



Società Autostrada Tirrenica p.A.  
GRUPPO AUTOSTRADALE PER L'ITALIA S.p.A.

**AUTOSTRADA (A12) : ROSIGNANO – CIVITAVECCHIA**  
**LOTTO 4**

**TRATTO: GROSSETO SUD – FONTEBLANDA**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

**INFRASTRUTTURA STRATEGICA DI PREMINENTE INTERESSE NAZIONALE**

**DOCUMENTAZIONE GENERALE**

**GEOLOGIA IDROGEOLOGIA D'INQUADRAMENTO**

**RELAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA**

<b>IL GEOLOGO</b>  Dott. Vittorio Boerio Ord. Geo. Lombardia N. 794 <b>RESPONSABILE UFFICIO GEO</b>	<b>IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE</b>  Ing. Alessandro Alfì Ord. Ingg. Milano N. 20015 <b>CAPO PROGETTO</b>	<b>IL DIRETTORE TECNICO</b>  Ing. Massimiliano Giacobbi Ord. Ingg. Milano N. 20746
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------

WBS	RIFERIMENTO ELABORATO										DATA: OTTOBRE 2016	REVISIONE				
	DIRETTORIO				FILE							n.	data			
—	codice commessa		N.Prog.	unita'	ufficio argomento	n. progressivo										
—	1	2	1	2	1	4	10	—	—	—	GEO	—	00	1		
	SCALA:										—					

 	<b>COORDINATORE GENERALE INIZIATIVA SAT</b> Ing. Massimiliano Giacobbi Ord. Ingg. Milano N. 20746 <b>CAPO COMMESSA</b>				ELABORAZIONE GRAFICA A CURA DI :		Dott. Geol. Barbara Tognola
	CONSULENZA A CURA DI :				ELABORAZIONE PROGETTUALE A CURA DI :		
					IL RESPONSABILE UNITA':		

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

## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA' SVOLTE</b>	<b>5</b>
2.1	RACCOLTA DEI DATI PREGRESSI	5
2.2	ATTIVITÀ SVOLTE IN SITU	6
2.3	INDAGINI GEOGNOSTICHE	6
2.3.1	<i>Indagini di progetto</i>	7
<b>3</b>	<b>GEOLOGIA</b>	<b>11</b>
3.1	INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO E TETTONICO GENERALE	11
3.2	ASSETTO STRUTTURALE	16
3.2.1	<i>Tettonica distensiva post collisionale</i>	17
3.2.2	<i>Tettonica compressiva pre e sin - collisionale</i>	19
3.3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA DI STUDIO	19
<b>4</b>	<b>ELEMENTI DI SISMICA GENERALE E CATALOGO DELLE FAGLIE CAPACI</b>	<b>31</b>
4.1	SIMICITÀ STORICA (1000 - 1980)	31
4.2	SIMICITÀ STORICA (1000 - 2014)	33
4.3	SISMICITÀ STRUMENTALE (ISIDE 2005- 2016)	37
4.4	FAGLIE CAPACI	38
4.5	STRUTTURE SIMOGENETICHE	39
4.6	EVOLUZIONE RECENTE DELLA CLASSIFICAZIONE SISMICA	42
<b>5</b>	<b>GEOMORFOLOGIA</b>	<b>48</b>
5.1	METODOLOGIA	48
5.2	ATTIVITÀ SVOLTE IN SITU	49
5.3	REDAZIONE DELLA CARTOGRAFIA GEOMORFOLOGICA	49
5.4	DESCRIZIONE DELLE FORME E DEI PROCESSI	49
5.4.1	<i>Forme di versante dovute alla gravità</i>	51
5.4.2	<i>Forme fluviali e di versante dovute alle acque superficiali</i>	51
5.4.3	<i>Forme strutturali</i>	53
5.4.4	<i>Forme antropiche</i>	53
<b>6</b>	<b>COMPATIBILITÀ GEOMORFOLOGICA (VERIFICA PAI, IFFI, PSC)</b>	<b>55</b>
6.1	PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO	55

6.2	CONSIDERAZIONI SULLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA	55
6.3	DISTRETTO IDROGRAFICO APPENNINO SETTENTRIONALE – UNIT OF MANAGEMENT OMBRONE (ITADBR093) – PROGETTO PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI	56
6.4	PIANO STRUTTURALE COMUNE DI GROSSETO	59
6.5	PIANO STRUTTURALE COMUNE DI MAGLIANO IN TOSCANA	68
6.6	PIANO STRUTTURALE COMUNE DI ORBETELLO	74
6.7	INVENTARIO FENOMENI FRANOSI IN ITALIA (PROGETTO IFFI)	78
<b>7</b>	<b>REDAZIONE DELLA CARTOGRAFIA GEOLOGICA</b>	<b>81</b>
<b>8</b>	<b>DESCRIZIONE DELLA STRATIGRAFIA DELL'AREA</b>	<b>83</b>
8.1	COPERTURE SENZA ATTRIBUZIONE DI ETÀ	85
8.2	DEPOSITI QUATERNARI	85
8.3	DEPOSITI NEOGENICI	86
8.4	UNITÀ TETTONICHE SUBLIGURI	86
8.5	UNITÀ TETTONICHE TOSCANE	86
<b>9</b>	<b>DESCRIZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA IN ASSE AL TRACCIATO</b>	<b>90</b>
9.1	GEOLOGIA	90
9.2	GEOMORFOLOGIA	92
<b>10</b>	<b>PRINCIPALI ELEMENTI GEOLOGICI DI INTERESSE INGEGNERISTICO</b>	<b>94</b>
<b>11</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>97</b>

## 1 INTRODUZIONE

Il presente studio è stato redatto a supporto della progettazione definitiva del Nuovo Corridoio Tirrenico A12, in un tratto che inizia in corrispondenza dello svincolo di Grosseto sud (400 metri a nord) e che termina circa due chilometri a nord dell'abitato di Fonteblanda (Fig. 1).

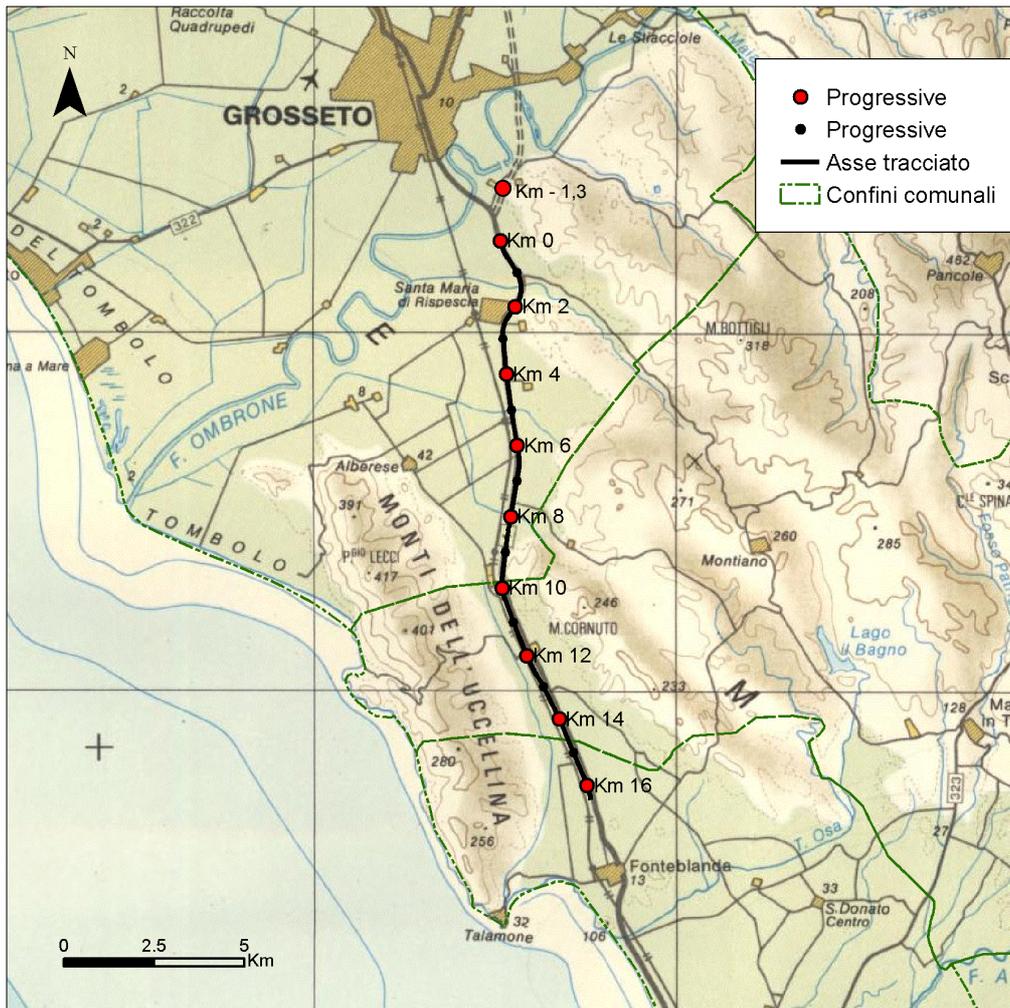


Fig. 1 – Inquadramento geografico dell'area del lotto 4.

Il tracciato ricade nell'area nei comuni di Grosseto, Magliano in Toscana ed Orbetello. Lo studio è stato condotto su una fascia di territorio che si sviluppa per una lunghezza di circa 17,700 km ed un'ampiezza di circa 1 km a cavallo dell'attuale tracciato stradale.

Lo scopo del lavoro consiste nell'illustrare gli elementi geologici, strutturali, geomorfologici utili a focalizzare i principali aspetti progettuali riconducibili alla natura ed alle caratteristiche dei terreni attraversati dal tracciato.

La relazione contiene anche un capitolo di sismica generale, che inquadra il territorio dal punto di vista della sismicità. In generale la presente relazione descrive quanto rappresentato negli elaborati geologici, geomorfologici, e nel profilo longitudinale geologico (scala 1:5000 e 1:5000/500) allegati al progetto.

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 geomeccanica degli ammassi rocciosi, la caratterizzazione delle terre provenienti dagli scavi in ordine alla loro possibile riutilizzabilità, la definizione del modello geotecnico e i criteri per la scelta delle fondazioni delle opere, delle 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.

## 2 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA' SVOLTE

Nei paragrafi successivi vengono elencate e descritte in dettaglio tutte le attività conoscitive svolte per la compilazione del presente studio. Gli aspetti idrogeologici sono trattati in una apposita relazione. Nei successivi paragrafi vengono elencate e descritte in dettaglio tutte le attività conoscitive svolte per la compilazione del presente studio.

### 2.1 RACCOLTA DEI DATI PREGRESSI

I dati sono stati raccolti dalle seguenti fonti:

- cartografia geologico - geomorfologica e relazione geologico - geomorfologica relativa alle fasi progettuali precedenti;
  - fotografie aeree a colori realizzate nell'ambito degli studi per l'opera in progetto (CGR scala di circa 1:14.000);
- fotografie aeree relative ai voli 1976 EIRA in b/n alla scala approssimativa di 1:13.000;
- Università degli Studi di Firenze relativamente alle seguenti tematiche:
  - Carta Geologica Nazionale in scala 1:100.000 fogli. Letteratura relativa alla caratterizzazione geologica, strutturale, litologica ed idrogeologica dell'area in oggetto, come riportato in bibliografia;
  - Cartografia geologica: - Carta Strutturale dell'Appennino Settentrionale alla scala 1:250.000 CNR, 1982;
  - Articoli in bibliografia.
- Regione Toscana
  - Carte geologiche in scala 1:10.000 realizzate nell'ambito del progetto di cartografia geologica della Regione Toscana - Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000;
  - censimento delle cavità carsiche (in collaborazione con la Federazione Speleologica Toscana) (Cartoteca e Geoscopio Regione Toscana);
  - Progetto Piano di Gestione Rischio alluvioni: Distretto Appennino Settentrionale;
  - Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dei bacini Toscana Nord, Toscana Costa e Ombrone
  - Banca Dati Sottosuolo e Risorse Idriche della Regione Toscana (BDSRI);
  - Comuni di Grosseto, Magliano in Toscana ed Orbetello: consultazione della cartografia geologico-geomorfologica ed idrogeologica disponibile a supporto degli strumenti urbanistici (Piani Strutturali);
  - Provincia di Grosseto: PTCP.

