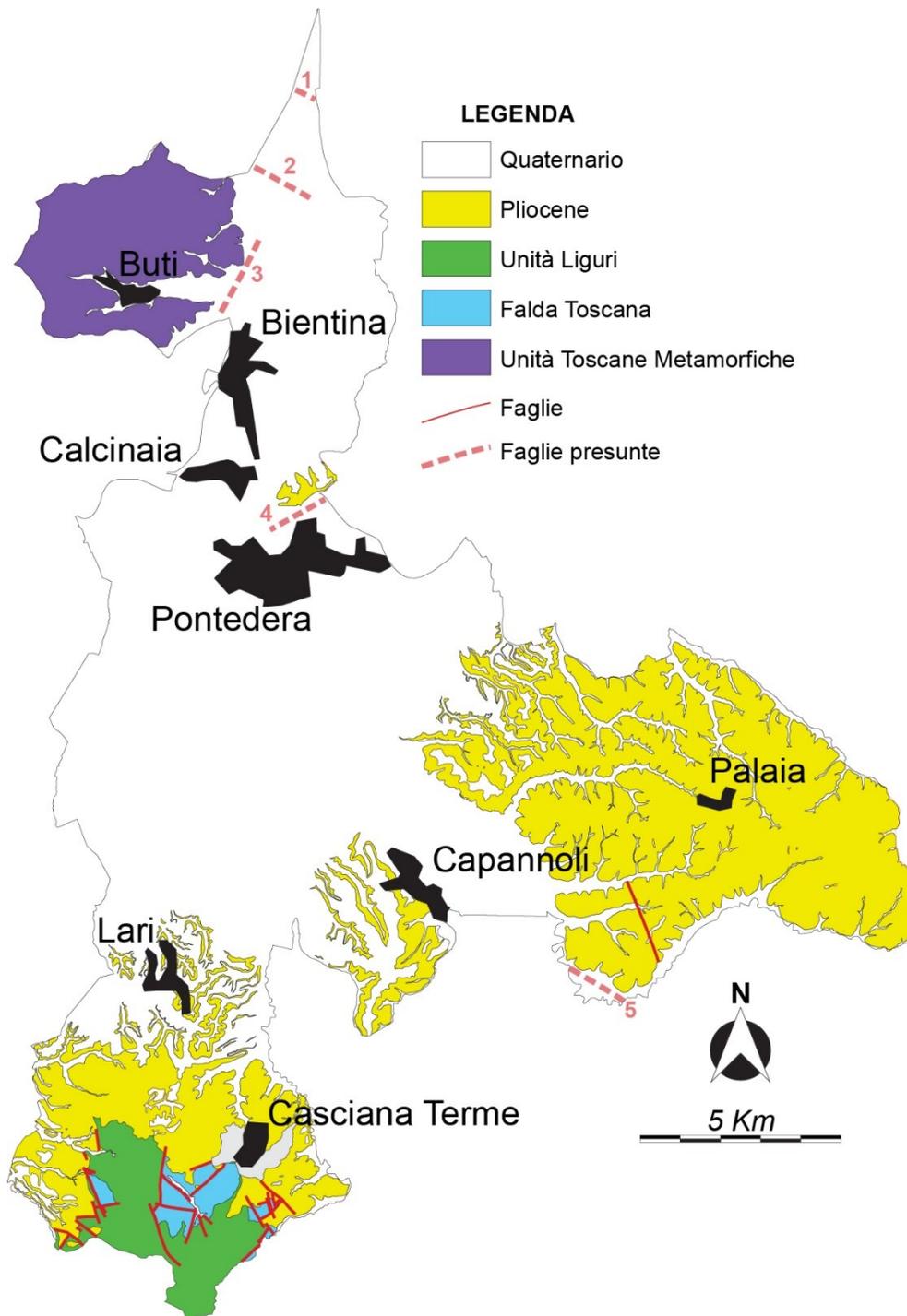
Per la redazione della Carta Geologica, il lavoro è consistito nella reinterpretazione critica dei dati provenienti dalla BD Geologica Regionale, dai fogli CARG 273 "Pisa", 284 "Rosignano Marittimo" e 285 "Volterra", dalla Carta Geologica delle Colline Pisane (Marroni et al., 1988), dalla Carta degli elementi geologico-morfologici e storici dei dintorni di S. Miniato (Pisa) (Dominici et al., 1995) e dalla Carta Geologica della Provincia di Pisa. Il lavoro di raccolta e omogeneizzazione dei dati esistenti è stato integrato con verifiche sul terreno, consistenti nella realizzazione di nuovi rilevamenti e nella raccolta di campioni per analisi biostratigrafiche, che in alcuni casi hanno portato a modificare, in parte o completamente, la cartografia esistente.

All'interno del territorio dell'Unione Valdera affiora prevalentemente la successione Neogenico-Quaternaria (Fig. 2), con le unità più profonde che si ritrovano unicamente in due settori: a nord, in corrispondenza dell'Unità Toscana Metamorfica del Monte Pisano, e a sud nella zona di Casciana Terme dove affiora una porzione di edificio strutturale con le Unità Liguri Esterne sovrapposte alla Falda Toscana.

Nel complesso la BD Geologica Regionale e la cartografia CARG sono state ritenute più attendibili per quello che riguarda la rappresentazione delle unità Toscane e Liguri, mentre l'interpretazione proposta dalla Carta Geologica della Provincia è risultata più attinente a quanto riscontrato nel corso delle verifiche sul terreno per quello che riguarda la successione Neogenico-Quaternaria. Riguardo a quest'ultima tuttavia, rappresentando come detto il motivo geologico principale per l'area oggetto di studio, è stato svolto un complesso lavoro di reinterpretazione dei dati con lo scopo di arrivare a proporre una nuova legenda di più agile lettura.

All'interno del territorio dell'Unione Valdera è possibile suddividere i depositi Neogenico-Quaternari in due successioni sedimentarie: la prima che si è sviluppata durante il Pliocene (Zancleano-Piacenziano) e la seconda che è limitata al Pleistocene inferiore (Gelasiano-Calabriano).

Secondo il modello stratigrafico da noi proposto (Fig. 3), durante lo Zancleano, nelle aree più interne del bacino sedimentario (Casciana Terme e Sant'Ermo), la prima successione pliocenica si è sviluppata mediante una trasgressione rapida e diacrona che ha portato alla deposizione di sedimenti grossolani e sabbiosi di mare basso passanti eteropicamente e verso l'alto, a depositi argillosi e sabbiosi di ambiente neritico esterno-batiale. Questi ultimi sono caratterizzati da sedimentazione continua nell'intervallo Zancleano (Zona a *Sphaeroidinellopsis seminulina*) - Piacenziano p.p. (Zona a *Globorotalia aemilliana*). Questa successione sedimentaria si chiude con una fase regressiva, testimoniata dal graduale passaggio da ambienti di sedimentazione marini profondi a prossimali (diminuzione batimetrica) fino a veri e propri ambienti parali e transizionali. Affioramenti di depositi relativi a questa fase sono segnalati nei rilievi a nord di Palaia e ad est di Montecastello.

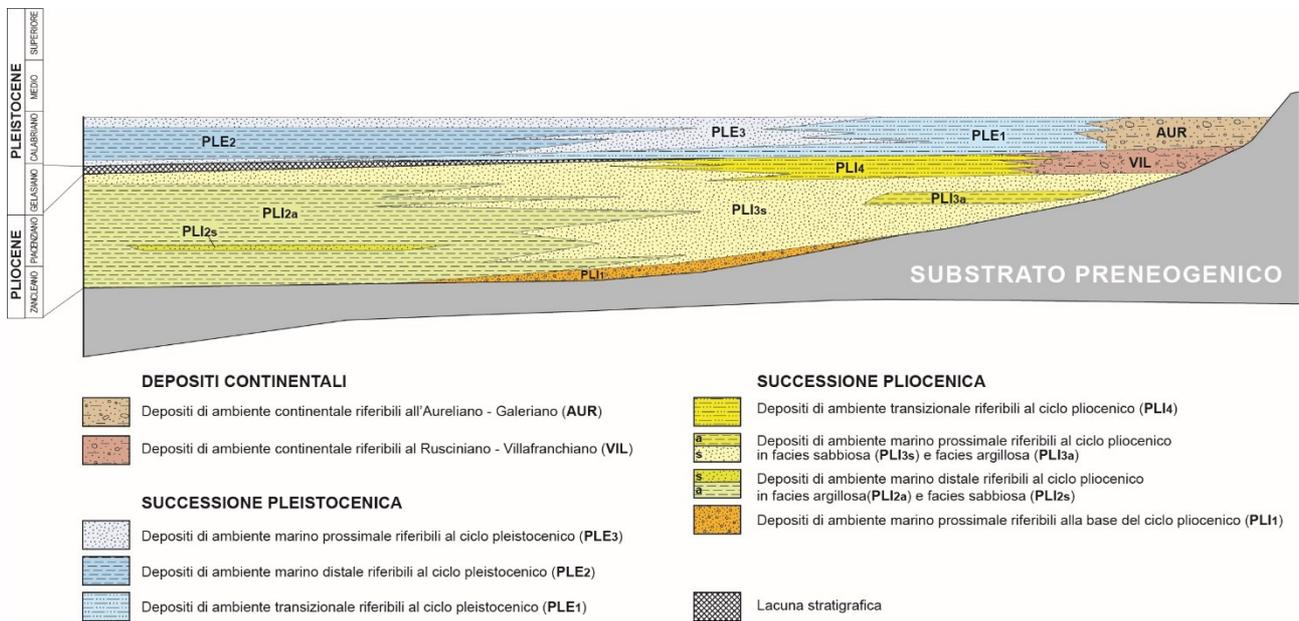


**Fig. 2** – Carta geologica schematica con indicate le unità tettoniche distinte per il territorio dell’Unione Valdera.

La trasgressione Santerniana segna l’inizio del ciclo Pleistocenico, ed è documentata dal passaggio eteropico e verso l’alto stratigrafico di depositi transizionali (affioranti presso Capannoli e San Pietro Belvedere) a sedimenti francamente marini (affioranti a nord di Casciana Terme e nei rilievi a sud di Montecastello) contenenti ospiti nordici (*Arctica islandica*).

Le analisi a plancton calcareo effettuate su campioni relativi ai sedimenti marini permettono di vincolarne la base alla zona MNN19a. Il passaggio Pliocene-Pleistocene è stato documentato con attribuzioni cronostratigrafiche dirette solamente presso la località di Morrone, che non ricade

nell'area di studio. Solitamente questo limite non è ben definibile perché interessa formazioni di ambiente salmastro o marino di acque basse, che non hanno fornito elementi biostratigrafici, alla scala di osservazione, utili alla sua individuazione certa.



**Fig. 3** – Rappresentazione schematica delle successioni stratigrafiche neogenico-quadernarie.

Il ciclo pleistocenico si conclude con una fase regressiva la cui espressione stratigrafica più diffusa sul territorio sono depositi sabbiosi di mare basso (affioranti a nord di Casciana Terme e nei rilievi a sud di Montecastello).

Per quello che riguarda intervalli di tempo più recenti, ad oggi si segnalano sedimenti continentali riferibili al Pleistocene superiore nei rilievi delle Cerbaie e nella zona più settentrionale delle Colline Pisane.

Per i riferimenti cronostatigrafici delle unità neogeniche e quadernarie marine affioranti nell'area di studio è stata utilizzata la carta internazionale proposta da Cohen et al., (2013). Per l'inquadramento biostratigrafico è stato adottato uno schema zonale integrato, che si è basato sugli schemi biozonali di Iaccarino & Salvatorini (1982), Iaccarino (1985), Foresi et al. (1998) per i Foraminiferi planctonici, e di Rio et al. (1990) per i nannofossili calcarei.

I termini di Santerniano, Emiliano e Siciliano hanno il significato di sottopiani informali del Calabriano sensu Boschian et al. (2006).

Per le successioni continentali viene fatto riferimento al lavoro di Gliozzi et al. (1997) che offre la correlazione per il Pliocene-Pleistocene tra le curve OIS (Oxygen Isotopic Stages), le Età assolute, la Magnetostratigrafia, la Geocronologia e le Unità Faunistiche.

Riassumendo, all'interno dell'area studiata le formazioni distinte possono essere raggruppate, a partire dalla più profonda, nelle seguenti unità tettoniche:

- Unità del Monte serra (Unità Toscane Metamorfiche)
- Falda Toscana
- Unità di Monte Morello/Santa Fiora (Unità Liguri Esterne)
- Unità del Flysch di Monteverdi Marittimo (Unità Liguri Esterne)
- Successione Neogenico-Quaternaria
- Depositi continentali recenti e attuali

Di seguito vengono descritte le successioni stratigrafiche delle diverse unità tettoniche, partendo dall'unità geometricamente più bassa. Allo stesso modo, i diversi termini litostratigrafici appartenenti alle successioni delle differenti unità tettoniche, verranno descritti sinteticamente dal più antico al più recente.

### 3.2.1 DOMINIO TOSCANO

#### UNITÀ DEL MONTE SERRA (Unità Toscane Metamorfiche)

- **Filladi e Quarziti di Buti (*Basamento Ercinico*) (BUT)**

Metarenarie quarzitiche a grana medio-fine alternate a metasiltiti grigio-verdi o grigio-viola ricche in ematite che passano a scisti cloritico-sericitici verdastri. Età: Cambriano? – Ordoviciano?

- **Formazione della Verruca**

In accordo con la legenda proposta da Rau & Tongiorgi (1974) e ripresa nel Foglio CARG 273 Pisa, questa formazione è stata suddivisa in 3 membri.

**Membro delle Anageniti Grossolane (VEU<sub>1</sub>)** – Conglomerati poligenici e areniti grossolane discordanti sui sottostanti termini paleozoici. Età: Ladinico.

**Membro degli Scisti Violetti (VEU<sub>2</sub>)** – Filladi quarzitiche violacee con intercalazioni di quarziti viola, bianche, grigie o verdi chiare. Età: Ladinico.

**Membro delle Anageniti Minute (VEU<sub>3</sub>)** – Quarziti chiare, conglomerati quarzitici biancastri ed alternanze di filladi e quarziti filladiche chiare o viola scuro. Età: Carnico Inferiore p.p.

- **Quarziti del Monte Serra**

In accordo con la legenda proposta da Rau & Tongiorgi (1974) e ripresa nel Foglio CARG 273 Pisa, la formazione delle Quarziti del Monte Serra è stata suddivisa in 4 membri.

**Membro degli Scisti Verdi (QMS<sub>1</sub>)** – Arenarie quarzoso-micacee chiare alternate a filladi quarzitiche verdi. Età: Carnico Inferiore p.p.

**Membro delle Quarziti Verdi (QMS<sub>2</sub>)** – Arenarie quarzose grigio-verdastre prevalenti, alternate a sporadiche filladi verdi. Età: Carnico p.p.

**Membro delle Quarziti Bianco-Rosa (QMS<sub>3</sub>)** – Arenarie quarzose grigio-rosa alternate a sporadici livelli di filladi grigio-verdi e rare intercalazioni lenticolari di microconglomerati. Età: Carnico p.p.

**Membro delle Quarziti Viola Zonate (QMS<sub>4</sub>)** – Quarziti a grana molto fine alternate sporadicamente a filladi ricche in ematite. Rare intercalazioni lenticolari di conglomerati sabbiosi. Età: Carnico Superiore p.p.

## **FALDA TOSCANA**

### **- Calcare Massiccio (MAS)**

Calcari grigi massicci generalmente privi di una stratificazione evidente ed intensamente fratturati. Età: Giurassico Inferiore p.p.

### **- Rosso Ammonitico (RSA)**

Calcari rossi o rosati a struttura nodulare con sottili interstrati marnosi. Età: Sinemuriano.

### **- Calcare Selcifero di Limano (LIM)**

Calcilutiti grigio chiare con liste di selci nocciola e grigio scure alternate a sottili livelli di marne e calcareniti. Età: Giurassico Inferiore p.p.

### **- Calcari e Marne a Posidonia (POD)**

Calcari e calcari marnosi prevalenti nella parte bassa della formazione che passano verso l'alto a marne varicolori. Età: Giurassico Medio.

### **- Diaspri (DSD)**

Alternanze di livelli silicei di colore rosso scuro, verdi o neri, e strati argillitici, ricchi in radiolari sferici costituiti da calcedonio. Età: Giurassico Medio p.p. – Superiore p.p.

### **- Scaglia Toscana**

La formazione della scaglia Toscana viene comunemente suddivisa in diversi membri dei quali, all'interno dell'area studiata, affiora solamente il Membro delle Argilliti di Brolio.

**Membro delle Argilliti di Brolio (STO<sub>1</sub>)** – Argilliti rosso-violacee e grigio-verdi all'interno delle quali si ritrovano, verso l'alto della formazione, intercalazioni di calcilutiti e calcareniti a grana fine. Età: Cretaceo Superiore p.p.

### **- Macigno (MAC)**

Arenarie torbiditiche quarzoso-feldspatiche di colore grigio-verde. Età: Oligocene Superiore p.p. – Miocene Inferiore.

## **3.2.2 DOMINIO LIGURE**

### **UNITÀ DI MONTE MORELLO / SANTA FIORA (Unità Liguri Esterne)**

#### **- Formazione di Sillano (SIL)**

Argilliti e siltiti di colore da grigio scuro, verdastro o rossastro, con intercalazioni di arenarie calcaree da medio-fini a grossolane, e di torbiditi calcareo-marnose. Età: Albiano – Eocene Inferiore.

