

Comune di Crespina

## **VARIANTE GENERALE AL PIANO STRUTTURALE**

Marzo 2011

Relazione Geologico-Tecnica

---

### **PREMESSA**

La presente relazione illustra lo studio geologico redatto su incarico dell'Amministrazione Comunale di Crespina (PI), a supporto della Variante generale al Piano Strutturale.

In tale studio è stato aggiornato il quadro conoscitivo già prodotto a supporto dello strumento urbanistico vigente con riferimento a tutti gli aspetti di carattere geologico che concorrono alla definizione della pericolosità geomorfologica, idraulica, sismica ed alle problematiche idrogeologiche del territorio comunale.

Lo studio è stato condotto in ottemperanza del Decreto del Presidente della Giunta Regionale n.26/R del 27 Aprile 2007 "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", del D.P.C.M. 06/05/05 di approvazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno, della D.C.R.T. n.72 del 24/07/07 di approvazione del nuovo Piano di Indirizzo Territoriale (P.I.T.) della Regione Toscana e della D.C.P. n.100 del 27/07/06 di approvazione del nuovo Piano Territoriale di Coordinamento (P.T.C.) della Provincia di Pisa.

Circa gli approfondimenti relativi agli aspetti idraulici sono stati utilizzati gli studi condotti dall'Ing. Silvia Lucia in occasione di una Variante Parziale al Piano Strutturale del 2008, estesi a livello comunale ed utilizzati per l'adeguamento del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del Bacino del Fiume Arno.

## 1 - METODOLOGIA D'INDAGINE

Il vigente Piano Strutturale comunale è supportato da elaborati geologici redatti nel 2001 dai geologi F. Tacchi e F. Castellani conformemente alle disposizioni della D.C.R. n.94/85 e della D.C.R.T. n.12/2000 (PIT), oltre a quanto definito nel P.T.C. della Provincia di Pisa; tali elaborati hanno costituito il punto di partenza per il nuovo studio di aggiornamento che è stato articolato nel modo seguente:

- acquisizione degli elaborati cartografici relativi al P.A.I. ed al P.T.C. provinciale, degli ultimi studi geologici effettuati sul territorio comunale da parte della Regione Toscana e della Provincia di Pisa (nuova carta geologica e geomorfologica realizzata con la supervisione scientifica del C.N.R. "Centro di studio della geologia strutturale e dinamica dell'Appennino"), degli studi di dettaglio di supporto sia a piani urbanistici che a progetti specifici eseguiti a livello comunale e dei dati geologico tecnici relativi ad indagini puntuali eseguite per il rilascio delle singole concessioni edilizie estratti dagli archivi comunali;
- verifica ed integrazione degli elementi geologico-strutturali e geomorfologici attraverso nuovi controlli sul terreno con particolare disamina delle situazioni critiche in evoluzione;
- caratterizzazione delle unità litostratigrafiche che costituiscono la struttura geologica sotto il profilo litotecnico, in base ai nuovi numerosi dati puntuali sulle caratteristiche geotecniche dei terreni investigati nella loro porzione più superficiale;
- caratterizzazione del territorio comunale sulla base delle pendenze dei versanti distinte in sette classi a diversa acclività;
- verifica e definizione degli ambiti territoriali comunali interessati da allagamenti per fenomeni di inondazione da corsi d'acqua riferiti a tempi di ritorno di 20, 30, 100 e 200 e 500 anni (verifiche idrauliche dell'Ing. Silvia Lucia);
- zonizzazione del territorio comunale eseguita sulla base delle caratteristiche relative alla "pericolosità geomorfologica", alla "pericolosità idraulica", alla "pericolosità sismica locale" ed alla vulnerabilità degli acquiferi presenti nel sottosuolo del territorio di Crespina.

Il lavoro è rappresentato nelle seguenti Tavole fuori testo:

<b>A - Carta Geologica</b>	<i>(1 tavola in scala 1:10.000)</i>
<b>B - Carta Geomorfologica</b>	<i>(1 tavola in scala 1:10.000)</i>
<b>C - Carta Idrogeologica</b>	<i>(1 tavola in scala 1:10.000)</i>
<b>D - Carta dell'Acclività</b>	<i>(1 tavola in scala 1:10.000)</i>
<b>E - Carta Litotecnica</b>	<i>(1 tavola in scala 1:10.000)</i>
<b>F - Carta delle ZMPSL e della Pericolosità sismica locale</b>	<i>(1 tavola in scala 1:10.000)</i>
<b>G - Carta della Pericolosità Geomorfologica</b>	<i>(1 tavola in scala 1:10.000)</i>
<b>H - Carta della Pericolosità Idraulica</b>	<i>(1 tavola in scala 1:10.000)</i>
<b>I - Carta della Vulnerabilità Idrogeologica</b>	<i>(1 tavola in scala 1:10.000)</i>

## **2 - CARTA GEOLOGICA (Tavola A)**

Nell'ambito del presente lavoro, le analisi legate alla geologia dei luoghi sono state condotte a partire da quanto contenuto nella Carta Geologica Regionale, in scala 1:10.000, nelle Sezioni 273150 e 284030, come indicato al punto B.1 dell'Allegato A alla D.P.G.R. 27/04/2007 n.26/R ("Direttive per le indagini geologico-tecniche").