- Sito internet dell'Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia (INGV) relativamente agli aspetti sismici dell'area:
  - Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 1000 - 2014 (<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>)
  - Database Macrosismico Italiano dal 1000 al 2014 - <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>;
  - Database parametrico e strumentale della sismicità italiana - ISIDE;
- Strutture sismogenetiche: Database DISS3.2 (Database of Individual Seismogenic Sources);
- Prevenzione del Rischio Sismico: Classificazione Sismica Regionale (Regione Toscana) - <http://www.regione.toscana.it/-/classificazione-sismica-della-toscana>;
- Protezione Civile: Classificazione sismica nazionale (aggiornamento 2015);
- ISPRA Ambiente: Catalogo Faglie Capaci (Progetto ITHACA), Baca Dati Sink – Holes
- Banca dati Inventario Fenomeni Franosi (IFFI) – SINAnet

## **2.2 ATTIVITÀ SVOLTE IN SITU**

Per la redazione del presente lavoro sono state eseguite le seguenti attività:

- analisi diretta del materiale carotato nel corso dei sondaggi della campagna geognostica realizzata per il presente progetto definitivo;
- attività di rilevamento geologico e geomorfologico;
- verifica ed integrazione dei dati emersi dal rilevamento geologico e geomorfologico, in scala 1:5.000, sulla base delle risultanze della campagna di indagini geognostiche.

## **2.3 INDAGINI GEOGNOSTICHE**

Per la redazione del progetto definitivo, ci si è avvalsi di una campagna di indagini geognostiche (indagini in sito e prove di laboratorio) appositamente predisposta lungo tutto il tratto oggetto di studio nelle diverse fasi progettuali (2003-2004 Progetto Preliminare, 2009 Progetto Preliminare, 2010 Progetto Definitivo) e di una serie di indagini bibliografiche reperite presso enti pubblici (Banca Dati Sottosuolo e Risorse Idriche della Regione Toscana – BDSRI).

Tutte le indagini sono state ubicate plano-altimetricamente in una apposita cartografia tematica allegata al progetto. I dati tecnici della documentazione geognostica sono sintetizzati di seguito.

Si specifica inoltre che 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) per quanto riguarda la caratterizzazione geotecnica delle terre e delle rocce; dall'ingegnere responsabile dell'ufficio idraulica (IDR) per quanto riguarda l'idrologia sotterranea e dall'ingegnere responsabile del monitoraggio ambientale (AEM) per quanto riguarda la caratterizzazione chimica delle acque e delle terre da scavo.

### 2.3.1 Indagini di progetto

Le indagini geognostiche eseguite per la progettazione del Nuovo Corridoio Tirrenico nel tratto compreso tra Fonteblanda e Grosseto, fanno riferimento, come di seguito descritto, a diverse fasi temporali.

*Indagini finalizzate alla progettazione preliminare dell'Autostrada A12 nel tratto compreso tra Civitavecchia e Rosignano (FASE A, campagna 2003) e nel tratto compreso tra Civitavecchia e Grosseto (Fase B, campagna 2004)*

Tali indagini furono eseguite in due lotti distinti, per un totale di 23 sondaggi a carotaggio spinti a profondità variabili e fino a 30 m, 20 pozzetti esplorativi superficiali e 10 prove penetrometriche statiche. In tale contesto furono eseguite anche prove in foro tipo spt, fu installata della strumentazione piezometrica (oggi non più reperibile), furono eseguite prove di carico su piastra e prove geotecniche di laboratorio sia su campioni indisturbati, sia su campioni rimaneggiati prelevati nel corso delle perforazioni e degli scavi. Della documentazione disponibile 3 sondaggi di Fase A , 1 sondaggio di Fase B e 3 pozzetti di fase B ricadono in prossimità dell'attuale fascia di studio. La tabella seguente illustra le principali caratteristiche delle indagini menzionate e riportate nella documentazione cartografica di progetto.

Indagine	Profondità (m da p.c.)	Strumentazione
A1-S17	25	TA - cieco (0.00-6.00) finestrato (6.00-25.00)
A1-S18	25	TA - cieco (0.00-6.00) finestrato (6.00-25.00)
A1-S19	30	TA - cieco (0.00-12.00) finestrato (12.00-30.00) n.1 Cella (9.00)
B1-S20	25	TA - cieco (0.00-0.5) finestrato (0.5 – 9.5.00) n.1 Cella (24.5)

Indagine	Profondità (m da p.c.)	Strumentazione
B3-Pz6, B3-Pz8, B3-Pz9		

*Indagini finalizzate alla progettazione preliminare dell'Autostrada A12 nel tratto compreso tra Civitavecchia e Grosseto (FASE C, campagna 2009)*

Di tali indagini ricadono nell'area di studio n. 3 sondaggi e n. 3 pozzetti. La documentazione relativa a tali indagini comprende le risultanze di prove in foro tipo spt, prove di permeabilità tipo Lefranc e Lugeon, l'installazione di strumentazione piezometrica (oggi solo in parte reperibile), oltre ai certificati delle prove geotecniche di laboratorio eseguite sui campioni indisturbati e rimaneggiati prelevati nel corso delle perforazioni e degli scavi. La tabella seguente illustra le principali caratteristiche delle indagini menzionate e riportate nella documentazione cartografica di progetto.

Indagine	Profondità (m da p.c.)	Strumentazione
C-S20	25	TA - cieco (0.00-3.00) finestrato (3.00-9.00) TA - cieco (0.00-13.00) finestrato (13.00-25.00)
C-S21	35	TA - cieco (0.00-3.00) finestrato (3.00-35.00)
C-S23	35	TA - cieco (0.00-3.00) finestrato (3.00-30.00)
C-Pz13, C-Pz14, C-Pz15		

*Indagini finalizzate alla progettazione definitiva dell'Autostrada A12 nel tratto oggetto del presente studio (campagna 2010)*

Per l'intero tratto esteso da Grosseto a Pescia Romana, è stata sviluppata una campagna di indagini geognostiche (indagini in sito e prove di laboratorio), condotta nella primavera-estate 2010. La campagna di indagini, è stata suddivisa in quattro sub-lotti, distinti da nord verso sud in lotto 4/2, 4/1, 5/2 e 5/1, nel tratto oggetto di studio ricadono le indagini eseguite nel sub-lotto 4/2 e parzialmente 4/1.

Nel tratto in esame sono stati realizzati complessivamente n. 26 sondaggi geognostici, dei quali 24 eseguiti a carotaggio continuo ed 2 a distruzione di nucleo spinti a profondità variabili fino a 40 m da p.c, e 20 pozzetti esplorativi superficiali.

Nei fori di sondaggio, sono state eseguite prove di permeabilità tipo Lefranc, prove pressiometriche di tipo Menard, prove penetrometriche dinamiche tipo SPT, oltre al prelievo di campioni rimaneggiati e indisturbati. I fori di sondaggio sono stati generalmente attrezzati con strumentazione piezometrica dedicata al monitoraggio della falda; in alcuni casi è stata anche installata la tubazione per l'esecuzione di prove sismiche in foro tipo Cross - Hole.

Sui campioni prelevati in sondaggio ed in pozzetto è stata eseguita una caratterizzazione geotecnica comprendente prove fisiche e meccaniche finalizzate alla determinazione delle caratteristiche di resistenza e di compressibilità dei litotipi attraversati. Sono state inoltre eseguite prove cicliche finalizzate alla determinazione alle caratteristiche di deformabilità in ambito dinamico, nonché prove di compattazione e portanza finalizzate al riutilizzo e recupero delle terre da scavo. Sono state infine effettuate analisi chimico ambientali del terreno e dell'acqua di falda, in accordo alla normativa ambientale (DL 152/2006 e succ.).

La tabella seguente illustra le principali caratteristiche delle indagini menzionate e riportate nella documentazione cartografica di progetto.

<b>Indagine</b>	<b>Profondità (m da p.c.)</b>	<b>Strumentazione</b>
4/2-SD3	20	TA - cieco (0.00-3.00) finestrato (3.00-20.00)
4/2-SD4	21	TA - cieco (0.00-3.00) finestrato (3.00-21.00)
4/2-SD5	40	Tubo in PVC per CH (0-40)
4/2.SD5bis	40	Tubo in PVC per CH (0-40)
4/2-SD6	25	TA - cieco (0.00-3.00) finestrato (3.00-25.00)
4/2-SD7	29	TA - cieco (0.00-3.00) finestrato (3.00-29.00)
4/2-SD8	30	TA - cieco (0.00-3.00) finestrato (3.00-30.00)
4/2-SD9	20	n. 1 Cella (19.00)
4/2-SD10	20	TA - cieco (0.00-3.00) finestrato (3.00-20.00)
4/2-SD11	20	TA - cieco (0.00-4.00) finestrato (4.00-20.00)
4/2-SD12	35	TA - cieco (0.00-3.00) finestrato (3.00-35.00)
4/2-SD13	20	TA - cieco (0.00-3.00) finestrato (3.00-20.00)
4/2-SD14	25	TA - cieco (0.00-4.00) finestrato (4.00-25.00)
4/2-SD15	25	TA - cieco (0.00-3.00) finestrato (3.00-21.50.00)
4/2-SD16	35	Tubo in PVC per CH (0-35)
4/2-SD16bis	35	Tubo in PVC per CH (0-35)
4/2-SD17	20	TA - cieco (0.00-4.00) finestrato (4.00-10.00) n.1 Cella (17.5)
4/2-SD18	30	TA - cieco (0.00-3.00) finestrato (3.00-30.00)
4/2-SD19	25	TA - cieco (0.00-3.00) finestrato (3.00-25.00)
4/2-SD20	25	TA - cieco (0.00-3.00) finestrato (3.00-25.00)
4/2-SD21	25	TA - cieco (0.00-3.00) finestrato (3.00-25.00)
4/2-SD22	35	n.1 Cella (32.50)
4/2-SD23	20	TA: cieco (0.00-3.00) finestrato (3.00-17.00)
4/2-SD24	25	n.1 Cella (14.00)
4/1-SD1	20	TA - cieco (0.00-3.00) finestrato (3.00-20.00)
4/1-SD2	20	TA - cieco (0.00-3.00) finestrato (3.00-8.50) TA - cieco (0.00 -17.00) finestrato (17.00-20.00)
4/2-Pzd4, 4/2-Pzd4bis, 4/2-Pzd5, 4/2-Pzd8, 4/2-Pzd10, 4/2-Pzd11, 4/2-Pzd13, 4/2-Pzd13bis, 4/2-Pzd14, 4/2-Pzd15, 4/2-Pzd18, 4/2-Pzd21, 4/2-Pzd22, 4/2-Pzd23, 4/2-Pzd25, 4/2-Pzd27, 4/1-Pzd1, 4/1-Pzd2, 4/1-Pzd3, 4/1-Pzd4		

Indagini finalizzate alla progettazione definitiva dell'Autostrada A12 nel tratto oggetto del presente studio (campagna 2016)

Per l'intero tratto di progetto nella primavera 2016 è stata condotta una campagna di indagini finalizzata al prelievo di campioni da sottoporre ad analisi chimiche di tipo ambientale (DM 471/1999, Dlgs. 152/2006, e successive ), nel complesso sono stati eseguiti 34 scavi eseguiti con trivella manuale e prelevati 73 campioni.

• **Indagini ex. Lotto3**

Indagini bibliografiche

Le informazioni geognostiche bibliografiche provengono sostanzialmente da documentazione ANAS relativa a progetti di adeguamento della SS1 Aurelia, di seguito si riporta una sintesi:

- Indagini ANAS (1975) – “Lavori di Adeguamento tra Grosseto e Follonica, variante esterna all’abitato di Grosseto tra le progressive 176+920 (Località Spadino) e 194+550 (Località Braccagni)”. Nel tratto oggetto di studio ricade n. 1 sondaggio geognostici eseguito a carotaggio (SA);
- Indagini ANAS (1986) – “Lavori di Adeguamento tra Grosseto e Follonica variante esterna all’abitato di Grosseto tra le progressive 176+920 (Località Spadino) e 194+550 (Località Braccagni)”. Nel tratto oggetto di studio ricadono n. 2 sondaggi geognostici eseguiti a carotaggio continuo (S1 ed S2) n. 3 prove penetrometriche (P1, P2, P3).
- Banca Dati Sottosuolo e Risorse Idriche della Regione Toscana (BDSRI).
- Indagini finalizzate alla progettazione definitiva dell'Autostrada A12 nel tratto oggetto del presente studio (campagna 2010)

La tabella seguente illustra le principali caratteristiche dei sondaggi eseguiti e riportati nella documentazione cartografica di progetto

Indagine	Profondità (m da p.c.)	Strumentazione
3/1-Sd18quater	20	TA – cieco (0-3) finestrato (3-20)
3/1-SD19	30	TA – cieco (0-7.5) finestrato (7.5-30)
4/2-SD1	32	TA – cieco (0-3) finestrato (3-32)
4/2-SD2	20	TA – cieco (0-3) finestrato (3-20)

### 3 GEOLOGIA

#### 3.1 INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO E TETTONICO GENERALE

Da un punto di vista geologico, la Toscana Meridionale appartiene alla catena appenninica, che è considerato un “thrust-and fold belt” derivato dalla collisione tra la Placca Europea e la Placca Africana (Adria).

