

AUTOSTRADA (A1): MILANO-NAPOLI

AMPLIAMENTO ALLA TERZA CORSIA NEL TRATTO INCISA - VALDARNO LOTTO2

PROGETTO ESECUTIVO

DOCUMENTAZIONE GENERALE

GEOLOGIA PARTE GENERALE

RELAZIONE GEOLOGICA-GEOMORFOLOGICA

IL GEOLOGO Dott. Vittorio Boerio Ord. Geol. Lombardia N. 794 Responsabile Geologia	IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Paola Castiglioni Ord. Ingg. Varese N. 2725	IL DIRETTORE TECNICO Ing. Orlando Mazza Ord. Ingg. Pavia N. 1496 Progettazione Nuove Opere Autostradali
--	---	---

CODICE IDENTIFICATIVO											ORDINATORE
RIFERIMENTO PROGETTO			RIFERIMENTO DIRETTORIO				RIFERIMENTO ELABORATO				
Codice Commessa	Lotto, Sub-Prog. Cod. Appalto	Fase	Capitolo	Paragrafo	W B S	Parte d'opera	Tip.	Disciplina	Progressivo	Rev.	XXX
119941	LL02	PE	DG	GEO	GE000	00000	R	GEO	2001	-1	SCALA -

	PROJECT MANAGER:		SUPPORTO SPECIALISTICO:				REVISIONE		
	Ing. Paola Castiglioni Ord. Ingg. Varese N. 2725		Dott.ssa Silvia Rosselli Ord. Geol. Toscana N. 575				n.	data	
							0	OTTOBRE 2019	
							1	FEBBRAIO 2021	
REDATTO:			VERIFICATO:						

VISTO DEL COMMITTENTE  IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. Furio Cruciani	VISTO DEL CONCEDENTE  Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti <small>DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI</small>
---	---

Sommario

1	INTRODUZIONE.....	3
1.1	RACCOLTA DEI DATI PREGRESSI	4
2	INDAGINI GEOGNOSTICHE	6
2.1	INDAGINI BIBLIOGRAFICHE (DA ENTI E PROFESSIONISTI)	6
2.2	INDAGINI GEOGNOSTICHE PREGRESSE	6
2.3	INDAGINI GEOGNOSTICHE FASE A, B (TRATTA INCISA VALDARNO)	7
2.4	INDAGINI AMBIENTALI (TRATTA INCISA VALDARNO)	7
2.5	INDAGINI GEOGNOSTICHE PROGETTO ESECUTIVO LOTTO 2	8
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	9
4	ASSETTO TETTONICO DELL' AREA.....	11
5	GEOMORFOLOGIA DELL' AREA.....	14
5.1	ASSETTO GEOMORFOLOGICO GENERALE	14
5.1.1	<i>Reticolo idrografico</i>	14
5.2	METODOLOGIA E CARTOGRAFIA GEOMORFOLOGICA	23
5.3	ELEMENTI GEOLOGICO – STRUTTURALI	25
5.4	ELEMENTI GEOMORFOLOGICI RILEVATI	26
5.4.1	<i>Forme fluvio denudazionali</i>	26
5.4.2	<i>Morfologie di versante dovute alla gravità</i>	28
5.4.3	<i>Idrografia</i>	29
5.4.4	<i>Forme antropiche</i>	30
6	GEOLOGIA DELL' AREA.....	32
6.1	CARTOGRAFIA E LEGENDA GEOLOGICA	32
6.2	STRATIGRAFIA	35
7	CARTOGRAFIE DEGLI ENTI PREPOSTI AL GOVERNO DEL TERRITORIO	38
7.1	PERICOLOSITA' DA FRANA (I.F.F.I. E P.A.I.).....	38
7.2	PERICOLOSITA' DA ALLUVIONE FLUVIALE (ADB DISTRETTUALE DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE)	40
7.2.1	<i>Piano di gestione rischio alluvioni (P.G.R.A.)</i>	40
7.2.2	<i>Carta guida delle aree allagate (AdB Arno)</i>	44
7.3	PERICOLOSITÀ DA FLASHFLOOD (ADB DISTRETTUALE DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE)	47
7.4	CARTE DELLA PERICOLOSITÀ DA STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI	47
7.4.1	<i>Piano Strutturale Comune di Reggello</i>	47
7.4.2	<i>Piano Strutturale Comune di San Giovanni Valdarno</i>	55
7.4.3	<i>Piano Strutturale del Comune di Terranuova Bracciolini</i>	59
7.4.4	<i>Piano Strutturale e Regolamento Urbanistico altri Comuni</i>	62
8	SUBSIDENZA.....	70
9	LIQUEFAZIONE	72
10	ELEMENTI DI SISMICA GENERALE E CATALOGO FAGLIE CAPACI	73
10.1	SISMICITA' STORICA	73
10.2	SISMICITÀ STRUMENTALE - INGV (1985-2019)	79
10.3	FAGLIE CAPACI (PROGETTO ITHACA)	82
10.4	ZONAZIONE SIMOGENETICA E STRUTTURE SIMOGENETICHE	84
10.5	CLASSIFICAZIONE SISMICA	87
11	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	90

Progetto Esecutivo

12	PRINCIPALI PROBLEMATICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE INERENTI IL TRACCIATO	93
12.1	DALLA PROGR. KM 323+810 (INIZIO INTERVENTO) ALLA PROGR. KM 324+837 C.A.	93
12.2	DALLA PROGR. KM 324+837 C.A. ALLA PROGR. KM 324+960 C.A.....	93
12.3	DALLA PROGR. KM 324+960 C.A. ALLA PROGR. KM 326+428 C.A.....	94
12.4	DALLA PROGR. KM 326+428 C.A. ALLA PROGR. KM 330+158 C.A.....	94
12.5	DALLA PROGR. KM 330+158 C.A. ALLA PROGR. KM 334+088 C.A.....	94
12.6	DALLA PROGR. KM 334+088 C.A. ALLA PROGR. KM 334+575 C.A. (POGGILUPI).....	95
12.7	DALLA PROGR. KM 334+575 C.A. ALLA PROGR. KM 335+705,610 (FINE TRATTA IN ALLARGAMENTO)	97
12.8	DALLA PROGR. KM 335+705,610 ALLA PROGR. KM 335+921	97
13	PRINCIPALI ELEMENTI GEOLOGICI DI INTERESSE INGEGNERISTICO.....	98
	BIBLIOGRAFIA.....	101

1 INTRODUZIONE

La presente relazione è stata redatta a supporto del progetto esecutivo di ampliamento alla terza corsia del tratto dell'Autostrada A1 Milano Napoli tra Incisa (progr. km 317+265) e lo Svincolo di S. Giovanni Valdarno (progr. km 335+705.610). Il tratto oggetto del presente studio è il Lotto 2 (da pk 323+810 a pk 335+705.610), che ricade nelle provincie di Firenze ed Arezzo, ed in particolare nell'ambito territoriale dei comuni di Reggello, San Giovanni Valdarno, Terranuova Bracciolini. L'area indagata comprende inoltre porzioni di territorio ricadenti nei Comuni di Castelfranco-Pian di Scò e Montevarchi.



Figura 1-1 - Ubicazione dell'area (base topografica Regione Toscana-SELCA)

Le analisi inerenti il Lotto 2 si inseriscono nello studio generale effettuato lungo tutta la tratta oggetto di allargamento (dal Fiume Arno allo Svincolo di S. G. Valdarno), che è stato condotto su una fascia di territorio che si sviluppa per una lunghezza di circa 19 km ed un'ampiezza di circa 2 km a cavallo dell'attuale tracciato autostradale. Le attività di studio sono state articolate secondo il seguente schema:

- inquadramento e caratterizzazione geologica e geomorfologica ottenuta mediante la ricerca bibliografica di dati pregressi, l'analisi dei documenti progettuali precedenti, l'esecuzione di rilievi in sito e l'analisi di foto aeree;
- esecuzione di specifiche campagne di indagine;

Progetto Esecutivo

Nell'ambito degli obiettivi generali, si intende definire quanto segue:

- unità geologiche presenti, sulla base di una caratterizzazione litologico-tecnica e strutturale delle singole formazioni che, nel contempo, tenga conto delle classificazioni litostratigrafiche e cronostratigrafiche convenzionali;
- assetto geomorfologico del territorio con particolare riferimento ai fenomeni in atto.

L'insieme delle attività svolte ha permesso di redigere i seguenti elaborati planimetrici:

- planimetria di ubicazione delle indagini geognostiche in scala 1:5.000;
- carta geologica in scala 1:5.000 corredata di un profilo geologico longitudinale in scala 1:5.000/500 e 1:5.000;
- una serie di cartografie geologiche di dettaglio con profili geologici trasversali alla scala 1:2.000 raccolti in un apposito elaborato;
- carta geomorfologica in scala 1:5.000.

La presente relazione descrive quanto rappresentato negli elaborati grafici allegati al progetto; inoltre, contiene un capitolo di sismica generale, che inquadra il territorio dal punto di vista della sismicità, ed un capitolo di inquadramento idrogeologico, che espone un quadro conoscitivo utilizzabile come punto di partenza per studi quantitativi di idrologia sotterranea.

La definizione dell'accelerazione sismica di riferimento, della quota di falda di progetto, delle interferenze fra infrastruttura e la falda idrica, la stima quantitativa dei volumi potenzialmente instabili, la definizione degli interventi di minimizzazione / stabilizzazione, la caratterizzazione delle terre provenienti dagli scavi in ordine alla loro possibile riutilizzabilità, la definizione del modello geotecnico, i criteri per la scelta delle fondazioni delle opere non sono argomenti oggetto della presente relazione geologico – geomorfologica. Qualora la progettazione delle opere in argomento e/o i vincoli territoriali implicassero la definizione dei tematismi sopra elencati, essi sarebbero sviluppati nell'ambito di specifiche relazioni ingegneristiche.

1.1 RACCOLTA DEI DATI PREGRESSI

Per la redazione dello studio è stata utilizzata la documentazione progettuale precedente oltre ai dati raccolti sia attraverso pubblicazioni di settore, sia interessando gli enti e istituzioni territorialmente competenti come sotto elencato:

- Università degli Studi di Firenze relativamente alle seguenti tematiche:
 - o letteratura geologico - strutturale e sedimentologica dell'area in oggetto;
- Società Geologica Italiana: letteratura geologica dell'area in oggetto;
- Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA):
 - o Progetto di Cartografia Geologica alla scala 1:50.000 (Foglio 276 "Figline Valdarno");
 - o Dati relativi ai sinkholes;
 - o Progetto I.F.F.I.
- Regione Toscana, Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale (ex Autorità di Bacino del Fiume Arno), Provincia di Firenze, Provincia di Arezzo, Comuni:
 - o cartografia geologica della Regione Toscana (accesso sito web Geoscopio);
 - o Grotte e fenomeni carsici presenti sul sito web Geoscopio - Regione Toscana;
 - o Pericolosità Idraulica: "Piano di Gestione del Rischio Alluvioni – P.G.R.A." dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale relativamente a pericolosità da alluvione e da flashflood (<http://dati.adbarno.it/mapstore/composer?locale=it&mapId=252&configId=175&config=ConfigComposerAdBx>);
 - o "Carta guida delle aree allagate redatte sulla base degli eventi alluvionali significativi (1966 - 1999) " dell'A.d.B. Arno (scala 1:25.000) (da: http://www.adbarno.it/adb/?page_id=1324);
 - o "Analisi di subsidenza nel territorio dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno" - A.d.B. Arno in collaborazione con l'Università degli Studi di Firenze (Dipartimento di Scienze della Terra);
 - o Piano Assetto Idrogeologico (P.A.I.) dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale (ex AdB Arno) (<http://www.appenninosettentrionale.it/itc>);
 - o Tavole "Piano stralcio per l'assetto idrogeologico" dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno (scala 1:10.000 e 1:25.000);

Progetto Esecutivo

- Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P.) di Firenze;
- Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P.) di Arezzo;
- Piano Strutturale del Comune di Figline e Incisa Valdarno;
- Piano Strutturale del Comune di Reggello;
- Piano Strutturale del Comune di San Giovanni Valdarno;
- Piano Strutturale del Comune di Terranuova Bracciolini;
- Piano Strutturale del Comune di Monteverchi;
- Piano Strutturale del Comune di Pian di Scò;
- documentazione geologica relativa al PE “Variante alla S.R. 69 da Levane a S.Giovanni Valdarno con raccordo al casello Autosole” (Provincia di Arezzo - Servizio Grandi Infrastrutture);
- documentazione geologica relativa al PD “S.R.T. “di Valdarno” Variante in riva destra dell’Arno dalla località Ciliegi al confine di Provincia” (2008) (Provincia di Firenze-Direzione Generale Infrastrutture);
- documentazione geologica relativa ai progetti delle Casse di espansione Pizziconi, Prulli e Restone (Regione Toscana);
- dati geognostici e di monitoraggio forniti da Professionisti;
- dati interferometrici ENVISAT ed ERS del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare riferiti al 2017.

Inoltre:

- foto aeree relative ai voli:
 - Volo IGMI (1955-1956) – scala 1:33.000;
 - Volo Italia (Compagnia Generale Riprese Aeree S.p.a., 1988 e il 1989) – scala 1:75.000;
 - Voli realizzati per il progetto di allargamento alla 3° corsia dell’autostrada A1: volo basso 1:4.000 circa e volo alto 1:15.000 circa (2009);

2 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Al fine di ricostruire la stratigrafia e le caratteristiche dei materiali presenti nel sottosuolo sono stati utilizzati dati provenienti da sondaggi geognostici o da pozzi; si è pertanto provveduto a reperire tutti i dati disponibili (presso Enti, privati o indagini di progettazione pregresse realizzate all'interno dell'area in esame) per una fascia di circa 1,5 km a cavallo dell'intero tracciato in allargamento (Lotto 1 e Lotto 2).

Nella fase di interpretazione stratigrafica sono stati attribuiti vari gradi di attendibilità ai dati esaminati; in particolare sono stati considerati più attendibili i sondaggi per i quali è stato possibile effettuare osservazione diretta delle cassette catalogatrici, il secondo livello di attendibilità è stato attribuito ai sondaggi di cui sono state reperite le stratigrafie corredate di documentazione fotografica, infine sono state considerate quelle perforazioni delle quali è risultata disponibile unicamente la stratigrafia.

Tutte le informazioni utili recuperate sono state riportate negli elaborati cartografici in scala 1:5000 in funzione della loro ubicazione plano-altimetrica e con simbologia differente in relazione alla tipologia di indagine.

2.1 INDAGINI BIBLIOGRAFICHE (DA ENTI E PROFESSIONISTI)

La documentazione bibliografica consiste, specialmente per quella più datata, in stratigrafie di difficile interpretazione, in quanto derivate da perforazioni (es. pozzi per acqua) scavati talora a distruzione di nucleo (ricostruzione granulometrica deriva da analisi di cutting e fanghi), in tal caso le descrizioni del materiale sono risultate sommarie (soprattutto per quanto attiene agli strati più superficiali e significativi ai fini della progettazione) e prive di quegli elementi indispensabili per una inequivocabile attribuzione alle unità geologiche (fuso granulometrico, colore ed alterazione dei granuli); spesso inoltre, non sono corredate da prove geotecniche (SPT, prove di permeabilità, etc.).

Sono state raccolte le indagini fornite dalla Provincia di Arezzo e di Firenze (in particolare quelle a supporto della progettazione della variante alla SR69), le indagini presenti nei database della Regione Toscana (Consorzio Lamma ed ARPAT-SIRA Sistema Informativo Regionale Ambientale) e nei Piani Strutturali dei Comuni di Figline-Incisa Valdarno, Reggello, San Giovanni Valdarno, Castelfranco-Pian di Scò, Montevarchi e Terranuova Bracciolini.

Sono inoltre state reperite indagini da professionisti locali (indagini del 2006 per l'area dissesto in località Le Coste fornite dal Dott. Bonechi).

2.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE PREGRESSE

La consultazione delle stratigrafie e delle fotografie delle cassette catalogatrici (ove disponibili) ha riguardato numerosi ambiti di indagine geognostica pregressa:

- Aree di dissesto (1961-1989): le ubicazioni dei sondaggi sono state derivate dagli stralci planimetrici inseriti nella documentazione geognostica e sono, quindi, indicative; inoltre, l'area di dissesto indicata sulle stratigrafie pregresse al "km 321+000" in realtà è ubicata al km 322+000 della progressivazione corrente);
- Sondaggi per opere singolari (1987-1988);
- Area frana Poggilupi (2009, 2012 e 2015);
- Area di Servizio Reggello Ovest (2003-2004);
- Area di servizio Arno Est (2006);
- Area di parcheggio Vallombrosa Est (2004);
- Area di parcheggio San Giovanni Ovest (2007) (in planimetria sono stati riportati unicamente i sondaggi geotecnici; per il dettaglio sulle altre indagini si rimanda alla planimetria di dettaglio allegata alle risultanze di geognostica stesse).

2.3 INDAGINI GEOGNOSTICHE FASE A, B (TRATTA INCISA VALDARNO)

Campagna di indagine Progetto di Ampliamento alla terza corsia nel Tratto Incisa - Valdarno - FASE A

Nel periodo compreso tra marzo ed aprile 2009 è stata eseguita una apposita campagna di indagini (sondaggi denominati SV-A) in corrispondenza delle principali opere in progetto, al fine di verificare direttamente la litologia e le caratteristiche geotecniche dei terreni coinvolti dal progetto ed installare strumentazione per il controllo dei livelli di falda.

In particolare sono state svolte le seguenti attività:

- N. 11 sondaggi a carotaggio continuo con esecuzione di prove SPT, prove di permeabilità Lefranc (eseguite a carico variabile e costante), prove pressiometriche e prelievo di campioni indisturbati e/o rimaneggiati da sottoporre ai test di laboratorio. Nei sondaggi sono stati poi installati piezometri per monitorare le variazioni dei livelli di falda.
- N. 5 pozzetti esplorativi eseguiti in prossimità dei principali rilevati, comprendenti l'esecuzione di prove di carico su piastra.

Campagna di indagine Progetto di Ampliamento alla terza corsia nel Tratto Incisa - Valdarno - FASE B

Nel periodo compreso tra luglio 2010 e gennaio 2011 è stata eseguita un'ulteriore campagna di indagini (sondaggi denominati SV-B).

In particolare sono state svolte le seguenti attività:

- N. 16 sondaggi a carotaggio continuo con esecuzione di prove SPT, prove di permeabilità Lefranc e Lugeon, prove pressiometriche e dilatometriche e prelievo di campioni indisturbati e/o rimaneggiati da sottoporre ai test di laboratorio. Nei sondaggi sono stati poi installati piezometri per monitorare le variazioni dei livelli di falda;
- N. 8 sondaggi a distruzione con esecuzione di prove Cross Hole e installazione di strumentazione (2 inclinometri);
- N. 7 pozzetti esplorativi eseguiti in prossimità dei principali rilevati, comprendenti l'esecuzione di prove di carico su piastra;
- N. 10 prove penetrometriche dinamiche eseguite in sede autostradale per verifica delle caratteristiche dei rilevati;
- N. 6 prove geofisiche in foro tipo Cross-hole nei sondaggi: SV1-B/SV1-B-BIS, SV5-B/SV5-B-BIS, SV13-B/SV13-B-BIS, SV22-B/SV22-B-BIS, SV25-B/SV25-B-BIS, SA32BIS/SA32TER.

In laboratorio, sui campioni prelevati nei sondaggi di fase A e B sono state eseguite prove di identificazione (granulometrie e limiti) e prove meccaniche.

2.4 INDAGINI AMBIENTALI (TRATTA INCISA VALDARNO)

Le indagini geognostiche a finalità ambientale e relative alla caratterizzazione chimica delle acque e delle terre da scavo sono state eseguite sulla base di un progetto redatto dall'ingegnere responsabile del monitoraggio ambientale (MAM). Tali indagini sono state realizzate prelevando campioni di terreno lungo l'asse di ampliamento autostradale (sigla PZ-LL-xx), nell'ambito di tutte le aree di cantiere e di supporto (sigla PZ-CN-xx) e nell'ambito dei campi base (sigla PZ-CB-xx).

Per l'ubicazione delle suddette indagini ed i certificati di analisi chimica di laboratorio si rimanda agli specifici elaborati AMB-MAM allegati al presente progetto.

2.5 INDAGINI GEOGNOSTICHE PROGETTO ESECUTIVO LOTTO 2

Le indagini geognostiche sono state eseguite, come previsto dalla norma vigente, sulla base di un progetto redatto in maniera multidisciplinare dalla figure indicate qui di seguito: dal geologo responsabile dell'ufficio geologia (GEO) per quanto riguarda la componente geologica; dagli ingegneri responsabili degli uffici opere all'aperto (APE) e tunnelling (TUN) per quanto riguarda la caratterizzazione geotecnica delle terre e delle rocce; dall'ingegnere responsabile dell'ufficio idraulica (IDR) per quanto riguarda l'idrologia sotterranea.

In particolare per il Lotto 2 è stata eseguita un'apposita campagna di indagini con le seguenti caratteristiche:

- N. 13 sondaggi a carotaggio continuo (di cui N. 3 a distruzione di nucleo) con esecuzione di prove SPT, prove di permeabilità Lefranc e prelievo di campioni indisturbati e/o rimaneggiati da sottoporre ai test di laboratorio. Nei sondaggi sono stati installati piezometri per monitorare le variazioni dei livelli di falda, inclinometri e tubazioni per geofisica in foro;
- N. 12 pozzetti superficiali;
- N. 6 prove CPTU;
- N. 2 prove geofisiche in foro tipo Down Hole nei sondaggi SE16 e PL1.

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area in esame appartiene alla fascia mediana dell'Appennino Settentrionale. L'Appennino è una catena a falde e thrust formatasi a partire dal Cretaceo superiore in seguito a più fasi tettoniche legate alla chiusura dell'Oceano Ligure – Piemontese ed alla conseguente collisione continentale tra le placche europea ed adriatica.

L'area di interesse si situa a tergo del crinale principale ed immediatamente a nord-est dell'importante motivo strutturale M.Orsaro - M.Cimone - Montalbano - M. del Chianti - M.Cetona che si sviluppa per oltre 200 km longitudinalmente alla catena appenninica. Lungo questo allineamento avviene l'impilamento della Falda Toscana (comprendente le successioni della Serie Toscana) sulle Unità Toscane più orientali (Unità Falterona o Cervarola-Falterona secondo alcuni autori) (Fig. 3.1)

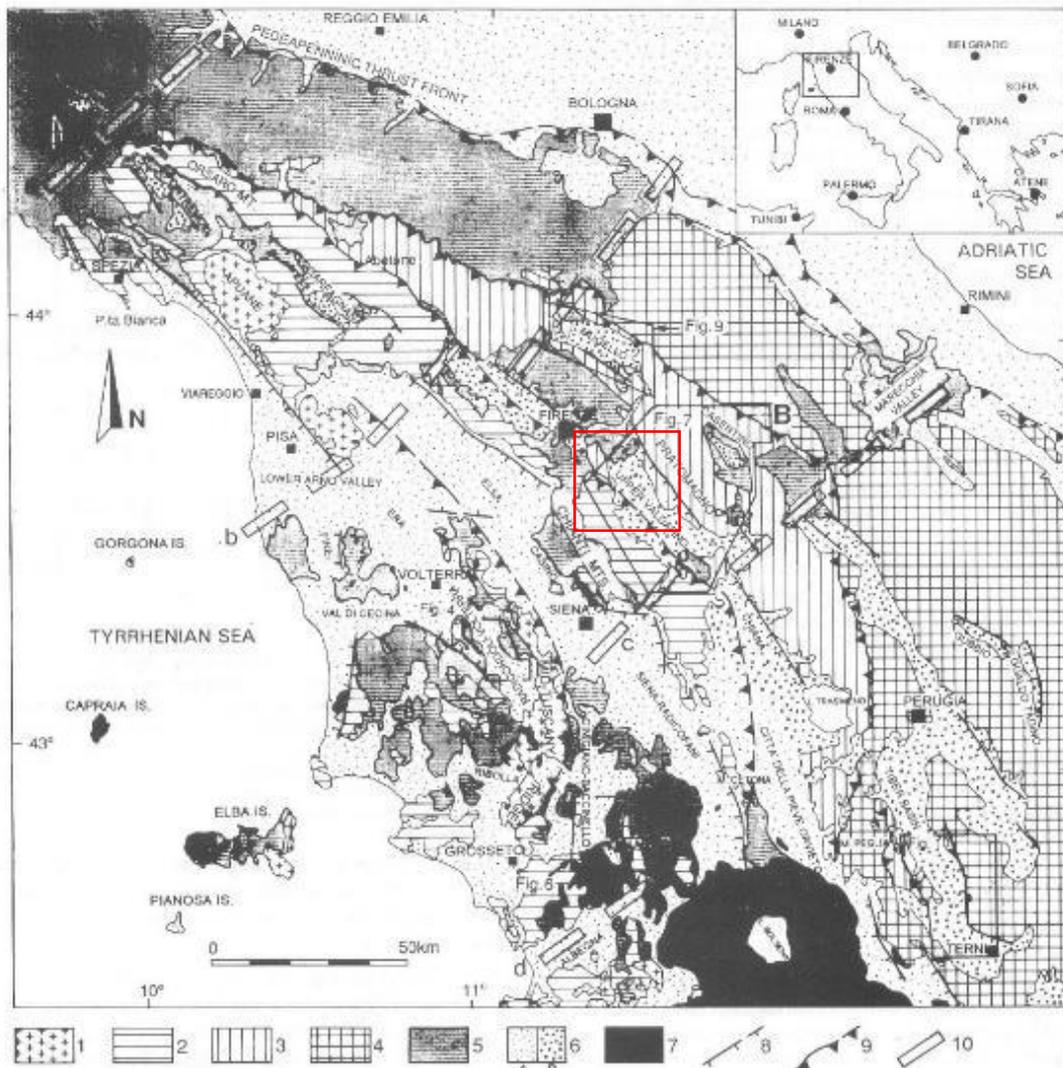


FIG.1: Geological sketch of the Northern Apennines. 1) Metamorphic units ; 2) Tuscan unit ; 3) Cervarola-Falterona and Castel Guerrino units ; 4) Umbro-Marchean units ; 5) Ligurian, Subligurian and Epiligurian units ; 6) A : Neogene-Quaternary deposits ; B : Intermontane Villafranchian basins ; 7) Magmatic rocks ; 8) Principal normal faults ; 9) Principal thrust fronts: outcropping, in subsurface ; 10) Principal tectonic transversal lines : a-Taro line, b-Livorno-Sillaro line, c-Arbia-Marecchia line, d-Albegna line. The squares indicate the locations of the studied basins (Figs. 4, 6, 7, 9, 10).

Figura 3.1 - Carta schematica strutturale dell'Appennino settentrionale. (1. Unità metamorfiche; 2. Unità Toscane; 3. Unità Cervarola-Falterona e Castel Guerrino 4. Unità Umbro-Marchigiane 5. Unità Liguri, Subliguri ed Epiliguri 6. A-Depositi neogenico-quadernari, B-Bacini Villafranchiani intramontani 7. Rocce magmatiche 8. Principali faglie normali (affioranti e sepolte) 9. Principali fronti di accavallamento (affioranti e sepolte) 10. Principali linee trasversali: a-Linea del Taro, b-Linea Livorno-Sillaro, c-Linea Arbia-Marecchia, d-Linea dell'Albegna (Boccaletti et alii, 1996). In rosso l'area di studio.

Progetto Esecutivo

La storia tettonica che ha portato alla formazione dell'Appennino Settentrionale si è sviluppata in modo continuo ed è tuttora in atto, come dimostrato dalla sismicità. Durante l'evoluzione della catena è possibile distinguere alcuni periodi (fasi tettoniche) in cui l'intensità delle deformazioni è risultata particolarmente elevata e tale da lasciare una registrazione stratigrafica degli eventi così sintetizzabili:

- Dal Cretaceo all'Eocene medio (fase oceanica) si verifica la progressiva chiusura del paleo oceano ligure - piemontese con la conseguente formazione di un prisma di accrezione che coinvolge successioni liguri e subliguri. All'interno di questa fase (Fase Ligure *Auctt.*) se ne riconoscono in realtà molte, separate nel tempo. La fase tettonica principale è riferibile all'Eocene medio ed è testimoniata dall'importante discordanza (diacrona e sempre più recente verso l'esterno) fra la Successione Epiligure e le sottostanti Liguridi precedentemente deformate.
- Le fasi deformative succedutesi dall'Oligocene in poi, si sono verificate in un quadro geodinamico molto differente (fase continentale) rappresentato da un regime collisionale e post - collisionale in cui sono state via via coinvolte nella deformazione le successioni dell'avampaese toscano e umbro con i sovrastanti depositi di avanfossa (Macigno, Modino, Cervarola, Marnoso Arenacea). Durante la collisione Oligo-Miocenica le Unità Liguri, precedentemente impilate fra loro, sovrascorrono sulle Unità Toscane ed Umbro Marchigiane. La migrazione continua del fronte deformativo verso l'esterno è stata accompagnata dalla traslazione delle Unità Liguri verso nord-est che ha generato la presenza di olistostromi con prevalenti terreni liguri intercalati nei depositi flyschoidi.

Lo spostamento del fronte deformativo durante il Miocene ed il Pliocene ha coinvolto successivamente i domini più esterni dell'avampaese appenninico (dominio umbro - marchigiano e padano) fino a determinare la configurazione attuale della catena nord - appenninica.

- Dal Tortoniano superiore nella parte interna della catena appenninica si sono sviluppati dei bacini (es. Bacino del Mugello, Bacino di Firenze-Prato-Pistoia, Bacino del Valdarno) (**fig. 3.2**) che classicamente sono stati interpretati come generati in regime distensivo. Tale regime infatti era spiegato mediante un modello evolutivo della catena che prevedeva la migrazione del fronte compressivo verso est e l'instaurarsi di un regime di estensione nelle zone più interne. In un contesto di tettonica a placche i bacini intramontani sono stati interpretati come bacini di retro arco permettendo di inquadrare in questo modello anche la diffusa presenza in Toscana di corpi magmatici intrusivi ed effusivi (Boccaletti *et alii*, 1995). Studi recenti ipotizzano riattivazioni in compressione dei thrust, anche crostali, durante il tardo Miocene, il Pliocene ed il Pleistocene (Boccaletti e Sani, 1998).

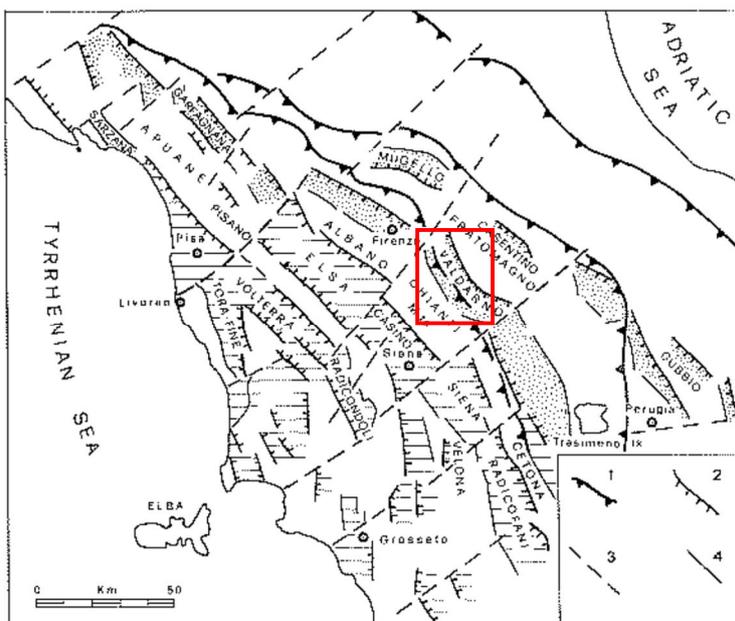


Figura 3-2. - Distribuzione dei principali bacini neogenici e quaternari dell'Appennino Settentrionale. Campitura a trattini - bacini toscano-tirrenici del tardo Miocene-Pliocene Superiore. Campitura con punti - bacini intramontani Plio-Pleistocenici 1=principali fronti di accavallamento; 2=faglie principali ai bordi dei bacini; 3=linee morfo-tettoniche trasversali; 4=faglie minori (Martini & Sagri, 1994). In rosso l'area di studio.

4 ASSETTO TETTONICO DELL' AREA

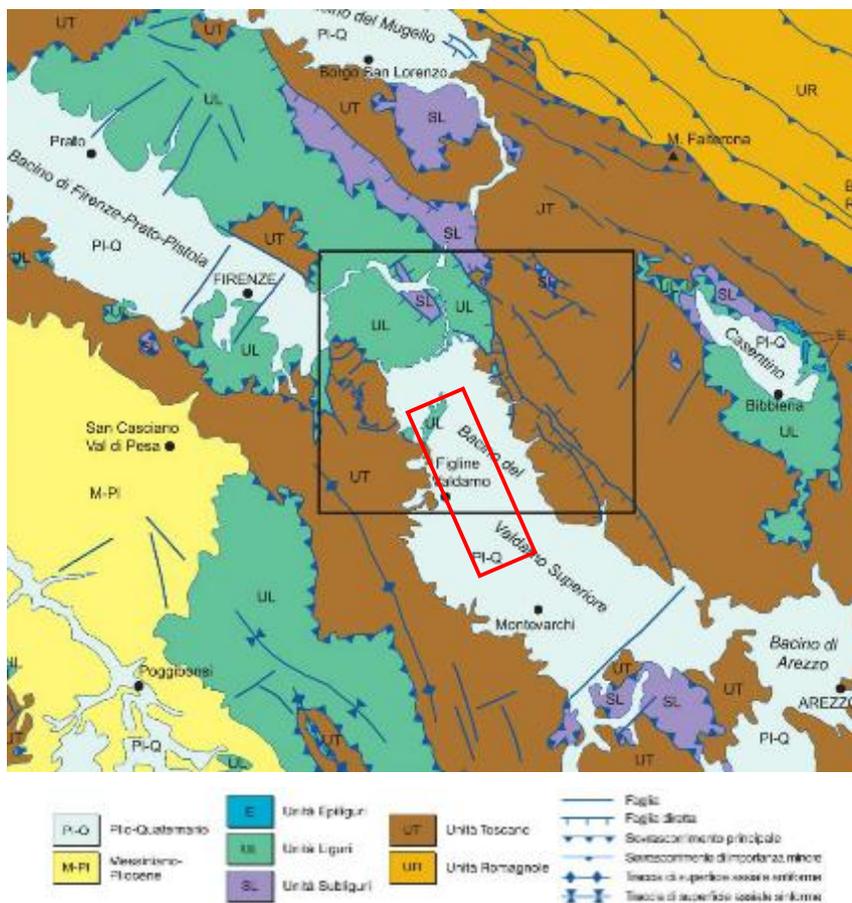


Figura 4-1 - Schema tettonico dell'area. In nero l'area del Foglio 276 "Figline Valdarno", in rosso l'area di studio (da sito ISPRA - ottobre 2018)

L'opera in progetto si inserisce in un'area nella quale sono presenti:

- le Unità Liguri, appartenenti alle porzioni più esterne del dominio oceanico Ligure-Piemontese;
- I depositi del bacino intermontano del Valdarno Superiore (Successione del Bacino del Valdarno Superiore).

Le relazioni geometriche tra le unità presenti nell'area indagata si inquadrano nella complessa storia deformativa della catena come brevemente delineata nel capitolo precedente. Particolare interesse riveste la storia deformativa più recente.

Come accennato, la genesi dei bacini neogenico quaternari del settore interno dell'Appennino Settentrionale è classicamente spiegata con un modello evolutivo di migrazione del fronte compressivo verso est e l'instaurarsi di un regime di estensione nelle zone più interne legato all'apertura del Mar Tirreno settentrionale. I bacini erano pertanto interpretati come graben simmetrici (Lazzarotto e Mazzanti, 1976) e successivamente come semi-graben (Martini e Sagri, 1993) regolati da master faults.

Più recentemente un diverso modello prevede un assottigliamento della parte interna della catena tramite l'attività di faglie normali a basso angolo immergenti da E a NE che hanno agito dal Miocene legate ad un collasso gravitativo tardo orogenico (Bertini *et alii*, 1991; Carmignani *et alii* 1994; Brogi, 2005; Brogi *et alii*, 2005). Faglie ad alto angolo si sarebbero sviluppate successivamente (tardo Tortoniano) ed avrebbero controllato lo sviluppo dei bacini intramontani e la deposizione dei sedimenti (Costantini *et alii*, 2002).

Come già accennato, un modello alternativo più complesso è stato proposto in seguito al riconoscimento di episodi compressivi nei terreni più antichi di questi bacini (Bonini *et alii*, 1999). Il succedersi di fasi compressive

Progetto Esecutivo

e distensive legate all'apertura del Mar Tirreno sono documentati anche in depositi della Corsica che mostrano a partire dal Miocene inferiore tale alternanza (Fellin *et alii*, 2005).

In particolare, nelle aree di interesse, uno studio condotto sulla catena dei Monti del Chianti e sui depositi del bordo occidentale del Bacino del Valdarno Superiore (fig. 4-2) mostra una storia tettonica complessa che riconosce tre successivi stadi deformativi compressivi l'ultimo dei quali coinvolge i depositi del Sintema del Valdarno Superiore (Sintema di Castelnuovo dei Sabbioni) datato Pliocene medio-superiore. Successivamente a questi episodi compressivi si sarebbe impostata la fagliazione normale presente nel bacino. L'evoluzione della deformazione all'interno dei Monti del Chianti porta all'appilamento delle Unità Tettoniche Toscane sopra le Unità Tettoniche Liguri. In questo scenario la depressione sinclinale del Bacino di Palazzolo sarebbe controllata dall'attività compressiva dei thrusts.

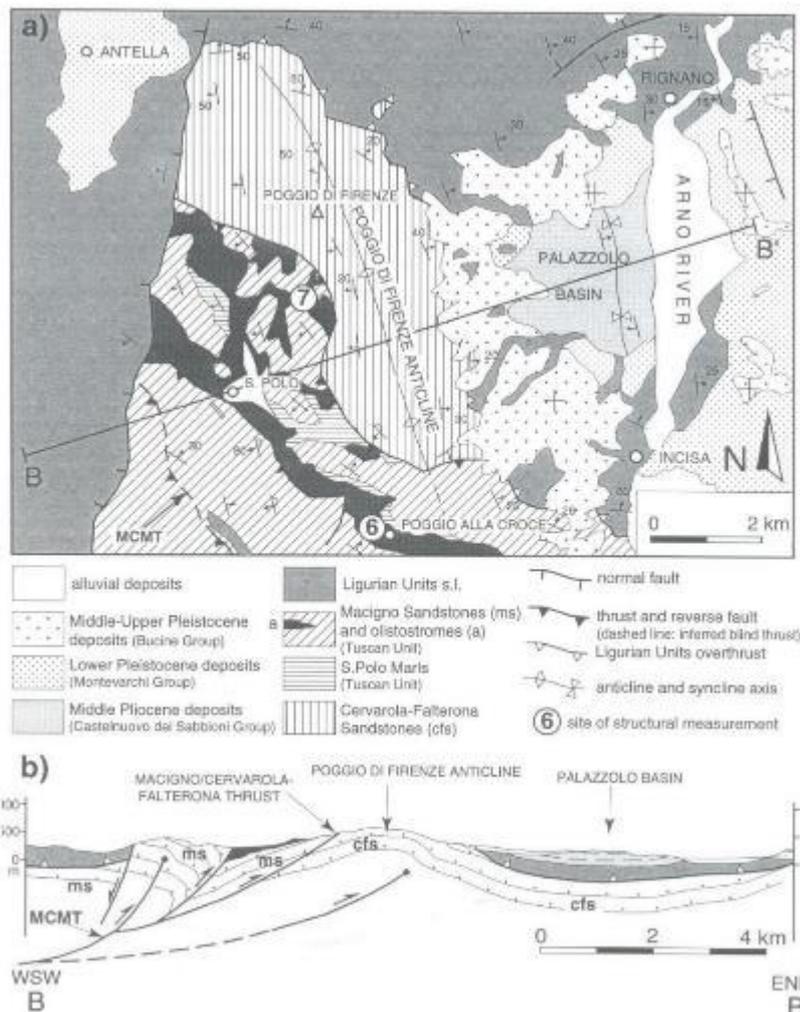


Figure 5. (a) Geological sketch map of the northern sector of Chianti Mountains (S. Polo-Poggio alla Croce area) and the Palazzolo Basin (see Figure 1 for location). The continental Palazzolo Basin formed in relation to a W-dipping thrust bounding the basin to the west (modified from Servizio Geologico d'Italia, 1965; Azzaroli & Lazzari, 1977; Abbate & Bruni, 1987). The symbols for strata are as in Figure 4. (b) Geological cross-section B-B' showing the gently dipping thrust (emanating from the MCMT) that produced both the Poggio di Firenze Anticline and the small Pliocene Palazzolo Basin.

Figura 4-2 - Schema geologico del settore settentrionale dei Monti del Chianti e di parte del Bacino del Valdarno (da Bonini, 1999)

Le faglie presenti nell'area di Incisa e che interessano il substrato litoide (Formazione di Monte Morello) presentano due orientazioni principali NW-SE e SW-NE. Non è stato possibile ricostruire i rapporti di precedenza tra le famiglie di faglia.

Progetto Esecutivo

Numerosi sono gli studi stratigrafico sedimentologici svolti nell'area del Bacino del Valdarno Superiore (Abbate, 1983; Bossio *et alii* 1992, 1998; Sagri *et alii* 1994; Ghinassi *et alii* 2004, 2013; Fidolini *et alii*, 2013), citandone solo alcuni. L'approfondimento degli studi sui sedimenti presenti nei bacini neogenico quaternari interni ha indotto ad una revisione della stratigrafia di queste zone dovuta al riconoscimento di molte discordanze regionalmente riferibili allo stesso periodo temporale. Questo fatto ha permesso l'utilizzo di criteri stratigrafici moderni quali quelli delle *Unconformity Bounded Stratigraphic Units* (UBSU), utilizzati anche per il F. 276 "Figline Valdarno" e per il presente lavoro.

5 GEOMORFOLOGIA DELL'AREA

5.1 ASSETTO GEOMORFOLOGICO GENERALE

L'area in studio ricade nella conca intermontana del Valdarno superiore, limitata ad est dalla dorsale del Pratomagno e a sud-ovest dai monti del Chianti; il Pratomagno, con quote pari a circa 1600 m è nettamente più alto dei monti del Chianti che invece raggiungono quote massime pari a 800 m.

La morfologia della conca intermontana del Valdarno Superiore è caratterizzata da un vasto "pianalto" che corrisponde al tetto dei sedimenti di riempimento del bacino. In destra d'Arno il "pianalto" è molto esteso, parte da una quota di 300-350 m alla base delle pendici del Pratomagno, in corrispondenza dell'apice delle conoidi pleistoceniche di Pian di Scò e Reggello, e scende fino alla quota di 220-250 m verso il centro del bacino. In sinistra d'Arno il "pianalto" è molto meno esteso e si allarga solo nella zona di Palazzolo con quote, alla base dei Monti del Chianti, di 250-300 m che calano verso nord fino a 200 m.

I torrenti che scendono dai bordi del bacino incidono con valli a pareti subverticali ("borri") il "pianalto", intagliando profondamente i depositi grossolani (ciottolami e sabbie) delle conoidi. Verso il centro del bacino, dove prevalgono depositi limoso-argillosi, le valli si allargano dando luogo ad una morfologia più dolce.

Nel Valdarno il F. Arno scorre in una piana alluvionale costituita da depositi in alveo e da depositi terrazzati. Questa piana alluvionale, larga fino a 1500 m, si restringe in corrispondenza della soglia rocciosa di Incisa Valdarno, allargandosi di nuovo nella zona di Palazzolo e Leccio. Dalla soglia rocciosa di Rignano il fiume scorre in una stretta valle fino all'altezza di Pontassieve dove si congiunge con la Sieve, uno dei suoi affluenti maggiori.

In gran parte del tratto di interesse il corso del fiume è rettilineo a causa delle opere di arginatura che sono iniziate già nel Rinascimento. Diversamente, nel tratto tra Burchio e Incisa, in corrispondenza dell'alto strutturale (soglia di Incisa) formato dal substrato delle unità Liguridi, il corso dell'Arno presenta un andamento blandamente meandriforme, in approfondimento, e quindi con un'assenza pressoché totale di depositi fluviali, come messo in evidenza nei sondaggi eseguiti nell'area.

5.1.1 Reticolo idrografico

L'area di interesse appartiene al bacino idrografico del Fiume Arno.

L'asta fluviale del Fiume Arno presenta uno sviluppo complessivo di 241 km, con una superficie totale del bacino di 9116 km² (che comprende, oltre al bacino idrografico in senso stretto, anche la zona compresa tra lo Scolmatore ed il Fiume Morto, l'area di bonifica di Coltano - Stagno ed il bacino del torrente Tora) ed una superficie del bacino idrografico s.s. di 8.228 km².

