Comune di Cascina
Provincia di Pisa

Variante di monitoraggio al Regolamento Urbanistico con contestuale Variante al Piano Strutturale

per adeguamento e ridistribuzione
dell'attuale dimensionamento di previsione

Alessio Antonelli	*Sindaco*
Giorgio Catelani, Silvia Innocenti Fernardo Piero Rosario Mellea Luca Barsotti, Alessandro Ribechini Giovanni Greco, Paola Baglini	*Assessori*

Gruppo di lavoro
Pianificazione del Territorio e lavori pubblici

Elena Pugi	*Responsabile del Procedimento*
Chiara Papucci	*Garante della Comunicazione*
Sabina Testi	*Progettista Coordinatore*
Davide Tonelli	*Progettista Coordinamento Elaborati*
Enrico Bulleri	*Progettista Coordinamento Norme*
Cristina Donati Maria Rosaria Ferrara Alice Lenzi, Anna Martini Maurizio Meini, Ilaria Novi Rosaria Ruta, Chiara Turini Massimiliano Vannini	*Gruppo di progettazione*
Olivietta Cocchiarello, Sara Fantozzi Tiziana Ghelarducci, Florio Panaiotti Chiara Papucci, Saverio Saviozzi Caterina Siega	*Supporto Amministrativo*
Hydrogeo Ingegneria per l'ambiente e il Territorio	*aspetti idraulici*
Studio Geologico Alessandro Murratzu	*aspetti geologici*
Tages Soc. Coop.	*aspetti mobilità e traffico*

RELAZIONE GEOLOGICA

ai sensi del D.P.G.R. 53/R del 25/10/2011

(con integrazioni richieste dall'Ufficio Tecnico del Genio Civile di Area Vasta Livorno-Lucca-Pisa - comunicazione PEC n.13073/2014 del 26/05/2014)

Oggetto

(sostituisce integralmente la Relazione Geologica di Marzo 2014 Stato di adozione)

data

Dicembre 2014

APPROVAZIONE



INDICE

PREMESSA 1
1 - Elaborati prodotti 5
2 - Inquadramento generale 6
3 - Sintesi delle conoscenze 7
3.1 - Piano di Bacino del Fiume Arno 8
3.2 - Recepimento PAERP 10
4 - Analisi e approfondimenti 11
5 - Elementi geologici 12
5.1 - Inquadramento generale 12
5.2 - Evoluzione paleogeografica 16
5.3 - Inquadramento fisiografico 18
5.4 - Carta Geologica (*Tavv. 1 - quadranti A-B-C-D*) 20
6 - Elementi geomorfologici 21
6.1 - Carta Geomorfologica (*Tavv. 2, quadranti A-B-C-D*) 21
7 - Aspetti idraulici 22
7.1 - Idrografia 22
7.2 - Studio idrologico – idraulico *(a cura di Hydrogeo Ingegneria per l'ambiente e il Territorio)* 23
8 - Idrogeologia 26
8.1 - Carta Idrogeologica e delle Permeabilità Superficiali (*Tavv. 3, quadranti A-B-C-D*) 27
8.2 - Carta della Vulnerabilità Idrogeologica (*Tavv. 4, quadranti A-B-C-D*) 28
8.2.1 - Subsidenza (Persistent Scatterers Interferometry - PSI) 29
8.2.2 - SISBON 33
8.3 - Azioni di tutela idrogeologica 34
9 - Elementi litologico-tecnici 34
9.1 - Carta delle indagini, dei dati di base e indagini geofisiche (*Tavv. 5, quadranti A-B-C-D*) 35
9.2 - Carta Litotecnica (*Tavv. 6, quadranti A-B-C-D*) 36
10 - Elementi conoscitivi per la valutazione degli effetti locali e di sito per la riduzione del rischio sismico 42
10.1 - Carta geologico-tecnica (*Tavv. 7, quadranti A-B-C-D*) 42
10.2 - Carta delle frequenze fondamentali dei depositi (*Tavv.8, quadranti A-B*) 44
10.3 - Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica - MOPS (*Tavv.9, quadranti A-B*) 47
11 - Valutazioni di pericolosità 48
11.1 - Aree a pericolosità geologica (*Tavv.10, quadranti A-B-C-D*) 48
11.2 - Pericolosità idraulica *(Tavv. 11, quadranti A-B-C-D)* 49
11.3 - Aree con problematiche di dinamica costiera 51
11.4 - Aree con problematiche idrogeologiche 51
11.5 - Aree a pericolosità sismica locale *(Tavv. 12, quadranti A-B-C-D)* 51

12 - Condizioni di Fattibilià.....53
12.1 - Criteri generali di fattibilità in relazione agli aspetti geologici 54
12.2 - Criteri generali di fattibilità in relazione agli aspetti idraulici 56
12.3 - Criteri generali di fattibilità per le situazioni connesse a problematiche idrogeologiche 58
12.4 - Criteri generali di fattibilità in relazione agli aspetti sismici.....58

I paragrafi 7.2 e 11.2 sono stati redatti in collaborazione con Hydrogeo Ingegneria per l'ambiente e il Territorio (Dott. Ing. Giacomo Gazzini).

PREMESSA

A seguito dell'incarico ricevuto dall'Amministrazione Comunale di Cascina (Provincia di Pisa), è stata condotta un'Indagine geologico-tecnica di supporto al piano strutturale ed al regolamento urbanistico, redatto dall'Ufficio di Piano, coordinato dal Dirigente all'Urbanistica e Edilizia Dott. Arch. Elena Pugi, in qualità anche di Responsabile Unico del Servizio.

La presente Relazione è stata redatta ai sensi del regolamento di attuazione dell'articolo 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche (Decreto del Presidente della Giunta Regionale 25 ottobre 2011 n. 53/R pubblicato nella Sezione I del Bollettino Ufficiale della Regione Toscana n. 51 del 2 novembre 2011) di supporto agli atti urbanistici suddetti.

Il nuovo piano strutturale andrà a sostituire il precedente, attualmente vigente (approvato con Decreto del Presidente della Giunta Regionale n. 43 del 06.02.1998), supportato da indagini geologico-tecniche redatte nel 1996 con una normativa previgente.

In riferimento alla sintesi delle conoscenze (realizzate ai sensi del punto 2.1-A dell'allegato A del DPGR 25/10/2011 n. 53/R-Direttive per la formazione del piano strutturale e relative varianti) le presenti indagini geologico-tecniche redatte a supporto del piano strutturale e del regolamento urbanistico comunale sono state condotte prendendo in considerazione il quadro conoscitivo derivante dal Piano per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno -per gli effetti della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n. 180/1998, con le relative fonti normative di conversione, modifica e integrazione, è stato approvato con D.P.C.M. 6 maggio 2005 (GU n. 230 del 3-10-2005), D.P.C.M. 5 novembre 1999 (GU n. 226 del 22/12/1999)-, dal Piano di Bacino Stralcio "Bilancio Idrico" dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno - adottato ai sensi dell'art.66 comma 2 del D.Lgs. 152/2006 con Delibera del Comitato Istituzionale n.214 del 20/12/2010. Le relative misure di salvaguardia sono state prorogate con Decreto del Segretario Generale n.72 del 27/12/2011-, dal Piano di Indirizzo Territoriale, dal Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Pisa, del P.A.E.R.P. della Provincia di Pisa e dalle precedenti indagini geologico-tecniche di supporto al vigente P.S..

In riferimento alle analisi ed approfondimenti (punto 2.1-B dell'allegato A del DPGR 25/10/2011 n. 53/R-Direttive per la formazione del piano strutturale e relative varianti) si è proceduto come di seguito descritto analizzando, approfondendo e modificando, ove necessario, il quadro conoscitivo esistente.

Per quanto concerne gli elementi geologici e strutturali (di cui al punto 2.1-B.1 dell'allegato A del DPGR 25/10/2011 n. 53/R), gli elementi litologico-tecnici (punto 2.1-B.2 dell'allegato A del DPGR 25/10/2011 n. 53/R), gli elementi per la valutazione degli aspetti geomorfologici (punto 2.1-B.3

dell'allegato A del DPGR 25/10/2011 n. 53/R), idrogeologici (punto 2.1-B.6 dell'allegato A del DPGR 25/10/2011 n. 53/R) e topografici (pendenza dei versanti) sono state adeguate, anche con specifici sopralluoghi e nuovi rilievi di campo in relazione ai criteri definiti dal DPGR 25/10/2011 n. 53/R, nonché utilizzando i dati del Progetto Carta Geologico-Regionale della Toscana e le banche dati disponibili di seguito indicate nella sintesi delle conoscenze, le precedenti indagini geologico-tecniche di supporto al P.S..

Per la definizione degli elementi necessari alla valutazione degli aspetti idraulici (di cui al punto 2.1-B.4 dell'allegato A del DPGR 25/10/2011 n. 53/R) sono state utilizzate come base di partenza le precedenti indagini geologico-tecniche di supporto al P.S. e i modelli idraulici e le carte di sintesi del Piano per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno, nonché le informazioni disponibili su eventi di esondazione segnalati dal Consorzio Fiumi e Fossi e dal Comune. Sono stati inoltre recepiti i risultati di uno specifico studio idrologico-idraulico integrativo per l'intero territorio comunale; studio realizzato da *Hydrogeo* in ATI con lo scrivente. L'adeguamento degli aspetti idraulici è stato svolto nel rispetto di quanto stabilito dal DPGR 25/10/2011 n. 53/R. Detto studio sostituisce integralmente le carte di pericolosità idraulica redatte precedentemente a supporto del P.S. per l'intero territorio comunale.

Per la definizione degli elementi per la valutazione degli effetti locali e di sito per la riduzione del rischio sismico (di cui al punto 2.1-B.7 dell'allegato A del DPGR 25/10/2011 n. 53/R) sono stati raccolti tutti i dati disponibili in riferimento alle precedenti indagini geofisiche e geologiche e sono state eseguite delle nuove e specifiche indagini geofisiche (per un totale di circa 864 dati disponibili). Alla luce dei suddetti approfondimenti per i centri urbani maggiormente significativi è stata redatta la carta litotecnica, quella geologico-tecnica, la carta delle frequenze caratteristiche ed infine la carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica con le modalità indicate nelle direttive del DPGR 25/10/2011 n. 53/R. In particolare, le presenti indagini geologiche hanno previsto la realizzazione di uno studio di Microzonazione Sismica (MS) di Livello 1.

A tal fine si precisa che il Comune di Cascina (PI) è stato inserito in zona sismica 3 ai sensi della Del. G.R. n. 878 del 08/10/12 (Aggiornamento della classificazione sismica della Toscana).

Nel caso specifico, vista la localizzazione del territorio comunale di Cascina (PI), non sono state riscontrate aree con problematiche di dinamica costiera (punto C.3 delle Direttive).

Le indagini geologico-tecniche sono dirette a verificare la pericolosità del territorio sotto il profilo geologico, idraulico e sismico, anche in attuazione degli atti di pianificazione sovraordinati, al fine di valutare le condizioni ed i limiti di trasformabilità, garantire e mantenere condizioni di equilibrio idrogeologico e recuperare eventuali situazioni di criticità esistenti.

In coerenza quindi al quadro conoscitivo e con i contenuti statutari del piano strutturale il regolamento urbanistico, anche alla luce dei piani sovraordinati come i piani di bacino, definisce le

condizioni per la gestione degli insediamenti esistenti e per le trasformazioni degli assetti insediativi, infrastrutturali ed edilizi.

In relazione a quanto sopra, si sono individuate le condizioni di fattibilità del nuovo regolamento urbanistico per ogni singola previsione, tenendo in considerazione la tipologia dei nuovi interventi urbanistici e le pericolosità o criticità precedentemente indicate.

La trasformabilità del territorio è infatti connessa, in modo imprescindibile, con le situazioni di pericolosità e di criticità rispetto agli specifici fenomeni che le generano e messe in chiara evidenza a livello di piano strutturale ed è connessa ai possibili effetti sia immediati che permanenti che possono essere indotti dall'attuazione delle previsioni dell'atto di governo del territorio.

Sono state quindi definite le condizioni di attuazione riferite alla fattibilità delle trasformazioni e delle funzioni territoriali ammesse. La fattibilità così elaborata fornisce indicazioni in merito alle limitazioni delle destinazioni d'uso del territorio in funzione delle situazioni di pericolosità riscontrate, nonché in merito agli studi ed alle indagini da effettuare successivamente alle prescrizioni di fattibilità a livello attuativo ed edilizio ed alle opere da realizzare per la mitigazione del rischio. Tali opere, da eseguirsi tenendo in dovuta considerazione le presenti prescrizioni di supporto al regolamento urbanistico, sono comunque da definire sulla base di studi e verifiche che permettano di acquisire gli elementi utili alla predisposizione della relativa progettazione.

Nel presente regolamento urbanistico sono inoltre disciplinate in maniera specifica le eventuali situazioni connesse a problematiche idrogeologiche o a variazioni della risposta sismica locale in funzione delle destinazioni previste.

Quanto ottenuto attraverso il confronto fra le tematiche delle pericolosità, delle situazioni connesse a problematiche idrogeologiche e sismiche con le previsioni geograficamente individuate, ha trovato veste grafica nella carta della fattibilità (in relazione agli aspetti geologici, idraulici e sismici) ricostruita, in scala adeguata, per le Aree di Trasformazione e per le altre previsioni urbanistiche localizzate e delimitate, così come per le opere pubbliche di progetto. Tale carta è un elaborato esplicativo della fattibilità del regolamento urbanistico insieme alla presente relazione, alle allegate schede di fattibilità ed alle matrici di fattibilità per gli interventi del territorio aperto e per quelli minori non precisamente ubicati e non dotati di specifica scheda urbanistica, così come previsto dalla direttiva citata (D.P.G.R. n. 53/R).

Per quanto concerne le prescrizioni di fattibilità il presente studio è stato redatto in conformità anche alla L.R. n. 21 del 21 maggio 2012 " Disposizioni urgenti in materia di difesa dal rischio idraulico e tutela dei corsi d'acqua".

La presente relazione è stata adeguata alle prescrizioni dell'Ufficio Tecnico del Genio Civile di Area Vasta Livorno-Lucca-Pisa (comunicazione al Comune di Cascina tramite PEC n.13073/2014 del 26/05/2014)

1 - ELABORATI PRODOTTI

Le indagini di carattere geologico, idraulico e sismico sono costituite dai seguenti elaborati:

- **Relazione geologica** (dicembre 2014);
- **Dati di base** (marzo 2014) n.1 CD allegato;
- Tavv.1 Carta geologica (marzo 2014) n.4 quadranti, scala 1:10.000;
- Tavv.2 Carta geomorfologica (marzo 2014) n.4 quadranti, scala 1:10.000;
- Tavv.3 Carta idrogeologica e delle permeabilità superficiali (marzo 2014) n.4 quadranti, scala 1:10.000;
- Tavv.4 Carta della vulnerabilità idrogeologica (marzo 2014) n.4 quadranti, scala 1:10.000;
- Tavv.5 Carta delle indagini, dati di base e indagini geofisiche (marzo 2014) n.4 quadranti, scala 1:10.000;
- Tavv.6 Carta litotecnica (dicembre 2014) n.4 quadranti, scala 1:10.000;
- Tavv.7 Carta geologico-tecnica (marzo 2014) n.4 quadranti, scala 1:10.000;
- Tav.7.1 Tavola delle sezioni geologico-tecniche (marzo 2014) scala 1:10.000;
- Tavv.8 Carta delle frequenze caratteristiche (marzo 2014) n.2 quadranti, scala 1:10.000;
- Tavv.9 Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica - MOPS - (dicembre 2014) n.2 quadranti, scala 1:10.000;
- Tavv.10 Carta della Pericolosità geologica (marzo 2014) n.4 quadranti, scala 1:10.000;
- Tavv.11 Carta della Pericolosità idraulica (dicembre 2014) n.4 quadranti, scala 1:10.000;
- Tavv. 11.1 Proposta di modifica del PAI (marzo 2014) n.4 quadranti, scala 1:10.000;
- Tavv.12 Carta della Pericolosità sismica (dicembre 2014) n.2 quadranti, scala 1:10.000;
- **Schede di fattibilità geologica, idraulica e sismica** (dicembre 2014);
- Tavv.13 Carta della fattibilità (dicembre 2014) n.4quadranti, scala1:10.000 /1:2000;
- **Relazione tecnica illustrativa di supporto allo studio di Microzonazione Sismica (MS) di Livello 1** (dicembre 2014);

  Allegato 1: Indagine Geofisica di sismica passiva HVSR - ESAC e sismica attiva MASW - Microzonazione Sismica;

- **Studio Idrologico-Idraulico redatto da *Hydrogeo - Ingegneria per l'ambiente e il Territorio*** *(Fascicolo a parte* - dicembre 2014)**.**

Tutta la cartografia che costituisce il lavoro condotto a supporto della Variante di Monitoraggio al R.U. con contestuale Variante al P.S. del Comune di Cascina è stata realizzata sia in formato cartaceo che digitale (GIS). Le indagini sono state condotte sull'intero territorio comunale alla scala 1:10.000, con approfondimento di alcuni tematismi (carte di fattibilità) ad una scala di maggior dettaglio (1:2.000).

2 - INQUADRAMENTO GENERALE

Il Comune di Cascina si trova nella porzione medio-occidentale del Valdarno Inferiore, nella parte orientale della più vasta pianura pisana; il corso del Fiume Arno ed i Monti Pisani ne delineano il confine nord-est, mentre i rilievi più dolci delle Colline Pisane delimitano il territorio comunale verso sud. La superficie del territorio comunale è di circa 78,7 Km^2. Nella cartografia della Carta Tecnica Regionale il territorio di Cascina rientra nelle seguenti Sezioni, in scala 1:10.000: n. 273060, n. 273070, n. 273100, n. 273110, n. 273130, n. 273140 e n. 273150.

Il territorio comunale di Cascina è contraddistinto da un'altimetria piuttosto omogenea e di poco sopra al livello del mare. Ci troviamo in corrispondenza di una vasta depressione tettonica, miocenica, in gran parte sottomarina che si è impostata lungo il bacino Pisano-Versiliese. Questa depressione è limitata a est dalla struttura positiva dei Monti Pisani, e ad ovest dalla dorsale di Viareggio.

La morfologia del territorio comunale cascianese è quella tipica delle pianure alluvionali: si tratta di una vasta area pianeggiante dominata da depositi quaternari a composizione prevalentemente sabbioso-limosa o limoso-argillosa, risultato di un vasto processo di sedimentazione in seguito agli importanti apporti alluvionali dell'Arno e del Serchio e di affluenti minori.

Peculiarità del territorio cascianese e di quello pisano attiguo è la difficile condizione di drenaggio delle acque superficiali, che ha determinato nel tempo l'insorgere di una fitta rete di canali di bonifica. Ad eccezione del corso naturale del Fiume Arno che costituisce il confine comunale settentrionale, la rete di drenaggio delle acque superficiali è infatti caratterizzata dalla presenza di canali artificiali ad andamento piuttosto regolare. I canali principali risultano scorrere da ENE a WSW, con particolare riferimento al Fosso Vecchio, Fosso Chiara, Canale Emissario di Bientina, Fosso Salaiola, Fosso Nuova e Scolmatore d'Arno, che costituisce il ricettore finale con sbocco in mare presso Calambrone. E' inoltre presente una fitta rete di canali secondari ad andamento prevalente NS che si collegano ai canali principali sopra detti e con loro costituiscono la rete drenante del territorio cascianese, fra questi possono essere menzionati la Fossa della Mariana, il Fosso del Nugolaio, il Fosso Torale, il Fosso Nuovo, il Fosso Londro, il Fosso di San Lorenzo e il Fosso di S. Maria.

3 - SINTESI DELLE CONOSCENZE

La sintesi delle conoscenze, realizzata ai sensi delle direttive per le indagini geologico-tecniche allegate al Decreto del Presidente della Giunta Regionale 25 ottobre 2011 n. 53/R, comprende la raccolta della documentazione relativa al quadro conoscitivo esistente e certificato come quello derivante dai Piani di Bacino, dal Piano di Indirizzo Territoriale, dai Piani Territoriali di Coordinamento provinciali, al fine di inquadrare le problematiche ed i vincoli presenti sul territorio e sulla cui base effettuare le successive analisi ed elaborazioni.

La sintesi delle conoscenze è stata articolata nelle seguenti attività:

- Consultazione della cartografia geologica regionale (Progetto Carta Geologico-Regionale della Toscana);
- Consultazione del Piano di Bacino redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno;
- Consultazione del Piano di Indirizzo Territoriale della Regione Toscana (P.I.T.);
- Consultazione del Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Pisa (P.T.C.P.);
- Consultazione delle Indagini geologiche di supporto alla pianificazione urbanistica del Comune di Cascina redatte dallo Studio Technogeo negli anni '90;
- Ricerca dei dati di base litostratigrafici e geotecnici presenti negli archivi comunali;
- Consultazione degli archivi della Regione Toscana, in particolare della Banca Dati del sottosuolo e della Banca Dati Geotermia (LaMMA), della Banca Dati indagini geotematiche (BDIG) e della Banca Dati stratigrafica della Toscana (SIRA);
- Sistema Informativo Territoriale della Provincia di Pisa (S.I.T.);
- Studi di fotointerpretazione effettuati su foto in visione stereoscopica dei voli presenti presso la Regione Toscana;
- Ricerca bibliografica riguardante studi di carattere geologico in senso lato aventi ad oggetto il territorio comunale- Università degli Studi di Firenze- Università degli Studi di Pisa;
- Consultazione della Banca dati del Ministero dell'Ambiente - geo-portale nazionale - *Persistent Scatterers Interferometry (PSI) per aree in subsidenza*;
- Consultazione portale SISBON - Sistema Informativo Siti interessati da procedimento di Bonifica "http://sira.arpat.toscana.it"
- Consultazione della Banca dati Acque Ingegneria- Pisa;
- Consultazione Banca dati del Servizio Geologico d'Italia (ISPRA - Istituto Superiore per la

Protezione e la Ricerca Ambientale), archivio *'Indagini del sottosuolo'* (L. 464/84);

- Consultazione della Banca dati ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale - *Carta Geologica d'Italia- Banca dati nazionale dei Sink Hole- Banca dati Geofisica- Banca dati archivio nazionale delle indagini del sottosuolo L. 464/84- Progetto Ithaca- Banca dati sondaggi profondi*;
- Consultazione della Banca dati Progetto VIDEPI-UNMIG Ministero per lo Sviluppo Economico- *Sismica ricognitiva- Profili finali di pozzo*;
- Consultazione della Banca dati UNMIG Ministero per lo Sviluppo Economico- *Area interesse geotermia*;
- Consultazione del Sistema Informativo Territoriale della Provincia di Pisa, servito per un ulteriore aggiornamento dei dati di base, in particolare relativamente alle stratigrafie dei pozzi- PAERP;
- Banca dati del Consorzio di bonifica "Ufficio dei Fiumi e Fossi".