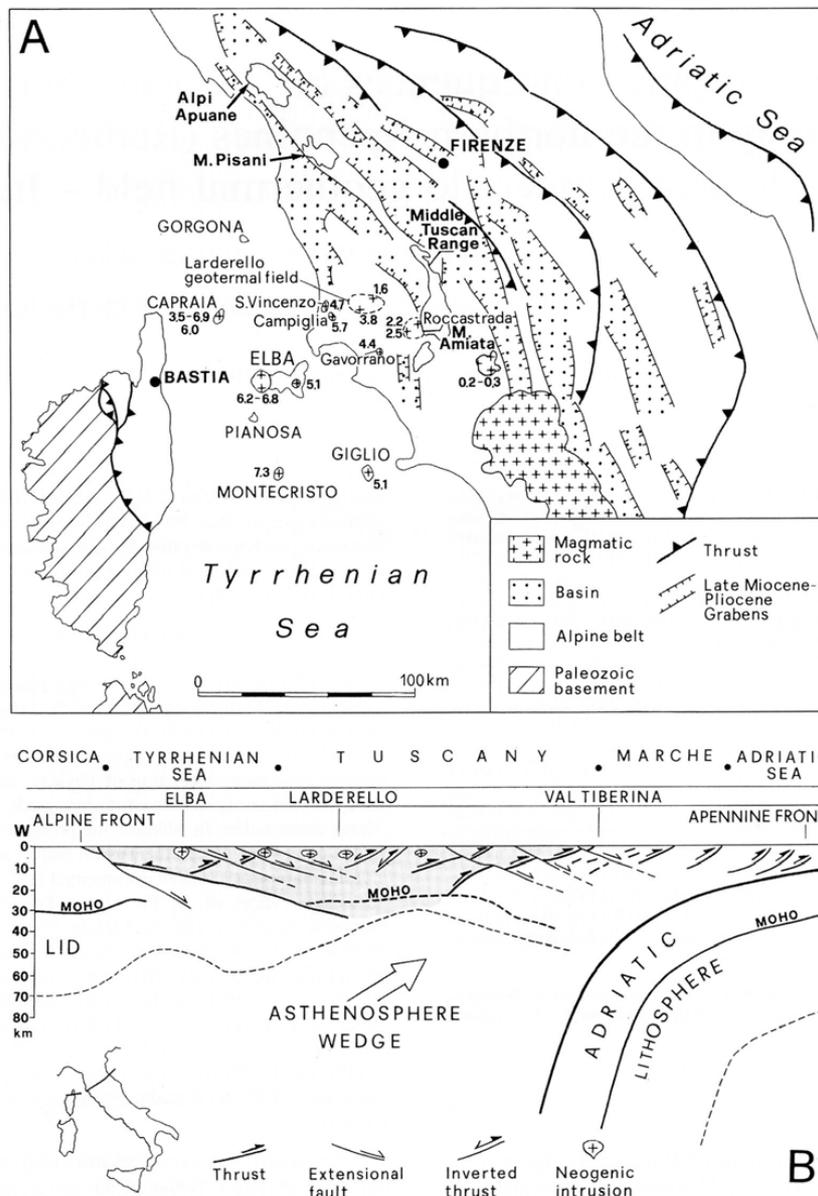


Fig. 2 - Schema geologico - strutturale della Toscana.

La storia geologica dell'Appennino Settentrionale e quindi anche della Toscana Meridionale, comprende diverse fasi deformative che si sviluppano dal Trias fino al Neogene, per un periodo di tempo di circa 220 ma.

Nelle colline Metallifere è riconoscibile un tratto di catena, il Paleoappennino, generatosi nell'intervallo Eocene sup. - Miocene inf. per effetto della collisione fra il Margine Europeo e la Microplacca Adria ed entrato in regime di collasso post-collisionale a partire dalla fine del Miocene inferiore.

I movimenti verificatisi durante gli eventi pre e sin-collisionali hanno contribuito alla costruzione di un edificio a falde il cui modello prevede la presenza, al di sopra dell'Unità della Falda Toscana, di Unità appartenenti al Dominio Ligure e Subligure.

Il corrugamento di queste Unità si è verificato, procedendo dal Bacino Ligure verso l'Avampaese Adriatico, dal Cretacico superiore all'Eocene superiore, fino cioè alla completa chiusura del bacino Ligure. Gli eventi deformativi che cadono in questo intervallo di tempo sono spesso indicati con il nome di "Fasi Liguri".

Nell'Oligocene si struttura, in corrispondenza del margine della placca adriatica, un sistema orogenico "Thrust-Avanfossa", che contraddistingue la fase collisionale. All'interno di questo sistema si sviluppa una sedimentazione, prevalentemente clastica e torbiditica, nell'ambito di bacini di avanfossa fortemente subsidenti, posti nelle zone di avampaese, ed in bacini più piccoli, detti bacini satelliti, a più debole subsidenza, posti sulla catena (Ricci Lucchi, 1986). Il sistema "Catena - Avanfossa" nord-appenninico ha subito dall'Oligocene al Quaternario, una migrazione verso l'avampaese, con spostamento verso est del depocentro deposizionale e graduale ricoprimento e corrugamento dei settori di avanfossa più occidentali (Ricci Lucchi, 1986; Boccaletti et alii, 1990; Cornamusini, 2001). Gli eventi deformativi che coincidono con la fase collisionale vengono spesso indicati col il nome di "Fasi Appenniniche".

Durante il Miocene inferiore si determina l'accavallamento delle Unità Subliguri e Liguri sul Domino Toscano: quest'ultimo subisce un forte corrugamento e va a sovrapporsi al domino Umbro-Marchigiano. Le colline Metallifere, si configurano nel Miocene inferiore come un edificio a falde che sarà, più tardi, in gran parte smantellato dalla tettonica distensiva.

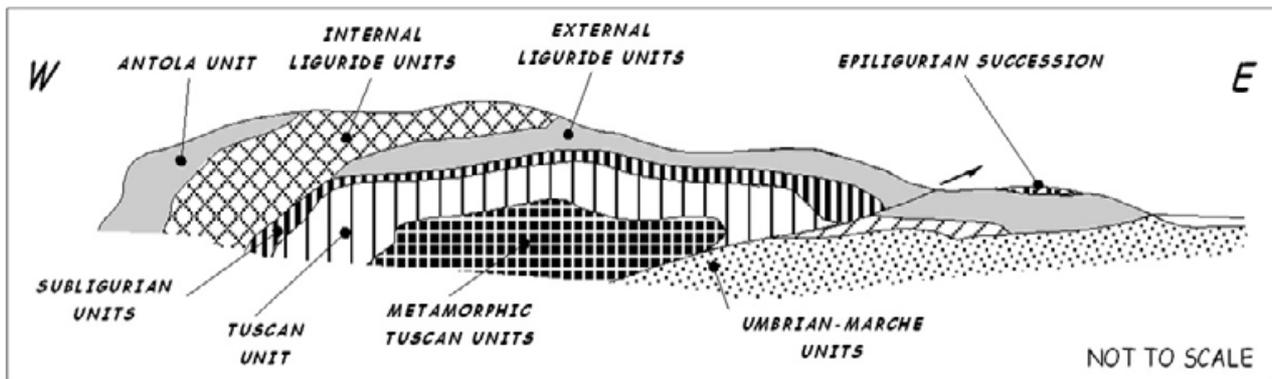


Fig. 3 - Ricostruzione schematica dell'impilamento tettonico tradizionalmente riconosciuto in Appennino Settentrionale

La configurazione originaria è stata approssimativamente ricostruita in questa regione attraverso l'individuazione di più unità tettoniche sovrapposte l'una sull'altra secondo il seguente ordine a partire dall'alto:

- Unità Liguri: affiorano alla sommità dell'impilamento tettonico, al di sopra delle Unità Subliguri e della Falda Toscana. Costituiscono i domini più interni dell'Appennino e sono rappresentative del Domino Oceanico Ligure Piemontese (interposto tra le placche Europea e Adria), sviluppatosi durante fasi di rifting Giurassico - Cretaciche. La chiusura del bacino oceanico, attivatasi a partire dal Cretaceo superiore e durata fino all'Eocene medio - superiore, congiuntamente alla successiva fase di collisione continentale oligo - miocenica, hanno determinato l'attuale strutturazione in falde.
- Unità Subliguri: sono rappresentate da una successione terziaria che in Toscana Meridionale si presenta sempre scollata dalla propria base pre - cretacea ed è considerata come derivata da un dominio intermedio tra quello Toscano (riferibile al margine continentale della placca Adria) e quello Ligure esterno (riferibile alla transizione oceano-continente). Molto probabilmente il Dominio Subligure faceva parte di un settore caratterizzato da crosta assottigliata appartenente al margine continentale della placca Adria.

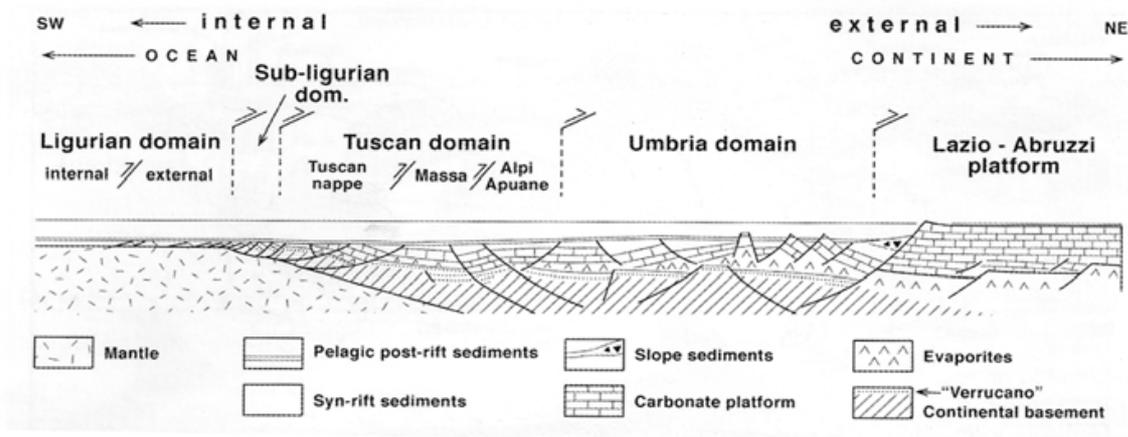


Fig. 4 - Schema paleogeografico del margine continentale della placca Adria con la localizzazione del Domino Subligure.

- Unità Toscana non metamorfica: conosciuta anche come Falda Toscana, costituisce la copertura del Dominio Toscano, rappresentativa del margine continentale della placca Adria prospiciente l'oceano Ligure - Piemontese. La successione stratigrafica caratteristica di questa Unità registra l'evoluzione del margine Adria come margine passivo, che subisce frammentazione, estensione e approfondimento legati all'apertura del dominio oceanico adiacente. Sul basamento metamorfico deformato si depone quindi una successione triassico - cretacea che comprende depositi evaporitici, fluviali e marini superficiali, oltre a depositi pelagici di mare aperto. L'inizio della convergenza tra le placche europea ed africana e la chiusura del bacino Ligure - Piemontese (Cretaceo superiore) è registrata da potenti spessori di depositi torbiditici. La successione completa della Falda Toscana triassico - miocenica è ben esposta nella porzione settentrionale dell'Appennino Toscano, mentre è rappresentata solo localmente in Toscana meridionale dove la successione tipica è rappresentata da una "Sequenza ridotta" (Signorini, 1949; Decandia et al., 1993), in cui tutta la sequenza giurassico - oligocenica manca e le Liguridi poggiano direttamente sopra i depositi evaporitici triassici (Anidriti di Burano e Calcare Cavernoso). La sedimentazione della successione della Falda Toscana si chiude con i depositi torbiditici della Formazione del Macigno.
- Basamento metamorfico: è costituito dall'Unità Toscana metamorfica, conosciuta anche come Unità di Monticiano - Roccastrada, e dal complesso gneissico (Bertini et al., 1994). L'Unità Toscana metamorfica è rappresentata da una successione metamorfica che comprende rocce la cui età va dal Paleozoico fino al Terziario. La successione dell'Unità Toscana metamorfica può essere suddivisa in quattro gruppi, di questi nell'area di studio affiora il Gruppo del

Verrucano (Trias inferiore-medio) costituito principalmente da Filladi, quarziti e mataconglomerati di ambiente continentale.