L'intero bacino viene solitamente suddiviso nei seguenti sottobacini: Casentino, Val di Chiana, Valdarno Superiore, Sieve, Valdarno Medio, Valdarno Inferiore (fig.5-1).

Il sottobacino di interesse è il Valdarno Superiore con una superficie di 997 km² ed è formato da una lunga pianura, chiusa a destra dal Pratomagno da cui provengono alcuni affluenti tra cui i più importanti sono il T. Ciuffenna, T. Resco ed il T. Chiesimone e una serie di Borri come quelli di Riofi, Faella e Leccio e a sinistra dai modesti rilievi della provincia di Siena, dai quali ha origine il torrente Ambra, unico affluente di una certa importanza insieme ad una serie di Borri come quello del Giglio, al Quercio, dei Frati, di Vaccareccia, di San Cipriano, del Cesto.

Lungo le valli dei torrenti principali come i Torrenti. Ciuffenna, Faella, Resco e marginalmente lungo alcuni Borri sono presenti diversi ordini di terrazzi alluvionali.

Progetto Esecutivo

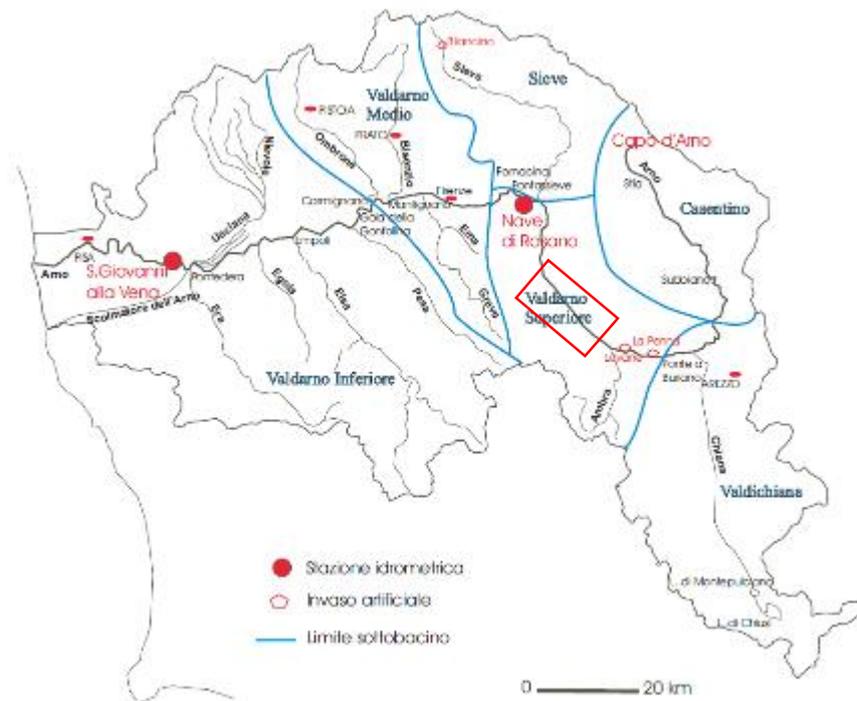


Figura 5-1 - Bacino del Fiume Arno: ripartizione in sottobacini e delimitazione del Valdarno Superiore (da Nisi et alii, 2008). In rosso l'area di studio.

5.1.1.1 Il fiume Arno

La dinamica fluviale del fiume Arno e dei suoi affluenti costituisce un elemento di grande importanza per la definizione della morfologia del bacino. Nell'area di studio, partendo da sud, il corso attuale dell'Arno si sviluppa in una piana di larghezza di circa 1,5 km per poi restringersi ad un centinaio di metri nel tratto della soglia di Incisa Valdarno e riaprirsi successivamente verso nord.

Il fiume Arno ha subito importanti interventi antropici di rettifica e di sistemazione arginale a partire dal XVIII secolo. Tali opere hanno modificato in modo profondo le caratteristiche morfologiche ed idrauliche del fiume fino a determinarne l'aspetto attuale. La numerosa documentazione storica ha permesso la ricostruzione dell'evoluzione del fiume nei secoli (Canuti et alii 1994; Cencetti e Tacconi, 2005). Il corso naturale dell'Arno, nella zona di studio, era costituito da una serie di canali tipo *braided* (tipo intrecciato) sviluppati attorno ad un canale principale, spesso molto sinuoso (Cencetti et alii, 1994) (fig.5-2). Tra gli anni 1000 e 1300 era presente una lunga barra longitudinale a monte dell'abitato di Incisa. La larghezza dell'alveo, inteso prendendo come limite il "livello ad alveo pieno o *bankfull* in letteratura anglosassone" (Surian et alii, 2009), variava tra 300 e 700 metri fino a raggiungere i 1000 metri alla confluenza del T. Ciuffenna. Sotto Cosimo III dei Medici, nel 1700, iniziarono i lavori di sistemazione del corso del fiume che hanno portato alla scomparsa dei tratti *braided* ad un'a diminuzione dell'alveo di piena naturale. Il corso attuale del fiume, infatti, si presenta diritto con barre fluviali spesso vegetate e con una larghezza di circa 100 metri.

Progetto Esecutivo

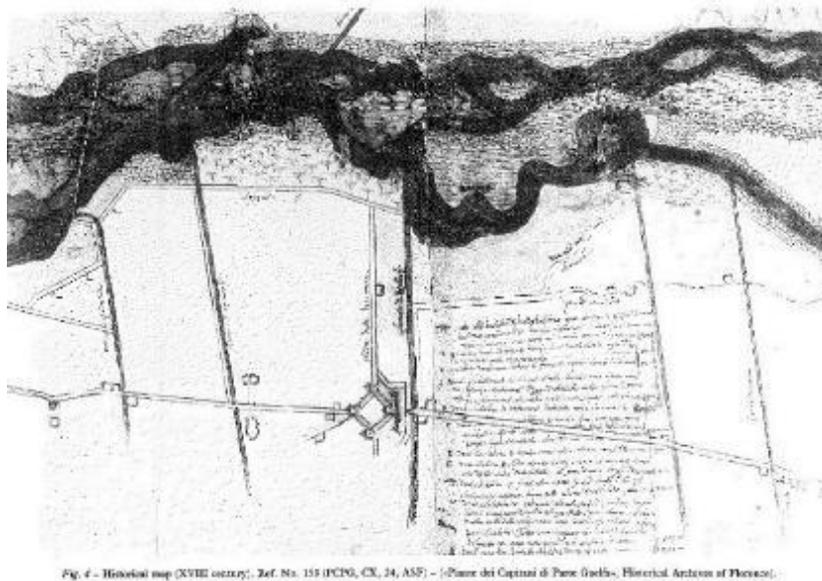


Fig. 4 - Historical map (XVIII century): Ref. No. 155 (PCNO, CX, 24, ASF) - (Pianta dei Capitani di Parte Guelfa - Historical Archives of Florence)

Figura 5-2 - Andamento sinuoso del fiume Arno prima dei lavori di rettifica in un tratto del fiume tra Montevarchi e San Giovanni Valdarno: carta del XVIII secolo - "Piante dei Capitani di parte Guelfa" - Archivio Storico di Firenze (tratta da Cencetti et alii, 1994)

In epoche recenti l'evoluzione del fiume è legata anche alle attività estrattive effettuate in alveo ed alla costruzione, a monte dell'area di studio, di dighe (Levane e La Penna) e di briglie fluviali. Le variazioni hanno riguardato prevalentemente l'altimetria del fondo registrando un generale abbassamento (fig. 5-3 e 5-4). Questo fenomeno ha creato locali problemi di scalzamento quali ad esempio alle pile di ponti nella zona di Terranuova Bracciolini (Cencetti et alii, 1994). L'abbassamento del fondo risulta compreso mediamente tra i 2 ed i 4 metri tra il 1845 ed il 1964 e diventa più marcato nel periodo tra il 1964 ed il 1990.

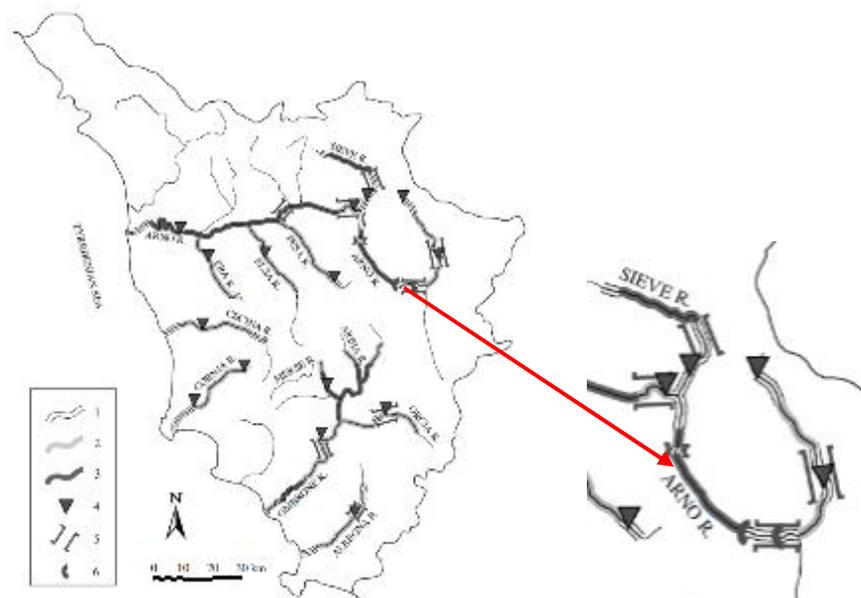
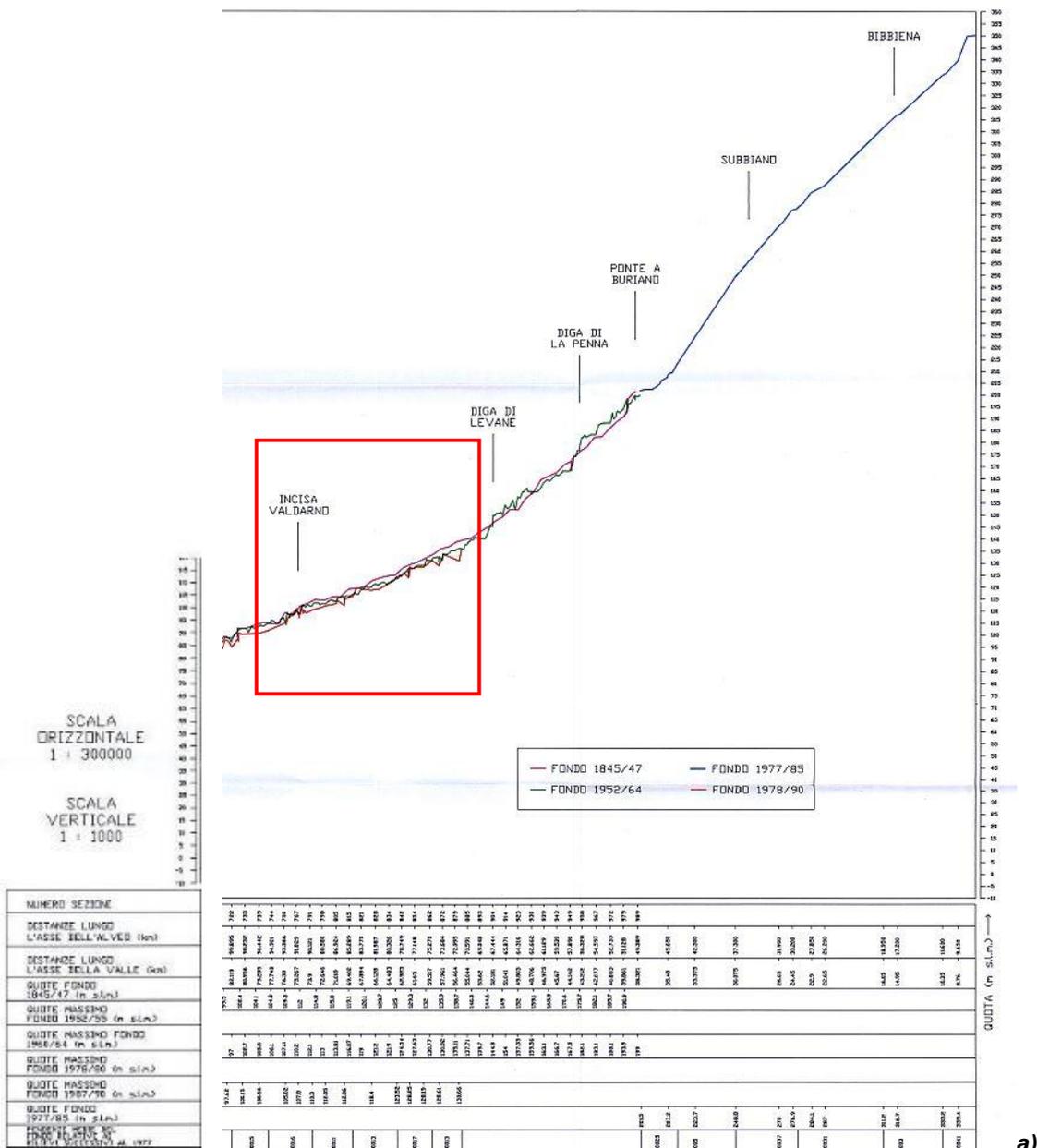
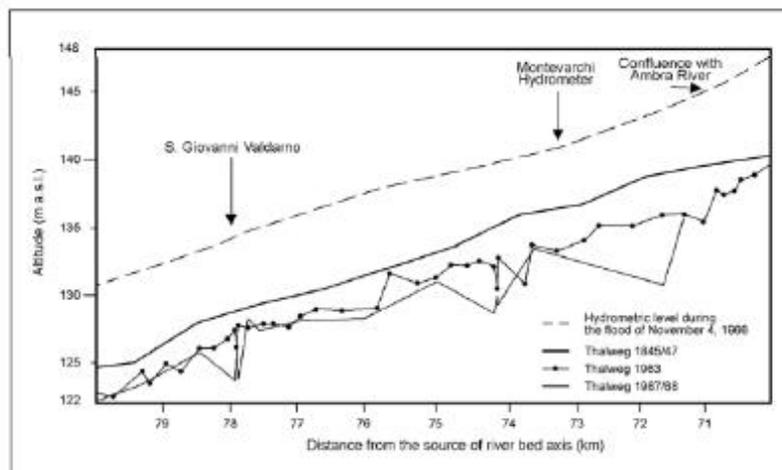


Figura 5-3 – Mappa schematica delle variazioni del fondo per alcuni fiumi della Toscana (Rinaldi, 2003). 1) Incisione limitata o assente 2) incisione moderata (< 2 metri) 3) incisione intensa (>2 metri) 4) stazioni di misura con specifico studio. In rosso l'area di interesse 5) strettoia (gola) e soglia in roccia 6) diga (nel tratto superiore del F. Arno). A destra il dettaglio dell'area di studio.

Progetto Esecutivo



a)

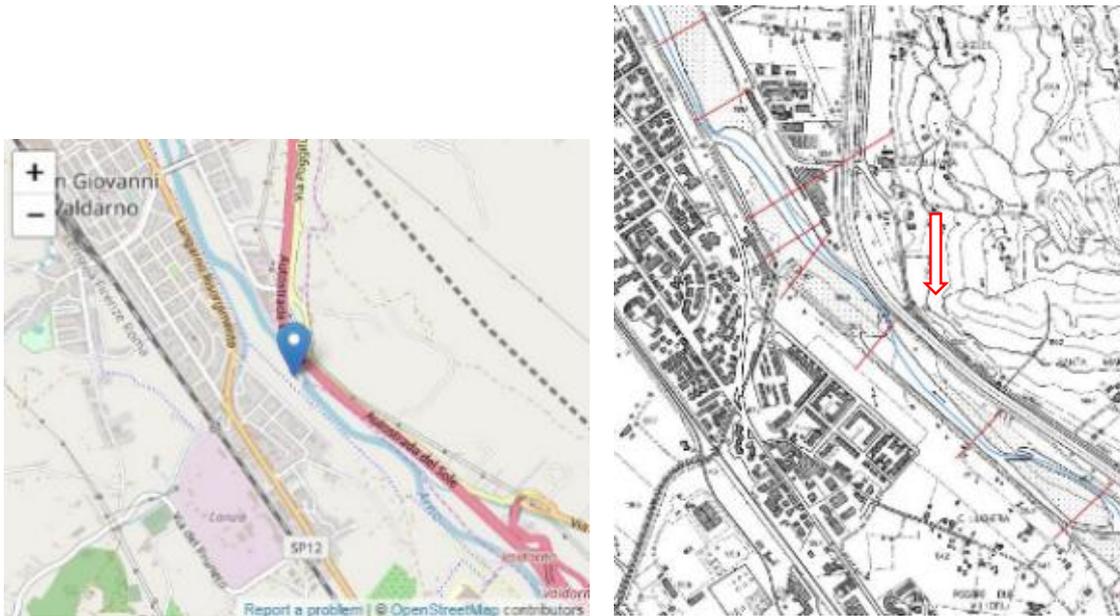


b)

Progetto Esecutivo

Figura 5-4 - Quote del fondo del fiume Arno per alcuni anni tra il 1845 ed il 1990 **a)** La riga rosa superiore è riferita alle quote del fondo degli anni 1845/47, la riga verde al fondo nel periodo 1952/64 e la rossa più bassa è riferita agli anni 1979/90. Si nota quindi un generale prevalente abbassamento nel tratto a monte della soglia di Incisa Valdarno dove non si registrano variazioni (estratto da: Canuti, Tacconi, 2004) In rosso l'area di studio **b)** dettaglio per il settore di S. Giovanni Valdarno (Cencetti e Tacconi, 2005). Il termine *thalweg* indica il punto più depresso del canale: anche in questo caso si nota un abbassamento pressoché continuo a partire dal 1845 al 1988. La linea tratteggiata indica il livello idrometrico raggiunto durante l'evento alluvionale del 1966.

Al fine di valutare le più recenti variazioni morfologiche dell'alveo e della sua profondità lungo il corso del fiume sono consultabili i profili presenti sul sito dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale (ex Autorità di Bacino dell'Arno) quali, a titolo esemplificativo, quelli mostrati in figura 5-5. (<http://dati.adbarno.it/mapstore/composer?locale=it&mapId=472&configId=28&config=ConfigComposerAdB>) Si nota un prevalente abbassamento dell'alveo, pur con alcune eccezioni, lungo il corso del fiume.

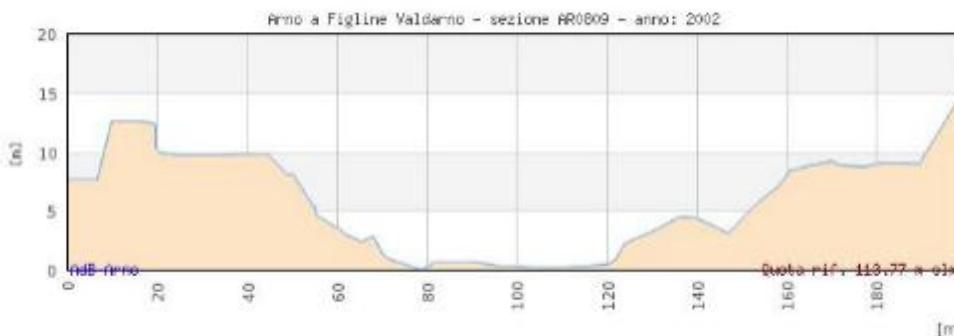
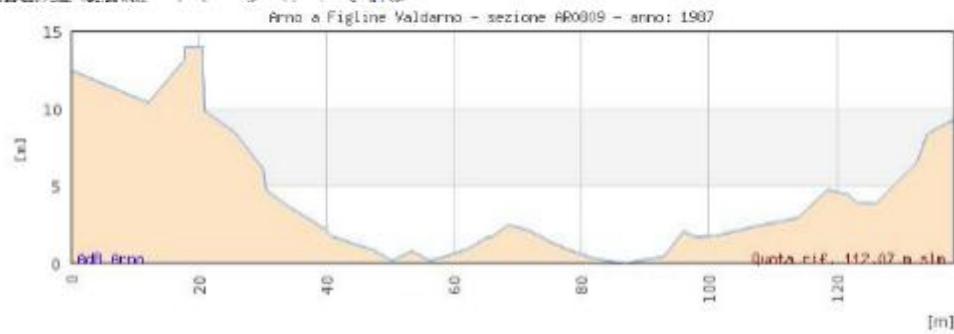
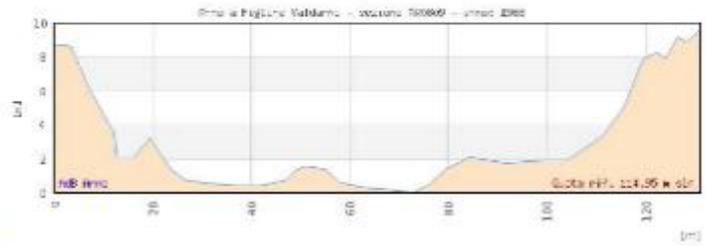
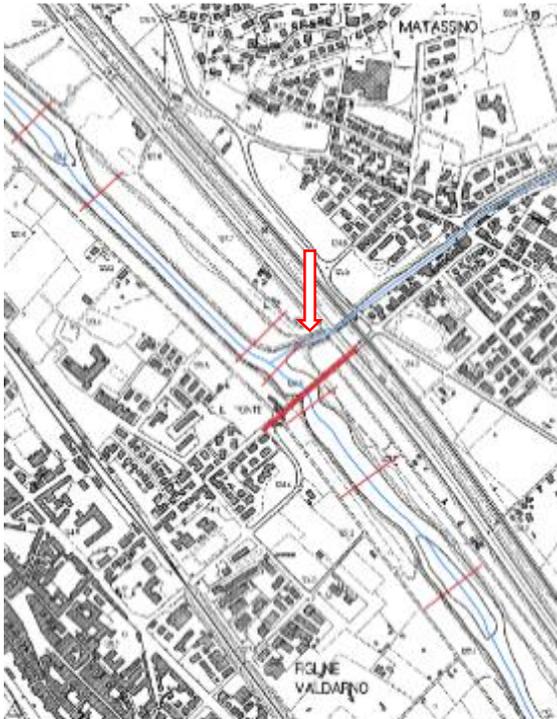


Quota di riferimento anno 2002 = 128.37 s.l.m.

Quota di riferimento anno 1963 = 128.70 s.l.m.

Progetto Esecutivo

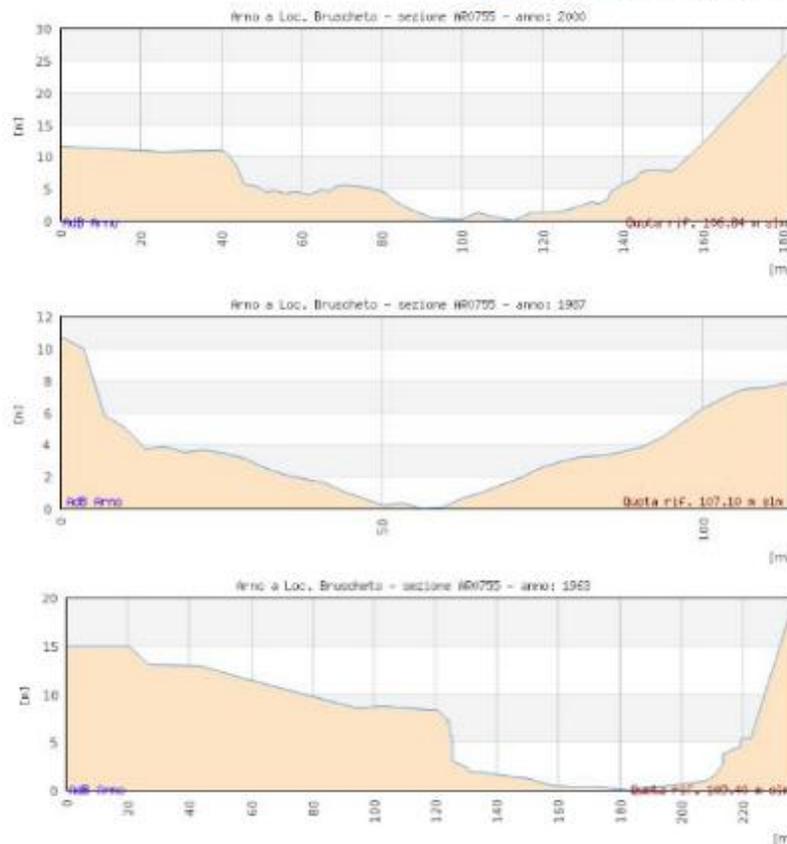
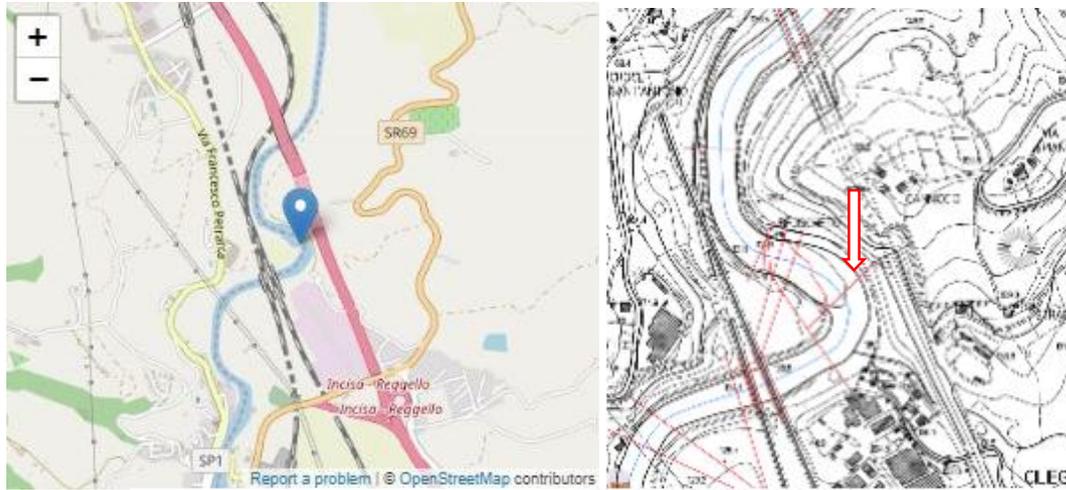
a)



Quota di riferimento anno 2002 = 113.77 s.l.m.
 Quota di riferimento anno 1987 = 112.07 s.l.m.
 Quota di riferimento anno 1964 = 114.73 s.l.m.
 Quota di riferimento anno 1963 = 115.49 s.l.m.

Progetto Esecutivo

b)



Quota di riferimento anno 2000 = 106.84 s.l.m.

Quota di riferimento anno 1987 = 107.10 s.l.m.

Quota di riferimento anno 1963 = 109.40 s.l.m.

c)

Figura 5-5 - Ricostruzione dei alcuni profili del letto del fiume Arno e confronti con anni precedenti a) sez. AR0857 S. Giovanni V.no, loc. Poggilupi, anni 1963 e 2002; b) sez. AR0809 loc. Matassino alla confluenza del T. Resco, anni 1963, 1964, 1968, 1987,2002; c) sez. AR0755, loc. Bruschetto, anni 1963, 1987 e 2000 (da sito internet dell'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Arno) (consultazione novembre 2018)

Progetto Esecutivo

Tra gli interventi antropici storici di cui rimane traccia lungo il fiume si ricorda la pescaia immediatamente a monte del ponte tardomedievale detto “di Annibale”, utilizzata per l’adduzione delle acque al mulino di Bruschetto, oggi diroccato. Gli interventi antropici, oltre ad aver storicamente modellato il corso del fiume, sono ancora un fattore di notevole impatto con la diffusa attività estrattiva presente nella piana alluvionale dell’Arno volta allo sfruttamento dei depositi alluvionali ghiaioso sabbiosi presenti nel sottosuolo. Alcune delle ex aree di cava sono attualmente sede di specchi d’acqua.

Gli aspetti della dinamica attuale del fiume sono apprezzabili in alcune modifiche delle barre fluviali all’interno dell’alveo come ad esempio riportato in fig. 5-6.



2003

Progetto Esecutivo



2013



2016

Figura 5-6 – Variazione delle barre fluviali nel tratto adiacente all'autostrada A1 (progr. Km 334+000-335+000 ca) negli anni 2003, 2013 e 2016. Tratte da Google Earth (accesso dicembre 2018).

Progetto Esecutivo

Parte della piana alluvionale dell'Arno è destinata ad accogliere opere volte alla mitigazione dei rischi da alluvione quali le casse di espansione adiacenti al tracciato autostradale nelle località Pizziconi e Prulli, e la cassa di espansione in località Restone, in sinistra Arno.

5.2 METODOLOGIA E CARTOGRAFIA GEOMORFOLOGICA

L'area in esame è stata analizzata sotto il profilo geomorfologico mediante fotointerpretazione in visione stereoscopica e con verifiche sul terreno dei dati acquisiti, al fine di discriminare e riconoscere l'insieme delle forme e dei fenomeni che possano avere interesse pratico nei confronti della realizzazione delle opere in progetto.

Lo studio geomorfologico è avvenuto in dettaglio tramite:

- fotointerpretazione condotta mediante analisi in stereoscopia di foto aeree appositamente realizzate per il presente progetto nel febbraio 2009 (volo alto e volo basso);
- confronto dei fotogrammi relativi a voli di provenienza, scala differente e anni diversi (tabella 5-1)
- confronto con gli elaborati del P.A.I. (Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale) degli Strumenti Urbanistici dei Comuni interessati dal tracciato autostradale e altro materiale cartografico utile alla caratterizzazione geomorfologica;
- rilievi di campo e verifica della fotointerpretazione.

Tabella 5-1 - Elenco dei voli e dei fotogrammi utilizzati per la fotointerpretazione

Volo IGMI (1955-1956) – scala 1:33.000		
FOGLIO	STRISCIATA	FOTOGRAMMI
F. 114 Arezzo (1:100.000)	Strisciata originale:11, strisciata del F.2	12323, 12324, 12325
	Strisciata originale:12, strisciata del F.3	11834, 11835, 11836
F. 107 Monte Falterona (1:100.000)	Strisciata originale:9, strisciata del F.9	9978, 9979, 9980
Volo Italia (Compagnia Generale Riprese Aeree S.p.a., 1988 e il 1989) – scala 1:75.000		
F. 4966 Firenze (1:200.000)	35A	A16, A18
	36	A48, A50, A52
Volo progetto autostrada A1 (2009)		
Volo alto		
	1	da 57 a 67
	2	da 39 a 53
Volo basso		
	1	da 197 a 212
	2	da 213 a 226
	3	da 227 a 238
	4	da 239 a 263
	5	da 264 a 279
	6	da 2 a 16
	7	da 19 a 34

Gli elementi derivati dalla fotointerpretazione risultano in buon accordo con quanto rilevato direttamente in sito, in ogni caso le verifiche di campagna e le risultanze delle indagini geognostiche hanno consentito di

Progetto Esecutivo

completare le indicazioni fornite dalla fotointerpretazione, definendo un quadro geomorfologico dettagliato dell'area.

I risultati dello studio geomorfologico sono sintetizzati nella carta geomorfologica di progetto, alla scala 1:5000, dove tutti gli elementi legati alla rielaborazione morfologica del territorio sono stati distinti in relazione ai diversi processi evolutivi. In tale contesto si sono separate le aree sottoposte a prevalenti processi erosivi da quelle dominate dai processi deposizionali.

I processi che hanno determinato il modellamento e l'evoluzione del territorio sono stati classificati in base all'agente morfologico dominante. In alcuni casi si è dato risalto all'agente che è intervenuto nella genesi della forma, in altre situazioni si è preferito dare maggiore enfasi all'agente che attualmente ne sta determinando l'evoluzione.

Nella zona studiata sono state riconosciute:

- a) forme e depositi legate alla gravità;
- b) forme e depositi legate a processi fluvio - denudazionali;
- c) idrografia;
- d) forme antropiche.

In particolare sono stati distinti con appositi simboli e campiture i seguenti elementi:

- a) Forme e depositi dovuti all'azione della gravità

Forme di denudazione

- Orlo rimodellato di scarpata di degradazione
- Contropendenza
- Orlo di frana
- Superficie dissestata da fenomeni di soliflusso diffuso
- Soliflusso localizzato

Forme di accumulo e relativi depositi

- Frana (attiva o quiescente)
- Frana interessata da interventi di stabilizzazione
- Area a franosità diffusa (attiva o quiescente)
- Frana di dimensione non cartografabile

Si sottolinea che per la mappatura delle frane si è fatto riferimento alle perimetrazioni presenti nella cartografia P.A.I. (Autorità di Bacino del Fiume Arno) come in seguito specificato

- b) forme e depositi legate a processi fluvio - denudazionali

Sono rappresentati da:

- Orlo di scarpata fluviale ($h < 5$ metri)
- Orlo di scarpata fluvio-denudazionale ($5 < h < 10$ metri)
- Alveo in approfondimento
- Vallecola a V
- Alveo con erosione laterale o sponda in erosione
- Area con dilavamento diffuso
- Dilavamento concentrato
- Paleoalveo
- Forme di accumulo, depositi fluviali e grado di attività

- c) Idrografia

- Specchio d'acqua
- Sorgente
- Area con ristagno di acqua (anche se temporaneo)

- d) Forme di origine antropica

Progetto Esecutivo

All'interno di questo raggruppamento sono state cartografate le seguenti forme:

- Materiali di riporto, rilevati stradali e ferroviari, terrapieni, aree in trasformazione e pertinenze autostradali e impianti di trattamento inerti
- Area urbanizzata
- Briglia
- Orlo di scarpata antropica
- Area di cava inattiva
- Cassa di espansione piene (realizzata ed in progetto)
- Argine (non basato sulla classificazione del RD523/1904)
- Depressione morfologica complessa

In planimetria sono inoltre rappresentati:

- Elementi geologico strutturali (litologie del substrato morfologico ed elementi di tettonica)

La stima quantitativa dei volumi potenzialmente instabili che eventualmente interessano l'infrastruttura, nonché la definizione degli interventi di minimizzazione / stabilizzazione e messa in sicurezza dell'infrastruttura non è oggetto della presente relazione.

5.3 ELEMENTI GEOLOGICO – STRUTTURALI

In conformità con quanto previsto nella "Guida al rilevamento geomorfologico in scala al 1:50.000" di ISPRA le caratteristiche litologiche dell'area sono state evidenziate distinguendo il substrato dai depositi superficiali. Rientrano nella definizione di substrato anche alcuni depositi plio-quadernari antichi cioè i depositi appartenenti alla successione del bacino del Valdarno superiore (Sintema del T. Ciuffenna, Sintema del Fosso Salceto e Sintema di Montevarchi), fortemente rimodellati da successivi eventi erosivi, mentre sono rappresentati come depositi superficiali solo quei materiali clastici direttamente collegati con l'evoluzione del paesaggio attualmente osservabile. Le formazioni del substrato, desunte dallo studio geologico di progetto del Lotto 2 sono state ripartite in 3 categorie litologiche fondamentali, in base al loro comportamento ed al loro grado di resistenza nei confronti dei processi di degradazione e d'erosione. Tali categorie, rappresentate con colori a tinta piena e bassa tonalità, sono sinteticamente descritte nel successivo paragrafo.

Rocce prevalentemente ruditiche: ciottoli, ghiaie e sabbie prevalenti

Comprendono i depositi continentali di ambiente alluvionale, in facies granulare ovvero ciottoli e ghiaie intercalate da sabbie prevalenti, appartenenti al Sintema di Montevarchi – Formazione di Case la Querce [VRCf] ed al Sintema del Fosso del Salceto – Formazione di Palazzolo [OLCb], quest'ultimo limitato al settore nord e corrispondente al riempimento del sub-bacino di Palazzolo.

Rocce prevalentemente sabbiose (UFFe, UFFb, VRCe, VRCa)

Sono riferiti a questo gruppo litologico la porzione sabbiosa del sintema del T. Ciuffenna (Sabbie di Levane [UFFb] e Sabbie del Tasso [UFFe]) ed i depositi sabbiosi del sintema Montevarchi (Sabbie di Palazzetto [VRCa] e Sabbie di Borro Cave [VRCe]).

Argille e limi prevalenti (UFFf, OLCa, VRCd, VRCc, VRCb)

Fanno parte di tale categoria i depositi limosi e argillosi appartenenti ai Limi di Pian di Tegna [UFFf] (Sintema del Torrente Ciuffenna) costituiti da limi argillosi e/o sabbiosi con intercalazioni di sabbie più o meno limose, ai Limi di Terranuova [VRCb] formati da limi argillosi e argille, alle Argille del T. Ascione [VRCc], argille e argille limose e sabbie argillose, ai Limi del T. Oreno [VRCd], composti da limi, limi argillosi e limi sabbiosi (Sintema di Montevarchi) e in ultimo alle Argille del T. Bagnani [OLCa] costituite da argille e argille limoso-sabbiose.

I principali elementi tettonici quali faglie e giaciture, ricavati dallo studio geologico, sono stati rappresentati in carta in quanto geomorfologicamente rilevanti, considerando la loro incidenza sulle forme del rilievo.

5.4 ELEMENTI GEOMORFOLOGICI RILEVATI

I processi che hanno determinato il modellamento e l'evoluzione del territorio sono stati classificati in base all'agente morfologico dominante. Di seguito vengono descritte le forme riconosciute e le loro principali aree di affioramento.

5.4.1 Forme fluvio denudazionali

Appartengono a questa categoria le morfologie riconducibili a processi fluviali e di versante dovute al dilavamento. Tra i vari processi morfogenetici, quello legato allo scorrimento delle acque superficiali è uno dei processi che ha maggiormente contribuito alla conformazione dell'attuale paesaggio fisico della zona in studio, con particolare riguardo all'area d'affioramento delle formazioni terrigene. A tale processo è infatti connessa l'origine di valli nonché numerose forme denudazionali e di accumulo quali i depositi alluvionali.

5.4.1.1 Forme di erosione

Le forme fluvio-denudazionali cartografate sono:

- *Alveo in approfondimento*

Si tratta di linee di impluvio in cui sono evidenti fenomeni di approfondimento dell'alveo.

Tale tipologia di forma interferisce con il tracciato al km 319+300, nel tratto finale del fosso Cetina alla confluenza con il F. Arno, nei pressi del maneggio in località Ciliegi.

All'altezza dello svincolo autostradale "Valdarno", a tergo dell'area industriale Salicino, sono stati riconosciuti alvei in approfondimento con caratteristiche rettilinee di possibile influenza strutturale.

- *Alveo con erosione laterale o sponda in erosione*

Fenomeni di erosione laterale di sponda si osservano:

- tra le progr. km 325+400 - 325+600, tra le progr. km 326+000 - 326+100 e tra progr. km 326+450 - 326+700, in destra Arno ed in prossimità del tracciato autostradale;
- In sinistra Arno all'altezza dello svincolo Valdarno;
- Borro delle Ville

- *Traccia di corso d'acqua estinto (paleoalveo) e antica direzione di scorrimento*

Paleoalvei visibili al livello della pianura sono presenti in località Matassino, sia in destra che in sinistra del F. Arno fino alla località Podere Muricce – Le Fornaci. Risultano avere uno sviluppo subparallelo all'attuale letto fluviale e con l'antica direzione di scorrimento sempre orientata verso sud.

- *Orli di scarpata di erosione fluviale o di terrazzo*

Gli orli di scarpata fluviale attivi, sono stati distinti in due diverse categorie, quelli con altezze di scarpata minori di 5 metri e quelle comprese tra 5 e 10 metri. Entrambi i tipi sono localizzati a ridosso dei corsi d'acqua: in alcuni casi, come per il F. Arno, sono collegati all'agente prevalente, ovvero quello più schiettamente fluviale ed in altri, in particolare per gli orli di scarpata più alti, sono di genesi fluviale a cui si è aggiunto l'attuale evoluzione dovuta agli agenti denudazionali.

- *Superfici con forme di dilavamento*

Sono distinte in:

- Superfici con forme con dilavamento prevalentemente diffuso;

Progetto Esecutivo

- Superfici con forme di dilavamento prevalentemente concentrato.

I fenomeni di erosione legati al ruscellamento diffuso o concentrato sono frequenti sui versanti a debole pendenza, dove affiorano terreni a bassa permeabilità, contraddistinti dall'assenza della copertura vegetale di tipo boschivo, arbustivo o prativo; in tali aree essi assumono una maggiore importanza in presenza dell'attività agricola. Tali fenomeni di dilavamento si attivano o riattivano in corrispondenza di eventi piovosi intensi e prolungati per più giorni consecutivi.

Area interessate da dilavamento diffuso e concentrato sono distribuite in tutta la zona in studio, prevalentemente nell'area a ridosso degli abitati di Santa Maria e di Madrigale nonché nella zona di Poggilupi.

5.4.1.2 *Forme di accumulo e relativi depositi*

In questa categoria ricadono oltre ai depositi colluviali anche le forme di accumulo ed i relativi depositi fluviali presenti all'interno del bacino idrografico del F. Arno, in considerazione del loro strettissimo legame con quest'ultimo e della loro importanza ai fini della ricostruzione morfoevolutiva del bacino stesso.

Le aree dove sono presenti i depositi alluvionali (b, b1, b2) sono state indicate mediante una simbologia che fa riferimento alla granulometria prevalente osservata alla base della copertura pedogenetica. La simbologia relativa alla granulometria è stata riportata sul fondo bianco.

In dettaglio sono rappresentati:

- *Depositi colluviali*

Si tratta generalmente di depositi costituiti da sabbie, limi e argille, talora pedogenizzati, con inclusi frammenti litoidi o ciottoli poco arrotondati. I depositi di tale natura si rinvergono negli impluvi (ad es. al Podere Le Volpaie) e al piede di aree interessate da processi di dilavamento ad opera delle acque di ruscellamento, nei luoghi in cui le condizioni morfometriche del versante lo consentono.

Questi depositi sono distribuiti prevalentemente in fasce strette e allungate alla base dei rilievi, spesso in corrispondenza degli affluenti del F. Arno come ad esempio il T. Chiesimone ed il F. Cetina. Molto spesso non raggiungono le dimensioni per la loro rappresentazione cartografica mentre in altri casi formano delle spesse successioni talora contenenti anche orizzonti di alterazione e paleosuoli.

- *Depositi alluvionali attivi e non attivi*

Nell'area in studio, i depositi alluvionali sono principalmente connessi con la dinamica del F. Arno, e secondariamente con quella dei suoi affluenti. Sono stati distinti tre tipologie principali, caratterizzate in funzione della granulometria prevalente e rappresentate con colore connesso al processo morfogenetico principale, ovvero se in evoluzione o non più attive.

- Depositi degli attuali alvei fluviali, soggetti ad evoluzione degli ordinari processi fluviali e sono costituiti da ghiaie e sabbie prevalenti. Nella cartografia morfologica sono riportati come attivi.

- Depositi della piana inondabile, soggetti ad evoluzione durante le fasi di esondazione e sono formati da sabbie limose con subordinate ghiaie in matrice limoso-argillosa e livelli argillosi. Nella cartografia morfologica anch'essi sono riportati come attivi vista la non continua presenza di argini.

- Depositi terrazzati, prevalentemente in lembi residui, più o meno estesi ma irregolarmente distribuiti. Sono in genere costituiti da ghiaie, sabbie e limi. Nella cartografia morfologica sono riportati come non attivi.

Il paesaggio dell'area in studio si sviluppa prevalentemente sui depositi fluviali recenti del F. Arno e dei suoi affluenti. L'area di fondovalle è infatti caratterizzata da una pianura alluvionale, formata dalla sedimentazione dei depositi fluviali dell'Arno nel continuo evolvere del fiume nella stessa piana alluvionale. Al contrario in corrispondenza dell'alto strutturale di Incisa, il corso d'acqua presenta un andamento blandamente meandriforme, in approfondimento, con un'assenza pressoché totale di depositi fluviali e la presenza del substrato calcareo marnoso della formazione di Monte Morello affiorante.

5.4.2 Morfologie di versante dovute alla gravità

5.4.2.1 Forme di denudazione

Orlo di scarpata di degradazione

Le scarpate rappresentano una brusca rottura del versante, attribuibile all'agente morfogenetico della gravità e sono fortemente diffuse sul versante a ridosso dell'area industriale di Terranuova Bracciolini, impostate su un substrato argilloso e associate all'evoluzione di movimenti franosi di tipo "a1", così come nella zona de "Le Fornaci", associate a frane del tipo "a2" e "a2d".

Esempi di scarpate di degradazione sono evidenti anche sul versante in sinistra Arno, in località Campogiallo e Croce Sant'Antonio.

Come evidente, queste forme connesse alla gravità sono generalmente osservabili sui litotipi terrigeni in genere argillosi e solo marginalmente su quelli calcarei e calcarei marnosi che, in quest'ultimo caso, si rilevano in corrispondenza del passaggio tra i litotipi più resistenti e livelli meno resistenti all'erosione, nonché in presenza di tagli antropici che, se non protetti, possono evolvere.