Di seguito si riportano gli approfondimenti di alcuni tematismi elencati all'interno della sintesi delle conoscenze.

3.1 - Piano di Bacino del Fiume Arno

Per quanto riguarda il Piano di Bacino del Fiume Arno si è proceduto alla consultazione ed all'adeguamento della cartografia del Piano di Bacino relativamente alle problematiche di natura idrogeologica ed in particolare quella relativa allo *Stralcio "Assetto Idrogeologico", Stralcio "Bilancio Idrico" e Stralcio "Riduzione del Rischio Idraulico".*

Stralcio "Assetto Idrogeologico" (strumento per l'individuazione delle aree a pericolosità idraulica e da frana, e impone agli strumenti pianificatori locali vincoli e condizioni per l'analisi del territorio).

Il Piano di Bacino del Fiume Arno stralcio assetto idrogeologico, redatto ai sensi e per gli effetti della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n. 180/1998, con le relative fonti normative di conversione, modifica e integrazione, è stato approvato con D.P.C.M. 6 Maggio 2005 (GU n. 230 del 3-10-2005).

Esso ha valore di piano sovraordinato territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo.

Il PAI, attraverso le proprie disposizioni persegue, nel rispetto del patrimonio ambientale, l'obiettivo generale di garantire livelli di sicurezza adeguati rispetto ai fenomeni di dissesto idraulico e

geomorfologico in atto o potenziali.

Stralcio "Bilancio Idrico" (strumento per la definizione delle condizioni di criticità della risorsa idrica superficiale e sotterranea, e per l'imposizione di vincoli di sfruttamento sostenibile della stessa)

Il Piano di Bacino del Fiume Arno, Stralcio Bilancio Idrico è stato adottato ai sensi dell'art.66 comma 2 del D.Lgs. 152/2006 con Delibera del Comitato Istituzionale n.214 del 20/12/2010. Le relative misure di salvaguardia sono state prorogate con Decreto del Segretario Generale n.72 del 27/12/2011.

Il bilancio idrico, definito alla scala del bacino idrografico, è espresso dall'equazione di continuità dei volumi entranti, uscenti ed invasati nel bacino superficiale e idrogeologico, al netto delle risorse necessarie per la conservazione degli ecosistemi acquatici ed dei fabbisogni per i diversi usi.

È l'indispensabile strumento conoscitivo su cui fondare la gestione della risorsa idrica nonché la base scientifica sulla quale costruire, all'interno dei piani di tutela, le analisi, gli studi previsionali e le strategie volte al perseguimento degli obiettivi di qualità e più in generale i programmi e le azioni di governo del territorio.

Fornisce inoltre gli strumenti per la regolazione amministrativa dei prelievi, sia superficiali che sotterranei, in un quadro tecnico chiaro ed unitario.

Stralcio "Riduzione del Rischio Idraulico" (strumento per la valutazione del rischio alluvionale su asta dell'Arno e principali affluenti, e per la individuazione delle strategie di intervento per la sua mitigazione).

Il piano di bacino del fiume Arno, stralcio Riduzione Rischio Idraulico è stato approvato con D.P.C.M. 5 Novembre 1999 (GU n. 226 del 22/12/1999), con le relative fonti normative di conversione, modifica e integrazione. Il Piano prevede, nell'arco di tempo complessivo di 15 anni, il raggiungimento degli obiettivi individuati dal piano, tesi al miglioramento del regime idraulico ed idrogeologico nel bacino, mediante l'attuazione degli interventi strutturali e non strutturali previsti nel piano medesimo.

Si è quindi proceduto alla verifica della coerenza tra il quadro conoscitivo della Variante al piano strutturale in corso di formazione ed il Piano di Bacino.

Vista la precedente strumentazione urbanistica comunale e gli estesi problemi di ristagno e di rischio idraulico che contraddistinguono il territorio cascianese, è stato necessario aggiornare gli elaborati costituenti il quadro conoscitivo del piano strutturale e la cartografia del Piano di Bacino relativi alla pericolosità idraulica attraverso la redazione di uno specifico studio idraulico per l'intero territorio comunale, redatto dallo studio Hydrogeo a cui si rimanda per ulteriori dettagli.

3.2 - Recepimento PAERP

Con delibera 67 del 04/12/2012 è stato approvato il Piano delle Attività estrattive, di recupero delle aree escavate e riutilizzo dei residui recuperabili della Provincia di Pisa (PAERP) relativo al III stralcio territoriale (Comuni di Buti, Calci, Cascina, Pisa, San Giuliano Terme, Vecchiano, Vicopisano), redatto ai sensi degli articoli 7, 8 e 9 della L.R.T. 78/1998 e articolo 10 della L.R.1/2005.

Ai sensi della L.R. 78/1998, art.10 e delle Norme del PAERP art.2, comma 2, i comuni di cui sopra, tra i quali risulta elencato anche il Comune di Cascina, devono recepire il piano in parola nel proprio regolamento urbanistico.

Di conseguenza si rende oggi necessario recepire gli elementi conoscitivi relativi alle risorse estrattive e di giacimenti oltre alle prescrizioni localizzative del PAERP quale aggiornamento del quadro conoscitivo del piano strutturale in quanto adottato prima dell'entrata in vigore del PAERP e definire i contenuti del regolamento urbanistico in materia di cave e torbiere, di recupero di cave dismesse o in abbandono e di riutilizzo dei residui recuperabili, attraverso una specifica disciplina del R.U. stesso a seguito dell'approvazione del PAERP.

L'adeguamento alle prescrizioni localizzative del PAERP è conseguente ad un processo di valutazione volto alla verifica delle esigenze effettive di utilizzazione della risorsa articolando temporalmente l'apertura di nuovi siti e le relative e conseguenti problematiche, impatti e reciproche interrelazioni sulle altre risorse disponibili.

Si tratta di prescrizioni localizzative individuate dal PAERP sulla base delle risorse e dei giacimenti individuati a livello regionale, secondo specifiche valutazioni di fabbisogno; pertanto la Provincia di Pisa, nell'ambito del proprio ruolo di garante del proprio contributo alla formazione del quadro potenziale di disponibilità della risorsa regionale da una parte e dall'altra a garanzia di una corretta verifica di tutti gli effetti conseguenti ad attività di escavazione, ha recepito le risorse e i giacimenti della regione, che pertanto dovranno essere recepite a sua volta nei Regolamenti Urbanistici cui compete una disciplina di maggior dettaglio, sulla base di un quadro conoscitivo di livello comunale. In particolare per il territorio di Cascina i siti inseriti all'interno del PAERP (individuati secondo il Codice PAERP) sono i seguenti:

Prescrizioni localizzative di Cave e Bacini nel III stralcio

Codice PAERP	Località	Litotipi	Area	Volume netto mc
708 II 6	Nugolaio	Argille e sabbie	614.414	4.819.447
708 3 6	Alessandrini 1	Argilla	99.886	
708 5 6	Le sedici	Argilla	139.282	887.040
708 6 6	Merli	Sabbia	91.352	734.054
708 7 6	Sant'Anna e San Francesco	Sabbia	200.509	1.711.526

Siti di cava abbandonati nell'area del III stralcio, suscettibili di ripristino.

Codice PAERP	Località	Litotipi	Area	Volume escavato approssimato per difetto mc	Volume teoricamente recuperabile mc
151	Vagelli	Sabbia	8.770	44.666	13.400
152	Pioppacci	Sabbia	17.575	115.093	34.528
153	Vecchi 1	Argilla	15.431	93.565	28.069
154	Vecchi 2	Argilla	5.992	11.615	3.485
155	Ronducci 1	Argilla	27.593	167.308	50.192
156	Ronducci 2	Argilla	9.993	52.107	15.632
157	Ronducci 3	Argilla	6.961	22.788	6.836
158	Ronducci 4	Argilla	17.394	73.828	22.148
180	Pozzale	Argilla e sabbia	18.215	123.704	37.111
181	Burello	Argilla e sabbia	5.272	15.361	4.608
182	Chiara	Argilla e sabbia	24.143	228.409	68.523
183	La Pieve	Argilla e sabbia	10.446	59.537	17.861
184	Pioppacci 2	Argilla e sabbia	6.530	27.716	8.315

Nell'Allegato 5bis del PAERP sono contenute le schede quadro conoscitivo delle cave abbandonate da ripristinare sopra tabellate.

Per ulteriori approfondimenti e valutazioni specifiche si rimanda alle tavole dedicate del nuovo PS ed alle schede di fattibilità ed abaco allegati al presente studio.

4 - ANALISI E APPROFONDIMENTI

Successivamente alla raccolta ed all'analisi dei dati esistenti riferiti alla sintesi delle conoscenze, sono stati effettuati approfondimenti di carattere geologico strutturale, geomorfologico, idrogeologico, geotecnico e sismico, al fine di aggiornare ed integrare le conoscenze riguardanti l'intero territorio comunale come specificato in premessa.

Si è anzitutto proceduto ad un rilevamento di carattere geologico, litostratigrafico, geologico-strutturale e geomorfologico basato sulla cartografia geologica regionale, supportato da un accurato lavoro di fotointerpretazione eseguita su fotogrammi relativi a vari voli effettuati negli ultimi 10 anni, reperiti presso l'Archivio foto-cartografico della Regione Toscana ed a verifiche dirette di rilievo geologico in situ.

Relativamente agli approfondimenti degli aspetti di carattere idraulico (peraltro i più significativi per il territorio comunale di Cascina) si rimanda allo specifico studio idrologico-idraulico

redatto da ***Hydrogeo** Ingegneria per l'ambiente e il Territorio.*

Relativamente agli aspetti sismici le indagini geologico-tecniche hanno previsto la realizzazione di uno studio di Microzonazione Sismica (MS) di Livello 1, in ottemperanza a quanto previsto dal Regolamento 53/R, facendo riferimento all'Allegato A, punto 2.1- B.7 e C.5, finalizzato ad evidenziare gli elementi prioritari per la valutazione degli effetti locali e di sito per la riduzione del rischio sismico e scaturito nella realizzazione della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS).

Per questo studio sono stati acquisiti tutti gli elementi necessari (circa n. 864 indagini disponibili) per una corretta e puntuale ricostruzione e rappresentazione del modello geologico-tecnico di sottosuolo, sia in termini di geometrie e spessori delle litologie presenti, che in termini di parametrizzazione dinamica del terreno, principalmente effettuando una specifica campagna geofisica che ha previsto la realizzazione di n. 41 misure di sismica con tecnica a "stazione singola", n. 2 misure di sismica passiva acquisite con array bidimensionali elaborate in modalità ESAC e n. 8 misure di sismica attiva acquisita con array monodimensionale e tecnica MASW.

Gli approfondimenti si sono concretizzati nella realizzazione di tematismi di carattere geologico, geomorfologico, idrogeologico, litotecnico, geologico-tecnico, geofisico, sismico, ed idraulico rappresentati mediante cartografie alla scala 1:10.000 per il territorio comunale sia in forma cartacea che digitale (GIS).

5 - ELEMENTI GEOLOGICI

5.1 - Inquadramento generale

Il territorio comunale di Cascina è posto nel Valdarno Inferiore all'interno della pianura pisana. Si tratta di una porzione del sistema di bacini distensivi Neogenici (*Martini & Sagri 1993; Pasquinucci, 2005*) formatisi in conseguenza dell'apertura del Mar Tirreno, e colmati con depositi pre-Quaternari e Quaternari (*Ghelardoni et al., 1968; Mariani & Prato, 1988; Cantini e al., 2001, Pascucci et al., 2001*). In particolare ci troviamo all'interno del bacino sedimentario di Pisa-Viareggio (*Mazzanti, 2000*) originatosi, fin dal tardo Tortoniano, dal riempimento del sistema di semi-graben (*Mariani e Prato, 1988; Nagi & Pascucci, 2002*) posto lungo il margine tirrenico. Come già accennato in precedenza, questa depressione è limitata a est dalla struttura positiva dei Monti Pisani e ad ovest dalla dorsale di Viareggio.

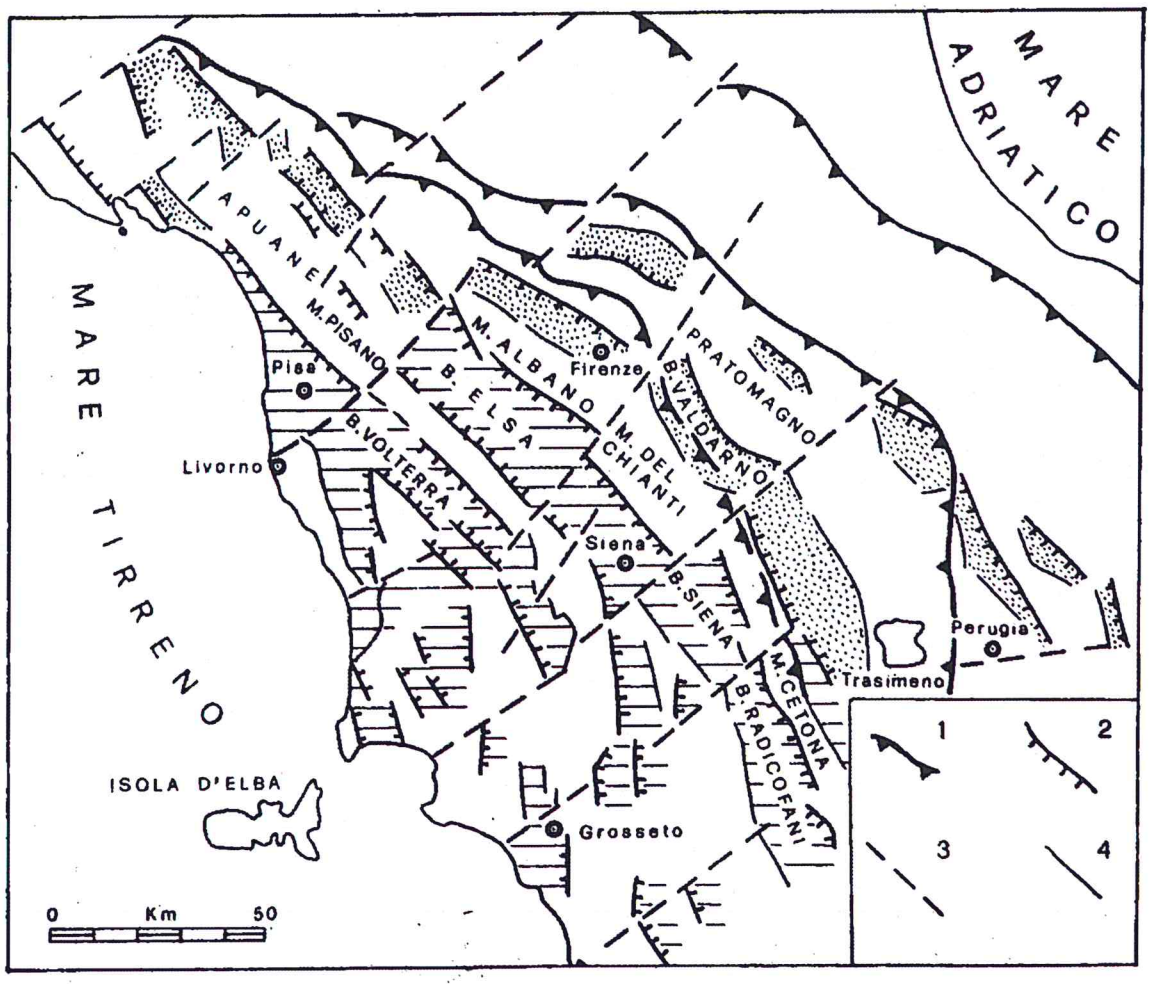


Fig. 1 - I principali bacini neogenici dell'Appennino settentrionale. Il rigato orizzontale indica i bacini mio-pliocenici con sedimenti marini e continentali; il puntinato indica quelli plio-pleistocenici con depositi fluvio-lacustri. 1: principali fronti di accavallamento. 2: faglie bordiere principali. 3: linee tettoniche trasversali. 4: faglie bordiere minori (da Sagri & Magi, 1992).

Studi più recenti segnalano la probabile presenza di una faglia diretta sepolta comunque non attiva né capace in base ai dati ufficiali del progetto ITHACA, di età tardo pleistocenica, attribuibile al sistema di faglie distensive a direzione SE-NW chiamato Meloria-Bientina. Tale faglia sepolta borda il settore sud-orientale dei Monti Pisani causando la depressione tettonica compresa tra i monti stessi e il rilievo delle Cerbaie (*Cantini ed al., 2000*).

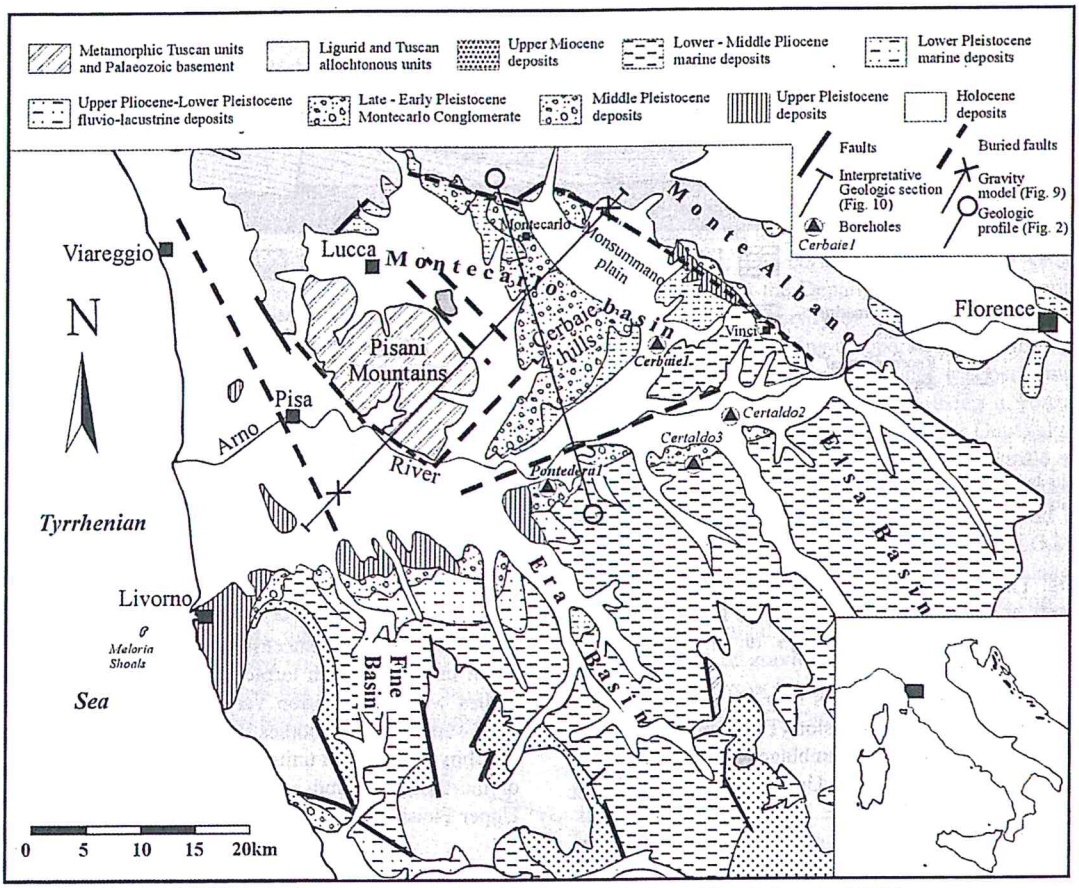


Fig. 1a Schema geologico Valdarno Inferiore (Cantini e al., 2000)

Il bacino di Pisa-Viareggio include un considerevole spessore di depositi in successione stratigrafica dal Neogene al Quaternario. La successione quaternaria della pianura Pisana è stata suddivisa in n. 3 unità tettonico-stratigrafiche (*substrato inferiore, medio e superiore*).

Sondaggi profondi eseguiti nella pianura, hanno portato alla luce il substrato profondo sul quale è avvenuto il riempimento sedimentario (*Fancelli et all. 1986*). Si tratta del "tetto" delle successioni litologiche pre-mioceniche, ricostruite grazie a sondaggi profondi e mediante rilievo sismico a riflessione (*Ghelardoni & Alii, 1968*), costituito dalla parte bassa della falda Toscana; possiamo quindi dedurre che il substrato profondo non sia altro che la Serie Toscana che si immerge sotto la pianura.

I sedimenti che riempiono la depressione tettonica del bacino di Pisa-Viareggio, sono stati suddivisi in due Sequenze successive (*Fancelli et all. 1986*); quella più profonda, definita *substrato intermedio*, comprendente sedimenti che dal Miocene superiore raggiungono la fine del Pleistocene inferiore (terreni che affiorano sulle Colline dei Monti Livornesi e sui Monti di Casciana Terme). Esso

poggia in discordanza sul substrato profondo e ha alla base un livello di conglomerati sabbiosi che prosegue con un'alternanza di spessi banchi di argille azzurre e sabbie gialle.