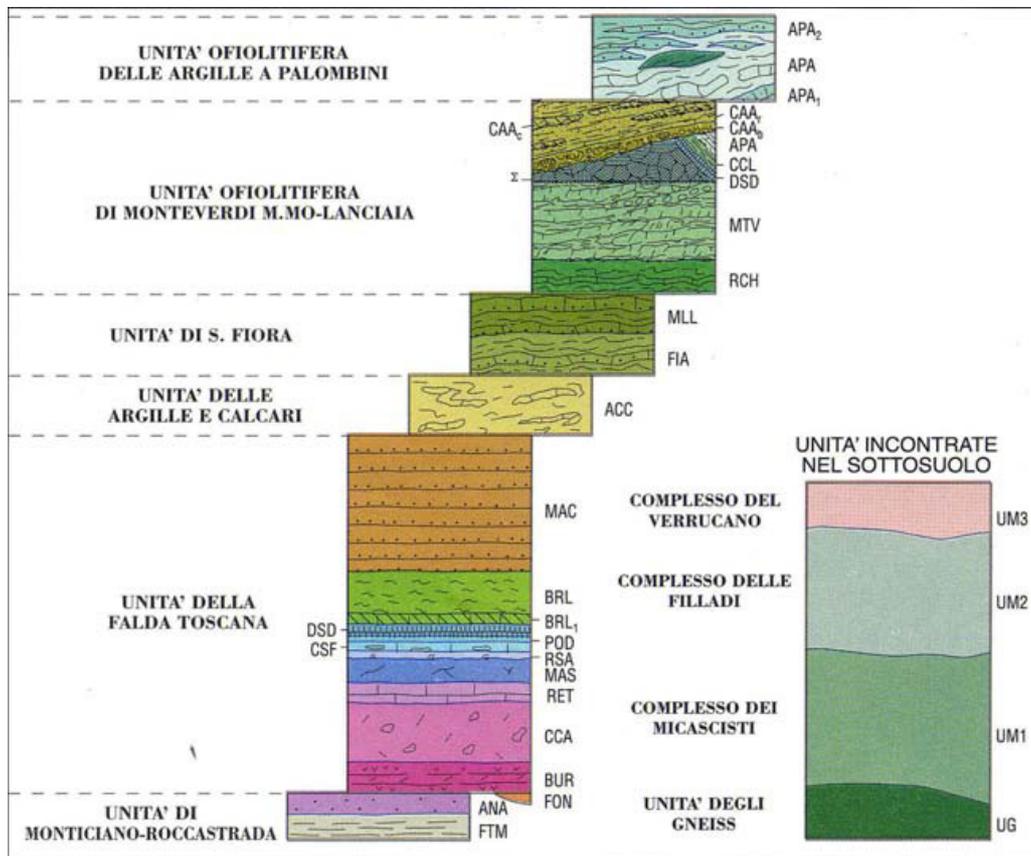


Fig. 5 - Schema dei rapporti tra unità tettoniche Liguri e Subliguri con la Falda Toscana, così come osservate in Toscana meridionale (Foglio 306 Massa Marittima)

Successivamente alla tettonica compressiva, a partire dal Miocene medio, ha inizio una tettonica estensionale caratterizzata dalla sviluppo di faglie a basso angolo che provocano la laminazione tettonica della struttura preesistente.

Nel Miocene superiore si instaura un'ulteriore tettonica estensionale che ha come risultato la creazione di bacini sedimentari che risultano delimitati da faglie dirette ad alto angolo, bacini che vengono progressivamente colmati da successioni del Tortoniano - superiore – Pliocene Medio. Questa tettonica estensionale è responsabile dell'apertura del bacino Tirrenico.

La tettonica estensionale mio - pliocenica non è associata solo allo sviluppo di faglie dirette e bacini sedimentari, ma anche da un diffuso magmatismo che, al pari del fronte compressivo e della tettonica estensionale, migra progressivamente da ovest verso est.

### 3.2 ASSETTO STRUTTURALE

L'assetto strutturale attuale della Toscana Meridionale è dominato dalle deformazioni legate alla tettonica distensiva post-collisionale che nel Neogene e nel Quaternario ha determinato il collasso e lo smembramento di questo ampio settore della catena Nord-Appenninica.

Recenti studi pongono l'inizio di tali eventi deformativi in regime di distensione alla fine del Miocene inferiore (Carmignani et alii, 1994; Elter e Sandrelli, 1995). A partire da questo momento sono stati distinti nella Toscana meridionale due diversi eventi distensivi, (Bertini et alii, 1991). Durante il primo evento (Miocene inferiore – Tortoniano superiore) si è verificata una delaminazione della crosta superiore ad opera di faglie dirette a basso angolo (Decandia et alii, 1993), che ha portato allo sviluppo della cosiddetta "Serie ridotta" (elisione di forti spessori di successione stratigrafica e diretta sovrapposizione delle Unità Liguri sulla formazione anidritica triassica o addirittura sui termini superiori dell'Unità di Monticiano - Roccastrada). Durante il secondo evento (Tortoniano superiore – Pleistocene medio) si sono sviluppate faglie a geometria listrica che hanno dato origine ad un sistema di fosse tettoniche, sub parallele, allungate in direzione NW-SE, la cui apertura non si è verificata contemporaneamente ma è proceduta gradualmente da occidente ad oriente.

Nella Toscana meridionale esiste un'ampia documentazione che attesta che l'evoluzione sedimentaria neogenica - quaternaria è stata in gran parte condizionata da movimenti verticali della crosta, indotti dalla tettonica distensiva post-collisionale, con conseguenti variazioni relative del livello del mare (Bossio et alii, 1998).

Molto più difficile risulta documentare gli effetti della ciclicità eustatica sulla sedimentazione, proprio perché obliterati dall'attività tettonica. Sulla base delle analisi di facies e della identificazione delle discontinuità di carattere regionale la successione sedimentaria neogenico - quaternaria della Toscana meridionale è stata suddivisa (Bossio et alii, (1998)) in otto unità stratigrafico - deposizionali relative all'intervallo Tortoniano superiore – Pleistocene inferiore.

Come in tutta la Toscana meridionale, anche nell'area in esame gli effetti della tettonica distensiva post-collisionale si sovrappongono decisamente a quelli degli eventi tettonici precedenti, rendendoli in alcuni casi del tutto incomprensibili. Gli elementi tettonici più recenti sono quelli che maggiormente concorrono a definire l'assetto morfostrutturale dell'area.

### 3.2.1 Tettonica distensiva post collisionale

Nel versante Tirrenico dell'Appennino Settentrionale la collisione continentale si è conclusa nell'Aquitaniense e gli eventi deformativi successivi si sono sviluppati in regime di distensione a partire dal Miocene inferiore (Carmignani et alii, 1995; 1996). Da questo momento il Tirreno Settentrionale e la parte interna dell'Appennino Settentrionale sono stati interessati, fino al Quaternario, da un'intensa tettonica distensiva accompagnata da attività magmatica.

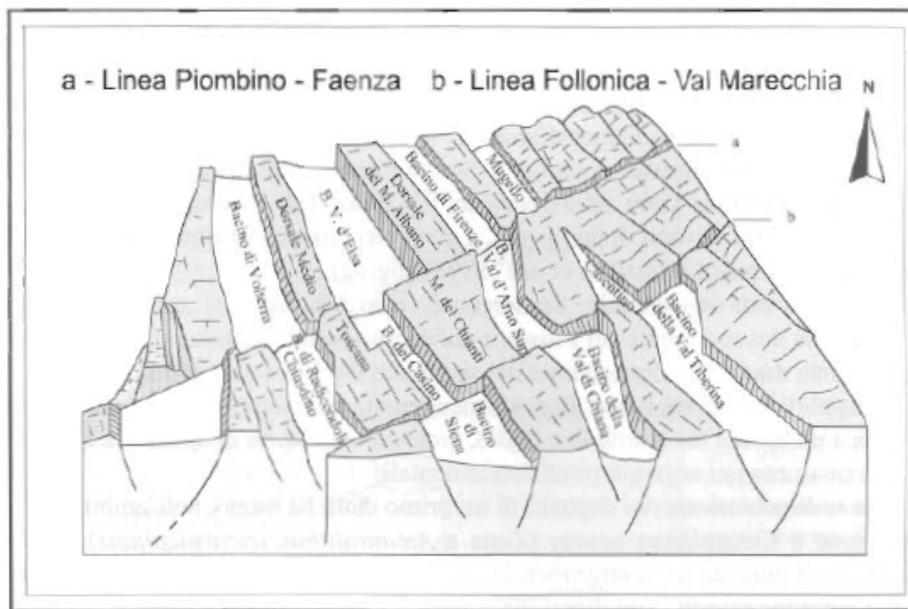


Fig. 6 - Stereogramma strutturale schematico non in scala, mostrante i probabili rapporti delle linee trasversali dell'Appennino Settentrionale con le strutture rigide distensive e con quelle plicative

#### Tettonica distensiva Plio - Pleistocenica

I depositi marini pliocenici, costituiscono nell'area di studio affioramenti discontinui e poco estesi; essi rappresentano i resti di un intenso processo erosivo, iniziato alla fine del Pliocene Medio, per un generale sollevamento che ha interessato gran parte della Toscana Meridionale. La sedimentazione di questi depositi ha inizio in bacini costituiti da semi-graben la cui evoluzione è legata a faglie sin sedimentarie.

#### Tettonica distensiva del Miocene inferiore e medio: la "Serie Ridotta"

Tutte le strutture precedentemente descritte dislocano superfici tettoniche più antiche. Queste ultime sono rappresentate o da superfici di accavallamento tettonico o da superfici di discordanza tettonica che mettono a contatto porzioni superiori dell'insieme delle Unità Liguri s.l. con porzioni inferiori della Successione Toscana o direttamente con il Basamento Metamorfico Toscano.

Queste situazioni, esprimono fenomeni tettonici di omissione di successione stratigrafica e sono quindi interpretabili come effetti di faglie dirette. La serie ridotta sembra rappresentare il fenomeno distensivo più importante nella Toscana Meridionale (fig. 7).

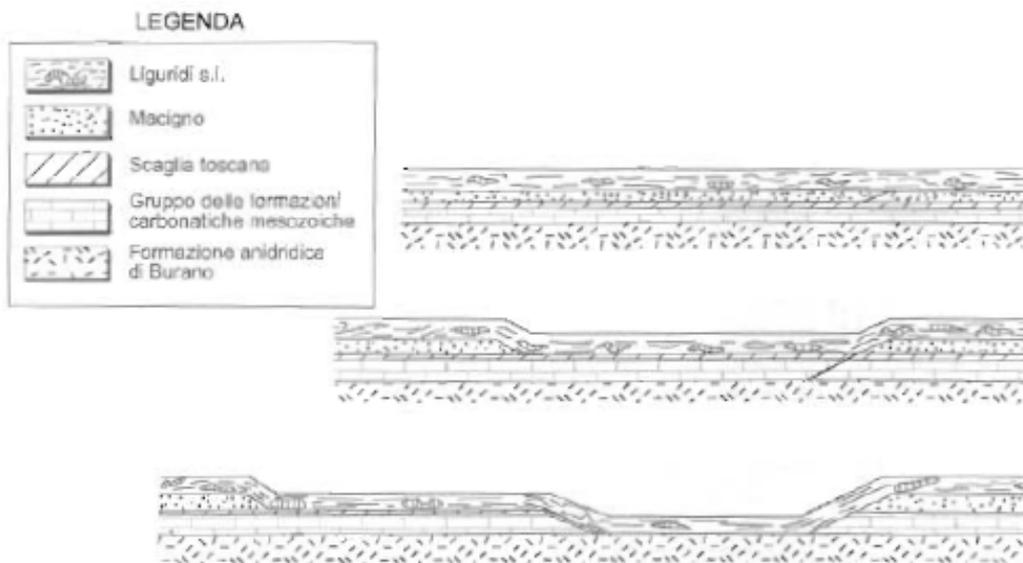


Fig. 7- Meccanismo semplificato di formazione della "serie ridotta" tramite superfici di scorrimento alla base delle liguridi e lungo i livelli incompetenti della successione toscana (Bertini et alii, 1991)

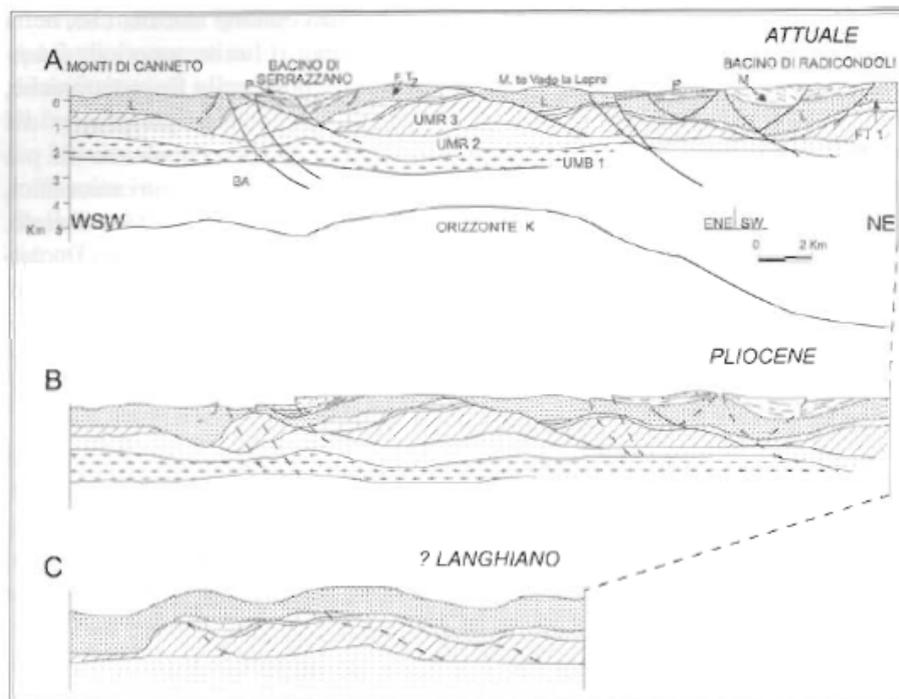


Fig. 8 - Caratteri evolutivi della tettonica distensiva dal Langhiano (Miocene medio) all'attuale. (Baldi et alii, 1994)