Soliflussi

Rappresentano i movimenti del suolo (tipo flusso e colamento) che si innestano a seguito della saturazione/sovrasaturazione successiva agli eventi piovosi intensi e/o prolungati. La natura argillosa di gran parte dei terreni della zona facilita lo sviluppo di questo fenomeno. Sono infatti state cartografate nell'area in studio ampie aree interessate sia da soliflussi localizzati e sia da soliflussi diffusi arealmente. Tali fenomeni sono quindi particolarmente evidenti sui versanti modellati nei sedimenti terrigeni, coperti da materiale fine e regolitico di alterazione del substrato argilloso (versante in località "Renacci", "Prulli", ecc).

La tipologia di questo fenomeno, è a tutti gli effetti considerabile come una "frana di coltre". I settori interessati da soliflussi diffusi si collocano infatti lungo versanti interessati da fenomeni franosi sia attivi che quiescenti. In particolare grande cautela va considerata quando questo fenomeno è presente in corrispondenza di depositi di frana quiescente per la possibile evoluzione del fenomeno.

Contropendenze

Si tratta di brusche variazioni della pendenza del versante con immersione verso monte, associata a movimenti franosi più ampi e diffusi, nell'area della frana Poggilupi.

5.4.2.2 Frane

Complessivamente il territorio in esame è caratterizzato da una franosità molto elevata che si sviluppa sui depositi argilloso limosi plio-pleistocenici che, per le loro caratteristiche geomeccaniche, favoriscono le frane ed i soliflussi. L'evidenza geomorfologica superficiale di tali movimenti consiste in un'alternanza di concavità, convessità, contropendenze, orli di scarpata. Si sottolinea che nelle zone soggette all'attività agricola, tali forme possono essere nascoste e livellate dall'attività meccanizzata, ma non per questo non esistenti.

I dissesti franosi sono stati individuati contestualmente sia mediante il rilevamento di campagna, essenzialmente morfologico, sia dall'analisi fotointerpretativa multi-temporale. Lo studio si è inoltre avvalso, in alcuni casi, di letture strumentali inclinometriche derivate sia da studi precedenti che da monitoraggi specifici realizzati per il presente progetto. I dissesti sono stati classificati in base al grado di attività in attivi e quiescenti. Sono state inoltre indicate le frane interessate da interventi di stabilizzazione.

Oltre alle attività sopra elencate si è tenuto debitamente conto di quanto riportato negli elaborati del Piano Assetto Idrogeologico redatto dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale (ex AdBArno) relativamente alla distribuzione e tipologia dei dissesti presenti nell'area di studio. Si tenga presente che la perimetrazione delle aree a pericolosità da frana del P.A.I. comprende una fascia di influenza attorno al deposito di frana.

Progetto Esecutivo

Dall'analisi geomorfologica redatta per il progetto, si evince che il territorio in studio risulta interessato maggiormente da forme attive di franosità diffusa (a1d) e di scivolamenti/colamenti (a1), a seguire sono state rilevate aree con deformazioni superficiali/franosità diffusa quiescenti (a2d) e frane di scivolamento e colate lente, inattive e potenzialmente instabili (quiescenti) (a2).

Si specifica che negli areali interessati dal fenomeno di franosità diffusa non è raro trovare alcune porzioni di roccia affiorante di dimensioni anche cartografabili; dato il contesto in cui sono inseriti non si può escludere che questi affioramenti abbiano subito traslazioni o rotazioni e pertanto non siano rappresentativi del reale assetto/condizione dell'ammasso.

Inoltre si evidenzia che sono considerate attive le frane con evoluzione stagionale o comunque quelle che all'analisi multi-temporale delle foto aeree mostrano una persistenza di forme e segnali di attività. Nella valutazione del grado di attività sono state altresì utilizzate le risultanze del monitoraggio inclinometrico.

Le frane quiescenti presentano una forte propensione alla riattivazione quando osservate su scala temporale più ampia e soprattutto in presenza di fenomeni eccezionali (meteorici o sismici) o nel caso di interventi antropici non correttamente concepiti.

Sono infine state mappate con apposita simbologia anche tre aree che risultano interessate da interventi di stabilizzazione (as). Nel dettaglio si tratta della frana Poggilupi, ubicata nel tratto finale del tracciato, in prossimità di San Giovanni Valdarno. Tale dissesto è stato interessato da un progetto di stabilizzazione e consolidamento (iniziato nel 2009 e terminato nel 2012) a seguito della presenza di movimenti gravitativi a cinematisma lento.

La frana di Poggilupi fa parte di un gruppo di dissesti indicati nel P.A.I. con classi di pericolosità PF3 e PF4 che, essendo estremamente prossimi al tracciato autostradale, possono interferire con le opere da realizzare, e quindi su richiesta dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale sono state redatte specifiche relazioni geomorfologiche alle quali si rimanda per i dettagli del caso.

In tabella 5-2 si riportano le suddette interferenze P.A.I., suddivise in tratti e le relative opere interessate.

TRATTO	INTERFERENZA	RIFERIMENTO OPERE
TRATTO "F"	PF4 – derivata da frana di scivolamento interessata da lavori di stabilizzazione con evidenze di processi attivi o ricorrenti causa di rischio residuo	Dal km 334+200 al km 334+600 (frana di Poggilupi)

Tabella 5-2 – Aree oggetto di approfondimento richiesto da AdB Distrettuale Appennino Settentrionale

Inoltre sono state mappate con apposito simbolo, le frane di dimensioni non cartografabili e le corone di frana.

5.4.3 Idrografia

In planimetria sono rappresentati alcuni elementi idrografici quali gli specchi d'acqua, le sorgenti, i canali artificiali e le aree di ristagno.

I laghetti interni mappati in planimetria sono frequentemente legati alle attività estrattive e risultano pertanto situati in aree di cava inattiva.

I fenomeni di ristagno possono verificarsi in caso di piogge concentrate o prolungate e possono essere favoriti dalla locale presenza di depositi più fini nel sottosuolo. In planimetria geomorfologica è indicato con apposito simbolo un settore nel quale sono stati riconosciuti diffusi fenomeni di ristagno durante il rilevamento. Esso risulta collocato tra 300 e 500m c.a. a nord di inizio intervento Lotto 2 (fig. 5-9). Tali fenomeni sono spesso temporanei e possono verificarsi anche in altre aree oltre a quella indicata.



Figura 5-9 – Fenomeni di ristagno nella pianura del Valdarno nei pressi del tracciato autostradale

5.4.4 Forme antropiche

Il territorio in studio presenta diffuse zone intensamente urbanizzate e prevalentemente distribuite nell'area della piana dell'Arno, sia a carattere residenziale che industriale, come ad esempio Figline ed Incisa Valdarno, Matassino e San Giovanni Valdarno. Nelle aree collinari, al margine della piana alluvionale sono anche presenti case sparse e piccoli agglomerati residenziali come Renacci, Santa Maria e Madrigale e solo occasionalmente insediamenti agricoli.

- *Rilevati e terrapieni*

Numerosi sono i rilevati sia stradali che autostradali nonché ferroviari sia della linea ad alta velocità che di quella convenzionale. Queste infrastrutture, molto spesso e per lunghi tratti, si rinvengono a distanza ridotta e corrono parallele tra loro, affiancate, a formare un corridoio infrastrutturale di importanza rilevante come ad esempio dall'area di Ciliegi circa e fino alla località Madrigale, nella parte più a sud.

All'interno di questa categoria sono stati accorpate anche i terrapieni, le aree in trasformazione, ovvero interessate da movimenti terre, impianti di trattamento inerti e pertinenze autostradali come aree di svincoli, aree di parcheggio.

- *Opere di regimazione antropica (briglie e argini)*

L'espansione delle attività antropiche nelle aree pianeggianti del fondovalle ha indotto l'uomo a guadagnare sempre più terre a scapito delle aree esondabili, attraverso opere d'ingegneria idraulica che hanno comportato modifiche della sezione naturale dell'alveo, la loro rettificazione e l'inserimento di briglie, come nei pressi del "Palasport Galli" a San Giovanni Valdarno. Gli interventi più diffusi sono stati realizzati tramite la costruzione di argini, che nell'area in studio comunque non sono sempre presenti, si rinvengono a partire da Matassino fino a San Giovanni Valdarno, e si precisa che, relativamente a queste opere di contenimento, quanto riportato nella cartografia geomorfologica non rispetta la classificazione del Regio Decreto 523/1904, infatti in alcuni casi, il rilevato autostradale si comporta a tutti gli effetti da argine.

- *Casse di espansione*

Nella cartografia geomorfologica sono riportate tre ampie aree, campite con toni di grigio diversi, corrispondenti a casse di espansione di cui una in costruzione o parzialmente realizzata denominata Pizziconi, e due, denominate Prulli di Sotto e Restone, in progettazione. Tali opere hanno il compito di far defluire parte delle portate di piena in aree allagabili, sottraendo quindi volumi di deflusso al corso d'acqua per poi restituirli nella fase calante della piena o comunque al passaggio dell'emergenza; l'intento è quindi, quello di catturare

Progetto Esecutivo

soltanto i livelli più alti di un evento di piena, e cioè quelli responsabili di esondazioni e conseguentemente danni a persone o cose.

Nello specifico, sono ubicate sia in destra (Pizziconi e Prulli di Sotto) che in sinistra (Restone) del F. Arno, in corrispondenza di aree di piana alluvionale alcune delle quali in parte precedentemente interessate da attività estrattiva (Pizziconi e Restone). Si sottolinea che l'area di Restone è rappresentata in planimetria solo dal limite e non dalla campitura al fine di rendere leggibili le altre numerose informazioni morfologiche contenute nell'area.

- *Attività estrattiva*

Le facies granulari dei depositi fluviali (sabbie e ghiaie), affioranti nella piana alluvionale del F. Arno sono state, nel passato, oggetto di intensa attività estrattiva, così come testimoniato dalla presenza di numerose cave a fossa, ormai inattive/esaurite e completamente inerbite. La loro presenza è ampiamente diffusa a ridosso del corso d'acqua, in particolare nell'area interclusa tra questo e la linea ferroviaria, in sinistra idrografica, e sull'altro lato del fiume, nell'intorno di Case Pizziconi. Molto spesso tali aree sono caratterizzate anche dalla presenza di laghi la cui acqua rappresenta il livello piezometrico che ha colmato le fosse scavate. Nel settore meridionale dell'area di studio nei pressi dello svincolo autostradale Valdarno (loc. Case Nuove) la perimetrazione di una cava riempita è stata ricavata da documenti cartografici pregressi.

Anche se non interessa direttamente l'area in studio, il settore ad ovest di San Giovanni Valdarno, rappresenta l'area mineraria di Santa Barbara, che dal secolo XIX a metà '900 è stata oggetto di estrazione della lignite, rappresentando la base dello sviluppo industriale siderurgico di San Giovanni Valdarno. L'area è stata sede di approfondite analisi geologico strutturali che hanno portato alla revisione dei modelli geologici del bacino del Valdarno come evidenziato nell'inquadramento geologico.

- *Orlo di scarpata*

In zone fortemente antropizzate, la modellazione del territorio è oggetto di movimentazione delle terre e quindi all'interno di tali attività, la presenza di orli di scarpate artificiali possono essere associate ad esempio a scavi connessi con l'attività di cava, terrazzamenti di versanti.

Relativamente a forme di sprofondamento tipo sink-hole, l'area in studio non risulta interessata da tali eventi, così come ricostruito sulla base di studi specialistici di ISPRA.

6 GEOLOGIA DELL'AREA

6.1 CARTOGRAFIA E LEGENDA GEOLOGICA

Sulla base delle attività svolte e di tutti i dati raccolti, è stato possibile ricostruire il quadro geologico dell'area di studio ed in particolare è stata redatta una planimetria geologica (scala 1: 5.000) ed un profilo longitudinale in asse di tracciamento (scala 5000/500). La scala verticale con rapporto di 1:10 rispetto a quella orizzontale è stata utilizzata al fine di evidenziare anche strati e livelli di spessore limitato. Nella descrizione si fa riferimento alle planimetrie ed ai profili geologici realizzati.

Le principali fonti bibliografiche consultate per redigere le planimetrie geologiche di progetto sono state il Foglio 276 "Figline Valdarno" in scala 1:50.000 (ISPRA - Progetto CARG) attualmente pubblicato solo sul web (accesso ottobre 2018), la cartografia geologica della Regione Toscana in scala 1:10.000, nonché le carte geologiche allegate ai Piani Strutturali dei Comuni interessati dal progetto. Queste fonti hanno rappresentato la base d'inquadrimento sulla quale sono stati integrati i dati di più recente acquisizione, quali quelli derivanti dalle indagini geognostiche e dal rilevamento geologico di dettaglio.

Come accennato in precedenza il bacino del Valdarno Superiore è stato oggetto di numerosi studi ed approfondimenti (v. cap.4) con diversi approcci metodologici. I nomi e sigle delle unità stratigrafiche plio-pleistoceniche hanno subito pertanto alcuni cambiamenti nel corso del tempo. Nella figura sottostante è riportato uno schema comparativo delle suddivisioni e sigle presenti nella letteratura più recente.

SAGRI & MAGI (1992) ALBIANELLI et alii (1995)		GHINASSI & MAGI (2004)		SAGRI et alii (in press) Regione Toscana (2007a and 2007b)				THIS WORK					
				VALDARNO		PALAZZOLO		VALDARNO		PALAZZOLO			
3rd phase MONTICELLO-CIUFFENNA	limi di Latereto (IL)	limi di Pian di Tegna (IFT)	unstudied	TORRENTE CIUFFENNA SYNTHEM (UFF)	limi di Latereto	limi di Pian di Tegna	TORRENTE CIUFFENNA SYNTHEM (UFF)	UFFc					
	sabbie di Levane (sL)	sabbie del Tasso (sT)			sabbie di Levane	sabbie del Tasso		UFFa	UFFb				
	ciottolami di Laterina (cL)	ciottolami di Loro Ciuffenna (cL.C)			ciottolami di Laterina	ciottolami di Loro Ciuffenna							
2nd phase MONTEVARCHI	limi e sabbie del T. Oreno (IO)	ciottolami della Penna (cP)	unstudied	MONTEVARCHI SYNTHEM (VRC)	limi del T. Oreno	ciottolami della Penna	FOSSO SALCETO SYNTHEM (OLC)	formazione di Palazzolo	MONTEVARCHI SYNTHEM (VRC)	VRCf	VRCg	FOSSO SALCETO SYNTHEM (OLC)	OLCb
	argille del T. Ascione (aA)	ciottolami e sabbie di Casa Querce (cCQ)			argille del T. Ascione	formazione di Casa Querce e ciottolami di Leccio				VRCe			
	limi di Terranuova (IT)	sabbie di Borro Cave			limi di Terranuova	sabbie di Borro Cave				VRCd			
1st phase CASTELNUOVO	sabbie di San Donato (sSD pp - terminal fan)			CASTELNUOVO DEI SABBIONI SYNTHEM (CSB)	sabbie di Palazzetto		CASTELNUOVO DEI SABBIONI SYNTHEM (CSB)		VRCc		CASTELNUOVO DEI SABBIONI SYNTHEM (CSB)		
	unrecognised		unrecognised		ciottolami e sabbie di Caposelvi	VRCb			CSBc				
	sabbie di San Donato (sSD pp - fluvio-deltaic)		sabbie di San Donato		sabbie di San Donato	VRCa			CSBb				
	argille di Meleto (aM)		unstudied		argille di Meleto	CSBa			CSBa				
	ciottolami e sabbie di Spedalino (cS)			ciottolami e sabbie di Spedalino									
basin	margin	basin	margin	basin	margin	basin	margin	basin	margin	basin	margin	basin	margin

Figura 6-1 – Tavola comparativa delle unità stratigrafiche del bacino del Valdarno Superiore presenti in letteratura (da: Fidolini et alii, 2013, modificata)

In fig. 6-2 è riportato lo schema strutturale tratto dal F.276 "Figline Valdarno" (ISPRA-Progetto CARG) e le sigle delle unità stratigrafiche del foglio, utilizzate anche nel presente lavoro. Poiché gli elaborati progettuali per la tratta in oggetto hanno registrato l'evoluzione degli studi dell'area, nel presente lavoro, a fianco della sigle più recenti, sono riportate in corsivo anche le denominazioni utilizzate per il Progetto Definitivo (PD), al fine di facilitare il confronto fra elaborati di fasi differenti.

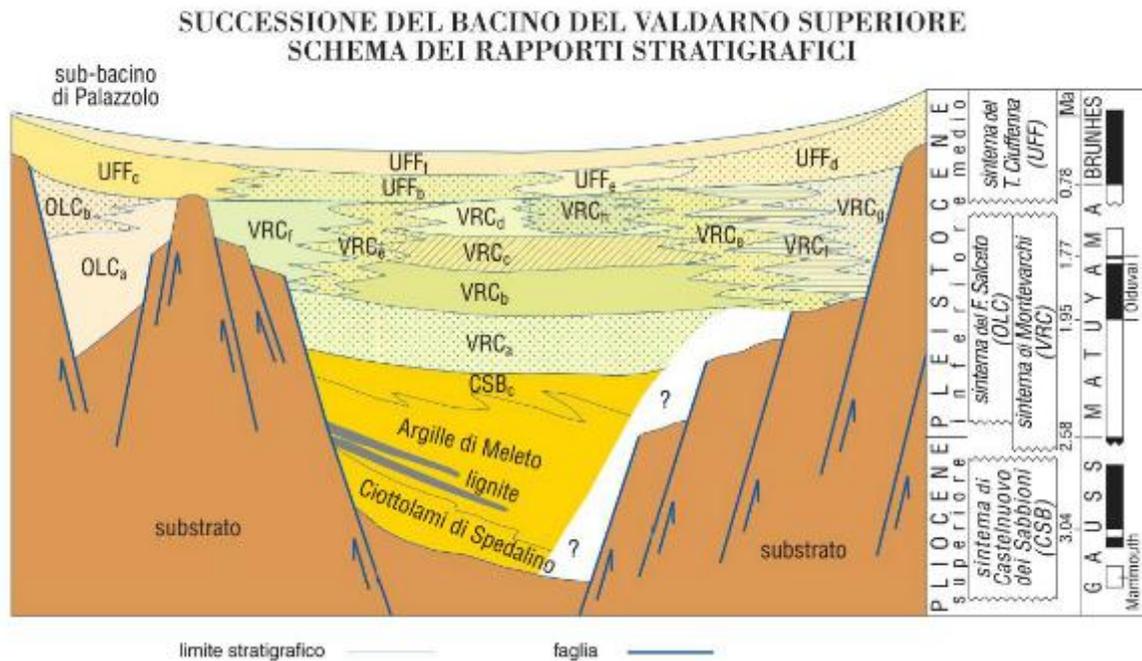


Figura 6-2 - Schema dei rapporti stratigrafici della Successione del Bacino del Valdarno Superiore, Foglio 276 "Figline Valdarno", (tratto da sito ISPRA, Progetto CARG accesso ottobre 2018). Nel presente studio sono utilizzate le sigle presenti in figura.

In planimetria geologica sono rappresentate le giaciture degli strati e le faglie principali.

Le faglie rappresentate in planimetria e profilo vanno considerate come fasci di tettonizzazione: la loro presenza è principalmente testimoniata dal grado di fratturazione registrato nei sondaggi eseguiti nella Formazione di Monte Morello nel corso delle varie campagne geognostiche. La presenza delle strutture è basata oltre che sulla distribuzione dei materiali fratturati intercettati in sondaggio anche sul riconoscimento di allineamenti morfologici ricavati da osservazioni topografiche e da osservazioni in sito. Le direzioni delle strutture così ricostruite sono congruenti con gli elementi tettonici noti in letteratura in tutto il bacino.

Si sottolinea che alcune faglie interessano anche i depositi del Pleistocene inferiore e la loro posizione, derivata da studi bibliografici, è stata estrapolata anche nel profilo geologico longitudinale, al di sotto dei depositi più recenti.

In ragione di tutti gli elementi sopra evidenziati, la posizione delle faglie rappresentate negli elaborati geologici presenta, inevitabilmente, un certo grado di indeterminatezza.

Dalla cartografia geomorfologica sono stati estratti e rappresentati in planimetria geologica tutti gli elementi legati a fenomeni di dissesto. All'interno quindi della classificazione stratigrafica "Depositi e coperture quaternarie continentali" sono presenti le frane distinte per grado di attività in attive, quiescenti.

Sono considerate attive le frane con evoluzione stagionale o comunque quelle che all'analisi multitemporale delle foto aeree mostravano una evidente persistenza di forme e segnali di attività. Si sottolinea come su scala temporale più ampia o in presenza di fenomeni meteorici particolarmente intensi, eventi sismici di particolare evidenza o interventi antropici non correttamente concepiti, le frane quiescenti presentino una forte propensione alla riattivazione.

Sono inoltre indicate con apposito simbolo quelle frane che sono state soggette a interventi di stabilizzazione

Sono state indicate inoltre le zone a franosità diffusa, caratterizzate per lo più da fenomeni di ridotte dimensioni ma ravvicinati e numerosi. Anche questa tipologia è distinta in attiva (**a1d**) e quiescente (**a2d**). Negli areali interessati da questo fenomeno non è raro trovare alcune porzioni di roccia affiorante di dimensioni anche cartografabili. Dato il contesto in cui sono inseriti non si può escludere che questi affioramenti abbiano subito traslazioni o rotazioni e pertanto non siano rappresentativi del reale assetto/condizione dell'ammasso.

Progetto Esecutivo

In planimetria geologica sono rappresentati soliflussi localizzati, quelli arealmente diffusi e le frane di dimensione non cartografabile. I versanti interessati da soliflusso devono essere trattati con cautela, in particolare quando questo fenomeno è presente in corrispondenza di depositi di frana quiescente: si tratta infatti di fenomeni che, a causa della loro possibile evoluzione, sono del tutto equiparabili alle frane di coltre o superficiali.

Altri elementi geomorfologici rappresentati in planimetria sono i depositi antropici comprendenti materiali di riporto, rilevati stradali e ferroviari, terrapieni, area in trasformazione e pertinenze autostradali, argini artificiali, impianti di trattamento inerti. Per permettere una maggiore comprensione della geologia dell'area si è deciso di non rappresentare nella planimetria geologica le aree urbanizzate presenti invece nella planimetria geomorfologica. Sono inoltre state indicate con appositi simboli e sovrassegni le depressioni morfologiche complesse (v. par. 5.4.4), le aree di cava e le casse di espansione, si realizzano che in progetto.

Il profilo geologico longitudinale riporta l'andamento del terreno realizzato lungo l'asse di tracciamento nord.

La ricostruzione stratigrafica dei terreni nel tratto di pianura si basa principalmente sulle risultanze delle indagini geognostiche. Nella fase di interpretazione stratigrafica sono stati attribuiti vari gradi di attendibilità ai dati esaminati; in particolare sono stati considerati più attendibili i sondaggi per i quali è stato possibile effettuare osservazione diretta delle cassette catalogatrici rispetto ai sondaggi di cui sono state reperite stratigrafie e foto o solo stratigrafia.

In profilo geologico le indagini sono rappresentate con simbologie diverse a seconda che risultino proiettate ma solo parzialmente utilizzate oppure non utilizzate per la posizione rispetto al profilo. Sono inoltre indicate con apposito simbolo le prove penetrometriche statiche, realizzate con pre-foro.

Lungo la sezione geologica sono rappresentate le colonne stratigrafiche dei sondaggi proiettati lungo la traccia del profilo. Al loro interno sono rappresentate con apposito retino le litologie prevalenti riconosciute. Le litofacies distinte sono così raggruppate: litofacies prevalentemente ghiaiosa; litofacies prevalentemente sabbiosa, litofacies limoso argillosa prevalente. Questa schematizzazione è stata adottata perché la composizione granulometrica varia notevolmente anche per piccoli intervalli, si è ritenuto opportuno distinguere i livelli grossolani (sabbie più o meno limose) da quelli fini (limi ed argille, anche se sabbiosi). E' indicata con apposito simbolo la torba che si trova sia in livelli che in frammenti sparsi all'interno dei vari litotipi. In questo secondo caso la simbologia si sovrappone a quella della litofacies dominante.

A livello di interpretazione geologica lungo il profilo oltre ai colori che indicano l'unità stratigrafica sono indicate le diverse litologie prevalenti. Per i terreni sciolti le classi sono analoghe a quelle precedentemente definite ma rappresentano un livello di sintesi superiore. I corpi a diversa litologia presenti nell'area sono talora giustapposti per eteropia laterale e ciò può determinare forti variabilità orizzontali e verticali di spessore. Si precisa inoltre che la forma e l'estensione delle lenti riportate in profilo, in corrispondenza delle indagini proiettate, od in assenza di indagini, deve essere assunta come puramente indicativa.

In profilo sia i limiti stratigrafici sia i limiti litologici sono indicati con tratto continuo ove certi e con tratteggio ove presunti.

In profilo geologico inoltre sono stati accorpati i depositi alluvionali (attuali, recenti e terrazzati) e sono distinti i depositi eluvio-colluviali. Inoltre, in profilo, è stato riconosciuto un deposito di paleofrana in località Poggilupi ed un deposito di versante sepolto nei pressi del Fosso Cetina.

Relativamente ai depositi antropici si ricorda che il profilo topografico è realizzato in massima parte lungo l'asse di tracciamento variante nord che si colloca all'interno del tracciato autostradale esistente ed in gran parte in rilevato. In mancanza di dati di dettaglio sulla geometria e l'andamento del riporto stradale, sul profilo sono stati proiettati il piede del rilevato di carreggiata nord e di carreggiata sud, talora posti a quote differenti. Questo ha permesso di identificare in profilo i settori con buona sicurezza in rilevato ed i tratti dove la presenza di terreni di riporto è possibile ma non certa. Il primo caso è rappresentato in profilo da apposito retino mentre nel secondo caso l'area rimane bianca.

6.2 STRATIGRAFIA

Nell'ambito del quadro strutturale descritto in precedenza, è stata riconosciuta la seguente successione stratigrafica, dalle unità più antiche alle più recenti.

SUCCESSIONI DEI BACINI INTRAMONTANI

SUCCESSIONE DEL BACINO DEL VALDARNO SUPERIORE

Depositi di ambiente fluvio-lacustre legati al riempimento del bacino intramontano del Valdarno Superiore. Poggiano in discordanza angolare sul substrato litoide pre-lacustre. Distinto in sub-bacini legati alle strutture tettoniche che hanno interessato il substrato. Spessore complessivo dei sedimenti di circa 550 metri.

Sintema di Montevarchi (VRC) (cfr. PD Subsintema di Montevarchi - SVS2)

sabbie di Palazzetto (VRCa) (cfr. PD SPA - sabbie di Palazzetto)

Sabbie e sabbie limose giallastre a stratificazione tabulare con locali intercalazioni di limi sabbioso-argillosi grigi e di ghiaie ad elementi prevalentemente arenacei; a) sabbie, ghiaie e limi a stratificazione lenticolare e/o tabulare (membro di Ricasoli); b) sabbie tabulari giallo chiare con intercalazioni di sabbie biancastre ben selezionate di natura eolica (membro della Rena Bianca); c) sabbie e limi in strati tabulari ricchi di molluschi d'acqua dolce (membro delle sabbie e limi di Montecarlo).

Età: Pliocene superiore - Pleistocene inferiore

limi di Terranuova (VRCb) (cfr. PD TER - limi di Terranuova)

Limi argilloso sabbiosi grigi ed argille grigio azzurre con intercalazioni sabbiose anche frequenti di color grigio o giallastro; lenti di ghiaie e locale presenza di paleosuoli.

Età: Pliocene superiore - Pleistocene inferiore

argille del T. Ascione (VRCc) (cfr. PD ASC - argille del torrente Ascione)

Argille, argille limose e sabbie argillose grigie ricche di frammenti vegetali, argille torbose e livelli di lignite. Intercalazioni di lenti di sabbie e sabbie ghiaiose (fig. 6-4).

Età: Pliocene superiore - Pleistocene inferiore

limi del Torrente Oreno (VRCd) (cfr. PD LSO - limi del Torrente Oreno)

Limi grigi e grigio-azzurrognoli, limi argillosi e limi sabbiosi. Frequenti le intercalazioni di argille grigio azzurrognole. Presenti intercalazioni di sabbie e sabbie limose, grigie o giallastre. Locali lenti di ciottoli.

Età: Pliocene superiore - Pleistocene inferiore

sabbie di Borro Cave (VRCe) (cfr. PD SBC - sabbie di Borro Cave)

Sabbie limose, sabbie e limi sabbiosi di colore grigio giallastro in strati prevalentemente tabulari. Limi sabbiosi e/o argillosi grigi e grigio-giallastri talora con indizi di pedogenesi.

Subordinate intercalazioni di lenti di ciottolami, di spessore metrico, a base erosiva.

Età: Pliocene superiore - Pleistocene inferiore

formazione di Case la Querce (VRCf) (cfr. PD CCQ - ciottolami e sabbie di Case la Querce)

Ciottolami bruno rossastri e sabbie limose giallastre, talora irregolarmente intercalate. I ciottolami sono da mediamente a ben assortiti, arrotondati in strati tabulari talora a base erosiva.

Età: Pliocene superiore - Pleistocene inferiore



Fig. 6-4– Affioramento di limi di Terranuova (VRCb) rinvenuti lungo uno scavo realizzato per opere edili, in loc. Montalpero.

Sintema del F.sso Salceto (OLC) (cfr. PD Subsintema di Palazzuolo - SVS3)

argille del T. Bagnani (OLCa) (cfr. PD AP - argille di Palazzuolo)

Argille ed argille limoso-sabbiose grigie, massicce, bioturbate, talora debolmente pedogenizzate, ricche di frammenti vegetali; argille torbose con livelli lignitiferi, locali intercalazioni di livelli e lenti sabbiose e ghiaiose.
Età: Pleistocene inferiore?

formazione di Palazzuolo (OLCb) (cfr. PD CSP - ciottolami e sabbie di Palazzuolo)

Ciottolami in lenti e strati, massicci o gradati grossolanamente, intercalazioni di sabbie giallastre talora pedogenizzate e limi argilloso-sabbiosi pedogenizzati con concrezioni calcaree.
Età: Pleistocene inferiore?

alluvioni antiche (aa)

Nel settore attorno alla progressiva 317+750, l'interpretazione della stratigrafia del sondaggio SA31 ha portato ad ipotizzare la presenza di un livello attribuibile a depositi fluviali costituiti da ghiaie e sabbie, limi sabbiosi talora con limi argillosi. Lenti centimetriche di materiale vegetale decomposto di colore marrone scuro nerastro. Sono presenti in sondaggio al di sotto delle argille del T. Bagnani.
Età: Pleistocene inferiore?

Sintema del T. Ciuffenna (UFF) (cfr. con PD "Sintema del Valdarno superiore-SVS)

sabbie di Levane (UFFb) (cfr. PD SLE - sabbie di Levane)

Sabbie medio grossolane di colore giallo chiaro o grigiastro con livelli di limi grigio chiari e ciottoli. Ambiente fluviale.
Età: Pleistocene inferiore e medio

sabbie del Tasso (UFFe) (cfr. PD STA - sabbie del Tasso)

Sabbie di colore da bruno-giallastro a grigio-giallastro spesso alterate con colori rossastri. Intercalazioni lentiformi di ghiaie e ciottolami e di limi grigi ed argille talora torbose nerastre.
Età: Pleistocene inferiore e medio

limi di Pian di Tegna (UFFf) (cfr. PD LAT - limi di Pian di Tegna, limi di Latereto)

Limi argillosi e/o sabbiosi di colore bruno giallastro o rossastro con abbondanti screziature grigie o biancastre. Frequenti intercalazioni di sabbie più o meno limose, sabbie talora ghiaiose e lenti di ghiaie (da moderatamente a molto alterate). Possibili locali livelli di argille ed argille torbose.
Età: Pleistocene medio

DEPOSITI E COPERTURE QUATERNARIE CONTINENTALI

Depositi alluvionali terrazzati (b2)

Ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa, sabbie limi ed argille da marroni ocra a brune.
Età: Pleistocene sup. – Olocene

Depositi alluvionali recenti (b1)

Ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa, sabbie limi ed argille da marroni ocra a brune.
Età: Olocene

Depositi alluvionali in evoluzione (b)

Ghiaie e sabbie prevalenti in alveo o sulle sue sponde talora coperti da vegetazione arbustiva.
Età: Olocene

Deposito eluvio-colluviale (a4)

Sabbie, limi ed argille con clasti derivanti dall'alterazione del materiale del substrato ed accumulati in posto o dopo breve trasporto.

Deposito di frana (a1, a2)

Accumulo gravitativo di clasti e blocchi di materiale eterogeneo, eterometrico con matrice, con evidenze di movimento in atto (a1) o quiescenti (a2).

Deposito di frana interessato da interventi di stabilizzazione (as)

Accumulo gravitativo di clasti e blocchi di materiale eterogeneo, eterometrico con matrice, per la stabilizzazione del quale sono stati effettuati interventi.

Deposito di paleofrana (pf) (solo in profilo)

Argilla limosa di colore da nocciola ocra a marrone nerastro con subordinati livelletti di sabbie fini. La presenza di questo deposito è stata individuata/interpretata nel sondaggio PL1.

Franosità diffusa (a1d, a2d)

Accumulo gravitativo di clasti di materiale eterogeneo ed eterometrico con presenza di matrice, caratterizzato da fenomeni di ridotte dimensioni ma ravvicinati e frequenti. Distinto in franosità attiva (a1d) o quiescente (a2d) a seconda della presenza o meno di movimenti in atto o recenti.

Si specifica che negli areali interessati dal fenomeno di franosità diffusa non è raro trovare alcune porzioni di roccia affiorante di dimensioni anche cartografabili; dato il contesto in cui sono inseriti non si può escludere che questi affioramenti abbiano subito traslazioni o rotazioni e pertanto non siano rappresentativi del reale assetto/condizione dell'ammasso.

7 CARTOGRAFIE DEGLI ENTI PREPOSTI AL GOVERNO DEL TERRITORIO

In questo capitolo vengono analizzati, per le aree di interesse, i seguenti documenti di piano realizzati dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale (ex AdBArno):

- o Piano Assetto Idrogeologico (P.A.I.) relativamente alla pericolosità da frana con riferimenti al progetto I.F.F.I. dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) ;
- o Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) relativamente ai temi della pericolosità da alluvioni e da flashflood

Vengono inoltre analizzate le pericolosità geologica e/o geomorfologica ed idraulica, come definite negli specifici elaborati dei Piani Strutturali Comunali.

7.1 PERICOLOSITA' DA FRANA (I.F.F.I. E P.A.I.)

A seguito degli eventi che nel 1998 colpirono alcuni centri abitati nella zona di Sarno in Campania venne istituito il progetto nazionale "Inventario dei Fenomeni Franosi" (I.F.F.I.) per il censimento e perimetrazione dei dissesti presenti sull'intero territorio italiano.

I dati del progetto I.F.F.I. costituiscono la base conoscitiva della "Perimetrazione delle aree con pericolosità da frana derivante dall'inventario dei fenomeni franosi – Livello di dettaglio in scala 1:10.000" del Piano di bacino, stralcio "Assetto Idrogeologico" (P.A.I.) curata dall'Autorità di Bacino dell'Arno (ora Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale).

Nell'ambito del tracciato oggetto di intervento viene allegata una planimetria in scala 1:5.000 relativa alla pericolosità da frana così come indicato nei documenti P.A.I. che distinguono 4 classi di pericolosità crescente da PF1 a PF4. Tale distinzione è legata a fattori territoriali geologici, geomorfologici e morfometrici ed è definita come propensione al dissesto, in funzione dello stato di attività. Le norme di applicazione del P.A.I. (in particolare l'art. 2) e l'allegato 2 (Indicazioni per l'adeguamento degli strumenti urbanistici al P.A.I. e Criteri per la redazione di proposte di integrazioni e modifiche) forniscono i criteri principali che sono stati seguiti per la definizione delle classi di pericolosità e delle relative aree (Tab 7-1).

Si sottolinea che, nella specifica planimetria allegata al progetto, è stata utilizzata la "Perimetrazione delle aree con pericolosità da frana derivate dall'inventario dei fenomeni franosi del bacino del fiume Arno - Livello di dettaglio in scala 1:10.000" (disponibile in shapefile) riferita al 06/07/2017 e scaricata nel dicembre 2018 dal sito web www.adbarno.it/pagine_sito_opendata/gds_md_scheda_completa.php?id_ds=220. Per il settore in sinistra Arno, ricadente nel Comune di Figline e Incisa Valdarno, le perimetrazioni P.A.I. sono state fornite nel settembre 2018 direttamente dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale.

Si specifica che la suddetta cartografia è stata confrontata con quella più recente a oggi disponibile sul sito dell'AdB Distrettuale dell'Appennino Settentrionale (accesso web febbraio 2021) e che non risultano difformità nell'estensione delle aree con pericolosità da frana interferenti con il tracciato di progetto (sono tuttavia presenti alcuni ampliamenti dei dissesti per aree esterne al tracciato).

Progetto Esecutivo

CLASSE PF	CRITERI (allegato 2, punto B.2.4)*	DEFINIZIONE (art.2)*
PF4	Aree in <i>frana attiva</i> ed il loro intorno.	<i>Frana attiva</i> : frana con evidenze morfologiche di movimento o instabilità in atto.
PF3	Aree in <i>frana quiescente</i> ed il loro intorno.	<i>Frana quiescente</i> : frana inattiva priva di evidenze morfologiche di movimento o instabilità in atto, per la quale esistono indizi morfologici di potenziale instabilità e conseguente riattivazione.
PF2	Aree in <i>frana stabilizzata</i> ed il loro intorno.	<i>Frana stabilizzata</i> : frana inattiva priva di evidenze morfologiche di movimento o instabilità in atto, per la quale non vi sono indizi morfologici di potenziale instabilità e possibile riattivazione.

(*) Riferimento alle Norme di Applicazione P.A.I.

Tabella 7-1 – Classi di pericolosità del Piano Assetto Idrogeologico (Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale ex AdBArno, dati 2017-2018)

Come ricordato, la perimetrazione delle aree con pericolosità da frana a livello di dettaglio del P.A.I., ha come base conoscitiva i dati del Progetto I.F.F.I. che determinano la classe e l'estensione dell'area in dissesto, secondo i criteri dettati all'allegato 2 delle norme di attuazione del P.A.I. e secondo affinamenti derivati dall'applicazione delle norme regionali relative alla redazione degli strumenti di governo del territorio (LR 65/14 e regolamento 53r/11)" (v. http://www.adbarno.it/iffi/?page_id=478).

Sulla base della cartografia P.A.I. inerente la pericolosità da frana (dati del 07/2017 ed integr. del settembre 2018) per l'area di interesse, è possibile distinguere le seguenti tipologie di movimento dei versanti e del loro stato di attività (Tab. 7-2):

Tipo movimento	Stato di attività	Note	Codice I.F.F.I.	Classe P.A.I.
Frana di scivolamento e colata lenta	Inattiva potenzialmente instabile (quiescente)		S2	PF3
	Attiva		S3	PF4
Deformazioni superficiali o franosità diffusa	Inattiva quiescente	<ul style="list-style-type: none"> o deformazioni superficiali con caratteristiche plastiche (soliflussi, soilcreep) con un evoluzione lenta o lentissima o con ricorrenza superiore a 10-20 anni. <p>In coerenza con i criteri I.F.F.I. sono sinonimi di aree a franosità diffusa inattive potenzialmente instabili a velocità bassissime o nulle. Nella pratica operativa si ha un passaggio graduale tra franosità diffusa e le deformazioni superficiali al diminuire della densità delle forme, della velocità evolutiva, della ricorrenza dei fenomeni e con la progressiva obliterazione delle forme</p>	DS	PF3
Franosità diffusa	Attiva	<ul style="list-style-type: none"> o gruppi di frane attive non cartografabili, 	F	PF4

Progetto Esecutivo

Tipo movimento	Stato di attività	Note	Codice I.F.F.I.	Classe P.A.I.
		<ul style="list-style-type: none"> ○ aree franose attive poco profonde con geometria non chiara, ○ frane superficiali attive obliterate dalle lavorazioni, ○ aree ad intensa erosione con locali fenomeni di colamento o scivolamento attivi ○ forme poco persistenti nei loro tratti caratteristici e con ricorrenza anche pluriennale. ○ -aree in dissesto associate a scarpate morfologiche con processi gravitativi o erosivi diffusi e ricorrenti 		
Frana di scivolamento e colata lenta/crollo e ribatamento	Inattiva stabilizzata artificialmente	○ Frana interessata da interventi di stabilizzazione.	S1a/C1a	PF2

Tabella 7-2– Classificazione dei fenomeni franosi relative alle tipologie di movimento e stato di attività con raffronto tra le classi P.A.I. e I.F.F.I.

Si rammenta che la perimetrazione della pericolosità risulta più estesa della frana, in quanto comprende una fascia di influenza.

7.2 PERICOLOSITA' DA ALLUVIONE FLUVIALE (ADB DISTRETTUALE DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE)

Il territorio nazionale, relativamente al governo delle risorse idriche e della difesa del suolo, è ripartito in bacini idrografici classificati in tre categorie: nazionale, interregionale e regionale. L'area in esame si colloca all'interno del Bacino Regionale del Fiume Arno.

7.2.1 Piano di gestione rischio alluvioni (P.G.R.A.)

La normativa di riferimento in materia di valutazione e gestione del rischio di alluvioni è la Direttiva europea 2007/60/CE conosciuta anche come "Direttiva Alluvioni".

La Direttiva, recepita nell'ordinamento italiano con il Decreto Legislativo 23 febbraio 2010 n. 49, in analogia a quanto predispone la Direttiva 2000/60/CE in materia di qualità delle acque, intende creare un quadro di riferimento omogeneo a scala europea per la gestione dei fenomeni alluvionali e si pone pertanto l'obiettivo di ridurre i rischi di conseguenze negative derivanti dalle alluvioni soprattutto per la vita e la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale, l'attività economica e le infrastrutture.

Il recepimento della normativa europea da parte della legislazione nazionale ha portato alla definizione dei Distretti idrografici, soggetti competenti per gli adempimenti previsti dalla Normativa, tra i quali fondamentale importanza ha la redazione delle mappe di pericolosità idraulica e rischio idraulico. In Italia, sono stati individuati 8 Distretti Idrografici. Il territorio dei Distretti è stato a sua volta suddiviso in Unit of Management (UoM) ovvero unità territoriali omogenee di riferimento per la gestione del rischio di alluvione corrispondenti ai

Progetto Esecutivo

principali bacini idrografici, ognuna delle quali fa riferimento alla relativa Autorità Competente o Competent Authority (CA).

Nel caso in esame, il distretto competente è il Distretto Idrografico dell'Appennino Settentrionale, suddiviso in 11 UoM. L'Autorità Competente per il progetto in corso di studio è la Autorità di Bacino Arno, la UoM è quella dell'Arno (ITN002).

Il P.G.R.A. è un Piano composito, in quanto relativo alle 11 Unit of Management (UoM) di cui si compone il distretto dell'Appennino Settentrionale: ogni UoM ha predisposto il proprio P.G.R.A., i diversi Piani prodotti sono stati poi coordinati e resi congruenti dalla Autorità di Bacino del fiume Arno.

Il P.G.R.A. ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate, tenendo conto delle caratteristiche fisiche e ambientali del territorio interessato e sulla base delle mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni di cui all'art. 6, le misure di prevenzione, di protezione, di preparazione e di risposta e ripristino finalizzate alla gestione del rischio di alluvioni nel territorio.

La Direttiva Alluvioni prevede che per ogni UoM siano realizzate nella scala più appropriata delle mappe della pericolosità idraulica da alluvione e mappe del rischio alluvioni.

Il 3 marzo 2016 il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino dell'Arno ha definitivamente approvato il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) predisposto ai sensi dell'art. 7 della direttiva 2007/60/CE e dell'art. 7 del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49, che di fatto sostituisce, per ciò che riguarda la pericolosità da alluvione, il P.A.I. (Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico).

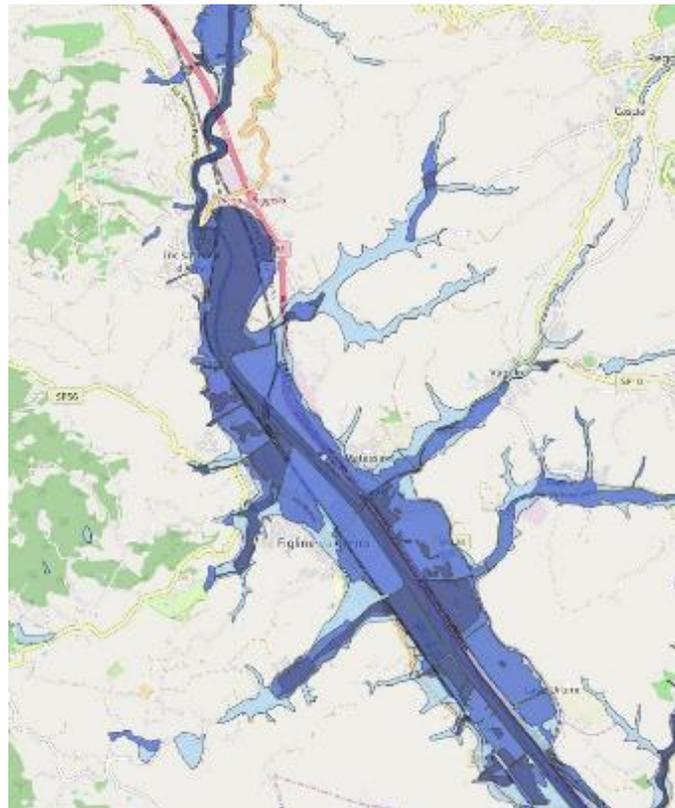
Il 17 febbraio 2017 entra in vigore il decreto del Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare n. 294 del 25 ottobre 2016 (Gazzetta Ufficiale n. 27 del 2 febbraio 2017) in materia di **Autorità di bacino distrettuali**. Dal 17 febbraio 2017 quindi risultano soppresse tutte le Autorità di bacino di cui alla legge 183/1989 e quindi anche l'Autorità di bacino del fiume Arno, sostituita dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale.