La sequenza del *substrato superiore* è costituita da sedimenti successivi al Pleistocene inferiore, deposti in presenza di variazioni del livello del mare e di mutazioni del regime dei fiumi, il cui trasporto solido cambiava, in seguito alle variazioni del clima, sia nella sua entità che nella granulometria dei clasti, questi sedimenti possono essere sintetizzati dalla base a tetto come segue:

- *Argille e sabbie marine poco profonde:* questa unità individuata tra circa 86 m e 100 m di profondità dal livello del mare è attribuibile al Pleistocene inferiore;
- *Conglomerati dell'Arno e del Serchio da Bientina*: Questa unità individuata per la prima volta da Sagri 1955 è considerata un livello guida stratigrafico e idrogeologico per la pianura pisana, si attesta a profondità comprese tra 15 e 145 m sotto il livello del mare ed è la testimonianza di un momento paleoclimatico, marcato dall'intensa azione erosiva e di trasporto di materiali ghiaiosi ad opera dei fiumi della pianura. Nell'area cascianese questa formazione si estende con continuità alla profondità di circa 50 m di profondità. I Conglomerati dell'Arno e del Serchio da Bientina, sono costituiti da ciottoli delle formazioni affioranti sui Monti Pisani e sono sede di un importante acquifero artesiano attualmente molto sfruttato. Si ritiene che l'apporto dei clasti più grossolani di questi conglomerati siano dovuti al trasporto del Serchio mentre le acque dell'Arno avrebbero fornito un contributo clastico più fine;
- *Limi fluvio-palustri:* questi depositi che sovrastano i Conglomerati dell'Arno e del Serchio da Bientina sono stati messi in relazione con un forte decremento dell'attività fluviale, sono infatti caratterizzati da una notevole diminuzione delle dimensioni dei clasti rispetto a quelle della formazione sulla quale poggiano;
- *Calcareniti e sabbie dell'isola di Coltano e Sabbie e limi di Vicarello:* queste due unità, interpretate come depositi eolici e fluviali, affiorano localmente nella pianura pisana. In particolare nel territorio del Comune di Cascina si individuano pochi affioramenti delle *Sabbie e Limi di Vicarello (QVC)* nel quadrante di SE;
- *Limi di pianura alluvionale:* questa unità contraddistingue una porzione significativa della pianura pisana, con spessori che si aggirano intorno ai 30 m (Della Rocca et al., 1987) e attribuibili all'Olocene. L'intero territorio comunale cascianese è dominato dall'affioramento di questa unità (*b*).

5.2 - Evoluzione paleogeografica

Nel Miocene superiore, con l'istaurarsi del regime tettonico disgiuntivo, si formano depressioni bacinali e sollevamenti tettonici delimitati da faglie dirette, parallele alla neo-formata catena appenninica; la regione viene interessata da una trasgressione marina testimoniata dai sedimenti che oggi costituiscono le colline pisane. Si formano i depositi conglomeratici ai quali seguono argille lagunari, quindi sedimenti evaporitici con strati di gesso intercalati alle argille ed infine sabbie argille e conglomerati depositati in un bacino ristretto e con acque poco profonde.

Nel Pliocene inferiore, si ha una più intensa subsidenza che determina una trasgressione marina più estesa (*Baldacci et all., 1995*), i depositi di questa fase arrivano ad appoggiare direttamente sulle rocce del substrato profondo. La sedimentazione inizialmente di tipo argilloso evolve in facies sabbiosa. In questo periodo fino al Pliocene medio la Toscana ad ovest di Cecina e a nord di Volterra è completamente sommersa dal mare ed emergerà solo nel Pliocene superiore grazie ad un sollevamento epirogenetico.

Nel Pliocene medio si verifica una regressione che si conclude nel Pliocene superiore con la completa emersione del Valdarno Inferiore. Con la regressione del mare, si verificano le condizioni che provocano la completa erosione dei depositi marini del Pliocene superiore. Sulle terre emerse inizia a svilupparsi l'idrografia tirreno vergente e si prefigura il sistema idrografico Arno - Serchio (*Federici & Mazzanti, 1988*); si intuisce infatti, la presenza di un corso d'acqua ad est dei Monti Pisani che si congiunge con un antico Arno.

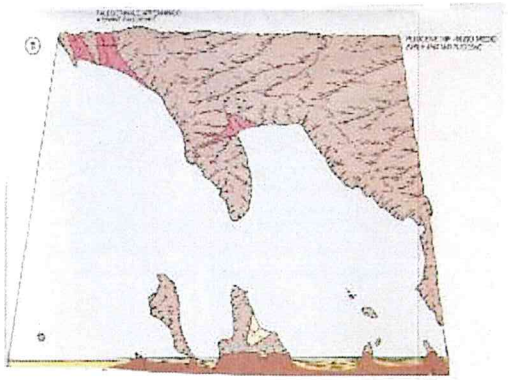


Fig. 2 Paleo-geografia fine Pliocene Inferiore
Inizio Pliocene Medio (*Federici & Mazzanti, 1988*)

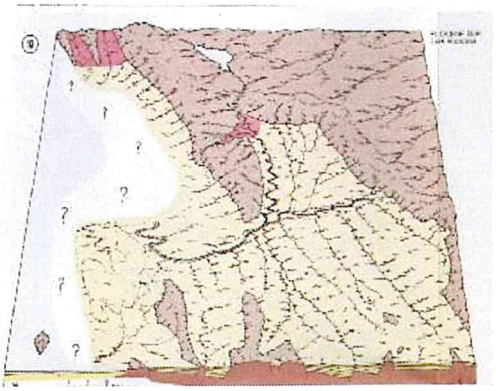


Fig. 3 Paleo-geografia Pliocene Superiore
(*Federici & Mazzanti, 1988*)

Trasgressioni e regressioni marine hanno ripetutamente, negli ultimi 13 milioni di anni, cambiato il regime di sedimentazione fino ad alcune decine di chilometri verso l'entroterra, dall'attuale linea di costa, mentre gli apporti solidi di Arno e Serchio hanno progressivamente ridotto l'ampiezza delle lagune, lagune salmastre ed aree umide dolci, inizialmente molto estese, re-incidendo

ciclicamente i propri sedimenti con meandri, ramificazioni ed alvei deltizi relativamente effimeri (spesso anche alla semplice scala temporale dei decenni).

La presenza nel sottosuolo della pianura pisana dell'orizzonte dei conglomerati dell'Arno e Serchio da Bientina, orizzonte il cui tetto si immerge da Calcinaia (profondità circa 40 m) fino all'attuale linea di costa (profondità oltre cento metri), è il testimone di un momento paleoclimatico, marcato dall'intensa azione erosiva e di trasporto materiali ghiaiosi ad opera dei fiumi della pianura, durante l'anaglaciale Wurm II (40.000 anni fa) cioè durante una fase di regressione che porterà la pianura di Pisa 15 Km più ad ovest rispetto all'attuale limite

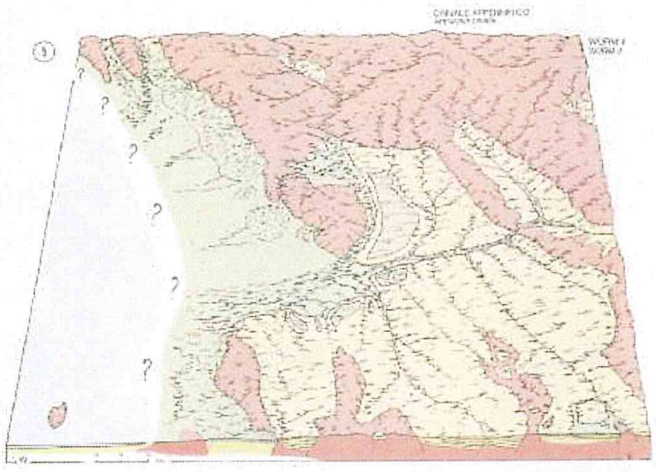


Fig. 4 - Paleo-geografia Würm II (0,06-0,04 ma) (Federici & Mazzanti, 1988)

Al di sopra di tali conglomerati si trovano i limi fluviopalustri, corrispondenti ad un forte calo del trasporto fluviale. I limi fluviopalustri sono a loro volta coperti dalle sabbie eoliche che indicano una fase climatica con tendenza ad ulteriore diminuzione della piovosità. Terminato l'episodio di sedimentazione del Wurm II (spessore dei sedimenti circa 100 m) ha inizio un ciclo di erosione che produsse profondi solchi fluviali nella pianura pisana durante l'anaglaciale Wurm III.

Nell'Olocene si ha la fine della glaciazione Wurmiana con la conseguente trasgressione marina che porta il mare, tra il 6.000 a.c e il 5.000 a.c, a lambire il piede dei monti d'oltre-serchio per poi regredire fino al livello attuale.

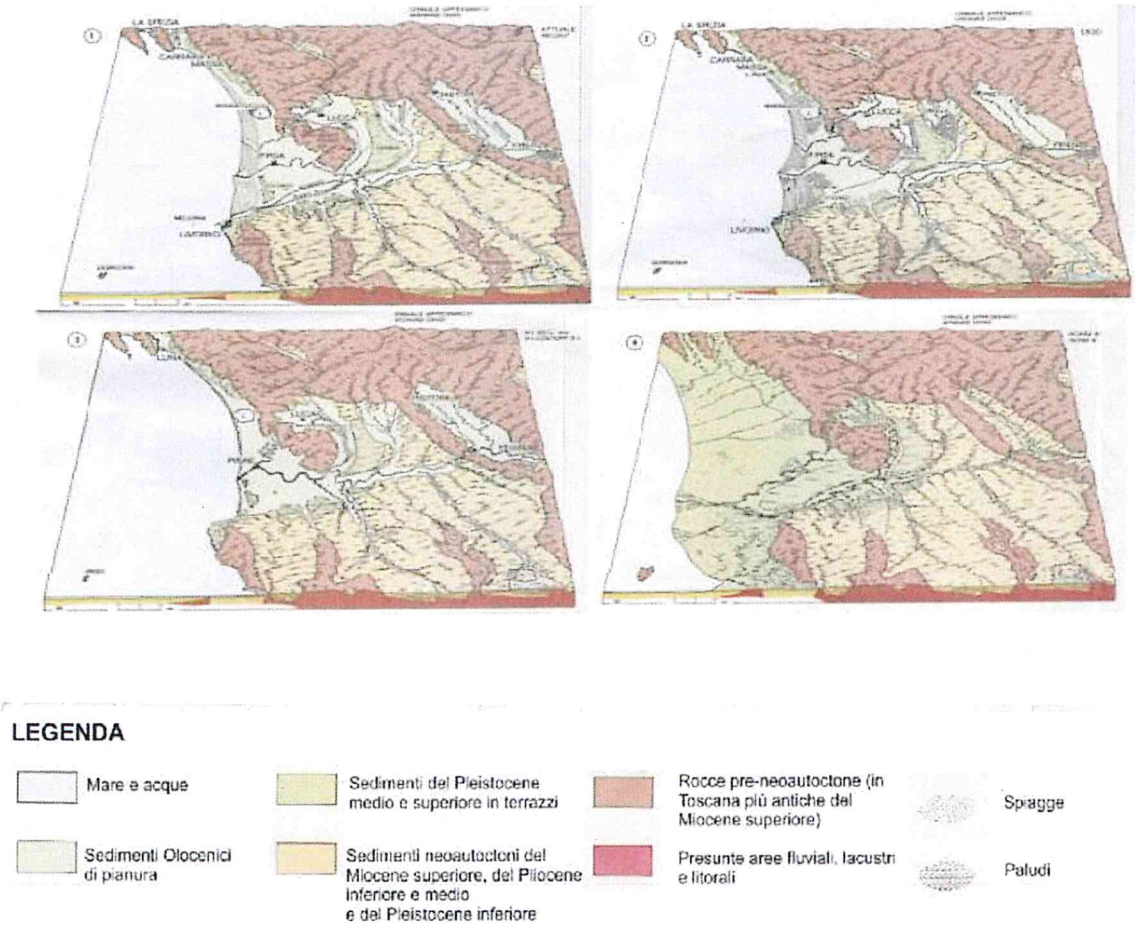


Fig.5 - Paleo-geografia dal Würm III (0,04-0,02) all' Olocene (Federici & Mazzaznti, 1988)

5.3 - Inquadramento fisiografico

Nella pianura pisana confluiscono i due importanti sistemi idrografici dell'Arno e del Serchio, le cui aree di drenaggio sono per lo più confinate entro argini artificiali. Si configurano, inoltre, altre aree di drenaggio naturale e artificiale in parte frapposte ai corsi dell'Arno e del Serchio, ma da essi indipendenti, definibili nel loro insieme come "Bacino idrografico della Pianura di Pisa". La pianura pisana ha una forma a ventaglio e si restringe notevolmente dalla costa verso l'interno, fino alla sezione di confluenza della Valle di Bientina in quella dell'Arno. A Cascina e nelle aree limitrofe, la piatta superficie alluvionale raggiunge quote massime appena intorno ai 15 metri s.l.m.; le deboli pendenze favoriscono vasti ristagni d'acqua e la tendenza alla formazione di nuove aree paludose, nonostante le opere di canalizzazione e di bonifica effettuate nel corso dei secoli.

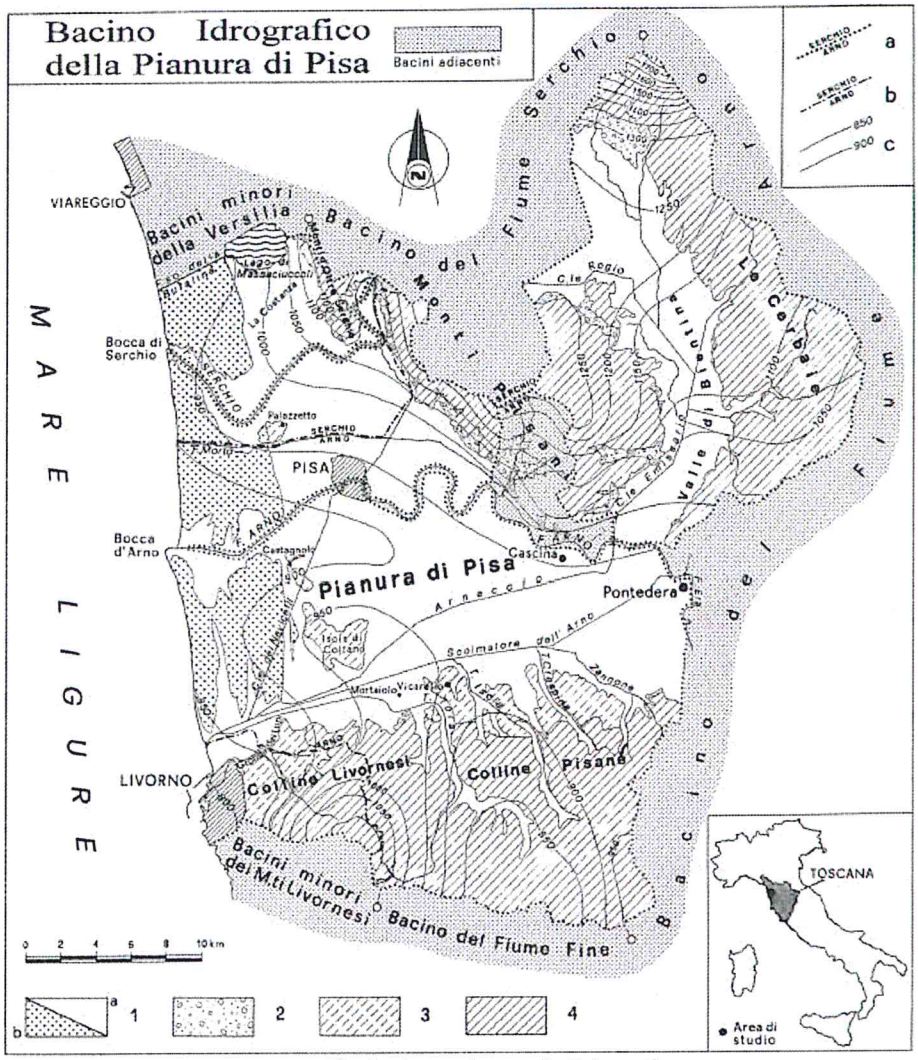


Fig.6 - Inquadramento fisiografico

Il territorio di Cascina ha una forma trapezia e si colloca a sud del corso dell'Arno nella parte centro-meridionale della pianura pisana, il suo territorio si restringe ad E tra i Monti Pisani, e la Valle di Bientina e si allarga ad ovest tra il corso dell'Arno e quello dello Scolmatore. Esso rappresenta il risultato di un vasto processo di sedimentazione, in epoche geologiche recenti (Pleistocene-Olocene), da parte dei due corsi d'acqua principali: l'Arno e il Serchio, che si univano in prossimità dell'abitato di Cascina. Il Paleoserchio che proveniva dalla Valle di Bientina, ha subito poi una migrazione plano-altimetrica dell'alveo, durante il colmamento della Pianura pisana, questa migrazione verso la sua attuale direzione (verso Filettole e Vecchiano) può essere attribuita sia ad un basculamento tettonico del suo substrato (*Della Rocca et al., 1987*), sia ad una maggiore "spinta sedimentaria" da parte degli affluenti di destra originati dai Monti Pisani, rispetto a quella degli affluenti di sinistra originati dalle Colline livornesi-pisane (*Baldacci, 1999*).

Gli apporti alluvionali di Arno e Serchio insieme (*Conglomerati di Arno e Serchio da Bientina*) risultano piuttosto grossolani e localizzabili a quote comprese tra -15 e -145 m sotto il livello del mare

procedendo da Bientina a Pisa. Dopo che il Serchio ha cessato i suoi apporti, quelli dell'Arno sono diventati prevalenti e a granulometria più fine.

Le abbondanti alluvioni hanno rapidamente colmato la depressione compresa tra i Monti Pisani a N e le colline plioceniche a S creando così le condizioni per il formarsi di una vera e propria area deltizia, che ha continuato ad espandersi verso il mare, fino a tempi storici ed attuali.

L'ambiente di pianura alluvionale ha favorito l'insorgere dei meandri lungo il corso del fiume Arno; di una serie di essi restano tracce alquanto evidenti nella morfologia.

L'ultimo periodo di tale fase è stato caratterizzato dalla formazione di un vasto sistema di barriere in prossimità del mare costituito da lidi e dune litoranee che hanno presentato grosse difficoltà al drenaggio delle acque superficiali della pianura favorendo, in tal modo, l'insorgere di ampie zone paludose fino ad interessare anche il territorio di Cascina. In tale quadro si spiega la presenza, nel territorio cascinese ed in quello attiguo pisano di una fitta rete di canali di bonifica realizzati negli ultimi secoli allo scopo di recuperare all'uso agricolo o comunque all'antropizzazione, vaste aree altrimenti soggette a continue inondazioni e quindi inutilizzabili.

5.4 - Carta Geologica (*Tavv. 1 - quadranti A-B-C-D*)

Nel territorio di Cascina affiorano terreni di età relativamente recente datati dal Pleistocene superiore all'Olocene che proseguono in profondità per **circa 330 m**, fino ad incontrare i depositi pliocenici come evidenziato da una perforazione della Società Larderello per conto della Soc. Dalmine nel novembre-dicembre 1958 denominata "Zannone 1" e realizzata a sud di Cascina presso Podere Il Casone.

Nella carta geologica in conformità a quanto contenuto nel CARG e nella Cartografia geologica regionale (Progetto Carta Geologico-Regionale della Toscana) sono stati rappresentati i litotipi significativi per caratteristiche litologiche-statigrafiche e sviluppo areale.

FORME E STRUTTURE ANTROPICHE:

- *Strutture antropiche:* Comprende le aree urbanizzate caratterizzate dalla presenza di terreni di riporto. Tali aree sono cartografate, principalmente nella parte settentrionale del comune, per una fascia estesa prevalentemente in direzione EW, che comprende il centro urbano del capoluogo e le frazioni che si sviluppano lungo la SR 67.
- *Lago antropico*: si tratta di invasi creati artificialmente.
- *Lago antropico di cava* - Si tratta di vecchie cave utilizzate per l'approvvigionamento di argilla e/o di sabbia, in corrispondenza di queste il mutamento morfologico causato dall'uomo è molto evidente. Si conformano come depressioni, profonde fino a 3-4 metri che solo in parte sono riempite da materiali di riporto, ma che, generalmente, ospitano un lago o più laghetti al loro interno.

DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI

Depositi Olocenici

- *Depositi alluvionali attuali - Sabbie e limi (**b**)*
- *Depositi alluvionali attuali - Limi e argille prevalenti (**b**)*

I suddetti depositi sono costituiti prevalentemente da limi e sabbie di esondazione fluviale o di barra di meandro dei fiumi attuali ed antichi che hanno solcato questo tratto di pianura. Nella carta i depositi sono stati distinti in base al litotipo prevalente.

- *Depositi palustri (**e3a**):* Limi e argille laminate di ambiente lagunare.

Depositi Pleistocenici

- *Sabbie e limi di Vicarello (**QVC**)*: Sabbie medio-fini di colore giallo con screziature arancioni. Al loro interno si ritrovano frequentemente concrezioni di $CaCO_3$ e manufatti del Paleolitico medio. Localmente presentano ciottoli sparsi. L'ambiente deposizionale di questa formazione è essenzialmente eolica-palustre e di piana di esondazione fluviale (Pleiostocene Superiore). Questa formazione si rileva in sporadici affioramenti nella parte SE del comune di Cascina.

Nella stessa carta trova rappresentazione il riferimento alle forme o processi fluviali con l'indicazione del reticolo idrografico principale e secondario e le tracce degli alvei abbandonati dell'Arno.

6 - ELEMENTI GEOMORFOLOGICI

Il territorio comunale di Cascina si colloca interamente in zona di fondovalle all'interno della pianura alluvionale del Fiume Arno, zona in cui, oltre alla forte modellazione antropica prevale, tra gli agenti morfogenetici, la dinamica fluviale.

Il presente studio ha quindi approfondito gli aspetti legati alle forme di erosione ed accumulo fluviale, nonché gli elementi antropici quali le opere di difesa idraulica, in quanto elementi in interazione diretta con la dinamica d'alveo.