Tali informazioni sono state uniformate con le forme morfologiche ricavate dalla C.T.R. in scala 1:2.000 ed integrate con le informazioni ricavate dalle indagini puntuali condotte a supporto dei recenti atti di governo del territorio e dei nuovi interventi edilizi.

### **2.1 - Stratigrafia**

Le unità litostratigrafiche presenti fanno parte di due distinti cicli stratigrafici: il più basso geometricamente, in facies marina; il sovrastante, in facies salmastra. Il primo è riferibile, come età, al Pliocene inferiore-medio, il secondo al Pleistocene inferiore. Non sono presenti i depositi del Miocene (depositi lacustri ed evaporiti) in quanto la posizione paleogeografia delle Colline Pisane è individuata al margine settentrionale di un alto strutturale costituito dai rilievi di Casciana Terme, posti più a Sud.

#### **2.1.1- I depositi del Pliocene inferiore-medio**

Questi depositi fanno parte del ciclo stratigrafico del Pliocene inferiore-medio: nel territorio comunale di Crespina affiora solo il membro superiore, costituito dalle "Sabbie di Lajatico - Formazione di Villamagna" (VLMs) a granulometria grossolana e contenenti nella parte bassa frequenti livelli argillosi.

Verso Est affiorano anche i membri inferiori, costituiti da litologie più argillose: il passaggio fra le formazioni che costituiscono questo ciclo non è mai netto ma avviene per un'alternanza in verticale di tipi litologici e per variabilità laterale, tanto che il confine fra di esse non sempre è di sicura collocazione.

#### **Sabbie di Lajatico (VLMs)**

In campagna la formazione si presenta costituita da sabbie fini alternanti con sabbie più grossolane spesso cementate, e da alcuni banchi a cemento calcareo tipici per il contenuto di un fossile, *Amphistegina*, molto diffuso in altre parti delle Colline Pisane.

Le sabbie hanno composizione silicea e granulometria fine: il colore è generalmente giallo arancio ed in affioramento è spesso evidente una stratificazione. Nella porzione inferiore della formazione gli strati hanno generalmente spessori decimetrici, mentre nella parte alta le sabbie si presentano in bancate di spessore metrico, talvolta interrotte da sottili livelletti argillosi.

L'associazione fra la specie *Amphistegina* con la *Globorotalia aemiliana* conduce all'attribuzione della formazione al Pliocene medio (Bossio et. alii, 1981, opera citata).

### **2.1.2 - I depositi del Pleistocene inferiore**

La mancanza di sedimenti del Pliocene superiore in Toscana è ormai un dato acquisito. Ciò fa ritenere verosimile, in questo intervallo di tempo, un sollevamento generalizzato delle terre; anche sulle colline di Crespina mancano depositi del Pliocene superiore.

#### Sabbie ed argille ad *Arctica Islandica* (ART)

Le argille sabbiose ad *Arctica* del Pleistocene inferiore marcano l'inizio di un nuovo ciclo sedimentario marino: lo spessore di questa formazione è di 15-25 m ed è pressoché costante su tutto l'areale in esame. Litologicamente si tratta di argille grigio-bluestre con intercalati livelli sabbiosi la cui variabilità laterale è fortemente pronunciata. La fauna è caratterizzata dalla presenza dei cosiddetti "ospiti freddi" come l'*Arctica islandica* che dà il nome alla Formazione e da una moltitudine di altri macrofossili tra i quali sono presenti Lamellibranchi, Gasteropodi, Coralli e Brachiopodi.

Litotecnica questa formazione è la più debole tra quelle riscontrate durante il rilevamento del territorio collinare.

La presenza di livelli e bancate argillose favorisce la formazione di piccole falde sospese che saturano il terreno determinando il decadimento delle proprietà meccaniche.

#### Sabbie di Nugola Vecchia (NUG)

I depositi appartenenti al ciclo stratigrafico in facies salmastra del Pleistocene inferiore sono riferibili alla Sabbie (NUG), correlabili per posizione geometrica e per continuità regionale alle "Sabbie di Nugola Vecchia".

Si tratta di Sabbie fini in banchi di colore giallo-arancio in cui si notano spesso sia strati arenacei cementati ma discontinui, sia livelli conglomeratici e microconglomeratici. La Formazione è poco fossilifera o sterile e rappresenta la fase regressiva del ciclo pleistocenico in facies salmastra e di ambiente costiero.