La rappresentazione degli scenari di pericolosità idraulica avviene attraverso tre classi in funzione della frequenza di accadimento come di seguito specificato:

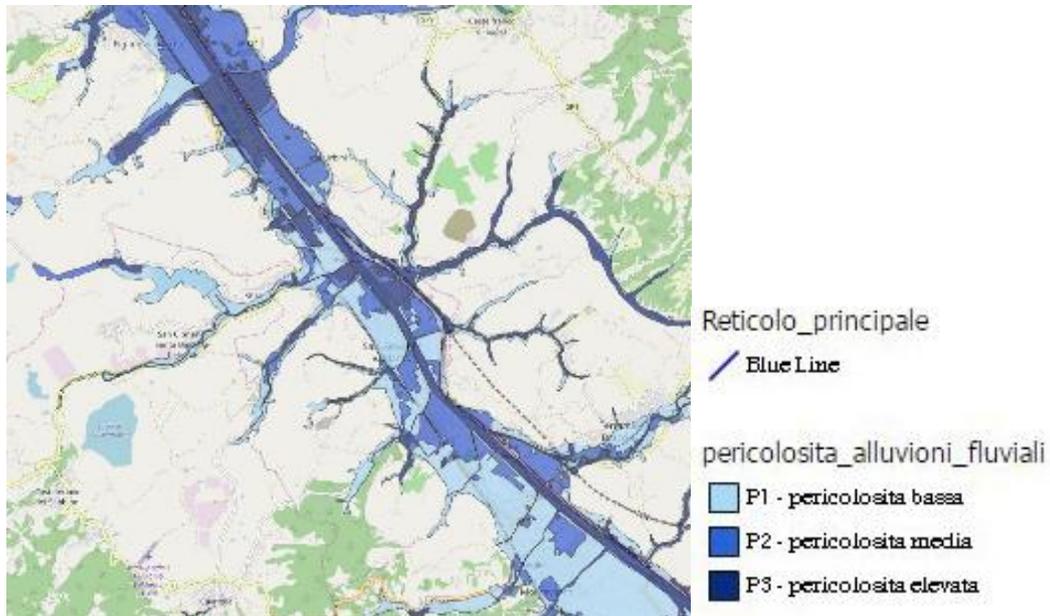
- *Pericolosità da alluvione elevata (P3)* corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno TR minore/uguale a 30 anni (è la classe con maggior frequenza di accadimento);
- *Pericolosità da alluvione media (P2)* corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno maggiore di 30 anni e minore/uguale a 200 anni;
- *Pericolosità da alluvione bassa (P1)* corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno superiore a 200 anni e comunque corrispondenti al fondovalle alluvionale.

La configurazione morfologica dell'area indagata si caratterizza per l'andamento decisamente pianeggiante ed i settori con problematiche di tipo idraulico sono ampiamente presenti in tutta l'area (Fig. 7-1).

Progetto Esecutivo



Settore nord



Settore sud

Fig. 7-1 - Pericolosità da alluvione fluviale tratta dal sito web dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale (accesso dicembre 2018)

La perimetrazioni delle aree a differente pericolosità idraulica, così come indicata nel Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.), è riportata in un apposito elaborato allegato al progetto. Si ricorda che le perimetrazioni del P.G.R.A. sono riferite al reticolo naturale principale.

Di seguito si riportano i tratti in cui le fasce di pericolosità interferiscono con il tracciato, con riferimento alle progressive dell'asse di tracciamento nord.

Progetto Esecutivo

- Ü da **inizio Lotto 2 a progr 324+285** il tracciato si sviluppa in un settore in classe di pericolosità media P2;
- Ü da **progr. 324+285 a progr. 324+834** ca il tracciato autostradale esistente è classificato in classe P1 ma continua a svilupparsi all'interno di un'area a pericolosità media P2;
- Ü tra le progressive **324+834 - 324+893** sono presenti aree a pericolosità media (P2) ed alta (P3) legate al corso del torrente Resco;
- Ü da **progr 324+893 a progr. 325+459** permane la classe P1 legata al rilevato autostradale esistente, bordato da un'area a pericolosità elevata P3 in carreggiata nord e da una a pericolosità media P2, in carreggiata sud. Il tracciato si sviluppa nelle vicinanze del corso dell'Arno classificato in classe P3;
- Ü tra **progr. 325+459 - 326+350** ca l'autostrada permane in classe P1 mentre dal lato di carreggiata nord, è borda un'area classificata a pericolosità media P2 mentre in carreggiata sud la classe risulta P3 salvo una sottilissima striscia di larghezza metrica sita in classe P2;
- Ü tra le **progressive 326+350 - 326+372** circa, il tracciato attraversa il torrente Faella in classe di pericolosità elevata P3;
- Ü da **progr. 326+372 a 327+200 circa** il tracciato autostradale esistente è classificato in P1, bordato da una striscia di limitata larghezza in classe P2, e si situa in un'area più ampia a pericolosità elevata P3. A partire da circa **progr. 327+080** nei pressi del rilevato, parallelamente alla carreggiata nord, è presente il rilevato ferroviario della linea Firenze-Roma, classificato P1. I due rilevati sono comunque separati da un corridoio a pericolosità elevata P3;
- Ü da **progr. 327+200 a progr. 329+500** il tracciato in classe P1 si inserisce in zone classificate P2. Da circa **progr. 327+615** l'autostrada A1 e l'adiacente linea ferroviaria costituiscono una unica fascia (P1). Si fa notare che a lato della carreggiata sud, la fascia in classe P2 è molto stretta (una decina di metri) passante a classe P3 verso il fiume Arno. In questo tratto tra **progr. 329+100 e 329+500** è presente un settore in classe P1 (pericolosità bassa) in adiacenza alla carreggiata nord;
- Ü da **progr. 329+500** i due rilevati, autostradale e ferroviario, si allontanano e fino alla **progr. 330+157** l'autostrada, sempre in classe P1, si situa in un'area a pericolosità media P2;
- Ü da **progr. 330+157 a progr. 331+600** il rilevato autostradale e l'adiacente area di servizio Arno est sono in classe P1 e sono situate in un'area in classe di pericolosità media P2;
- Ü da **progr. 331+600 a progr. 331+920** l'autostrada (classe P1) intercetta al km 331+600 il settore del Borro delle Cave: da questo punto fino al termine di questo tratto il tracciato è inserito in un'area a pericolosità elevata P3;
- Ü da **progr. 331+920 a progr. 332+900** l'area P1 del tracciato è bordata da aree a pericolosità media P2 (lato carreggiata sud) con l'eccezione di parte dell'area di parcheggio San Giovanni Est che invece ricade in classe P3. Dal lato della carreggiata nord la pericolosità è prevalentemente elevata (P3) talora interrotta da uno stretto settore in pericolosità media;
- Ü da **progr. 332+900 a progr. 333+000** ca, superato il borro delle Ville il cui corso è in classe P3, il rilevato attuale (P1) costeggia dal lato della carreggiata nord aree a pericolosità elevata mentre, dal lato della carreggiata sud, la classe risulta P1 (pericolosità bassa);
- Ü da **progr. 333+000 a progr. 333+582** circa si entra nel tratto caratterizzato da pericolosità bassa P1. Si nota che tra **progr.333+062 a progr. 333+140** una parte del tracciato rientra in area non soggetta a pericolosità;
- Ü da **progr. 333+582 a progr. 334+085 circa** la classe di pericolosità a lato della carreggiata sud aumenta a P2;

Progetto Esecutivo

- Ü avvicinandosi all'area Poggilupi l'autostrada corre molto vicina al corso del fiume Arno pertanto da **progr. 334+085** a **progr.334+228** il tracciato, in classe P1, costeggia settori a pericolosità elevata P3 dal lato carreggiata sud;
- Ü da **progr. 334+228** a **progr. 334+464** circa ca il tracciato è in parte esterno a zone a pericolosità (settore Poggilupi) ma adiacente, a lato della carreggiata sud, al corso dell'Arno a pericolosità P3;
- Ü da **progr. 334+464** a **progr. 334+515** la classe di pericolosità è bassa (P1);
- Ü da **progr. 334+515** a **progr. 335+138** le aree sono prevalentemente ricadenti in pericolosità media P2;
- Ü da **progr. 335+138** al termine della tratta oggetto di allargamento (**progr. 335+704**) il rilevato autostradale in classe P1 attraversa aree a prevalente pericolosità P2 media: solo nel tratto di attraversamento del T. Ciuffenna e fino a circa la **progr.335+415** la carreggiata nord costeggia aree che raggiungono pericolosità elevata (P3);

Si sottolinea infine che, nei pressi dell'area destinata a Campo Operativo (CO03), a fianco della carreggiata nord del rilevato autostradale, è presente un settore a pericolosità P3 elevata.

7.2.2 Carta guida delle aree allagate (AdB Arno)

Sul sito dell'Autorità di Bacino dell'Arno sono presenti stralci della "Carta guida delle aree allagate", ossia una serie di planimetrie realizzate in scala 1:25.000 sulla base degli eventi alluvionali significativi nel periodo tra il 1966 ed il 1999 distinti in legenda (fig-7-2) in aree interessate da inondazioni ricorrenti, da inondazioni eccezionali e in aree che hanno registrato inondazioni durante gli eventi alluvionali degli anni 1991-1992 e 1993.

In figura 7-3 si riporta un montaggio degli stralci cartografici n° 084, 085, 099, 112 per il territorio interessato dal progetto del Lotto 2.

Per quanto attiene al tracciato, che si sviluppa in destra Arno, si nota che secondo questa cartografia il tracciato ricade prevalentemente in aree interessate da inondazioni eccezionali e solo localmente esternamente ad aree inondate (tra progr.329+600.-330+600 e tra progr. 333+200 - 334+600)

Aree interessate da inondazioni durante gli eventi alluvionali degli anni 1991-1992 -1993 intercettano il tracciato circa da progr. 325+700 a progr. 326+700 e da progr. 330+700 a progr. 333+200.

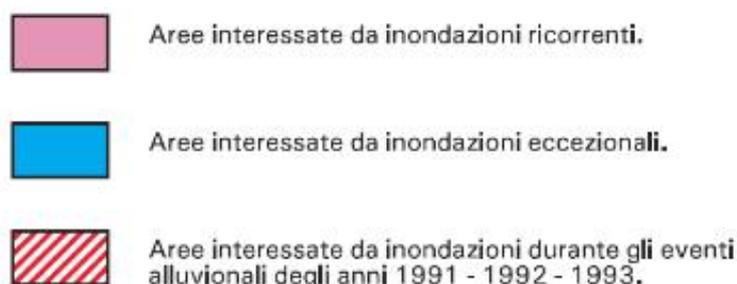
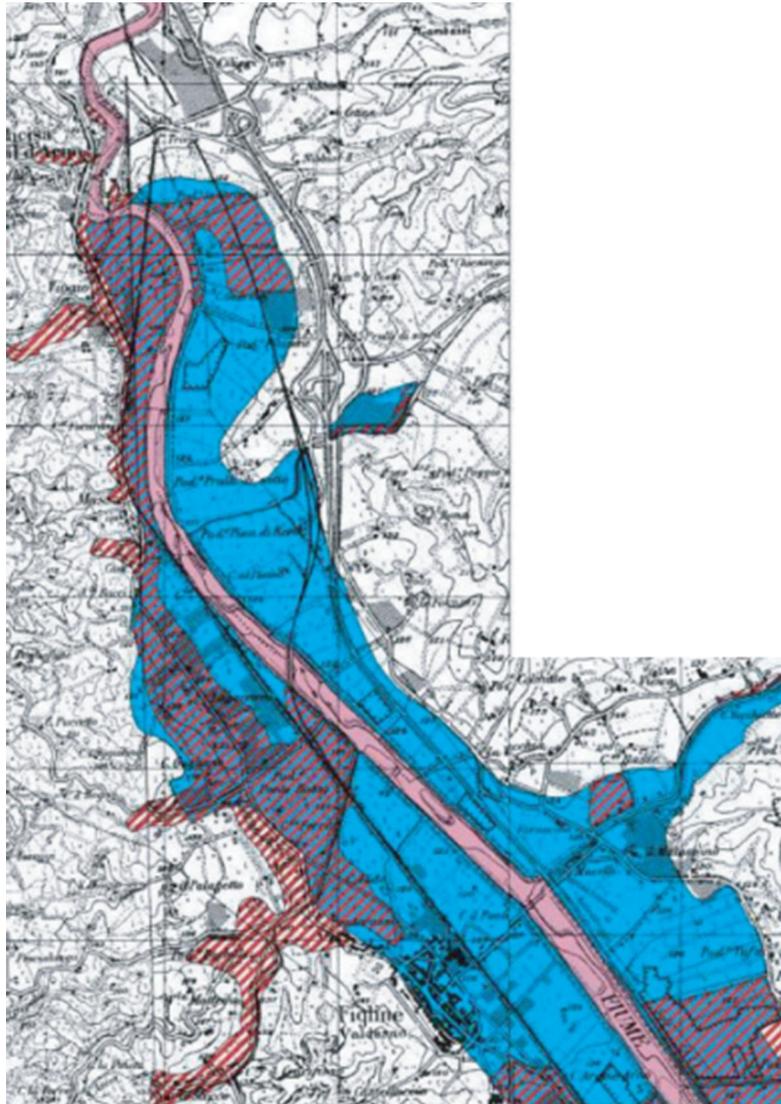


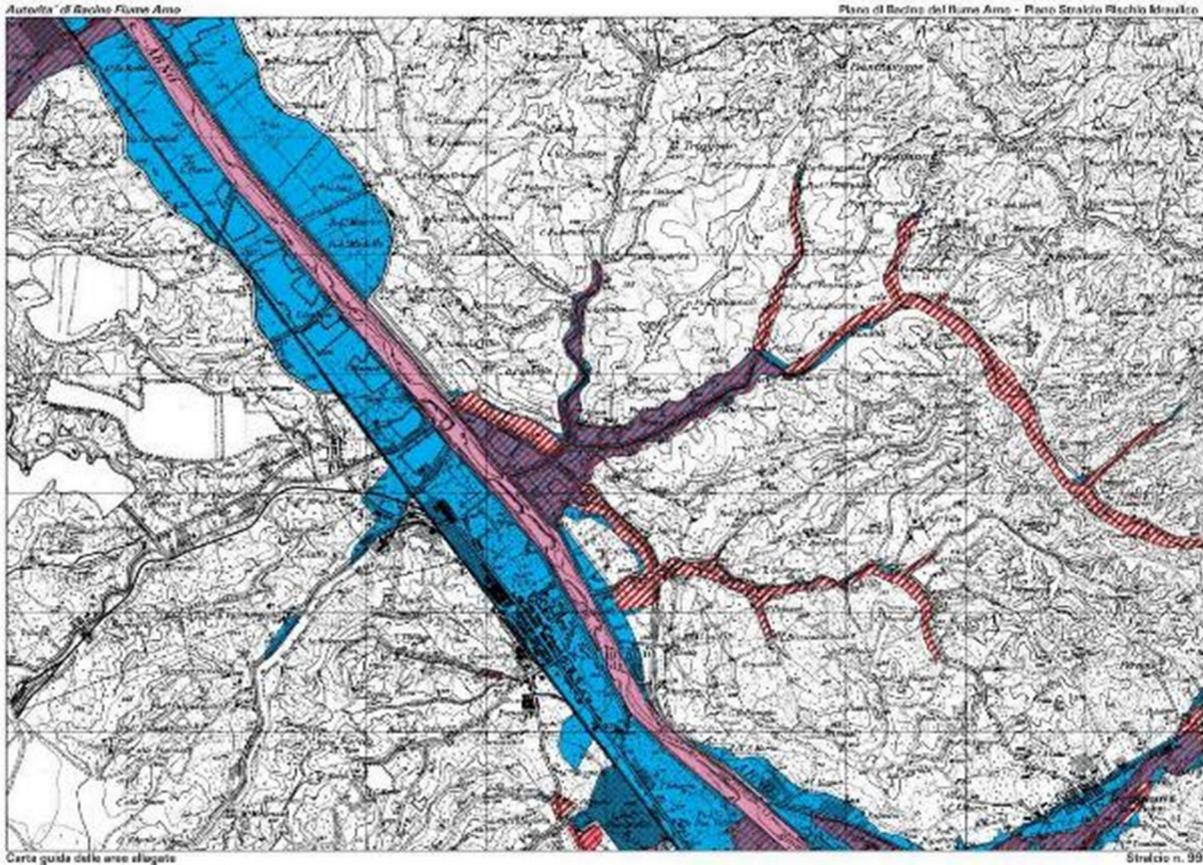
Figura 7-2 – Legenda della Carta Guida delle aree allagate redatta sulla base degli eventi alluvionali significativi (1966 – 1999) (1966 – 1999). Tratto da Autorità di Bacino del Fiume Arno (accesso del dicembre 2018).

Progetto Esecutivo

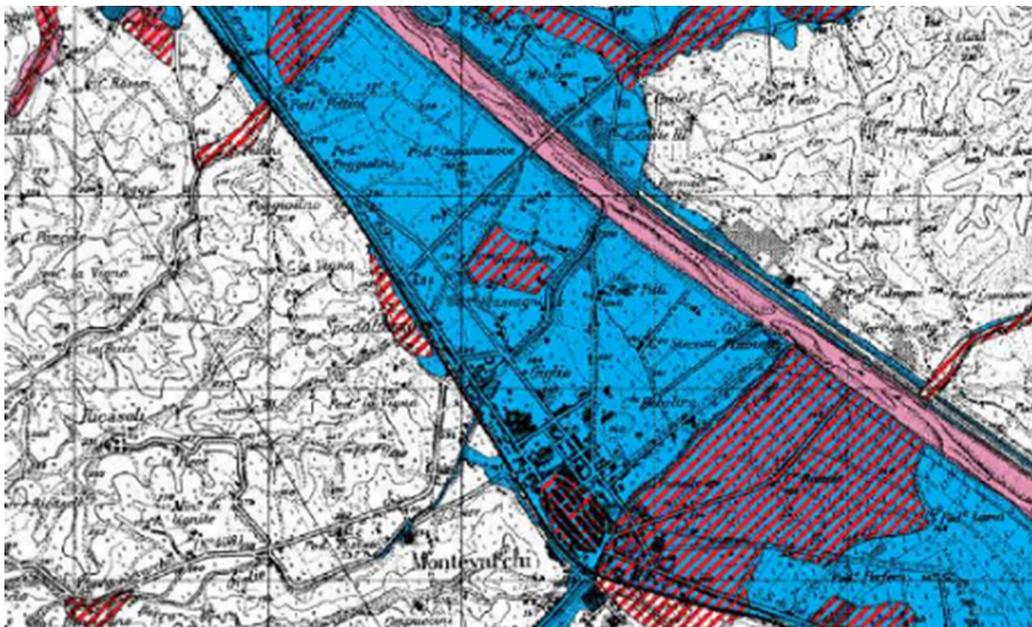


Stralci 084-085

Progetto Esecutivo



(stralcio 99)



(stralcio 112)

Figura 7-2 - Carta Guida delle aree allagate redatta sulla base degli eventi alluvionali significativi (1966 – 1999) (1966 – 1999). Tratto da Autorità di Bacino del Fiume Arno (accesso del dicembre 2018).

7.3 PERICOLOSITÀ DA FLASHFLOOD (ADB DISTRETTUALE DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE)

Nel P.G.R.A. del Bacino dell'Arno sono state analizzate non solo la pericolosità dovuta alle alluvioni di tipo fluviale, ma anche la pericolosità da alluvioni derivante da eventi intensi e concentrati (flashflood e situazioni similari alle pluvial flood). Di seguito si riporta uno stralcio delle mappe di pericolosità da flash-flood visualizzabile on-line nel sito dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale dal quale si osservano alcune aree a pericolosità elevata e localmente molto elevata ricadenti nella zona di studio (Fig. 7-3).

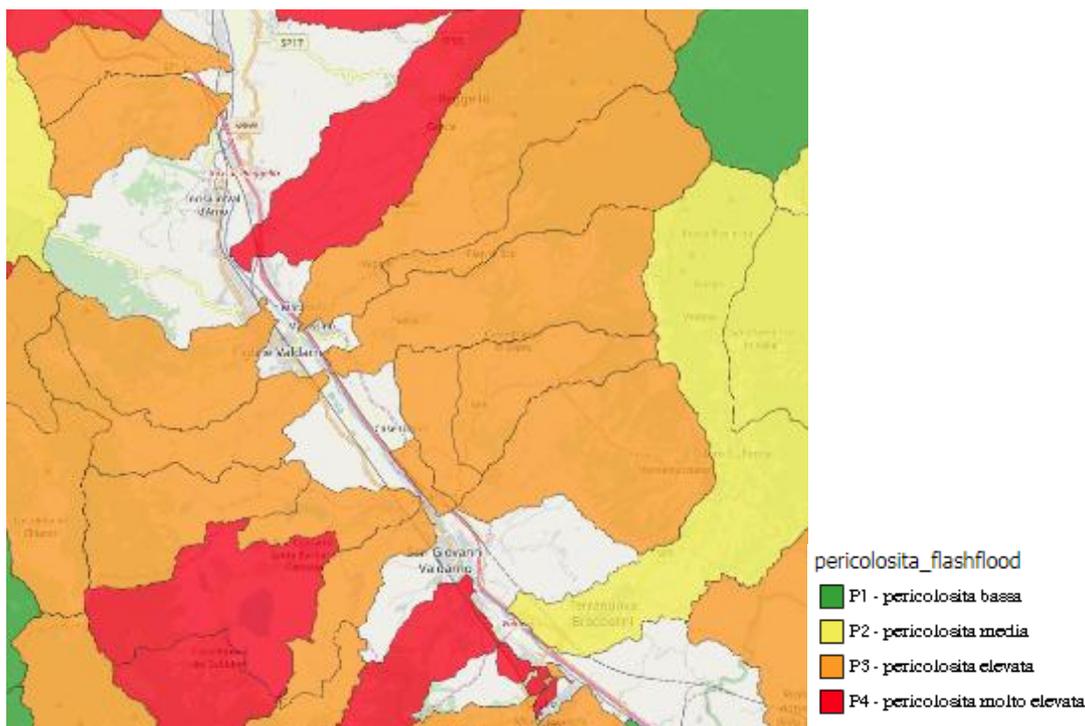


Figura 7-3 - Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale (ex Autorità di Bacino del Fiume Arno) – Mappa della Pericolosità da "flashflood" (accesso ottobre 2018).

Si nota che il tracciato intercetta aree a pericolosità elevata nella zona di Matassino nei pressi del T. Resco, nella zona di attraversamento del T. Faella e circa fra le progr. 329+100 e 331+800. Un settore a pericolosità media è presente nel tratto finale a partire dall'attraversamento del T. Ciuffenna.

7.4 CARTE DELLA PERICOLOSITÀ DA STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI

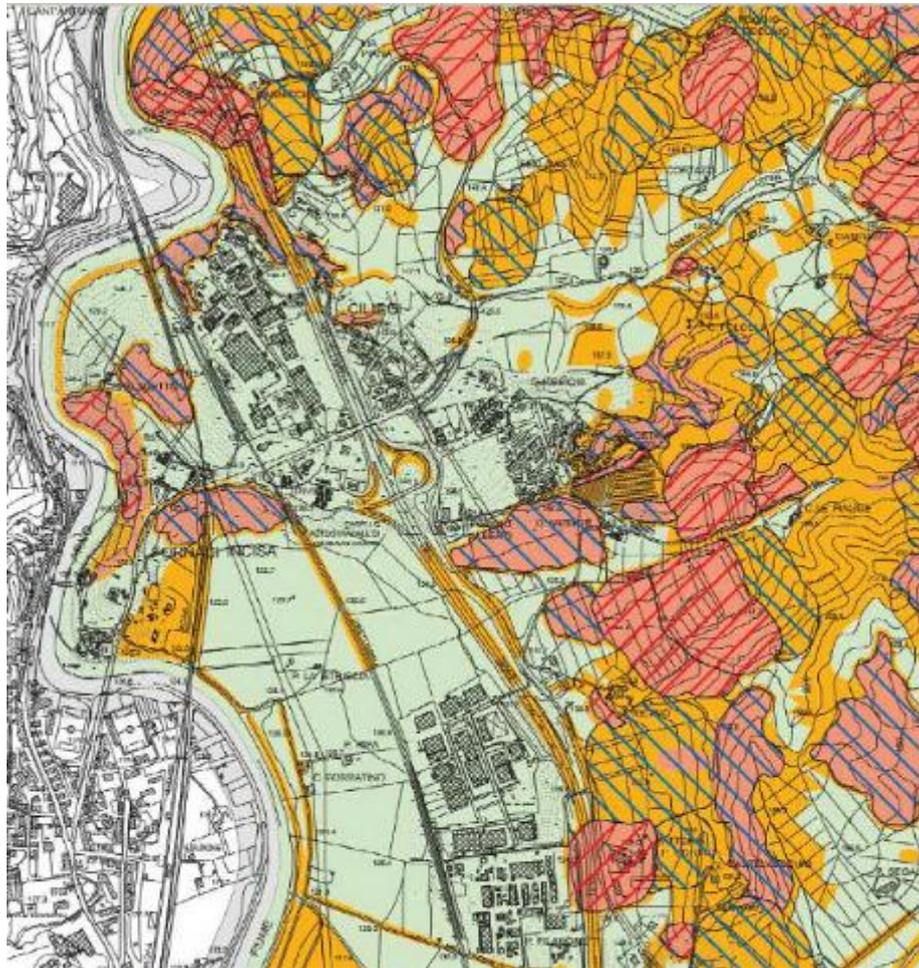
Di seguito si riportano stralci delle carte della Pericolosità Geologica e della Pericolosità Idraulica annesse ai Piani Strutturali dei Comuni presenti nell'area di studio.

7.4.1 Piano Strutturale Comune di Reggello

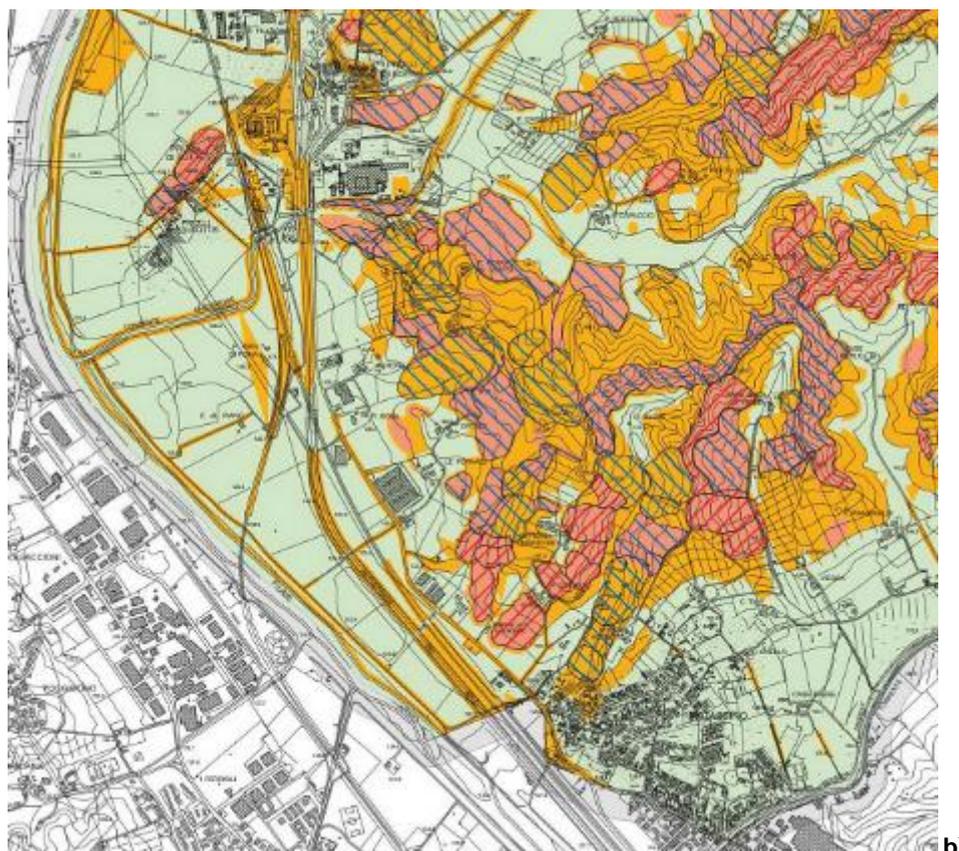
Il Comune di Reggello ha adottato il Piano Strutturale comunale con Delibera C.C. n. 89 del 17/10/2016 e successivamente lo ha approvato in via definitiva il 28 marzo 2018 con delibera di C.C n.25. Di seguito si riportano stralci delle cartografie del Piano Strutturale del Comune di Reggello relativamente alle tavole "Pericolosità Geologica" (fig. 7-6) Planimetrie di Pericolosità Idraulica ai sensi del regolamento 53/R e pericolosità idraulica ai sensi del P.G. R.A. (7-7- e 7-8)

Progetto Esecutivo

Il tracciato entra nel territorio comunale all'altezza del fiume Arno, che costituisce il confine con il comune di Figline-Incisa Valdarno, e vi rimane fino a circa la **progr. 323+965** all'altezza dell'abitato di Matassino.



a)



Pericolosità geologica (D.P.G.R. N.53/R DEL 25 OTTOBRE 2011)

- 

Pericolosità geologica molto elevata (G.4): aree in cui sono presenti fenomeni geomorfologici attivi e relative aree di influenza e di possibile evoluzione, aree interessate da soliflussi. Comprendono le aree P.F.4. (pericolosità molto elevata da frana) del Piano Assetto Idrogeologico (P.A.I.) del Bacino del Fiume Arno.
- 

Pericolosità geologica elevata (G.3): aree in cui sono presenti fenomeni geomorfologici 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 versante con pendenze superiori al 25%. Comprendono le aree P.F.3 (pericolosità elevata da frana) del Piano Assetto Idrogeologico (P.A.I.) del Bacino del Fiume Arno.
- 

Pericolosità geologica media (G.2): aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi e stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giacaturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versante con pendenze inferiori al 25%.
- 

Pericolosità geologica bassa (G.1): aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giacaturali non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi.

Perimetrazione delle aree a pericolosità da frana - da Piano Assetto Idrogeologico

- 

P.F.3 - Aree a pericolosità geomorfologica elevata
- 

P.F.4 - Aree a pericolosità geomorfologica molto elevata

Figura 7-6 – Stralcio della carta “Pericolosità geologica (ai sensi D.P.G.R. n° 53/R del 25/10/2011)” tratta dagli elaborati di Piano Strutturale del Comune di Reggello (a) area nord (b) area sud (rev.gennaio2017). (da sito internet comunale accesso gennaio 2019)

Le classi di pericolosità sono riferite al D.P.G.R: N.53/R del 25/10/2011.

Pericolosità geologica molto elevata (G.4): aree in cui sono presenti fenomeni geomorfologici attivi e relative aree di influenza e di possibile evoluzione, aree interessate da soliflussi. Comprendono le aree P.F.4. (pericolosità molto elevata da frana) del Piano Assetto Idrogeologico (P.A.I.) del Bacino del Fiume Arno.

Pericolosità geologica elevata (G.3): aree in cui sono presenti fenomeni geomorfologici quiescenti e relative aree di influenza; aree con potenziale instabilità connessa alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza

Progetto Esecutivo

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 versante con pendenze superiori al 25%. Comprendono le aree P.F.3 (pericolosità elevata da frana) del Piano Assetto Idrogeologico (P.A.I.) del Bacino del Fiume Arno.

Pericolosità geologica media (G.2): aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi e stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciture dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versante con pendenze inferiori al 25%.

Pericolosità geologica bassa (G.1): aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi.

L'autostrada è classificata in classi che variano da pericolosità geologica elevata (G.3) e pericolosità geologica media (G.2).

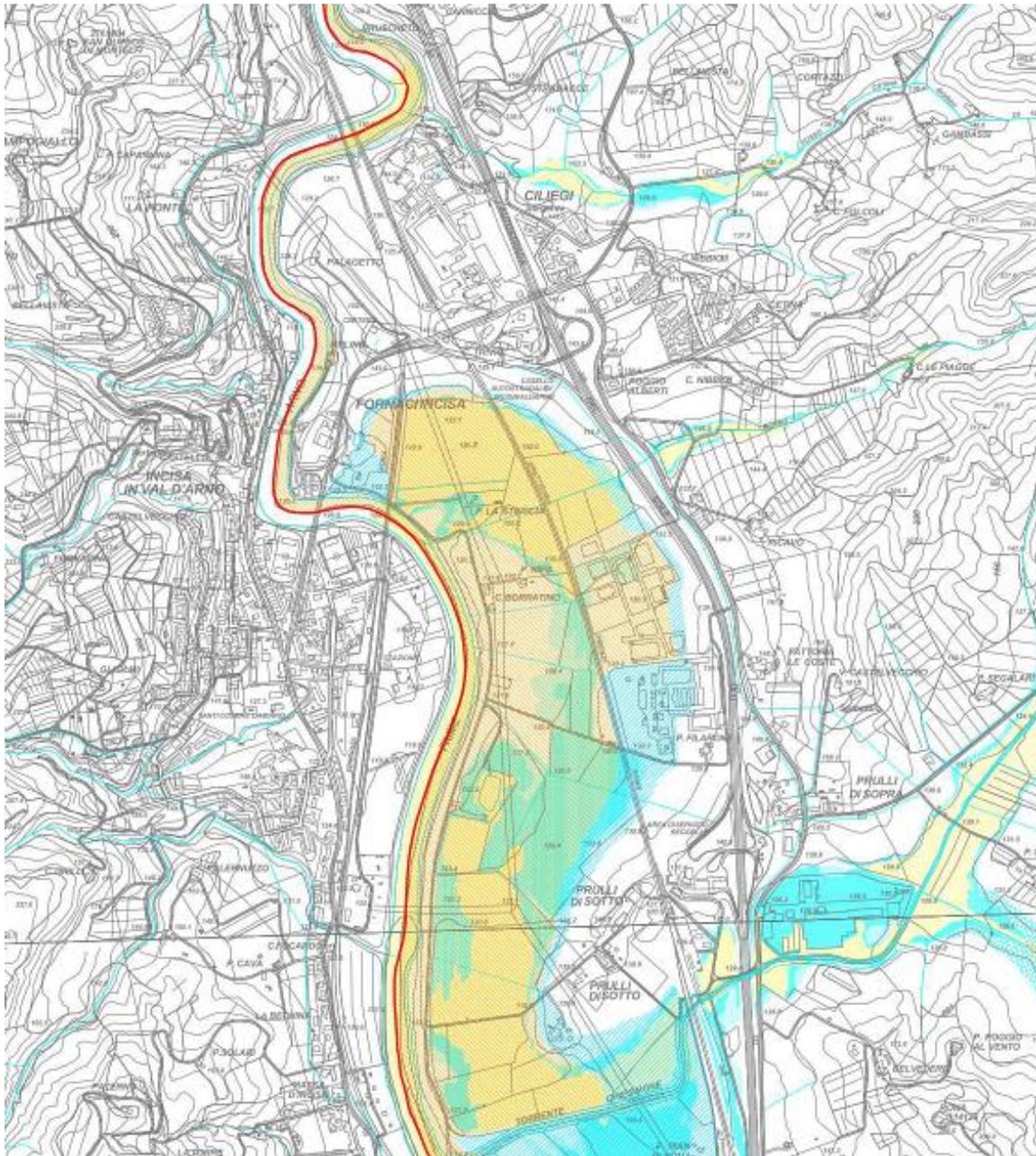
Relativamente agli aspetti di pericolosità idraulica il Piano Strutturale parte dalla perimetrazione delle aree inondabili, ottenute dalle verifiche idrauliche per tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni, ed aggiorna la perimetrazione della pericolosità idraulica ai sensi del D.P.G.R. 53/R del 25 ottobre 2011 (fig. 7-7) e la perimetrazione della pericolosità idraulica ai sensi del PGRA (fig. 7-8)

La pericolosità idraulica ai sensi del D.P.G.R. 53/R è stata definita in riferimento alle aree inondabili con tempo di ritorno 30, 200 e 500 con le seguenti classi:

- I.2 aree inondabili con $200 < TR \leq 500$ anni
- I.3 aree inondabili con $30 < TR \leq 200$ anni
- I.4 aree inondabili con $TR \leq 30$ anni.

Da quanto riportato in fig. 7-7 si nota la presenza di aree a pericolosità idraulica I.3 fino circa all'altezza di via Rona Fornace (km 323+300 c.a.), dove la classe di pericolosità aumenta a I.4.

Progetto Esecutivo



Progetto Esecutivo

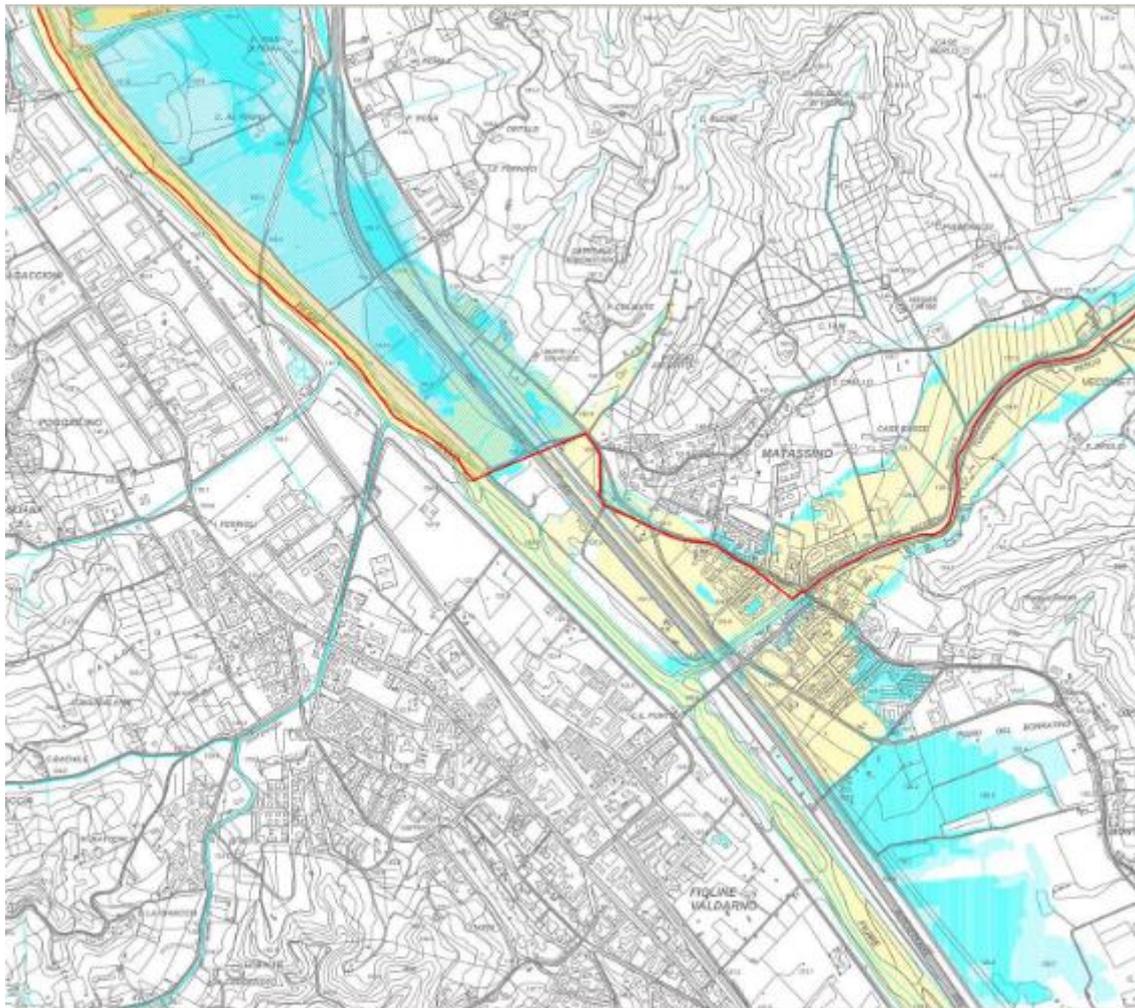
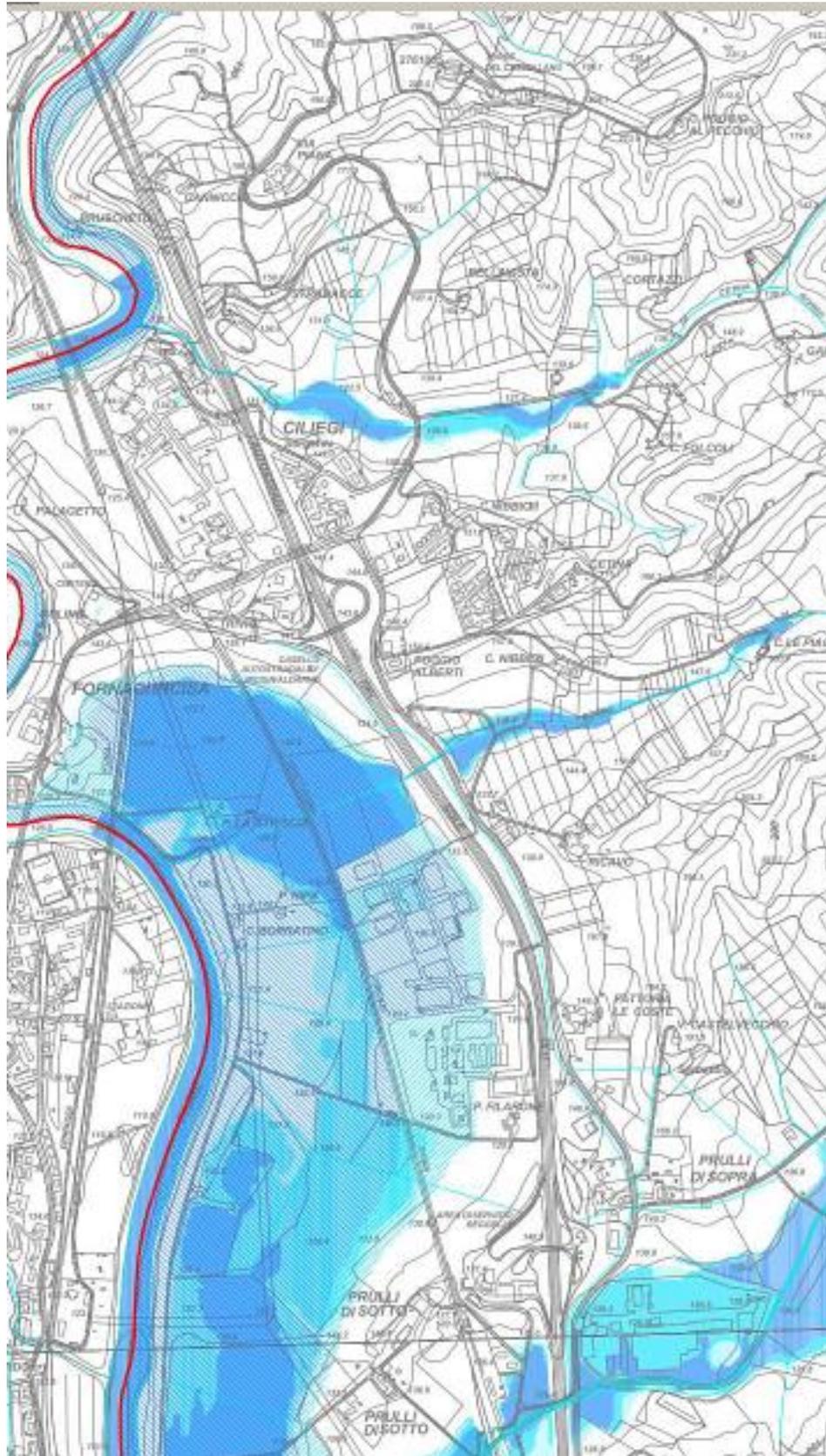


Figura 7-7 – Stralci della carta “Pericolosità idraulica ai sensi del D.P.G.R. 53/R” (settembre 2016-rev.gennaio 2017) tratta dagli elaborati di Aggiornamento del Piano Strutturale del Comune di Reggello, in sequenza da nord a sud (accesso al sito internet marzo 2019)

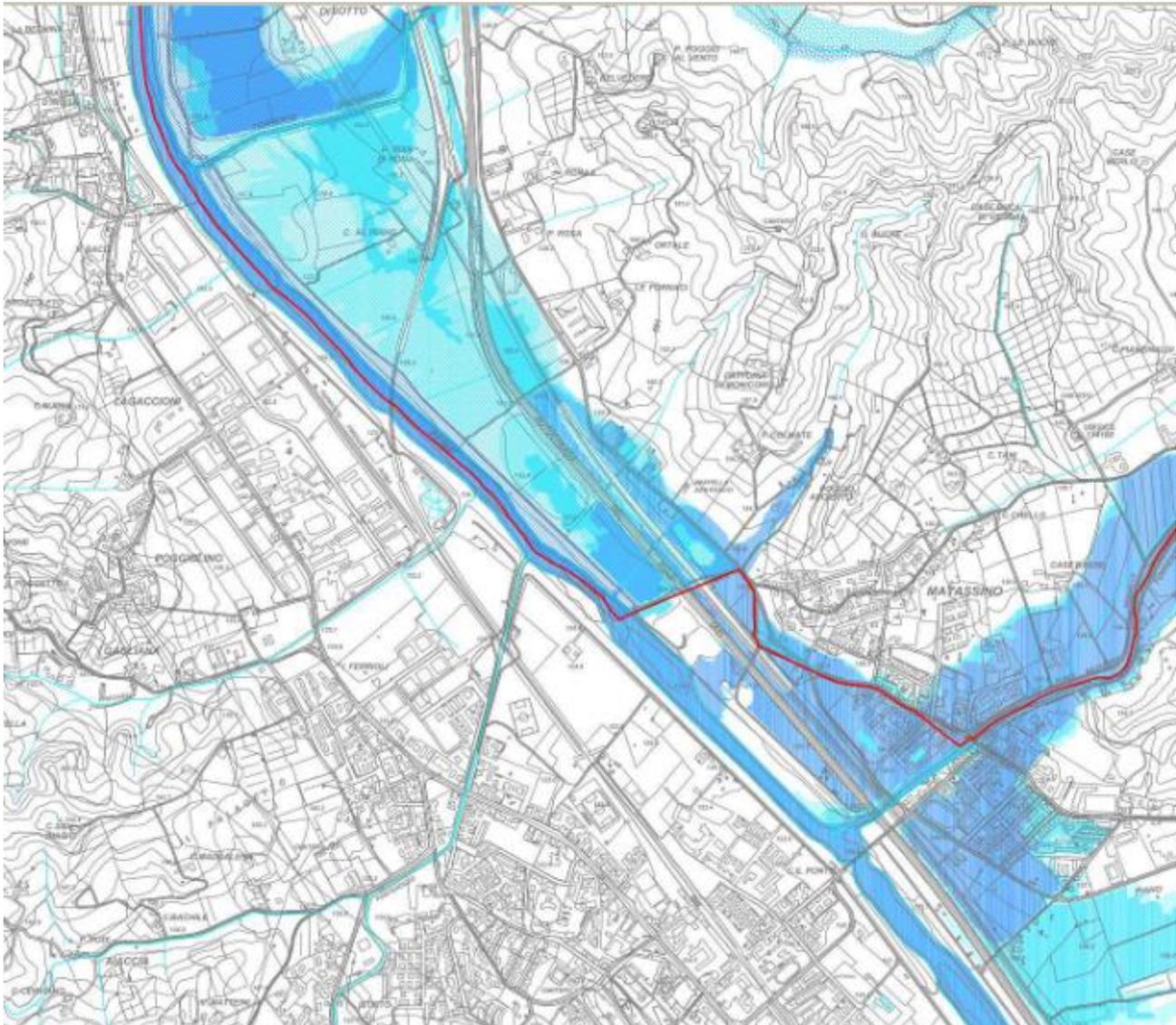
In fig. 7-8 si riportano infine stralci della carta di “Pericolosità idraulica ai sensi del P.G.R.A.”: la pericolosità idraulica ai sensi del P.G.R.A. è definita con le seguenti sigle e i tempi di ritorno:

- P.1 aree inondabili con $200 < TR \leq 500$ anni
- P.2 aree inondabili con $30 < TR \leq 200$ anni
- P.3 aree inondabili con $TR \leq 30$ anni.