#### **- Formazione di Monte Morello (MLL)**

Calcari grigi a grana fine alternati a calcari marnosi, calcareniti, marne e argilliti. Sporadicamente si osservano livelli di arenarie e brecce ad elementi di calcari marnosi, ofioliti e diaspri in matrice argillitica. Età: Paleocene Superiore – Eocene Medio.

### **UNITÀ DEL FLYSCH DI MONTEVERDI MARITTIMO (Unità Liguri Esterne)**

#### **- Flysch di Monteverdi (MTV)**

Marne a base arenacea e calcilutiti, alternate a livelli sottili di arenarie argillitiche e microconglomerati a matrice marnosa. Verso l'alto seguono potenti bancate di calcilutiti. Nella parte alta della successione del Flysch di Monteverdi sono state distinte delle brecce ad elementi di ofioliti, calcari e diaspri (cfr. Brecce dell'Olmaia) (**MTVb**). Età: Cretaceo Superiore.

### **3.2.3 SUCCESSIONE NEOGENICO – QUATERNARIA**

I depositi affioranti riportati in legenda sono stati classificati tenendo conto delle informazioni cronostratigrafiche e paleoambientali raccolte, nonché delle reciproche relazioni stratigrafiche. Quindi, procedendo dalle unità più antiche a quelle più recenti, sono stati riconosciuti depositi continentali, transizionali, marini prossimali e marini distali sia relativi al ciclo pliocenico sia a quello pleistocenico. Questa scelta è stata motivata dal fatto che in un ciclo trasgressivo regressivo le variazioni di facies sono normalmente da considerarsi continue nello spazio e nel tempo (secondo la regola di Walter). Per ogni unità formazionale di nuova introduzione sono inoltre riportate tra parentesi le corrispondenti unità stratigrafiche presenti nella precedente cartografia geologica.

#### **- Depositi di ambiente marino prossimale riferibili alla base del ciclo pliocenico (PLI<sub>1</sub>)**

*(Conglomerati di Collemontanino; Conglomerati di Gambassi Terme; Sabbie di San Vivaldo p.p.)*

I termini più antichi della successione Pliocenica sono rappresentati dai Conglomerati marini poligenici a fossili marini, affioranti nella zona di Casciana Terme, che poggiano in contatto discordante sopra le unità del Dominio Ligure e di quello Toscano. Fra le formazioni litostratigrafiche classiche rientrano in questa unità stratigrafica i *Conglomerati di Collemontanino* ed i *Conglomerati di Gambassi Terme* tutti attribuiti al Pliocene Inferiore. Lo spessore di questi corpi sedimentari non supera mai i 50 m.

Dal punto di vista sedimentologico, questa unità è composta da conglomerati in matrice ghiaiosa sabbiosa e ghiaie provenienti dalle Unità del Dominio Ligure (*Conglomerati di Gambassi Terme*) o dalle unità del Dominio Toscano (*Conglomerati di Collemontanino*). I fossili, principalmente Pectinidi e Ostreidi, forniscono indicazioni sull'ambiente di sedimentazione che risulta essere marino costiero. Le indicazioni di carattere biostratigrafico sono ricavabili dalle associazioni a microfossili rinvenute nelle argille grigie intercalate ai conglomerati e visibili lungo il torrente Tora nei pressi di Collemontanino. Queste associazioni microfaunistiche permettono di riferire questi depositi alla Zona a *Globorotalia margaritae*.

Sempre nella porzione meridionale dell'area di studio, al di sopra di questi conglomerati, con contatto graduale, affiorano sabbie fossilifere, riferibili ad un ambiente marino di acque basse e ad un generico Pliocene inferiore (Zancleano). Questi depositi, che in parte vengono fatti corrispondere alla formazione delle *Sabbie di S. Vivaldo*, sono principalmente costituiti da sabbie massive, fortemente bioturbate a granulometria variabile, contenente fossili di molluschi (Ostreidi e Pectinidi). I fossili, che sono risultati poco significativi dal punto di vista biostratigrafico, permettono di riferire questi depositi ad un ambiente neritico litorale. L'età è desunta da quella delle eteropiche *Argille Azzurre*.

- **Depositi di ambiente marino distale riferibili al ciclo pliocenico (PLI<sub>2</sub>)**

(*Fm. delle Argille Azzurre; Argille e sabbie di Cerreto Guidi*)

Secondo lo schema proposto (Fig. 3), questa unità rappresenta gli elementi più distali e di ambiente relativamente più profondo rispetto ai depositi sopradescritti (PLI<sub>1</sub>).

Questa unità, nella quale sono inserite le formazioni delle *Argille Azzurre* e *Argille e sabbie di Cerreto Guidi*, è costituita principalmente da potenti corpi argillosi di colore grigio azzurro, poco stratificati e localmente contenenti limitate intercalazioni di sabbia fine di colore grigio ricchissima in fossili fra cui Molluschi, Echinoidi, Foraminiferi, Ostracodi e resti di pesci.

Le associazioni a microfossili permettono di riferire questi depositi ad un ambiente neritico-esterno o epibatiale nel quale la sedimentazione si è sviluppata in modo continuo durante un intervallo cronostratigrafico esteso dal Pliocene Inferiore (Zona a *Sphaeroidinellopsis seminulina*) al Pliocene Superiore p.p. (Zona a *Globorotalia aemiliana*). Le variazioni paleobatimetriche evidenziate negli studi micropaleontologici e sedimentologici condotti da vari autori, sono messe in relazione a variazioni glacio-eustatiche ad alta frequenza.

Nella parte alta dell'unità possono essere presenti due grosse intercalazioni di sabbie gialle (*Sabbie di Mazzolla*) fossilifere che, come le associazioni microfaunistiche evidenziano, si sono depositate in ambiente batiale per risedimentazione di depositi di piattaforma interna.

- **Depositi di ambiente marino prossimale riferibili al ciclo pliocenico (PLI<sub>3</sub>)**

(*Biocalcareniti di Parlascio ad Amphistegina; Sabbie di S. Vivaldo p.p.; Sabbie di Laiatico; Formazione di Villamagna p.p.*)

In questa unità sono inseriti i depositi di ambiente marino di acque basse che si sono sviluppati durante la fase regressiva del Pliocene superiore. Ricadono in questo gruppo le *Biocalcareniti ad Amphistegina di Parlascio*, che affiorano estesamente, oltre che nella località tipo, anche presso S. Ermo. Le associazioni micropaleontologiche sono risultate molto ricche e diversificate e, insieme ai caratteri sedimentologici, hanno permesso di riferire questi corpi sedimentari al Pliocene superiore (Zona a *G. crassaformis*) e ad un ambiente neritico interno di modesta profondità ed alta energia (Bossio et al., 1981).

In questa unità stratigrafica sono inoltre compresi corpi sedimentari lenticolari e sabbiosi che

affiorano estesamente nella porzione settentrionale dell'area di studio e che in letteratura sono noti come *Sabbie di San Giusto*. Sono depositi costituiti da sabbie fini stratificate ed organizzate in banchi, nei quali localmente sono presenti livelli di sabbia grossolana e conglomerati. I fossili sono abbondanti e hanno permesso di riferire questi depositi ad un ambiente marino di acque basse e di limitarne l'età alla zona a G. *aemiliana* (Nencini, 1984).

Nella carta geologica sono state distinte le facies prevalentemente sabbiose (PLI<sub>3s</sub>) da quelle prevalentemente argillose (PLI<sub>3a</sub>)

- **Depositi di ambiente transizionale riferibili al ciclo pliocenico (PLI<sub>4</sub>)**

(*Formazione di Villamagna p.p.*)

I termini più interni dei depositi Pliocenici relativi alla fase regressiva, sono rappresentati da depositi di ambiente transizionale (Benvenuti et al., 1995) che affiorano nella porzione centrosettentrionale dell'area di studio, a nord di Palaia. I primi studi sedimentologici hanno evidenziato una grande ricchezza di associazioni di facies e una notevole variabilità nel tempo a testimoniare che la fase regressiva del ciclo Pliocenico, si è attuata con evidenti fluttuazioni glacio-eustatiche a frequenza elevata (Benvenuti et al., 1995).

Dal punto di vista sedimentologico questa unità è costituita di limi e argille lagunari o di ambiente paralico, che passano a sabbie di spiaggia.

Allo stato attuale dei lavori i depositi PLI<sub>4</sub> non sono stati distinti in carta geologica. La loro individuazione cartografica sarà uno degli obiettivi della seconda fase di lavoro.

- **Depositi di ambiente transizionale riferibili al ciclo pleistocenico (PLE<sub>1</sub>)**

(*Argille e limi di Vigna Nuova Peccioli; Sabbie di Nugola Vecchia p.p.*)

La successione quaternaria, nelle porzioni più interne del bacino (area di Capannoli), si apre con i depositi di ambiente transizionale che in letteratura corrispondono alla formazione delle *Argille e limi di Vigna Nuova Peccioli*. Affioramenti di questa unità si hanno nelle colline poste fra San Pietro in Belvedere, Capannoli e Montecastello; inoltre buone esposizioni sono state segnalate nei dintorni di San Ruffino e Quercione.

Questa unità è composta principalmente da argille, limi contenenti materia organica e faune oligotipiche. Fra i fossili sono presenti *Cerastoderma*, *Bithynia*. Le associazioni rinvenute permettono di riferire questi depositi ad ambienti acquatici sottosalati.

- **Depositi di ambiente marino distale riferibili al ciclo pleistocenico (PLE<sub>2</sub>)**

(*Sabbie ed argille ad Artica islandica*)

Al di sopra e lateralmente ai depositi pleistocenici transizionali sono presenti dei depositi argilloso sabbiosi con abbondanti faune, fra cui Molluschi, Brachiopodi, Echinoidi, Coralli, Anellidi, Crostacei, Foraminiferi, Ostracodi. Le associazioni fossilifere permettono di attribuire questi depositi ad un ambiente marino con batimetrie al limite fra la parte interna ed esterna della zona neritica e di riferirli

al Santerniano.

Nella carta geologica sono state distinte le facies prevalentemente sabbiose (PLE<sub>2s</sub>) da quelle prevalentemente argillose (PLE<sub>2a</sub>)

- **Depositi di ambiente marino prossimale riferibili al ciclo pleistocenico (PLE<sub>3</sub>)**

*(Sabbie di Nugola Vecchia p.p.; Conglomerati di Ceppato)*

La successione pleistocenica termina con una fase regressiva, attuata nel corso del Calabriano terminale (Emiliano), la cui espressione stratigrafica più diffusa sul territorio sono depositi sabbiosi di mare basso, affioranti a nord di Casciana Terme e nei rilievi a sud di Montecastello. Dal punto di vista sedimentologico questa unità è costituita da sabbie medie e fini di colore oca, raggruppate in banchi metrici. I fossili sono comuni e, insieme ai caratteri sedimentologici, sono indicativi di un ambiente marino litorale e di spiaggia emersa. Le associazioni a microfossili permettono di attribuire la formazione ad un generico Emiliano.

Nella carta geologica sono state distinte le facies prevalentemente sabbiose (PLE<sub>3s</sub>) da quelle prevalentemente argillose (PLE<sub>3a</sub>)

- **Depositi di ambiente continentale riferibili al Ruscignano –Villafranchiano (VIL)**

*(Argille e sabbie di Marginone-Mastromarco; Unità di Montecalvoli; Conglomerati di Monte Serampoli; Sabbie e limi di Podere le Cave; Conglomerati e sabbie di Val di Lama; Sabbie di Nugola Vecchia p.p.)*

Nella porzione meridionale dei rilievi delle Cerbaie affiorano depositi di ambiente continentale in particolare fluviali e di piana deltizia (Sarti et al., 2008) che sono riferibili all'intervallo temporale compreso fra il Pliocene ed il Pleistocene Inferiore. In prevalenza sono costituiti da conglomerati ghiaie e sabbie. I fossili sono sporadici.

Nella carta geologica sono state distinte le facies prevalentemente sabbiose (VIL<sub>s</sub>) da quelle prevalentemente ghiaiose (VIL<sub>g</sub>).

- **Depositi di ambiente continentale riferibili all' Aureliano-Galeriano (AUR)**

*(Casa Poggio ai Lecci p.p.; Sabbie e limi di Vicarello; Conglomerati e sabbie delle Cerbaie)*

Questi corpi sedimentari poggiano in discordanza stratigrafica, con contatto visibile solo localmente, sopra le formazioni neogeniche-quadernarie e sono costituiti principalmente da ghiaie in matrice sabbiosa. Le caratteristiche sedimentologiche sono indicative di un ambiente deposizionale di tipo fluviale. Questi depositi affiorano nel settore settentrionale delle Colline Pisane.

All'interno di questa categoria sono stati inseriti sia i depositi di conoide antico, sia i depositi alluvionali terrazzati antichi riferiti da letteratura ad un generico Pleistocene superiore.

Nella carta geologica sono state distinte le facies prevalentemente sabbiose (AUR<sub>s</sub>) da quelle prevalentemente ghiaiose (AUR<sub>g</sub>) e quelle a tessitura mista (AUR<sub>m</sub>).

#### - **Travertini e calcari continentali (TRA)**

In mancanza di datazioni specifiche ed in accordo con quanto proposto da Marroni et al. (1990), i travertini dell'area di Casciana Terme sono attribuiti in via preliminare al Pleistocene superiore.

### **3.2.4 DEPOSITI CONTINENTALI RECENTI E ATTUALI**

- Deposito alluvionale attuale o recente (**b1<sub>n</sub>**). Sono distinte le facies argillose (**b1<sub>a</sub>**), sabbiose (**b1<sub>s</sub>**), limose (**b1<sub>l</sub>**) e a tessitura mista (**b1<sub>m</sub>**).
- Deposito eluvio colluviale (**b2<sub>a</sub>**)
- Deposito alluvionale o di origine mista (**b4<sub>a</sub>**)
- Deposito di origine lacustre (**e2<sub>a</sub>**)
- Deposito di colmata (**e4<sub>a</sub>**)
- Deposito di origine antropica (**h1**)

### **3.2.5 TETTONICA**

Come descritto nella parte introduttiva, l'evoluzione tettonica dell'area studiata è caratterizzata da una storia più antica legata ad un regime geodinamico convergente che innesca la chiusura del dominio oceanico Ligure-Piemontese e porta alla collisione continentale nell'Oligo-Miocene, ed una storia più recente che va dal Miocene Inferiore-Medio all'attuale a cui è legata la progressiva destrutturazione della catena e l'apertura del sistema di bacini neogenico-quadernari.

Le deformazioni pre- e sin-collisionali interessano le unità più antiche, appartenenti al Dominio Ligure e Toscano, con lo sviluppo di fasi plicative e superfici di sovrascorrimento che hanno portato all'accavallamento delle Unità Liguri al di sopra di quelle Toscane originando un complesso edificio a falde. All'interno del territorio dell'Unione Valdera, l'edificio strutturale è caratterizzato dall'impilamento di quattro unità tettoniche, che, partendo dall'alto, sono rappresentate dall'unità tettonica del Flysch di Monteverdi Marittimo sovrapposta all'Unità di Monte Morello/Santa Fiora, entrambi appartenenti al Dominio Ligure. L'Unità di Monte Morello/Santa Fiora è a sua volta sovrascorsa al di sopra della Falda Toscana la quale è sovrapposta tettonicamente all'Unità del Monte Serra. Queste ultime due unità appartengono al Dominio Toscano.

La strutturazione acquisita durante le fasi pre- e sin-collisionali viene successivamente sovrainposta e spesso quasi completamente obliterata dalle deformazioni legate alle fasi post-collisionali, che coinvolgono l'edificio strutturale a partire dal Miocene Inferiore. L'evoluzione post-collisionale viene generalmente inquadrata nel contesto di un regime geodinamico distensivo, con una prima fase di assottigliamento crostale che origina la destrutturazione dell'edificio tettonico lungo superfici estensionali a basso angolo. Nel territorio dell'Unione Valdera non esistono testimonianze sicure di questo evento deformativo, in quanto l'evidenza di una fase sottrattiva a basso angolo si può avere solo nel caso di situazioni tipo "serie ridotta" della Toscana meridionale. Tuttavia si può ritenere probabile che i contatti tettonici tra le diverse unità della Valdera siano stati riattivati come superfici

estensionali a basso angolo nel corso delle fasi mioceniche.

Le strutture più evidenti in Valdera sono sicuramente rappresentate dai sistemi di faglie ad alto angolo legati alla storia geodinamica più recente, che va dal Miocene Superiore all'attuale. Possono essere riconosciuti due sistemi principali di faglie, uno con orientazione all'incirca NO-SE parallela alle direzioni assiali della catena appenninica (sistema appenninico), l'altro con orientazione approssimativamente NE-SO trasversale alle direzioni assiali della catena (sistema antiappenninico). Il sistema di faglie appenninico individua settori longitudinali alla catena con l'alternanza di alti e bassi strutturali, rappresentati rispettivamente da rilievi costituiti da porzioni di substrato meso-cenozoico, alternati a depressioni all'interno delle quali si sviluppano le successioni neogenico-quadernarie. In particolare, l'area studiata coincide in gran parte con la depressione tettonica della Valdera, delimitata da sistemi di faglie ad alto angolo che la separano ad ovest dall'alto dei Monti di Casciana Terme – Castellina Marittima e ad Est dai Monti di Iano – Cornocchio. Di questi alti strutturali, all'interno del territorio dell'Unione Valdera, affiora unicamente il settore più settentrionale dei Monti di Casciana Terme. Questi elementi strutturali sembrano immergere verso Nord al di sotto dei depositi alluvionali della Pianura di Pisa. A Nord dell'Arno, si trova nuovamente un alto strutturale rappresentato dal Monte Pisano, anch'esso delimitato da faglie ad alto angolo che lo separano ad Ovest dalla fossa tettonica della Versilia, e ad Est dalla depressione di Bientina – Cerbaie – Fucecchio, che ricade in parte all'interno dell'area studiata.