### **2.1.3 - I depositi del Pleistocene medio-superiore**

#### Conglomerati, sabbie e limi di Casa Poggio ai Lecci (QPL)

A Nord dell'abitato di Siberia e sui rilievi adiacenti affiora una formazione costituita da sabbie debolmente limose e arrossate. La caratteristica peculiare di questa formazione è la presenza di letti e livelli conglomeratici poligenici di dimensioni centimetriche. I ciottoli provengono in prevalenza dal disfacimento di formazioni quali il Verrucano e di altre della Serie Toscana, affioranti nel Monte Pisano.

Nel complesso la formazione delle QPL rappresenta un terrazzo di ambiente fluviale o

fluvio-lacustre la cui quota massima, rilevata in corrispondenza del Cimitero di Tripalle, è di poco superiore ai 90 m.

#### Sabbie e limi di Vicarello (QVC)

Nella zona pedecollinare del Comune di Crespina ed in corrispondenza dei centri abitati di Cenaia, Ceppaiano e Volpaia, affiora una formazione costituita essenzialmente da sabbie debolmente limose all'interno delle quali talvolta si rilevano letti discontinui di conglomerati plurimillimetrici.

L'ambiente di sedimentazione di questa formazione è essenzialmente eolico-palustra e di piana di esondazione fluviale ed è attribuibile al Pleistocene superiore.

L'azione dei corsi d'acqua principali ha solcato tali sedimenti, che oggi affiorano in aree debolmente sopraelevate rispetto alle aree alluvionali recenti, formando modesti alti morfologici nella pianura settentrionale.

#### Alluvioni (a)

Si tratta dei depositi alluvionali più recenti attribuibili all'Arno ed ai suoi affluenti, che affiorano nella zona settentrionale del territorio comunale e penetrano all'interno delle valli minori conferendo a queste la classica morfologia tabulare. La loro deposizione risale all'Olocene ed è collegata con le fasi di sovralluvionamento sviluppatosi in tutta la pianura pisana man mano che il livello del mare risaliva, durante la deglaciazione post-wurmiana.

Le zone settentrionali, proprie della pianura dell'Arno, sono costituite da materiali fini, prevalentemente coesivi (*ac*), mentre all'interno delle valli affiorano depositi sabbiosi (*as*), in quanto prossime alle zone di alimentazione dei rilievi adiacenti; nelle aree di raccordo è presente una zona di frangia, con materiali di granulometria mista (*am*).

### **3 - CARTA GEOMORFOLOGICA (Tavola B)**

Partendo dai dati contenuti nell'indagine geologica di supporto al Piano Strutturale vigente, sono stati valutati i fenomeni geomorfologici già precedentemente censiti mediante specifici sopralluoghi, che hanno condotto all'individuazione anche di nuovi elementi ed alla ripermimetrazione di alcuni di quelli noti.

Sono state altresì verificate le forme di dissesto indicate nelle cartografie del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del Bacino del Fiume Arno, che per il Comune di Crespina sono rappresentate nel livello di sintesi in scala 1:25.000, oltre a quelle contenute nella Carta Geomorfologica redatta dalla Provincia di Pisa nel 2005

Anche in questo caso la Carta Geomorfologica inserita nel Piano Strutturale è stata aggiornata, inserendo i fenomeni di dissesto verificatisi successivamente alla sua redazione ponendo l'attenzione sulle forme interessanti ai fini della valutazione del grado di pericolosità del territorio comunale.

Nella legenda della carta le forme ed i depositi sono stati suddivisi in base all'agente morfogenetico che li ha prodotti: quello gravitativo, quello fluviale e quello antropico.

Le forme ed i depositi sono stati inoltre distinti in base al tipo di movimento ed al loro stato di attività seguendo i criteri definiti dal Gruppo Nazionale di Geografia Fisica e Geomorfologia (GNGFG, 1987, 1993).

#### **3.1 - Agenti morfogenetici**

Sono state considerate:

- *attive*: le forme e i depositi legati a processi in atto all'epoca del rilevamento o ricorrenti a ciclo breve
  
- *quiescenti*: le forme e i depositi per i quali esistono evidenze geomorfologiche o testimonianze di funzionamento nell'attuale sistema morfoclimatico e morfodinamico e che non avendo esaurito la loro evoluzione hanno possibilità di riattivarsi

Nella sostanza sono state considerate quiescenti tutte le forme, i processi e i depositi di cui non è dimostrabile la non attività.

Agli agenti morfogenetici è stato attribuito il seguente significato:

## - MORFOLOGIA GRAVITATIVA

- *frane*: Sono state considerate quiescenti tutte le frane riconoscibili in fotografia aerea ma prive, all'osservazione diretta, di evidenze di movimento

## - MORFOLOGIA FLUVIALE E DELLE ACQUE DILAVANTI

- *alluvioni attuali*: con questo termine sono state raccolte tutte le forme attuali di deposito, costituite da materiale di granulometria variabile da grossolano sciolto (nelle valli interne) al fine coesivo (nella pianura dell'Arno);
- *ruscellamento superficiale*: si riferisce a zone in cui l'erosione superficiale determina il denudamento del terreno, con asportazione della coltre vegetale;
- *morfologia antropica*: sono state cartografate le principali forme del paesaggio prodotte dall'azione dell'uomo quali i rilevati antropici, gli argini fluviali e i laghi.