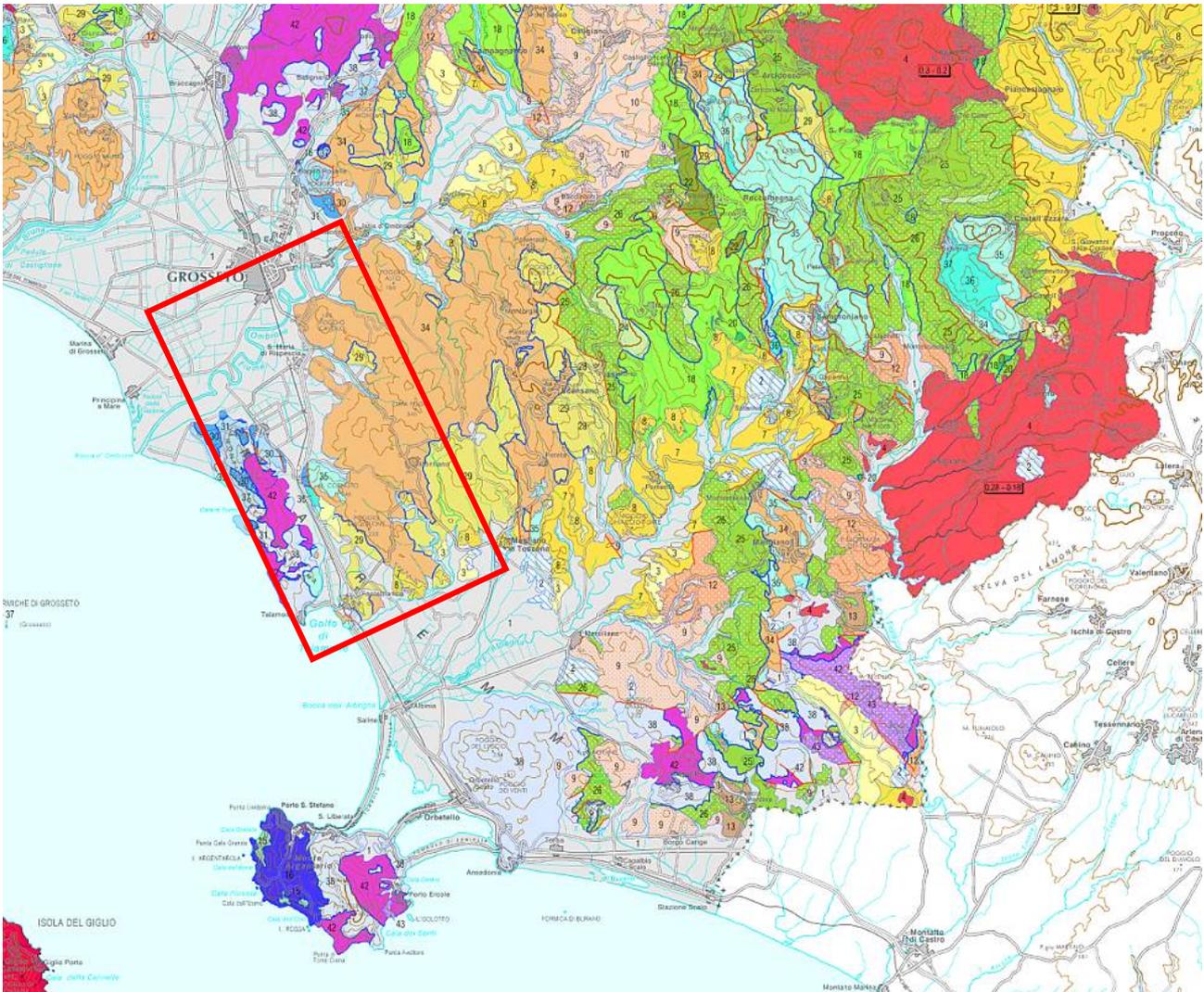
### **3.2.2 Tettonica compressiva pre e sin - collisionale**

Gli effetti della tettonica compressiva, riferibile alla chiusura dell'Oceano Ligure ed alla collisione dei margini europeo ed africano, sono osservabili nell'area in esame, nelle coperture a Facies Ligure, Subligure e Toscana, che risultano piegate ed accavallate l'una sull'altra, costituendo un importante edificio a falde. Conoscenze, sia pure meno dettagliate, si hanno anche sul cosiddetto "Basamento Metamorfico".

A causa dell'intensa tettonica distensiva che ha interessato l'edificio orogenetico, le strutture compressive riferibili alla tettonogenesi appenninica sono state in gran parte obliterate dalle faglie dirette a basso ed alto angolo.

### **3.3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA DI STUDIO**

Il lotto in esame si colloca nella parte settentrionale di quella porzione di tracciato della nuova Autostrada Tirrenica compreso tra la zona dello svincolo di Grosseto sud e l'abitato di Fonteblanda. Questo ampio areale si colloca nella parte emersa più interna dell'Appennino Settentrionale. Le caratteristiche geomorfologiche di questo settore, quindi, riflettono intensi processi endogeni che hanno portato alla strutturazione di questa catena orogenetica sulla quale sostanzialmente si sviluppa l'intero territorio toscano. Su questo principale *imprinting* strutturale e geodinamico, realizzatosi in varie decine di milioni di anni, si sono sovrapposti fenomeni esogeni, determinati da cambiamenti climatici ed oscillazioni del livello marino, che negli ultimi milioni di anni hanno concorso a definire le odierne caratteristiche fisiche di quest'area .



*Fig. 9 - Stralcio della Carta Geologica della Toscana in scala 1:250.000 comprendente il tratto Grosseto-Orbetello con ubicazione dell'area in esame.*

Nello specifico il tracciato del lotto 4 attraversa paesaggi morfologici riconducibili a due tipi principali: 1) rilievi montuosi di modesta elevazione costituiti da rocce litoidi (nella fascia compresa tra i Monti dell'Uccellina e il Monte Cornuto-Poggio Aquilone); 2) pianure alluvionali e costiere e contermini rilievi collinari, nell'insieme caratterizzati da sedimenti sciolti o poco litificati (propaggine meridionale della pianura del Fiume Ombrone, e tratto meridionale verso il Golfo di Talamone) (Fig.9).

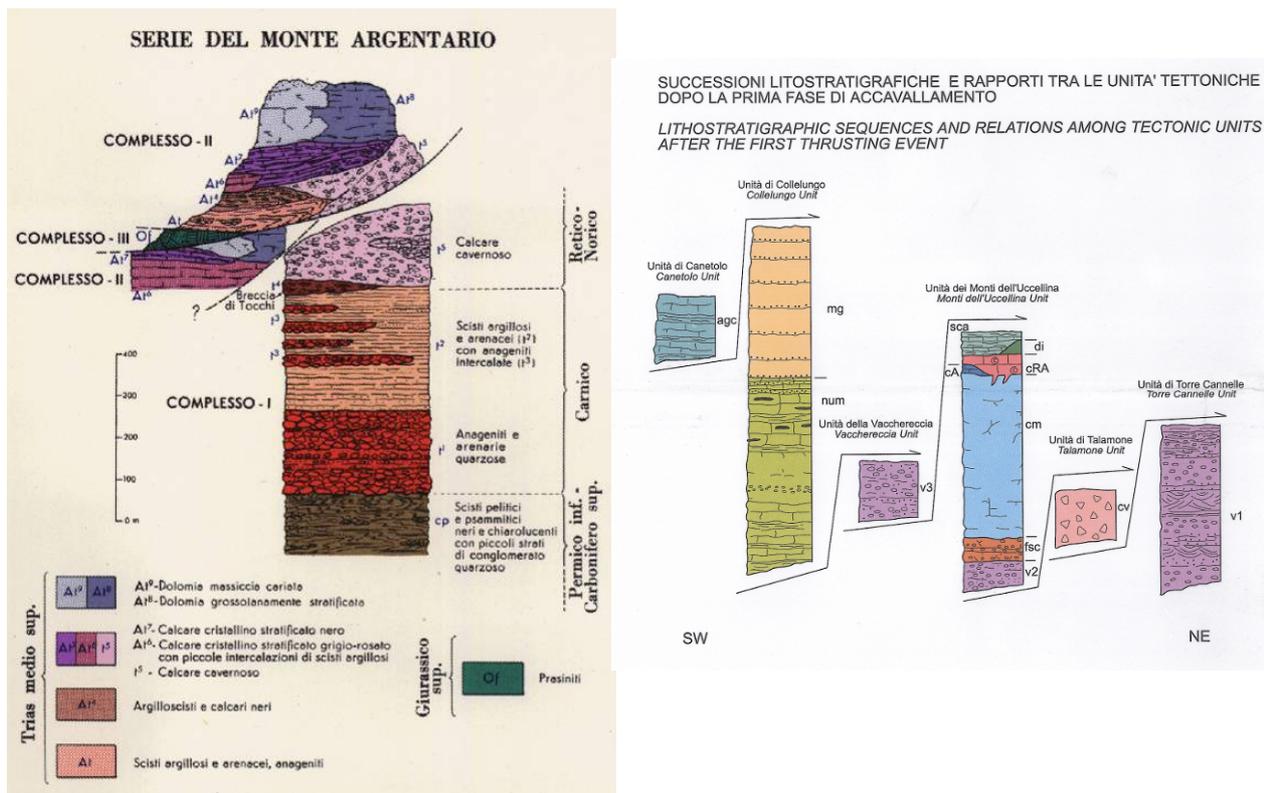
Dal punto vista tettonico-sedimentario i rilievi montuosi presenti lungo la costa toscana da Grosseto al Lazio rappresentano porzioni crostali poste a livelli strutturali diversi che definiscono un complesso edificio tettonico a pieghe e sovrascorrimenti, risultante in larga parte dalla collisione continentale tra le placche litosferiche europea ed africana in corso dall'inizio dell'era Cenozoica.

Questi processi tettonici hanno portato ad un significativo raccorciamento crostale visibilmente espresso dalla sovrapposizione di rocce formatesi in domini paleogeografici e geodinamici originariamente separati da varie centinaia di chilometri.

La storia geologica più antica è registrata in questo settore della Toscana Meridionale dalle rocce affioranti sui rilievi dei Monti dell'Uccellina e del Promontorio dell'Argentario. Il Monte Argentario e i Monti dell'Uccellina sono costituiti dalla sovrapposizione di rocce sedimentarie ed in genere debolmente metamorfiche illustrata nei suoi dettagli tettonico-stratigrafici in vari studi geologici (per la geologia del M. Argentario Lazzarotto et al., 1964, Fig. 10A, e per i Monti dell'Uccellina Montomoli et al., 2009, Fig. 10B). In questi nuclei affioranti di antiformi a dominante vergenza nord-orientale, ma complicate da una strutturazione polifasica, si succedono vari complessi tettonico-sedimentari. Questi includono frequentemente nei livelli strutturali più bassi, meta-sedimenti tardo paleozoici-inizio triassici e sedimenti clastici e carbonatico-evaporitici continentali e di mare ristretto triassici. Nell'insieme queste rocce individuano il basamento della placca continentale Africana, più specificatamente della sua propaggine settentrionale nota come Adria, e la parte inferiore della sua copertura sedimentaria nota come Successione Toscana, sviluppatasi durante il ciclo orogenetico alpino (Vai, 2001).

Nei Monti dell'Uccellina alcune scaglie tettoniche includono anche la porzione stratigraficamente superiore della Successione Toscana costituita da rocce carbonatiche, silicee pelagiche e terrigene di bacini di avanfossa, di età compresa tra il Giurassico medio-superiore ed il Miocene inferiore.

Si sovrappongono o si intercalano tettonicamente a queste rocce, riferibili ad un antico margine continentale toscano, rocce ignee (ofioliti) e terrigeno-carbonatiche pelagiche e di età compresa tra il Giurassico inferiore e il Paleogene. Queste ultime esprimono domini oceanici o di transizione al margine continentale coinvolti progressivamente nella deformazione, inizialmente per effetto della subduzione oceanica e successivamente della collisione continentale.



A

B

Fig. 10 - Schemi tettono-stratigrafici: A) del Monte Argentario (Da Lazzarotto et al., 1964) e dei B) Monti dell'Uccellina (da Montomoli et al., 2009)

Frammenti di crosta oceanica rappresentata da rocce ofiolitiche con lembi fortemente disarticolati delle coperture sedimentarie terrigeno-carbonatiche, costituiscono la cosiddetta Successione Liguride (Vai, 2001), espressione dell'originario oceano Ligure-Piemontese interposto tra la placca europea e quella africana durante parte del Giurassico e del Cretaceo.