6.1 - Carta Geomorfologica (*Tavv. 2, quadranti A-B-C-D*)

Per la simbologia adottata nella legenda della carta geomorfologica ed i criteri di rappresentazione dei dati si è fatto riferimento a quanto previsto per la carta geomorfologica del territorio regionale (*Derivate Tematiche* della banca dati cartografica della Regione Toscana) distinguendo tra forme geomorfologiche areali (*poligonali*), forme geomorfologiche *lineari* e *puntuali*.

Un contributo fondamentale all'assetto geomorfologico del territorio comunale è fornito dai forti interventi antropici che hanno condotto, oltre alle estese zone urbanizzate, anche allo sviluppo di una fitta rete di canali artificiali atti a favorire il difficile drenaggio superficiale dell'area. Lungo tale rete idrografica sono state evidenziate, ove presenti le difese arginali, le scarpate fluviali e le aree in cui le sponde o le scarpate risultano interessate da cedimenti o da micro dissesti. Dal rilievo eseguito tali dissesti al dicembre 2013 risultano essere modesti e puntuali.

Sono stati mappati e censiti i numerosi invasi artificiali (*lago antropico*), alcuni dei quali sorti in aree oggetto di una passata attività estrattiva (*lago antropico di cava*).

Sempre ad indicare la forte urbanizzazione dell'area, sono state rilevate, lungo molti tratti delle principali vie di comunicazione nonché al margine di alcune aree interessate da importanti interventi di scavo o rinterro, le scarpate antropiche, che si mostrano linearmente piuttosto estese.

Anche l'attuale corso del fiume Arno è delimitato da scarpate antropiche fluviali, da estese aree golenali e da rilievi arginali. Sono stati evidenziati anche gli andamenti degli alvei abbandonati che indicano il possibile vecchio tracciato dell'Arno.

In questa area l'Arno assume un andamento a meandri la cui evoluzione contempla un'azione concomitante di erosione, sulla sponda esterna (riva concava) e deposizione su quella interna (convessa). La struttura sedimentaria caratteristica è la barra di meandro. Il materiale depositato sulla sponda convessa, è costituito dal carico di fondo del corso d'acqua (comunemente sabbia fine); i sedimenti presenti sul lato concavo (esterno) sono sempre più antichi di quelli "di barra" che il meccanismo di deposito fluviale fa accrescere sul lato convesso (interno).

L'accrescimento granulometrico prevede una diminuzione di granulometria dal basso verso l'alto, dovuta alla minore energia di trasporto del flusso idrico dal fondo, verso la sponda in deposizione. Alla diminuzione di energia verso la sponda convessa, fa eco una variazione nelle strutture: da laminazione incrociata di tipo 'duna' a laminazione incrociata tipo 'ripple' (si tratta di forme ondulate prodotte dal movimento dell'acqua).

Con il taglio di un meandro si arresta la migrazione del canale e della barra; il canale viene sigillato in condizioni naturali, dal così detto 'tappo argilloso' (*clay plug*).

7 - ASPETTI IDRAULICI

7.1 - Idrografia

Il territorio comunale, come più volte ricordato, è delimitato a nord dal corso del fiume Arno e a sud dal corso dello Scolmatore, delineanti una geometria a ventaglio che si apre verso l'area costiera della pianura di Pisa.

L'*Arno:* Dopo il primo tratto montano, a partire dal monte Falterona, lascia il Casentino e, attraverso la stretta di S. Mama, sbocca nella piana di Arezzo. A circa 60 Km dalle sorgenti, nei

pressi del bordo occidentale della piana, si congiunge con il Canale Maestro della Chiana. Entra quindi nel Vardarno Superiore dove scorre, percorrendo un vasto arco, sino a Pontassieve, allo sbocco della Sieve, suo principale affluente di destra. Da qui piega decisamente verso ovest e mantiene tale direzione fino alla foce. É in questo ultimo tratto detto Valdarno Inferiore, che confluiscono i restanti importanti affluenti di destra e sinistra. Il Valdarno Inferiore è caratterizzato in destra da una ampia pianura di bonifica con il sottobacino Valdinievole - Padule di Fucecchio e in sinistra da lunghe vallate in cui scorrono importanti affluenti quali il Pesa, l'Elsa e l'Era. L'Arno, a valle di Pontedera, fluisce verso la foce canalizzato, contenuto in arginature di difesa. Nel territorio cascianese, l'Arno scorre con un andamento spiccatamente meandriforme in direzione est-ovest. Il suo tratto terminale è stato in gran parte rettificato con interventi compiuti tra il 1300 ed il 1700 e caratterizzato da numerosi meandri abbandonati, frutto della divagazione del corso fluviale.

Lo *Scolmatore dell'Arno* è un canale artificiale scolmatore del fiume Arno che parte a valle di Pontedera e termina nei pressi del Calambrone, al confine tra i comuni di Livorno e di Pisa e defluisce in mare in Località Calambrone. La costruzione fu decisa nel 1954 in seguito all'inondazione del 1949. L'opera non era ancora completa per l'alluvione del 1966. Il suo corso attraversa la parte meridionale del territorio comunale; a SW del confine comunale di Cascina, nello Scolmatore, confluisce il Canale emissario di Bientina che solca la parte centro-meridionale del territorio cascianese.

All'interno della porzione di territorio delineata da queste due importanti direttrici fluviali (Arno e Scolmatore) si sviluppa una fitta rete di canali artificiali responsabile delle maggiori criticità idrauliche del territorio cascianese, per questo motivo l'aggiornamento del quadro conoscitivo è stato necessariamente vincolato ad un approfondimento delle conoscenze di tale rete idrografica.

7.2 - Studio idrologico – idraulico *(a cura di Hydrogeo Ingegneria per l'ambiente e il Territorio)*

Per la definizione degli elementi necessari alla valutazione degli aspetti idraulici è stato quindi predisposto specifico studio idrologico-idraulico di supporto alla Variante di monitoraggio al R.U. con contestuale Variante al P.S., redatto ai sensi del punto 2.1-B.4 dell'allegato A del DPGR 25/10/2011 n. 53/R (*Elementi per la valutazione degli aspetti idraulici*); lavoro realizzato direttamente dallo studio *Hydrogeo Ingegneria per l'ambiente e il territorio.*

Sono stati utilizzati i modelli idraulici e le carte di sintesi del Piano per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno e dell'Ufficio dei Fiumi e Fossi del Consorzio di Bonifica. Gli elementi per la valutazione degli aspetti idraulici sono stati, inoltre, implementati attraverso i seguenti studi idrologico-idraulici condotti nel rispetto del DPGR 25/10/2011 n. 53/R e riportati in dettaglio nello *Studio idrologico-idrualico* redatto da Hydrogeo.

Lo studio condotto da Hydrogeo Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio ha interessato le seguenti aste fluviali:

- Nugolaio Di Ceria Acque Alte
- Fosso San Sisto Al Pino
- Fosso Di Via Larga
- Nugolaio Di Ceria Acque Basse
- Fosso Di Titignano
- Nugolaio Di Stecchi
- Fosso Vecchio Di Titignano
- Mariana Di Zambra
- Mariana Di San Lorenzo
- Fosso Torale
- Fosso Vecchio Di Torale
- Nugolaio Di Parente
- Fosso Londro
- Mariana Di Schippisi
- Fosso Diversivo
- Fosso Vecchio San Lorenzo
- Fosso Vecchio Santa Maria
- Fosso Vecchio Di Via Marciana
- Fosso Di Via Marciana
- Fosso Di Via San Lorenzo
- Fosso Di Via Santa Maria
- Emissario Del Bientina
- Antifosso Di Arnaccio
- Fossa Chiara
- Fosso Nuovo Di Cascina
- Rotina Di Latignano

L'analisi degli studi idraulici relativa alla zona nord del Comune di Cascina, ossia il territorio compreso tra il Fiume Arno e il Canale Emissario del Bientina, mette in evidenza una sostanziale criticità dei corsi d'acqua studiati, anche per eventi con basso tempo di ritorno, sostanzialmente dovuto all'insufficienza della sezione idraulica (in generale si tratta di canali di bonifica dimensionati su Tr 20 anni), ma soprattutto ai fenomeni di rigurgito causati da tutti gli attraversamenti, sottopassi, intubamenti, spesso realizzati con tubazioni di piccolo diametro. Nell'area nord sono inoltre presenti elementi antropici che creano una barriera idraulica alle acque esondate, impedendone il deflusso e

favorendo invece un accumulo statico a monte delle barriere stesse. Tali criticità sono rappresentate dalla strada Tosco Romagnola, dalla Ferrovia e dalla FI-PI-LI.

Per quanto concerne invece le aree a sud della FI-PI-LI queste risultano fortemente influenzate, oltre che dall'insufficienza del reticolo, dalla condizione di valle del Canale Scolmatore (2.1 m s.l.m.). E' evidente come tutto il territorio a sud della FI-PI–LI sia a quote inferiori alla quota del livello dello scolmatore, e pertanto messo in crisi dal rigurgito dello stesso.

Il *Modello Sud*, che comprende il Cascina ed il Latignano, presenta le stesse criticità del *Modello Nord*, ossia una generale insufficienza delle sezioni fluviali e degli attraversamenti, che creano allagamenti, soprattutto lungo la via della Rotina. La presenza della FI-PI-LI crea inoltre una barriera idraulica, con ristagni e invaso statico a monte della stessa.

Il canale Emissario del Bientina transita dalla Botte a Vicopisano e nel territorio comunale di Cascina non riceve ulteriori contributi. Nel tratto del Comune di Cascina non si evidenziano criticità dovute al Canale Emissario del Bientina, se non nel tratto terminale, in corrispondenza di Arnaccio, in cui si verificano sormonti arginali con conseguenti allagamenti sia in destra che sinistra. Pur non determinando criticità si evidenziano inoltre lungo il Canale Emissario, in tutto il tratto del Comune, degli abbassamenti anche significativi della quota arginale. Tali abbassamenti sono rilevabili sia dal Lidar, che dal rilievo fornito dall'Ufficio Fiumi e Fossi, oltreché dal rilievo eseguito in situ

Per quanto concerne il Canale Scolmatore dell'Arno, i dati sono ricavati dallo studio della Provincia di Pisa, a supporto del progetto di adeguamento dello stesso. In particolare, come si ricava dalla relazione idrologico idraulica di supporto al progetto, il Canale Scolmatore attualmente presenta una capacità di deflusso ridotta rispetto alla portata di progetto, dovuta essenzialmente all'interramento, all'abbassamento degli argini e alla presenza dell'ostruzione della foce. Nel tratto fino al fosso Zannone il Canale Scolmatore ha una capacità di deflusso pari a 1.400 mc/s, che si riducono a 1.200 mc/s in corrispondenza del Fiume Isola, e progressivamente a 500 mc/s in corrispondenza del fiume Tora. Dal confronto tra portate attese e capacità di deflusso emerge che il Canale Scolmatore sia in grado di fare defluire fino al Fiume Isola la portata Tr 30 anni, ma non la portata Tr 200 anni. Il tratto successivo alla confluenza con Fiume Tora invece non risulta in grado di smaltire neppure la portata con Tr 30 anni.

Non si rilevano invece particolari criticità per quanto concerne il Fiume Arno.

I risultati dello studio in questione hanno condotto ad un aggiornamento completo della carte di pericolosità idraulica (Tav. 11, quadranti A-B-C-D), sostituendo integralmente quelle redatte precedentemente a supporto del P.S. previgente. Inoltre sono state prodotte le Tavole 11.1, quadranti A-B-C-D che rappresentano la proposta di modifica al Piano Assetto Idrogeologico (PAI) e che saranno oggetto di istruttoria da parte dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno.

8 - IDROGEOLOGIA

La ricostruzione dell'assetto idrogeologico è finalizzata, secondo quanto stabilito al punto 2.1 - B.6 dell'allegato A del D.P.G.R. n.53/R, all'individuazione dei corpi idrici sotterranei, alla definizione della loro configurazione, degli schemi della circolazione idrica sotterranea, delle eventuali interconnessioni tra acquiferi limitrofi e acque superficiali, con particolare riferimento alle UTOE potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali. A tal fine, sono state utilizzate la banca dati comunale aggiornata dai nuovi elementi conoscitivi derivanti dagli elaborati dall' Autorità di Bacino e dalla banca dati del Sistema Informativo Territoriale della Provincia di Pisa, nonché i dati di acque ingegneria e del gestore del servizio acquedottistico e le informazioni contenute in bibliografia (*F. Baldacci, 1999* e *Carta piezometrica del 1° acquifero Artesiano in Ghiaie* - Dati tratti da L. Vieri, 1996, confrontati ed integrati con quelli degli studi compiuti per il Virgo Project - I.N.F.N -Roma- da parte di GEOMATH s.r.l. e GEOSER s.c.r.l. - Pisa, 1994).

Tenendo in giusta considerazione le osservazioni dell'Ufficio Tecnico del Genio Civile di Area Vasta Livorno-Lucca-Pisa (comunicazione presso il Comune di Cascina tramite PEC n.13073/2014 del 26/05/2014) in merito alla data delle valutazioni idrogeologiche si precisa che, dal confronto con i dati dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno, della Provincia di Pisa e dei tecnici di Acque Ingegneria (che effettuano controlli continui sull'evoluzione della freatimetria dell'area di Cascina per conto del gestore del servizio idrico integrato Acque spa) nonché da verifiche puntuali fatte anche a supporto del presente studio (zona stadio-centro di Cascina-navacchio) prendendo in considerazione anche i risultati dei dati di base aggiornati al 2014, i dati idrogeologici indicati nel presente studio sono coerenti con lo stato attuale della piezometria.

A tal fine si rileva anche che non si sono individuate particolari modifiche antropiche dell'uso della risorsa idrica del sottosuolo tali da modificare a livello generale l'andamento della superficie piezometrica della piana di cascina e zone contermini e che, anche alla luce delle verifiche dei dati di base aggiornati al 2014, viene confermata una sostanziale stabilità generale della morfologia piezometrica, fatte salve le ordinarie variazioni stagionali ed eventuali condizionamenti puntuali che non alterano comunque in modo sostanziale la morfologia piezometrica generale.

Nello studio sono stati indicati gli eventuali disequilibri naturali in atto, nonché le potenziali situazioni di criticità o di rilievo sull'assetto idrogeologico (acquiferi di subalveo, zone di ricarica degli acquiferi).

Negli elaborati cartografici inerenti le problematiche idrogeologiche (*Carta idrogeologica e delle permeabilità superficiali* e *Carta della vulnerabilità idrogeologica*) sono state evidenziate le aree che presentano situazioni sulle quali porre attenzione al fine di non generare squilibri idrogeologici (punto 2.1-C.4 dell'allegato A del D.P.G.R. n.53/R). Particolare attenzione è stata posta alla

individuazione delle aree in cui la risorsa idrica è esposta o presenta un basso grado di protezione (falda libera in materiali permeabili e prossima al piano campagna).

Sulla base del quadro conoscitivo ed in riferimento alla valutazione degli aspetti delle aree con problematiche idrogeologiche, queste dovranno essere tenute in debita considerazione per la definizione di eventuali condizionamenti alla trasformabilità delle aree oggetto di previsione.

Nei casi in cui la destinazione prevista possa incrementare una situazione di squilibrio in atto della risorsa idrica o generare situazioni di criticità, l'attuazione è condizionata al rispetto di specifiche regole e salvaguardie di protezione idrogeologica tese a contenere i possibili rischi d'inquinamento. Per le valutazioni specifiche, si rimanda alle Norme Tecniche di Attuazione del Regolamento Urbanistico nonché alle schede di fattibilità ed alle *Tavv. 3 - quadranti A-B-C-D* e *Tavv. 4 - quadranti A-B-C-D* della presente Variante.

8.1 - Carta Idrogeologica e delle Permeabilità Superficiali (*Tavv. 3, quadranti A-B-C-D*)

Le formazioni geologiche presenti nel territorio comunale cascianese possono essere qualitativamente classificate come permeabili per porosità (permeabilità primaria), in relazione alle loro caratteristiche litologiche e tessiturali e tenendo conto della loro capacità di contenere acqua e di farla defluire.

Le formazioni idrogeologiche presenti, accomunate inizialmente per tipo di permeabilità, sono state distinte in classi, in funzione del grado di permeabilità più o meno elevato.

Nel territorio comunale cascianese, sulla base dei contatti geologici, conformemente a quanto contenuto nel portale derivate-tematiche della Regione Toscana sono state distinte tre classi di permeabilità primaria per porosità (*permeabilità da bassa a molto bassa*, *permeabilità medio-bassa* e *permeabilità medio-alta*).

Gran parte del territorio comunale è caratterizzato da una permeabilità medio-bassa (k= 10^{-6} ÷10^{-4} m/s), si individuano poi due aree nei quadranti meridionali in cui la permeabilità risulta bassa o molto bassa (k= 10^{-9} ÷10^{-6} m/s); ed infine sono presenti piccole zone a permeabilità medio-alta nel quadrante sud-orientale (k= 10^{-4} ÷10^{-3} m/s).

Attraverso la consultazione delle Banca Dati del Sistema Informativo Territoriale della Provincia di Pisa, è stato possibile individuare le principali captazioni autorizzate nel territorio comunale. Questa informazione è stata cartografata differenziando i pozzi potabili dagli altri usi ed evidenziando per le captazioni delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano, erogate a terzi mediante impianto di acquedotto che riveste carattere di pubblico interesse, la zona di rispetto di 200 m secondo l'art. 94, c.1 D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.

Per l'estensione areale delle aree vincolate in prossimità delle captazioni delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano, erogate a terzi mediante impianto di acquedotto che riveste carattere di pubblico interesse e le relative limitazioni d'uso del territorio valgono i disposti del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii..

Riguardo all'andamento della superficie piezometrica si evidenzia che il sistema acquifero della pianura può essere suddiviso in due sottosistemi: quello superficiale,di tipo freatico, localizzato entro i primi metri di profondità dal piano campagna, non rappresentato in cartografia ed alimentato dalle precipitazioni e dagli scambi idrici con la rete idraulica minore generalmente povero, specialmente in presenza dei terreni limo-argillosi, e quello profondo, formato da più livelli acquiferi contenuti in terreni ghiaiosi e sabbiosi. Quest'ultimo è noto come "acquifero multistrato confinato", (*Baldacci et alii, 1995*) ed è composto da due principali orizzonti acquiferi in ordine di sovrapposizione dall'alto verso il basso:1° Acquifero artesiano in Sabbie (non significativo per il territorio di Cascina) e 1° Acquifero artesiano in Ghiaie (*Baldacci, 1999*); quest'ultimo orizzonte debolmente artesiano è quello principalmente sfruttato nella pianura di Cascina.

Nella carta idrogeologica e delle permeabilità superficiali prodotta in questa sede è stata riportata la superficie piezometrica del 1° Acquifero Artesiano in Ghiaie nel mese di agosto 1994 (dati tratti da L. Vieri, 1996 confrontati ed integrati con quelli degli studi compiuti da parte di GEOMATH s.r.l. e GEOSER s.c.r.l. - Pisa 1994, per Virgo Project - I.N.F.N.) e quindi rappresentativa di una situazione di magra della falda che si raggiunge abitualmente verso la fine della stagione estiva, prima che abbia inizio la ricarica autunnale; questa si protrae nel successivo periodo invernale-primaverile fino al raggiungimento, in genere verso la fine di maggio, dei massimi livelli piezometrici. Il tematismo delle isopieze cartografato evidenzia una zona fortemente depressa in corrispondenza dei campi pozzi esistenti in loc. Navacchio con un valore minimo della superficie piezometrica di -10,0 m s.l.m. ed un valore massimo di 0,5 m s.l.m..

8.2 - Carta della Vulnerabilità Idrogeologica (*Tavv. 4, quadranti A-B-C-D*)

La carta di vulnerabilità idrogeologica deriva dall'elaborazione della "*Carta idrogeologica e delle permeabilità superficiali*", in più sono state aggiunte le informazioni provenienti dalla banca dati comunale per la localizzazione delle principali aree a rischio, le informazioni derivanti dalla banca dati del Ministero dell'Ambiente - *geo-portale nazionale - Persistent Scatterers Interferometry (PSI),* per l'individuazione delle aree in subsidenza ed infine le informazioni attinte dal portale *SISBON - Sistema Informativo Siti interessati da procedimento di Bonifica* (ARPAT).

La carta della vulnerabilità idrogeologica definisce tre gradi di vulnerabilità (vulnerabilità *bassa*, *media* e *elevata*) e mostra che la maggior parte del territorio del Comune di Cascina ricade in classe di vulnerabilità media. Sono poi presenti due estese aree nei quadranti meridionali

contraddistinte da vulnerabilità bassa ed alcune piccole aree contraddistinte da vulnerabilità elevata poste nell'area meridionale del comune.

Nella stessa carta sono individuate come aree soggette a problematiche idrogeologiche i laghi antropici e di cava, le aree soggette a subsidenza (con abbassamenti rilevati compresi tra <-10,0 mm/anno e -5,00 mm/anno, § *8.2.1*), le aree di particolare attenzione ai fini della tutela idrogeologica (ex discariche, depuratori, distributori carburanti, depositi esplosivi) e i siti di bonifica (SISBON, § *8.2.2*).

8.2.1 - Subsidenza (Persistent Scatterers Interferometry - PSI)

Si è ritenuto utile riservare un capitolo a parte per descrivere il quadro conoscitivo relativo ai fenomeni di subsidenza, specificando che è stata consultata la banca dati interferometrici per il monitoragio dei fenomeni di subsidenza, legati a cause naturali (consolidazione di sedimenti, movimenti tettonici, ecc.) o antropiche (carico esercitato da manufatti artificiali, estrazione di fluidi dal sottosuolo, attività mineraria).

Le aree in subsidenza generalmente riguardano zone intensamente urbanizzate, dove la densità di bersagli radar individuabili su di esse e l'accuratezza delle misure sono decisamente maggiori rispetto a qualunque altra metodologia di monitoraggio.