Questi sistemi di faglie affiorano estesamente nell'area di Casciana Terme, dove è evidente il coinvolgimento del substrato mesozoico e dei depositi pliocenici. La cinematica sembra complessa anche se la componente normale appare predominante. Alle faglie appartenenti al sistema appenninico sono associate faglie a direzione antiappenninica e cinematica trascorrente.

Lo studio della cinematica dei sistemi di faglie ad alto angolo riveste un ruolo fondamentale per la comprensione della storia evolutiva recente (Miocene Superiore-attuale) della catena. Infatti, malgrado il contesto geodinamico estensionale rappresenti il presupposto per i modelli evolutivi comunemente proposti, numerosi studi strutturali hanno evidenziato come i depositi continentali del Tortoniano Superiore e marini del Messiniano – Pliocene della Toscana meridionale siano interessati da una diffusa deformazione compressiva, dimostrando inoltre che i bacini neogenici possono originarsi anche all'interno di un regime tettonico prevalentemente compressivo (Boccaletti et al., 1995; Bonini & Moratti, 1995; Bonini & Sani, 2002; Cerrina Feroni et al., 2006; Sani et al., 2009). Alle evidenze di terreno si aggiungono studi geofisici che suggeriscono il coinvolgimento del substrato Toscano lungo superfici di thrust (Ponziani et al., 1995, Finetti et al., 2001), in corrispondenza delle quali si ipotizza possano originarsi gli alti strutturali di unità meso-cenozoiche come quello rappresentato dai Monti di Casciana Terme – Castellina Marittima (Moratti & Bonini, 1998; Musumeci et al., 2008). In questi modelli alternativi, la cinematica estensionale caratterizzerebbe le fasi tardive legate al collasso finale della catena.

Vista l'importanza della comprensione dei caratteri cinematici dei sistemi di faglie ad alto angolo per la ricostruzione di modelli evolutivi per la catena appenninica, nella realizzazione della carta

geologica è stato deciso di segnalare, in modo indicativo, la presenza di faglie descritte in letteratura ma delle quali non esistono studi di terreno, in quanto tali strutture sono state ipotizzate come sepolte al di sotto dei depositi alluvionali (Fig. 2).

In particolare sono state indicate le due faglie con orientazione ONO-ESE nella Piana di Lucca a Nord del Monte Pisano, faglie che dovrebbero separare rispettivamente l'Unità del Monte Serra dal Macigno della Falda Toscana (1 in Fig. 2) e quest'ultimo dai depositi fluvio-lacustri delle Cerbaie (2 in Fig. 2). Sempre in corrispondenza del Monte Pisano, è stata riportata la faglia NO-SE che ne delimita l'alto strutturale, sepolta al di sotto delle alluvioni nella Piana di Bientina (3 in Fig. 2). A Nord di Pontedera è stata indicata la faglia che delimita verso Sud le Colline delle Cerbaie (4 in Fig. 2), la cui presenza al di sotto delle alluvioni dell'Arno è stata più volte ipotizzata (Trevisan et al., 1971; Cantini et al., 2001), e per la quale è stato addirittura stimato un rigetto di circa 90 m. sulla base della differenza di quota tra i depositi del Pleistocene Medio a Nord e a Sud dell'Arno (Federici & Mazzanti, 1988). Infine è stata riportata la faglia di Montefoscoli (5 in Fig. 2) lungo la quale i depositi del Pleistocene Inferiore vengono giustapposti alla successione Pliocenica (Marroni et al., 1990). Nella fase successiva delle attività previste in convenzione, uno degli obiettivi sarà rappresentato dalla raccolta di dati strutturali nei settori affioranti limitrofi alle faglie descritte, nel tentativo di caratterizzare le strutture ipotizzate dal punto di vista cinematico.

#### **4. CARTA GEOMORFOLOGICA (Tav. QC02)**

Lo studio geomorfologico del territorio dell'Unione Valdera si basa sull'analisi ed il confronto delle seguenti banche dati a finalità geomorfologica:

- Banca dati geomorfologica della Regione Toscana;
- Piano di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno;
- Banca dati geomorfologica dei Piani Strutturali dei singoli comuni facenti parte dell'Unione Valdera;
- Banca dati geomorfologica della Provincia di Pisa;
- I.F.F.I.: Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia;

Il lavoro di analisi dei dati esistenti, è stato accompagnato dalla verifica ed il confronto delle informazioni geomorfologiche, eseguito preliminarmente da remoto, utilizzando, ove disponibili, i seguenti rilievi morfologico/cartografici:

- rilievo LIDAR MATTM – aree interne Regione Toscana (cofinanziamento e proprietà con i comuni pisani), 2008;
- rilievo LIDAR MATTM – aree interne della Toscana, 2009-2010;
- ortofoto AGEA, anno 2016
- rilievi satellitari Landsat/Copernicus, anno 2018 di G-Earth;

In una seconda fase i rilievi sono proseguiti sul campo, tramite sopralluoghi mirati coadiuvati anche

da indicazioni dirette fornite dai tecnici delle Amministrazioni comunali.

Tali verifiche hanno permesso di omogeneizzare e localmente modificare le geometrie dei depositi e delle forme geomorfologiche presenti nelle numerose banche dati consultate, restituendo un quadro geomorfologico congruente ed aggiornato dell'intero territorio dell'Unione Valdera.

Nel caso delle frane, di particolare importanza per quanto riguarda la determinazione della pericolosità geologica del territorio, le metodologie di studio geomorfologico ed i criteri di confronto utilizzati per l'omogeneizzazione delle banche dati hanno portato alla seguente organizzazione delle informazioni:

- frane di nuova perimetrazione;
- frane già cartografate derivanti da banche dati diverse con o senza modifica della geometria del deposito;
- frane derivanti dalla banca dati IFFI con mantenimento del tipo di movimento e con stato di attività derivante dal PAI (se presenti in banca dati PAI), ovvero, se non presenti, con stato di attività IFFI.

In sintesi la legenda utilizzata per la traduzione grafica dei processi, delle forme e dei depositi geomorfologici è la seguente:

### Processi e forme puntuali

CATEGORIA	TIPO	TIPOLOGIA
Attività, forme e depositi di origine antropica	Forme di origine antropica	Saggio di cava
Processi, forme e depositi di versante dovuti alla gravità	Frane	Frana non cartografabile

### Processi e forme lineari

TIPO	TIPOLOGIA
	Scarpata
Forme di origine antropica	Orlo di scarpata di origine antropica
Forme di origine antropica	Orlo di scarpata di cava o miniera
Opere idrauliche	Argine artificiale
Opere idrauliche	Canale artificiale o tratto di corso d'acqua reso artificiale
Forme di erosione selettiva	Cresta
Forme di erosione selettiva	Orlo di scarpata di erosione selettiva o strutturale
Forme di origine tettonica	Orlo di scarpata di faglia
Forme di origine tettonica	Orlo di scarpata di faglia con indizi di attività recente

Forme di erosione	Orlo di scarpata di erosione fluviale
Processi e forme di erosione	Corso d'acqua con tendenza all'approfondimento del letto (alveo in incisione)
Forme di erosione	Cresta di degradazione
Forme di erosione	Orlo di scarpata di degradazione
Forme di denudamento	Orlo di scarpata di frana
Forme di denudamento	Orlo di scarpata di frana con movimento complesso
Forme di denudamento	Orlo di scarpata di frana con movimento indeterminato
Forme di denudamento	Orlo di scarpata di frana di colamento
Forme di denudamento	Orlo di scarpata di frana di crollo
Forme di denudamento	Orlo di scarpata di frana di scorrimento
Forme di denudamento	Gradino di frana
Forme di erosione	Asse di alveo fluviale abbandonato (paleoalveo)
Forme di erosione	Orlo di scarpata di erosione fluviale
Forme di erosione	Solco di ruscellamento concentrato (gully erosion)

### Processi e forme poligonali

CATEGORIA	TIPO	TIPOLOGIA
Attività, forme e depositi di origine antropica	Attività estrattive e relative forme	Area di sbancamento
Attività, forme e depositi di origine antropica	Attività estrattive e relative forme	Lago di cava o di miniera
Attività, forme e depositi di origine antropica	Opere idrauliche	Area di laminazione o cassa di espansione
Forme e depositi di origine carsica	Forme di dissoluzione	Dolina
Processi, forme e depositi di origine mista dovuti all'azione combinata di gravità e acque correnti superficiali	Forme di accumulo	Conoide alluvionale e di origine mista
Processi, forme e depositi di versante dovuti alla gravità	Forme di accumulo	Cono detritico
Processi, forme e depositi di versante dovuti alla gravità	Processi e forme di denudazione	Area a franosità diffusa
Processi, forme e depositi di versante dovuti alla gravità	Processi e forme di denudazione	Area con fenomeni di creep o soliflusso
Processi, forme e depositi dovuti alle acque correnti superficiali	Processi e forme di erosione	Area a calanchi
Processi, forme e depositi dovuti alle acque correnti superficiali	Processi e forme di erosione	Area soggetta a dilavamento diffuso (sheet erosion)

Per ogni processo e forma sono stati definiti i rispettivi stati di attività. Tali informazioni

geomorfologiche sono state inserite su una base cartografica di derivazione litotecnica, dove sono state evidenziate le litologie presenti nel territorio dell'Unione Valdera.

## **5. CARTA LITOTECNICA (Tav. QC03)**

La carta litotecnica del territorio dell'Unione Valdera è stata realizzata come carta derivata della carta geologica. Le formazioni ed i depositi geologici sono stati riclassificati dal punto di vista litotecnico sulla base della legenda delle Unità Litologico Tecniche (U.L.T.) esposta all'interno delle Istruzioni Tecniche del progetto VEL (Valutazione degli Effetti Locali) della Regione Toscana.

Tale metodologia permette di associare le informazioni derivanti da prove in situ, eseguite con attrezzature geognostiche e geotecniche, ad osservazioni e rilievi strutturali e geomeccanici e ad informazioni derivanti da prove manuali sul terreno e con attrezzature portatili (sclerometro di Schmidt, penetrometro tascabile, scissometro), che possono essere eseguite ad implementazione del database litologico-tecnico.

La legenda utilizzata prevede le seguenti 6 Unità Litologico Tecniche:

### **- Unità Litologico-tecnica A**

Materiale, lapideo costituito da unico litotipo non stratificato.

L'U.L.T. comprende le rocce lapidee massicce.

A - Rocce non stratificate o con bancate di spessore superiore a 3 mt.

Es: Calcarea Massiccio, anageniti, ecc.

### **- Unità Litologico-tecnica B**

Materiale lapideo stratificato o costituito da alternanze di diversi litotipi.

L'U.L.T. comprende sia le rocce stratificate (B1, B2), che quelle costituite da alternanze ordinate di livelli lapidei e livelli pelitici (con contrasto di competenza e rapporti lapideo/pelitico decrescenti) (B3, B4, B5), nonché quelle costituite da alternanze disordinate (caotiche) (Bc) Le rocce pelitiche ricadono nella U.L.T. B5

B - Rocce stratificate e/o costituite da alternanze di litotipi diversi.

Es. Calcari, Calcari marnosi, Marne, Calcareniti, Arenarie, Radiolariti, Siltiti o argilliti ecc.

### **- Unità Litologico-tecnica C**

Materiali granulari cementati.

In questa U.L.T. sono comprese rocce e rocce deboli costituite da materiale prevalentemente granulare con grado di cementazione medio basso, che presentano caratteristiche intermedie fra quelle delle rocce e quelle dei terreni in s.s.; Possono rientrare in questa U.L.T. anche le rocce lapidee intensamente degradate ed alterate (es. blocchi di arenaria "Macigno" in matrice sabbiosa residuale poco cementata). Il limite fra l'U.L.T. C e l'U.L.T. E può essere considerato

convenzionalmente corrispondente ad un numero di colpi della prova Spt uguale a 50.

C - Breccie conglomerati e sabbie con medio grado di cementazione

Sulla base della struttura dell'ammasso vengono ulteriormente distinti:

C 1 conglomerati e breccie clasto - sostenuti

C 2 conglomerati e breccie matrice - sostenuti

C 3 sabbie cementate arenarie deboli

#### - **Unità Litologico-tecnica D**

Materiali coesivi consistenti.

In questa U.L.T. sono compresi i terreni coesivi con consistenza elevata. La consistenza può essere stimata mediante prove manuali o mediante misura della resistenza alla penetrazione con penetrometro tascabile e/o scissometro. Il limite tra U.L.T. D e U.L.T. F può essere considerato convenzionalmente corrispondente ad un valore di resistenza a compressione uniassiale (non drenata) pari a 250 kPa.

D - Argille e limi

Ove sia possibile è opportuno distinguere le due granulometrie.

D 1 - Limi

D 2- Argille

#### - **Unità Litologico-tecnica E**

Materiali granulari non cementati o poco cementati.

In questa U.L.T. sono compresi i terreni con stato di addensamento da addensato a sciolto costituite da materiale prevalentemente granulare non cementato o con lieve grado di cementazione. Per le diverse granulometrie può essere valutato lo stato di addensamento mediante prove manuali. Il limite fra l'U.L.T. C e l'U.L.T. E può essere considerato convenzionalmente corrispondente ad un numero di colpi della prova Spt uguale a 50.

Ove sia possibile distinguere la granulometria:

E 1 - Ciottoli e blocchi (elementi lapidei di dimensioni mediamente > 60 mm)

E 2 - Ghiaie (elementi lapidei compresi mediamente tra 2 - 60 mm)

E 3 - Sabbie (granuli di dimensioni comprese tra 2 mm. e 0,06 mm)

#### - **Unità Litologico-tecnica F**

Materiali con consistenza limitata o nulla.

In questa U.L.T. sono compresi i terreni coesivi a bassa consistenza. La consistenza può essere stimata mediante prove manuali o mediante la misura della resistenza alla penetrazione con penetrometro e/o scissometro tascabile. Il limite tra U.L.T. D e U.L.T. F può essere considerato convenzionalmente corrispondente ad un valore di resistenza a compressione uniassiale (non drenata) pari a 250 kPa.

F - Limi e Argille

Ove sia possibile è opportuno distinguere le due granulometrie.

F 1- Limi

F 2 – Argille

Le Unità Litologico Tecniche descritte vengono ulteriormente classificate sulla base di tecniche d'indagine e classificazione dei materiali che consistono in prove di resistenza a compressione uniassiale per le litologie competenti e determinazioni del grado di addensamento e stato di consistenza per le terre sciolte.

### **Litologie competenti (U.L.T. A, B)**

Per quanto attiene la resistenza dei materiali rocciosi può essere definita tramite la resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta, stimata tramite:

- 1) Sclerometro di Schmidt (modello L);
- 2) Prova di Carico Puntuale (Point Load Test)
- 3) Prove manuali;

r 1 resistenza a compressione uniassiale > 200 MPa resistenza al carico puntuale > 8 MPa - *roccia estremamente resistente* - la roccia può essere solo scheggiata con il martello peso RMR 15.

r 2 resistenza a compressione uniassiale 100 - 200 MPa resistenza al carico puntuale 4 - 8 MPa - *roccia molto resistente* - la roccia può essere rotta con molti colpi di martello peso RMR 12.

r 3 resistenza a compressione uniassiale 50 - 100 MPa resistenza al carico puntuale 2 - 4 MPa - *roccia resistente* - la roccia può essere rotta con più di un colpo di martello peso RMR 7.

r 4 resistenza a compressione uniassiale 25 - 50 MPa resistenza al carico puntuale 1 - 2 MPa - *roccia mediamente resistente* - la roccia può essere rotta con un unico deciso colpo di martello; non può essere scalfita con il coltello peso RMR 4.

r 5 1 resistenza a compressione uniassiale 0 - 25 MPa < 1 MPa - *roccia debole* - un colpo deciso con la punta del martello lascia un'impronta profonda; la roccia può essere scalfita con il coltello con difficoltà peso RMR 2.

r 6 resistenza a compressione uniassiale 3 - 10 MPa - *roccia molto debole* - la roccia si frantuma con un unico deciso colpo dato con la punta del martello; può essere scalfita con il coltello peso RMR 1.

r 7 resistenza a compressione uniassiale 1 - 3 MPa - *roccia estremamente debole* la roccia si spezza in blocchi con il piccone peso RMR 0.