### **3.2 - Aspetti geomorfologici**

Da un primo esame delle caratteristiche morfologiche del territorio si nota come questo presenti due tipologie di paesaggio predominanti che sono quelle di pianura e di collina.

La parte nord è pianeggiante e non presenta caratteristiche morfologiche degne di nota ad eccezione di alcuni modesti alti morfologici impostati nelle "Sabbie e limi di Vicarello" (QVC); tali zone non presentano tracce di attività ed hanno generalmente dislivelli contenuti.

La parte centrale e meridionale è collinare con quote massime dell'ordine dei 118 m s.l.m in prossimità del margine Sud del territorio comunale.

Il particolare assetto stratigrafico dell'area, costituito dalla sovrapposizione di depositi marini di vari cicli e di varia granulometria e da depositi fluviali ad assetto sub orizzontale, fa sì che i versanti si presentino spesso gradonati con porzioni più ripide nelle facies a granulometria maggiore, alternate a porzioni più dolci dove la componente fine è più abbondante. Tali variazioni granulometriche si riflettono anche sulla permeabilità dei sedimenti che risulta bassa nelle argille ed alta nelle sabbie, accentuando l'evoluzione



verso una morfologia a gradoni.

Lungo le dorsali affiorano in massima parte i terreni riferibili alle “Sabbie di Nugola Vecchia” (*NUG*) ed in misura minore ai “Conglomerati, sabbie e limi di Casa Poggio ai Lecci” (*QPL*) nella porzione settentrionale ed orientale.

Spesso anche all'interno delle formazioni sabbiose sono presenti livelli più fini e le scarpate non sono ubicate esclusivamente al contatto fra formazioni diverse ma si trovano anche all'interno della stessa formazione.

La tipologia delle frane individuate è quasi sempre di tipo rototraslazionale. Solamente in corrispondenza delle scarpate principali sono stati individuati fenomeni di crollo di blocchi isolati da fratture. Tali crolli spesso sono innescati da processi di arretramento di frane traslazionali poste a quote più basse ed interessano volumi estremamente limitati di terreno.

All'interno del territorio studiato non sono emerse evidenze di forme riconducibili a fenomeni franosi sicuramente stabilizzati o verificatisi in condizioni climatiche diverse dalle attuali (movimenti relitti).

Vista la difficoltà di verificare sul terreno l'entità degli spostamenti per i fenomeni che da un punto di vista geomorfologico presentano contropendenze, rigonfiamenti, alberi inclinati, gli stessi sono stati classificati attivi anche in assenza di notizie di avvenuti movimenti nell'ultimo ciclo stagionale.

#### **4 - CARTA IDROGEOLOGICA**

Nella Carta Idrogeologica sono rappresentati gli elementi principali connessi alle acque superficiali e sotterranee, con lo sviluppo dei corsi d'acqua principali e le aree interessate da elevata pericolosità di inondazione, oltre alla individuazione dei pozzi privati e di quelli destinati all'uso idropotabile.

Nelle carte sono quindi indicati:

- l'ubicazione dei pozzi privati
- l'ubicazione dei pozzi ad uso idropotabile e la loro fascia di rispetto
- i corsi d'acqua principali e le aree potenzialmente inondabili per  $Tr < 20$  anni
- i rilevati arginali
- i laghi

##### **4.1 - Aspetti idrogeologici**

Nel corso del presente lavoro sono stati indicati i pozzi di cui è nota l'esistenza, concentrati principalmente nelle zone di pianura ed in particolar modo in corrispondenza dei centri abitati di Cenaia, Ceppaiano e Molino delle Lame. I motivi di tale concentrazione sono da ricercare sia nell'assetto idrogeologico del territorio comunale sia nella maggiore estensione degli agglomerati urbani.

Negli elaborati grafici sono stati indicati anche i pozzi artesiani, ad uso idropotabile, di proprietà di Acque Spa. Intorno ad essi è stata riportata la "zona di rispetto", di cui al D.P.R. 236/88 e successivo D.Lgs 152/2006.

L'esperienza acquisita in contesti simili permette di definire una prima falda superficiale, intercettata dai diversi pozzi romani (o a sterro), suscettibile di ampie escursioni stagionali, che possono limitare sensibilmente la produttività di tali punti di approvvigionamento idrico.

La direzione di flusso è Sud-Est Nord-Ovest, in analogia con il sistema idraulico superficiale, condizionato e risente fortemente dell'assetto strutturale del substrato fortemente influenzato dall'approfondimento della valle dell'Arno e dalle linee principali di drenaggio costituite dalle sue valli laterali.

Nel complesso la prima falda risulta estremamente superficiale, contenuta in terreni mediamente permeabili e direttamente influenzata dall'infiltrazione delle acque meteoriche.