Il dataset oggetto dell'analisi è quello ottenuto processando immagini ERS1/2 ed ENVISAT, acquisite tra il 1992 e il 2008 dall'ESA, tramite la tecnica multi–interferogramma genericamente definita come Persistent Scatterers Interferometry (PSI).

La metodologia operativa sviluppata per l'analisi e l'interpretazione dei fenomeni di dissesto rilevati si basa sull'integrazione in ambiente GIS di tutti i dati disponibili e fornisce un riferimento di base per le Pubbliche Amministrazioni per la caratterizzazione degli aspetti cinematici dei processi deformativi ritenuti attivi e la valutazione della loro evoluzione nel tempo

L'osservazione della superficie terrestre avviene dalla combinazione del movimento orbitale del satellite lungo i meridiani (orbita quasi polare) con la rotazione della terra nel piano equatoriale. I satelliti ERS ed ENVISAT acquisiscono dati lungo orbita ascendente, passaggio da S verso N, e lungo orbite discendenti, passaggio da N verso S.

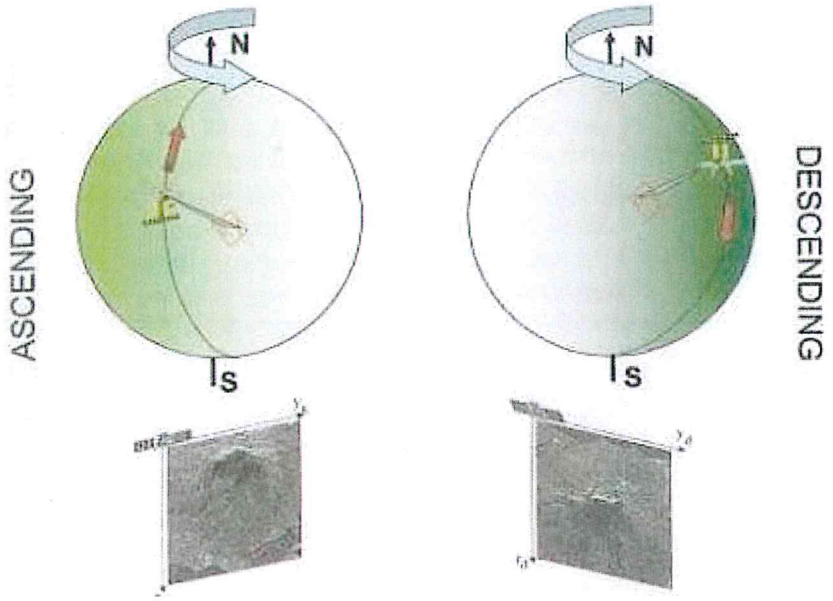


Fig. 7 - Orbita ascendente (ascending) e discendente (descending) (ESA 2007).

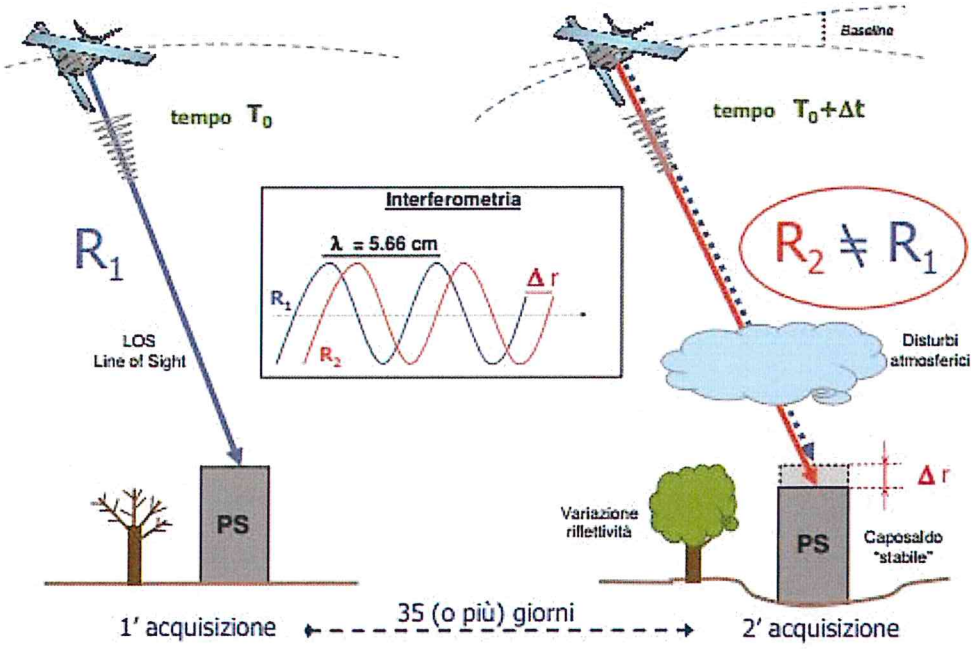


Figura 8: Rappresentazione schematica della base teorica della tecnica PSInSAR™ (Tele-Rilevamento Europa T.R.E s.r.l. - http://www.treuropa.com)

8.2.1.1 Caratteristiche dei punti di misura

I dati ottenuti da un'elaborazione interferometrica multi-immagine, consistono in un database di punti appartenenti all'area di interesse, in corrispondenza dei quali sono immagazzinati i valori di deformazione misurati nell'intervallo di tempo coperto dalle acquisizioni scelte per implementare l'analisi. Come già sottolineato, tali punti corrispondono a bersagli radar che preservano l'informazione spettrale nel tempo e si possono definire come diffusori permanenti (Persistent Scatterers o Permanent Scatterers - PS). I dati interferometrici satellitari del PST consistono in un database di punti di misura della deformazione che, grazie al loro formato di registrazione (vettoriale), possono essere agevolmente integrati in ambiente GIS e sovrapposti alla base cartografica prescelta (CTR, DTM o ortofoto). I punti di misura ottenuti vengono importati sul supporto prescelto e successivamente visualizzati in funzione della velocità media di spostamento registrata nel periodo coperto dalle acquisizioni, mediante l'uso di una scala di colori. Una scelta comune consiste nell'adottare una scala di colori graduati, centrata sul valore zero di velocità e con classi di ampiezza regolare per potere apprezzare anche variazioni contenute del tasso di deformazione. I valori di velocità di segno negativo indicano convenzionalmente un allontanamento del bersaglio dal satellite, mentre segni positivi indicano movimenti in avvicinamento. La più utilizzata rappresentazione dei bersagli radar ricavati mediante un'analisi multi-interferogramma, consiste nella loro classificazione in funzione della velocità. Di seguito si riportano, come immagini significative, due estratti dei punti di misura prodotti da ENVISAT e ERS nell'area del centro abitato di Cascina e della zona industriale a sud dello stesso compresa tra Via del Fosso Vecchio e la Strada Statale 67bis Arnaccio (fig.9).

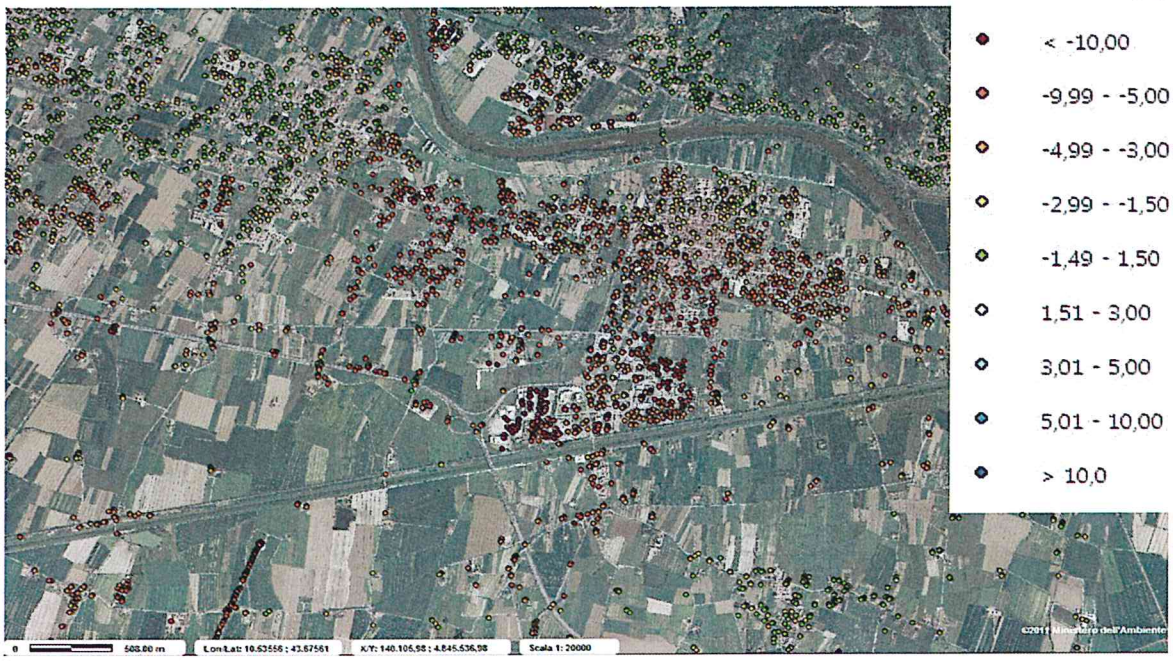


Fig. 9 - Prodotti interferometrici ENVISAT descending (velocità media in mm/anno)

In figura 9 si notano valori piuttosto elevati di velocità di subsidenza anche <-10,0 mm/anno nella zona industriale a sud di Cascina (prodotti interferometrici ENVISAT descending).

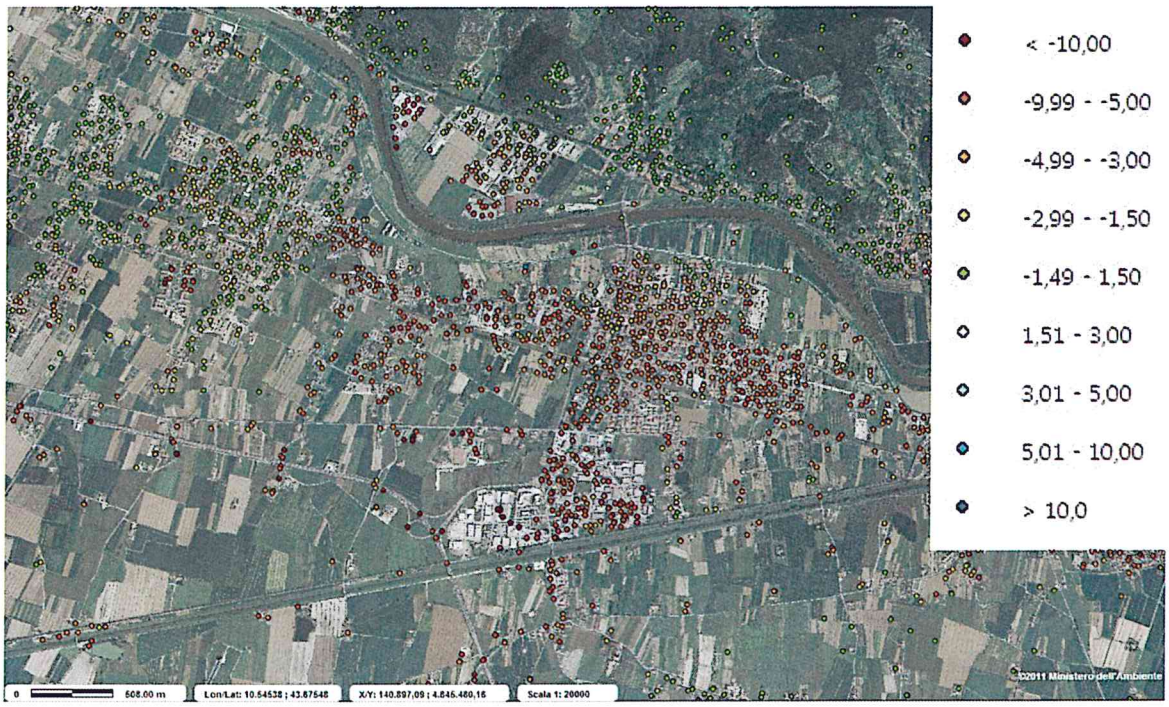


Fig. 10 - Prodotti interferometrici ERS descending (velocità media in mm/anno)

In figura 10 i valori di subsidenza rappresentati sono meno elevati e rientrano in ranges compresi tra -9,99 e -3,00 mm/anno (prodoti interferometrici ERS desccending)

Nella carta della vulnerabilità idrogeologica (Tavv. 4) sono state evidenziate le principali aree soggette a subsidenza, comprendenti l'abitato di Cascina e la zona industriale contermine, e altre tre aree meno estese nelle zone di Zambra, Modda e Chiesanuova.

A seguito della richiesta di integrazioni dell'Ufficio Tecnico del Genio Civile di Area Vasta Livorno-Lucca-Pisa (comunicazione al Comune di Cascina tramite PEC n.13073/2014 del 26/05/2014) per gli interventi ricadenti nelle aree soggette a subsidenza (abbassamento > 3 mm/anno – fonte Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare – Progetto Persistent Scatterers Interferometry) è stata approntata la seguente prescrizione di fattibilità al fine di mitigare il relativo rischio:

"In riferimento al rilevato fenomeno di subsidenza, in fase di indagine geologica e di valutazioni geologiche e geotecniche a supporto degli interventi ivi ricadenti oltre alle valutazioni

sull'entità dei cedimenti edometrici assoluti si dovrà preventivamente valutare, attraverso la consultazione della Banca Dati Geoportale Nazionale del Ministero dell'Ambiente -prodotti interferometrici ENVISAT ed ERS descending (velocità media in mm/anno), lo stato di eventuale avanzamento della subsidenza rispetto al dato del presente studio e l'entità assoluta della subsidenza stessa con aggiornamento alla data di presentazione del titolo abilitativo all'intervento edilizio. Tale dato sito specifico dovrà essere preso in considerazione per la valutazione dello SLE e della tipologia di fondazione da eseguireda parte del geologo e del progettista strutturale."

8.2.2 - SISBON

Come sopra accennato nella carta idrogeologica di vulnerabilità sono indicati anche i *sisbon* (siti interessati da procedimenti di bonifica) provenienti dalla banca dati ARPAT.

La banca dati dei siti interessati da procedimento di bonifica è stata realizzata a partire dalle definizioni contenute nella DGRT 301/2010. Schematicamente vengono indicati i siti NON IN ANAGRAFE ed i siti IN ANAGRAFE, nonché gli Stati Iter corrispondenti definiti dal REGIME NORMATIVO, dalla FASE e dalla SOTTOFASE in cui si trova il procedimento distinguendo per colore (fig.11).

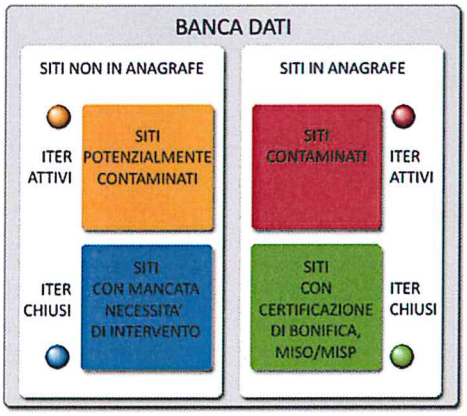


Fig. 11 - SISBON: Stati Iter.

Di seguito si riporta l'elenco dei siti presenti nel territorio comunale di Cascina (fig.11a).

Codice Regionale Condiviso	Denominazione	Indirizzo	Comune	Struttura Arpat	Struttura Provinciale	In Sin	Sin	Motivo Inserimento	Stato Iter	Stato Iter Testo	In Anagrafe	Attivo Chiuso	Regime Normativo	Fase	Sottofase
PI-CS-mp-001	Canale "Fossa Chiara"	Loc. Amacco	(PI) CASCINA	Dip. Pisa	Prov. di Pisa	NO	-	DM 471/99 Art.7		NON_IN_ANAGRAFE/ITER_CHIUSO	NO	CHIUSO	471/99	NON NECESSITA' DI INTERVENTO	Presa d'atto della non necessità di intervento a seguito dei risultati di caratterizzazione
PI-CS-mp-002	Deconduistria Srl (sversamento fanghi dal depuratore Fosso della Solaiola)	Fosso della Solaiola	(PI) CASCINA	Dip. Pisa	Prov. di Pisa	NO	-	DM 471/99 Art.7		IN_ANAGRAFE/ITER_ATTIVO	SI	ATTIVO	152/06 (Attivato ANTE 152)	MP / INDAGINI PRELIMINARI	Svolgimento misure preventive e indagini preliminari
PI-CS-001	Discarica "Tro a segno"	Via Del Nugolaio-Navacchio	(PI) CASCINA	Dip. Pisa	Prov. di Pisa	NO	-	DM 471/99 Art.7		IN_ANAGRAFE/ITER_ATTIVO	SI	ATTIVO	471/99	CARATTERIZZAZIONE	Piano di caratterizzazione in svolgimento
PI-CS-002	Ex deposito carburanti Pistelli	Via Tosco Romagnola -S. Lorenzo alle Corti	(PI) CASCINA	Dip. Pisa	Prov. di Pisa	NO	-	DM 471/99 Art.7		IN_ANAGRAFE/ITER_CHIUSO	SI	CHIUSO	152/06 (Attivato ANTE 152)	CERTIFICAZIONE SITO COMPLETO	SITO COMPLETO: Certificazione di avvenuta bonifica
PI-CS-003	Distributore Q8 Kuwait Cascina - SGC FI-PI-LI	S.G.C. FI-PI-LI km 63+940	(PI) CASCINA	Dip. Pisa	Prov. di Pisa	NO	-	DM 471/99 Art.7		IN_ANAGRAFE/ITER_ATTIVO	SI	ATTIVO	152/06 (Attivato ANTE 152)	BONIFICA / MISP / MISO IN CORSO	Progetto Operativo approvato
PI-CS-004	Distributore ESSO n.8405 San Lorenzo alle Corti	Via Toscoromagnola-S.Lorenzo alle Corti	(PI) CASCINA	Dip. Pisa	Prov. di Pisa	NO	-	DLgs 152/06 Art.242		NON_IN_ANAGRAFE/ITER_ATTIVO	NO	ATTIVO	152/06	CARATTERIZZAZIONE	Risultati caratterizzazione approvati
PI-CS-005	UTOE 16 Visignano	via Tosco Romagnola n.2349	(PI) CASCINA	Dip. Pisa	Prov. di Pisa	NO	-	DLgs 152/06 Art.242		NON_IN_ANAGRAFE/ITER_ATTIVO	NO	ATTIVO	152/06	MP / INDAGINI PRELIMINARI	Risultati misure preventive e indagini preliminari approvati
PI-CS-1001	Comune di Cascina Polo Tecnologico - Sversamento idrocarburi da serbatoi interrati	via Mario Giuntini, 190 - 56021- Cascina (PI)	(PI) CASCINA	Dip. Pisa	Prov. di Pisa	NO	-	DLgs 152/06 Art.244 c.1		NON_IN_ANAGRAFE/ITER_ATTIVO	NO	ATTIVO	152/06	ATTIVAZIONE ITER	Art.244 c.1 Notifica da parte dei soggetti pubblici
PI-CS-1002	Ex punto vendita carburanti Agip N.5270 - CASCINA (PI) loc. S. Anna - SS67 Tosco Romagnola Est	Ex PV Agip N.5270 - CASCINA (PI) loc. S. Anna - SS67 Tosco Romagnola Est	(PI) CASCINA	Dip. Pisa	Prov. di Pisa	NO	-	DLgs 152/06 Art.242		NON_IN_ANAGRAFE/ITER_ATTIVO	NO	ATTIVO	152/06	ATTIVAZIONE ITER	Art.242 Notifica da parte del responsabile
PI-CS-1003	Ex punto vendita carburanti Agip N. 5271 - CASCINA (PI) loc S. Stefano Macerata - SS67 bis Amacco km 5+686	Ex PV Agip N. 5271 - CASCINA (PI) loc S. Stefano Macerata - SS67 bis Amacco km 5+686	(PI) CASCINA	Dip. Pisa	Prov. di Pisa	NO	-	DLgs 152/06 Art.242		NON_IN_ANAGRAFE/ITER_ATTIVO	NO	ATTIVO	152/06	ATTIVAZIONE ITER	Art.242 Notifica da parte del responsabile
PI055	Discarica Musigliano	Loc. Musigliano	(PI) CASCINA	Dip. Pisa	Prov. di Pisa	NO	-	PRB 384/89- escluso		NON_IN_ANAGRAFE/ITER_CHIUSO	NO	CHIUSO	ANTE 471/99	ESCLUSI	PRB 384/99- Allegato6 Escluso
PI060	A.P.I. - Cascina	Loc. Cascina	(PI) CASCINA	Dip. Pisa	Prov. di Pisa	NO	-	PRB 384/89- escluso		NON_IN_ANAGRAFE/ITER_CHIUSO	NO	CHIUSO	ANTE 471/99	ESCLUSI	PRB 384/99- Allegato6 Escluso

Fig. 11a : SISBON - elenco siti presenti nel comune di Cascina.

8.3 - Azioni di tutela idrogeologica

Elaborando i dati relativi alle problematiche idrogeologiche è stato possibile, in conformità a quanto stabilito dal punto 3.4 dell'allegato A del D.P.G.R. n. 53/R, definire i condizionamenti e le prescrizioni volte a contenere i possibili rischi d'inquinamento. I suddetti condizionamenti e le prescrizioni di carattere idrogeologico sulla fattibilità degli interventi sono specificati genericamente nelle Norme Tecniche di Attuazione del regolamento urbanistico e singolarmente per ogni area di previsione del regolamento urbanistico dotata di scheda urbanistica. Per dettagli consultare le allegate schede di fattibilità.