### **Materiali mediamente cementati e sciolti (terreni granulari) (U.L.T. C, E)**

Per quello che attiene i terreni da cementati a sciolti lo stato di cementazione, di addensamento o consistenza può essere descritto nel seguente modo:

- per i terreni da molto a mediamente cementati oltre alle prove manuali possono essere utilizzati i dati relativi alla consistenza delle classi r5 e r6 delle rocce, unitamente ai valori di spaziatura media delle fratture ed alla descrizione delle condizioni delle discontinuità;
- per quelli lievemente cementati oltre le prove manuali possono essere utilizzati i dati relativi alla consistenza della classe r7 delle rocce e/o il numero di colpi della prova Spt, unitamente a spaziatura media e condizioni delle fratture. Per questi terreni il numero di colpi della prova Spt pari a 50 separa i terreni lievemente cementati o molto addensati da quelli addensati e/o poco cementati;
- per i terreni granulari non cementati o poco cementati lo stato di addensamento viene descritto mediante prove manuali e dal numero di colpi della prova Spt secondo la seguente tabella;

Sulla base del numero di colpi della prova Spt (NSpt) o, in mancanza, di prove manuali, possono essere distinte le seguenti classi di stato di addensamento:

a 1 Nspt 30 - 50 Addensato (non è sufficiente la pala per scavarlo)

a 2 Nspt 10 - 30 Moderatamente addensato (può essere scavato con la pala con molta difficoltà)

a 3 Nspt 4 - 10 Poco addensato (può essere scavato con la pala con difficoltà)

a 4 Nspt < 4 Sciolto (può essere scavato con la pala)

### **Materiali coesivi (U.L.T. D, F)**

Per i terreni coesivi da estremamente consistenti a privi di consistenza il grado di consistenza può essere descritto sia mediante prove manuali, sia dal valore di resistenza misurato con il penetrometro tascabile e/o dal numero di colpi della prova Spt. Il valore di 250 kPa o Nspt pari a 15 colpi delimita il campo di esistenza dei terreni da molto ad estremamente consistenti, da quelli da privi di consistenza a consistenti.

Vengono quindi definite le seguenti classi:

- s 1 > 500 kPa Nspt > 30 - *terreno coesivo estremamente consistente* - Può essere scalfito con difficoltà con l'unghia del pollice.
- s 2 250 - 500 kPa Nspt 15 – 30 - *terreno coesivo molto consistente* - Può essere scalfito con l'unghia del pollice. Non può essere modellato con le dita.
- s 3 100 - 250 kPa Nspt 8 – 15 - *terreno coesivo consistente* - Non può essere modellato con le dita.
- s 4 50 - 100 kPa Nspt 4 – 8 - *terreno coesivo moderatamente consistente* - Può essere modellato solo con forte pressione delle dita.
- s 5 25 - 50 Nspt kPa 2 – 4 - *terreno coesivo poco consistente* - Può essere facilmente modellato con le dita.
- s 6 < 25 kPa Nspt < 2 - *terreno coesivo privo di consistenza* - Cede acqua se compresso con le dita.

Sulla base delle caratteristiche litotecniche derivate dalla letteratura, unite ai dati litotecnici reperiti

direttamente sul terreno, le unità geologiche affioranti nel territorio dell'Unione Valdera sono state così classificate:

<b>UNITA' GEOLOGICA</b>	<b>CLASSIFICAZIONE LITOTECNICA</b>
Deposito di origine antropica	E2 a3-4
Deposito alluvionale attuale o recente	F2 s5-6
Deposito alluvionale attuale o recente	F1 s5-6
Deposito alluvionale attuale o recente	E2 a3-4
Deposito alluvionale attuale o recente	E3 a3-4
Deposito eluvio colluviale	F1 s5-6
Deposito alluvionale o di origine mista (flusso incanalato)	E2 a1-2
Deposito di origine lacustre	F2 s5-6
Deposito di colmata	F1 s5-6
Travertini e calcari continentali	B2 r1-4
Depositi di ambiente continentale riferibili all'Aureliano-Galeriano	E2 a1-2
Deposito alluvionale antico	E2 a3-4
Depositi di ambiente continentale riferibili all'Aureliano-Galeriano	E2 a1-2
Depositi di ambiente continentale riferibili all'Aureliano-Galeriano	E3 a1-2
Depositi di ambiente continentale riferibili al Rusciniense - Villafranchiano	E3 a3-4
Depositi di ambiente continentale riferibili al Rusciniense - Villafranchiano	E2 a3-4
Depositi di ambiente marino prossimale riferibili al ciclo pleistocenico	C3r7
Depositi di ambiente marino prossimale riferibili al ciclo pleistocenico	D2 s2
Depositi di ambiente marino distale riferibili al ciclo pleistocenico	C3r7
Depositi di ambiente marino distale riferibili al ciclo pleistocenico	D2 s2
Depositi di ambiente marino transizionale riferibili al ciclo pleistocenico	D1 s2
Depositi di ambiente marino prossimale riferibili al ciclo pliocenico	C3r7
Depositi di ambiente marino prossimale riferibili al ciclo pliocenico	D2s1
Depositi di ambiente marino prossimale riferibili al ciclo pliocenico	C3r7
Depositi di ambiente marino distale riferibili al ciclo pliocenico	D2s1
Depositi di ambiente marino prossimale riferibili al ciclo pliocenico	C1r7
Brecce ofiolitiche	Bc r5-6
Flysch di Monteverdi	B3 r5-6

Formazione di M. Morello	B3 r1-4
Formazione di Sillano	B5 r5-6
Macigno	B3 r1-4
Scaglia Toscana: Membro delle Argilliti di Brolio	B5 r5-6
Diaspri	B5 r5-6
Calcari e Marne a Posidonia	B3 r1-4
Calcare selcifero di Limano	B2 r1-4
Rosso Ammonitico	B2 r1-4
Calcare massiccio	A r1-4
Quarziti del Monte Serra: Membro delle Quarziti Viola Zonate	B4 r1-4
Quarziti del Monte Serra: Membro delle Quarziti Bianco-Rosa	B1 r1-4
Quarziti del Monte Serra: Membro delle Quarziti Verdi	B2 r1-4
Quarziti del Monte Serra: Membro degli Scisti Verdi	B4 r1-4
Formazione della Verruca: Membro delle Anageniti Minute	A r1-4
Formazione della Verruca: Membro degli Scisti Violetti	B4 r1-4
Formazione della Verruca: Membro delle Anageniti Grossolane	A r1-4
Filladi e quarziti di Buti (Basamento Ercinico)	B4 r1-4

Nella carta inoltre sono state rappresentate le ubicazioni dei dati litotecnici di base derivanti principalmente dalla banca dati delle indagini geotematiche della Regione Toscana e dalle indagini geofisiche a disposizione dei singoli comuni dell'Unione Valdera.

## 6. CARTA IDROGEOLOGICA (Tav. QC04)

La carta idrogeologica del territorio dell'Unione Valdera è stata realizzata come prodotto derivato dalla carta geologica, collocando le diverse unità all'interno di classi di permeabilità relativa e ridistribuendole in unità idrogeologiche. L'attribuzione delle unità geologiche alle diverse classi di permeabilità è stata effettuata sulla base di conoscenze specifiche dell'area studiata, facendo riferimento a valori di permeabilità presenti in letteratura e consultando lavori precedenti, in particolare lo studio condotto da Baldacci et al. (1994).

Per la classificazione idrogeologica delle unità geologiche presenti all'interno dell'area studiata, sono state preliminarmente distinte tre tipologie di permeabilità (Fig. 4):

- Permeabilità primaria: permeabilità per porosità primaria che si forma contemporaneamente al deposito sciolto o non consolidato;
- Permeabilità secondaria: permeabilità per porosità secondaria legata alla fratturazione dell'ammasso roccioso. Questa tipologia caratterizza quelle rocce che presentano

- permeabilità per fratturazione, con carsismo limitato o assente, dando origine ad una circolazione che avviene essenzialmente attraverso il reticolo di fessure e fratture;
- Permeabilità mista: questa tipologia caratterizza i depositi sciolti o non consolidati nei quali l'ordine di grandezza della permeabilità primaria sia confrontabile con quello della secondaria. Inoltre, questo tipo di permeabilità è stato attribuito anche agli ammassi rocciosi caratterizzati da fratturazione e carsismo, nei quali la circolazione avviene sia attraverso condotti carsici, sia mediante il reticolo di fratture.

La permeabilità relativa, indipendentemente dalla tipologia, è comunemente utilizzata per classificare le unità geologiche su base idrogeologica ed è generalmente espressa in modo qualitativo, parlando genericamente di permeabilità alta, media, bassa ecc. Tale parametro viene definito in base ad un gran numero di fattori tra cui il tipo, la frequenza e le dimensioni dei sistemi di fratturazione, le portate fornite dalle sorgenti, il coefficiente d'infiltrazione efficace, la densità del reticolo di drenaggio, osservazioni di campagna e dei rapporti tra i fattori stessi.

Le classi di permeabilità relativa utilizzate in questo lavoro sono 4, suddivise secondo le 3 tipologie di permeabilità descritte (primaria, secondaria e mista). Nella classificazione proposta è stata volutamente evitata la classe "impermeabile", accorpando il grado "impermeabile" al grado "permeabilità molto bassa".

<b>SCHEMA DI PERMEABILITA'</b>			
<b>PERMEABILITA' PRIMARIA</b>			
ALTA	MEDIA	BASSA	DA MOLTO BASSA A IMPERMEABILE
CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3	CLASSE 4
UNITA' P2			
		UNITA' P3	
			UNITA' P4
<b>PERMEABILITA' SECONDARIA</b>			
ALTA	MEDIA	BASSA	DA MOLTO BASSA A IMPERMEABILE
CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3	CLASSE 4
UNITA' S1			
UNITA' S2			
		UNITA' S3	
			UNITA' S4
<b>PERMEABILITA' MISTA</b>			
ALTA	MEDIA	BASSA	DA MOLTO BASSA A IMPERMEABILE
CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3	CLASSE 4
UNITA' M1			

**Fig. 4** – Schema della distribuzione delle diverse unità idrogeologiche all'interno delle classi di permeabilità adottate per la realizzazione della carta idrogeologica.

Seguendo la classificazione proposta, le unità geologiche del territorio dell'Unione Valdera sono ridistribuite nelle seguenti 8 unità idrogeologiche:

Unità **P2** – unità a permeabilità primaria medio-alta

Unità **P3** – unità a permeabilità primaria da bassa a molto bassa o impermeabile

Unità **P4** – unità a permeabilità primaria da molto bassa a impermeabile

Unità **S1** – unità a permeabilità secondaria alta

Unità **S2** – unità a permeabilità secondaria medio-alta

Unità **S3** – unità a permeabilità secondaria da bassa a molto bassa o impermeabile

Unità **S4** – unità a permeabilità secondaria da molto bassa a impermeabile

Unità **M1** – unità a permeabilità mista medio-alta

In questa classificazione le unità di permeabilità primaria sono prive della classe 1 a permeabilità alta, in quanto mancano per l'area della Valdera informazioni dalla geologia indicanti la presenza di depositi alluvionali sciolti a granulometria grossolana.

Le corrispondenze tra unità geologiche ed idrogeologiche sono riportate nella tabella seguente:

UNITA' GEOLOGICHE	SIGLA	UNITA' IDROGEOLOGICHE
Deposito di origine antropica	h1	<b>P2</b>
Deposito alluvionale attuale o recente	ALR:a	<b>P4</b>
Deposito alluvionale attuale o recente	ALR:l	<b>P3</b>
Deposito alluvionale attuale o recente	ALR:m	<b>P3</b>
Deposito alluvionale attuale o recente	ALR:s	<b>P2</b>
Deposito eluvio colluviale	b2a	<b>P3</b>
Deposito alluvionale o di origine mista (flusso incanalato)	b4a	<b>P3</b>
Deposito di origine lacustre	e2a	<b>P4</b>
Deposito di colmata	e4a	<b>P3</b>
Travertini e calcari continentali	TRA	<b>M1</b>
Depositi di ambiente continentale riferibili all'Aureliano-Galeriano	b4a	<b>P3</b>
Deposito alluvionale antico	ALA:m	<b>P3</b>
Depositi di ambiente continentale riferibili all'Aureliano-Galeriano	AURg	<b>P3</b>
Depositi di ambiente continentale riferibili all'Aureliano-Galeriano	AURs	<b>P3</b>
Depositi di ambiente continentale riferibili al Rusciniiano - Villafranchiano	VILs	<b>P3</b>

Depositi di ambiente continentale riferibili al Rusciniiano - Villafranchiano	VILg	<b>P3</b>
Depositi di ambiente marino prossimale riferibili al ciclo pleistocenico	PLE3s	<b>P3</b>
Depositi di ambiente marino prossimale riferibili al ciclo pleistocenico	PLE3a	<b>P4</b>
Depositi di ambiente marino distale riferibili al ciclo pleistocenico	PLE2s	<b>P3</b>
Depositi di ambiente marino distale riferibili al ciclo pleistocenico	PLE2a	<b>P4</b>
Depositi di ambiente marino transizionale riferibili al ciclo pleistocenico	PLE1	<b>P4</b>
Depositi di ambiente marino prossimale riferibili al ciclo pliocenico	PLI3s	<b>P3</b>
Depositi di ambiente marino prossimale riferibili al ciclo pliocenico	PLI3a	<b>P4</b>
Depositi di ambiente marino prossimale riferibili al ciclo pliocenico	PLI3	<b>M1</b>
Depositi di ambiente marino distale riferibili al ciclo pliocenico	PLI2a	<b>P4</b>
Depositi di ambiente marino prossimale riferibili al ciclo pliocenico	PLI1	<b>P2</b>
Brecce ofiolitiche	MTVb	<b>S3</b>
Flysch di Monteverdi	MTV	<b>S2</b>
Formazione di M. Morello	MLL	<b>S2</b>
Formazione di Sillano	SIL	<b>S4</b>
Macigno	MAC	<b>S2</b>
Scaglia Toscana: Membro delle Argilliti di Brolio	STO1	<b>S4</b>
Diaspri	DSD	<b>S3</b>
Calcari e Marne a Posidonia	POD	<b>S2</b>
Calcere selcifero di Limano	LIM	<b>S2</b>
Rosso Ammonitico	RSA	<b>S2</b>
Calcere massiccio	MAS	<b>S1</b>
Formazione della Verruca: Membro delle Quarziti Viola Zonate	QMS4	<b>S3</b>
Formazione della Verruca: Membro delle Quarziti Bianco-Rosa	QMS3	<b>S2</b>
Formazione della Verruca: Membro delle Quarziti Verdi	QMS2	<b>S3</b>
Formazione della Verruca: Membro degli Scisti Verdi	QMS1	<b>S4</b>
Membro delle Anageniti Minute	VEU3	<b>S2</b>

Membro degli Scisti Violetti	VEU2	<b>S4</b>
Membro delle Anageniti Grossolane	VEU1	<b>S2</b>
Filladi e quarziti di Buti (Basamento Ercinico)	BUT	<b>S4</b>

Nella carta inoltre sono state rappresentate le ubicazioni delle sorgenti facenti parte della banca dati delle sorgenti della Regione Toscana, le ubicazioni dei pozzi a vario uso facenti parte delle banche dati dei singoli comuni dell'Unione Valdera e della banca dati ISPRA (L. 464/84).

## **7. CARTA DELLA PERICOLOSITÀ GEOLOGICA (Tav. QC05)**

La carta della pericolosità geologica è stata redatta secondo quanto previsto dallo schema per l'individuazione delle classi di pericolosità geologica, come stabilito dall'allegato A del D.P.G.R. del 25 Ottobre 2011 n° 53/r.

Le classi di pericolosità geologica individuate nell'allegato citato sono le seguenti:

- Pericolosità geologica molto elevata (G.4): aree in cui sono presenti fenomeni attivi e relative aree di influenza, aree interessate da soliflussi.
- Pericolosità geologica 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 caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche; corpi detritici su versanti con pendenze superiori al 25%.
- Pericolosità geologica media (G.2): aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi e stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciture dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 25%.
- Pericolosità geologica bassa (G.1): aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi.
- 

Per la realizzazione della carta della pericolosità geologica, primariamente è stata valutata l'acclività dei versanti producendo un DEM di progetto sulla base dei rilievi LIDAR già citati (Cap. 4) ed ove mancanti, sulla base del più recente modello digitale del terreno (DTM a 10 m.) della Regione Toscana, opportunamente omogeneizzati e filtrati per evitare l'eccessiva parcellizzazione delle geometrie rappresentate. Di seguito è stato diviso il territorio in due classi di acclività, maggiori o minori del 25%.

Su tale base sono stati quindi inseriti in classe G4: le frane attive con relativa area di influenza (buffer

di 10 m.), le aree a franosità diffusa attiva, le aree con forme e processi morfogenetici attivi, le forme di erosione areali (poligonali) attive, le forme di erosione lineare in evoluzione con relativa area di influenza.

In classe G3, oltre ai depositi franosi quiescenti, sono stati inseriti: i depositi di copertura o franosi inattivi posti su versanti con pendenze superiori al 25%, e le aree di versante con pendenze superiori allo stesso valore (25%) che presentano litologie con propensione al dissesto (litologie argillitiche, argillose e sabbiose con intercalazioni argillose) pur in assenza di depositi di copertura esplicitamente cartografati.

Inoltre, in classe G3, sono state inserite le aree di potenziale instabilità "geologica" legate a litologie con scadenti caratteristiche meccaniche in aree di pianura (depositi prevalentemente argillosi di bassa consistenza e depositi di paleoalveo sabbioso limosi sciolti), alla presenza di acque superficiali, o sotterranee, nonché a forme o processi di degrado di carattere antropico.

In classe G2 sono stati inseriti, oltre ai depositi franosi inattivi e stabilizzati (naturalmente o artificialmente) in presenza di pendenze inferiori al 25%, le aree dove sono presenti litologie a bassa propensione al dissesto.

Infine, in classe G1, sono state inserite il resto delle aree del territorio dell'Unione Valdera nelle quali le condizioni litologiche e giaciture dei litotipi non costituiscono fattori predisponenti allo sviluppo di processi morfoevolutivi.