Specificatamente ai Monti dell'Uccellina, nei livelli strutturalmente più alti dell'edificio tettonico-sedimentario affiorano rocce terrigeno-carbonatiche di età eocenica ascrivibili alla cosiddetta Successione Sub-Liguride, espressione di un antico dominio marino di transizione tra l'area oceanica e quella continentale toscana instauratosi tra la fine della subduzione dell'oceano Ligure-Piemontese e l'inizio della collisione continentale.

Una caratteristica comune a questi rilievi è quindi rappresentata da un assetto stratigrafico fortemente condizionato dall'intensa deformazione crostale che ha portato ad importanti elisioni delle originarie successioni formatesi nei vari domini.

Tali elisioni, evidenziate da fasce di taglio ad alto e basso angolo attraverso le quali si sovrappongono rocce di età e domini diversi, si esprimono in modo molto variabile. Dalla relativa

conservazione di tutta la Successione Toscana evidente nell'antiforme dei Monti dell'Uccellina si passa alla sovrapposizione tettonica di rocce delle Unità Liguridi direttamente su quelle carbonatico-evaporitiche ("Calcere Cavernoso") che costituiscono la parte inferiore della Successione Toscana.

In particolare tali rapporti, evidenti tra il Poggio del Leccio ed i Monti di Capalbio (si veda Dessau *et al.*, 1972 per dettagli), ricorrenti in molte aree della Toscana meridionale, sono noti in letteratura con il termine di "Serie Ridotta" (Decandia *et al.*, 1993). Tali rapporti esprimono intensi fenomeni di elisione stratigrafica variamente interpretati in termini di: 1) originaria non deposizione (Boccaletti *et al.*, 1969); 2) tettonica estensionale post-collisionale (Decandia *et al.*, 1993; Carmignani *et al.*, 1994; Elter & Sandrelli, 1995); 3) tettonica compressiva sin- o tardo-collisionale (Finetti *et al.*, 2001). A prescindere da ipotesi "estensionali" o "compressive" il ruolo della strutturazione tettonica, caratterizzata da scollamenti multipli favoriti da particolari orizzonti reologici (evaporiti, peliti), viene oramai ampiamente riconosciuto per l'origine di questi contatti di elisione stratigrafica. Per concludere, il metamorfismo di basso grado (Anchizona, Epizona) che caratterizza alcune unità tettonico-sedimentarie, in particolare nei Monti dell'Uccellina (Montomoli *et al.*, 2009), viene discusso entro un processo di locale sovraccarico tettonico indotto dal progressivo impilamento di scaglie durante le fasi parossistiche della collisione continentale. Per il Monte Argentario questo metamorfismo di basso grado si sarebbe sovrainposto, con effetto retrogrado, ad un precedente metamorfismo di alta pressione. L'evidenza di questa fase metamorfica più antica viene segnalata dalle associazioni mineralogiche presenti nelle metapeliti triassiche della porzione inferiore della Successione Toscana affioranti nel settore occidentale dell'Argentario (Theye *et al.*, 1997).

#### *Le aree di pianura alluvionale e costiera e delle colline*

Queste porzioni topograficamente più basse esprimono fenomeni tettonici ed erosivi che a partire dal Miocene medio-superiore hanno interrotto la continuità della catena generata durante l'acme della collisione continentale. In particolare si individuano tre principali successioni in gran parte terrigene rispettivamente di età miocenica media-superiore, pliocenica e quaternaria.

#### ***Le successioni del Miocene medio-superiore***

I depositi miocenici sono presenti in affioramento nell'area di Capalbio-Pescia Fiorentina e nella zona medio-prossimale della bacino idrografico del Fiume Albegna. Tra Capalbio e Pescia Fiorentina alcuni rilievi collinari quali Poggio la Pesca, località Garavicchio, sono costituiti da arenarie fossilifere e bioturbate attribuite alla Formazione delle Arenarie di Manciano, già note

come Arenarie a *Scutella* (Dessau *et al.* 1972; Fontana, 1980). La collocazione cronostratigrafica ed il significato paleogeografico e geodinamico di questi depositi sono tuttora poco definiti in maniera univoca. Queste arenarie, affioranti in piccoli lembi anche nei dintorni di Manciano e nel Viterbese, sono state riferite su base biostratigrafica al Langhiano-Serravalliano e attribuite ad ambienti marino-costieri (Fontana, 1980; Martini *et al.*, 1995). In particolare Martini *et al.*, (1995) propongono una ricostruzione paleoambientale, paleogeografica e geodinamica che riferisce i lembi di Arenarie di Manciano ad ambienti di spiaggia sommersa influenzata da correnti tidali in un contesto sin-collisionale caratterizzato da piccoli bacini satelliti adiacenti all'avanfossa nord-appenninica (Fig. 11A). Successivi studi su affioramenti nel viterbese di arenarie attribuite su base litologica e paleontologica alle Arenarie di Manciano (Barbieri *et al.*, 2003) suggeriscono un età messiniana superiore per questi depositi. Anche il significato geodinamico è stato rimesso in discussione: Pascucci *et al.* (1999) ridiscutono alla scala del Tirreno settentrionale-Toscana meridionale l'origine e sviluppo di vari bacini sedimentari, tra cui le originarie aree di sedimentazione della Arenarie di Manciano, attribuendoli ad un generale dominio post-collisionale in un'area prevalentemente estensionale posta ad ovest dei fronti attivi della catena nord-appenninica (Fig. 11B).

Nelle porzioni collinari retrostanti la fascia costiera tra il Chiarone e la Torba e nelle porzioni interne del bacino idrografico del Fiume Albegna, tra Magliano in Toscana e la Marsiliana, affiorano i depositi clastici continentali riferibili al Tortoniano superiore-Messiniano.

Questi sedimenti costituiscono una successione comune a gran parte della Toscana meridionale che include una porzione inferiore nota come "Serie Lignifera" (Sestini, 1970) attribuibile al Tortoniano superiore-Messiniano inferiore ed una superiore riferibile al Messiniano superiore.

Nell'area del Fiume Albegna questi depositi sono stati oggetto di numerosi rilevamenti e studi geologici (Mancini, 1960; Bettelli *et al.*, 1980; Bonazzi *et al.*, 1980; 1992; Bettelli, 1985; Bossio *et al.*, 2003-2004) (Fig.12).

Nell'insieme questi depositi vengono riferiti ad ambienti fluvio-lacustri caratterizzati dalla deposizione di peliti spesso organiche nelle aree lacustri e di conglomerati ed arenarie in sistemi fluviali e deltizi. La successione è chiusa da calcari lacustri ("travertini") affioranti in cave poco a sud della Marsiliana che vengono tentativamente attribuiti al Messiniano superiore (Bosi *et al.*, 1996; Bossio *et al.*, 2003-2004).

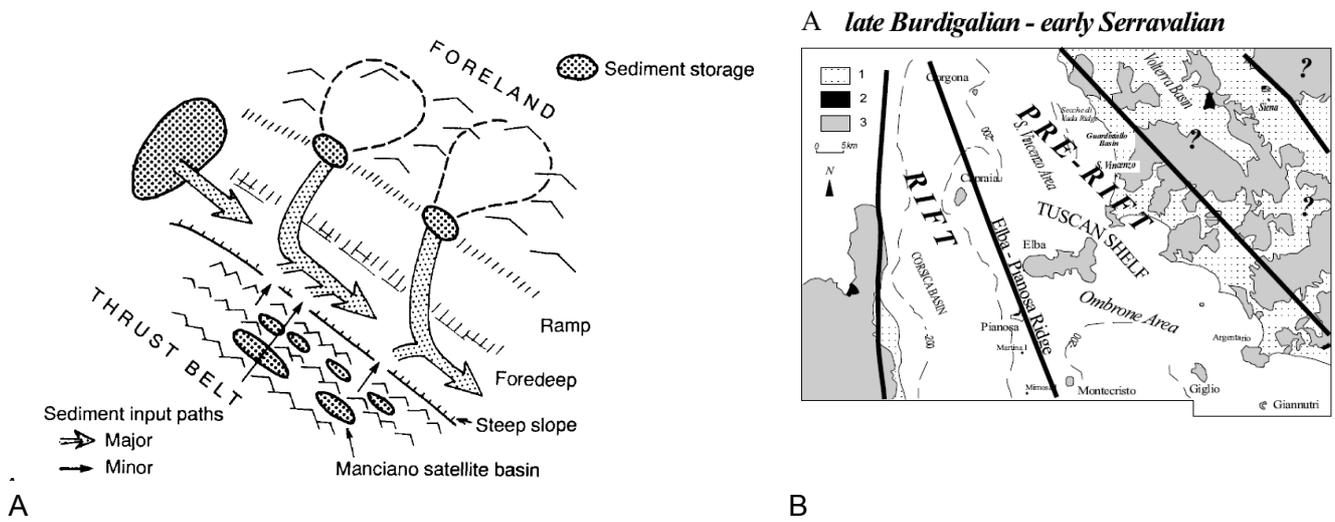


Fig. 11: A) paleogeografia del sistema catena-avanzossa nel Miocene medio (da Martini et al., 1995); B) contesto strutturale dell'area tirrenico-toscana (da Pascucci et al., 1999)

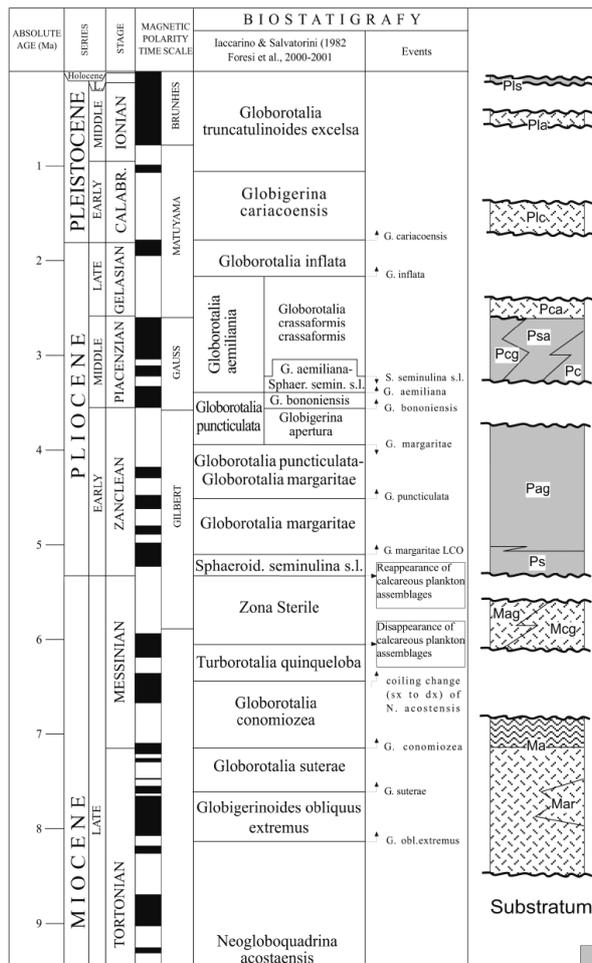


Fig. 12 - Schema stratigrafico della successione neogenico-quadernaria affiorante nella parte meridionale del bacino del Fiume Albegna (da Bossio et al., 2003-2004)

Il significato tettonico-sedimentario di questa successione e di quella pliocenica soprastante viene in genere spiegato in termini di sviluppo di bacini sedimentari post-collisionali in un generale contesto di estensione crostale complicata da sollevamenti localizzati (Pasquarè *et al.*, 1983). Il grado di deformazione dei depositi, fortemente tiltati e talora piegati, suggerisce una storia tettonica probabilmente più complessa dove la compressione crostale potrebbe aver giocato un ruolo importante sullo sviluppo di questi bacini (si veda ad esempio Boccaletti & Sani, 1998 per una discussione a scala regionale di questa ipotesi).

### ***La successione pliocenica***

Depositi pelitici, arenacei, conglomeratici e carbonatici spesso fossiliferi costituiscono una successione riferibile al Pliocene affiorante nella valle del Fiume Albegna in discordanza sopra ai depositi miocenico-superiori. La successione è stata oggetto di revisione stratigrafica e dettagliato rilevamento (Bossio *et al.*, 2003-2004) con il riconoscimento di almeno 2 fasi di sedimentazione marina, nello Zancleano e nel Piacenziano, e di una fase di sedimentazione lacustre a chiusura del ciclo pliocenico.

### ***La successione quaternaria***

I depositi riferibili al Quaternario sono presenti in gran parte delle diverse zone attraversate dal tracciato autostradale ed in senso generale si caratterizzano come conglomerati e ghiaie fluviali frequentemente terrazzate, sabbie e peliti costiere. L'insieme di questi depositi viene riferito principalmente alle fluttuazioni climatiche e del livello marino che frequentemente hanno caratterizzato il Quaternario.