9 - ELEMENTI LITOLOGICO-TECNICI

Sulla base degli elementi geologici integrati dalla raccolta dei dati geotecnici, debitamente cartografati e allegati, i vari litotipi presenti sono stati raggruppati in unità litotecniche che, indipendentemente dalla loro posizione stratigrafica e dai relativi rapporti geometrici, presentano caratteristiche geotecniche comuni. Per i terreni presenti nel territorio di Cascina sono acquisite le informazioni relative allo spessore ed al grado di consistenza/addensamento, nonché le informazioni relative alle caratteristiche geotecniche per i casi più scadenti.

9.1 - Carta delle indagini, dei dati di base e indagini geofisiche (*Tavv. 5, quadranti A-B-C-D*)

Ai fini dell'aggiornamento delle indagini geognostiche effettuate sul territorio comunale, in funzione della ricostruzione dettagliata del Modello geologico di sottosuolo e della stesura della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS), è stata realizzata una approfondita ricerca bibliografica ed in rete.

Nello specifico sono stati consultati:

- Archivi comunali ed Indagini geologico-tecniche di supporto al piano strutturale;
- Portale del Servizio Geologico d'Italia (ISPRA), in particolare l'archivio 'Indagini del sottosuolo' (L. 464/84);
- Consultazione degli archivi della Regione Toscana, in particolare della Banca Dati del sottosuolo e della Banca Dati Geotermia (LaMMA), della Banca Dati indagini geotematiche (BDIG) e della Banca Dati stratigrafica della Toscana (SIRA);
- Sistema Informativo Territoriale della Provincia di Pisa.

In totale sono stati raccolti i dati relativi a **n. 813** indagini geognostiche alle quali si devono aggiungere quelle realizzate a supporto dello studio di microzonazione sismica per un totale di circa **n. 864** indagini.

Le indagini geognostiche raccolte nei suddetti archivi sono costituite variamente da sondaggi a carotaggio continuo, saggi geognostici, prove penetrometriche, sia statiche o dinamiche che con punta elettrica, analisi e prove geotecniche di laboratorio, indagini geofisiche con varie metodologie, pozzi per acqua e per idrocarburi.

Le indagini specifiche ed integrative realizzate per la Microzonazione Sismica nella presente fase di studio si compongono di **n. 41** misure di sismica passiva con tecnica a "stazione singola" (HVSR), **n. 2** misure di sismica passiva acquisite con *array* bidimensionali elaborati in modalità ESAC, **n. 8** misure di sismica attiva acquisite con *array* monodimensionale e tecnica MASW.

Le indagini sono state svolte su tutto il territorio comunale, con particolare approfondimento in corrispondenza dei centri abitati. Le ubicazioni delle indagini sono state riportate nella carta delle indagini, dati di base e indagini geofisiche, realizzata sia in formato cartaceo che digitale (GIS) in scala 1:10.000, utilizzando la simbologia prevista dagli *'Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica'* redatti dal DPC (versione 2.0 beta –II, Giugno 2012 e versione 3.0, Ottobre 2013). I dati sono identificati univocamente con un numero o una sigla progressivi cui corrisponde la scheda disponibile nella raccolta dei dati di base allegata al presente studio in formato digitale.

La Carta delle Indagini rappresenta il tematismo previsto nell'ambito del vigente 53/R e degli

studi di Microzonazione Sismica.

E' stata inoltre realizzata, in corrispondenza principalmente dei centri abitati, la Carta delle frequenze fondamentali dei depositi, in scala 1:10.000 come indagine specifica per lo studio di Microzonazione Sismica. Tale elaborato riporta l'ubicazione di tutte le misure di rumore ambientale mediante tecnica a stazione singola (HVSR), con i relativi valori della frequenza fondamentale (f_0) e dell'ampiezza dei picchi fondamentali (A_0).

Per una trattazione completa relativa agli aspetti sismici si rimanda alla specifica "*Relazione tecnica illustrativa di supporto allo studio di Microzonazione Sismica (MS) di livello 1*".

9.2 - Carta Litotecnica (*Tavv. 6, quadranti A-B-C-D*)

La finalità di tale elaborato, in accordo con il Programma Valutazione degli Effetti Locali (VEL), è quella di raggruppare i vari litotipi individuati in Unità Litologico-Tecniche (ULT) sulla base delle loro caratteristiche fisico-meccaniche e di determinare la corrispondenza con i parametri che caratterizzano la litologia dal punto di vista della risposta sismica.

Il raggruppamento suddetto è stato infatti condotto utilizzando i dati derivanti dalle indagini geognostiche raccolte per i dati di base, pertanto in funzione delle loro caratteristiche fisico-strutturali e dei loro parametri geotecnici e geofisici, indipendentemente dalla loro posizione stratigrafica e dai relativi rapporti geometrici. Nella Carta Litotecnica (Tavv. 6) sono inoltre riportate le tracce di alveo abbandonato, al fine di fornire una ulteriore indicazione delle caratteristiche litostratigrafiche e tecniche dei terreni.

Come è risultato dall'analisi approfondita dei dati di base e riportato nelle Sezioni rappresentative (Tav. 7.1), le litologie prevalenti all'interno delle zone prossime ai meandri dell'Arno hanno caratteristiche peculiari, dovute alla dinamica di sedimentazione fluviale; infatti, trattandosi della sponda interna (convessa) ove in condizioni libere prevale la deposizione, sono depositi costituiti superficialmente da limi argillosi e argille con frequenti intercalazioni e lenti sabbiose.

In sintesi nella fascia settentrionale del territorio comunale, adiacente al fiume Arno e comprendente le zone di paleoalvei ed il sistema delle anse del fiume prevalgono le sabbie ed i limi sabbiosi, con litologie limoso argillose superficiali. Nella fascia centrale del territorio comunale, a sud della linea ferroviaria, sono prevalenti i limi, limi sabbiosi e argille limose, con presenza di frazione sabbiosa. Infine nella fascia meridionale (sud-ovest e sud-est) prevalgono litologie francamente argillose alternate a torbe, associate ad un ambiente deposizionale di tipo palustre a bassa energia.

Nella Carta Litotecnica come in quella idrogeologica della vulnerabilità sono state anche riportate le zone caratterizzate da subsidenza (velocità di abbassamento > 3,0 mm/anno, § 8.2.1).

Di seguito si riportano le Unità Litologico-Tecniche della Carta Litotecnica per la redazione della quale si è fatto riferimento alle indicazioni ed alla nomenclatura del Programma Valutazione

Effetti Locali (VEL).

- ***Unità Litologico-Tecnica C***

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 senso stretto. Comprendono terreni con stato di addensamento medio costituiti da materiale prevalentemente granulare parzialmente cementato; sono prevalentemente costituiti da sabbie medio-fini, sabbie limose e limi sabbiosi.

Unità C3.r7:

Sono inseriti in questa unità le *Sabbie e limi di Vicarello.* Sono presenti come affioramenti sparsi esclusivamente nella porzione meridionale del territorio.

- ***Unità Litologico-Tecnica D***

Terreni coesivi con consistenza medio-elevata. Comprendono terreni prevalentemente coesivi mediamente consistenti, costituiti da limi e limi sabbiosi.

Unità D1.s2

Sono inseriti in questa unità le *Sabbie e limi di Vicarello*, ove la frazione limosa è prevalente. Sono presenti come affioramenti sparsi esclusivamente nella porzione meridionale del territorio.

- ***Unità Litologico-tecnica F***

Terreni coesivi a consistenza bassa, limitata o nulla. Raggruppano tutti i depositi alluvionali ed i depositi palustri.

Unità F1.s3/s4.t2

Limi, limi sabbiosi prevalenti ed in subordine argille limose, moderatamente consistenti, la frazione sabbiosa è comunque presente. Sono presenti nella porzione centrale del territorio.

Unità F2.s3/s4.t2

Limi argillosi e argille moderatamente consistenti con lenti ed intercalazioni sabbiose. Sono depositi alluvionali caratteristici delle zone limitrofe ai meandri dell'Arno.

Unità F2.s3/s4

Limi argillosi e argille da moderatamente consistenti a poco consistenti. Sono presenti nelle porzioni sud occidentali e sud orientali del territorio.

Unità F2.s5/s6.t4

Argille e limi argillosi con presenza di torba, da poco consistenti a privi di consistenza. Sono depositi palustri presenti nella parte SW del comune.

- ***Terreni di riporto***

Comprende i depositi antropici suddivisi fra aree urbanizzate e terreni di riporto intesi come 'bonifica per colmata', sistemazioni idrauliche o strutture arginali.

Diversamente sono indicati i depositi di golena, per evidenziarli anche dal punto di vista delle caratteristiche geotecniche e della risposta sismica.

Sono riportati anche i terreni eterogenei al fondo di laghi artificiali e/o cave.

Infine sono differenziati i terreni eterogenei presenti in corrispondenza di siti interessati da procedimenti di bonifica, individuati sia dall'archivio comunale che dal sito SISBON, realizzato in attuazione delle "Linee guida e indirizzi operativi in materia di bonifica di siti inquinati" di cui alla DGRT 301/2010 e nell'ambito dell'incarico di svolgimento del "Progetto Anagrafe" affidato ad ARPAT dalla Regione Toscana.

Nella stessa cartografia sono state indicate le aree in corrispondenza delle quali si ritiene potenzialmente possibile il fenomeno della liquefazione, per fattori legati alla litologia, essendo in presenza di terreni a granulometria fine, con lenti ed intercalazioni sabbiose superficiali aventi spessori di una certa entità ed una certa continuità laterale, ed in presenza di falda idrica superficiale.

Ai sensi della normativa vigente (§7.11.3.4 delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2008), si intende con tale termine *"...quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate."* ed una opportuna verifica prevede il controllo dell'esistenza delle condizioni predisponenti il fenomeno, quali la magnitudo attesa, l'accelerazione massima in superficie e la presenza di "*sabbie monogranulari sature scarsamente addensate*".

Tuttavia tali zone, pur essendo state inserite in maniera cautelativa nelle cartografie di microzonazione (Tavv.6) e, conseguentemente, in pericolosità sismica locale elevata (***S.3*** *– Tavv.12*), si configurano come una situazione *'border line'*, in quanto non sussiste o, almeno, in parte, una delle condizioni predisponenti il fenomeno della liquefazione stessa, ovvero il sisma.

Per consentire una valutazione sulle problematiche di liquefazione sono state prese in esame le Mappe di Pericolosità Sismica elaborate dall'INGV, disponibili ed interattive sul sito, ed effettuando l'analisi mediante il grafico di disaggregazione del valore di ag (g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, si ottengono valori di magnitudo M medi sempre inferiori a 5 (circa 4.780) ed il contributo percentuale alla pericolosità per magnitudo attese superiori a 5 è intorno al 10%.

Da tali elaborazioni si evince anche il valore stimato dell'accelerazione massima attesa al sito, compresa nel territorio fra 0.100 e 0.125 g.

I risultati indicano fattori sismogenetici scatenanti il fenomeno della liquefazione al limite della soglia indicata dalla normativa vigente.

In fase di adozione del presente Strumento Urbanistico, per le zone caratterizzate, in generale, da alternanze di limi sabbiosi, sabbie limose, argille con intercalazioni sabbiose, sotto falda, era stato stabilito, in fase di adozione, in maniera cautelativa di considerarle come aree "soggette a potenziale liquefazione". A seguito della richiesta di integrazioni da parte dell'Ufficio Tecnico del Genio Civile di Area Vasta Livorno-Lucca-Pisa (comunicazione al Comune di Cascina tramite PEC n.13073/2014 del 26/05/2014) è stato stabilito, in fase di approvazione di lasciare la dicitura di aree "soggette a potenziale liquefazione" solo alle porzioni di territorio in cui i dati indicano effettivamente e inequivocabilmente la presenza di livelli sabbiosi superficiali sotto falda (sempre nell'incertezza dovuta alle descrizioni riportate nelle indagini visualizzate vista l'assenza, nella maggior parte dei

casi, di campioni)

Di seguito si riporta la descrizione delle aree perimetrate come potenzialmente liquefacibili (modificata sulla base della richiesta di integrazioni da parte dell'Ufficio Tecnico del Genio Civile di Area Vasta Livorno-Lucca-Pisa -comunicazione al Comune di Cascina tramite PEC n.13073/2014 del 26/05/2014) nella Carta Litotecnica (Tavv. 6, quadranti A-B-C) partendo da est (Cascina) verso ovest nel territorio comunale.

Nella zona in corrispondenza dell'abitato di Cascina si evince, sia dalle stratigrafie dei sondaggi e pozzi che dalle correlazioni litologiche effettuabili per le prove penetrometriche, la presenza di una zona caratterizzata in generale da alternanze di limi sabbiosi, sabbie limose, argille con intercalazioni sabbiose; tale zona era stata precedentemente individuata come 'potenzialmente liquefacibile', in maniera cautelativa, non essendo possibile distinguere con certezza dalle suddette ricostruzioni litostratigrafiche livelli di sabbie franche monogranulari rispetto all'alternanza di sabbie limose, limi sabbiosi, come descritto.

Dalla revisione dei dati di base e dall'individuazione di quelli che indicano effettivamente ed inequivocabilmente la presenza di livelli sabbiosi fini, franchi, monogranulari (sempre nell'incertezza dovuta alle descrizioni riportate vista l'assenza, nella maggior parte dei casi, di campioni) la zona precedentemente perimetrata si riduce all'areale circoscritto alle seguenti indagini:

- Indagini n. 501-502 (sabbie fini miste a limo: profondità 2-14 metri)
- Indagini n. 581-582 (sabbie fini: profondità 5-6 metri, 12-13 metri; limi sabbiosi: 2-5 metri)

Invece, per quanto riguarda le altre indagini (in particolare le indagini n. 610, 613 e 614, 568 e le prove penetrometriche limitrofe) prevalgono le litologie argillose con intercalazioni limoso sabbiose e sabbie limose con intercalazioni argillose, quindi da escludere dalle aree potenzialmente liquefacibili secondo il criterio generale seguito Nella sezione generale (D-D', Tavola 7.1) per l'intera zona è comunque indicata la presenza di livelli più o meno sabbiosi indicati con la dicitura 'argille con intercalazioni sabbiose'.

Verso ovest – sud ovest, nella zona di San Martino – Spazzavento, sono state divise le due zone corrispondenti rispettivamente alle indagini n. 490-491-492 e 707-708 non avendo nella porzione intermedia indagini sufficienti; in entrambe le zone sono evidenziati livelli di sabbie fini e sabbie sciolte a varie profondità (0-3.5 metri; 3.8-6 metri; 7.5-10 metri; oltre 14 metri).

A nord ovest, nella zona di San Frediano a Settimo, sono state distinte le due zone corrispondenti rispettivamente alle indagini n. 221-222-223 e 333, in quanto presentano caratteristiche notevolmente diverse:

- Indagini n. 221-222-223 (sabbie con sabbie limose: profondità 4.5-7.5 metri)
- Indagini n. 333 (sabbia: profondità 0-1.5 metri)

Nella fattispecie dell'indagine n. 333, essendo lo spessore di sabbie molto superficiale,

sovrastante a litologie limoso argillose più fini, la condizione sotto falda potrebbe verificarsi nella stagione invernale (livelli di falda misurati circa 0.5-0.7 metri dal piano campagna), ma non nella stagione estiva (livelli di falda misurati circa 1.5-2.0 metri dal piano campagna); l'areale è stato comunque inserito nelle zone potenzialmente liquefacibili, rimandando alla verifica delle suddette condizioni idrogeologiche in sede di progettazione esecutiva.

Ancora ad ovest, nella zona di San Prospero - San Lorenzo a Pagnatico, sono presenti sabbie fini in maniera omogenea in corrispondenza delle indagini n. 419-420-421-422 (profondità 6-8 metri, 7-9 metri). Invece in corrispondenza delle indagini n. 417-418, dalle correlazioni litologiche con le prove penetrometriche, sono presenti a profondità superficiali sabbie (0-2 metri) e sabbie limose (2-5 metri).

Verso ovest, nella zona di C.Breschi – Cimitero Navacchio, sono presenti sabbie fini monogranulari in corrispondenza delle indagini n. 247-248-249 (profondità 2-4 metri) e sabbie nelle indagini n. 359 (profondità 2.5-4.5 metri) e n. 364 (profondità 6-20 metri). Invece in corrispondenza delle indagini n. 253-254-255 sono presenti sabbie limose (profondità 1.5-3 metri): in questo caso le litologie sabbioso-limose sono state inserite nelle aree potenzialmente liquefacibili, a discapito del criterio generale, ed unito l'areale alle precedenti indagini per la presenza di un paleoalveo (Tavole 6, quadrante A).

Nella zona di Visignano è presente un livello di sabbia fine nell'indagine n. 243 (profondità 6-7 metri) sovrastato da argille sabbiose.

Poco più ad ovest, a nord della Ferrovia Firenze-Pisa (Fosso del Nugolaio di Stecchi) è segnalata la presenza di sabbie per notevole spessore in corrispondenza dell'indagine n. 133 (profondità: 1-24 metri sabbia; 24-34 metri sabbia e limi), riscontrabile anche superficialmente nelle indagini n. 137-138 (profondità: 1-5/6 metri).

In corrispondenza dell'ansa del Fiume Arno, a nord di San Iacopo – Contrada Le Pastine, in corrispondenza dell'indagine n. 84 sono descritte sabbie di notevole spessore (profondità 7-15 metri). Invece in corrispondenza delle indagini n. 89-90bis sono presenti sabbie superficiali (profondità 0-1.5 metri): anche in questo caso l'areale è stato inserito nelle zone potenzialmente liquefacibili, rimandando alla verifica delle condizioni idrogeologiche 'sotto falda' in sede di progettazione esecutiva.

In corrispondenza di Badia San Savino – I Piastroni sono presenti sabbie limose (profondità 4-6 metri) nelle indagini n. 81-82-83, che sono state inserite nonostante la litologia sabbioso limosa per la presenza di un paleoalveo (Tavola 6, quadrante A). Infine in zona Pettori sono presenti sabbie e sabbie sciolte in corrispondenza delle indagini n. 56-57 (profondità 4-6.5 metri). Le due zone sono state distinte sia per l'assenza di sufficienti dati di base nella porzione intermedia che per la differenza litologica.

Deve essere inoltre specificato che le ricostruzioni del modello litostratigrafico di sottosuolo

effettuate per questo studio si sono basate principalmente su dati litostratigrafici desunti da sondaggi e pozzi, o da correlazioni derivanti da prove penetrometriche, privi nella maggior parte dei casi di analisi e prove di laboratorio, tali da non poter attribuire con certezza la descrizione litologica all'interno del fuso granulometrico delle sabbie monogranulari. Dall'analisi di tali stratigrafie si evince inoltre la presenza diffusa di una frazione fine, anche all'interno delle zone caratterizzate dalla prevalenza di sabbie, o di livelli e alternanze sabbiose intercalate ad argille o limi (come nella zona di Cascina), per le quali dovrà comunque essere posta particolare attenzione all'eventualità che si verifichi il fenomeno.

Pertanto anche l'aspetto litologico necessita di approfondimenti locali, con opportune indagini geognostiche che accertino puntualmente le caratteristiche litologiche e geotecniche dei terreni presenti, non disponibili in questa fase di pianificazione.

Le zone potenzialmente liquefacibili sono riportate nella Carta Litotecnica (Tavv. 6, quadranti A-B-C), nella Carta delle MOPS come Zone di Attenzione per le instabilità (Tavola 9, quadranti A-B) e nella Carta della pericolosità sismica (Tavola 12, quadranti A-B) in pericolosità sismica locale elevata (S.3).

Considerato quanto sopra esposto, sia per quanto riguarda gli aspetti litologici che quelli sismogenetici, si è proceduto inoltre, per il principio della cautela, a prescrivere specifici approfondimenti geotecnici nella aree di nuova previsione e adeguate indagini geognostiche a livello di intervento diretto come previsto dalla normativa vigente, che accertino la presenza localizzata delle suddette problematiche. (vedi specifiche schede di fattibilità):

In relazione alle situazioni caratterizzate da pericolosità sismica elevata (S.3) per possibili fenomeni di liquefazione, in fase di studi geologici e geotecnici si dovranno eseguire le verifiche per la liquefazione ai sensi dell'art. 7.11.3.4 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 14 Gennaio 2008). Tali verifiche dovranno essere condotte sulla base di adeguate indagini geognostiche e geotecniche finalizzate sia ad una puntuale ricostruzione litostratigrafica ed idrogeologica, nonché delle caratteristiche geotecniche e del grado di addensamento dei terreni, sia al calcolo del coefficiente di sicurezza relativo alla liquefazione alle profondità in cui sono presenti i terreni potenzialmente liquefacibili.

Tra i metodi utilizzabili per la verifica del potenziale di liquefazione deve essere adottato quello più cautelativo, dopo aver applicato più procedure per ottenere una valutazione attendibile, descrivendone e motivandone la scelta di tutti i parametri di input (magnitudo, accelerazione, profondità della falda, litologia ...).

Infine, come previsto dalla normativa vigente:

"Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità dei manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione. In assenza di interventi

di miglioramento del terreno, l'impiego di fondazioni profonde richiede comunque la valutazione della riduzione della capacità portante e degli incrementi delle sollecitazioni indotti nei pali"

10 - ELEMENTI CONOSCITIVI PER LA VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI LOCALI E DI SITO PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO

Gli elementi prioritari evidenziati per la valutazione degli effetti locali e di sito, in relazione all'obiettivo della riduzione del rischio sismico, sono quelli utili alle successive fasi di caratterizzazione sismica dei terreni e di parametrizzazione dinamica riferite alla realizzazione o verifica dell'edificato. A tal fine, oltre all'acquisizione di ogni informazione esistente finalizzata alla conoscenza del territorio sotto il profilo geologico e geomorfologico, è stato indispensabile acquisire tutti gli elementi per una ricostruzione e successiva rappresentazione del modello geologico-tecnico di sottosuolo, sia in termini di geometrie sepolte e di spessori delle litologie presenti (mediante la raccolta delle indagini che costituiscono la carta delle indagini), sia in termini di parametrizzazione dinamica del terreno principalmente in relazione alla misura diretta delle Vsh (punto B. 7 dell'allegato A del DPGR 25/10/2011 n. 53/R - direttive per la formazione del piano strutturale e relative varianti) e di rumore ambientale mediante tecnica a stazione singola (HVSR).