Progetto Esecutivo



Progetto Esecutivo



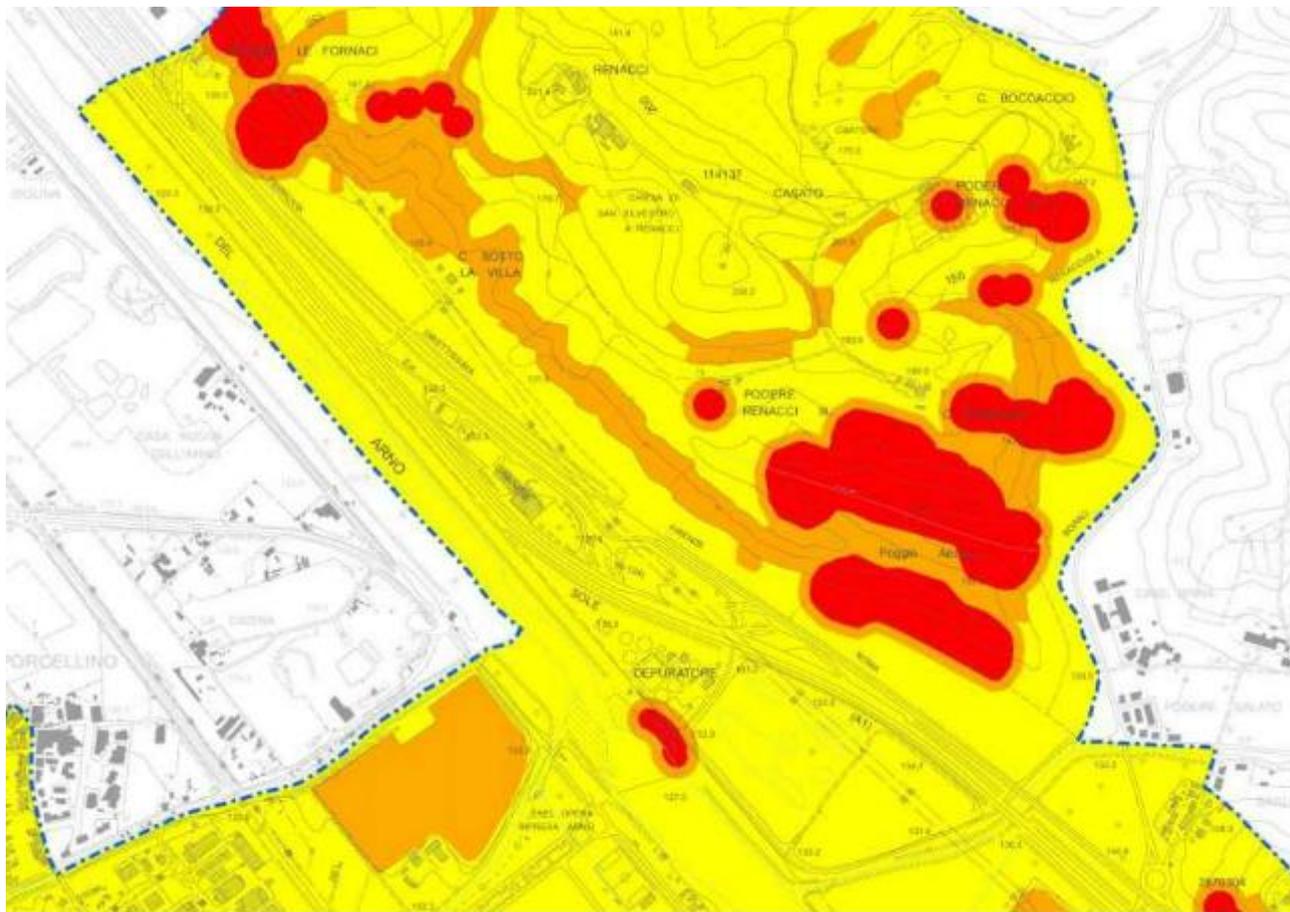
LEGENDA

Pericolosità ai sensi del PGRA:	Pericolosità ai sensi del PGRA
P.3	Arno:
P.2	P.3
P.1	P.2
Pericolosità morfologica	
ai sensi del PGRA:	
P.3	
P.2	
P.1	
	Limite comunale

Figura 7-8 - Stralci della carta "Pericolosità idraulica ai sensi del P.G.R.A. (settembre 2016-rev.gennaio 2017) tratta dagli elaborati di Aggiornamento del Piano Strutturale del Comune di Reggello, in sequenza da nord a sud (accesso al sito internet marzo 2019)

7.4.2 Piano Strutturale Comune di San Giovanni Valdarno

Il Piano Strutturale del Comune di San Giovanni Valdarno è stato approvato con DCC n°3 gennaio 2014. Di seguito si riportano stralci delle carte “Aree a Pericolosità Geologica” e “Aree a Pericolosità Idraulica” (figg. 7-9, 7-10).



Progetto Esecutivo

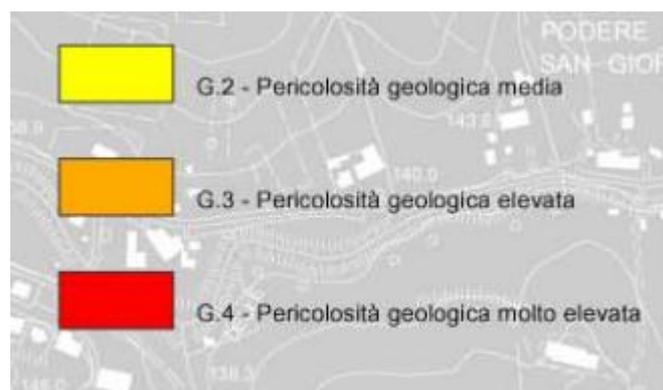
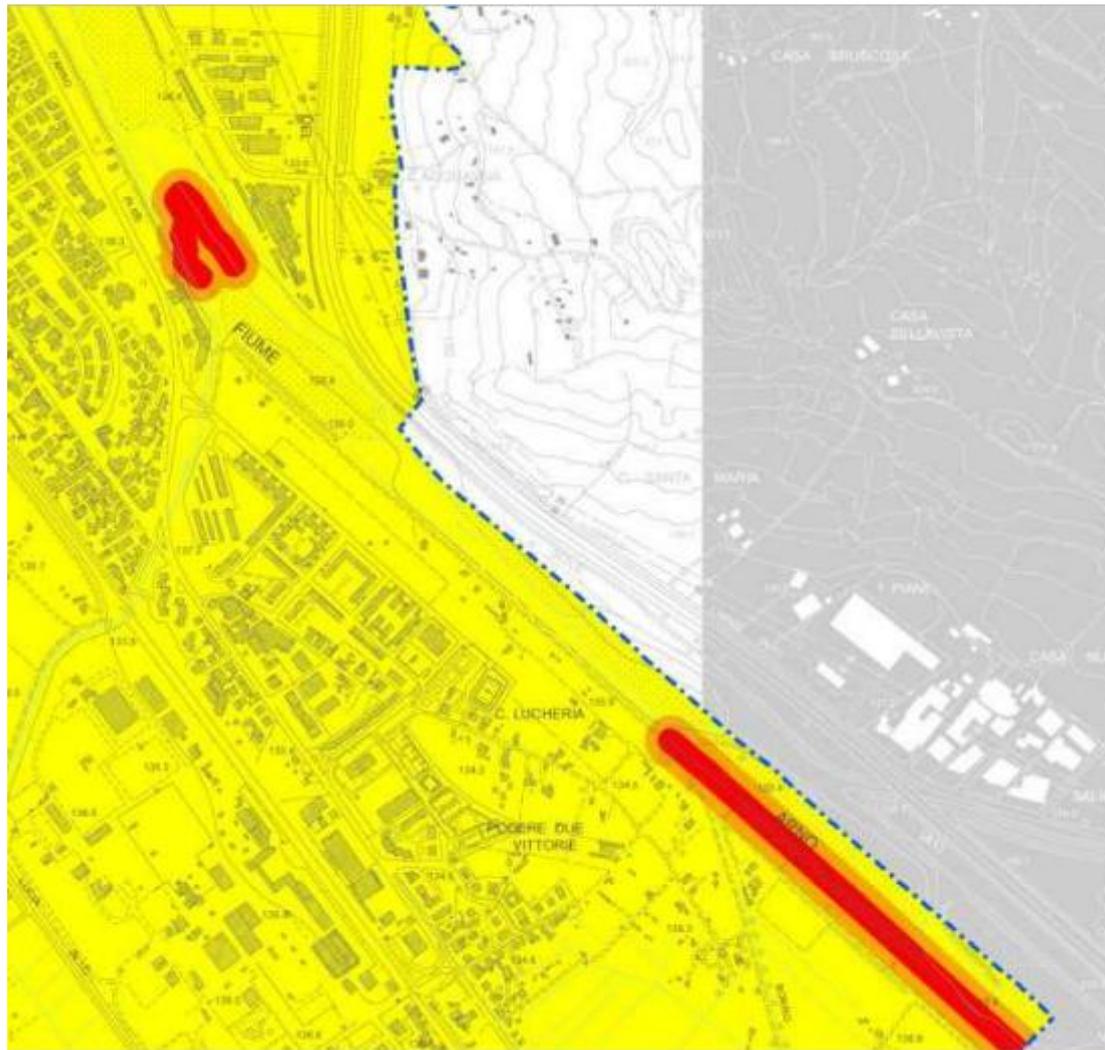


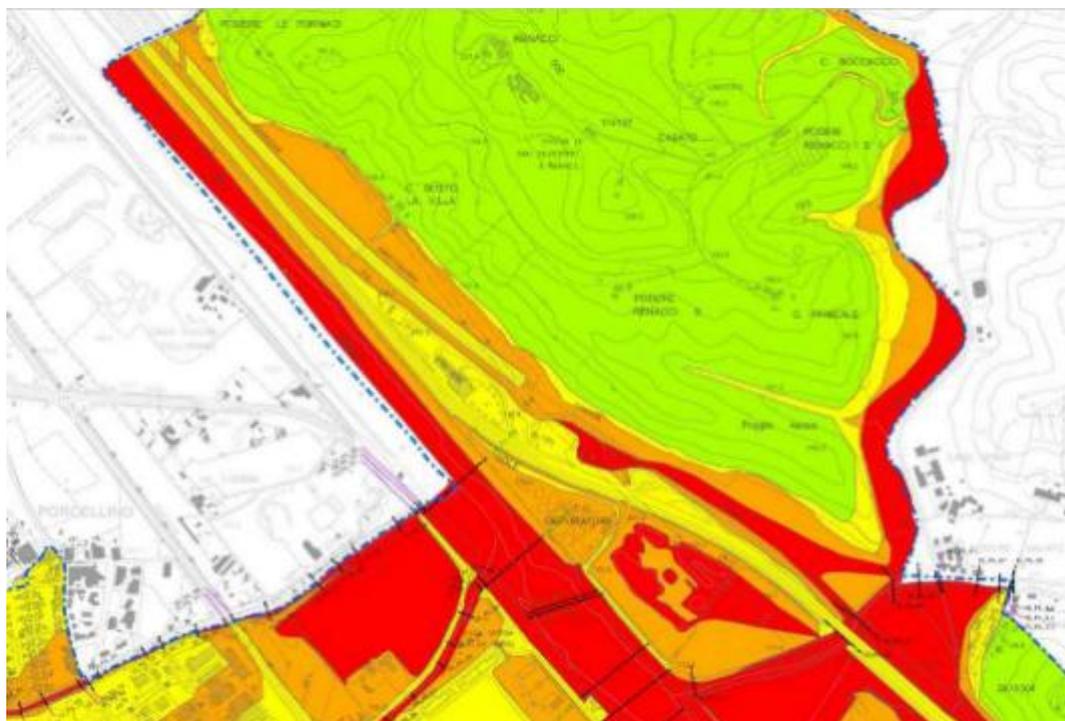
Figura 7-9 – Stralci da “Carta delle Aree a Pericolosità Geologica” del Piano Strutturale del Comune di San Giovanni Valdarno procedendo da nord verso sud (accesso al sito internet marzo 2019)

Da quanto illustrato in fig. 7-9 si evince che il tracciato autostradale si sviluppa in aree a pericolosità geologica media G.2. Solo localmente sono presenti aree a pericolosità geologica elevata e molto elevata prossime al tracciato anche se non interferenti. In particolare in adiacenza all’autostrada si nota un’area a pericolosità G.3 elevata a sud del Borro delle Ville dove il versante si avvicina al tracciato (km 333+00 – 333+300 circa).

Relativamente alla pericolosità idraulica l’autostrada A1 si sviluppa prevalentemente in rilevato con pericolosità idraulica ricadente in classe I.2 media o bassa I.1. Il tracciato comunque si sviluppa in adiacenza ad areali

Progetto Esecutivo

classificati in classi I.3 (pericolosità idraulica elevata) e I.4 (pericolosità idraulica molto elevata), in particolare a partire dalla zona del depuratore e del Borro delle Cave fino al Podere S. Mariano circa.



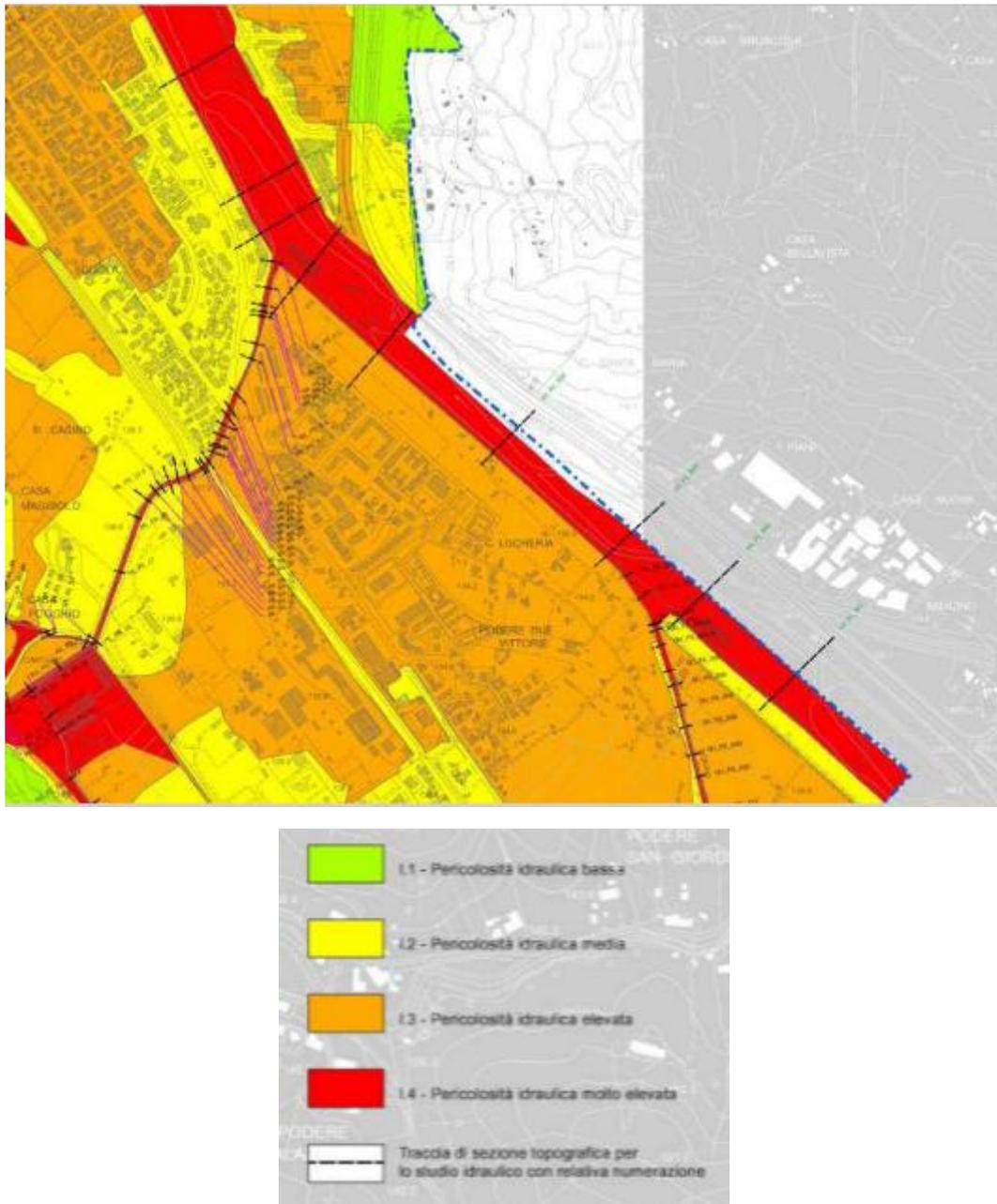


Figura 7-10 – Stralci della “Carta delle Aree a Pericolosità Idraulica” da PS del Comune di San Giovanni Valdarno. Le immagini procedono da nord a sud (accesso al sito internet marzo 2019).

7.4.3 Piano Strutturale del Comune di Terranuova Bracciolini

Si riportano di seguito gli stralci relativi alle tematiche di interesse tratte dagli elaborati del Piano Strutturale di Terranuova Bracciolini approvato con Deliberazione del Consiglio Comunale n.25 del 09.04.2014.

Relativamente alla pericolosità geologica (fig. 7-11), nei settori di pianura prevale una pericolosità bassa (classe G1) salvo i tratti che bordano i corsi d'acqua dove la pericolosità raggiunge classe G4 molto elevata. I rilevati autostradali, l'area dello svincolo, l'area del Campo Operativo (CO03) ed alcune aree vicine ai versanti sono classificate in classe di pericolosità geologica elevata (G3). Il tratto prettamente collinare presenta classi di pericolosità G4 (pericolosità molto elevata) legata alle classi PF4 del P.A.I. In questa classe ricade il tratto dell'autostrada A1 in località Poggilupi.



Legenda

Pericolosità geologica

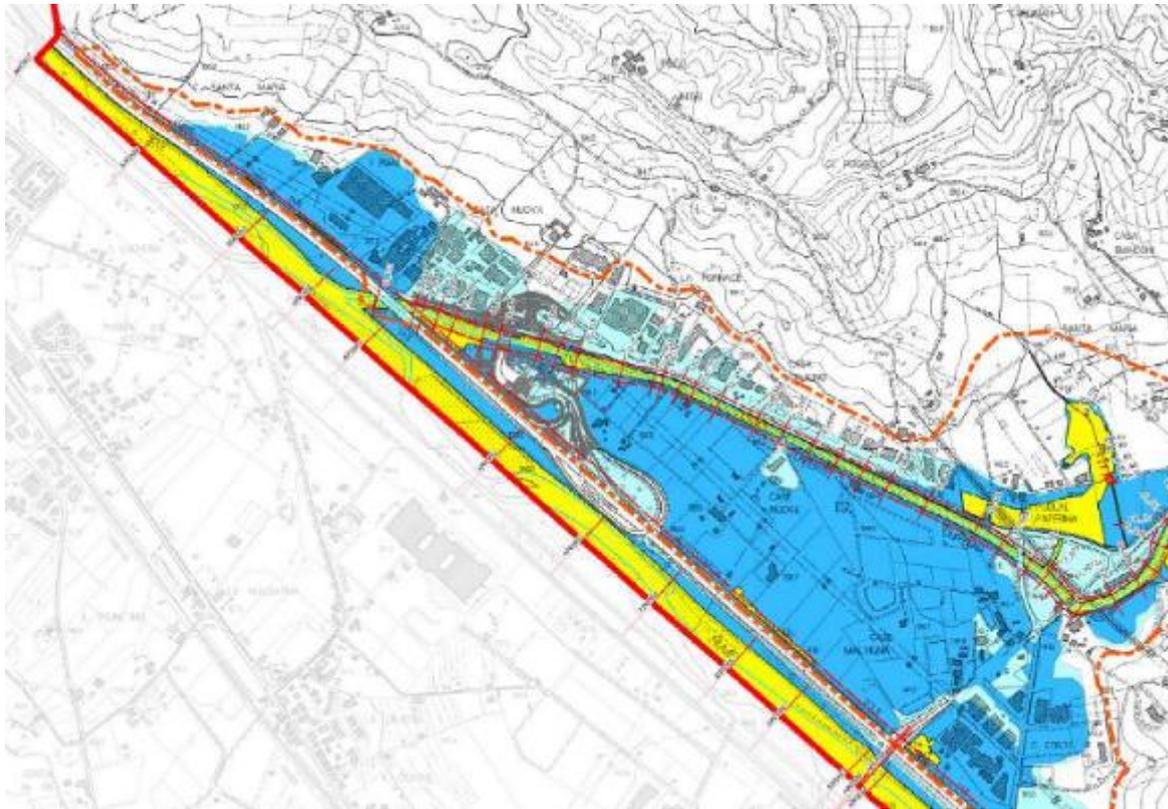
- G1 - Bassa
- G2 - Media
- G3 - Elevata
- G4 - Molto elevata
- PF3 - Aree a pericolosità da frana elevata (PAI Amo)
- PF4 - Aree a pericolosità da frana molto elevata (PAI Amo)

Figura 7-11 – Stralcio dalla Carta della Pericolosità Geologica da Piano Strutturale del Comune di Terranuova Bracciolini - aggiornamento marzo 2014 (accesso al sito internet marzo 2019)

Relativamente alla pericolosità idraulica (fig. 7-12) quasi tutta l'area attorno all'autostrada esistente è classificata in classe I3 (pericolosità idraulica elevata). I tratti a pericolosità idraulica molto elevata (I4, in giallo) riguardano i corsi d'acqua ed alcune aree della pianura. In particolare si segnala che un settore classificato I4 è presente nelle immediate adiacenze dell'A1 e della zona destinata al Campo Operativo (CO03) in località

Progetto Esecutivo

Case Nuove. Si nota che il rilevato è esterno alle aree a pericolosità mentre è in classe I2 (pericolosità idraulica media la zona dello svincolo autostradale “Valdarno”



**Aree a pericolosità idraulica
DPGR n.53/R del 25 Ottobre 2011**

- I2 - Aree a Pericolosità Idraulica media
- I3 - Aree a Pericolosità Idraulica elevata
- I4 - Aree a Pericolosità Idraulica molto elevata

- Confine comunale
- Traccia sezioni fluviali
- Corsi d'acqua principali ai fini del corretto assetto idraulico art.36, comma 3 Del.C.R. n.72 del 24/07/2007
- Fasce di rispetto dei corsi d'acqua principali ai fini del corretto assetto idraulico art.36, comma 3 Del.C.R. n.72 del 24/07/2007
- Cassa di laminazione
- Zona di Studio
- Tratti interessati da perimetrazioni di pericolosità idraulica derivata da studi idrologico-idraulici di dettaglio (vedi Ref.)

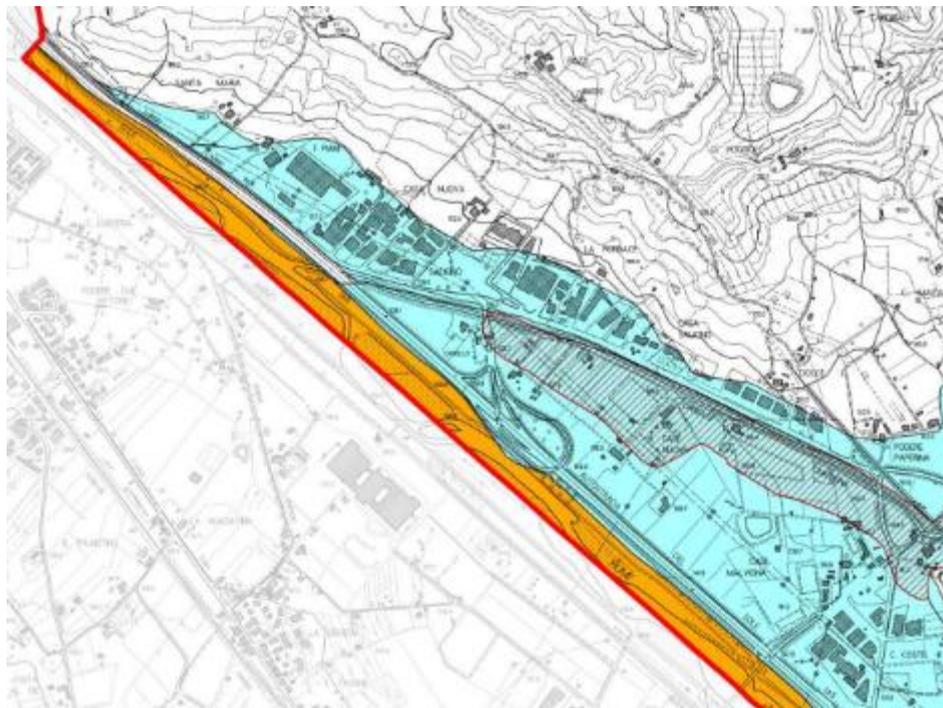
Figura 7-12 – Stralcio della “Carta delle Aree a Pericolosità Idraulica” (ai sensi del D.P.G.R. 53/R del 25/10/2011) del Piano Strutturale del Comune di Terranuova Bracciolini (accesso al sito internet marzo 2019)

Il PS contiene anche una Carta delle Aree Allagate. Questo documento fa riferimento alla già citata “Carta Guida delle Aree Allagate” redatta sulla base degli eventi significativi 1966-1999 dell’Autorità di Bacino del Fiume Arno (Stralcio “Rischio Idraulico”) (v. cap. 7.2.2)

La zona di interesse è rappresentata in fig.7-13. Gran parte dell’area ricade nella classe delle “Esondazioni eccezionali” mentre il Fiume Arno ricade nella classe delle “Inondazioni ricorrenti”. Si nota che parte del rilevato autostradale esistente

Progetto Esecutivo

è esterno alla perimetrazione mentre la parte più meridionale, assieme al casello dell'uscita "Valdarno" ricade nelle aree interessate da esondazioni eccezionali.



 Confine Comunale

Carta Guida delle aree allagate redatta sulla base degli eventi alluvionali significativi 1966-1999

Autorità di bacino del fiume Arno - Piano di bacino del Fiume Arno
 (Legge 18 Marzo 1989 n. 182) - Stralzo "Rischio Idraulico"

 Esondazioni Ricorrenti

 Esondazioni Eccezionali

 Aree interessate da inondazioni durante gli eventi alluvionali degli anni 1991-1992-1993

Figura 7-13 – Stralcio da "Carta delle Aree Allagabili" del Piano Strutturale del Comune di Terranuova Bracciolini (accesso al sito internet marzo 2019).

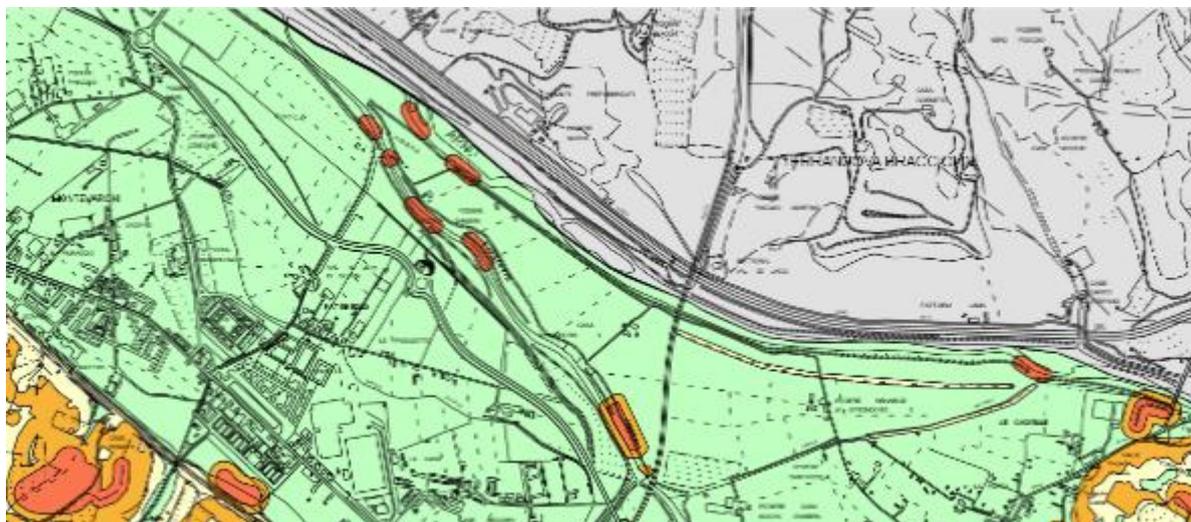
7.4.4 Piano Strutturale e Regolamento Urbanistico altri Comuni

Si riportano di seguito stralci delle cartografie di interesse dei PS dei Comuni di Montevarchi e Castelfranco-Pian di Scò. I territori di questi comuni ricadono in parte nell'area indagata pur non intercettando il tracciato autostradale.

7.4.4.1 Piano Strutturale e Regolamento Urbanistico del Comune di Montevarchi

Si riportano stralci delle planimetrie relative a pericolosità geomorfologica ed idraulica tratte dai documenti del PSRU del Comune di Montevarchi – Variante di adeguamento alla disciplina urbanistica regionale e ai contenuti dell'art.55 cc.6 della LR 1/2005 (adozione DEL C.C. n°9 del 18/2/2010, approvazione DEL C.C: n°62 del 30/09/2010). (figg- 7-14 e 7-15) Tali dati sono aggiornati all'Approvazione della Variante n.1, contestuale alla variante n.6 del RU, Del.C.C. n. 9 del 28.02.2013.

Progetto Esecutivo



a)

Progetto Esecutivo

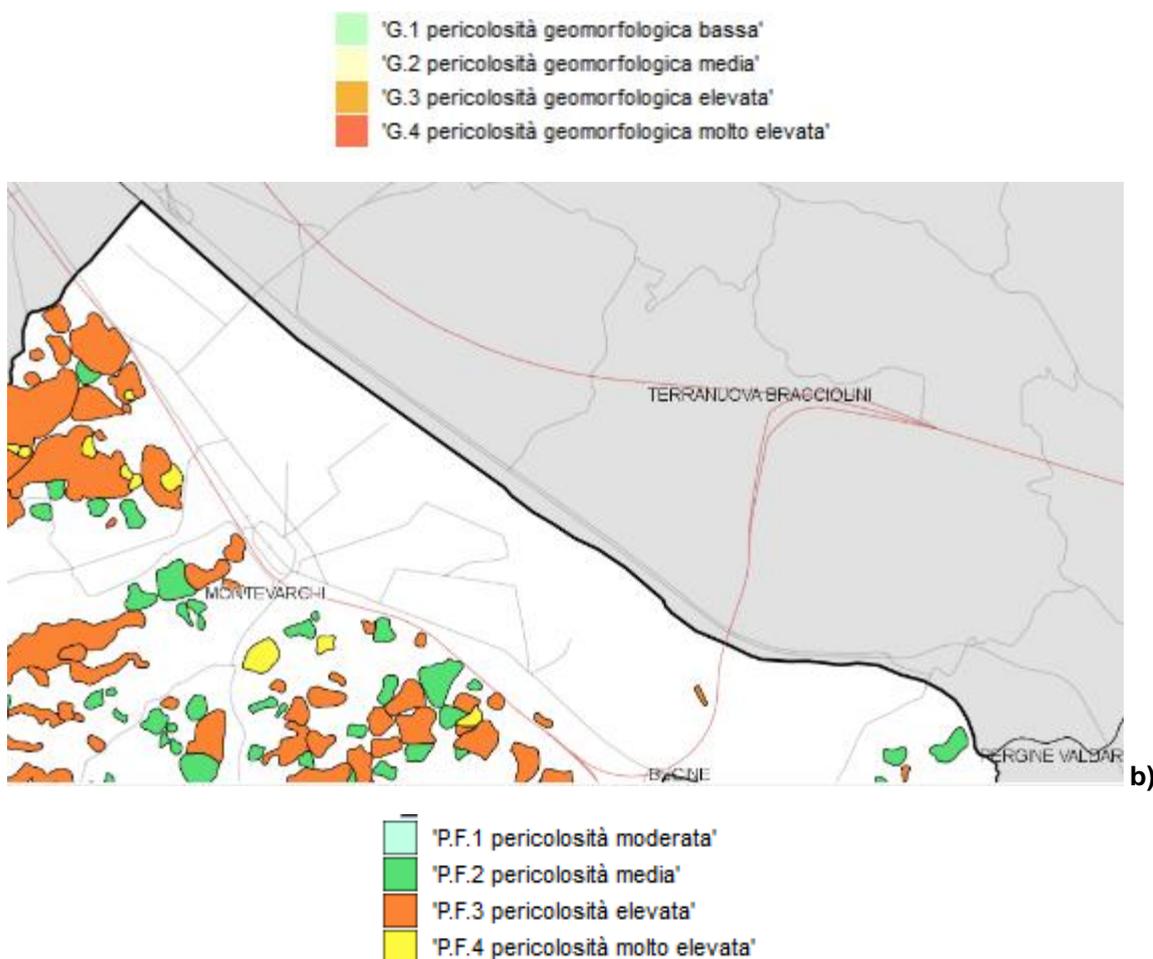


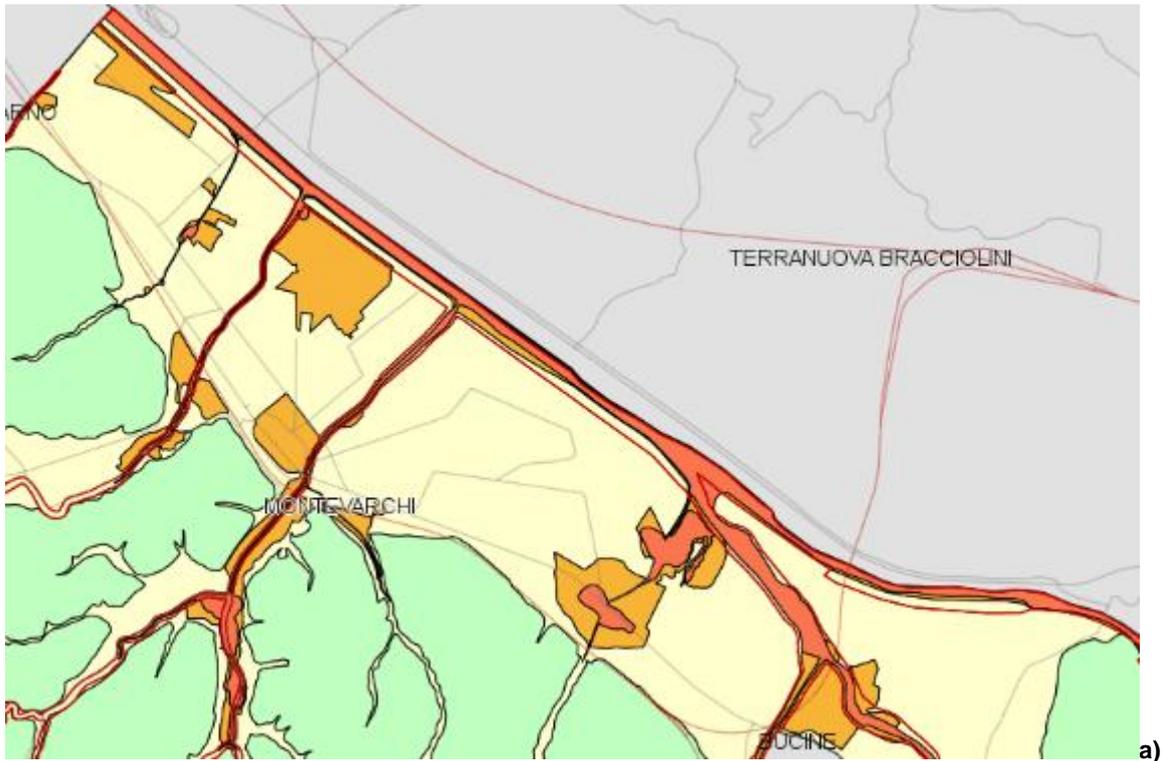
Figura 7-14- a) Stralci dalla Carta delle Aree a Pericolosità Geomorfologica da Piano Strutturale del Comune di Montevarchi **b)** Carta della pericolosità secondo i criteri del Piano stralcio Assetto idrogeologico. Dati tratti da cartografia SIT online del Comune di Montevarchi (consultazione da sito internet del marzo 2019).

In generale per quanto riguarda la pericolosità geomorfologica le aree ricadenti nella zona di studio mostrano pericolosità bassa G.1 salvo alcuni settori nei pressi del fiume Arno e lungo i rilievi ad ovest dove sono presenti aree a pericolosità elevata (G.3) e molto elevata (G.4). La pericolosità lungo i rilievi è evidenziata anche dalla cartografia che fa riferimento ai criteri del Piano Stralcio Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino dell'Arno (fig. 7-14).

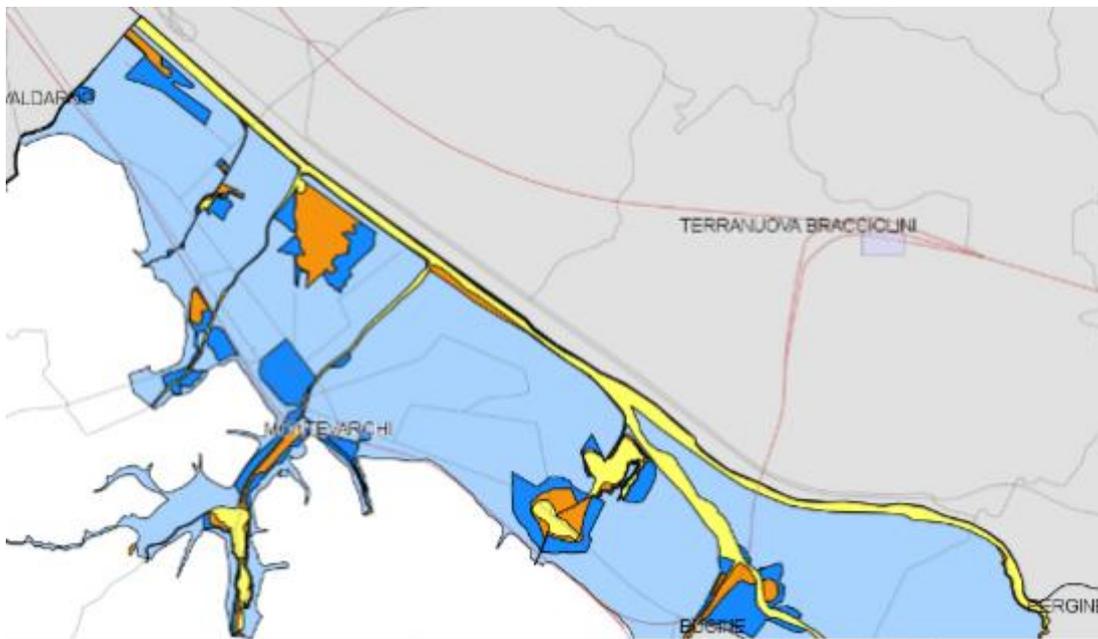
Dal punto di vista del rischio idraulico il Piano Strutturale riporta due elaborati cartografici: la Carta delle Aree a Pericolosità Idraulica e Carta delle Aree a Pericolosità Idraulica da P.A.I. La Carta delle Aree a pericolosità Idraulica (fig. 7-15a) indica per il settore di pianura una prevalenza di classe di pericolosità media (I.2) escluse alcune zone a pericolosità elevata I.3 e localmente molto elevata (I.4). Le zone attorno ai corsi d'acqua sono classificate a pericolosità idraulica molto elevata (I.4). Le zone collinari ad ovest ricadono in classe di pericolosità bassa (I.1).

Analoghe perimetrazioni sono riportate nell'elaborato Carta delle aree a Pericolosità Idraulica da P.A.I. (7-15b)

Progetto Esecutivo



- '1.1 pericolosità idraulica bassa'
- '1.2 pericolosità idraulica media'
- '1.3 pericolosità idraulica elevata'
- '1.4 pericolosità idraulica molto elevata'



- 'P.I.1 pericolosità moderata'
- 'P.I.2 pericolosità media'
- 'P.I.3 pericolosità elevata'
- 'P.I.4 pericolosità molto elevata'

Figura 7-15 - Piano Strutturale del Comune di Montevarchi **a)** Stralcio della Carta delle Aree a Pericolosità Idraulica **b)** Stralcio Carta delle Aree a Pericolosità Idraulica da P.A.I. - Dati tratti da cartografia SIT online del Comune di Montevarchi (consultazione marzo 2019).

7.4.4.2 Piano Strutturale del Comune di Castelfranco-Pian di Scò

Il Piano Strutturale è aggiornato alla *Variante Generale* approvata con Delibera di D.C.C. n. 59 del 29.11.2011, pubblicata sul B.U.R.T. n.1 del 04.01.2012.