## **BIBLIOGRAFIA**

- A.A.V.V. (2004). Carta Geologica della Provincia di Pisa alla scala 1:10.000. Provincia di Pisa – Area Governo del territorio – Servizio difesa del Suolo.
- Baldacci F., Bellini L. & Raggi G. (1994). Le risorse idriche sotterranee della Pianura Pisana. *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat. Mem., Serie A*, 101, 241-322.
- Benvenuti M., Bertini A., Conti C., Dominici S. & Falcone D. (1995) – Analisi stratigrafica e paleoambientale integrata al Pliocene dei dintorni di San Miniato. *Suppl. 1, Quad. Mus. St. Nat. Livorno*, 14, 29-49.
- Bertini G., Cameli G.M., Costantini A., Decandia F.A., Di Filippo M., Dini I., Elter F.M., Lazzarotto A., Liotta D., Pandeli E., Sandrelli F. & Toro B. (1991). Struttura geologica fra i monti di Campiglia e Rapolano Terme (Toscana meridionale): stato attuale delle conoscenze e problematiche. *Studi Geologici Camerti*, vol. spec. 1991/1, 155-178.
- Boccaletti M., Cerrina Feroni A., Martinelli P., Moratti G., Plesi G. & Sani F. (1992). Late Miocene-Quaternary compressive events in the Tyrrhenian side of the northern Apennines. *Annal. Tectonicae*, 6, 214-230.
- Boccaletti M., Bonini M., Moratti G. & Sani F. (1995) - Le fasi compressive neogenico-quadernarie nell'Appennino Settentrionale: relazioni con l'evoluzione dei bacini interni e con la tettonica del basamento. *Studi Geologici Camerti, Special Volume*, 1995/1, 51-72.

- Bonini M. & Moratti G. (1995) - Evoluzione tettonica del bacino neogenico di Radicondoli-Volterra (Toscana Meridionale). *Boll. Soc. Geol. It.*, 114, 549-573.
- Bonini M. & Sani F. (2002) - Extension and compression in the Northern Apennines (Italy) hinterland: Evidence from the Late Miocene-Pliocene Siena-Radicofani Basin and relations with basement structures. *Tectonics*, 21 (3), (1/1-1/35), doi 10.1029/2001TC900024.
- Boschian G., Bossio A., Dall'Antonia B., & Mazzanti R. (2006). Stratigrafia e morfologia del Pleistocene Superiore e dell'Olocene della Toscana costiera. *Studi costieri*, 12, 77-187.
- Bossio A., Mazzanti R., Mazzei R., Menesini E., Nencini C., Salvatorini G. & Ughi R. (1981). Nuove osservazioni sulla stratigrafia delle formazioni plioceniche e pleistoceniche di Casciana Terme. *Atti IX Convegno Soc. Paleont. It., Firenze-Pisa 3-8/9/1981*, 91-120.
- Bossio A., Costantini A., Foresi L.M., Lazzarotto A., Mazzanti R., Mazzei R., Pascucci V., Salvatorini G., Sandrelli F. & Terzuoli A. (1998). Neogene-Quaternary evolution in the western side of the Northern Apennines (Italy). *Mem. Soc. Geol. It.*, 52, 513-525.
- Cantini P., Testa G., Zanchetta G. & Cavallini R. (2001). The Plio-Pleistocene evolution of extensional tectonics in northern Tuscany, as constrained by new gravimetric data from the Montecarlo Basin (lower Arno Valley, Italy). *Tectonophysics*, 330, 25-43.
- Carmignani L. & Kligfield R. (1990). Crustal extension in the Northern Apennines: transition from compression to extension in the Alpi Apuane Core Complex. *Tectonics*, 9, 1275-1303.
- Cerrina Feroni A., Ottria G. & Ellero A. (2004). The Northern Apennine, Italy: geological structure and transpressive evolution. *Soc. Geol. It. Eds. "Geology of Italy"*, 15-32.
- Cerrina Feroni A., Bonini M., Martinelli P., Moratti G., Sani F., Montanari D. & Del Ventisette C. (2006). Lithological control on thrust-related deformation in the Sassa-Guardistallo Basin (Northern Apennines hinterland, Italy). *Basin Research*, 18, 301-321.
- Cohen, K.M., Finney, S.C., Gibbard, P.L. & Fan, J.-X. (2013). The ICS International Chronostratigraphic Chart. *Episodes*, 36, 199-204.
- Decandia F.A., Lazzarotto A. & Liotta D. (1993) – La “serie ridotta” nel quadro della evoluzione geologica della Toscana meridionale. *Mem. Soc. Geol. It.*, 49, 181-191.
- Dominici S., Mazzanti R. & Nencini C. (1995) - Carta degli elementi geologico-morfologici e storici dei dintorni di S. Miniato (Pisa). *Quad. Mus. di Storia nat. Livorno, suppl. 1*, 14.
- Elter P. (1975a). Introduction à la géologie de l'Apennin Septentrional. *Bull. Soc. Geol. France*, 17, 956-962.
- Elter P. (1975b). L'ensemble ligure. *Bull. Soc. Geol. France*, 17, 984-997.
- Elter P. (1994). Introduzione alla geologia dell'Appennino ligure-emiliano. In G. Zanzucchi (Ed.) *Appennino Ligure Emiliano, 10 itinerari. Guide Geologiche Regionali S.G.I.*, 6, 17-24.
- Elter P., Giglia G., Tongiorgi M. & Trevisan L. (1975). Tensional and compressional areas in the recent (Tortonian to present) evolution of the Northern Apennines. *Boll. Geof. Teorica e Appl.*, 17, 3-18.
- Federici P.R. & Mazzanti R. (1988). L'evoluzione della paleogeografia e della rete idrografica del

- Valdarno inferiore. *Boll. Soc. Geogr. It.*, 5.
- Finetti I., Boccaletti M., Bonini M., Del Ben A., Geletti R., Pipan M. & Sani F. (2001). Crustal section based on CROP seismic data across the North Tyrrhenian-Northern Apennines-Adriatic Sea. *Tectonophysics*, 343, 135-163.
- Foresi L.M., Iaccarino S., Mazzei R. & Salvatorini G. (1998). New data on middle to late Miocene calcareous plankton biostratigraphy in the Mediterranean area. *Riv. Ital. Paleont. Strat.*, 104, 95-114.
- Gliozzi E., Abbazzi L., Argenti P., Azzaroli A., Caloi L., Capasso Barbato L., Di Stefano G., Esu D., Ficarelli G., Girotti O., Kotsakis T., Masini F., Mazza P., Mezzabotta C., Palombo M. R., Petronio C., Rook L., Sala B., Sardella R., Zanalda E. & Torre D. (1997). Biochronology of selected Mammals, Molluscs and Ostracods from the Middle Pliocene to the Late Pleistocene in Italy. The state of the art. *Riv. It. Paleont. Strat.*, 103, 369-388.
- Iaccarino S. & Salvatorini G. (1982). A framework of planktonic foraminiferal biostratigraphy for Early Miocene to Late Pliocene Mediterranean area. *Paleont. Stratigr. Ed evoluz.*, Quad. 2, 115-125, Roma.
- Iaccarino S. (1985). Mediterranean Miocene and Pliocene planktic foraminifera. In: Bolli H.M., Saunders J.B., Perch-Nielsen K., 283-314, Cambridge University press.
- Lazzarotto A. & Mazzanti R. (1978). Geologia dell'alta Val di Cecina. *Boll. Soc. Geol. It.*, 95, 1365-1487.
- Marroni M., Mazzanti R. & Nencini C. (1988). Carta Geologica delle Colline Pisane. In: *Quad. Mus. di Storia nat. Livorno*, suppl. 1, 11.
- Marroni M., Mazzanti R. & Nencini C. (1990). Geologia e geomorfologia delle Colline Pisane. *Quad. Mus. di Storia nat. Livorno*, suppl. 1, 11, 1-40.
- Marroni M. & Pandolfi L. (1996). The deformation history of an accreted ophiolite sequence: the Internal Liguride units (Northern Apennines, Italy). *Geodinamica Acta*, 9 (1), 13-29.
- Marroni M., Molli G., Ottria G. & Pandolfi L. (2001). Tectono-sedimentary evolution of the External Liguride units (Northern Apennines, Italy): insights in the precollisional history of a fossil ocean-continent transition zone. *Geodinamica Acta*, 14, 307-320.
- Martini I.P. & Sagri M. (1993). Tectono-sedimentary characteristics of Late Miocene-Quaternary extensional basins of the Northern Apennines, Italy. *Earth Sci. Rev.*, 34, 197-233.
- Moratti G. & Bonini M. (1998). Structural development of the Neogene Radicondoli-Volterra and adjoining hinterland basins in Western Tuscany (Northern Apennines, Italy). *Geological Journal*, 33, 223-241.
- Musumeci G., Mazzarini F., Corti G., Barsella M. & Montanari D. (2005). Magma emplacement in a thrust ramp anticline: The Gavorrano Granite (northern Apennines, Italy). *Tectonics*, 24, TC6009, doi: 10.1029/2005TC001801.
- Nencini C. (1984). Il passaggio Plio-Pleistocene e i sedimenti pliocenici e pleistocenici delle Colline di Monte Castello (Pisa). *Boll. Soc. Geol. It.*, 102, 391-398.

- Ponziani F., De Franco R., Minelli G., Biella G., Federico C. & Piali G. (1995). Crustal shortening and duplication of the Moho in the Northern Apennines: a view from seismic refraction data. *Tectonophysics*, 252, 391-418.
- Rau A. & Tongiorgi M. (1974). Geologia dei Monti Pisani a Sud-Est della valle del Guappero. *Memorie Società Geologica Italiana* 13: 227-408.
- Regione Toscana. Continuum Geologico della Regione Toscana. Direzione Urbanistica e Politiche Abitative – Settore Sistema Informativo Territoriale e Ambientale, [www502.regione.toscana.it/geoscopio/geologia.html](http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/geologia.html).
- Rio D., Raffi I. & Villa G. (1990). Pliocene-Pleistocene calcareous nannofossil distribution patterns in the western Mediterranean. *Proc. ODP Sci. Results*, 107, 513-533.
- Sani F., Bonini M., Cerrina Feroni A., Mazzarini F., Moratti G., Musumeci G., Corti G., Iatta F. & Ellero A. (2009). Messinian-Early Pliocene crustal shortening along the Tyrrhenian margin of Tuscany, Italy. *Ital.J.Geosci.*, 128, 593-604.
- Sarti G., Testa G. & Zanchetta G. (2008). A new stratigraphic insight of the Upper Pliocene-Lower Pleistocene succession of Lower Valdarno (Tuscany, Italy). *Geoacta*, 7, 27-41.
- Servizio Geologico d'Italia (2002). Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, F. 285 "Volterra". Servizio Geologico d'Italia, Litografia Artistica Cartografica, Firenze.
- Servizio Geologico d'Italia (in stampa). Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, F. 284 "Rosignano Marittimo". Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale.
- Servizio Geologico d'Italia (in stampa). Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, F. 273 "Pisa". Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale.
- Trevisan L. (1951). Sul complesso sedimentario del Miocene superiore e del Pliocene della Val di Cecina e sui movimenti tettonici tardivi in rapporto ai giacimenti di lignite e del salgemma. *Boll. Soc. Geol. It.*, 70, 65-78.
- Trevisan L., Brandi G.P., Dallan L., Nardi R., Raggi G., Rau A., Squarci P., Taffi L. & Tongiorgi M. (1971). Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000. Foglio 105 "Lucca". Note illustrative C.G.I., Servizio Geol. D'It.



Comuni di Bientina, Buti, Calcinaia, Capannoli, Cascina Terme Lari, Palaia e Pontedera  
Zona Valdera  
Provincia di Pisa



# PIANO STRUTTURALE INTERCOMUNALE

---

## RELAZIONE PRELIMINARE SUGLI ASPETTI SISMICI

---

Ai sensi del DPGRT 53R/2011 - DGRT 144/2015 - Dip.Prot.Civ. ICMS/2008

**PROPONENTE:**

GIUNTA DELL'UNIONE VALDERA

**AUTORITA' COMPETENTE:**

ARCH. ROBERTO FANTOZZI

**RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:**

ARCH. ANNA GUERRIERO

**GARANTE DELL'INFORMAZIONE E DELLA PARTECIPAZIONE:**

DOTT. GIOVANNI FORTE

**DATA: APRILE 2019**

Presidente Unione Valdera e Sindaco di Calcinaia:

Lucia Ciampi

Sindaci dei Comuni aderenti all'Unione Valdera:

Bientina: Carmassi Dario

Buti: Alessio Lari

Capannoli: Arianna Cecchini

Cascina Terme Lari: Mirko Terreni

Palaia: Marco Gherardini

Pontedera: Simone Millozzi

Segretario Generale:

dott.ssa Marzia Venturi

Responsabile del Procedimento

arch. Anna Guerriero

Garante dell'Informazione e della Partecipazione

dott. Giovanni Forte

Coordinatore del Gruppo Progettazione e Responsabile della redazione del PSI

arch. Massimo Parrini

Co-progettisti alla redazione Piano Strutturale Intercomunale

arch. Katuscia Meini (Comune di Buti), arch. Giancarlo Montanelli (Comune di Bientina), arch. Cinzia Forsi (Comune di Calcinaia), arch. Anna Guerriero (Comune di Calcinaia), arch. Antonietta Vocino (Comune di Capannoli), arch. Nicola Barsotti (Comune di Casciana Terme Lari), Michele Borsacchi (Comune di Palaia), arch. Marco Salvini (Comune di Pontedera)

Gruppo di lavoro intercomunale

Bientina: Alessandra Frediani, Marco Cecchi, Barbara Scaringella, Claudia Baccelli, Antonio Preite, Veronica Stelitano, Barbara Giorgi.

Casciana Terme Lari: Claudia Caroti, Francesco Giubbolini, Elena Baldi.

Buti: Giuseppina di Loreto, Catia Scervino, Giacomo Matteucci.

Pontedera: Barbara Cantini, Ilaria Tedesco, Luca Magnozzi, Angela Rosa Basile, Stefania Rosati,

Alessandro Macchia, Cinzia Ciampalini, Letizia Poggetti, Letizia Poggetti, Gino Gozzoli, Michela Giorgi.

Palaia: Gian Paolo Bonistalli, Franco Doveri, Michele Ponticelli.

Calcinaia: Ilenia Latessa.

Capannoli: Gennai Giovanna, Palazzuoli Luca.

Unione Valdera: Lorenzoni Silvia, Iorio Rossella, Dal Canto Fabio, Bacci Alessio, Cintoli Samuela, Mezzabotta Paola, Corsi Elena.

Società della Salute: Patrizia Salvadori.

Gruppo di lavoro aspetti sismici

dott. geol. Fabio Mezzetti

dott. geol. Andrea Casella

dott. geol. Benedetta Polverosi

dott. geol. Alessandro Fontanelli

arch. Maria Rosaria De Vita

dott. geol. Giorgio Della Croce

dott. geol. Andrea Carmignani

## **Indice**

1. PREMESSA.....	5
2. INTRODUZIONE .....	5
3. INQUADRAMENTO LEGISLATIVO .....	5
4. CARATTERISTICHE SISMICHE ED INDAGINI MS1 .....	5
5. VALUTAZIONE DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE .....	7
6. CONDIZIONE LIMITE PER L'EMERGENZA CLE .....	9
7. ALLEGATI .....	9

## **1. PREMESSA**

La valutazione degli aspetti sismici locali finalizzata alla riduzione del rischio è uno degli elementi conoscitivi fondamentali che compongono il quadro conoscitivo del territorio, in materia di studi geologici a supporto della pianificazione urbanistica come nel caso del Piano Strutturale Intercomunale (PSI) dell'Unione Valdera (Comuni di Bientina, Buti, Calcinaia, Capannoli, Casciana Terme Lari, Palaia e Pontedera), oltre alla valutazione degli aspetti geomorfologici, idrogeologici ed idraulici.

## **2. INTRODUZIONE**

Il presente documento riassume il lavoro svolto sia per quanto riguarda l'esecuzione delle indagini sismiche realizzate sui territori comunali di Pontedera, Palaia e Capannoli che l'elaborazione successiva dei risultati ottenuti fino alla stesura degli elaborati previsti dagli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 finanziati dal Settore sismico della Regione Toscana.

Inoltre viene sinteticamente descritta la mappatura preliminare della pericolosità sismica locale individuata per l'Unione Valdera ovvero per quelle zone urbanizzate che sono state oggetto di indagini sismiche svolte dal sottoscritto gruppo di lavoro e per quelle che sono state oggetto di indagini svolte dai singoli Comuni, operando un semplice assemblaggio di quanto attualmente prodotto.

## **3. INQUADRAMENTO LEGISLATIVO**

La normativa di riferimento per la valutazione degli aspetti sismici locali e più in generale delle indagini geologiche a supporto del governo del territorio è il DPGRT n.53R del 25.10.2011.

In particolare gli studi di Microzonazione sismica devono ottemperare alle specifiche tecniche regionali della DGRT n.144 del 23.02.2015 nonché agli indirizzi e criteri per la microzonazione sismica ICMS approvati dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza unificata delle Regioni e delle Province autonome in data 13.11.2008.

## **4. CARATTERISTICHE SISMICHE ED INDAGINI MS1**

Nella classificazione sismica della Regione Toscana (DGRT n.421 del 26/05/2014) il territorio dell'Unione Valdera si colloca in zona sismica 3 caratterizzata da accelerazione orizzontale massima convenzionale ( $a_g$ ) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico di 0,100-0,125g per i Comuni di Buti, Bientina e Calcinaia e di 0,125-0,150g per i Comuni di Pontedera, Casciana Terme Lari, Palaia e Capannoli.