E' stata così predisposta la campagna geofisica più volte richiamata per lo studio di Microzonazione Sismica, i cui risultati vengono riportati in allegato alla "*Relazione tecnica illustrativa di supporto allo studio di Microzonazione Sismica (MS)*".

10.1 - Carta geologico-tecnica (*Tavv. 7, quadranti A-B-C-D*)

Sulla base di una accurata revisione a scala di dettaglio delle cartografie già redatte, in particolare di quelle geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, unitamente all'elaborazione dei dati litologici, stratigrafici, litotecnici e sismici acquisiti, è stata elaborata e redatta la carta geologico-tecnica in scala 1:10.000, quale carta di sintesi ed elaborato propedeutico alla stesura della carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS).

La Carta geologico-tecnica è stata realizzata sia in formato cartaceo che digitale (GIS), utilizzando la simbologia prevista dagli 'Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica' redatti dal DPC (versione 3.0, Ottobre 2013).

Nell'ambito di tale revisione è stata posta particolare attenzione alla mappatura dei depositi di copertura, alla ricostruzione dettagliata delle variazioni litologiche e di spessore all'interno di questi, alla presenza di aree instabili ed all'individuazione del substrato.

Sono stati indicati gli elementi puntuali geologici ed idrogeologici, l'indicazione della profondità del substrato rigido raggiunto o meno da sondaggi o pozzi, nonché la profondità della falda.

Per quanto riguarda gli elementi lineari sono riportati gli assi degli alvei abbandonati del fiume Arno.

Alcuni elementi, quali le scarpate, in prevalenza di origine fluviale o antropica (cave), e le frane puntuali (*'cedimenti scarpate fluviali'*), riportate nelle Tavv. 2 - carta geomorfologica non sono stati riportati in questa carta e, conseguentemente nelle successive di microzonazione per i seguenti motivi: le scarpate perché non raggiungono altezze rilevanti ai fini di questo studio, le frane puntuali sia perché di modesta entità, sia perché si tratta di fenomeni locali di instabilità la cui genesi ed evoluzione è principalmente legata alla dinamica fluviale.

Le aree potenzialmente liquefacibili sono riportate nella Carta Litotecnica (*Tavv. 6, quadranti A-B-C*)

Il substrato profondo, che costituisce un 'bedrock' dal punto di vista sismico, non affiora nel territorio comunale, ed è stato rinvenuto solamente in corrispondenza della perforazione denominata "Zannone 1" e realizzata a sud di Cascina presso Podere Il Casone (scheda Zannone_1 nel CD Dati di Base, *Tav. 5, quadrante C - Carta delle Indagini, dati di base e indagine geofisiche*), ed indirettamente in corrispondenza del profilo ESAC2 effettuato a Cascina per lo studio di Microzonazione, che riporta un evidente aumento di velocità delle Vs alla profondità di circa 100 metri, raggiungendo valori di un bedrock sismico, superiori a 1000 m/s (indagine sismica passiva riportata con sigla *E2* in Tav. 5, quadrante B).

Gli spessori delle successioni dei depositi di copertura del substrato sono superiori a 60-100 m nella porzione nord orientale del territorio, più vicina ai Monti Pisani, mentre assumono spessori considerevoli, fino ad alcune centinaia di metri, allontanandosi dalla dorsale verso ovest-sud-ovest.

Per quanto riguarda i terreni di copertura, questi sono stati raggruppati in funzione della litologia prevalente e dell'ambiente deposizionale che li ha originati. Sono stati dunque distinti i seguenti gruppi, secondo la classificazione proposta dalle Specifiche Tecniche Regionali:

Sabbie e limi di Vicarello (SM)

Comprendono terreni con stato di addensamento medio costituiti da materiale prevalentemente granulare parzialmente cementato; sono prevalentemente costituiti da sabbie medio-fini, sabbie limose e limi sabbiosi; ove le litologie limose sono prevalenti queste sono mediamente consistenti. Sono presenti come affioramenti sparsi esclusivamente nella porzione meridionale del territorio.

Depositi alluvionali (MH)

Comprendono terreni da scarsamente a moderatamente consistenti costituiti da materiale prevalentemente limoso sabbioso, in subordine argilloso limoso; la frazione sabbiosa è comunque presente. Sono presenti nella porzione centrale del territorio.

Depositi alluvionali (ML)

Comprendono terreni moderatamente consistenti costituiti da materiale prevalentemente

limoso argilloso con lenti ed intercalazioni sabbiose. Sono depositi alluvionali caratteristici delle zone limitrofe ai meandri dell'Arno.

Depositi alluvionali (CL)

Comprendono terreni da moderatamente consistenti a consistenti costituiti da materiale prevalentemente limoso argilloso e argilloso. Sono presenti nelle porzioni sud occidentali e sud orientali del territorio.

Depositi palustri (PT)

Comprendono terreni da poco consistenti a privi di consistenza costituiti da materiale prevalentemente argilloso e limoso argilloso con presenza di torba.

10.2 - Carta delle frequenze fondamentali dei depositi (*Tavv.8, quadranti A-B*)

Dalle indagini specifiche di natura geofisica per lo studio di Microzonazione Sismica è stata realizzata, in corrispondenza principalmente dei centri abitati significativi, la carta delle frequenze fondamentali dei depositi, in scala 1:10.000. Tale elaborato riporta l'ubicazione di tutte le misure di rumore ambientale mediante tecnica a stazione singola (HVSR), con i relativi valori della frequenza fondamentale (f_0) e dell'ampiezza dei picchi fondamentali (A_0).

Per le metodologie di indagine ed i risultati completi relativi alle indagini geofisiche si rimanda per completezza all'Indagine geofisica riportata in allegato 1 nella "***Relazione tecnica illustrativa di supporto allo studio di Microzonazione Sismica (MS) di Livello 1***".

La campagna di misure strumentali è stata realizzata in corrispondenza dei centri abitati significativi individuati e distribuita in maniera uniforme, tenendo conto della distribuzione delle altre indagini pregresse disponibili e delle condizioni litostratigrafiche del sito.

La rappresentazione grafica scelta è stata quella semplificata con l'ubicazione dei punti di misura distinti con dei cerchi di colore variabile in funzione della frequenza del picco e con raggio variabile in funzione dell'ampiezza, secondo la legenda tipo riportata nell'Appendice 3 dell'Allegato A della Deliberazione 25 novembre 2013 n. 971 *L.R. 58/2009 – OPCM 4007/2012 ART.2 COMMA 1. LETT. A – Studi di microzonazione sismica. Approvazione delle nuove specifiche tecniche regionali per l'elaborazione di indagini e studi di microzonazione sismica*; ad uno stesso punto di misura sono stati talvolta associati più cerchi a seconda del numero di picchi fondamentali individuati.

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

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

Il moto sismico è amplificato in corrispondenza di determinate frequenze, che corrispondono

alle frequenze naturali di vibrazione di un deposito.

Di particolare importanza è la prima frequenza naturale di vibrazione denominata frequenza fondamentale di risonanza, che dipende dallo spessore H della copertura e dalla velocità media delle Vs della stessa secondo la relazione:

$$v = Vs/4H$$

L'interpretazione delle misure eseguite consente di correlare il valore di picco dello spettro di risposta HVSR con la profondità del substrato (bedrock sismico) e di individuare una corrispondenza fra i valori di frequenza relativi alle discontinuità sismiche e le variazioni litologiche presenti nel sottosuolo.

L'interpretazione delle misure H/V deve essere sempre tarata sulla base di indagini dirette, che consentano una correlazione con la stratigrafia di sottosuolo.

Come emerge dai risultati ottenuti le misure sismiche realizzate, sia HVSR che ESAC, rispecchiano in generale l'assetto geologico di sottosuolo.

Infatti tra le misure effettuate si individuano due gruppi di frequenze ricorrenti: basse frequenze comprese in un range da circa 0.3 hz a circa 0.9 hz, e frequenze leggermente più alte intorno a 1.2 hz.

La frequenza più bassa intorno agli 0.3-0.4 hz indica il contrasto di impedenza più profondo rappresentato da un substrato rigido a profondità rilevanti di centinaia di metri.

Tale situazione è confermata dal profilo ESAC1 realizzato a Titignano il cui modello si attesta su velocità vs superiori a 500 m/s alla profondità di circa 180 m, ma non raggiunge velocità da 'bedrock sismico'.

Le frequenze tendono ad assumere valori più elevati spostandosi da ovest-sud ovest verso nord est, fino a valori compresi fra 0.6 e 0.9 hz, che indicano la risalita progressiva del substrato avvicinandosi alla dorsale dei Monti Pisani, dunque verso l'Arno e l'abitato di Cascina.

Il substrato si mantiene comunque a profondità superiori a 60 metri, anche nelle zone più prossime alla dorsale, ove si sviluppano le porzioni settentrionali degli abitati di Cascina e San Frediano a Settimo (Zona 1 e Zona 2 della Tav.9 Carta delle MOPS), come si evince dalle frequenze risultanti dalle misure H/V effettuate in tali zone e dalle stratigrafie studiate facenti parte dei dati di base raccolte in formato digitale su un CD allegato al presente studio.

Tale ricostruzione è ulteriormente confermata dai risultati del profilo ESAC2 effettuato a Cascina, che riporta un evidente salto netto di velocità delle Vs alla profondità di circa 100 metri, raggiungendo valori di un bedrock sismico, superiori a 1000 m/s, riferibile al substrato calcareo affiorante in corrispondenza dei rilievi dei Monti Pisani.

Anche nelle zone più prossime alla dorsale (Zona 1 e Zona 2 della Tav.9 Carta delle MOPS), come per il resto del territorio comunale, la profondità del substrato e lo spessore delle coperture escludono comunque la situazione di zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzate da un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra la copertura e substrato rigido entro alcune decine

di metri, che implicherebbe l'attribuzione di una pericolosità sismica locale elevata (S.3).

La frequenza intorno ad 1.0-1.3 hz evidenzia invece presumibilmente i contrasti di impedenza con il livello ghiaioso diffuso riscontrato su tutta l'area indagata, riferibile ai *Conglomerati dell'Arno e del Serchio da Bientina*, che si estende con continuità nell'area cascianese alla profondità di circa 40-50 m sotto il livello del mare (Tav 7.1 Sezioni rappresentative: Sezione D-D'). Tali frequenze collimano con il modello stratigrafico emerso dai dati geognostici acquisiti.

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

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

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

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

frequenza di risonanza edificio = 10Hz / Numero di piani

La misurazione diretta HVSR fornisce dati precisi ed attendibili sulle frequenze di vibrazione.

Ai sensi della normativa vigente (§7.3.3.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2008), si riportano valutazioni in merito, nel caso di un'analisi lineare statica, ovvero un'analisi lineare dinamica semplificata in cui non si effettua l'analisi dinamica della costruzione per determinare i modi di vibrare 'naturali' della stessa, e si ipotizza un modo di vibrare principale caratterizzato da un periodo T_1 calcolato in maniera approssimata e da spostamenti linearmente crescenti con l'altezza dal piano di fondazione, ai quali corrisponde la distribuzione di forze statiche da applicare alla costruzione.

Per costruzioni civili e industriali che non superino 40 m di altezza e la cui massa sia approssimativamente uniformemente distribuita lungo l'altezza, T_1 può essere stimato, in assenza di calcoli più dettagliati, con la formula seguente:

$$T_1 = C_1 * H^{3/4}$$

dove H è l'altezza della costruzione in metri dal piano di fondazione e C_1 è un coefficiente funzione del tipo di struttura.

Valutazioni di questo tipo consentono una progettazione tenendo conto anche delle frequenze di vibrazione. In prima approssimazione, dai risultati della campagna geofisica, si evince che nel

territorio comunale indagato le frequenze sono comprese nel range da 0.3 a 1.2 hz circa, che potrebbero dar luogo ad amplificazioni sugli edifici nel caso questi abbiano altezze significativamente elevate (maggiori di 25-30 metri).

10.3 - Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica - MOPS (*Tavv.9, quadranti A-B*)

La carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) individua, sulla base di osservazioni geologiche, geomorfologiche e dell'acquisizione, valutazione ed analisi dei dati geognostici e geofisici, le microzone ove possono verificarsi diverse tipologie di effetti locali o di sito prodotti dall'azione sismica.

In particolare nella valutazione degli effetti locali o di sito ai fini della riduzione del rischio sismico è stata posta particolare attenzione ai seguenti aspetti:

- ricostruzione del modello geologico-tecnico dell'area;
- individuazione dei litotipi che possono costituire il substrato rigido, accompagnata da una stima approssimativa della profondità ed una stima del contrasto di impedenza sismica atteso;
- individuazione di eventuali discontinuità e morfologie sepolte;
- presenza di faglie e/o strutture tettoniche;
- contatti tra litotipi a caratteristiche fisico-meccaniche significativamente differenti;
- terreni suscettibili a liquefazione e/o addensamento;
- terreni soggetti a cedimenti diffusi e differenziali.

L'elaborazione della carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) è stata realizzata solo sui centri urbani maggiormente significativi, individuati dal Comune di Cascina di concerto con l'autorità competente e rappresentati dalle aree urbanizzate estese principalmente nella porzione settentrionale del territorio comunale, per una fascia sviluppata prevalentemente in direzione est ovest, che comprende il centro urbano del capoluogo e le frazioni che si sviluppano lungo la SR 67.

La carta è stata redatta sia in formato cartaceo che vettoriale (GIS), tenendo conto delle indicazioni fornite negli indirizzi e criteri di microzonazione sismica, nelle specifiche tecniche regionali e nel rispetto degli 'Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica' redatti dal DPC (versione 2.0beta –II, Giugno 2012 e versione 3.0, Ottobre 2013).

Nello specifico la carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) individua e caratterizza:

1. zone stabili: zone nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura (litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata) e pertanto gli scuotimenti attesi sono equivalenti a quelli forniti dagli studi di pericolosità di base.

2. zone stabili suscettibili di amplificazione sismica: zone in cui il moto sismico viene modificato a causa delle caratteristiche litostratigrafiche e/o geomorfologiche del territorio.
3. zone di attenzione per le instabilità: zone suscettibili di riattivazione dei fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazioni, fagliazioni superficiali).

Come già detto in precedenza il substrato profondo non affiora nel territorio comunale, ma è stato rinvenuto solamente in una perforazione (Zannone_1 evidenziata in Tav. 5, quadrante C) ed indirettamente nel profilo sismico ESAC2 (Tav. 5, quadrante B); è altresì presente in affioramento a nord di Cascina e dell'Arno, in corrispondenza dei rilievi dei Monti Pisani, nell'area da San Giovanni alla Vena a Uliveto Terme. Dunque non sono perimetrabili zone stabili. Inoltre, stante la situazione geomorfologica di Cascina, si rilevano zone di attenzione per instabilità, localizzate principalmente lungo tutta l'area golenale del fiume Arno, in corrispondenza della ex discarica di San Donato e lungo gli argini del Canale Emissario di Bientina.

Per la definizione delle zone, la loro perimetrazione e gli approfondimenti sugli aspetti di carattere sismico si rimanda alla specifica "*Relazione tecnica illustrativa di supporto allo studio di microzonazione sismica (MS) di Livello 1*".

11 - VALUTAZIONI DI PERICOLOSITÀ

Il territorio comunale è stato caratterizzato in funzione dello stato di pericolosità, ai sensi del Regolamento 53/R.

Attraverso la sintesi delle conoscenze, le analisi e gli approfondimenti sono state caratterizzate aree omogenee dal punto di vista delle pericolosità e delle criticità rispetto agli specifici fenomeni che le generano, oltre ad essere integrate e approfondite quelle già individuate nei piani di bacino.

Il territorio comunale è stato quindi caratterizzato in aree omogenee in funzione della pericolosità geologica, idraulica e, per le aree urbanizzate, della pericolosità sismica locale.

11.1 - Aree a pericolosità geologica (*Tavv.10, quadranti A-B-C-D*)

Attraverso la sintesi degli elaborati di base descritti precedentemente, con particolare riferimento alla Carta Geomorfologica, alla Carta Geologica, ed alla Carta Litotecnica per l'intero territorio comunale, è stata elaborata la Carta della Pericolosità Geologica, in scala adeguata (1:10.000).

Per la perimetrazione delle aree a pericolosità geologica si è fatto riferimento al Regolamento 53/R, secondo i relativi criteri rispetto alle varie classi di pericolosità, così come di seguito riportati. Si precisa che non sono state individuate are ricadenti in pericolosità geologica molto elevata (G4) o media (G2) per l'assenza di fenomeni gravitativi attivi, inattivi o quiescenti o fenomeni di soliflusso.

Il territorio comunale di Cascina ricade in classe *G1 - pericolosità geologica bassa* e *G3 - pericolosità geologica elevata*. Di seguito si riporta la descrizione delle classi di pericolosità geologica individuate:

Pericolosità geologica bassa (G.1)

Aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciturali non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi.

Pericolosità geologica elevata (G.3)

Aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti e relative aree di influenza; 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%.

In particolare le aree classificate in pericolosità geologica elevata (G3) comprendono il reticolo fluviale, le zone di scarpata, nonché tutta l'area di golena in sinistra dell'Arno, le aree in subsidenza e le aree contraddistinte da terreni con caratteristiche litotecniche scadenti.

11.2 - Pericolosità idraulica *(Tavv. 11, quadranti A-B-C-D)*

La *Carta della pericolosità idraulica* è stata realizzata da *Hydrogeo* a seguito di specifico studio idrologico-idraulico.

In relazione al quadro conoscitivo esistente, redatto ai sensi del punto 2.1-C.2 dell'Allegato A del D.P.G.R. n. 53/R, con particolare riferimento alla valutazione degli aspetti idraulici e tenendo in considerazione i risultati del nuovo studio idrologico-idraulico e gli approfondimenti di quelli esistenti non sono state rilevate aree che ricadono in pericolosità idraulica bassa (***I.1***).

Nel caso specifico di studio, poiché alcune aree non presentano allagabilità per eventi con 200<Tr<500, e non possono neppure essere definite come aree collinari o montane, si è provveduto a definire una ulteriore classe di pericolosità (***I.2****):

Pericolosità idraulica media (I.2*)

Aree di fondovalle per le quali sono state verificate le condizioni di allagamento per eventi con Tr>500 anni mediante studi idrologici e idraulici analitici.

Ricadono in classe ***I.2**** la zona del centro abitato di Cascina e gran parte della fascia territoriale settentrionale del territorio comunale.

Inoltre sono state individuate le seguenti classi di pericolosità idraulica:

Pericolosità idraulica media (I.2)
Aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra 200<TR< 500 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:

a) *a)non vi sono notizie storiche di inondazioni;*
b) *b)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 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:

a) *a)vi sono notizie storiche di inondazioni;*
b) *b)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.*

Ricade in classe ***I.3*** l'area compresa tra il canale Emissario di Bientina a nord e lo Scolmatore a sud.

Pericolosità idraulica molto elevata (I.4)
Aree interessate da allagamenti per eventi con Tr<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:

a) *a)vi sono notizie storiche di inondazioni;*
b) *b)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.*

Il Comune di Cascina ricade in classe ***I.4*** - *pericolosità idraulica molto elevata*, per un'area piuttosto estesa nel quadrante SW (Tav. 11, quadrante D) e per alcune zone nel quadrante NW (Tav. 11, quadrante A) e nell'area centrale del territorio comunale.

Per le considerazioni di ulteriore dettaglio di carattere idrologico-idraulico si rimanda allo specifico Studio Idrologico-Idraulico a cura di Hydrogeo (Tavole e relazione – fascicolo a parte).

11.3 - Aree con problematiche di dinamica costiera

Vista la localizzazione del territorio comunale di Cascina (PI) ubicato interamente nell'entroterra non sono presenti aree con problematiche di dinamica costiera.

11.4 - Aree con problematiche idrogeologiche

Sulla base del quadro conoscitivo ed in riferimento alla valutazione degli aspetti delle aree con problematiche idrogeologiche (punto 2.1-C.4 dell'allegato A del D.P.G.R. n.53/R), queste sono state tenute in debita considerazione per la definizione di eventuali condizionamenti alla trasformabilità delle aree oggetto di previsione e le prescrizioni volte a contenere i possibili rischi d'inquinamento in conformità a quanto stabilito dal punto 3.4 dell'allegato A del D.P.G.R. n. 53/R.

Per le valutazioni specifiche, anche per le aree con problematiche idrogeologiche, si rimanda alle Norme Tecniche di Attuazione del Regolamento Urbanistico nonché alle schede di fattibilità allegate alla presente relazione ed alle tavole delle "*carta idrogeologica e delle permeabilità superficiali*" e "*carta della vulnerabilità idrogeologica*".

11.5 - Aree a pericolosità sismica locale *(Tavv. 12, quadranti A-B-C-D)*

Dall'analisi e dalla valutazione integrata di quanto emerge dall'acquisizione delle conoscenze relative agli elementi di tipo geologico, geomorfologico e dalle indagini geotecniche e geofisiche, sono evidenziati il modello geologico-tecnico dell'area (rappresentato nella carta litotecnica e geologico-tecnica - Tavv. 6 e 7) e, conseguentemente, le aree ove possono verificarsi effetti locali o di sito (rappresentate nella carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica - Tav. 9).

In particolare la valutazione degli effetti locali o di sito ai fini della riduzione del rischio sismico consente di rappresentare:

- litotipi che possono costituire il substrato rigido, con una stima approssimativa della profondità ed una stima del contrasto di impedenza sismica atteso;
- probabili fenomeni di amplificazione stratigrafica, topografica e per morfologie sepolte;
- presenza di faglie e/o strutture tettoniche;
- contatti tra litotipi a caratteristiche fisico-meccaniche significativamente differenti;
- terreni suscettibili a liquefazione e/o addensamento;
- terreni soggetti a cedimenti diffusi e differenziali.

Tale valutazione viene rappresentata attraverso la realizzazione di uno studio di microzonazione sismica di livello 1, secondo i criteri definiti nelle specifiche tecniche di cui all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 3907/2010, che scaturisce nella redazione di una serie di elaborati tecnici specifici (in particolare nella cartografia MOPS).