Il territorio comunale ricadente nell'area di studio è situato in sinistra del Torrente Resco e comprende gli abitati di Ontaneto e Montalpero oltre che parte di un'area insediativa urbanisticamente confinante con l'abitato di Matassino. Il territorio è prevalentemente collinare e borda l'area di Piano del Borrattino e della cassa di espansione Pizziconi (nel confinante Comune di Figline e Incisa Valdarno).

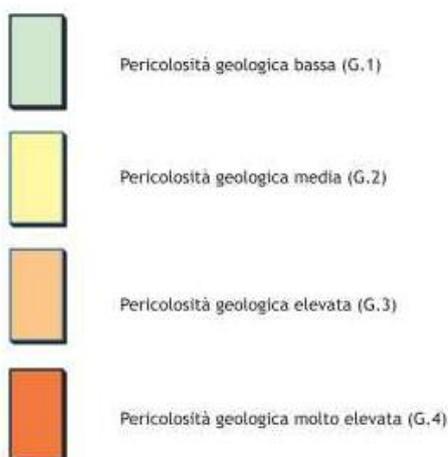
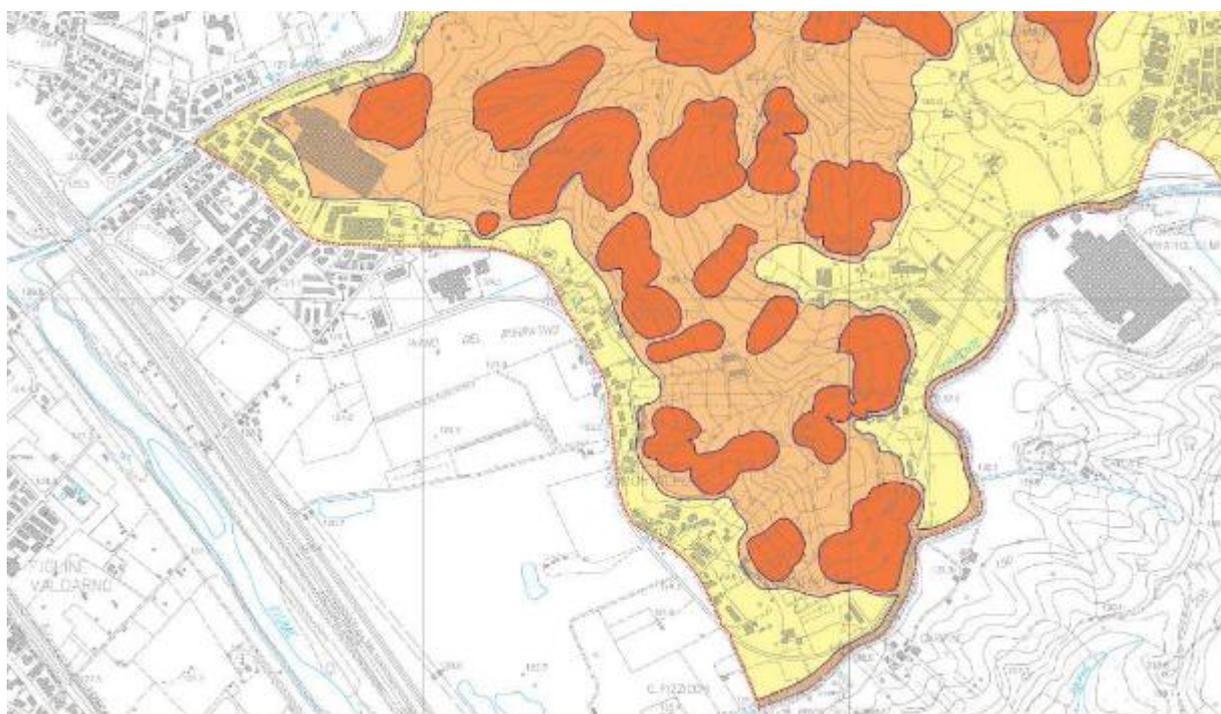


Figura 7-16 – Stralcio della “Carta della Pericolosità Geologica” del Piano Strutturale del Comune Castelfranco – Pian di Scò (variante generale settembre 2012) (da sito internet comunale marzo 2019)

Progetto Esecutivo

Relativamente alla pericolosità geologica (fig. 7-16) si segnala che il settore di pianura è classificato a pericolosità media (G.2) mentre i rilievi collinari ricadono in classe di pericolosità elevata (I.3) o molto elevata (I.4), quest'ultima legata prevalentemente ai dissesti presenti.

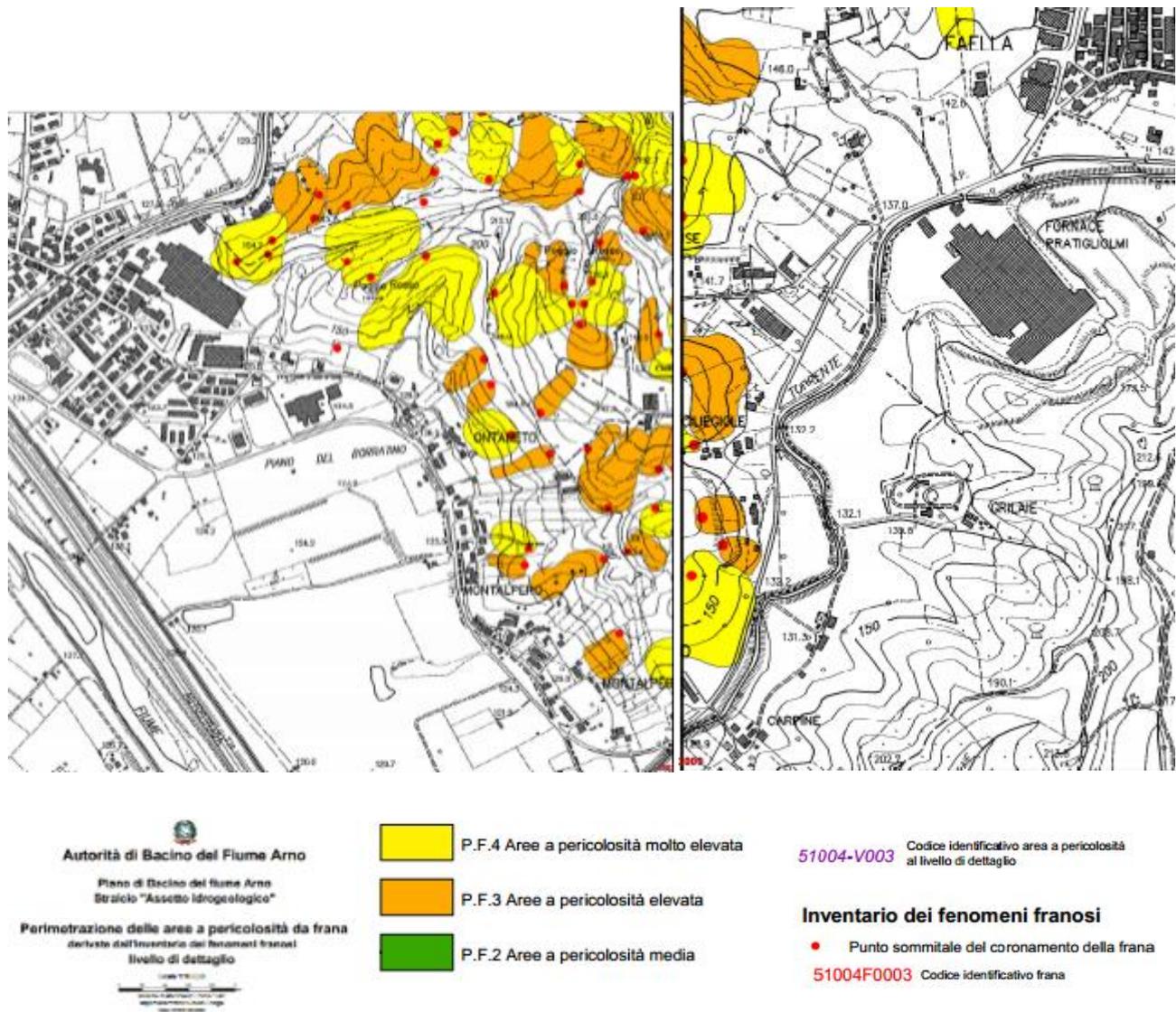


Figura 7-17 – Piano Strutturale del Comune Castellfranco – Pian di Scò, stralci della “Cartografia Piano di Bacino. Stralcio Assetto Idrogeologico - Perimetrazione delle aree a pericolosità da frana livello di dettaglio. Stralci 476-477 (variante generale PS del novembre 2011 con modifiche introdotte in sede di controdeduzione alle osservazioni)” (da sito internet marzo 2019)

Tra gli elaborati di piano è inoltre presente Perimetrazione delle aree a pericolosità da frana livello di dettaglio tratta dal Piano di Bacino-Stralcio Assetto Idrogeologico mostrata in fig. 7-17.

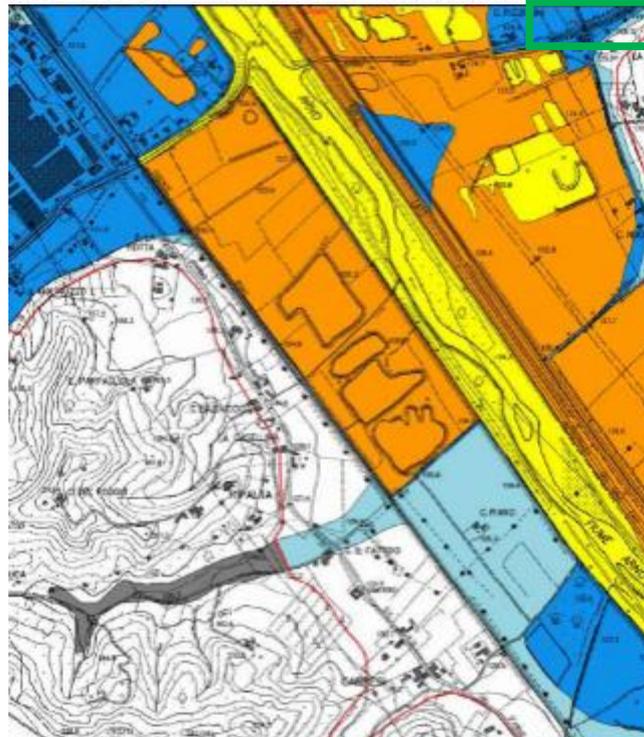
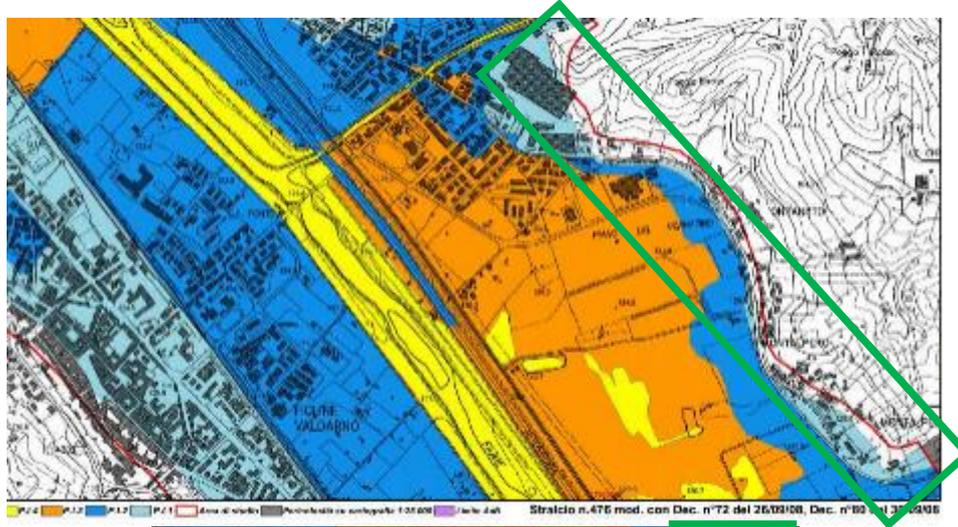
La pericolosità idraulica comunale è riportata nell'elaborato “Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica. Livello di dettaglio (Piano di Bacino del fiume Arno Stralcio assetto idrogeologico) (fig. 7-18). Le aree ricadono in classi di pericolosità moderata (I.1) adiacenti a zone a pericolosità media (I.2).

In figura 7-19 sono inoltre riportate le perimetrazioni presenti nella “Carta delle inondazioni storiche” che indica due aree interessate da questi fenomeni una lungo il corso del T. Resco ed una lungo il T. Faella.

Indagini geologico-tecniche

ai sensi del D.P.G.R. 27 aprile 2007 n. 26/R

Variante n. 5 al Regolamento Urbanistico con contestuale variante al Piano Strutturale
 ai sensi e per gli effetti dell'art. 18 L.R. 1/05 e s.m.i.



Autorità di Bacino del Fiume Arno
 Piano di Bacino del fiume Arno
 stralcio Assetto idrogeologico
 Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica
 livello di dettaglio
 Scala 1:25.000
 Ministero dell'Ambiente, della Tutela del Territorio e del Mare
 Direzione Regionale Toscana
 Dipartimento Regionale del Fiume Arno

- P.1.4 Aree a pericolosità molto elevata
- P.1.3 Aree a pericolosità elevata
- P.1.2 Aree a pericolosità media
- P.1.1 Aree a pericolosità moderata

- R Aree di ristagno
- Limite area di studio
- Ambito spaziale in cui la pericolosità è individuata su cartografia di sintesi in scala 1:25.000

Progetto Esecutivo

Figura 7-18 – Piano Strutturale del Comune Castelfranco – Pian di Scò, stralcio da carta “Piano di Bacino del fiume Arno Stralcio assetto idrogeologico – Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica. Livello di dettaglio”(stralci 476 e 477) (da sito internet comunale marzo 2019). In verde il settore indicativamente ricadente nel territorio comunale.



LEGENDA



CONFINI COMUNALE



AREE ALLAGATE
 FONTE: PIANO DI BACINO DEL FIUME ARNO

Indagini geologico-tecniche

ai sensi del D.P.G.R. 27 aprile 2007 n. 26/R

Variante n. 5 al Regolamento Urbanistico con contestuale variante al Piano Strutturale
 ai sensi e per gli effetti dell'art. 18 L.R. 1/05 e s.m.i.

Figura 7-19 – Piano Strutturale del Comune Castelfranco – Pian di Scò : stralcio da “Carta delle inondazioni storiche” (da sito internet marzo 2019)

8 SUBSIDENZA

L'Autorità di Bacino del Fiume Arno nel decennio 1992-2002 congiuntamente all'Università degli Studi di Firenze ha effettuato rilevamenti volti a verificare il tasso di subsidenza (abbassamento verticale della superficie terrestre) all'interno del territorio del bacino del fiume Arno (Canuti *et alii*, 2006). L'elaborato ottenuto consiste in una mappatura delle velocità medie di deformazione del bacino (fig. 8-1).

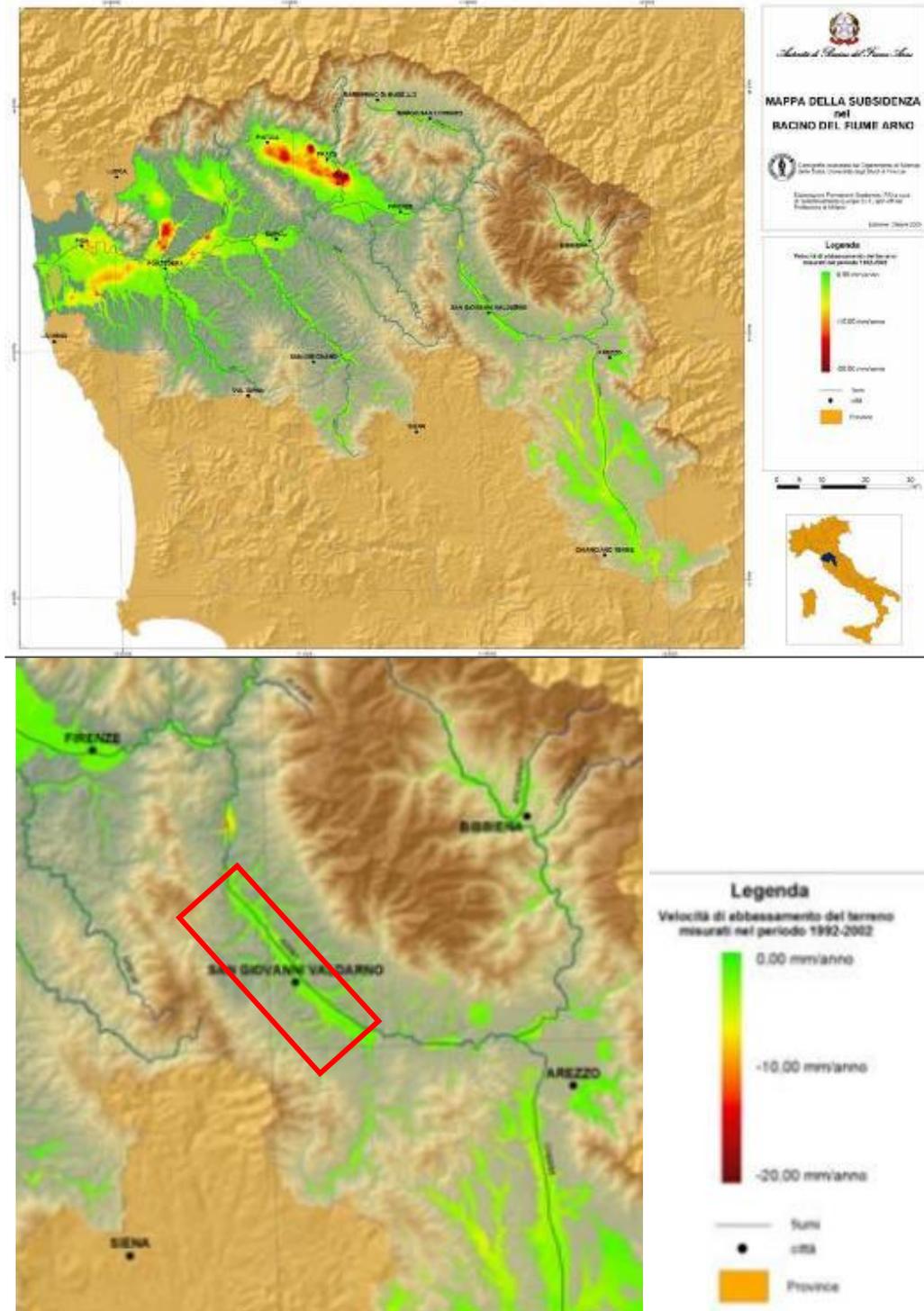


Figura 8-1- Autorità di Bacino del Fiume Arno – Mappa della Subsidenza del Bacino dell’Arno e dettaglio per l’area di interesse (valutazione delle deformazioni verticali).

Progetto Esecutivo

L'abbassamento del suolo può essere legato a cause naturali, quali i processi tettonici, i movimenti isostatici e le trasformazioni chimico-fisiche (diagenesi) dei sedimenti per effetto del carico litostatico o dell'oscillazione del livello di falda. Alcuni aspetti dell'attività antropica possono tuttavia influenzare in modo considerevole il fenomeno od addirittura determinarne l'innescio; rientra tra le cause più diffuse lo sfruttamento eccessivo delle falde acquifere. L'entità dell'abbassamento è funzione anche della natura dei terreni; in particolare, quelli a granulometria fine (argille e limi) sono più suscettibili al fenomeno a causa di una loro maggiore compressibilità.

Nell'area di studio, sulla base della suddetta cartografia, si evince che la velocità di abbassamento è molto ridotta e la vulnerabilità della pianura è pari a zero.

Si segnala comunque che nell'area di interesse sono presenti alcuni elementi anomali, ricavati da shp file forniti dall' AdB Distretto Appennino Settentrionale. Tra quelli pertinenti al settore autostradale si segnala:

- nella zona circa tra le progressive 328+750 e 329+000 sono registrati abbassamenti fino a -2,6 mm corrispondenti ad una classe di vulnerabilità 2 (fig. 8.2).

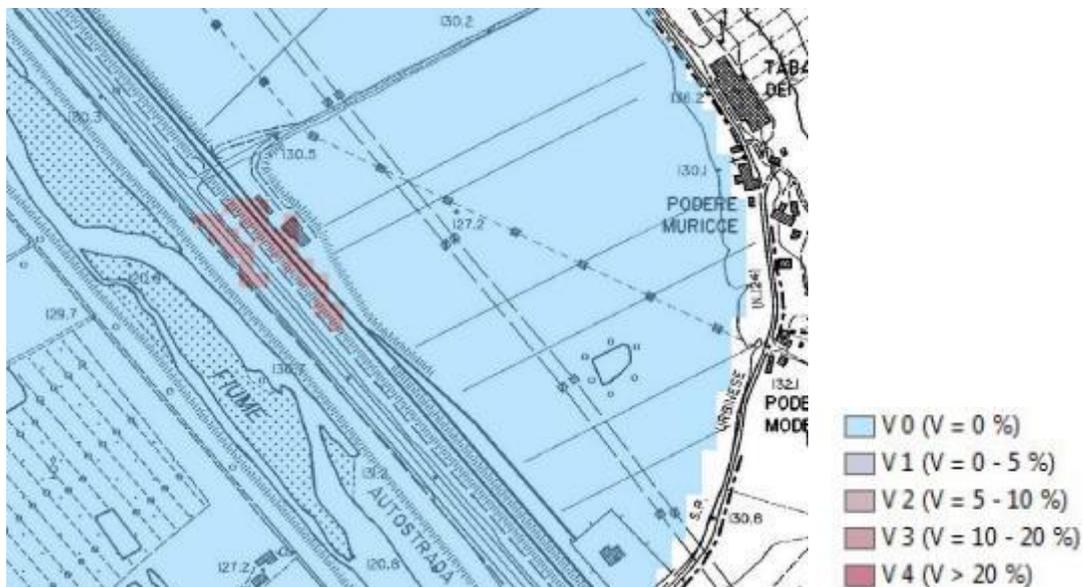


Figura 8-2 - Vulnerabilità alla subsidenza per il settore alle progr. Km 328+750 – km 329+000 (a). Tratto da sito internet dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale Open data (accesso dicembre 2018).

9 LIQUEFAZIONE

Con il termine "liquefazione" si indicano vari fenomeni fisici osservati nei depositi e nei pendii sabbiosi saturi durante i terremoti forti ($M > 5.5$), che hanno come elemento comune il fatto che, per effetto dell'instaurarsi di condizioni non drenate, si ha un incremento ed un accumulo delle pressioni interstiziali che può provocare una drastica caduta della resistenza al taglio e quindi una perdita di capacità portante del terreno. Gli studi più recenti hanno evidenziato quanto segue:

1) Le manifestazioni della liquefazione

- crateri, vulcanelli, fuoriuscite di acqua e sabbia,
- grandi oscillazioni e rotture del terreno,
- abbassamenti e sollevamenti del terreno,
- movimenti orizzontali del terreno (lateral spreading),
- movimento di masse fluide / collasso in pendii naturali e artificiali,
- perdita di capacità portante delle fondazioni,
- galleggiamento di opere sotterranee,
- collasso di opere di sostegno e banchine portuali

2) Per quanto riguarda l'occorrenza della liquefazione, l'esperienza ha dimostrato che la liquefazione avviene quando sono verificate simultaneamente alcune condizioni che riguardano la "predisposizione" del terreno al verificarsi del fenomeno (esistenza di "fattori predisponenti") ed alcune condizioni che riguardano le caratteristiche dell'azione sismica ("fattore scatenante").

- Le condizioni predisponenti del terreno sono:

- profondità dello strato potenzialmente liquefabile $< 15-20$ m dal p.c.
- profondità della falda < 5 m
- densità relativa $D_r < 60\%$
- diametro medio $0.02 \text{ mm} < D_{50} < 2 \text{ mm}$
- frazione di fini (diametro $< 0.005 \text{ mm}$) $< 15\%$

- Le condizioni scatenanti che riguardano le caratteristiche dell'azione sismica sono:

- magnitudo > 5.5
- $PGA > 0.15 \text{ g}$
- durata $> 15-20 \text{ sec}$

Tra i fattori geologici e geotecnici risultano fondamentali, oltre alla profondità della falda (< 5 m), la presenza e lo spessore degli strati non liquefabili superficiali, l'assenza di cementazione fra i grani, l'origine e l'età del deposito, la presenza di strati drenanti grossolani intercalati alla sabbia fine liquefabile, la morfologia;

Per quanto riguarda la natura geologica dei siti le zone a più alto rischio sono: letti di fiume antichi e recenti, argini, pianure di esondazione.

Nella zona interessata dall'opera le situazioni a rischio liquefazione sono legate soprattutto alle litologie sabbiose dei depositi alluvionali, ampiamente presenti nel settore di pianura.

In ragione di quanto sopra esposto e delle caratteristiche geologiche riscontrate lungo tutto il tracciato, il progettista deve valutare con attenzione la possibilità che si possano innescare fenomeni di liquefazione.

10 ELEMENTI DI SISMICA GENERALE E CATALOGO FAGLIE CAPACI

I paragrafi seguenti riportano una descrizione della sismicità storica del territorio esaminato e un inquadramento riferito agli assetti normativi in vigore. I dati di base utili per la definizione degli elementi di sismica generale dell'area in esame sono stati ricavati dai seguenti documenti o siti internet:

- CPT15 Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 dal 1000 al 2014: (Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPT15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPT15>.
- DBMI15 - Database Macrosismico Italiano 2015 (L'utilizzo, anche parziale, del database è consentito a condizione che la fonte sia sempre citata come segue: Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>.
- Database ISIDE (Italian Seismic Instrumental and parametric Data-basE) Sismicità recente (dal 1985 al 2019): dell'I.N.G.V. disponibile on-line all'indirizzo <http://cnt.rm.ingv.it/>
- Faglie capaci: catalogo delle faglie capaci ITHACA (ITaly HAZard from Capable faults) dell'Istituto Superiore per la Protezione e per la Ricerca Ambientale (ISPRA).
- Strutture sismogenetiche: Database DISS3.2.1 (Database of Individual Seismogenic Sources) disponibile on-line all'indirizzo <http://diss.rm.ingv.it/diss/>
- Classificazione Sismica Nazionale: disponibile on-line all'indirizzo <http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/classificazione.wp>
- Classificazione sismica Regione Toscana.

10.1 SISMICITA' STORICA

Il Catalogo Parametrico dei terremoti italiani "CPT15" permette la consultazione on-line dei terremoti verificatisi nel territorio italiano nel periodo 1000 al 2014.

Oltre al Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPT15), altri data-base sono consultabili on-line al portale dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. In particolare un ulteriore quadro di riferimento è costituito dal Database Macrosismico Italiano DBMI15, l'ultima versione del Database Macrosismico Italiano chiamata DBMI15 è stata rilasciata a luglio 2016 e aggiorna e sostituisce la precedente, DBMI11 (Locati et al., 2011). DBMI fornisce un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti relativo ai terremoti con intensità massima ≥ 5 e d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014. I dati provengono da studi di autori ed enti diversi, sia italiani che di paesi confinanti (Francia, Svizzera, Austria, Slovenia e Croazia).

I dati di intensità macrosismica (MDP, Macroseismic Data Point) sono raccolti e organizzati da DBMI per diverse finalità. La principale è fornire una base di dati per la determinazione dei parametri epicentrali dei terremoti (localizzazione e stima di magnitudo) per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI). L'insieme di questi dati consente inoltre di elaborare le "storie sismiche" di migliaia di località italiane, vale a dire l'elenco degli effetti di avvertimento o di danno, espressi in termini di gradi di intensità, osservati nel corso del tempo a causa di terremoti. Dato il loro stretto legame, DBMI e CPTI tendono a essere pubblicati allo stesso tempo e usando una stessa numerazione (DBMI04-CPTI04, DBMI11-CPTI11), ma in due diversi siti web, uno dedicato a DBMI, e uno a CPTI. Con la versione 2015 si è deciso di rendere disponibile le due banche dati DBMI15 e CPTI15 (Rovida *et al.* 2016) da un unico punto di accesso online al fine di rendere più comoda e funzionale la consultazione.

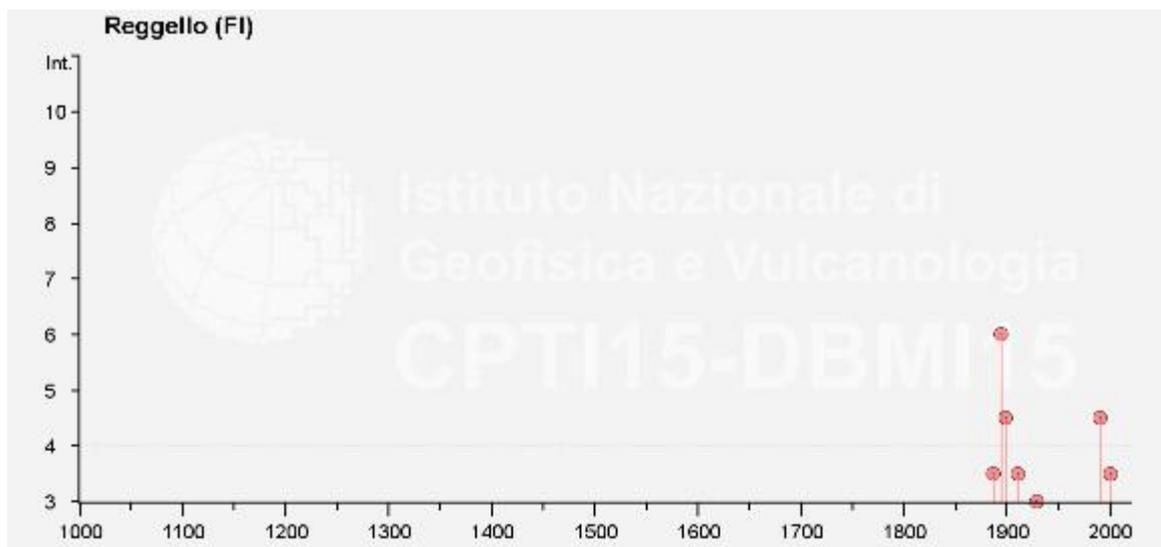
DBMI15 contiene 12.2701 dati di intensità relativi a 3.212 terremoti. I 12.2701 MDP sono riferiti a circa 20.000 località di cui 15.213 in territorio italiano, che vanno complessivamente a coprire 7702 comuni degli 8047 esistenti in Italia (ISTAT, 2015). Consultando il sito web è possibile ottenere la storia sismica di ciascuna località italiana identificata, cioè l'elenco dei terremoti che hanno prodotto effetti macrosismici in quella data località.

Progetto Esecutivo

Con riferimento ai comuni di Reggello, Pian di Scò (attualmente facente parte della municipalità Castelfranco-Pian di Scò), San Giovanni Valdarno, Terranuova Bracciolini e Montevarchi, vengono riportate le tabelle con l'elenco dei terremoti con intensità epicentrale uguale o superiore a 3, i valori relativi alla intensità al sito, il tempo all'origine (anno, mese, giorno, ora UTC), l'area epicentrale, il numero progressivo, l'intensità epicentrale (Io) e la magnitudo momento (Mw) ed i rispettivi grafici che riportano anno ed intensità dei terremoti con intensità uguale o superiore a 3. L'accesso alla Banca Dati è del marzo 2019.

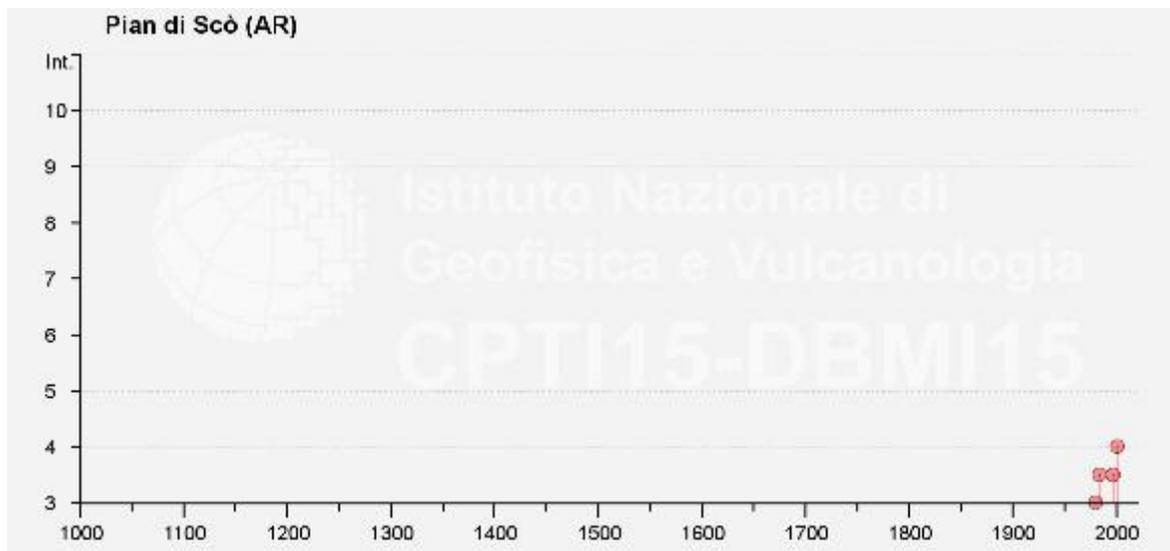
Comune di Reggello

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
3-4	1887 11 14 05 48 05.00	Fiorentino	101	6	4.47
6	1895 05 18 19 55 12.00	Fiorentino	401	8	5.5
NF	1897 09 06 03 10 44.00	Valdarno inferiore	104	5-6	4.59
NF	1898 01 16 13 10	Romagna settentrionale	110	6	4.59
NF	1898 03 09 11 43	Romagna settentrionale	68	6	4.59
4-5	1899 06 26 23 17 22.00	Valle del Bisenzio	138	7	5.02
3-4	1911 09 13 22 29 02.00	Chianti	115	7	5.08
3	1929 07 18 21 02	Mugello	56	6-7	4.96
2	1931 12 15 03 23	Mugello	35	6	4.62
NF	1939 02 11 11 17	Mugello	31	7	5.01
2-3	1983 11 09 16 29 52.00	Parmense	850	6-7	5.04
4-5	1991 01 14 07 38 36.65	Casentino	62	5	4.26
NF	1999 01 25 22 45 58.08	Appennino forlivese	97	5	4.36
NF	2000 05 10 16 52 11.60	Faentino	151	5-6	4.82
3-4	2001 11 26 00 56 55.46	Casentino	211	5-6	4.63
NF	2003 01 29 23 50 16.38	Appennino forlivese	71	4-5	4.06
NF	2003 12 07 10 20 33.04	Forlivese	165	5	4.18
NF	2005 07 15 15 17 18.00	Forlivese	173	4-5	4.29



Comune di Pian di Scò

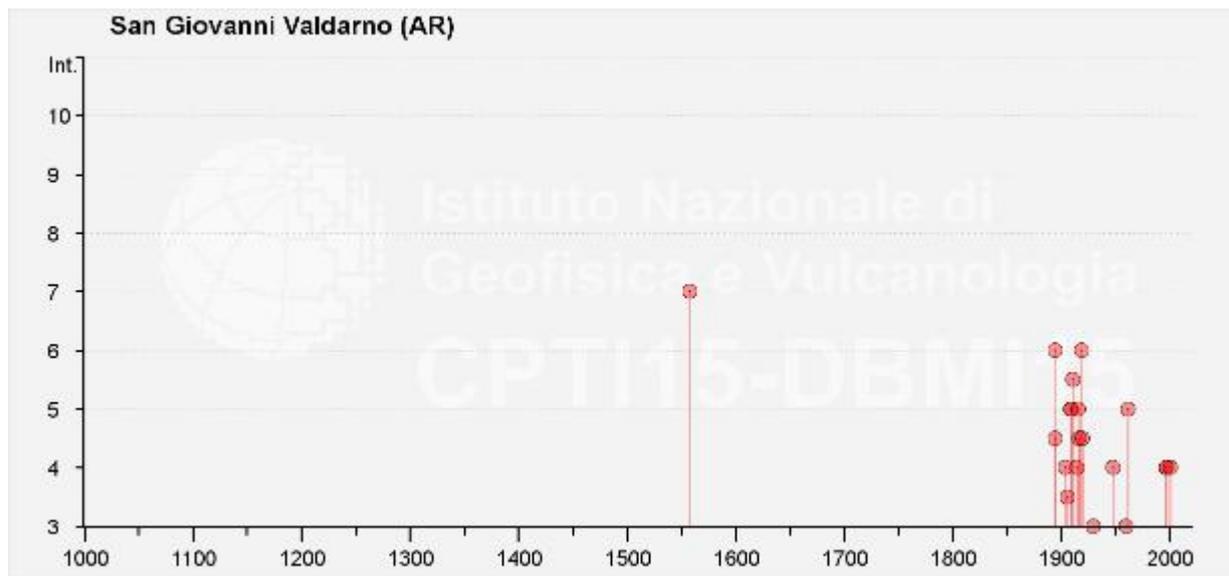
Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
2	1957 04 30 06 05 08.00	Alta Valtiberina	57	5	4.23
3	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
3-4	1984 04 29 05 02 59.00	Umbria settentrionale	709	7	5.62
3-4	1997 09 26 00 33 12.88	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
NF	2000 05 10 16 52 11.60	Faentino	151	5-6	4.82
4	2001 11 26 00 56 55.46	Casentino	211	5-6	4.63
NF	2003 12 07 10 20 33.04	Forlivese	165	5	4.18
NF	2005 07 15 15 17 18.00	Forlivese	173	4-5	4.29



Progetto Esecutivo

Comune di San Giovanni Valdarno

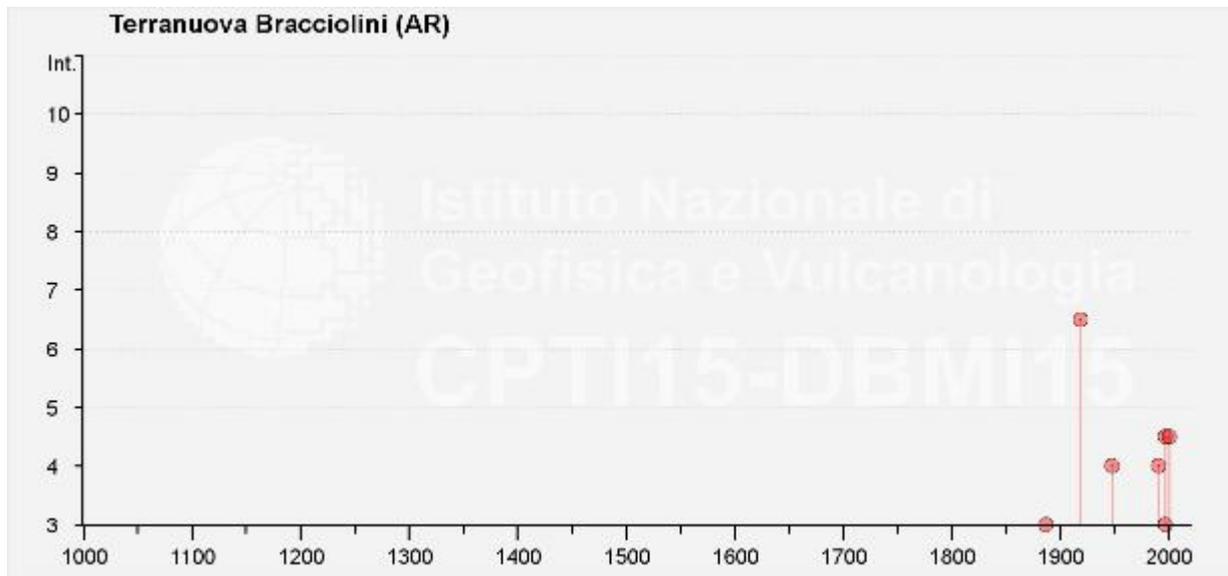
Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
7	1558 04 13 09	Valdarno superiore	29	9	5.97
2	1887 11 14 05 48 05.00	Fiorentino	101	6	4.47
6	1895 05 18 19 55 12.00	Fiorentino	401	8	5.5
4-5	1895 06 06 00 35 05.00	Fiorentino	29	5-6	4.55
NF	1904 09 07 11 30	Valle dell'Ombrone	27	5	4.31
4	1904 11 17 05 02	Pistoiese	204	7	5.1
3-4	1906 04 21 06 35	Valdelsa	45	5-6	4.3
5	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
5	1909 08 25 00 22	Crete Senesi	259	7-8	5.34
5-6	1911 09 13 22 29 02.00	Chianti	115	7	5.08
F	1911 09 13 22 35 10.00	Chianti	13	4-5	4.35
4	1915 01 13 06 52 43.00	Marsica	1041	11	7.08
5	1916 05 17 12 50	Riminese	132	8	5.82
4-5	1917 04 26 09 35 59.00	Alta Valtiberina	134	9-10	5.99
6	1919 06 29 15 06 13.00	Mugello	565	10	6.38
4-5	1920 09 07 05 55 40.00	Garfagnana	750	10	6.53
3	1930 10 30 07 13	Senigallia	268	8	5.83
4	1948 06 13 06 33 36.00	Alta Valtiberina	142	7	5.04
2	1951 09 01	Monti Sibillini	80	7	5.25
2	1957 04 30 06 05 08.00	Alta Valtiberina	57	5	4.23
2	1959 03 24 10 24	Fiorentino	28	7	4.85
NF	1960 04 15 02 45 11.00	Montefeltro	30	5-6	4.45
3	1960 10 29 00 08 39.00	Mugello	69	7	4.91
5	1962 09 16 14 49 45.00	Chianti	19	6	4.54
NF	1969 08 09 09 20 57.00	Appennino tosco-romagnolo	33	5	4.2
NF	1991 01 14 07 38 36.65	Casentino	62	5	4.26
4	1997 09 26 00 33 12.88	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
4	1997 09 26 09 40 26.60	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
4	2001 11 26 00 56 55.46	Casentino	211	5-6	4.63
NF	2003 12 07 10 20 33.04	Forlivese	165	5	4.18



Progetto Esecutivo

Comune di Terranuova Bracciolini

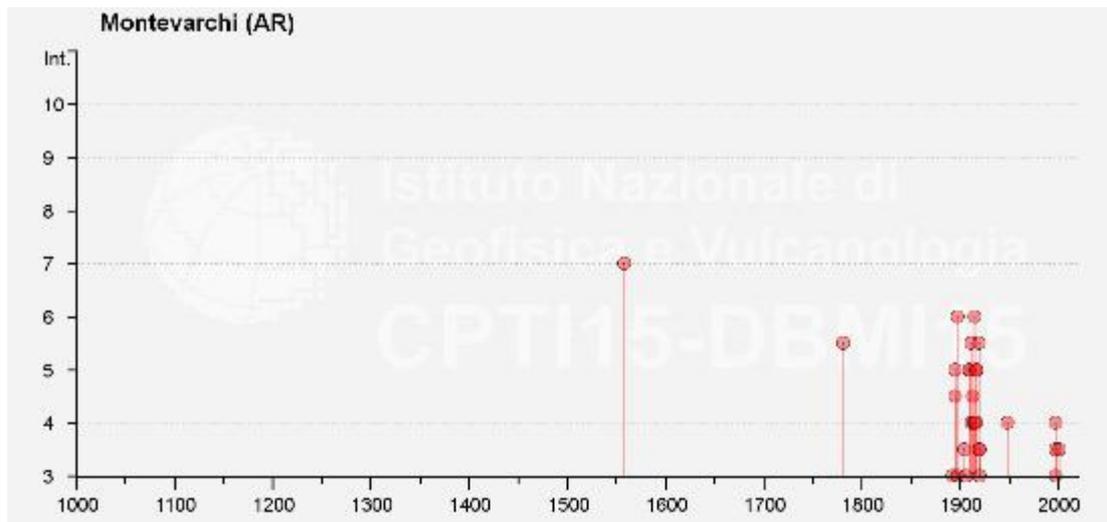
Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
D	1781 01 11	Crete Senesi	4	6-7	4.86
3	1887 11 14 05 48 05.00	Fiorentino	101	6	4.47
F	1895 06 06 00 35 05.00	Fiorentino	29	5-6	4.55
2	1906 04 21 06 35	Valdelsa	45	5-6	4.3
6-7	1919 06 29 15 06 13.00	Mugello	565	10	6.38
4	1948 06 13 06 33 36.00	Alta Valtiberina	142	7	5.04
NF	1952 12 02 06 13 22.00	Appennino forlivese	53	5	4.42
2	1969 08 11 13 55	Lago Trasimeno	46	7	4.7
4	1991 01 14 07 38 36.65	Casentino	62	5	4.26
4-5	1997 09 26 00 33 12.88	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
3	1997 10 14 15 23 10.64	Valnerina	786		5.62
4-5	2001 11 26 00 56 55.46	Casentino	211	5-6	4.63



Progetto Esecutivo

Comune di Montevarchi

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
7	1558 04 13 09	Valdarno superiore	29	9	5.97
5-6	1781 06 03	Cagliese	157	10	6.51
2-3	1887 11 14 05 48 05.00	Fiorentino	101	6	4.47
F	1890 02 15 02 35 08.00	Valdelsa	12	5	4.52
3	1892 11 21	Alta Valtiberina	22	5-6	4.25
5	1895 05 18 19 55 12.00	Fiorentino	401	8	5.5
4-5	1895 10 25 00 24 58.00	Chianti	36	5-6	4.51
3	1897 09 06 03 10 44.00	Valdarno inferiore	104	5-6	4.59
6	1897 12 18 07 24 20.00	Alta Valtiberina	132	7	5.09
2	1901 09 22 21 42 12.00	Valdelsa	35	6	4.68
3-4	1904 11 17 05 02	Pistoiese	204	7	5.1
NF	1905 02 12 08 28	Monte Amiata	61	6	4.55
3	1906 04 21 06 35	Valdelsa	45	5-6	4.3
5	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
5	1909 08 25 00 22	Crete Senesi	259	7-8	5.34
4	1911 02 19 07 18 30.00	Forlivese	181	7	5.26
5-6	1911 09 13 22 29 02.00	Chianti	115	7	5.08
2	1913 07 21 22 35	Appennino romagnolo	43	5-6	4.79
4-5	1913 07 29 22 24	Casentino	16	5-6	4.54
4	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5.63
6	1915 01 13 06 52 43.00	Marsica	1041	11	7.08
4	1916 05 17 12 50	Riminese	132	8	5.82
5	1917 04 26 09 35 59.00	Alta Valtiberina	134	9-10	5.99
5	1917 12 02 17 39	Appennino forlivese	32	6-7	5.09
5-6	1919 06 29 15 06 13.00	Mugello	565	10	6.38
3-4	1919 10 25 13 51	Alta Valtiberina	30	6	5.03
3-4	1920 09 07 05 55 40.00	Garfagnana	750	10	6.53
3	1920 11 24 04 20	Senese	15	4-5	4.07
2	1929 07 18 21 02	Mugello	56	6-7	4.96
2-3	1930 10 30 07 13	Senigallia	268	8	5.83
NF	1940 10 16 13 17	Val di Paglia	106	7-8	5.29
4	1948 06 13 06 33 36.00	Alta Valtiberina	142	7	5.04
NF	1951 09 01	Monti Sibillini	80	7	5.25
NF	1956 02 22 22 55 06.00	Senese	29	5	4.03
2	1957 04 30 06 05 08.00	Alta Valtiberina	57	5	4.23
2	1959 03 24 10 24	Fiorentino	28	7	4.85
NF	1960 04 15 02 45 11.00	Montefeltro	30	5-6	4.45
2	1983 11 09 16 29 52.00	Parmense	850	6-7	5.04
3-4	1997 09 26 00 33 12.88	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
4	1997 09 26 09 40 26.60	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
3	1997 10 14 15 23 10.64	Valnerina	786		5.62
3-4	2001 11 26 00 56 55.46	Casentino	211	5-6	4.63
NF	2003 12 07 10 20 33.04	Forlivese	165	5	4.18



Le sismicità massime hanno raggiunto intensità 7 e 6-7 con zone epicentrali situate nell'Alto Valdarno e nell'Appennino marchigiano.