In epoca storica il sisma più intenso registrato nella Valdera è quello dell'Agosto 1846 che colpì la zona di Orciano Pisano, S. Luce e Lorenzana con intensità massima fino al X° grado della scala Mercalli provocando danni notevoli e numerose vittime; di altri terremoti di intensità minore (V° - VI° grado) si ha notizia tra il Dicembre 1896 ed il Luglio 1897 con epicentro Pontedera. Chianni fa registrare un sisma del V° grado nel Luglio 1930 ed uno del VII° grado nel Novembre 1947, Vicopisano uno del V° grado nel 1930. Scosse ancora più deboli (III° e IV° grado) e con epicentro sempre nei dintorni di Pontedera sono avvenute nel 1934, 1977 e 1978.

A supporto del Piano Strutturale Intercomunale dei Comuni dell'Unione Valdera, ai sensi del DPGR n.53/R/2011, sono stati realizzati degli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 opportunamente finanziati dal Settore Sismica della Regione Toscana (Decreto dirigenziale D.G.R.T. n.16585 del 06.11.2017) comprendenti la realizzazione delle Analisi CLE, secondo le modalità, criteri, procedure e termini di attuazione previsti nelle specifiche tecniche regionali di cui alla DGRT n.144 del 23 febbraio 2015 e più in generale facendo riferimento al documento nazionale degli ICMS (Indirizzi e Criteri Generali per la Microzonazione Sismica Nazionale).

Gli studi hanno riguardato i Comuni di Pontedera, Palaia e Capannoli ed ai sensi del punto C.5 del 53/R/2011 sono stati effettuati in corrispondenza dei principali centri abitati del territorio

comunale e di fatto estesi, di concerto con la struttura regionale competente che ha fornito il programma delle attività da svolgere nonché approvato la mappatura delle zone soggette ad indagine, alle aree urbanizzate indicate dai singoli comuni.

Nella fase preliminare dello studio si è proceduto all'acquisizione, presso gli archivi tecnici dei comuni interessati, dei dati geofisici di base (stendimenti sismici di superficie, misure di sismica passiva, prove sismiche in foro, ecc.) nonché di quelli stratigrafici con particolare riferimento ai sondaggi geognostici a carotaggio ed ai sondaggi a distruzione per la realizzazione di pozzi per acqua. Tale acquisizione ha consentito di redigere una mappatura aggiornata dei dati geognostici e sismici a disposizione, sulla base della quale il Settore Sismica della Regione Toscana ha condiviso l'ubicazione delle indagini da eseguire secondo le specifiche tecniche impartite.

La campagna geognostica e sismica di approfondimento è stata svolta dal mese di Giugno al mese di Settembre 2018 ed in particolare sono state realizzate:

- n.146 misure in sismica passiva HVSR;
- n.24 indagini MASW-ESAC;
- n.4 linee sismiche a rifrazione in onde S;
- n.6 profili geoelettrici in tomografia 2D;
- n.4 prove CPTU.

Al termine delle indagini è stata prodotta sia la Relazione descrittiva che i Reports di quanto svolto; tale documentazione contenente tutte le informazioni sulle metodologie e sulle strumentazioni utilizzate nonché i risultati ottenuti dalle campagne di indagine è stata inoltrata al Settore Sismica della Regione Toscana e viene riportata in allegato.

Gli elaborati cartografici che sono stati redatti, anch'essi riportati in allegato, sono:

#### MS.01 - Carta delle Indagini

contiene l'ubicazione puntuale dei dati geognostici e sismici presenti sui territori comunali di Palaia, Capannoli e Pontedera derivanti da indagini eseguite in situ che sono stati utilizzati per la caratterizzazione litotecnica, stratigrafica e sismica dei terreni.

#### MS.02 - Carta Geologica e Geomorfologica

contiene informazioni sulle unità geologiche costituenti il territorio e che definiscono l'assetto strutturale tettonico; le informazioni sulle forme, i processi ed i depositi legati alla dinamica di versante, alla dinamica fluviale ed all'attività antropica; gli elementi geologici evidenziati derivano dal quadro conoscitivo del progetto CARG, mentre i processi geomorfologici di versante e da frana derivano dagli elaborati del P.A.I..

#### MS.03 - Carta Geologico Tecnica

contiene informazioni sulle caratteristiche geotecniche dei terreni più superficiali riscontrate ed analizzate per mezzo soprattutto delle numerose indagini in sito effettuate sui territori comunali, che hanno consentito di suddividerli in zone caratterizzate da litotipi che possono manifestare comportamento meccanico omogeneo raggruppati in unità litotecniche.

#### MS.04 - Carta MOPS Sezioni Stratigrafiche Tipo

contiene l'elaborazione e la correlazione tra le successioni stratigrafiche rinvenute nelle banche dati comunali e provinciali, della Regione Toscana, Ispra e Lamma, per la definizione delle zone a comportamento omogeneo in prospettiva sismica secondo quanto disposto dal Settore Sismica della Regione Toscana; sono indicate, per ogni livello litostratigrafico rappresentato, le classi di consistenza dei depositi definite come depositi poco addensati o consistenti, depositi mediamente addensati o consistenti, depositi addensati o consistenti; sono individuati nelle colonne stratigrafiche tipo i presunti limiti inferiori dei sedimenti olocenici e di quelli pleistocenici.

#### MS.05 - Carta MOPS Frequenze naturali dei depositi

contiene la distribuzione delle frequenze naturali dei terreni misurate per la distinzione delle aree caratterizzate da assenza o presenza di fenomeni di risonanza significativi e zone caratterizzate da

alti o bassi contrasti di impedenza; sono riportati i punti relativi alle misure tromometriche eseguite e la misura effettiva della loro frequenza fondamentale.

#### MS.06 - Carta MOPS Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica

contiene l'individuazione delle microzone dove è prevedibile l'occorrenza di diverse tipologie di effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, liquefazione, ecc.); sono rappresentate le zone stabili, le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (prive di un alto contrasto di impedenza sismica), le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (con un alto contrasto di impedenza sismica) e le zone suscettibili di instabilità.

In sintesi le zone stabili sono individuate nel substrato sismico ipotizzato dei depositi pliocenici sabbiosi dei rilievi collinari di Palaia, Capannoli e di San Pietro Belvedere; le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (prive di un alto contrasto di impedenza sismica) sono individuate nei rilievi collinari pleistocenici di San Pietro Belvedere, nella fascia pedecollinare di Capannoli ed in quella ad est del fiume Era ed in alcune porzioni della pianura alluvionale meridionale di Pontedera caratterizzate da sedimenti alluvionali da bassa/media consistenza ad alta consistenza; le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (con un alto contrasto di impedenza sismica) sono individuate in corrispondenza dell'abitato di Forcoli, allo sbocco della vallata del botro della Tosola nel fondovalle dell'Era, e nella pianura alluvionale dell'Arno in corrispondenza dell'abitato di Pontedera caratterizzata da sedimenti alluvionali da poca a media consistenza; le zone suscettibili di instabilità sono individuate prevalentemente sui rilievi collinari di Palaia dove sono presenti i corpi di frana sia attivi che quiescenti e le faglie certe o incerte.

## 5. VALUTAZIONE DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

La sintesi delle informazioni derivanti dagli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 ha consentito di valutare le condizioni di pericolosità sismica delle aree urbane studiate.

Per quanto riguarda i Comuni di Pontedera, Palaia e Capannoli le indagini sismiche di approfondimento finanziate dal Settore Sismica della Regione Toscana hanno consentito di redigere un elaborato di pericolosità sismica omogeneo tra i territori analizzati, partendo da un quadro conoscitivo comune individuato nella cartografia geologica del CARG e geomorfologica del P.A.I.. In particolare per il Comune di Capannoli le indagini di approfondimento sono andate ad integrare quelle già svolte per proprio conto, mentre per Pontedera e per Palaia hanno rappresentato una prima analisi estesa del loro territorio.

Per i Comuni di Casciana Terme Lari, Calcinaia e Buti sono stati recepiti gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 che ciascuna amministrazione ha condotto singolarmente; Casciana Terme Lari usufruendo di finanziamenti regionali mentre Calcinaia e Buti con fondi propri.

Il Comune di Bientina ha tuttora in corso gli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 attingendo a fondi propri e quindi è l'unico territorio dell'Unione Valdera che ha le indagini sismiche adeguate al superato DPGR 26/R/2007.

Nella stesura della carta della pericolosità sismica locale sono stati seguiti i criteri di classificazione indicati dal DPGR 53/R/2011 ad esclusione, come sopra riportato, del territorio bientinese. I criteri di attribuzione delle quattro classi previste sono:

#### S.1 - Pericolosità sismica locale bassa

[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].

#### S.2 - Pericolosità sismica locale media

[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)].

#### S.3 - Pericolosità sismica locale elevata

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

#### S.4 - Pericolosità sismica locale molto elevata

[zone suscettibili di instabilità di versante attiva che pertanto potrebbero subire una accentuazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; terreni suscettibili di liquefazione dinamica in comuni classificati in zona sismica 2].

Le classi di pericolosità sismica attribuite per i tre comuni oggetto di indagini di MS1 eseguite con finanziamento all'Unione Valdera sono di nuova elaborazione, mentre per i restanti comuni sono state riprese, tal quale, quelle facenti parte dell'attuale quadro conoscitivo approvato di ogni singola amministrazione locale.

Le caratteristiche di pericolosità sismica locale ai sensi del DPGR 53/R/2018 per il territorio dell'Unione Valdera sono riconducibili a tutte le aree omogenee previste da bassa a molto elevata.

Le aree S.1 a bassa pericolosità sismica locale comprendono:

- le aree stabili dei rilievi collinari di Buti, Palaia e Capannoli, prive di significativi processi morfoevolutivi, interessate dai depositi litoidi e/o pliocenici con assenza di impedenza sismica e quindi substrato sismico ipotizzato.

Le aree S.2 a media pericolosità sismica locale comprendono:

- le aree di fondovalle di Buti, Calcinaia, Pontedera, Palaia e Capannoli stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzate da depositi superficiali prevalentemente argillosi, argillo limosi, argillo sabbiosi nonché sabbioso limosi prive di un alto contrasto di impedenza sismica delle MOPS;
- le porzioni dei rilievi collinari di Buti, Pontedera, Palaia, Capannoli e Casciana Terme Lari suscettibili di instabilità di versante che potrebbe riattivarsi a seguito di effetti dinamici come le zone di impluvio o le porzioni di versante più acclivi.

Le aree S.3 ad elevata pericolosità sismica locale comprendono:

- le aree di fondovalle di Buti, Pontedera e Palaia stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzate da depositi superficiali prevalentemente argillo limosi, argillo sabbiosi e limoso sabbiosi con un alto contrasto di impedenza sismica delle MOPS;
- le porzioni dei rilievi collinari di Buti, Pontedera, Palaia, Capannoli e Casciana Terme Lari caratterizzate da potenziale instabilità di versante che potrebbe riattivarsi a seguito di effetti dinamici come i corpi di frana quiescenti.

Le aree S.4 a molto elevata pericolosità sismica locale comprendono:

- le aree di versante collinare di Buti, Palaia e Casciana terme Lari interessate da corpi di frana attivi e da fenomeni di soliflusso riconducibili alle zone suscettibili di instabilità di versante attiva delle MOPS.

Nel rispetto del DPRG 53/R/2011 il presente aggiornamento del quadro conoscitivo per gli aspetti sismici dovrà essere integrato non solo a seguito delle risultanze degli studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 in corso per il territorio comunale di Bientina, ma anche a seguito dei nuovi elaborati geologici e geomorfologici prodotti in questa fase di Piano Strutturale Intercomunale dai tecnici del C.N.R. di Pisa. Inoltre, al fine di estendere l'attribuzione delle classi di pericolosità sismica alle zone esterne delle porzioni urbanizzate e di correlare ed uniformare al meglio gli studi compiuti singolarmente dai diversi comuni dell'Unione Valdera, sarà necessario implementare le indagini sismiche sul territorio laddove sussiste una carenza di dati di riferimento.

## 6. CONDIZIONE LIMITE PER L'EMERGENZA CLE

Per i Comuni di Pontedera, Palaia e Capannoli è stata inoltre svolta l'Analisi della Condizione Limite per l'Emergenza (CLE) degli insediamenti urbani definita come quella condizione al cui superamento, a seguito del manifestarsi dell'evento sismico, pur in concomitanza con il verificarsi di danni fisici e funzionali tali da condurre all'interruzione delle quasi totalità delle funzioni urbane presenti, compresa la residenza, l'insediamento urbano conserva comunque, nel suo complesso, l'operatività della maggior parte delle funzioni strategiche per l'emergenza, la loro accessibilità e connessione con il contesto territoriale.

L'analisi della CLE è stata condotta in concomitanza con gli studi di microzonazione sismica di Livello 1, non può prescindere dal piano di emergenza o di protezione civile ed è un'attività che serve per verificare le scelte contenute nel piano.

L'analisi comporta:

- a) l'individuazione degli edifici e delle aree che garantiscono le funzioni strategiche per l'emergenza;
- b) l'individuazione delle infrastrutture di accessibilità e di connessione con il contesto territoriale, degli edifici e delle aree di cui al punto a) e gli eventuali elementi critici;
- c) l'individuazione degli aggregati strutturali e delle singole unità strutturali che possono interferire con le infrastrutture di accessibilità e di connessione con il contesto territoriale.

L'analisi della CLE dell'insediamento urbano viene effettuata utilizzando degli standard di archiviazione e rappresentazione cartografica dei dati, raccolti attraverso una apposita modulistica predisposta dalla Commissione Tecnica per gli studi di MS, istituita dall'OPCM 3907/2010 (art. 5 commi 7 e 8), ed emanata con apposito decreto del Capo del Dipartimento della protezione civile.

In particolare, l'analisi prevede la compilazione di 5 schede:

ES Edificio Strategico;  
AE Area di Emergenza;  
AC Infrastruttura Accessibilità/Connessione;  
AS Aggregato Strutturale;  
US Unità Strutturale.

## 7. ALLEGATI

Nella prima fase di lavoro relativa alle indagini di Microzonazione Sismica di Livello 1 svolte sui territori di Pontedera, Palaia e Capannoli, secondo le disposizioni impartite dal Settore Sismica della Regione Toscana, sono stati prodotti i seguenti elaborati:

- A1\_Tavola ubicazione indagini;
- B1\_HVSR Relazione;
- B2\_HVSR Monografie;
- B3\_HVSR Reports;
- B4\_HVSR Grafici H/V;
- C1\_ESAC-MASW Relazione;
- C2\_ESAC-MASW Monografie e Reports;
- D1\_SISMICA A RIFRAZIONE Relazione, Monografie e Reports;
- E1\_GEOELETRICA Relazione;
- E2\_GEOELETRICA Monografie e Reports;
- F1\_CPTU Relazione;
- F2\_CPTU Monografie;

- F3\_CPTU Reports;
- F4a,b,c,d\_CPTU Parametri.

Nella seconda fase di lavoro di elaborazione dei risultati acquisiti di MS1 sono stati prodotti i seguenti elaborati:

- MS.00 Relazione tecnica illustrativa;
- Tavola MS.01 a/b/c/d Carta delle Indagini;
- Tavola MS.02 a/b/c/d Carta Geologica e Geomorfologica;
- Tavola MS.03 a/b/c/d Carta Geologico Tecnica;
- Tavola MS.04 a/b Stratigrafie Tipo;
- Tavola MS.05 a/b/c/d Carta delle Frequenze naturali dei depositi;
- Tavola MS.06 a/b/c/d Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica MOPS;
- Tavola MS.07 a/b/c/d Carta della Pericolosità sismica locale;
- Analisi delle Condizioni Limite per l'Emergenza (CLE).

In quest'ultima fase oltre alla presente relazione è stata prodotta anche la Tavola preliminare della Pericolosità sismica locale.

CapoGruppo RTP incaricata  
Dott. geol. Fabio Mezzetti



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

**Oggetto:** Convenzione di Ricerca tra Dipartimento di ingegneria Civile e Ambientale (UNIFI) e Unione Valdera

**Committente:** Unione Valdera

**Elaborato:** Assetto idrologico-idraulico e portate di piena per l'unione Valdera

**Responsabili:** Prof. Ing. Fabio Castelli, Ing. Chiara Arrighi



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

## Assetto idrologico-idraulico e portate di piena

### Inquadramento territoriale specifico

Lo studio idrologico-idraulico della presente relazione riguarda una parte del reticolo idrografico ricadente nel territorio dell'Unione Valdera. Il reticolo di interesse è stato selezionato per la prossimità o l'intersezione con aree urbanizzate o in previsione di urbanizzazione in accordo col soggetto richiedente. Si veda a tal proposito la Tavola QC07\_B1\_assetto\_idrologico che mostra i corsi d'acqua e le previsioni di urbanizzazione. Per lo studio idrologico si considera tutto il reticolo dei corsi d'acqua selezionati, comprensivo di eventuali affluenti non interferenti con le previsioni di urbanizzazione. Per la parte di approfondimento idraulico i corsi d'acqua selezionati sono modellati per i soli tratti di interferenza con le urbanizzazioni (si veda la sezione 'Selezione delle aree per approfondimento idraulico').

Per i Comuni di Casciana terme-Lari, Bientina e Calcinaia in una fase successiva ci si raccorderà con gli studi idrologico-idraulici in corso affidati dai singoli comuni.