La sintesi delle informazioni derivanti dalle cartografie geologiche, geomorfologiche, delle indagini e dalla carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica consente di valutare le condizioni di pericolosità sismica dei centri urbani studiati secondo le seguenti graduazioni di pericolosità.

Analogamente alla carta delle MOPS, l'elaborazione della carta della pericolosità sismica è stata realizzata solo sui centri urbani maggiormente significativi, individuati dal Comune di Cascina di concerto con l'autorità competente e rappresentati dalle aree urbanizzate estese principalmente nella porzione settentrionale del territorio comunale, per una fascia sviluppata prevalentemente in direzione est ovest, che comprende il centro urbano del capoluogo e le frazioni che si sviluppano lungo la SR 67.

Si riportano di seguito le situazioni delle varie classi di pericolosità sismica presenti sul territorio comunale.

Si precisa che non sono state attribuite zone con pericolosità sismica locale molto elevata (***S.4***), non essendo presenti problematiche di versante. I fenomeni puntuali (*'cedimenti scarpate fluviali'*), riportati in *Tav. 2 - Carta geomorfologica* non sono stati riportati fra le zone di attenzione per le instabilità e, conseguentemente, in pericolosità sismica elevata sia perché di modesta entità, sia perché si tratta di fenomeni locali di instabilità la cui genesi ed evoluzione è principalmente legata alla dinamica fluviale. Come pure non sono state attribuite zone con pericolosità sismica locale bassa (***S.1***), a causa dell'assenza del substrato in affioramento.

Di seguito si riporta la descrizione delle classi di pericolosità sismica locale individuate:

Pericolosità sismica locale elevata (S.3)

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

Nel territorio comunale sono state individuate e riportate in questa classe quelle zone caratterizzate dalla presenza di terreni con scadenti caratteristiche geotecniche, scarsamente consolidati, connessi alle dinamiche dei corsi d'acqua ed ai modellamenti antropici (argini, depositi di golena, bonifica per colmata), che potrebbero dar luogo a cedimenti diffusi e differenziali.

Tali zone sono solitamente limitate alle aree adiacenti ai principali corsi d'acqua, quali l'Arno e

il canale Scolmatore in cui sono presenti depositi di golena e/o terreni mobilitati nel corso delle escavazioni del canale ma dove non sono previsti interventi di trasformazione.

In questa classe sono state anche riportate le aree individuate come potenzialmente liquefacibili nella Carta Litotecnica (Tavv. 6, quadranti A-B-C), caratterizzate dalla presenza di litologie descritte come livelli sabbiosi in maniera univoca ed inequivocabile, superficiali e sotto falda.

Per una trattazione più approfondita dell'argomento si rimanda alla "*Relazione tecnica illustrativa di supporto allo studio di Microzonazione Sismica (MS) di Livello 1*".

In favore di sicurezza per tali aspetti risulta opportuno, a livello di intervento diretto, effettuare adeguate indagini geognostiche come previsto dalla normativa vigente, che accertino la presenza localizzata delle suddette problematiche valutandone il rischio.

Pericolosità sismica locale media (S.2)

Zone suscettibili di instabilità di versante inattiva e che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (che non rientrano tra quelli previsti per la classe di pericolosità sismica S.3).

Tale classificazione comprende la maggior parte del territorio comunale.

12 - CONDIZIONI DI FATTIBILIÀ

Le condizioni di attuazione delle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali previste nel territorio comunale sono state differenziate secondo le categorie di fattibilità riportate di seguito.

***Fattibilità senza particolari limitazioni (F1)**: si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali non vengono indicate prescrizioni specifiche ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.*

***Fattibilità con normali vincoli (F2)**: si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali vengono indicate la tipologia di indagini e/o specifiche prescrizioni ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.*

***Fattibilità condizionata (F3)**: si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali, ai fini della individuazione delle condizioni di compatibilità degli interventi con le situazioni di pericolosità riscontrate, vengono indicate la tipologia degli approfondimenti di*

indagine da svolgersi in sede di predisposizione dei piani complessi di intervento o dei piani attuativi o, in loro assenza, in sede di predisposizione dei progetti edilizi.

***Fattibilità limitata (F4)**: si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali la cui attuazione è subordinata alla realizzazione di interventi di messa in sicurezza che sono stati individuati e definiti, sulla base di studi e verifiche atti a determinare gli elementi di base utili per la predisposizione della relativa progettazione.*

La fattibilità è stata distinta in funzione delle situazioni di pericolosità per fattori geologici/geomorfologici, idraulici e sismici, ai fini di una più agevole e precisa definizione delle condizioni di attuazione delle previsioni, delle indagini di approfondimento da effettuare a livello attuativo ed edilizio, delle opere necessarie per la mitigazione del rischio.

Sono di seguito riportati i criteri generali di fattibilità ai sensi del Decreto del Presidente della Giunta Regionale 25 ottobre 2011 n. 53/R, integrati da specifiche indicazioni in relazione ad ognuno degli aspetti analizzati (geologici/geomorfologici, idraulici e sismici), che dovranno essere rispettati in relazione alle varie classi di pericolosità e condizioni di fattibilità.

Nella carta di fattibilità e analogamente nelle singole schede di fattibilità e nella matrice di fattibilità, si sono distinte la varie classi sopra definite per i seguenti criteri di fattibilità:

- **Fattibilità in relazione agli aspetti geologici** (secondo quanto indicato nell'allegato 1 - punto 3.2.1 delle Direttive - Allegato A del D.P.G.R. n. 53/R);
- **Fattibilità in relazione agli aspetti idraulici** (secondo quanto indicato nell'allegato 1 - punto 3.2.2 delle Direttive - Allegato A del D.P.G.R. n. 53/R).
- **Fattibilità in relazione agli aspetti sismici** (secondo quanto indicato nell'allegato 1 - punto 3.5 delle Direttive - Allegato A del D.P.G.R. n. 53/R).

Sono state inoltre effettuate specifiche considerazioni in merito a problematiche idrogeologiche di sintesi in riferimento agli interventi di previsione.

12.1 - Criteri generali di fattibilità in relazione agli aspetti geologici

In relazione alle varie classi di pericolosità geomorfologica, oltre a quanto prescritto nelle singole schede di fattibilità, dovranno essere seguite le prescrizioni e le indicazioni di seguito riportate.

Nelle situazioni caratterizzate da ***Pericolosità geologica elevata (G.3)*** è necessario rispettare i seguenti principi generali:

a) la realizzazione di interventi di nuova edificazione o nuove infrastrutture è subordinata all'esito di idonei studi geologici, idrogeologici e geotecnici finalizzati alla verifica delle effettive condizioni di stabilità ed alla preventiva o contestuale realizzazione degli eventuali interventi di messa in sicurezza;
b) gli eventuali interventi di messa in sicurezza, definiti sulla base di studi geologici, idrogeologici e geotecnici, devono comunque essere tali da:
   - non pregiudicare le condizioni di stabilità nelle aree adiacenti;
   - non limitare la possibilità di realizzare interventi definitivi di stabilizzazione e prevenzione dei fenomeni;
   - consentire la manutenzione delle opere di messa in sicurezza;
c) in presenza di interventi di messa in sicurezza sono predisposti ed attivati gli opportuni sistemi di monitoraggio in relazione alla tipologia del dissesto;
d) l'avvenuta messa in sicurezza conseguente la realizzazione ed il collaudo delle opere di consolidamento, gli esiti positivi del sistema di monitoraggio attivato e la delimitazione delle aree risultanti in sicurezza, sono certificati;
e) possono essere realizzati quegli interventi per i quali venga dimostrato che non determinano condizioni di instabilità e che non modificano negativamente i processi geomorfologici presenti nell'area; della sussistenza di tali condizioni deve essere dato atto nel titolo abilitativo all'attività edilizia.

Nelle situazioni caratterizzate da ***Pericolosità geologica bassa (G.1)*** non sono state dettate condizioni di fattibilità dovute a limitazioni di carattere geomorfologico.

12.2 - Criteri generali di fattibilità in relazione agli aspetti idraulici

In relazione alle varie classi di pericolosità idraulica individuate nello Studio Idrologico-Idraulico a cura di Hydrogeo, oltre a quanto prescritto nelle singole schede di fattibilità, dovranno essere seguite le prescrizioni e le indicazioni di seguito riportate.

Nelle situazioni caratterizzate da ***Pericolosità idraulica molto elevata (I.4)*** è necessario rispettare i seguenti principi generali:

a) sono da consentire nuove edificazioni o nuove infrastrutture per le quali sia prevista la preventiva o contestuale realizzazione di interventi strutturali per la riduzione del rischio sui corsi d'acqua o sulle cause dell'insufficiente drenaggio finalizzati alla messa in sicurezza idraulica per eventi con tempi di ritorno di 200 anni;
b) è comunque da consentire la realizzazione di brevi tratti viari di collegamento tra viabilità esistenti, con sviluppo comunque non superiore a 200 ml, assicurandone comunque la trasparenza idraulica ed il non aumento del rischio nelle aree contermini;
c) gli interventi di messa in sicurezza, definiti sulla base di studi idrologici e idraulici, non devono aumentare il livello di rischio in altre aree con riferimento anche agli effetti dell'eventuale incremento dei picchi di piena a valle;
d) relativamente agli interventi di nuova edificazione, di sostituzione edilizia, di ristrutturazione urbanistica e/o di addizione volumetrica che siano previsti all'interno delle aree edificate, la messa in sicurezza rispetto ad eventi con tempo di ritorno di 200 anni può essere conseguita anche tramite adeguati sistemi di autosicurezza (porte o finestre a tenuta stagna, parti a comune, locali accessori e/o vani tecnici isolati idraulicamente, ecc), nel rispetto delle seguenti condizioni:
   - sia dimostrata l'assenza o l'eliminazione di pericolo per le persone e i beni, fatto salvo quanto specificato alla lettera l);
   - sia dimostrato che gli interventi non determinano aumento delle pericolosità in altre aree;
e) della sussistenza delle condizioni di cui sopra deve essere dato atto anche nel titolo abilitativo all'attività edilizia;
f) fino alla certificazione dell'avvenuta messa in sicurezza conseguente la realizzazione ed il collaudo delle opere idrauliche, accompagnata dalla delimitazione delle aree risultanti in sicurezza, non può essere certificata l'abitabilità o l'agibilità;
g) fuori dalle aree edificate sono da consentire gli aumenti di superficie coperta inferiori a 50 metri quadri per edificio, previa messa in sicurezza rispetto ad eventi con tempo di ritorno di 200 anni conseguita tramite sistemi di auto sicurezza;
h) deve essere garantita la gestione del patrimonio edilizio e infrastrutturale esistente e di tutte le funzioni connesse, tenendo conto della necessità di raggiungimento anche graduale di condizioni di sicurezza idraulica fino a tempi di ritorno di 200 anni;
i) devono essere comunque vietati i tombamenti dei corsi d'acqua, fatta esclusione per la realizzazione di attraversamenti per ragioni di tutela igienico-sanitaria e comunque a seguito di parere favorevole dell'autorità idraulica competente;
l) sono da consentire i parcheggi a raso, ivi compresi quelli collocati nelle aree di pertinenza degli edifici privati, purché sia assicurata la contestuale messa in sicurezza rispetto ad eventi con tempo di ritorno di 30 anni, assicurando comunque che non si determini aumento della pericolosità in altre aree. Fanno eccezione i parcheggi a raso con dimensioni superiori a 500 metri quadri e/o i parcheggi a raso in fregio ai corsi d'acqua, per i quali è necessaria la messa in sicurezza per eventi con tempo di ritorno di 200 anni;
m) possono essere previsti ulteriori interventi, diversi da quelli indicati nelle lettere dalla a) alla l) di cui al presente paragrafo, per i quali sia dimostrato che la loro natura è tale da non determinare pericolo per persone e beni, da non aumentare la pericolosità in altre aree e purché siano adottate, ove necessario, idonee misure atte a ridurne la vulnerabilità.

In tale classe valgono inoltre le prescrizioni dell'art. 2 della L.R. n. 21 del 21 maggio 2012 "Disposizioni urgenti in materia di difesa dal rischio idraulico e tutela dei corsi d'acqua".

Nelle situazioni caratterizzate da ***Pericolosità idraulica elevata (I.3)*** sono da rispettare i criteri di cui alle lettere b), d), e) f), g), h), i) ed m) del paragrafo precedente. Sono inoltre da rispettare i seguenti principi generali:

a) all'interno del perimetro dei centri abitati (come individuato ai sensi dell'articolo 55 della l.r. 1/2005) non sono necessari interventi di messa in sicurezza per le infrastrutture a rete (quali sedi viarie, fognature e sotto servizi in genere) purché sia assicurata la trasparenza idraulica ed il non aumento del rischio nelle aree contermini;
b) non sono da prevedersi interventi di nuova edificazione o nuove infrastrutture, compresi i parcheggi con dimensioni superiori a 500 metri quadri e/o i parcheggi in fregio ai corsi d'acqua, per i quali non sia dimostrabile il rispetto di condizioni di sicurezza o non sia prevista la preventiva o contestuale realizzazione di interventi di messa in sicurezza per eventi con tempo di ritorno di 200 anni. Fanno eccezione i parcheggi a raso con dimensioni inferiori a 500 mq e/o i parcheggi a raso per i quali non sono necessari interventi di messa in sicurezza e i parcheggi pertinenziali privati non eccedenti le dotazioni minime obbligatorie di legge;
c) gli interventi di messa in sicurezza, definiti sulla base di studi idrologici e idraulici, non devono aumentare il livello di rischio in altre aree con riferimento anche agli effetti dell'eventuale incremento dei picchi di piena a valle. Ai fini dell'incremento del livello di rischio, laddove non siano attuabili interventi strutturali di messa in sicurezza, possono non essere considerati gli interventi urbanistico-edilizi comportanti volumetrie totali sottratte all'esondazione o al ristagno inferiori a 200 metri cubi in caso di bacino sotteso dalla previsione di dimensioni fino ad 1 chilometro quadrato, volumetrie totali sottratte all'esondazione o al ristagno inferiori a 500 metri cubi in caso di bacino sotteso di dimensioni comprese tra 1 e 10 kmq, o volumetrie totali sottratte all'esondazione o al ristagno inferiori a 1000 metri cubi in caso di bacino sotteso di dimensioni superiori a 10 kmq;
d) in caso di nuove previsioni che, singolarmente o complessivamente comportino la sottrazione di estese aree alla dinamica delle acque di esondazione o ristagno non possono essere realizzati interventi di semplice compensazione volumetrica ma, in relazione anche a quanto contenuto nella lettera g) del paragrafo 3.2.2.1, sono realizzati interventi strutturali sui corsi d'acqua o sulle cause dell'insufficiente drenaggio. In presenza di progetti definitivi, approvati e finanziati, delle opere di messa in sicurezza strutturali possono essere attivate forme di gestione del rischio residuo, ad esempio mediante la predisposizione di piani di protezione civile comunali;
e) per gli ampliamenti di superficie coperta per volumi tecnici di estensione inferiore a 50 mq per edificio non sono necessari interventi di messa in sicurezza.

Nelle situazioni caratterizzate da ***Pericolosità idraulica media (I.2 e I.2*)*** per gli interventi di nuova edificazione e per le nuove infrastrutture possono non essere dettate condizioni di fattibilità dovute a limitazioni di carattere idraulico. Qualora si voglia perseguire un maggiore livello di sicurezza idraulica, possono essere indicati i necessari accorgimenti costruttivi per la riduzione della vulnerabilità delle opere previste o individuati gli interventi da realizzare per la messa in sicurezza per eventi con tempo di ritorno superiore a 200 anni, tenendo conto comunque della necessità di non determinare aggravi di pericolosità in altre aree.

In prossimità delle aree fluviali, in linea generale valgono le disposizioni del R.D. 523/1904 e nelle aree classificate i vincoli sovraordinati del P.A.I. dell'Autorità di Bacini del Fiume Arno e del PTCP della Provincia di Pisa nonchè.

12.3 - Criteri generali di fattibilità per le situazioni connesse a problematiche idrogeologiche

Nei casi in cui la destinazione prevista possa incrementare una situazione di squilibrio in atto della risorsa idrica o generare situazioni di criticità, la sua attuazione è subordinata alla preventiva o contestuale esecuzione di interventi di eliminazione o mitigazione dello stato di rischio accertato o potenziale, tenuto conto della natura della trasformazione e delle attività ivi previste. L'attuazione può essere anche condizionata al rispetto di specifiche prescrizioni tese a contenere i possibili rischi d'inquinamento.

In relazione all'assetto idrogeologico rinvenuto si è proceduto alla predisposizione della "*Carta idrogeologica e delle permeabilità superficiali*" e della "Carta della vulnerabilità idrogeologica" per tutto il territorio comunale (Tavv. 3 e 4). In conformità a quanto stabilito dal punto 3.4 dell'allegato A del DPGR 25/10/2011 n. 53/R è stato possibile definire i condizionamenti e le prescrizioni tese a contenere i possibili rischi d'inquinamento. I suddetti condizionamenti e le prescrizioni di carattere idrogeologico sulla fattibilità degli interventi sono specificati per ogni singola scheda di fattibilità geologica (vedi elaborato "*Schede di fattibilità geologica, idraulica e sismica*").

12.4 - Criteri generali di fattibilità in relazione agli aspetti sismici

Per quanto riguarda le condizioni di fattibilità sismica, in relazione alle informazioni derivanti dalla classificazione sismica locale e delle destinazioni d'uso delle previsioni urbanistiche, sono state individuate le condizioni di attuazione delle opere anche attraverso una programmazione delle indagini da eseguire in fase di predisposizione dello strumento attuativo o dei progetti edilizi.

Nelle situazioni caratterizzate da ***Pericolosità sismica locale elevata (S3)***, in sede di predisposizione dei piani complessi di intervento o dei piani attuativi o, in loro assenza, in sede di predisposizione dei progetti edilizi, sono valutati i seguenti aspetti:

a) nel caso di zone suscettibili di instabilità di versante quiescente, oltre a rispettare le prescrizioni riportate nelle condizioni di fattibilità geomorfologica (par. 3.2.1), sono realizzate indagini geofisiche e geotecniche per le opportune verifiche di sicurezza e per la corretta definizione dell'azione sismica. Si consiglia l'utilizzo di metodologie geofisiche di superficie capaci di restituire un modello 2D del sottosuolo al fine di ricostruire l'assetto sepolto del fenomeno gravitativo. E' opportuno che tali indagini siano tarate mediante prove geognostiche dirette con prelievo di campioni su cui effettuare la determinazione dei parametri di rottura anche in condizioni dinamiche e cicliche. Tali indagini sono in ogni caso da rapportare al tipo di verifica (analisi pseudostatica o analisi dinamica), all'importanza dell'opera e al meccanismo del movimento del corpo franoso;
b) nel caso di terreni di fondazione particolarmente scadenti, sono realizzate adeguate indagini geognostiche e geotecniche finalizzate alle verifiche dei cedimenti;
c) per i terreni soggetti a liquefazione dinamica, per tutti i comuni tranne quelli classificati in zona sismica 2, sono realizzate adeguate indagini geognostiche e geotecniche finalizzate al calcolo del coefficiente di sicurezza relativo alla liquefazione dei terreni;
d) in presenza di zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse e in presenza di aree interessate da deformazioni legate alla presenza di faglie attive e capaci, è realizzata una campagna di indagini geofisiche di superficie che definisca geometrie e velocità

sismiche dei litotipi posti a contatto al fine di valutare l'entità del contrasto di rigidità sismica; è opportuno che tale ricostruzione sia tarata mediante indagini geognostiche dirette;

e) nelle zone stabili suscettibili di amplificazione locali caratterizzate da un alto contrasto di impedenza sismica tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri, è realizzata una campagna di indagini geofisica (ad esempio profili sismici a riflessione/rifrazione, prove sismiche in foro, profili MASW) e geotecniche (ad esempio sondaggi, preferibilmente a c.c.) che definisca spessori, geometrie e velocità sismiche dei litotipi sepolti al fine di valutare l'entità del contrasto di rigidità sismica dei terreni tra coperture e bedrock sismico. Nelle zone di bordo della valle, per quanto attiene alla caratterizzazione geofisica, è preferibile l'utilizzo di prove geofisiche di superficie capaci di effettuare una ricostruzione bidimensionale del sottosuolo (sismica a rifrazione/riflessione) orientate in direzione del maggior approfondimento del substrato geologico e/o sismico.

Nelle situazioni caratterizzate da ***Pericolosità sismica media (S2)*** non è necessario indicare condizioni di fattibilità specifiche per la fase attuativa o per la valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.

Per ogni previsione oggetto di Variante è stata predisposta apposita scheda di fattibilità in cui sono richiamate specifiche condizioni e prescrizioni, tali schede sono riportate nell'elaborato "*Schede di fattibilità geologica, idraulica e sismica*".

Nei casi di nuove previsioni o interventi non trattati da specifica scheda di fattibilità (interventi in territorio aperto, interventi minori ed in assenza di individuazione cartografica urbanistica o di singola scheda urbanistica) si farà riferimento ad una specifica matrice di attribuzione della fattibilità (vedi *NTA* del *Regolamento Urbanistico*). In questo caso si ricorda che sono fattibili gli interventi per i quali esistono già a supporto del R.U. e del P.S. studi idrologico-idraulici approvati dall'autorità competente, che individuano anche le limitazioni della fattibilità. In caso contrario gli interventi in classe 4 di fattibilità devono essere considerati non fattibili. Per ulteriori dettagli sulla metodologia adottata per i diversi criteri di fattibilità differenziati in relazione alle diverse problematiche suddette (geologica-idraulica- idrogeologica-sismica) si rimanda a quanto specificato per esteso nell'allegato 1-punto 3 delle Direttive - Allegato A del DPGR 25/10/2011 n. 53/R.

Certaldo, Dicembre 2014

Il Tecnico
Dott. Geol.
Alessandro MURRATZU