10.2 SISMICITÀ STRUMENTALE - INGV (1985-2019)

A partire da Marzo 2017 il data base ISIDE (catalogo che fornisce i parametri dei terremoti ottenuti integrando i dati provenienti da localizzazioni effettuate in tempo quasi-reale con i dati del Bollettino Sismico Italiano) è stato sostituito da un nuovo portale dati del Centro Nazionale Terremoti (CNT) che mostra i dettagli di ogni evento sismico registrato e localizzato presso le sale operative dell'INGV.

Selezionando un terremoto nella lista della pagina principale, si accede alla sezione di dettaglio con i dati dell'evento, la Sismicità e la Pericolosità sismica dell'area interessata, le informazioni sull'impatto del terremoto sulla popolazione, le varie localizzazioni (calcoli dell'epicentro) realizzate per quello specifico terremoto, i meccanismi focali e una sezione per il download.

Il Data Base è accessibile al seguente link: <http://cnt.rm.ingv.it/>; questo sito pubblica i parametri dei terremoti localizzati in tempo reale durante il servizio di sorveglianza sismica e i parametri ipocentrali rivisti giornalmente dagli analisti dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (Centro Nazionale Terremoti) pubblicati nel Bollettino Sismico italiano. I segnali sismici e le fasi provengono dalla Rete Sismica Nazionale Italiana o da altre reti locali, regionali e nazionali che appartengono ad altre istituzioni italiane o estere. Il periodo di ricerca parte dal 1985 fino all'accesso del 28 febbraio 2019.

La figura 10-1 illustra la distribuzione degli epicentri dei terremoti inclusi nel Data Base per una distanza di 70 km attorno al comune di San Giovanni Valdarno circa centrale rispetto al tracciato di studio (fig. 10-1).

La distribuzione geografica mostra come i cluster dei terremoti siano prevalentemente collegati alla catena appenninica e all'allineamento che dai Monti del Chianti scende verso l'Amiata e, più internamente, il settore delle Colline Metallifere.

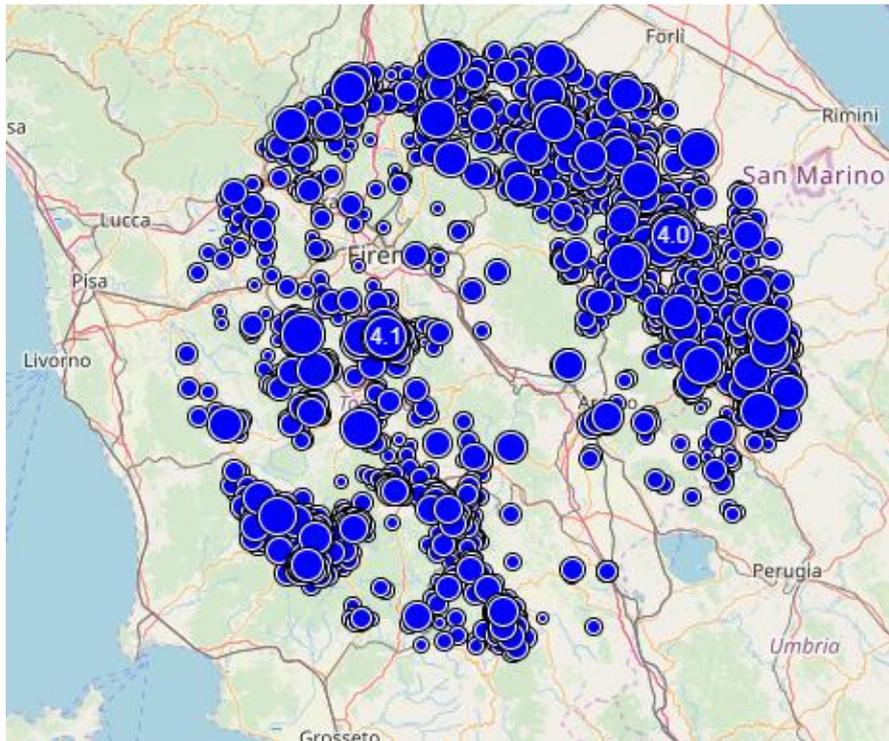


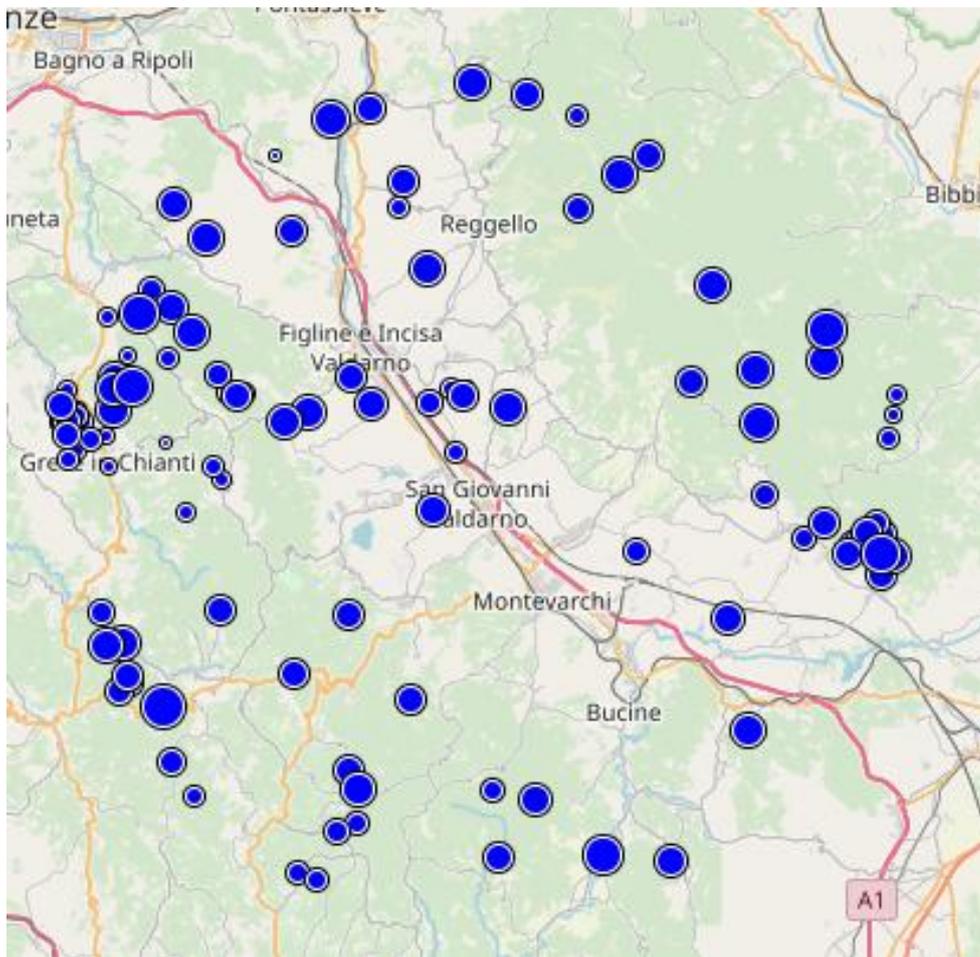
Figura 10-1 - Distribuzione dei terremoti localizzati in tempo reale dall'INGV Centro Nazionale dei Terremoti in un raggio di 70 km dal comune di San Giovanni Valdarno I dati e i risultati pubblicati dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia sono distribuiti sotto licenza Creative Commons Attribution 4.0 International License. Dati al 28 febbraio 2019

In tale area, per l'intervallo di tempo considerato, sono segnalati 19878 eventi (accesso al 28 febbraio 2019) con intensità massima registrata Mw 4,5 a nord di Barberino di Mugello nell'anno 2008.

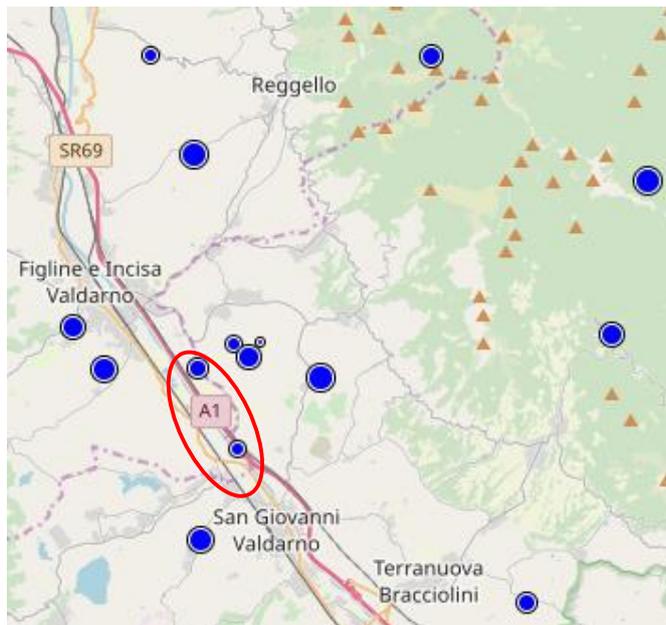
Di seguito (fig. 10-2a) si riporta un dettaglio dei terremoti ubicati nei pressi della zona di studio in un intorno di 20 km da San Giovanni Valdarno dove si evidenziano 118 eventi con magnitudo massima nell'evento ad ovest di Radda in Chianti con Md 3.3 dell'anno 1994.

I terremoti più prossimi all'intera area di intervento (Lotto 1 e Lotto 2) sono 15 e sono rappresentati in fig. 10-2b con relativa tabella riassuntiva. La magnitudo massima è di 2,5 Md per un terremoto avvenuto a 8 km da Loro Ciuffenna del 1985. Nelle immediate vicinanze del tracciato autostradale sono registrati due terremoti il più meridionale ha registrato una ML di 1,3 ed è avvenuto nel 2006 mentre il più settentrionale avvenuto nel 2005 ha registrato una ML di 1,5.

Progetto Esecutivo



a)



b)

Progetto Esecutivo

Data e Ora (Italia)	Magnitudo	Zona	Profondità	Latitudine	Longitudine
1985-06-02 18:00:05	Mid 2.5	8 km NE Loro Ciuffenna (AR)	10	43.66	11.67
1989-07-10 07:28:59	Mid 2.5	4 km SW Reggello (FI)	5	43.67	11.50
1994-05-08 22:09:37	Mid 2.3	2 km SW Castelfranco Plandiscò (AR)	10	43.61	11.55
2000-04-14 12:24:10	Mid 2.2	6 km S Figline e Incisa Valdarno (FI)	10	43.61	11.47
2000-04-14 12:25:18	Mid 2.2	2 km W San Giovanni Valdarno (AR)	10	43.56	11.50
1997-07-07 08:59:23	Mid 2.0	3 km NE Loro Ciuffenna (AR)	10	43.62	11.65
2000-05-12 10:23:43	Mid 2.0	5 km S Figline e Incisa Valdarno (FI)	10	43.62	11.46
2005-05-14 06:54:51	Mid 1.9	3 km W Castelfranco Plandiscò (AR)	13	43.61	11.52
2011-10-10 16:26:10	Mid 1.8	4 km E Reggello (FI)	6	43.69	11.59
2010-01-18 17:19:27	ML 1.7	3 km E Terranuova Bracciolini (AR)	7	43.55	11.62
2005-08-16 09:49:35	ML 1.5	5 km W Castelfranco Plandiscò (AR)	13	43.61	11.50
2006-06-17 06:34:21	ML 1.3	2 km NW San Giovanni Valdarno (AR)	11	43.59	11.52
2015-01-23 14:45:53	ML 1.3	3 km W Castelfranco Plandiscò (AR)	7	43.61	11.51
2008-10-10 14:33:33	ML 1.2	4 km NE Figline e Incisa Valdarno (FI)	10	43.69	11.48
2018-03-10 22:13:25	ML 0.5	3 km W Castelfranco Plandiscò (AR)	8	43.62	11.52

Figura 10-2 – Dettagli della figura precedente per l'area di studio. a) ricerca ristretta a 20 km attorno alla zona di San Giovanni Valdarno b) dettaglio nei pressi del tracciato con tabella riassuntiva degli eventi in figura

Per maggiori dettagli si rimanda al sito dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

10.3 FAGLIE CAPACI (PROGETTO ITHACA)

L'Italia è una delle zone più attive del Mediterraneo, in termini di tettonica attiva e sismicità. Studi paleosismologici hanno consentito di caratterizzare le faglie responsabili di molti di questi terremoti, dimostrando che le dislocazioni tardo pleistoceniche-oloceniche hanno interessato molte strutture prima considerate silenti.

La stima della pericolosità legata ai terremoti ed alla fagliazione superficiale è un tema molto importante, specialmente in aree densamente popolate ed industrializzate come il territorio italiano. Di conseguenza la conoscenza approfondita e la corretta collocazione delle faglie capaci assume un ruolo chiave per la mitigazione del rischio. A questo scopo, il Servizio Geologico d'Italia - ISPRA ha sviluppato il progetto ITHACA (Italy Hazard from Capable Faults).

ITHACA è un database creato per la raccolta e la facile consultazione di tutte le informazioni disponibili riguardo le strutture tettoniche attive in Italia, con particolare attenzione ai processi tettonici che potrebbero generare rischi naturali. Il progetto si occupa in modo particolare delle faglie capaci, definite come faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie.

Il termine "faglie capaci" è utilizzato per descrivere le faglie "sismiche" con indizi di attività negli ultimi 40.000 anni potenzialmente "capaci" di produrre deformazioni in superficie. La riattivazione di faglie capaci è in grado di produrre fenomeni di neoformazione (ecosismi) che possono formarsi in superficie nelle aree epicentrali, in concomitanza con eventi sismici di intensità elevata, in genere \geq VIII-IX grado della scala ESI2007.

Progetto Esecutivo

La presenza di faglie capaci nel territorio oggetto di studio è stata verificata consultando il catalogo delle faglie capaci ITHACA disponibile on-line al sito dell'ISPRA (

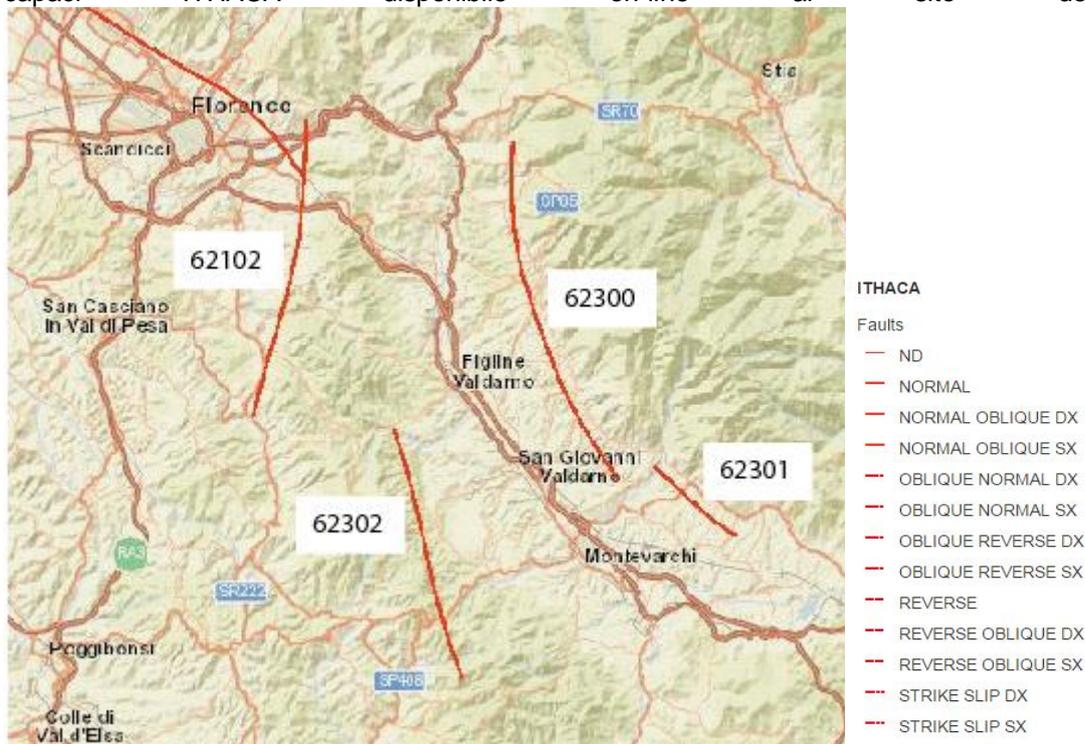


Figura). Il data base, raccoglie tutte le informazioni disponibili riguardo le strutture tettoniche attive in Italia, con particolare attenzione ai processi tettonici che potrebbero generare rischi naturali. Il database è in continuo aggiornamento, maggiori informazioni si possono avere consultando le pagine web del progetto.

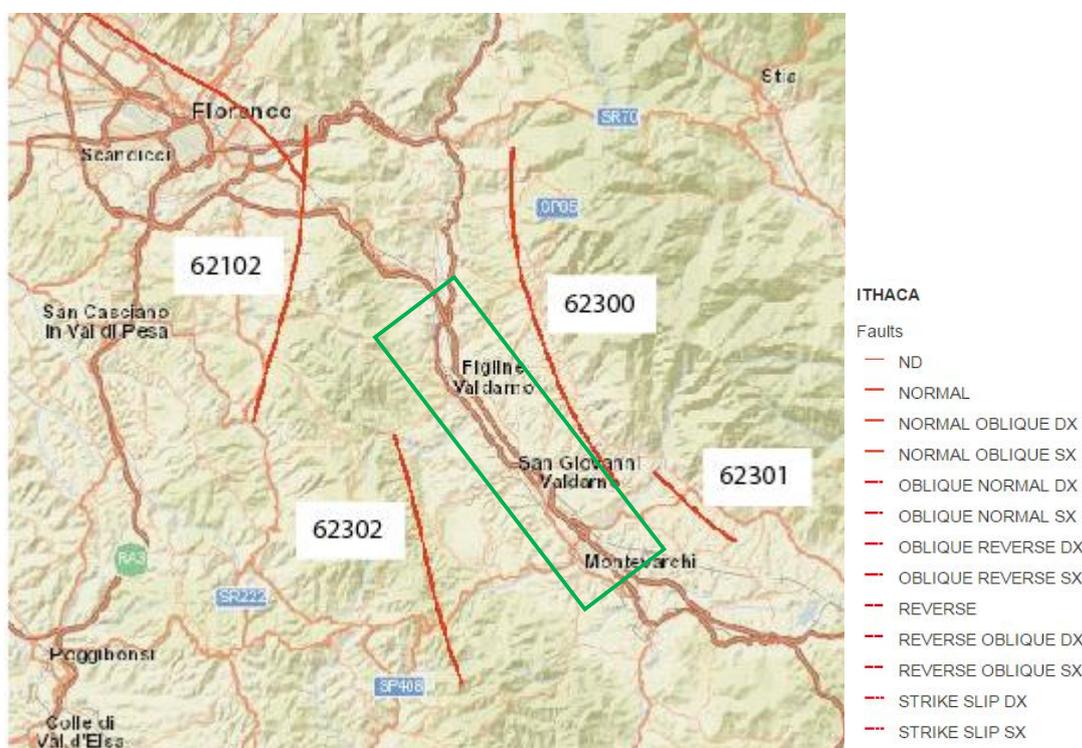


Figura 10-3 -Distribuzione faglie capaci "Progetto ITHACA" (Italy HAZard from Capable faults Catalogo delle faglie capaci presenti sul territorio italiano - ISPRA). In verde l'area di interesse. Accesso del marzo 2019.

Progetto Esecutivo

L'area in esame è bordata da tre faglie ad andamento NO-SE appartenenti al Sistema del Valdarno ed indicate in figura 10-3 con le sigle 62300, 62301, 62302. A nord ovest della zona di interesse si segnala la presenza di una faglia appartenente al Sistema Pistoia- Firenze (62102)

Sistema Valdarno

FAULT NAME	Valdarno System	Valdarno System	Valdarno System
FAULT CODE	62300	62301	62302
REGION NAME	Toscana	Toscana	Toscana
SYSTEM NAME	Valdarno System	Valdarno System	Valdarno System
KINEMATICS	Normal	Normal	Normal
RANK	PRIMARY	PRIMARY	PRIMARY
AVERAGE STRIKE	160°	150°	340
DIP	0	0	--
DIP DIRECTION	WSW	SW	ENE
LENGTH (Km)	32,00000000	32,00000000	32
DEPTH (Km)	0,00000000	0,00000000	0,00000000
ACTIVITY RELIABILITY	Medium reliability	Medium reliability	Medium reliability
STUDY QUALITY	LOW	LOW	LOW

Sistema Pistoia Firenze

FAULT NAME	Firenze
FAULT CODE	62102
REGION NAME	Toscana
SYSTEM NAME	Pistoia-Firenze System
KINEMATICS	Normal
RANK	PRIMARY
AVERAGE STRIKE	190°
DIP	0
DIP DIRECTION	WNW
LENGTH (Km)	45,00000000
DEPTH (Km)	0,00000000
ACTIVITY RELIABILITY	Medium reliability
STUDY QUALITY	LOW

10.4 ZONAZIONE SISMOGENETICA E STRUTTURE SISMOGENETICHE

Benché le moderne investigazioni della sismotettonica regionale siano iniziate più di 30 anni fa, la conoscenza delle sorgenti sismogenetiche è ancora incerta. Questo dipende soprattutto dal fatto che l'attività tettonica è collegata ai movimenti di sistemi di faglie cieche, le cui caratteristiche (es. lunghezza del singolo segmento, entità del scivolamento ecc.) non può essere definita solamente attraverso la classica analisi geomorfologica. Molti dati sulle sorgenti sismogenetiche delle Alpi Meridionali derivano dall'applicazione di algoritmi che permettono di definire la geometria della sorgente dai dati puntuali di distribuzione dell'intensità dei terremoti storici

L'identificazione di tali sorgenti, concisamente definite silenti, permette di definire le aree potenzialmente affette da un alto livello di pericolosità sismica.

Progetto Esecutivo

La figura seguente evidenzia le aree sismogenetiche prossime all'intera zona di studio (poligoni color arancione), definite quali proiezione in superficie dei sistemi di strutture sismogenetiche ritenuti attivi, caratterizzabili da un punto di vista geometrico e parametrico in maniera coerente con le sorgenti sismogenetiche incluse (poligoni color arancione chiaro); le campiture in rosso indicano i sistemi di faglia.

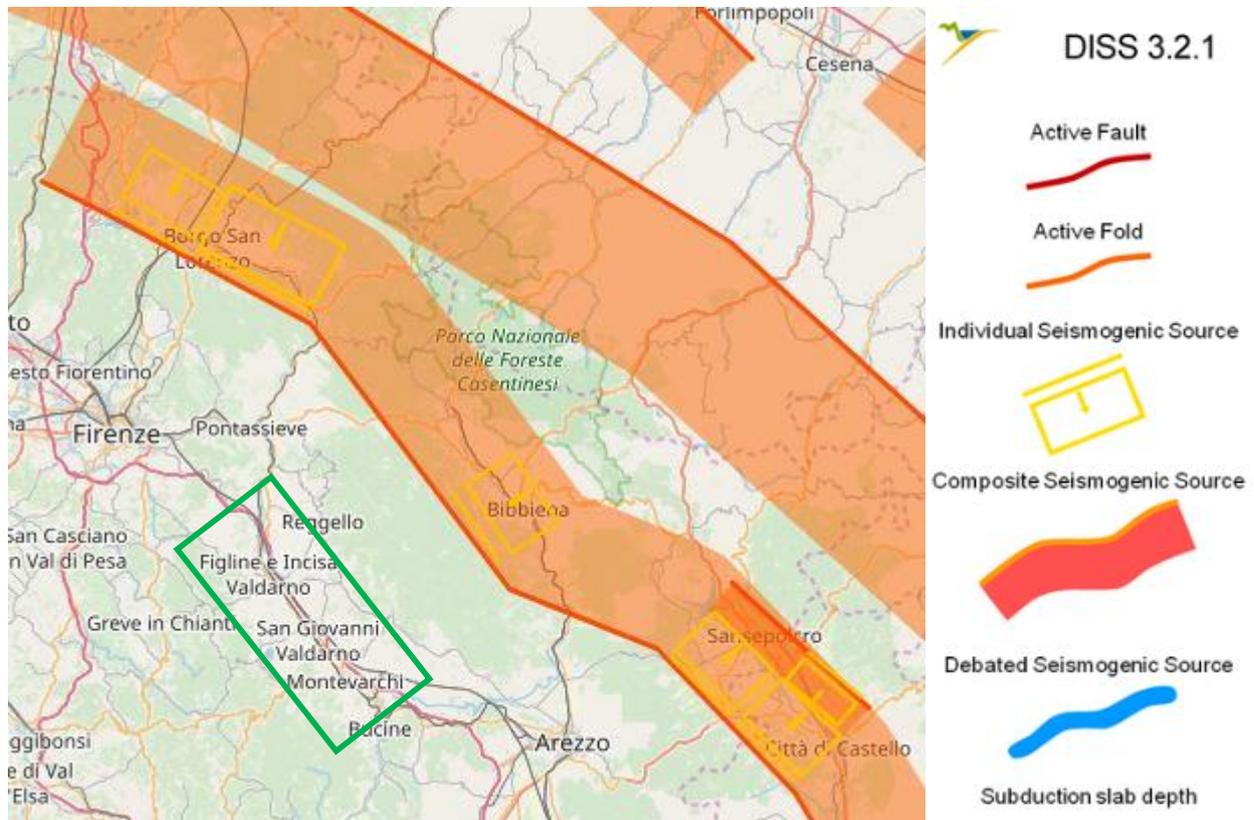


Figura 10-4 - Mappa delle aree sismogenetiche di interesse (Fonte: Database of Individual Seismogenic Sources DISS 3.2.1) (Accesso del marzo 2019). In verde l'area di interesse

Con riferimento al "Database of Individual Seismogenic Sources - DISS 3.2.1", si osserva che le opere in progetto ricadono in una zona governata principalmente dalla sorgente sismogenetica composta Mugello-Città di Castello-Leonessa (ITCS037) i cui parametri sono qui sotto rappresentati.

Progetto Esecutivo

PARAMETRIC INFORMATION

PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE	
Min depth [km]	0.5	EJ	Inferred from regional tectonic considerations.
Max depth [km]	8.0	EJ	Inferred from regional tectonic considerations.
Strike [deg] min... max	280...330	EJ	Inferred from regional geological data.
Dip [deg] min... max	25...40	EJ	Inferred from regional geological data.
Rake [deg] min... max	260...280	EJ	Inferred from regional geological data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1...1.0	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude [Mw]	6.2	OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

Come si evince dalla descrizione presente sul sito si tratta di una sorgente composta che corre per circa 200 km ed è costituita da insieme di faglie a basso angolo non profonde che marcano il bordo estensionale occidentale dell'Appennino.

La sorgente individuale più prossima all'area di studio è indicata con la sigla ITIS076 e denominata Poppi e le sue caratteristiche sono di seguito elencate.

PARAMETRIC INFORMATION

PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE	
Location [Lat/Lon]	43.70 / 11.80	OD	Based on geomorphological and geological observations.
Length [km]	9.0	OD	Based on geological and geomorphological data.
Width [km]	7.0	OD	Based on seismic profile from Barchi (2007).
Min depth [km]	1.0	OD	Based on seismic profile from Barchi (2007).
Max depth [km]	4.5	OD	Based on seismic profile from Barchi (2007).
Strike [deg]	326	OD	Based on geomorphological and geological observations.
Dip [deg]	30	OD	Based on seismic profile from Barchi (2007).
Rake [deg]	270	OD	Based on geological data, constrained by orientation of T axes.
Slip Per Event [m]	0.3	ER	Calculated from Mo using the relationship from Hanks and Kanamori (1979).
Slip rate [mm/y] min... max	0.1...1.0	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Recurrence [y] min... max	300...3000	EJ	Inferred from slip rate and average displacement.
Magnitude [Mw]	5.8	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

Questa sorgente individuale potrebbe essere associata al Sistema di Faglie Etrusco (Etrurian Fault System o EFS) anche se permangono incertezze al riguardo per mancanza di approfonditi studi geologici di campagna.

Pertanto non è chiaro il potenziale sismogenetico di questa sorgente. Una questione aperta inoltre attiene al quesito se il Casentino possa essere potenzialmente sede di terremoti di magnitudo 6.

10.5 CLASSIFICAZIONE SISMICA

Negli ultimi anni si sono succeduti diversi provvedimenti normativi ed amministrativi per la definizione delle caratteristiche di pericolosità sismica locale.

Dal 1999 al 2003, la classificazione sismica del territorio nazionale era riconducibile alla mappa di classificazione sismica prodotta dal Gruppo di Lavoro (GdL, 1999), istituito dal Servizio Sismico Nazionale su indicazione della Commissione Grandi Rischi della Protezione Civile.

L'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri OPCM 3274/2003 ha rappresentato una prima risposta alle questioni aperte sulla necessità di aggiornare gli strumenti normativi per la riduzione del rischio sismico. Con tale strumento si sono stabiliti i criteri per l'individuazione delle zone sismiche introducendo la nuova classificazione sismica dei comuni italiani (successivamente integrati e aggiornati dall'OPCM 3519/2006) ed abbandonando così la precedente terminologia di "categorie sismiche".

L'intero territorio nazionale è stato suddiviso in quattro zone sismiche sulla base di un differente valore dell'accelerazione di picco a_g su terreno a comportamento rigido, derivante da studi predisposti dall'INGV-DPC. Uno dei cambiamenti fondamentali apportati dalla normativa è stata l'introduzione della zona 4; procedendo in questo modo tutto il territorio italiano viene definito come sismico, poiché di fatto, sparisce il territorio "non classificato", che diviene zona 4, nella quale è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.

	Caratteristiche	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g)
Zona 1	E' la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.	$a_g > 0.25$
Zona 2	Nei comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti.	$0.15 < a_g \leq 0.25$
Zona 3	I Comuni interessati in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti.	$0.05 < a_g \leq 0.15$
Zona 4	E' la meno pericolosa. Nei comuni inseriti in questa zona le possibilità di danni sismici sono basse.	$a_g \leq 0.05$

Con la successiva ordinanza OPCM 3519/2006 è stata adottata la mappa di pericolosità sismica di riferimento nazionale (INGV, 2004), e sono state stabilite nuove disposizioni per l'individuazione a livello regionale delle zone sismiche su base probabilistica. I nuovi criteri per la determinazione della classificazione sismica individuano 12 fasce e sono basati, (innovando le disposizioni del precedente OPCM 3274/2003) su valori delle accelerazioni massime al suolo con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi. Tale classificazione è quindi basata su un'approssimazione dei valori e della distribuzione del parametro a_g secondo i limiti amministrativi (criterio "zona dipendente").

Nel rispetto degli indirizzi e criteri stabiliti a livello nazionale, le Regioni hanno inoltre riclassificato il proprio territorio in termini di livello di pericolosità, o mantenendo le quattro zone nazionali o adottando tre sole zone (zona 1, 2 e 3) e introducendo, in alcuni casi, delle sottozone per meglio adattare le norme alle caratteristiche di sismicità.

Qualunque sia stata la scelta regionale, a ciascuna zona o sottozona è attribuito un valore di pericolosità di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido (a_g).

Allo stato attuale, tale valore di pericolosità di base non ha diretta influenza sulla progettazione. Infatti, con l'entrata in vigore delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008 e succ. DM 17/01/2018) la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto (accelerazione del

Progetto Esecutivo

moto del suolo, intensità al sito, spettro di sito) avviene direttamente per il sito in esame, utilizzando le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (riportato nella tabella 1 dell'Allegato B delle stesse NTC), indipendentemente dai limiti amministrativi comunali.

L'allegato A di tali Norme prevede inoltre che l'azione sismica di riferimento per la progettazione venga definita sulla base dei valori di pericolosità sismica proposti dall'INGV, utilizzati per determinare la forma dello spettro di risposta elastico di riferimento.

L'approccio "sito dipendente" della nuova normativa permette di riferirsi, per ogni costruzione, ad un'accelerazione di riferimento propria in relazione sia alle coordinate geografiche dell'area di progetto, sia alla vita nominale dell'opera stessa. In quest'ottica la precedente zonazione dei territori comunali mantiene la propria utilità, dal punto amministrativo, per la gestione delle attività di pianificazione e controllo.

Di seguito si riporta uno stralcio della mappa di "Classificazione Sismica" pubblicata dalla Protezione Civile a fine 2020 (Figura 10-1).

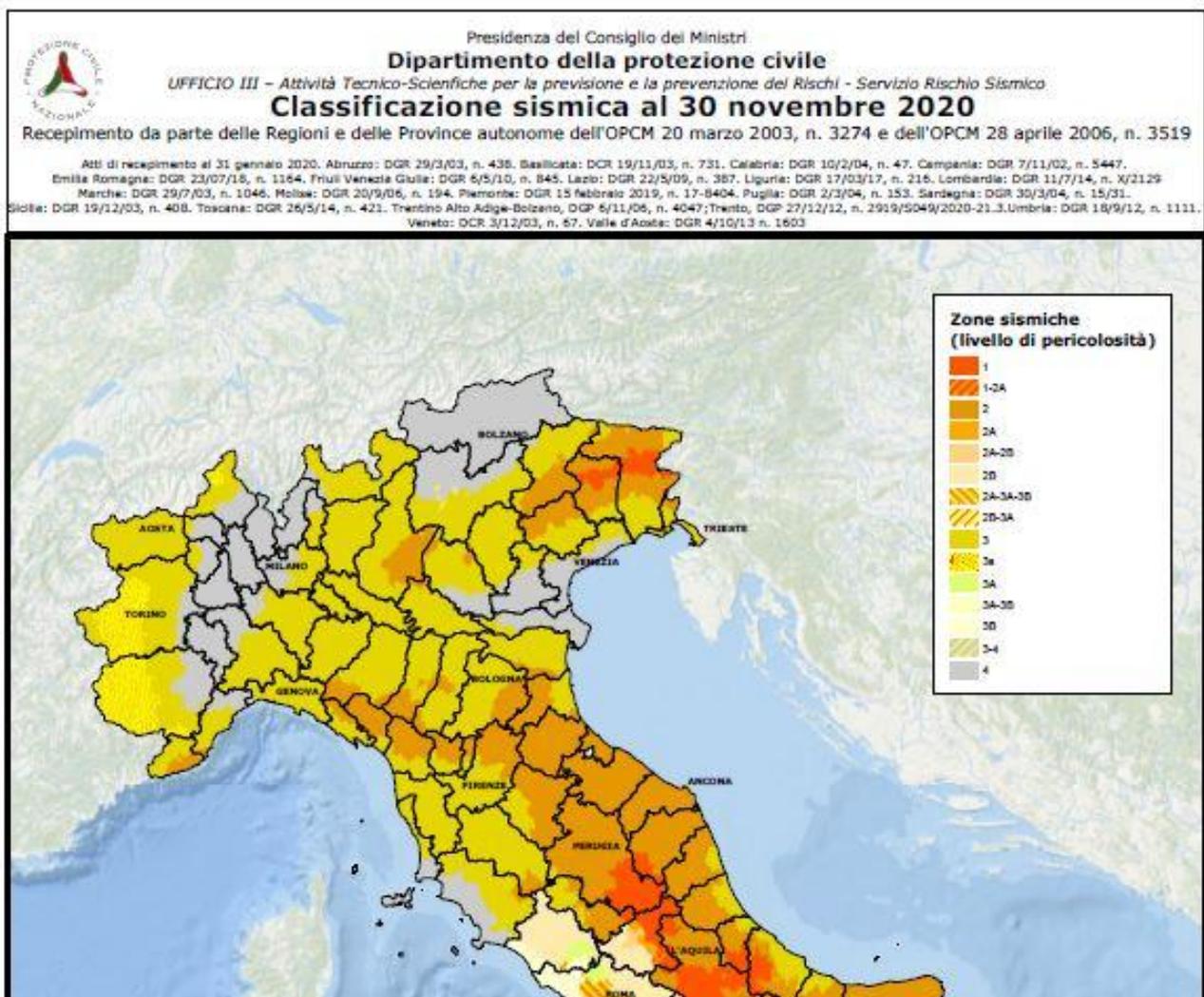


Figura 10-1- Classificazione Sismica al 30 novembre 2020 (Fonte: Protezione Civile).

In ambito locale, la normativa nazionale è stata recepita dalla Regione Toscana con Deliberazione GRT n. 421 del 26/05/2014, pubblicata sul BURT Parte Seconda n. 22 del 04.06.2014, che ha approvato la classificazione sismica regionale, relativa all'aggiornamento dell'allegato 1 (elenco dei comuni) e dell'allegato 2 (mappa) della Deliberazione GRT n. 878 dell'8 ottobre 2012.

Di seguito si riporta la "Mappa di aggiornamento della classificazione Sismica della Regione Toscana da Delibera del GRT 421/2014":

Progetto Esecutivo



Figura 10-2 - Classificazione Sismica al 2014 (Fonte: Regione Toscana) (accesso febbraio 2021).

In conformità alla normativa vigente, i comuni interessati dal progetto ricadono nelle seguenti classi:

Regione	Provincia	Codice Istat	Denominazione	Classificazione 2020 (Protezione Civile)
Toscana	Firenze	48035	Reggello	3
Toscana	Arezzo	51040	Castelfranco-Pian di Scò	3
Toscana	Arezzo	51033	San Giovanni Valdarno	3
Toscana	Arezzo	51026	Montevarchi	3
Toscana	Arezzo	51039	Terranuova Bracciolini	3

La definizione dell'accelerazione di riferimento non è oggetto della presente relazione.

11 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Sotto l'aspetto idrogeologico generale, l'area in studio ricade negli acquiferi appartenenti al bacino del Fiume Arno e nello specifico, nel Corpo Idrico Sotterraneo (DGRT n. 225/2003 della Regione Toscana) del Valdarno superiore, identificato con il codice "11AR041".

Questo corpo è caratterizzato da una falda idrica contenuta nei depositi alluvionali del fondovalle che costituisce la principale risorsa idrica del Valdarno Superiore. I depositi alluvionali formano una striscia della larghezza media di 1,5 km e sono costituiti da due livelli principali: quello inferiore, formato da ciottoli, ghiaie e sabbie, con poche lenti di limo e quello superiore corrisponde ad un deposito di esondazione ed è costituito da sabbia limosa o limo sabbioso nella parte centrale, da limo con tenori variabili di sabbia e argilla lateralmente.

Al di sotto dei depositi alluvionali si trovano quasi ovunque le argille lacustri plio-pleistoceniche, che con la loro bassa permeabilità, costituiscono una base dell'acquifero il quale risulta anche confinato lateralmente dalle stesse formazioni, che costituiscono i rilievi al margine della valle del fiume Arno.

Quindi, laddove i sedimenti fluviali o quelli lacustri contenenti gli acquiferi presentano spessori maggiori, si possono ritrovare più falde sovrapposte, che possono dar luogo anche a falde artesiane. Tuttavia la presenza di soluzione di continuità nelle lenti o nei livelli impermeabili assegnano alle differenti profondità della falda multistrato quote piezometriche grossomodo equivalenti.

I livelli piezometrici misurati nelle zone collinari, lateralmente alla piana, interessati dai depositi di versante, di frana ed eluvio-colluviali, su un substrato che nella parte alta è rappresentato da terreni di natura sabbiosa/ghiaiosa delle formazioni delle sabbie di Borro Cave e di C. la Quercia tamponati alla base da formazioni limose e argillose (formazioni del T. Oreno, del T. Ascione e di Terranuova) costituiscono una falda pellicolare connessa quasi esclusivamente alle precipitazioni e pressoché priva di ricarica, e quindi fortemente suscettibile alle variazioni stagionali. Tali acquiferi ricoprono una discreta importanza in quanto contribuiscono all'alimentazione della falda presente nei sottostanti depositi alluvionali del fiume Arno.

Di seguito si riporta la descrizione schematica del modello idrogeologico, ricostruito per il settore in studio, che si riferisce ad un periodo specifico (mese di giugno-luglio 2018) e non rappresenta la cosiddetta "falda di progetto", che deve essere definita dal punto di vista ingegneristico tenendo conto delle caratteristiche delle opere progettate. Infatti, bisogna introdurre un adeguato fattore di sicurezza che innalzi i livelli piezometrici del modello ad una quota tale per cui sia garantita la funzionalità / fattibilità delle opere progettate anche nel caso in cui si verificassero escursioni stagionali eccezionali.

Per gli approfondimenti ai tematismi idrogeologici (alcuni dei quali di seguito menzionati) si rimanda agli elaborati specialistici costituiti dalla relazione idrogeologica, contenente i dati relativi al monitoraggio piezometrico, dalla planimetria idrogeologica con profilo idrogeologico e dalle schede dei pozzi e sorgenti censiti.

Falda libera all'interno delle alluvioni del Fiume Arno e dei corsi minori

I terreni più permeabili sono quelli delle pianure alluvionali (Arno e suoi affluenti), anche se localmente le ghiaie e le sabbie possono essere intervallate da livelli/lenti di limi argillosi di bassa permeabilità e comunque con spessori ed estensione ridotti e dell'ordine di 3-5 metri.

Si tratta della risorsa più importante dell'area in studio e che gode di una situazione idrogeologica particolarmente favorevole in quanto la ricarica risulta essere molto buona sia per la presenza dell'Arno, che insiste sulle proprie alluvioni, e sia per i depositi grossolani (sabbie e conglomerati) plio-pleistocenici affioranti sui margini collinari dei settori vallivi che permettono alle acque piovane di infiltrarsi ed alimentare la falda libera del fondo valle.

Lo spessore dell'acquifero principale, sulla base dei sondaggi geognostici eseguiti ed i dati desunti dalle misure piezometriche nei pozzi misurati, può essere stimato nell'ordine dei 10-15 metri, mentre i valori di soggiacenza misurati risultano bassi ed in genere compresi tra 2 e 8 m. Il valore medio della permeabilità primaria, relativa alla porzione ghiaiosa e sabbiosa, misurata con prove Lefranc, varia da 10^{-3} m/s a 10^{-6} m/s (i valori più bassi sono da attribuire alla maggiore presenza della frazione limoso-argillosa).