Tutto quanto sopra porta a concludere che siamo in presenza di un acquifero poco produttivo, con tetto prossimo alla superficie e pertanto da considerare vulnerabile.

L'acquifero profondo, di tipo artesiano, dal quale attingono anche i pozzi ad uso idropotabile, sembra avere una buona ricarica e una discreta potenzialità ad oggi sfruttata solo parzialmente.

L'area collinare, in virtù della presenza di litologie prevalentemente sabbiose, ad elevata permeabilità, non presenta livelli freatici significativi, sebbene in corrispondenza di orizzonti a matrice argillosa possano verificarsi stagionali emergenze superficiali.

## 5 - CARTA DELLE PENDENZE

Per la caratterizzazione areale dell'acclività del territorio è stata utilizzata la metodologia suggerita dal P.T.C. della Provincia di Pisa che suddivide il territorio in 6 classi di pendenza ("p"). Gli ambiti di acclività utilizzati sono i seguenti:

0	< p < 5,7°	(10%)	- Classe 1
5,7°	(10%) < p < 8,5°	(15%)	- Classe 2
8,5°	(15%) < p < 14°	(25%)	- Classe 3
14°	(25%) < p < 19°	(35%)	- Classe 4
19°	(35%) < p < 26,5°	(50%)	- Classe 5
26,5°	(50%) < p < 90°	(100%)	- Classe 6

La carta delle pendenze così realizzata, con la quale è possibile effettuare considerazioni sulla corrispondenza tra le classi di pendenza e le classi litotecniche, è stata utilizzata per la derivazione di alcune cartografie differenti. In particolare il limite delle aree maggiormente acclivi è stato utilizzato, insieme alle altre cartografie di base, per la realizzazione della carta di Pericolosità geomorfologica (vedasi paragrafo XX) e delle Zone a Maggiore Pericolosità Sismica Locale (paragrafo XX). Le classi a pendenza minore (superfici topografiche sub-orizzontali) hanno costituito invece un elemento importante per la delimitazione delle aree ad elevata Vulnerabilità idrogeologica (vedasi paragrafo XX).

## 6 - CARTA LITOTECNICA

Le caratteristiche dei terreni affioranti sono state esaminate da un punto di vista geotecnico prendendo in esame la loro composizione mineralogica, il tipo di stratificazione, lo stato di fratturazione e degradazione, la granulometria ed il grado di cementazione. Le unità litostratigrafiche sono state accorpate a partire dalla cartografia geologica in virtù di un comportamento meccanico omogeneo, indipendentemente dalla loro collocazione geometrica. In questo contesto è opportuno prendere atto che il limite di una certa unità litotecnica può non coincidere esattamente con il limite di due formazioni geologiche; tuttavia considerando la scala di utilizzo delle cartografie in oggetto ed in linea con quanto enunciato nel paragrafo B.2 del D.P.G.R. 27 Aprile 2007 n.26/R, si è ritenuto conservare i limiti della carta geologica.

La classificazione litotecnica dei terreni è stata effettuata con i criteri del progetto VEL *“Istruzioni tecniche per le indagini geologico-tecniche, le indagini geofisiche e geotecniche, statiche e dinamiche, finalizzate alle valutazioni degli effetti locali nei comuni classificati sismici”*, seguendo la *“Legenda schematica per la definizione di unità litologico-tecniche nel 'substrato' e nella 'copertura' “*. Le unità litostratigrafiche affioranti nel comune di Crespina sono state così raggruppate in 4 unità litotecniche principali, contrassegnate da una lettera maiuscola. All'interno di tali classi sono state poi definite svariate sottoclassi, rappresentate da un numero, dipendenti sostanzialmente dalle caratteristiche tessiturali dei terreni. Ogni formazione geologica è stata infine contraddistinta (quando possibile) attraverso uno o più attributi (suffisso 1 e suffisso 2) rappresentanti eventuali peculiarità sedimentologiche. In sintesi la classificazione effettuata è schematizzata nella seguente tabella:

CLASSE	SOTTOCLASSE	SUFFISSO 1	SUFFISSO 2	CODICE COMPLETO	CODICE FORMAZIONE GEOLOGICA	DESCRIZIONE
<b>C</b> <i>(materiali granulari cementati)</i>	<b>3</b> (sabbie cementate)	<b>r7</b> (lieve cementazione)	-	<b>C3.r7</b>	NUG	Sabbie lievemente cementate
<b>D</b> <i>(terreni coesivi consistenti)</i>	<b>1</b> (limi prevalenti)	<b>s1</b> (estremamente consistente)	-	<b>D1.s1</b>	QPL	Limi estremamente consistenti
		<b>s2</b> (molto consistente)	-	<b>D1.s2</b>	QVC	Limi consistenti
<b>E</b> <i>(materiali granulari non cementati)</i>	<b>3</b> (sabbie prevalenti)	<b>a1/2</b> (da addensato a moderatamente addensato)	-	<b>E3.a1/2</b>	bn	Sabbie da addensate a moderatamente addensate
<b>F</b> <i>(materiali con consistenza limitata o nulla)</i>	<b>1</b> (limi prevalenti)	<b>s3/4</b> (da consistenti a moderatamente consistenti)	<b>t2</b> (presenza di frazione sabbiosa)	<b>F1.s3/4.t2</b>	b (sabbie)	Limi con sabbie da consistenti a moderatamente consistenti
		<b>s5/6</b> (da poco consistente a privo di consistenza)	-	<b>F1.s5/6</b>	h5	Limi poco consistenti
	<b>t4</b> (presenza di materiale torboso)		<b>F1.s5/6.t4</b>	b (misti)	Limi poco consistenti localmente torbosi	
	<b>2</b> (argille prevalenti)	<b>s3/4</b> (da consistenti a moderatamente consistenti)	-	<b>F2.s3/4</b>	b (coesivi)	Argille moderatamente consistenti
<b>t2</b> (presenza di frazione sabbiosa)			<b>F2.s3/4.t2</b>	ART	Argille sabbiose moderatamente consistenti	

Data la sua origine antropica e l'esiguo spessore si è scelto di non rappresentare il materiale di riporto nella carta litotecnica.

### 6.1 - Dati di base

Per la definizione delle caratteristiche litotecniche del terreno sono stati utilizzati i risultati delle indagini geognostiche effettuate nel Comune di Crespina nell'ambito di studi a carattere generale (piani attuativi), e delle indagini geologico-tecniche condotte per conto di privati. I dati sono stati integrati con quelli disponibili nel Database della Provincia, distribuito nel dicembre 2005.

Il località Cenaia è stata inoltre recuperata una indagine sismica di tipo Down-Hole, realizzata nell'ambito di Progettazione del “nuovo centro feste” la quale è stata integrata nel database geognostico.

Nell'ALLEGATO 1 è riprodotta la copia dei certificati relativi a sondaggi, saggi, analisi di laboratorio e prove penetrometriche statiche e dinamiche, effettuati all'interno del territorio comunale e la cui ubicazione è indicata nella Tavola 8.E.

Le indagini estratte dal database geognostico della Provincia di Pisa sono state numerate col numero identificativo originale, quelle recuperate dalle pratiche già agli atti, di iniziativa pubblica e privata (tra cui l'indagine sismica eseguita a Cenaia) sono state numerate con un numero progressivo preceduto dalla lettera “G” (G1, G2, G3...).

## **7 - CARTA DELLE ZONE A MAGGIORE PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE (ZMPSL) E DELLA PERICOLOSITA' SISMICA**

L'Ordinanza P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003, che proponeva l'adozione di un sistema normativo coerente con il codice europeo in materia antisismica (EC8), ha suddiviso il territorio nazionale in relazione ai valori di accelerazione di picco in 4 zone sismiche (ex categorie). Ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione massima al suolo, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni. Ai sensi della suddetta Ordinanza il Comune di Crespina è classificato in zona 3.

La Giunta Regionale Toscana, affinando i criteri analitici dell'Ordinanza 3274, con sua Delibera n° 431 del 19/6/2006, ha adottato un'ulteriore classificazione sismica del territorio regionale inserendo il Comune di Crespina in zona 3s.

Le normative suddette e le più recenti normative in materia di edilizia (D.M. 14 gennaio 2008, N.T.C.) prevedono la caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo, da individuare in relazione ai parametri di velocità delle onde di taglio (S) mediate sui primi 30 metri di terreno ( $V_{s30}$ ). Per una valutazione di questo parametro sono necessarie indagini sismiche in situ.

Sulla base delle indagini eseguite in contesti geologici simili a quelli dell'area in esame (comuni limitrofi) ed in accordo coi risultati dell'indagine sismica Down-Hole eseguita in loc. Cenaia, nell'ambito della progettazione del nuovo "Spazio Feste" ( $V_{s30} = 293,4$  m/s in corrispondenza della formazione delle Sabbie e Limi di Vicarello), è possibile suddividere il territorio comunale in due settori a comportamento sismico differente:

<i>Contesto geomorfologico</i>	<i>Formazione geologica</i>	<i>Ambito di Velocità sismica</i>
Contesto collinare	<i>VLMs, ART, NUG, QPL, QVC, at</i>	$240 < V_{s30} < 400$ [m/s]
Contesto alluvionale	<i>b</i>	$180 < V_{s30} < 300$ [m/s]

Da quanto detto risulta evidente che, in entrambi i contesti geomorfologici, la categoria sismica di sottosuolo, così come definita dal D.M. 14 gennaio 2008 (N.T.C.), risulta essere generalmente riconducibile alla Classe "C", definita come segue:



...

C – “*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{S30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < N_{Spt30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < C_{u30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina)*” .

...