## Dati territoriali

La valutazione degli aspetti idrologici ed idraulici viene effettuata con un approccio distribuito, finalizzato a stimare i contributi di piena ad elevato dettaglio spaziale. Non limitandosi alle sole analisi nei tratti di reticolo direttamente interferenti con le previsioni urbanistiche, ciò consente di valorizzare compiutamente il ruolo dei territori a monte di tali tratti, con particolare riferimento alle caratteristiche dei suoli, nella formazione delle onde di piena.

I dati geografici principali utilizzati, con copertura sull'intero dominio di analisi, sono quindi i seguenti:

- Modello digitale del terreno a 10m di risoluzione (fonte Regione Toscana – DG Governo del Territorio - Sistema Informativo Territoriale ed Ambientale).
- Reticolo idrografico ai sensi della L.R. 79/2012 (fonte Regione Toscana – DG Governo del Territorio - Sistema Informativo Territoriale ed Ambientale), aggiornamento 2018.
- Carta delle proprietà idrauliche dei suoli, aggiornamento 2014 (fonte SoilData & Unifi-DICeA per Regione Toscana, reperibile in [1][2]). (vedi Tavole QC07\_A1\_suoli\_capacità\_campo, QC07\_A2\_suoli\_conducibilità\_idraulica, QC07\_A3\_suoli\_capacità\_saturazione\_30, QC07\_A4\_suoli\_capacità\_saturazione\_150)
- Modello digitale del terreno a 1m di risoluzione da voli LiDAR (fonte MATTM - aree interne regione toscana, cofinanziamento e comproprietà con comuni pisani, distribuito da Regione Toscana). Il dato presenta copertura parziale sul dominio di analisi.

## Determinazione delle portate di piena per assegnati tempi di ritorno

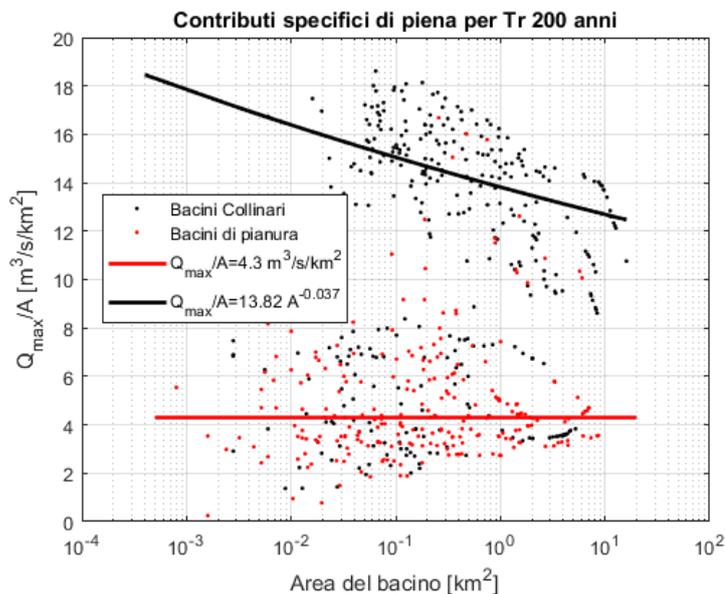
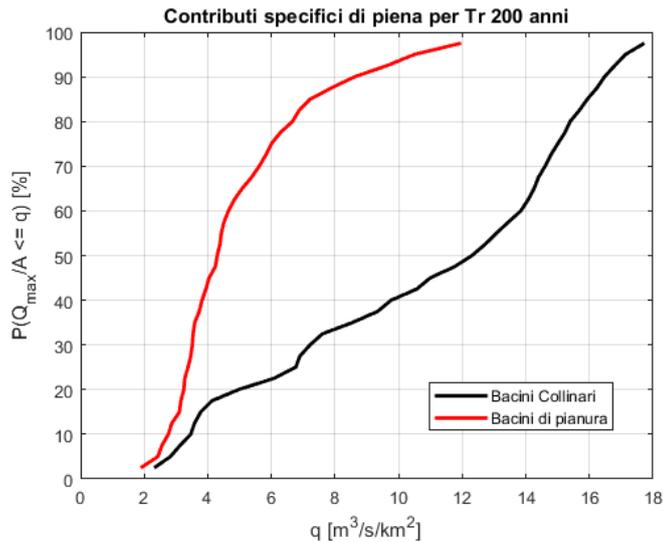
L'analisi idrologica ha come finalità primaria la stima delle portate di piena per assegnati tempi di ritorno (30 e 200) su tutti i tratti del reticolo fluviale oggetto di studio. Per i dettagli sulla metodologia di calcolo, che utilizza il modello idrologico distribuito già in uso presso il Servizio idrologico della Regione Toscana, si rimanda ad apposita Appendice.

Rispetto a studi idrologici/idraulici esistenti sul territorio intercomunale, rispetto a quali si riporta di seguito un confronto sintetico, le principali fonti di aggiornamento sono, oltre alla diversa metodologia di calcolo, le nuove carte sulle proprietà idrauliche dei suoli sopra richiamate e, rispetto agli studi antecedenti il 2012, i nuovi parametri della rappresentazione sintetico-statistica (Linee Segnatrici di Possibilità Pluviometrica) pubblicati dal Servizio Idrologico della Regione Toscana [3].

I risultati in termini di portate massime di piena sono riportati nelle Tavole (in scala



confermato dai grafici sottostanti, si osserva (come era d'altronde da attendersi) una risposta idrologica alle precipitazioni intense sostanzialmente diversa fra bacini collinari (con assetto idrografico a tracciato prevalentemente naturale) e bacini di pianura (con assetto idrografico a tracciato prevalentemente artificiale e basse pendenze).



Per i bacini collinari la variabilità dei contributi specifici è maggiore rispetto a quelli di pianura, ma per contro si riscontra (in particolare per quelli insistenti su suoli meno permeabili e quindi con risposta idrologica più accentuata) una più chiara dipendenza



del contributo specifico dall'area del bacino.

Per i bacini di pianura la dipendenza del contributo specifico dall'area del bacino non risulta statisticamente significativa, e si può quindi assumere come valore indicativo di riferimento il valore mediano (essendo la distribuzione sensibilmente asimmetrica) di  $4.3 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ .

## Impostazione e criteri generali per le verifiche idrauliche e le perimetrazioni (fase successiva)

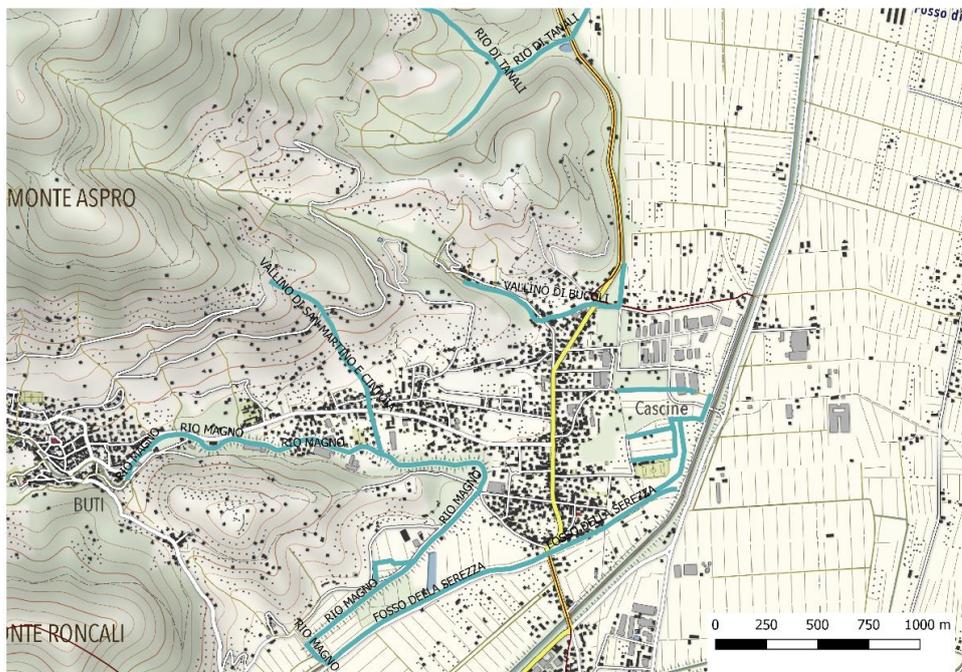
### Selezione delle aree per approfondimento idraulico

Per l'approfondimento idraulico finalizzato alla produzione di mappe di pericolosità, sono stati selezionati i corsi d'acqua dei comuni dell'Unione Valdera (ad esclusione di Bientina e Casciana Terme-Lari) che interferiscono con le aree urbanizzate o in previsione di urbanizzazione (Tavola "Assetto Idrologico").

I tratti selezionati sono qui di seguito elencati per comune e rappresentati sulle mappe.

#### 1) Comune di Buti

- Rio magno
- Fosso della Serezza
- Vallino di Bucoli
- Vallino di S. Martino e Cintoia
- Rio di Tanali

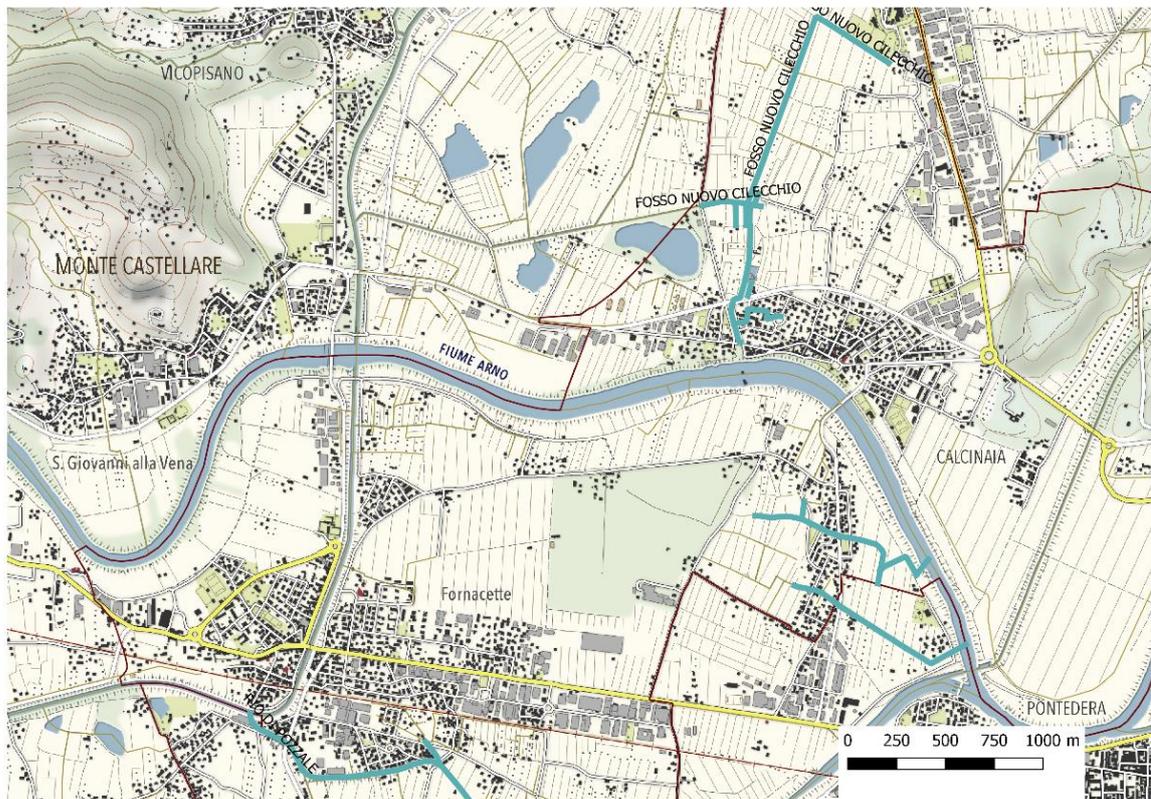




UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

- 2) Comune di Calcinaia
- Rio di Pozzale
  - fossi in località Oltrarno
  - fosso nuovo di Cilecchio



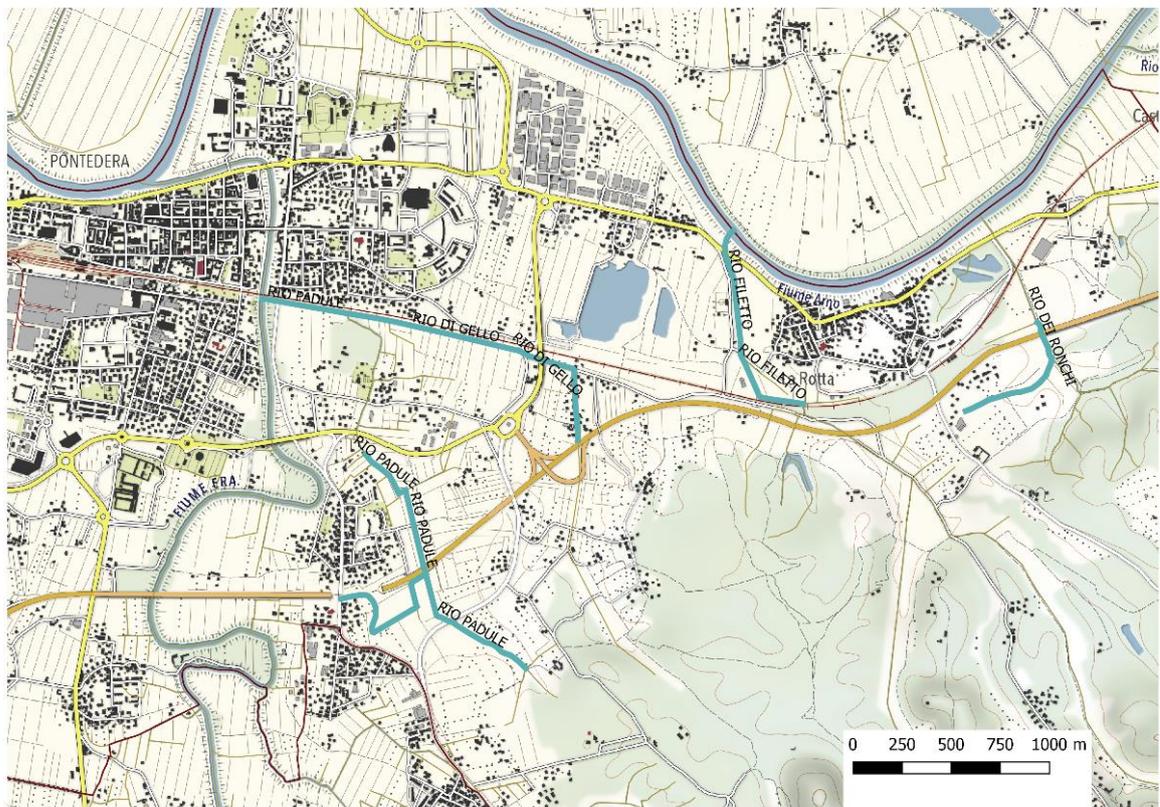


UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

### 3) Comune di Pontedera

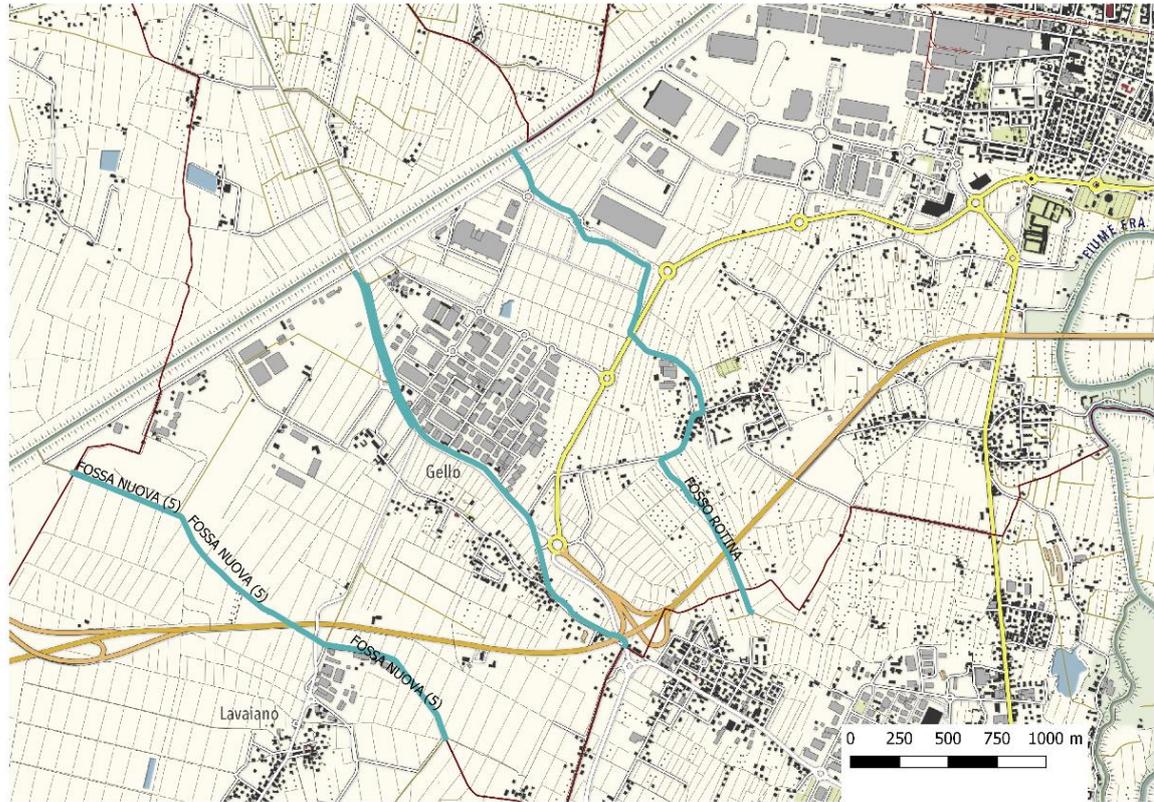
- Rio dei Ronchi
- Rio Padule
- Rio di Gello
- Fosso Rotina
- Fossa nuova





UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

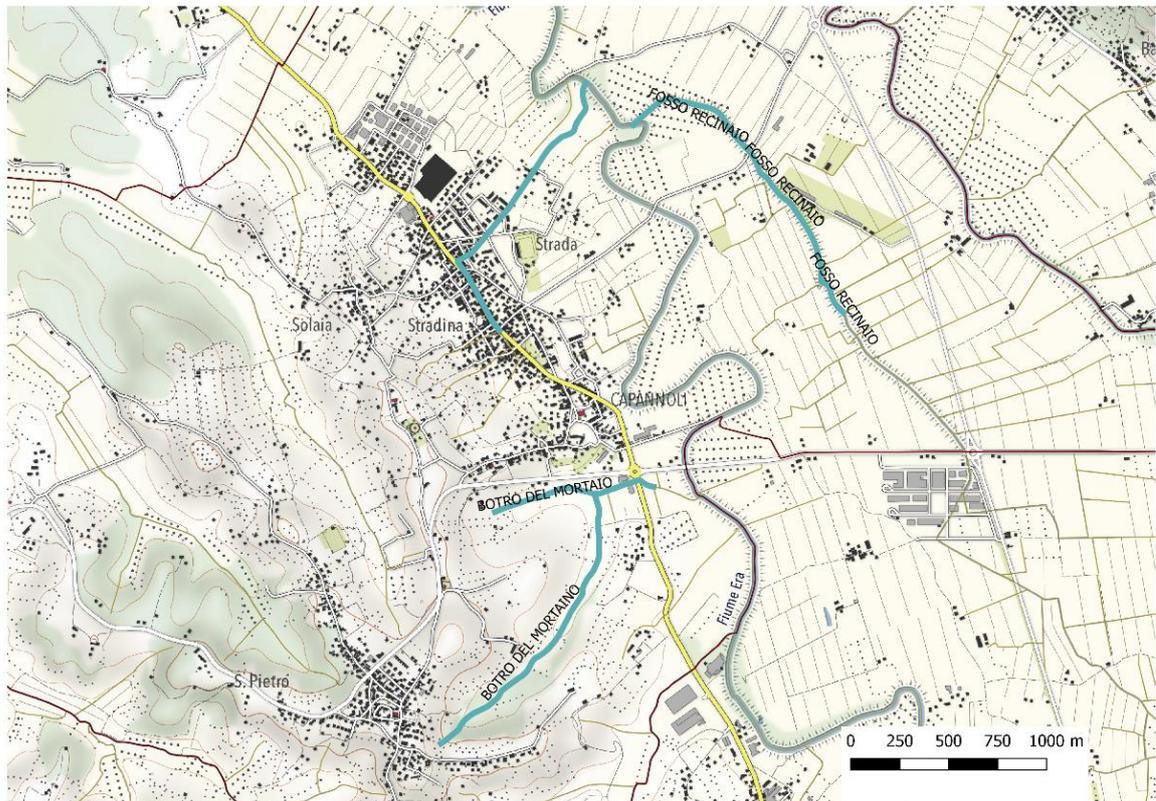




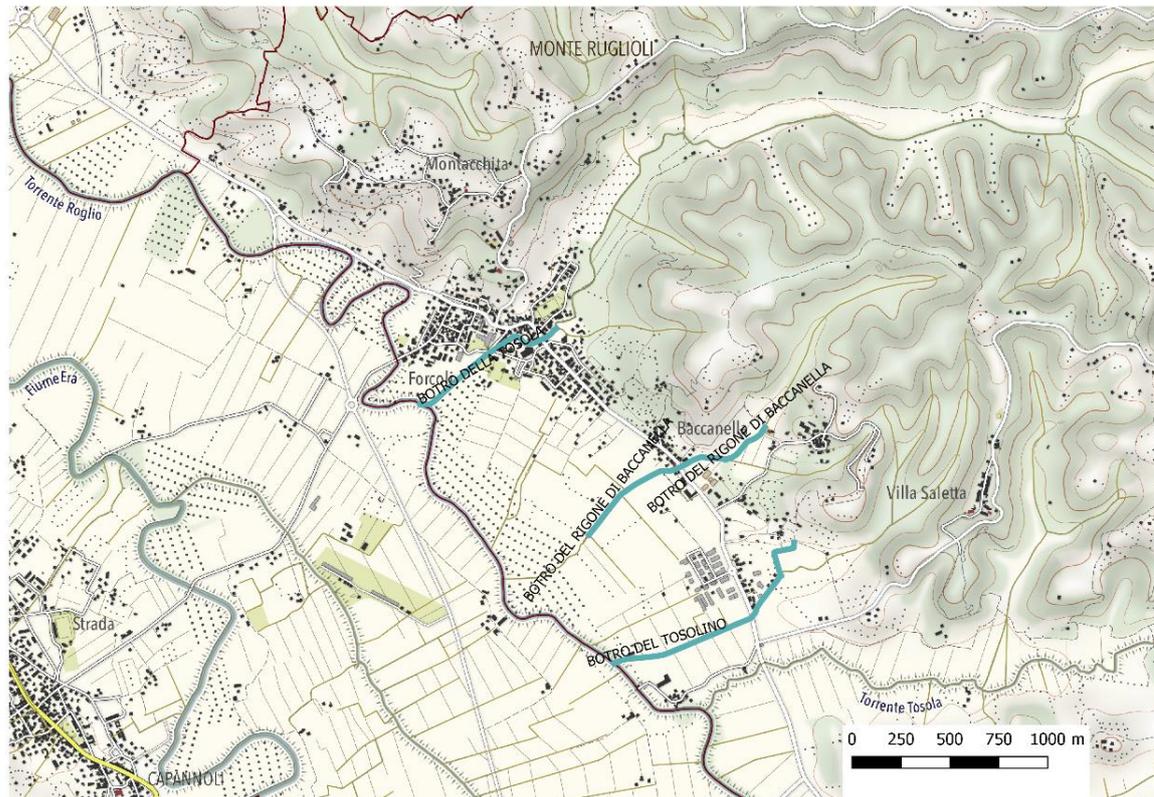
UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

- 4) Comune di Capannoli
- Botro del Mortaino
  - fosso affluente di sx Era
  - Fosso Recinaio



- 5) Comune di palaia
- Botro della Tosola
  - Botro del Tosolino
  - Botro del Rigone di Baccanella



### Metodologia

L'approccio metodologico per la perimetrazione idraulica dei tratti selezionati segue tre diversi livelli di approfondimento a seconda della disponibilità di dati territoriali e di sezioni trasversali dei corsi d'acqua.

In assenza di modello digitale del terreno derivato da LiDAR (1m risoluzione) e di sezioni trasversali si utilizza un approccio geomorfologico semplificato per la definizione della perimetrazione idraulica. Tale approccio risulta applicabile solo in corsi d'acqua naturali, non modificati da interventi antropici.

In caso di presenza di LiDAR e/o sezioni rilevate da topografo si utilizza un modello idraulico monodimensionale in moto permanente per la simulazione dei profili del corso d'acqua per i tempi di ritorno 30 e 200 anni. Per il calcolo si adotta il software **HEC-RAS** reso disponibile da *U.S. Army Corps of Engineers*



(<https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/features>).

Il solutore per il moto stazionario si basa sulla conservazione dell'energia (equazioni di de Saint Venant). Le perdite idrauliche sono valutate in funzione del coefficiente di scabrezza (equazione di Manning) e coefficienti di contrazione ed espansione. La conservazione della quantità di moto può essere applicata in caso di profili rapidamente variabili, ad esempio in presenza di risalti idraulici, ponti e confluenze fluviali.

La modellazione si svolge seguendo i seguenti passi:

- Definizione della morfologia dell'alveo;
- Definizione della scabrezza
- Definizione delle condizioni al contorno (portate di progetto)

La geometria delle sezioni per lo scopo della perimetrazione utilizza sezioni estese capaci di rappresentare oltre all'alveo di magra anche le possibili aree allagabili. Tali sezioni sono ricavate da LiDAR attraverso lo strumento **HEC-GeoRAS**, un plugin di ArcGIS che consente di preparare le geometrie del modello e di estrarre le altimetrie delle sezioni esportandolo in formato compatibile per HEC-Ras. Il plugin consente inoltre di importare i risultati della simulazione idraulica in ambiente ArcGIS come mappe di allagamento. In presenza di sezioni rilevate da topografo, esse verranno integrate e confrontate con l'altimetria LiDAR.

Per la definizione dei coefficienti di Manning in generale si utilizzeranno valori di letteratura variabili tra  $0.03 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$  (per i tratti ove è presente erba, terreno naturale) e  $0.015 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$  (dove sono presenti pareti particolarmente scabre, per esempio in cemento o in muratura in buono stato di manutenzione).

Per quanto riguarda le portate, in accordo con le indicazioni dell'analisi idrologica, si simula il deflusso del picco delle piene trentennali e duecentennali a partire dalla sezione più a monte modellata. Si ribadisce che tale valutazione è estremamente prudentiale. Infatti, tale portata competerebbe alla sezione di chiusura, mentre nelle simulazioni svolte viene invece attribuito a tutto il tratto, a partire dalla sezione di monte.

Per tratti di pianura si utilizza un approccio bidimensionale o accoppiato 1D-2D che consente di simulare l'inondazione nella pianura alluvionale. Per il calcolo si adotta il software **HEC-RAS 5.0.7**.

### Criticità emerse in fase preliminare

Il modello digitale del terreno derivato da voli LiDAR è presente sul tutto il territorio di competenza dei corsi d'acqua selezionati per l'approfondimento idraulico ad eccezione del Rio Magno a monte della confluenza col Rio degli Scassi. La zona mancante comprende gran parte dell'abitato di Buti dove il Rio Magno risulta fortemente modificato dalla presenza di infrastrutture e edificato.



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE

La presenza di tratti tombati richiede la geometria dello scatolare o del tombamento utilizzato in fase di progetto, in assenza del quale saranno necessarie ipotesi di lavoro più ampie o la riduzione della lunghezza del tratto da modellare.



## APPENDICE – Metodologia di calcolo delle portate massime di piena per assegnato tempo di ritorno

Il metodo adottato per il calcolo delle portate di piena per assegnati tempi di ritorno si basa sull'utilizzo di un modello idrologico distribuito (MOBIDIC [3][4][5][6][7]) che consente il calcolo degli idrogrammi di piena contemporaneamente su tutti i rami del reticolo idrografico della regione considerata in risposta ad eventi di pioggia di arbitraria distribuzione spaziale e temporale.

Ciò consente di non predefinire forma e durata di eventi critici per ciascun tratto fluviale, ma di simulare invece un elevato numero di eventi con pari tempo di ritorno e selezionare a posteriori come evento critico quello che genera il più elevato valore di picco di portata per ciascun tratto.

Per ciascun tratto sarà quindi disponibile l'idrogramma di piena per assegnati tempi di ritorno, ma anche potenzialmente l'idrogramma di piena in risposta ad eventi critici per altri tratti fluviali. In tale modo sono quindi anche potenzialmente valutabili le probabilità congiunte di piena in diversi tratti fluviali.

Per contro, non sono utilizzati coefficienti di ragguaglio all'area per singoli sottobacini della regione considerata. Tale rigidità può comunque ritenersi accettabile per regioni di area non superiore ai 20 kmq.

I passi fondamentali della metodologia sono:

### Impostazione dati geografici

L'impostazione dei dati geografici per la regione di interesse viene effettuata con criteri analoghi a quelli già utilizzati dal programma MOBIDIC per i calcoli di previsione in tempo reale o bilancio idrologico, al cui manuale e bibliografia si rimanda per ulteriori dettagli.

Gli elementi geografici strettamente necessari sono:

- Modello digitale del terreno in forma raster a maglia quadrata, corredato di matrice delle direzioni di deflusso.
- Reticolo idrografico in forma vettoriale semplicemente connesso (senza loop), eventualmente con più foci se la regione non coincide con un singolo bacino idrografico.
- Mappe di caratteristiche idrauliche del suolo (conducibilità idraulica a saturazione dello strato superficiale, capacità idrica totale e capacità di campo).

Sono utilizzabili, ma non strettamente necessarie, mappe su parametri legati all'uso del suolo e agli acquiferi.

## Generazione di ietogrammi di progetto per assegnati tempi di ritorno e durate variabili

Nella versione attualmente implementata gli ietogrammi vengono generati per tutte le durate multiple del passo di calcolo  $\Delta t$  fino ad un valore massimo prefissato. Ciascun ietogramma ha intensità costante nel tempo, funzione di durata e tempo di ritorno secondo la classica formulazione in termini di linea segnalatrice  $i=at^n$ , ma variabile nello spazio. In particolare si considerano variabili nello spazio i parametri  $a$  e  $n$ . Questi vengono geo-interpolati dal programma di calcolo a partire da valori puntuali corrispondenti a singole stazioni di misura o punti virtuali risultanti da altre procedure di tipo geostatistico.

### Calcolo degli idrogrammi di piena

Per ciascun ietogramma di progetto, il programma MOBIDIC calcola la risposta idrologica del bacino (vedi letteratura di riferimento) e quindi l'idrogramma di piena in ciascun ramo del reticolo.

### Selezione degli idrogrammi critici

Per ciascun ramo di reticolo, vengono automaticamente selezionati due idrogrammi critici fra tutti quelli calcolati con lo stesso tempo di ritorno: quello con massima portata al picco e quello con massimo volume di piena. Nel caso particolare in cui siano calcolati gli idrogrammi di piena con tempo di ritorno 2 anni, i volumi di piena vengono calcolati come volumi al di sopra della portata massima per tale tempo di ritorno. In tale maniera si considerano volumi derivanti sostanzialmente dai soli deflussi superficiali.

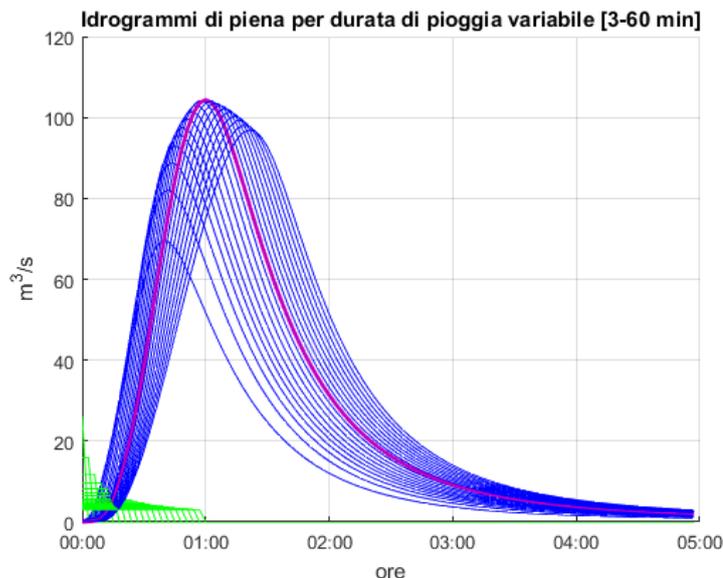


Figura A1 – Esempio dell'insieme degli idrogrammi calcolati per assegnato tempo di



*ritorno e diverse durate di pioggia. In rosso è evidenziato quello critico per massima portata al picco.*

## Riferimenti

- [1] - <http://www.regione.toscana.it/-/attivita-di-ricerca-per-la-mitigazione-del-rischio-idraulico> (consultato il 10/04/2019).
- [2] - <http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/pedologia.html> (consultato il 10/04/2019).
- [3] - <http://www.sir.toscana.it/index.php?IDS=4&IDSS=19> (consultato il 10/04/2019).
- [\$3] - Jing Yang; Dara Entekhabi; Fabio Castelli; Lloyd Chua (2014). Hydrologic response of a tropical watershed to urbanization. JOURNAL OF HYDROLOGY, vol. 517, pp. 538-546, ISSN:0022-1694.
- [\$4] - J. Yang; F. Castelli; Y. Chen (2014). Multiobjective sensitivity analysis and optimization of distributed hydrologic model MOBIDIC. HYDROLOGY AND EARTH SYSTEM SCIENCES, vol. 18, pp. 4101-4112, ISSN:1027-5606.
- [\$5] - Castillo, A.; Castelli, F.; Entekhabi, D. (2015). Gravitational and capillary soil moisture dynamics for distributed hydrologic models. HYDROLOGY AND EARTH SYSTEM SCIENCES, vol. 19, pp. 1857-1869, ISSN:1027-5606.
- [\$6] - Ercolani, Giulia; Castelli, Fabio (2017). Variational assimilation of streamflow data in distributed flood forecasting. WATER RESOURCES RESEARCH, vol. 53, pp. 158-183, ISSN:0043-1397.
- [\$7] - Ercolani, G., Chiaradia, E.A., Gandolfi, C., Castelli, F., Masseroni, D. (2018). Evaluating performances of green roofs for stormwater runoff mitigation in a high flood risk urban catchment. JOURNAL OF HYDROLOGY, vol. 566, pp. 830-845, ISSN:0022-1694.



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DICEA**  
DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA CIVILE  
E AMBIENTALE