Progetto Esecutivo

Normalmente il fiume Arno drena la falda acquifera confinata nel materasso alluvionale ma localmente si possono presentare inversioni dell'idrodinamica del fiume con l'acquifero che quindi, al contrario, si ricarica dal corso d'acqua che lo alimenta, a causa della superficie di falda che per effetto dei pompaggi intensi nel periodo estivo ed autunnale, risulta depressa rispetto all'alveo.

Nella pianura alluvionale, l'acquifero è sempre in condizioni freatiche, più o meno direttamente connesso alle portate dei corsi d'acqua; sono rarissimi e discontinui i livelli limoso argillosi, in genere presenti in copertura e che quindi non creano le condizioni per locali falde artesiane.

Il flusso idrico sotterraneo ricostruito, si muove da sud verso nord essendo drenato in direzione dello scorrimento fluviale. I prelievi idrici concentrati e/o di grande entità possono comunque modificare localmente la disposizione delle linee di flusso creando delle zone di perturbazioni.

La falda idrica, superficiale e priva di una copertura impermeabile (oggi sfruttata per uso idropotabile, agricolo ed industriale), risulta sottoposta ad un alto rischio di inquinamento, proveniente anche dall'asta principale dell'Arno, che come precedentemente riportato, può in alcuni periodi alimentare l'acquifero alluvionale.

In conclusione, la falda idrica delle pianura alluvionale rappresenta la risorsa idrica di sottosuolo di gran lunga più importante nel bacino dell'Arno, ma è anche quella più sfruttata e più esposta all'inquinamento, sia per la elevata vulnerabilità intrinseca (le falde sono in genere a piccola profondità, scarsamente protette dal terreno sovrastante), che per la presenza diffusa di fonti di inquinamento potenziale.

Falde all'interno dei depositi fluvio-lacustri plio-pleistocenici

Si tratta di acquiferi confinati nelle sabbie perlopiù in giacitura lentiforme, più o meno estese, presenti all'interno della litologia prevalente limosa e argillosa dei Limi di Terranuova, in genere discontinui e poco produttivi per mancanza di una vera ricarica e con una potenzialità ridotta ma che comunque sono sfruttati da numerosi pozzi censiti. Il livello piezometrico associato a tali acquiferi, così come misurato nei piezometri di progetto (SE9bis, SE10, SV8B, SV9A, SE11, SE12, SV15A, SV16A, SE17 e SV23B), mette in evidenza falde sempre in pressione e con quote pressoché equivalenti a quelle della falda superficiale. I valori di permeabilità misurati risultano compresi tra 10^{-5} e 10^{-9} m/s per la frazione limoso-argillosa e tra 10^{-4} e 10^{-6} m/s per la porzione sabbiosa.

Differente è la situazione in corrispondenza delle sabbie di Palazzetto (VRCa), intercettate nei sondaggi in corrispondenza di Matassino (a circa 20-30 m di profondità dal p.c.) e più a sud a partire dalla zona di Poggilupi e fino al termine del tratto in studio (a circa 25-30 m di profondità dal p.c.). Queste sabbie risultano contenere una falda acquifera, di buone potenzialità, che risulta sempre essere artesiane e con quote piezometriche in equilibrio con quella della falda superficiale, così come messo in evidenza dai piezometri di tipo Casagrande installati nei fori di sondaggio SV12B, PL2, SV23B e SV21A, nel corso delle diverse campagne geognostiche.

Viste le caratteristiche stratigrafiche di entrambe le falde confinate all'interno dei depositi plio-pleistocenici, si può ritenere che per esse il rischio di inquinamento sia basso, grazie alla presenza pressoché continua e con spessori notevoli dell'orizzonte limoso-argilloso dei limi di Terranuova (VRCb).

Rilievo piezometrico

I dati idrogeologici di base sono rappresentati dalle prove di permeabilità eseguite in situ e dai successivi rilievi piezometrici effettuati in tutti i punti d'acqua disponibili sul territorio in studio.

Quindi, al fine di ottenere un quadro conoscitivo relativo alla distribuzione dei punti d'acqua (sorgenti e pozzi) situati nell'area investigata, è stata operata una raccolta di dati bibliografici presso i vari Enti, seguita da un censimento in sito finalizzato sia alla verifica dei dati raccolti e sia alla loro integrazione mediante misure effettuate nel mese di giugno-luglio 2018 per una fascia di circa 2 km a cavallo del tracciato complessivo (lotto 1 e lotto 2).

Oltre ai pozzi e sorgenti è stato eseguito un monitoraggio dei livelli nei 68 piezometri di progetto installati nelle diverse campagne geognostiche a supporto dei diversi livelli progettuali, compatibilmente con le strumentazioni ancora disponibili.

E' comunque da precisare che i dati del monitoraggio rappresentano misure puntuali, non continue nel tempo, e talvolta acquisite in condizioni di falda non stabilizzata o in condizioni dinamiche.

Progetto Esecutivo

E' opportuno ricordare che il livello di falda è suscettibile a variazioni stagionali, che a loro volta dipendono dalla piovosità e dagli eventuali scambi idrogeologici con i corpi adiacenti. Quindi sulla base di tutte le considerazioni effettuate, per la definizione della "falda di progetto" non appare opportuno basarsi esclusivamente sui dati di monitoraggio, viceversa è importante tenere altresì in considerazione l'effetto delle oscillazioni stagionali ed annuali a lungo termine, introducendo opportuni fattori di sicurezza che consentano la perfetta funzionalità delle opere a lungo termine.

Pertanto il livello di correlazione ricostruito della falda non rappresenta la "falda di progetto", che dovrà tener conto anche variazioni sopra menzionate e delle caratteristiche dell'opera.

Chimismo delle acque

Contemporaneamente alla campagna di misure piezometriche, sono stati effettuati alcuni campionamenti di acqua sia nei piezometri e sia nei pozzi, eseguiti con bailer in pvc/acciaio, successivamente allo spurgo manuale, che hanno permesso di determinare, mediante un misuratore portatile mod. Hanna HI991300, i valori di ph, temperatura e conducibilità elettrica.

I valori misurati, mostrano valori di ph variabili da un minimo di 6.42 ad un massimo di 7.53, la temperatura è compresa tra 14.2°C e 25.4°C (un solo caso ha fornito un valore più alto pari a 29.7°C), con la maggior parte dei valori comunque pari a circa 18-20°, mentre la conducibilità ha mostrato valori minimi di 309 µ/cm e massimi di 1543 µS/cm.

L'acqua si presenta in genere limpida e priva di odore, ad eccezione di sporadici casi in cui è risultata torbida, maleodorante e di colore grigio.

Principali elementi idrogeologici di interesse ingegneristico

In questo ambito si ribadiscono alcune criticità idrogeologiche emerse dallo studio condotto e che possono avere influenza per la progettazione delle opere ed interferire con la loro realizzazione.

- presenza di acque caratterizzate da valori elevati di conducibilità elettrica da ricondurre ad apporti profondi di acque ricche in cloruri e solfati, quasi sempre riconducibili a circuiti idrogeologici coinvolgenti le formazioni appartenenti al substrato ("Sintema di Montevarchi");
- presenza di punti di approvvigionamento idrico nelle vicinanze del tracciato stradale ed in particolare di pozzi ad uso vario;
- possibile interferenza con la falda in corrispondenza delle minime soggiacenze, che nel periodo invernale può essere molto bassa;
- ritombamento delle linee di deflusso naturale delle acque (presenza di paleovalvei);
- drenaggio delle acque sotterranee che nell'area hanno una direzione verso NW, ma che localmente, quando il tracciato si avvicina ai rilievi, può risentire del flusso proveniente dalle zone collinari e quindi trasversale rispetto alle opere in progetto.

12 PRINCIPALI PROBLEMATICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE INERENTI IL TRACCIATO

Nell'ambito del presente capitolo si sintetizzano le considerazioni a tema geologico e geomorfologico ritenute di maggiore interesse per la progettazione delle opere facendo riferimento alle progressive del tracciato riferibile al lotto 2, procedendo da nord verso sud.

Si ricorda che il profilo topografico riporta l'andamento del terreno lungo asse di tracciamento nord, che si colloca all'interno del tracciato autostradale esistente che è realizzato in gran parte in rilevato. In mancanza di dati di dettaglio sulla geometria e l'andamento del riporto stradale, si è proceduto alla proiezione sul profilo del piede del rilevato (o, a luoghi, del muro di sottoscarpa) di carreggiata sud e quello di carreggiata nord, talora posti a quote differenti. Questo ha permesso di identificare, lungo il profilo longitudinale, i settori occupati con buona sicurezza dal rilevato ed i tratti dove la presenza di terreni di riporto è possibile ma non certa. Il primo caso è rappresentato sul profilo geologico da un apposito retino mentre, nel secondo caso, l'area rimane bianca. La ricostruzione geologica di sottosuolo verrà pertanto descritta facendo riferimento direttamente al substrato presente lungo il tracciato al di sotto del rilevato (certo o presunto).

Il tratto in allargamento alla terza corsia dell'autostrada riferibile al Lotto 2 si sviluppa dal km 323+810 e, procedendo verso sud, termina al km 335+705,610. La descrizione geologica lungo il profilo longitudinale è presente fino al km 335+921, comprendendo quindi la tratta di raccordo al tracciato esistente.

12.1 DALLA PROGR. KM 323+810 (INIZIO INTERVENTO) ALLA PROGR. KM 324+837 C.A.

In questo tratto l'autostrada attraversa depositi alluvionali prima terrazzati e poi recenti. In profilo gli spessori di questi depositi raggiungono i 15 metri. Anche qui si distinguono due litofacies, cioè quella superiore a prevalenza sabbiosa e quella inferiore prevalentemente ghiaiosa. Localmente nella litofacies superiore sono presenti dei livelli argilloso limosi con sabbie fini e torba che sono stati distinti in profilo. I depositi alluvionali poggiano sui limi di Terranuova (VRCb). In questa unità è presente un livello di torba di 2,4 metri di spessore posto circa 27 metri sotto l'autostrada a (sondaggio SE11).

In questo contesto geologico è prevista l'ampliamento di alcuni sottovia scotolari (progressive: 322+764, 323+179, 323+563, 323+955) e la realizzazione del cavalcavia della linea FF.SS Firenze Roma (progr. 322+631).

A progr. 323+421 c.a. il tracciato attraversa una faglia che interessa i depositi VRCb.

A partire da progr. 323+476 fino al termine della tratta è presente l'unità delle sabbie di Palazzetto (VRCa) riconosciute in sondaggio nella tratta successiva. La profondità del tetto delle sabbie di Palazzetto è compresa tra 46 metri (alla progr. 323+476) e 28 metri al di sotto dell'asse stradale (progr. 324+837).

Il sondaggio SV10B indica la presenza di un livello di torba situato circa a 19,5 m metri sotto il piano stradale.

Da progr. 322+ 750, in adiacenza alla carreggiata sud dell'autostrada, si sviluppa l'area della cassa di espansione Prulli, nella quale, in passato, erano presenti attività estrattive.

12.2 DALLA PROGR. KM 324+837 C.A. ALLA PROGR. KM 324+960 C.A.

Il questa zona è prevista la realizzazione dell'ampliamento del ponte sul T. Resco (progr. 324+866) e l'ampliamento di un sottovia (progr. 324+949).

La successione riscontrata è analoga a quella precedentemente descritta ed in particolare si nota che le sabbie di Palazzetto (VRCa) costituiscono una specie di alto, infatti raggiungono la profondità di circa 28 metri al di sotto dell'asse stradale. Tale unità, sottostante ai limi di Terranova, è costituita da sabbia e sabbia limosa nella quale si intercalano dei livelli argilloso limosi talora con lignite.

Si ricorda che la zona di attraversamento del torrente è attribuita alla classe di pericolosità idraulica elevata P3 (P.G.R.A), così come alcune altre zone disposte attorno al tracciato. Per i dettagli si rimanda all'apposita planimetria ed alle considerazioni espresse nel cap.7.

Progetto Esecutivo

A progr. 324+897 il tracciato intercetta una faglia che attraversa entrambi i depositi della successione del Bacino del Valdarno (VRCa e VRCb).

La cassa di espansione Prulli, (in progetto) adiacente alla carreggiata sud termina all'altezza della progr. 324+835 c.a.

12.3 DALLA PROGR. KM 324+960 C.A. ALLA PROGR. KM 326+428 C.A.

In questo tratto è prevista la realizzazione di un sottovia obliquo a progr. 325+464 e dell'ampliamento del ponte sul Torrente Faella a progr. 326+360. Nei pressi dell'alveo del torrente è predominante la litofacies a ghiaie prevalenti.

Il tracciato prosegue fino a progr. 325+555 con la successione che vede, dall'alto verso il basso, i depositi alluvionali, i limi di Terranuova e le sabbie di Palazzetto, oltre questa progressiva le sabbie di Palazzetto si approfondiscono e non sono rappresentate in profilo.

L'elaborato relativo alle cartografie degli enti indica (P.G.R.A.) classi di pericolosità idraulica elevata per la zona del T. Faella e per alcune aree poste nelle vicinanze del tracciato (v. cap.7).

Fenomeni di erosione laterale di sponda si osservano lungo il fiume Arno a sud di Matassino, a partire da progr. km 325+400 e fino a fine tratta in zona prossima al tracciato autostradale. Il fiume è protetto da argini.

12.4 DALLA PROGR. KM 326+428 C.A. ALLA PROGR. KM 330+158 C.A.

In questo ambito sono previsti due ampliamenti di sottovia a progr. 327+443 e a progr. 328+664.

Anche questo tratto è caratterizzato dalla successione riscontrata in precedenza: il tracciato poggia su alluvioni fluviali recenti distinte nelle due litofacies sabbiosa e ghiaiosa. Le alluvioni si sono deposte sopra l'unità pleistocenica dei limi di Terranuova (VRCb). Si ricorda che i depositi alluvionali sono stati sede di intensa attività estrattiva e le cave risultano ora riempite o sede di specchi d'acqua.

Dalla planimetria si nota che a partire dalla progr. 325+700 fino a progr. 328+700 l'area adiacente all'autostrada ed alla ferrovia è sede della cassa di espansione Pizziconi e che parte di questo settore era occupato in precedenza da attività di escavazione.

Nella piana a fianco della carreggiata nord sono state riconosciute e mappate in planimetria geomorfologica alcune tracce di paleo alveo del fiume Arno. Il profilo geologico tra progr. 329+018 e progr. 329+559 rappresenta questo elemento pur con alcune incertezze sulla posizione dei paleo canali.

A progr. 330+158 c.a. il tracciato intercetta una faglia che disloca i limi di Terranuova e un livello sabbioso, presente in VRCb.

12.5 DALLA PROGR. KM 330+158 C.A. ALLA PROGR. KM 334+088 C.A.

In questo tratto sono previste le seguenti opere principali:

- ampliamento di sottovia obliquo (progr. 331+025)
- ampliamento ponte Borro Spina (progr. 331+619)
- ampliamento di sottovia obliquo (progr.331+912)
- ampliamento sottovia Via Ville (progr. 332+917)
- ampliamento sottovia (progr. 333+174)
- ampliamento sottovia (progr. 333+501)
- ampliamento sottovia (progr. 333+822)

La successione stratigrafica è quella descritta nel tratto precedente, ma si nota che localmente sono presenti livelli più fini all'interno dei depositi alluvionali (v. settore CPTU8). Inoltre, a partire da questa zona, i limi di

Progetto Esecutivo

Terranuova iniziano a registrare più frequenti e più spesse intercalazioni sabbioso ghiaiose collocate a varie profondità. Questo trend prosegue fino alla fine del tracciato in allargamento.

Attorno alla progr. 331+700 il tracciato intercetta una faglia che interessa i limi di Terranuova (VRCb).

Da progr. 333+216, al di sotto dei limi di Terranuova, sono nuovamente presenti le sabbie di Palazzetto riconosciute in molti sondaggi a partire dal numero 10 (attorno a progr. 333+824 c.a.).

Si nota che da progr. 331+165 a progr. 331+300 il tracciato è adiacente in carreggiata sud ad una ex zona di cava dove ora sono presenti specchi d'acqua.

12.6 DALLA PROGR. KM 334+088 C.A. ALLA PROGR. KM 334+575 C.A. (POGGILUPI)

In questo settore è prevista la realizzazione di un ponte alla progr. 334+308 e l'allargamento della sede autostradale in corrispondenza di una storica area di dissesto (frana Poggilupi).

Frana Poggilupi

La ricostruzione storica di quest'area di dissesto indica la presenza una frana complessa costituita da una frana quiescente sormontata da "modeste ma numerose frane" attive, profonde qualche metro, che interessano il materiale alterato e le argille che costituiscono il versante. Inoltre, in precedenti relazioni tecniche veniva riportato che il versante è stato interessato nel tempo da sbancamenti, riporti e sistemazioni legate anche alla presenza a monte di impianti di triturazione di laterizi i cui scarti sono stati ritrovati durante l'esecuzione di piste di cantiere. Pare che nell'area fosse presente una cava di argilla per laterizi.

L'area della frana Poggilupi è stata recentemente interessata da un progetto di stabilizzazione e consolidamento del versante (iniziato nel 2009 e terminato nel 2012) resosi necessario a causa della presenza di movimenti gravitativi a cinematisimo lento. Tale progetto faceva parte delle attività previste per effettuare lo spostamento della complanare alla SR 69 (Regione Toscana e Provincia di Arezzo fig. 12-7).

I lavori effettuati, in sintesi, hanno riguardato la realizzazione di una paratia tirantata e di una serie di trincee drenanti, collocate subito a monte del nuovo viadotto Poggilupi sulla S.R. 69. Inoltre è stata realizzata una stabilizzazione sommitale nella collina con terre rinforzate, drenaggi, soil nailing e trincee gabbiodren.

Attività complementari hanno riguardato la realizzazione di una rete di fossati concepiti a "liscia di pesce" (rivestiti con un telo geocomposito antierosivo ed impermeabile) ed aventi l'obiettivo di ridurre il tempo di corrivazione e, quindi, il ristagno e l'infiltrazione nel suolo delle acque meteoriche.



Figura 12-7 – Area frana Poggilupi con nuova viabilità S.R.69 (foto del 11/01/2018)

L'intervento, una volta concluso, è stato oggetto di monitoraggio (dal 2012 al 2015) che oltre al controllo di mire topografiche ha riguardato letture inclinometriche eseguite su cinque inclinometri (I01, I02, I03bis, I04 e

Progetto Esecutivo

I04ter) e letture piezometriche eseguite in tre piezometri (P1a, P1b e P2b). Il monitoraggio eseguito negli inclinometri è disponibile dal 2012 al 2015, mentre i dati piezometrici riguardano unicamente il 2015.

La campagna geognostica eseguita per il progetto esecutivo, svoltasi nel 2018, ha integrato la strumentazione pregressa con ulteriori inclinometri (PL2, PL3 e SV24bis) e piezometri (PL2bis[Casagrande+TA] e SV24ter); il monitoraggio di tutti gli strumenti ad oggi è attivo.

La zona di frana sottoposta agli interventi di consolidamento è indicata in planimetria geologica con apposito retino.

La strada S.R.69 non presenta, al momento dei sopralluoghi, lesioni o segnali di dissesto.

L'asse di progetto dell'allargamento alla terza corsia, in questo settore, si sviluppa prevalentemente in adiacenza a depositi di frana quiescente, ad eccezione di due brevi tratti collocati rispettivamente a nord (km 334+200 c.a.) ed a sud (poco prima del km 334+600). Questi due ambiti sono adiacenti dissesti attivi "a1".

Il modello geologico è rappresentato anche in tre profili trasversali che utilizzano sia le indagini più recenti (campagna geognostica del 2018) sia le pregresse. L'area della frana Poggilupi ricade tra le aree oggetto di approfondimento, come richiesto dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale.

In generale, con riferimento all'intero settore, l'autostrada attraversa depositi alluvionali, che si sovrappongono all'unità dei limi di Terranuova, che a sua volta si è depositata sopra le sabbie di Palazzetto.

Nel tratto da progr. 334+088 a progr. 334+266 (v. anche profilo trasversale 2 Tratto "F") il sondaggio PL1 intercetta circa 3 metri di materiale dalle scadenti caratteristiche meccaniche interposto tra i limi di Terranuova e le soprastanti alluvioni. In via cautelativa si è ritenuto di interpretare questo livello come una paleo-frana legata ad un antico pendio successivamente ricoperto dalle alluvioni del fiume Arno. Si tratta di depositi argilloso limosi di colore da nocciola ocra a marrone nerastro con subordinati livelletti di sabbie fini.

Percorrendo il profilo longitudinale verso sud si incontra il sondaggio PL2 (profilo trasversale 1 tratto "F") strumentato con inclinometro che non mostra, al momento, nessun segnale di movimento. La frana quiescente (a2), cartografata, non intercetta l'asse di tracciamento in quanto si chiude a ridosso del rilevato autostradale, ciononostante si sottolinea che il previsto allargamento della piattaforma intersecherà il deposito di frana. Inoltre, sul versante, l'inclinometro SV24b registra deformazioni a circa 19 e 22 metri di profondità, cioè all'interno dei limi di Terranuova. Anche se al momento non si riscontra la presenza di superfici di scorrimento ben delineate, cautelativamente, in profilo trasversale è stata introdotta una simbologia per rappresentate questa possibilità. Si nota che il sondaggio PL2 termina in un livello argilloso intercalato nelle sabbie di Palazzetto con locale presenza di qualche decimetro di torba attorno ai 35 metri.

Nei pressi del ponte autostradale c'è un cospicuo deposito alluvionale riconducibile ad eventi alluvionali del fiume Arno (fig. 12-8); tale deposito ha ridotto notevolmente la luce libera dell'impalcato.



Figura 12-8 – Deposito alluvionale attuale dell'Arno sedimentato al di sotto dell'impalcato autostradale (foto del 12/06/2018).

Progetto Esecutivo

All'altezza del sondaggio PL3 (profilo geologico trasversale 3 tratto "F") sono presenti circa 4 metri di deposito di frana quiescente (a2), che terminano a ridosso dell'autostrada. La strumentazione inclinometrica mostra a circa 3 metri di profondità delle deformazioni il cui azimut non è al momento coerente con movimenti verso valle. Per questo motivo la frana è considerata ad oggi quiescente.

Visto e considerato che in tutta la tratta la realizzazione dell'allargamento della piattaforma interferirà con dissesti quiescenti (fino a circa progr. 334+536) ed attivi (da progr. 334+536 c.a e progr. 334+576 c.a.) immediatamente adiacenti all'autostrada è opportuno procedere adottando opportune cautele. Si sottolinea infine che l'area oggetto di stabilizzazione presenta soliflussi, e che sulla porzione di monte del versante sono stati riscontrati fenomeni di ristagno d'acqua.

12.7 DALLA PROGR. KM 334+575 C.A. ALLA PROGR. KM 335+705,610 (FINE TRATTA IN ALLARGAMENTO)

Da progr. 334+575 il tracciato si sviluppa fino al termine del lotto su depositi alluvionali spessi circa 8 metri poggiati sui limi di Terranova. A partire da progr. 335+013 nei limi di Terranova si riconosce una lente sabbioso limosa con fossili, lo spessore è variabile da 2 a 8 metri circa.

A partire da profondità di circa 25-30 metri si intercettano in sondaggio le sabbie di Palazzetto.

12.8 DALLA PROGR. KM 335+705,610 ALLA PROGR. KM 335+921

In questo tratto avviene il raccordo tra la tratta in allargamento ed il tracciato esistente. Anche in questo settore sono presenti depositi alluvionali, spessi circa 8-9 metri, poggiati sui limi di Terranova con intercalazioni di livelli sabbiosi di spessori variabili tra 0,5 e circa 5 metri. Circa 28 metri al di sotto dell'autostrada sono presenti le sabbie di Palazzetto.

13 PRINCIPALI ELEMENTI GEOLOGICI DI INTERESSE INGEGNERISTICO

Questo capitolo conclusivo sintetizza le pericolosità geologiche identificabili nell'area interessata dal progetto; ciò nell'ottica di consentire la verifica della compatibilità dell'opera con le componenti geologiche, così come prescritto dalle NTC 2018 e dalla sua Circolare attuativa n. 7 del 21/01/2019.

La determinazione della pericolosità è concepita in letteratura con diverse declinazioni, che comprendono sia quelle statistiche afferenti soprattutto al governo del territorio (pertinenza degli Enti pubblici) sia quelle euristiche e deterministiche finalizzate soprattutto alla progettazione di opere specifiche (pertinenza del Progettista). Per attribuire un significato univoco alla pericolosità geologica inerente la progettazione è possibile fare riferimento a quanto suggerito in § 6.12.1 del DM 14/01/2008:

“Gli studi devono caratterizzare la zona d'interesse in termini di pericolosità geologica intrinseca, per processi geodinamici interni ed esterni e devono consentire d'individuare gli eventuali limiti imposti al progetto.”

Cioè, la pericolosità geologica può essere intesa come l'insieme di quegli elementi che limitano il progetto, ovvero dei problemi geologici a cui si va in contro.

In ragione di quanto sopra, di seguito si riassumono gli elementi geologici di interesse ingegneristico desunti dallo studio geologico, geo-strutturale, geo-morfologico, ed idrogeologico sviluppato per il presente progetto; integrati con le informazioni desumibili dagli studi sismo-tettonici (INGV, ISPRA, ecc.) e dalle cartografie di pericolosità redatte dagli Enti preposti al governo del territorio.

Questi elementi consentiranno all'ingegnere progettista di valutare la compatibilità delle opere progettate con la componente geologica (analisi del sistema opera-sottosuolo), in analogia a quanto previsto dall'Art. 26 del DPR n. 207 / 2010 e succ.

In particolare, le criticità geologiche che hanno maggiore influenza per la progettazione delle opere sono le seguenti:

- diffusa presenza di depositi prevalentemente argilloso – limosi con locali intercalazioni di livelli torbosi anche spessi; tali depositi fini risultano fortemente compressibili, il che deve essere debitamente considerato al fine di eliminare/contenere al massimo i potenziali cedimenti, anche differenziali;
- vista la natura eteropica che contraddistingue le litologie presenti nell'area d'interesse, si ribadisce che la forma e l'estensione delle lenti riportate nel profilo geologico deve essere assunta come indicativa, in particolare per quanto attiene alle correlazioni laterali tra i livelli;
- l'ubicazione e l'assetto degli elementi tettonici, in planimetria e sezione, presentano un certo grado di indeterminazione, ciò in ragione della frammentaria esposizione rocciosa e della presenza di estese coltri di copertura. Sono state riconosciute nei sondaggi ed estrapolate in planimetria ampie zone fratturate, indicate con apposito soprassegno. Le strutture tettoniche (faglie) devono essere pertanto considerate come fasce di deformazione fragili piuttosto che come elementi singoli;
- i depositi sciolti a prevalente componente sabbiosa sono potenzialmente soggetti a fenomeni di liquefazione. La liquefazione potrebbe verificarsi in occasione di eventi sismici di particolare intensità. In ragione delle caratteristiche geologiche riscontrate lungo tutto il tracciato, il progettista deve valutare con attenzione la possibilità che si possano innescare fenomeni di liquefazione nella tratta in oggetto;
- tra gli elementi geomorfologici di maggiore impatto, nel tratto di pianura, si segnalano gli aspetti idraulici legati sia alla vicinanza dell'Arno (franchi idraulici delle piene) sia all'attraversamento dei corsi d'acqua in aree con morfologie sfavorevoli al deflusso ed a rischio di allagamento. Relativamente alla pericolosità idraulica da P.G.R.A. risultano presenti tratte interferenti con aree a pericolosità da media ad elevata. Si segnalano altresì alcuni settori a pericolosità da flashflood elevata (P3) e i settori interessati da possibili allagamenti, come segnalate nella documentazione pubblicata dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno e dagli enti territoriali;
- alcuni tratti interessati dalle nuove opere ricadono/lambiscono areali classificati dal PAI come *frana attiva* (PF4 - frana con evidenze morfologiche di movimento o instabilità in atto) e *frana quiescente* (PF3 - frana inattiva priva di evidenze morfologiche di movimento o instabilità in atto, per la quale

Progetto Esecutivo

esistono indizi morfologici di potenziale instabilità e conseguente riattivazione) che rappresentano aree sensibili, in particolar modo se impostate su materiali con caratteristiche scadenti;

- nell'area di studio sono presenti numerosi dissesti, alcuni dei quali interferenti con l'allargamento del tracciato (località Poggilupi). Le frane sono classificate in base al grado di attività in attive e quiescenti: si sottolinea come su scala temporale più ampia o in presenza di fenomeni meteorici particolarmente intensi, eventi sismici di particolare evidenza o interventi antropici non correttamente concepiti, le frane quiescenti presentino una forte propensione alla riattivazione. Si segnala altresì che alcune frane sono state oggetto di interventi stabilizzazione;
- i versanti interessati da soliflusso devono essere trattati con cautela ed in particolare quando questo fenomeno coinvolge depositi di frana quiescente: si tratta infatti di fenomeni che, a causa della loro possibile evoluzione, sono equiparabili alle frane di coltre o superficiali,
- con riferimento a tutti i fenomeni gravitativi di versante segnalati negli elaborati di progetto si sottolineano i seguenti meccanismi connessi alla realizzazione di scavi:
 - Ø Per quanto attiene alle possibili interferenze degli scavi con: (a) frane attive, quiescenti; (b) aree caratterizzate da franosità diffusa; (c) aree potenzialmente instabili; (d) zone contraddistinte da soliflusso, si evidenzia la necessità di considerare sia la possibilità di accadimento di eventi naturali "eccezionali" (piovosità, sisma, ecc.) sia le caratteristiche specifiche delle opere progettate.
 - Ø In relazione alla complessità della componente antropica, si ritiene significativo enunciare una sintesi per punti dei meccanismi più significativi che coinvolgono il sottosuolo:
 - (1) i principali effetti indotti dagli scavi riguardano il drenaggio delle acque ipogee e la deformazione dell'ammasso circostante; (2) il drenaggio delle acque diminuisce le pressioni interstiziali nei terreni e nelle rocce e di conseguenza incrementa gli sforzi efficaci in un intorno più o meno ampio (l'ampiezza dei volumi coinvolti è funzione della permeabilità dei terreni, della metodologia di scavo / sostegno e dell'eventuale utilizzo di drenaggi o di impermeabilizzazioni); tale aumento degli sforzi efficaci incrementa la resistenza del versante nei confronti degli scivolamenti di frana; di contro però, genera cedimenti (l'entità dei cedimenti è funzione delle caratteristiche di compressibilità dell'ammasso definibili con gli usuali criteri geotecnici e/o geomeccanici); (3) le deformazioni indotte dalle convergenze dello scavo diminuiscono gli sforzi efficaci in un intorno più o meno ampio dello scavo, usando una metafora è possibile rappresentare questo fenomeno come effetto degli spostamenti interni all'ammasso che "creano dello spazio utile per la diminuzione della pressione" (l'ampiezza delle alterazioni è funzione della metodologia di scavo / sostegno adottata); tale diminuzione degli sforzi efficaci diminuisce a sua volta la resistenza del versante nei confronti dei movimenti franosi ed, inoltre, genera cedimenti proporzionali all'entità delle convergenze.
 - Ø Anche la variabile tempo gioca un ruolo importante nei confronti dei meccanismi di versante, poiché è legittimo ipotizzare che il drenaggio operato dallo scavo nei confronti dell'ammasso si instauri progressivamente e che poi rimanga attivo a lungo termine (l'effetto stabilizzante di cui al punto 2 non è immediato ma poi permane, fatto salvo un eventuale intasamento); viceversa, l'ammasso si detensiona più o meno rapidamente e poi tende a ricompattarsi con il passare del tempo (l'effetto deleterio di cui al punto 3 può istaurarsi anche rapidamente per poi tendere a ridursi progressivamente). In ragione di quanto sopra, dopo che si saranno esaurite le deformazioni iniziali e conseguentemente si sarà assistito ad un aggravio delle condizioni di stabilità, è legittimo attendersi un lento ma progressivo miglioramento, a patto che non si siano generate nuove superfici di rottura.

La complessità dei fenomeni, oltre ad imporre l'adozione di cautele nelle assunzioni progettuali, legittima il ricorso a modelli probabilistici di rischio. Si tratta di approcci che considerano simultaneamente sia la probabilità di accadimento di determinati danni indotti dalle lavorazioni sia la gravità dei danni medesimi. Questo tipo di modelli consente valutazioni agili ed attente nell'ottica della sostenibilità delle scelte.

Ponendosi nella prospettiva del monitoraggio in corso d'opera, si afferma che gli elementi maggiormente sensibili su cui è opportuno concentrare l'attenzione (il fine del monitoraggio è quello di prevenire danni inattesi intervenendo per tempo sui sostegni degli scavi) sono quelli contraddistinti

Progetto Esecutivo

da fattori di sicurezza minori, e cioè: frane attive, frane quiescenti, manufatti costruiti su versanti generalmente stabili ma in corrispondenza dei quali esistono segnali di propensione al dissesto (es. soliflussi, aree “potenzialmente instabili”, ecc.);

- localmente sono presenti nei pressi dell'autostrada settori che mostrano una certa vulnerabilità ai fenomeni di subsidenza;
- relativamente alla sismicità si nota quanto segue:
 - con riferimento al “Database of Individual Seismogenetic Sources - DISS 3.2”, l'area di studio è vicina alla sorgente composita Mugello-Città di Castello-Leonessa (ITCS037) ed alla sorgente individuale ITIS07;
 - relativamente alle Faglie Capaci l'area è circondata da faglie appartenenti al Sistema del Valdarno mentre verso nord-ovest è presente una faglia appartenente al Sistema Pistoia Firenze;
 - l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) segnala diversi eventi sismici recenti nei pressi del tracciato oggetto di allargamento (cap.10.2). In particolare nelle strette vicinanze del tracciato sono registrati 15 eventi, la magnitudo massima è di 2,5 Md per un terremoto avvenuto a 8 km da Loro Ciuffenna del 1985. In adiacenza all'autostrada in particolare sono registrati due terremoti: il più meridionale ha registrato una MLdi 1,3 ed è avvenuto nel 2006 mentre il più settentrionale, avvenuto nel 2005, ha registrato una ML di 1,5;
- la presenza di edifici civili o industriali in prossimità delle opere e della stessa autostrada oggetto di allargamento, rappresenta un elemento da considerare con la massima attenzione, in quanto una variazione inopportuna dello stato tensionale dei terreni dovuta alla realizzazione di scavi, emungimenti, riporti, ecc. può generare lesioni nei manufatti.

Si sottolinea infine la necessità che il progettista riservi particolare attenzione all'estrema variabilità intrinseca degli elementi geologici, verifichi puntualmente la stabilità del sistema opera – terreno anche in fase di scavo e più in generale realizzi un progetto ingegneristico compatibile con il quadro geologico presentato e con il suo campo di variabilità.

BIBLIOGRAFIA

- Abbate E. (1983) - *Schema stratigrafico della successione neoautoctona del Valdarno Superiore e del Bacino di Arezzo. I depositi fluvio-lacustri del Valdarno Superiore*. Istituto di Geologia e Paleontologia, Università degli Studi di Firenze, pp. 1-6.
- Bertini G., Cameli G.M., Costantini A., Decandia F.A., Di Filippo M., Dini I., Elter F.M., Lazzarotto A., Liotta D., Pandeli E., Sandrelli F., Toro B. (1991) - *Struttura geologica fra i monti di Campiglia e Rapolano Terme (Toscana Meridionale): stato attuale delle conoscenze e problematiche*. Studi Geologici Camerti, volume speciale, 1991/1, pp. 155-178.
- Billi P., Magi M., Sagri M. (1987) - *Coarse-grained low-sinuosity river deposits: example from Plio-Pleistocene Valdarno basin, Italy*. Soc. Econ. Paleont. Mineral. Spec. Publ., vol. **39**, pp. 197-203.
- Boccaletti M., Coli M. (1983) - *La tettonica della Toscana: assetto ed evoluzione*. Mem. Soc. Geol. It., **25**, pp. 51-62
- Boccaletti M., Bonini M., Moratti G., Sani F. (1995) - *Le fasi compressive neogenico-quadernarie nell'Appennino Settentrionale: relazioni con l'evoluzione dei bacini interni e con la tettonica del basamento*. Studi Geologici Camerti Vol. Spec. 1995/1, pp. 51-72.
- Boccaletti M., Bonini M., Moratti G., Sani F. (1995) - *Le fasi compressive neogenico-quadernarie nell'Appennino settentrionale: relazioni con l'evoluzione dei bacini interni e con la tettonica del basamento*. Studi Geologici Camerti. Vol. Spec. 1995/1.
- Boccaletti M., Bonini M., Moratti G., Sani F. (1996) - *Tectono-sedimentary Neogene evolution of the post-nappe basins in the Northern Apennines*. Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc n° **387**, pp. 177-193.
- Boccaletti M., Bonini M., Moratti G., Sani F. (1999) - *Compressive Neogene-Quaternary tectonics in the hinterland of the Northern Apennines*. J. of Petrol. Geol. **22**, pp.37-66.
- Boccaletti M., Sani F. (1998) - *Cover thrust reactivations related to internal basement involvement during Neogene-Quaternary evolution of the Northern Apennines*. Tectonics.
- Bonini M., Sani F. (1993) - *Analisi Strutturale dei depositi Pleistocenici dell'Area di Firenze e di Rignano sull'Arno (Valdarno Superiore), con considerazioni generali sulle deformazioni quadernarie dell'Appennino Settentrionale*. Boll. Soc. Geol. It. **112**, pp.573-593.
- Bonini M., Moratti G., Sani F. (1999) - *Evolution and depocentre migration in thrust-top basins: inferences from the Messinian Velona Basin (Northern Apennines, Italy)*. Tectonophysics, **304**, pp.95-108
- Bonini M., Moratti G., Sani F., Balestrieri M.L. (2013) - *Compression-to-extension record in the Late Pliocene-Pleistocene Upper Valdarno Basin (Northern Apennines, Italy): structural and thermochronological constraints*. Ital. J. Geosci. (Boll. Soc. Geol. It.), Vol. **132**, No.1, pp.54-80
- Bossio A., Cerri R., Costantini A., Gandin A., Lazzarotto A., Magi M., Mazzanti R., Mazzei R., Sagri M., Salvadorini G., Sandrelli F. (1992) - *I bacini distensivi neogenici e quadernari della Toscana*. Da: 76° Riunione Estiva SGI – Convegno SIMP (Firenze 21-23 settembre 1992) Guide alle escursioni post-congresso.
- Bossio A., Costantini A., Foresi L.M., Lazzarotto A., Mazzanti R., Mazzei R., Pascucci V., Salvadorini G., Sandrelli F., & Terzuoli A. (1998) - *Neogene-Quaternary sedimentary evolution in the western side of the northern Apennines (Italy)*. Mem. Soc. Geol. It. **52**, pp.513-525.
- Brogi A. (2005) - *Contractional structures as relicts of the Northern Apennines collisional stage recorded in the Tuscan nappe of the Mt. Amiata geothermal area (Italy)* Boll. Soc. Geol. It., Vol. Spec. n. **4**, pp.53-65
- Brogi A., Lazzarotto A., Liotta D., CROP Working Group (2005) - *Structural features of southern Tuscany and geological interpretation of the CROP 18 Seismic Reflection Survey (Italy)*. Boll. Soc. Geol. It., Vol. Spec. n. **3**, pp.213-236
- Canuti P., Casagli N., Farina P., Ferretti A., Marks F., Menduni G. (2006) - *Analisi dei fenomeni di subsidenza nel bacino del fiume Arno mediante interferometria radar*. Giornale di Geologia Applicata **4**, pp. 131-136

Progetto Esecutivo

- Canuti P., Cencetti C., Biolcati Rinaldi M., Tacconi P. (1994) – *The fluvial dynamics of the Arno River. 2. Historical evolution of the Arno River bed*, Mem. Soc. Geol. It., **48**, pp. 851- 864. Cartografia Allegata: Canuti P., Tacconi P. *La dinamica fluviale dell'Arno – Profilo longitudinale*, SELCA 1992
- Carmignani L., Decandia F.A., Fantozzi P.L., Lazzarotto A., Liotta D., Meccheri M. (1994) - *Tertiary extensional tectonics in Tuscany (Northern Apennines, Italy)*. Tectonophysics, **238**, pp. 295-315
- Cencetti C., Tacconi P. (2005) - *The Fluvial Dynamics of the Arno River*, Giornale di Geologia Applicata, 1, pp. 193-202
- Cencetti C., Canuti P., Rinaldi M., Tacconi P. (1994) - *The fluvial dynamics of the Arno River. 4. Map of the morphological-sedimentary and human characteristics of the Arno River Bed and alluvial plain (Table 7 "Montevarchi")*, Mem. Soc. Geol. It., **48**, 5, pp. 891-908
- Costantini A., Lazzarotto A., Mazzanti R., Mazzei R., Salvadorini G., Sandrelli F., Barazzuoli P., Mellini M., Salleolini M., Bossio A., Talarico F.M., Liotta D., Ghetti F., Dringoli R. (2002) - *Carta Geologica d'Italia, Foglio n. 285 Volterra, scala 1:50,000, con note illustrative*. L.A.C., Firenze.
- Fellin M.G., Picotti V., Zattin M. (2005) – *Neogene to quaternary rifting and inversion in Corsica: Retreat and collision in the western Mediterranean*. Tectonics, **24**, TC1011, doi:10.1029/2003TC001613
- Fidolini F., Ghinassi M., Magi M., Papini M., Sagri M. (in press) - *The Plio-Pleistocene Upper Valdarno Basin (Central Italy): stratigraphy and basin fill evolution*. It. J. Geosc.
- Fidolini F., Ghinassi M., Magi M., Papini M., Sagri M. (2013) - *The Plio-Pleistocene fluvio-lacustrine Upper Valdarno Basin (central Italy): stratigraphy and basin fill evolution*. It. J. Geosc. (Boll. Soc. Geol. It.), **132**, No.1, pp.13-32
- Ghinassi M., Fidolini F., Magi M., Sagri M. (2013) - *Depositional environments of the Plio-Pleistocene Upper Valdarno Basin (Tuscany, Italy)*. Ital.J.Geosci. (Boll. Soc. Geol. It.), Vol.**132**, No. 1, pp.33-53
- ISPRA (AA.VV.) - Progetto di Cartografia Geologica alla scala 1:50.000 - *Foglio 276-Figline Valdarno* – (Pubblicata sul web)
- Lazzarotto A., Mazzanti R. (1976) – *Geologia dell'alta Val di Cecina*. Boll. Soc. Geol. It., **95**, pp-1365-1478
- Magi M. (1989) - *Carta geologica della Conoide di Loro Ciuffenna (Valdarno Superiore)*. SELCA. Firenze
- Martini P.I., Sagri M. (1993) – *Tectono-sedimentary characteristics of Late Miocene-Quaternary extensional basins of the Northern Apennines, Italy*. Earth and Science Reviews, 34, pp. 197-233
- Martini P.I., Sagri M. (1994) - *The late Miocene-Pleistocene extensional basins of the Northern Apennines: facies distribution and basin fill architecture*. Mem. Soc. Geol. It. **48**, pp.375-380
- Nisi B., Vaselli O., Bucciatti A., Minissale A., Delgado Huertas A., Tassi F., Montegrossi G. (2008) - *Indagine geochimica e isotopica nelle acque superficiali della valle dell'Arno*. Memorie Descrittive della Carta Geol. d'Italia, Volume **79**.
- Nisio S. (2008) – *I sinkholes in Toscana*. Memorie Descrittive della Carta Geol. d'Italia, Vol. **LXXXV**, pp. 213-268.
- Rinaldi M. (2003) – *Recent channel adjustments in alluvial rivers of Tuscany, Central Italy*. Earth Surf. Process. Landforms **28**, pp. 587–608
- Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (2016) - *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione CPTI15*. 10.6092/INGV.IT-CPTI15.
- Sagri M., Martini I.P., Benvenuti M., Magi M., (1994) - *Basin fill architecture of the Neogene – Quaternary extensional basins in the Northern Apennines*. In: Carannante G., Tonelli R. (Eds), Post Meeting Field Trip Guidebook, 15th IAS Regional Meeting. Int. Assoc. Sediment, Ischia, Italy, pp. 41-74

Progetto Esecutivo

Servizio Geologico d'Italia (1969) - *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 e Note Illustrative - Foglio 107 "Arezzo"*

Servizio Geologico d'Italia (1967) - *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 e Note Illustrative - Foglio 113 "Castelfiorentino"*

Servizio Geologico d'Italia (1967) - *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 e Note Illustrative - Foglio 107 "Monte Falterona"*

Surian N., Rinaldi M., Pellegrini L. (2009) - *Linee guida per l'analisi geomorfologica degli alvei fluviali e delle loro tendenze evolutive*. CLEUP (Coop. Libreria Editrice Università di Padova)

Tacconi P., Canuti P., Cencetti C., Biolcati Rinaldi M. (1994) - *The fluvial dynamics of the Arno River. 3. Sedimentary characteristics*, Mem. Soc. Geol. It., **48**, 3, pp. 943-956