## **7.1 - Carta della Pericolosità Sismica**

Al paragrafo C.5 del D.P.G.R.T. n°26/R del 27 Aprile 2007 sono definiti gli effetti locali o di sito da esaminare per perseguire la riduzione del rischio sismico:

1. *probabili fenomeni di amplificazione stratigrafica, topografica e per morfologie sepolte*
2. *la presenza di faglie e/o strutture tettoniche*
3. *i contatti tra litotipi a caratteristiche fisico-meccaniche significativamente differenti*
4. *accentuazione della instabilità dei pendii*
6. *terreni soggetti a cedimenti diffusi e differenziali*

Nella carta delle Zone a Maggior Pericolosità Sismica locale (ZMPSL, redatta secondo l'Art. C.5 dell'Allegato A al D.P.G.R. 27/04/2007 n.26/R) sono state evidenziate le “*tipologie delle situazioni*” (definite nell'Allegato 1 alle Direttive) riscontrate nel territorio comunale. Gli effetti di sito assumono una diversa rilevanza in funzione della sismicità di base del territorio comunale e della relativa accelerazione di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (D.M. 14.9.2005).

Sull'intero territorio comunale è stata evidenziata la Tipologia delle situazioni n.9 (depositi appartenenti al neo-autoctono toscano) cui si sovrappongono a seconda del contesto geomorfologico (collinare o pianura) altre “*tipologie delle situazioni*” a valenza locale. La tipologia 9 individua zone caratterizzate dalla presenza “di depositi alluvionali granulari e/o sciolti e di depositi del ciclo stratigrafico plio-pleistocenico” nelle quali si possono produrre “*amplificazione diffusa del moto del suolo dovuta a fenomeni di amplificazione stratigrafica*”.

Nell'area di pianura, in prossimità col canale Scolmatore si sovrappone alla 9 la tipologia **4**, coincidente con terreni particolarmente scadenti (argille e limi molto soffici, riporti poco addensati) riconducibile alla presenza dei terreni rimossi dal tracciato del canale

nell'ambito della sua escavazione, avvenuta negli anni 60. Questa situazione locale può determinare come "possibile ulteriore effetto" la formazione di cedimenti diffusi.

Nell'area collinare agli effetti prodotti dalla tipologia 9 localmente si sovrappongono quelli legati alle "Tipologie" **1**, **2A** e **2B** derivanti dalla presenza di fenomeni franosi. La tipologia delle situazioni n.8 è fortemente diffusa nel settore centro meridionale del Comune, in corrispondenza del raccordo della collina col fondovalle. Tale tipologia delle situazioni può generare "amplificazione sismica dovuta a morfologie sepolte". Nei fondovalle minori, ai piedi dei versanti collinari, sono spesso presenti depositi colluviali derivanti dall'erosione dei rilievi adiacenti, riconducibili alla "Tipologia 10".

## **7.2 - Classi di Pericolosità Sismica**

Nell'Allegato A al D.P.G.R. 27/04/2007 n. 26/R (paragrafo C.5) sono individuate quattro classi di pericolosità sismica, ottenute quali sintesi delle problematiche geologiche, geomorfologiche e sismiche individuate. Il grado di pericolosità del sito si ottiene sovrapponendo alla situazione locale (tipologia della situazione presente indicata nelle ZMPSL) la Zona sismica di riferimento: nel nostro caso la zona 3s. Utilizzando questo criterio sono state individuate quattro classi di pericolosità sismica e precisamente:

**Pericolosità sismica locale molto elevata (S.4):** *aree in cui sono presenti fenomeni di instabilità attivi (1) e che pertanto potrebbero subire una accelerazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; terreni soggetti a liquefazione dinamica (5) in comuni a media-elevata sismicità (zone 2).*

**Pericolosità sismica locale elevata (S.3):** *aree in cui sono presenti fenomeni di instabilità quiescenti (2A) e che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di effetti sismici; zone potenzialmente franose o esposte a rischio frana (2B) per le quali non si escludono fenomeni di instabilità indotta dalla sollecitazione sismica; zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dal luogo a cedimenti diffusi (4); terreni soggetti a liquefazione dinamica (5) in comuni a media-elevata sismicità (zone 3S); zone con possibile amplificazione sismica connesse a zone di bordo della valle e/o aree di raccordo con il versante (8); zone con possibile amplificazione per effetti stratigrafici (9,10,11) in comuni a media-elevata sismicità (zone 2 e 3S); aree di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico meccaniche significativamente diverse(12); presenza di faglie e/o contatti tettonici (13).*

**Pericolosità sismica locale media (S.2):** *zone con fenomeni franosi inattivi (3); aree in cui è possibile amplificazione dovuta ad effetti topografici (6-7); zone con possibile amplificazione stratigrafica (9,10,11) in comuni a media sismicità (zone 3)*

**Pericolosità sismica locale bassa (S.1):** *aree caratterizzate dalla presenza di formazioni litoidi e dove non si ritengono probabili fenomeni di amplificazione o instabilità indotta dalla sollecitazione sismica.*

Il territorio Comunale di Crespina ricade per la quasi totalità nella classe 3 - Pericolosità sismica locale elevata, vista la presenza di fenomeni quiescenti e la diffusa estensione della Tipologia n.9.