Una revisione della geologia del Quaternario di questo settore della costa toscana è presentata in Mazzanti (1983) nel quale terrazzi e depositi costieri presenti nell'area in esame, vengono discussi in termini di variazioni del livello marino avvenute tra il penultimo interglaciale (Tirreniano) e l'Olocene. Tali conclusioni vengono confermate successivamente anche da Hearthy e Dai Pra (1987) che ricalibrano cronologicamente alcuni affioramenti dei depositi costieri presenti tra Talamone ed Il Chiarone. In un'ulteriore revisione di dati morfologici e cronologici assoluti sulla fascia costiera compresa tra la Versilia ed il basso Lazio, Nisi *et al.* (2003) considerano il tratto di costa tra Grosseto ed il Chiarone (Fig. 13) da debolmente subsidente a stabile con tendenze al sollevamento tra il lago di Burano ed il Fiume Fiora, confermando così il ruolo primario delle variazioni eustatiche nella genesi dell'attuale morfologia costiera.

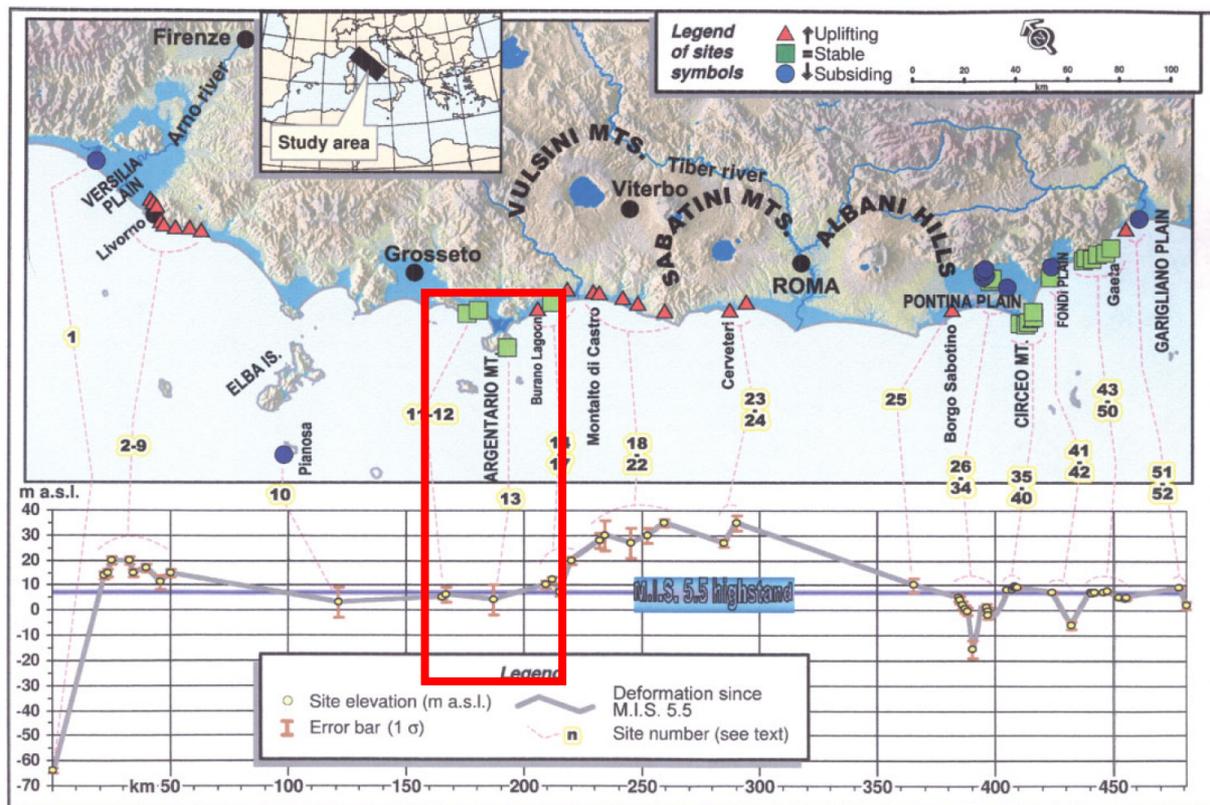


Fig. 13 - Quote dei depositi e forme costiere riferite al Tirreniano (Stage Isotopico 5.5) tra la Versilia ed il basso Lazio. Il riquadro indica l'area di interesse (da Nisi et al., 2003).

Le tracce dell'ultimo ciclo glacio-eustatico successivo allo stazionamento alto del livello del mare Tirreniano, sono evidenti anche *offshore* dai dati stratigrafico-sismici pubblicati in Tortora (1996). In Fig. 14 viene messa in evidenza la superficie erosiva sulla piattaforma tra Ansedonia ed il Fiume Fiora, generata dall'incisione fluviale a seguito della caduta eustatica dell'ultimo glaciale.

Tra le località il Chiarone e La Torba vengono segnalati nella cartografia geologica esistente (Foglio 135 Orbetello carta geologica d'Italia, 1:100.000, sezioni dei fogli 343-353, Carta Geologica Toscana scala 1:10.000) depositi clastici riferibili ad una successione marino-costiera prevalentemente pelitico-sabbiosa di generica età pleistocenica su cui poggiano ghiaie e sabbie arrossate alluvionali.

Nella fascia prossima all'attuale costa si hanno depositi pelitici ed organici riferibili ad ambienti paludosi retro-costieri tuttora esistenti come evidente dalla laguna di Burano. Intorno a rilievi e lungo i pendii si hanno sottili coltri di depositi colluviali talora fortemente arrossati.

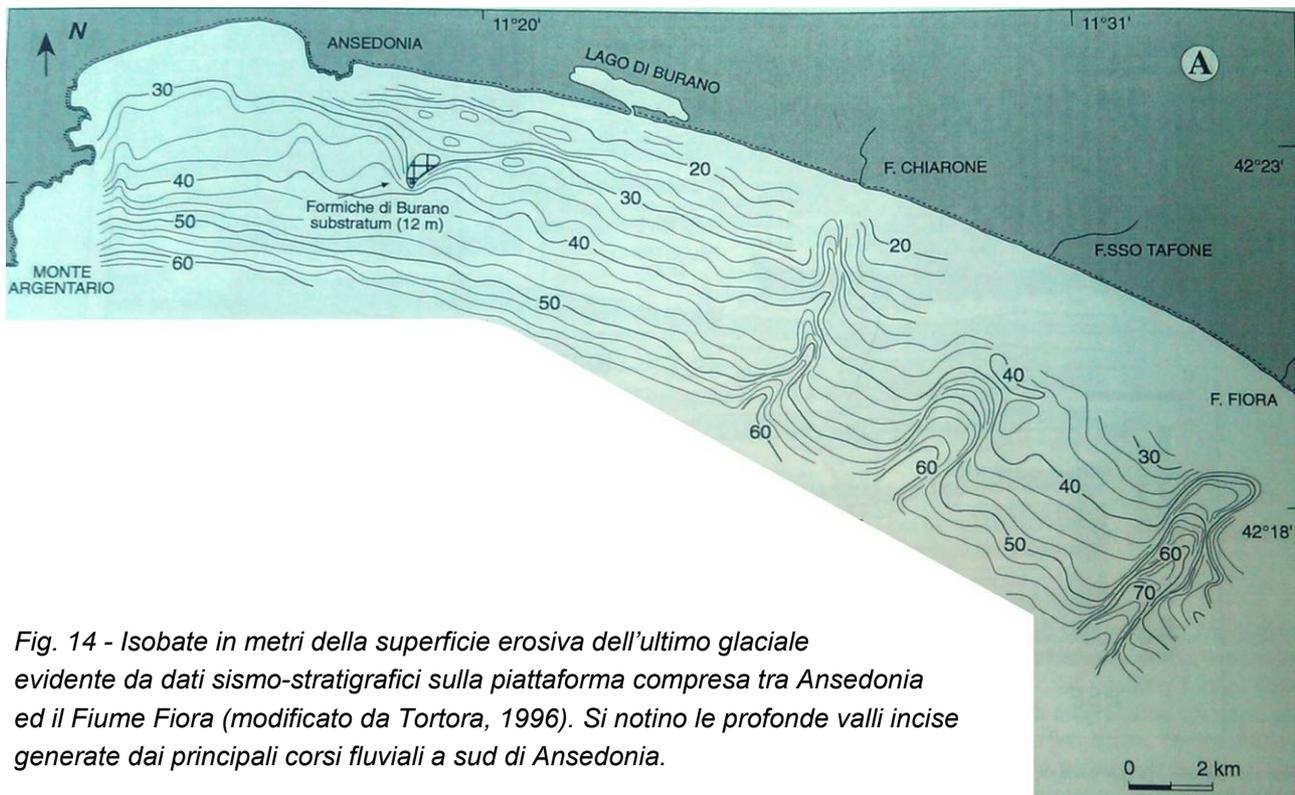
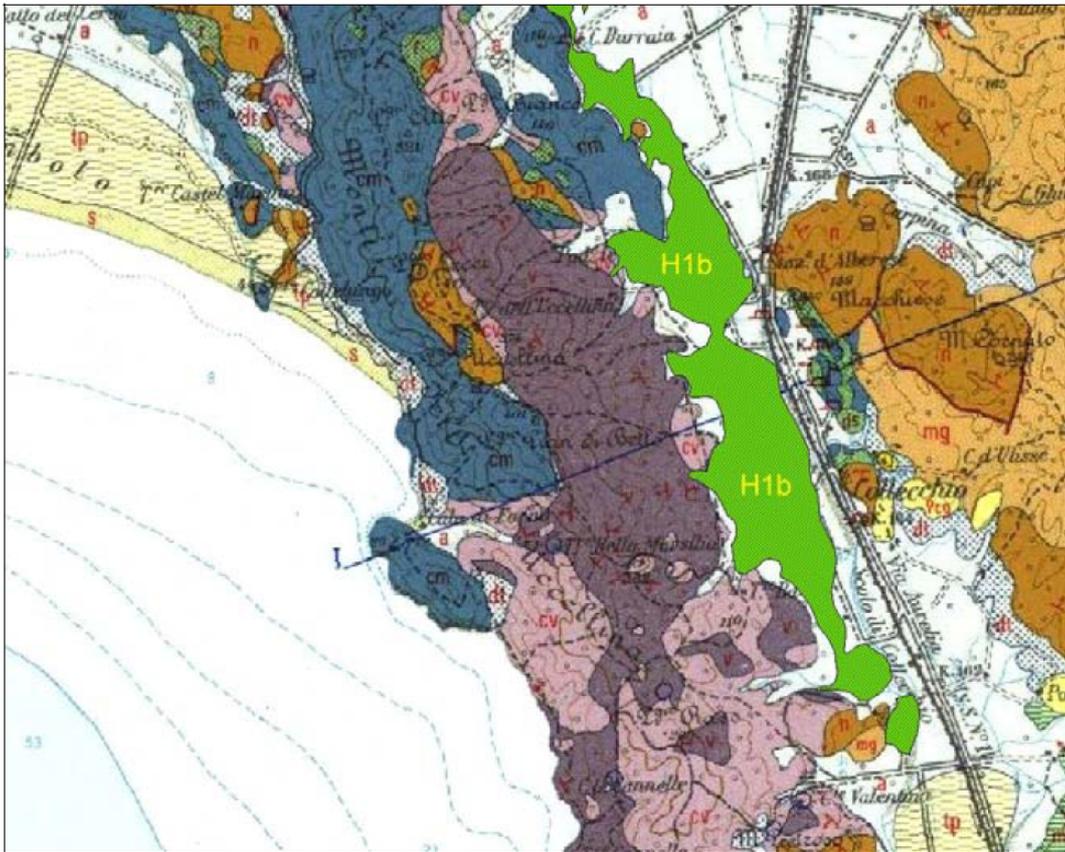


Fig. 14 - Isobate in metri della superficie erosiva dell'ultimo glaciale evidente da dati sismo-stratigrafici sulla piattaforma compresa tra Ansedonia ed il Fiume Fiora (modificato da Tortora, 1996). Si notino le profonde valli incise generate dai principali corsi fluviali a sud di Ansedonia.

Depositi stratificati di versante sono frequenti lungo le coste rocciose del Monte Argentario (Grauso & Zarlenga, 1991), dei Monti dell'Uccellina e tra Fonteblanda e la foce del Fiume Osa. La presenza di rocce carbonatiche triassiche in questi rilievi ha favorito durante il Quaternario, l'instaurarsi di fenomeni carsici visibili in superficie nella forma di grotte, inghiottitoi e fenomeni di collasso (*sinkhole*, Caramanna *et al.*, 2004). La presenza in alcune grotte di sedimenti terrigeni ha portato all'individuazione di resti fossili di vertebrati del Pleistocene inferiore (Sardella *et al.*, 2008) e delle evidenze materiali della frequentazione umana fino dal tardo Pleistocene medio (Cavanna, 2007).