Localmente in coincidenza di fenomeni morfologici attivi si raggiunge la classe 4 - Pericolosità sismica locale molto elevata (area ad ovest dell'abitato di Crespina).

### **7.3 - Condizioni alla trasformazione per le aree a pericolosità sismica locale**

Dall'analisi e dalla valutazione integrata delle conoscenze acquisite sono evidenziate le aree dove possono verificarsi effetti locali o di sito.

Nella carta delle Zone a Maggiore Pericolosità sismica locale (ZMPSL) sono stati individuati qualitativamente gli elementi in grado di generare fenomeni di amplificazione locale ed instabilità dinamica.

I progetti di trasformazione individuati dal R.U. dovranno essere pertanto supportati da approfondimenti di indagine, di natura sismica, da effettuarsi secondo i criteri evidenziati al paragrafo 3.5 del 26/R che cita nello specifico:

*“...per le situazioni caratterizzate da pericolosità sismica locale molto elevata (S4), in sede di predisposizione del regolamento urbanistico dovranno essere valutati i seguenti aspetti:*

- a) nel caso di aree caratterizzate da movimenti franosi attivi (1), oltre a rispettare le prescrizioni riportate nelle condizioni di fattibilità geomorfologica (paragrafo 3.2.1), devono essere realizzate opportune indagini geofisiche e geotecniche per la corretta definizione dell'azione sismica;*

*[...]*

*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 dovranno essere valutati i seguenti aspetti:*

- a) nel caso di aree caratterizzate da movimenti franosi quiescenti (2A) e a zone potenzialmente franose (2B), oltre a rispettare le prescrizioni riportate nelle condizioni di fattibilità geomorfologica [par. 3.2.1 Allegato A D.P.G.R. 26/R/2007], devono essere realizzate opportune indagini geofisiche e geotecniche per la corretta definizione dell'azione sismica;*
- b) nel caso di terreni di fondazione particolarmente scadenti (4) [...] devono essere prescritte adeguate indagini geognostiche e geotecniche finalizzate al calcolo del coefficiente di sicurezza relativo alla liquefazione dei terreni;*
- c) nelle zone con possibile amplificazione sismica connesse al bordo della valle e/o aree di raccordo con il versante (8), deve essere prescritta una campagna di indagini geofisiche, opportunamente estesa ad un intorno significativo, che definisca in termini di geometrie la*

*morfologia sepolta del bedrock sismico ed i contrasti di rigidità sismica (rapporti tra velocità sismiche in termini di  $V_{sh}$  delle coperture e del substrato);*

- d) nei Comuni in zona 2 e 3s, nelle zone con possibile amplificazione stratigrafica (9-10-11), deve essere prescritta una campagna di indagini geofisica e geotecnica che definisca spessori, geometrie e velocità sismiche dei litotipi sepolti al fine di valutare l'entità del contrasto di rigidità sismica dei terreni tra alluvioni e bedrock sismico;*

*[...]"*

## **8 - CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA (Tavola 8.G)**

Sulla base degli elementi geomorfologici individuati sul territorio, in funzione della loro attività, è stata redatta la Carta della Pericolosità Geomorfologica sulla base di quanto indicato nel D.P.G.R. 27 aprile 2007 n. 26/r, individuando 4 Classi di Pericolosità

Sono state inserite nella **Pericolosità Geomorfologica molto elevata G.4** le frane attive e le relative aree d'influenza, così come individuate nella Tavola 8.B

Nella **Pericolosità Geomorfologica elevata G.3** sono state inserite le: *aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti; aree con indizi di instabilità connessi 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.*

Anche in questo caso lo stato di attività delle "aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti" è indicato nella Tavola 8.B del presente lavoro.

Sempre nella Pericolosità Geomorfologica elevata, sono state inserite le aree in cui affiorano litologie a matrice argillosa con pendenze superiori al 25%, riconducibili alla Tipologia 2B delle ZMPSL.

Nella **Pericolosità Geomorfologica media G.2** sono state inserite le aree in cui sono presenti fenomeni inattivi stabilizzati (naturalmente od artificialmente) e le aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto.

La **Pericolosità Geomorfologica bassa G.1** è stata associata alle aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litotecniche e giaciturali non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di movimenti di massa.

I fenomeni franosi attivi e quiescenti, insieme alle rispettive aree di influenza, sono stati inseriti nell'aggiornamento del quadro conoscitivo del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), inviato all'Autorità di Bacino del Fiume Arno come previsto dalla normativa vigente in materia di pianificazione urbanistica. Alle singole aree è stata assegnata la corrispondente pericolosità ai sensi delle norme del PAI (PF3-Pericolosità elevata, PF4-Pericolosità Molto Elevata) ed i rispettivi perimetri sono stati indicati con apposita legenda nelle Carte di Pericolosità Geomorfologica contenute in questo lavoro.