La maggiore distribuzione di depositi riferibili al Quaternario si ha nell'ampia pianura alluvionale dei fiumi Albegna-Osa. Qui, nelle colline a sud di Magliano vengono segnalati fino a 4 ordini di terrazzi fluviali costruiti dal Fiume Albegna durante il suo progressivo incassamento (Bossio *et al.*, 2003-2004). Mancini (1960) descrive con grande dettaglio la distribuzione dei depositi costieri di questo settore indicando nelle sabbie arrossate distribuite tra l'Albegna e l'Osa, antichi sistemi di spiaggia e dunali riferibili al livello marino del Tirreniano più alto dell'attuale. Nelle parti più depresse della pianura dell'Albegna e specificatamente nei pressi della sua foce i depositi superficiali vengono riferiti alle alluvioni recenti di questo corso. Un'indagine di sottosuolo effettuata attraverso sondaggi a carotaggio continuo nei pressi di Albinia e dell'argine di destra idrografica dell'Albegna, hanno consentito a Mazzini *et al.* (1999) dettagliate analisi

paleoambientali. L'analisi delle microfaune a ostracodi e foraminiferi su circa 51 metri di depositi in prevalenza fangosi e la datazione di sostanza organica con il metodo del radiocarbonio, hanno infatti consentito di ricostruire il contesto e le variazioni paleoambientali di una laguna costiera impostasi dalla fine dell'ultima glaciazione in virtù della risalita eustatica post-glaciale.



*Fig. 15 - Distribuzione dei suoli su conoidi alluvionali (H1b- "conoidi recenti del Calcere cavernoso e del Calcere massiccio") sovrapposta alla carta geologica del Servizio Geologico Italiano in scala 1:100.00 (da Arnoldus-Huyzendveld, 2005) (nota: la dicitura H1b non ha riferimento alla analoga sigla utilizzata per la cartografia geologica del lotto 4 allegata al progetto)*

Dai dati di letteratura, la stretta depressione compresa tra i Monti dell'Uccellina ed il Monte Cornuto risulta essere stata sede di deposizione alluvionale ad opera di piccole conoidi alluvionali, come messo in evidenza da dati geomorfici e pedologici (Fig. 15), piuttosto che di un corso fluviale longitudinale come farebbe supporre l'andamento NO-SE della depressione. L'area di pianura fluviale del Fiume Ombrone risulta caratterizzata da deposizione fluviale prevalentemente sabbioso-fangosa, durante il tardo Quaternario ed in particolare nell'Olocene in relazione alla risalita eustatica post-glaciale (Biserni *et al.*, 2005).



Fig. 16- Evoluzione dei tomboli della Feniglia e della Giannella (da De Pippo, 2004)

Durante l'Olocene ed in particolare nel corso delle ultime migliaia di anni, si sono definiti i caratteri morfologici dei litorali sabbiosi e delle adiacenti zone costiere. Tra questi sono di particolare rilievo i tomboli sabbiosi della Giannella e della Feniglia che delimitano la laguna di Orbetello. Tali cordoni sabbiosi si sarebbero formati, probabilmente in epoche pre-etrusco/romane (Bartolini *et al.*, 1977), per effetto della rifrazione del moto ondoso causata dall'originaria isola del Monte Argentario e redistribuzione dei sedimenti del Fiume Albegna (Fig. 16) (De Pippo, 2004). Negli ultimi secoli i litorali sabbiosi tra Talamone e l'Argentario hanno subito variazioni morfologiche di breve durata in larga parte causate da rapidi cambiamenti delle condizioni meteo-marine e dall'impatto antropico sull'apporto dei sedimenti alle coste (D'Alessandro *et al.*, 1979).

## **4 ELEMENTI DI SISMICA GENERALE E CATALOGO DELLE FAGLIE CAPACI**

I paragrafi seguenti riportano una descrizione della sismicità storica e recente del territorio esaminato ed un inquadramento riferito agli assetti normativi in vigore.

La zona in studio è posta in un settore appartenente all'insieme dei "Bacini Neogenici Tosco - Laziali" (Aquater, 1981), a causa dell'evoluzione tettonica che ha interessato questo settore nel corso del Neogene.

Considerando lo schema neotettonico d'Italia, redatto dal CNR nell'ambito del Progetto finalizzato alla "Geodinamica", si osserva che l'area peritirrenica rientra tra le aree in cui si è verificato un abbassamento seguito da un sollevamento in tempi molto recenti, con alcune aree soggette a movimenti intensi e pressoché continui, sviluppatasi secondo uno schema a blocchi; in tale contesto geodinamico, l'attività sismica interessa prevalentemente il Settore Senese.

### **4.1 SISMICITÀ STORICA (1000 - 1980)**

Secondo i dati di sismicità storica riportati nel catalogo dei terremoti per il periodo 1000-1980 (C.N.R. – Progetto Finalizzato Geodinamica, Postpischl, 1985), il Grossetano, è stato interessato da pochi eventi (fino a 10), con profondità focali fino a 30 km ed intensità minori o uguali al V grado M.C.S.; il Senese, a Nord dell'area di progetto, è stato invece interessato da molti eventi (fino a 100), con profondità focali fino a 30 km ed intensità fino all'VIII grado M.C.S.

La sismicità storica dell'area in studio è stata caratterizzata attraverso la costruzione di un catalogo macrosismico locale che, oltre a fornire un ordine di grandezza delle intensità osservate, consente di delineare un quadro dettagliato della provenienza dei terremoti, individuando e caratterizzando le principali aree sismogenetiche (i.e. aree che presentano un regime sismico e caratteristiche sismotettoniche più o meno omogenee) da cui hanno avuto origine i terremoti. L'insieme di questi dati costituisce quindi la base minima necessaria per le valutazioni di pericolosità sismica dell'area.

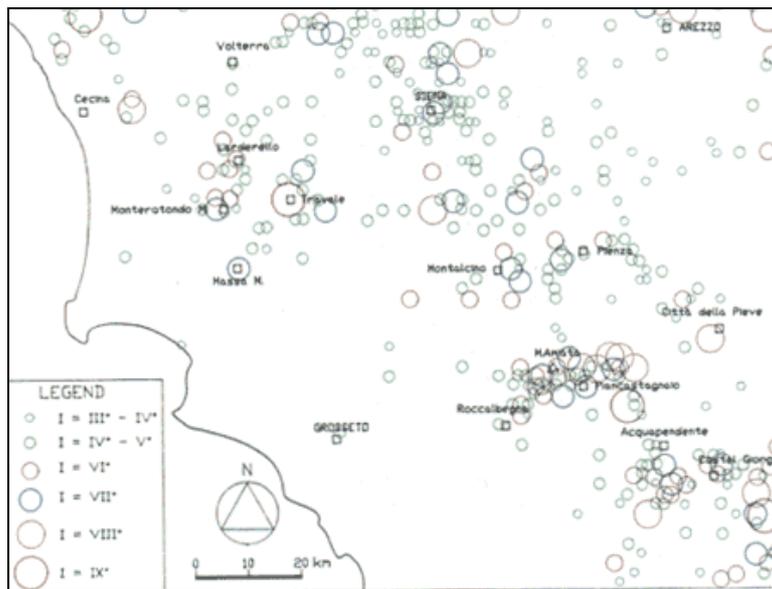


Fig. 17 - Sismicità storica delle località della Toscana meridionale nel periodo 1900-1990: distribuzione degli epicentri ed intensità degli eventi (scala MCS). Rappresentazione schematica (ENEL, 1995)

I dati riportati nel Catalogo Nazionale dei Terremoti, per la Toscana meridionale, coprono il periodo dall'anno 1000 sino al 1980, seppur con diverso grado di accuratezza: gli eventi di intensità minore, III-IV grado della scala Mercalli – Cancani - Sieberg (MCS) sono riportati dal 1900, mentre dal 1790 solo quelli dal V-VI in su, dal 1700 quelli dal VII-VIII e dal 1000 solo gli eventi più disastrosi (>VIII grado della scala MCS).

Gli effetti dei terremoti dipendono evidentemente non solo dalla forza del terremoto e dal pattern di propagazione dell'energia sismica, ma anche dalla morfologia dell'area, dal suo assetto geologico e strutturale, dagli effetti di sito e dal livello di vulnerabilità del patrimonio edilizio storico e civile dei centri urbani. In particolare, una prima determinazione della sensibilità sismica del territorio è possibile considerando che essa risulta direttamente proporzionale ai massimi valori di intensità macrosismica registrata nel territorio stesso (secondo il principio per cui le caratteristiche dell'attività sismica di un'area si mantengono nel tempo).

Comune	Provincia di GROSSETO			Lat.	Long.	Imax
	Reg.	Prov.	Com.			
CAPALBIO	9	53	3	42.45404	11.41998	<=6
FOLLONICA	9	53	9	42.92365	10.75438	<=6
GAVORRANO	9	53	10	42.92489	10.90664	<=6
GROSSETO	9	53	11	42.76003	11.11475	<=6
MAGLIANO IN TOSCANA	9	53	13	42.59854	11.29233	<=6
ORBETELLO	9	53	18	42.43738	11.21097	<=6
SCARLINO	9	53	24	42.90761	10.85191	<=6

Tabella 1 - Massime intensità macrosismiche osservate nella Provincia di Grosseto (Periodo 1000 – 1980)

Il catalogo storico adottato contiene 2.488 eventi degli ultimi 1000 anni, la cui intensità epicentrale è maggiore o uguale al V-VI grado MCS o la cui magnitudo  $M_s$  è maggiore o uguale a 4.

## 4.2 SIMICITÀ STORICA (1000 - 2014)

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 (consultabile on-line al sito <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-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  $\geq 5$  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.

Nella tabella seguente (Tabella 2) viene riportato, con riferimento alle località di Grosseto, Magliano in Toscana e Orbetello, l'elenco dei terremoti con intensità epicentrale uguale o superiore

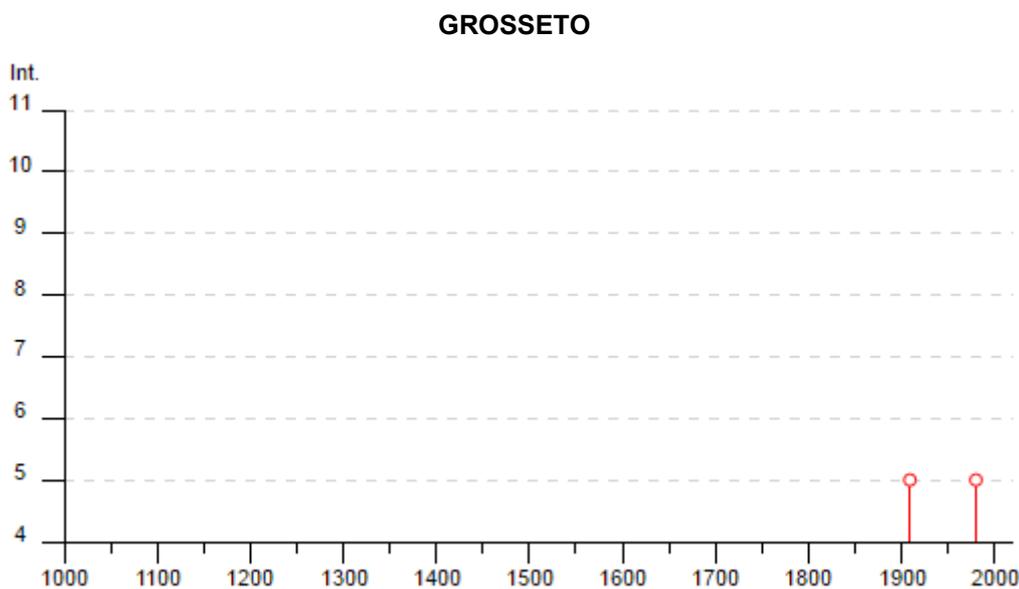
a 4, i valori relativi alla intensità al sito, il tempo all'origine (anno, mese, giorno, ora UTC), l'area epicentrale, il numero progressivo, l'intensità epicentrale e la magnitudo momento.

<b>I[MCS]</b>	<b>Data</b>	<b>Ax</b>	<b>Np</b>	<b>Io</b>	<b>Mw</b>
<b>GROSSETO</b>					
2	1873 03 12 20 04	Appennino marchigiano	196	8	5.85
3	1895 05 18 19 55 1	Fiorentino	401	8	5.50
NF	1895 11 01	Campagna romana	94	6-7	4.83
NF	1904 11 17 05 02	Pistoiese	204	7	5.10
3-4	1905 02 12 08 28	Monte Amiata	61	6	4.55
5	1909 08 25 00 22	Crete Senesi	259	7-8	5.34
3	1911 09 13 22 29 0	Chianti	115	7	5.08
NF	1915 01 13 06 52 4	Marsica	1041	11	7.08
NF	1919 06 29 15 06 1	Mugello	565	10	6.38
2-3	1970 08 19 12 19	Colline Metallifere	26	6	4.68
NF	1971 02 06 18 09	Tuscania	89	7-8	4.83
3	1972 10 25 21 56 1	Appennino settentrionale	198	5	4.87
2-3	1973 12 30 02 45	Grossetano	13	5	4.13
5	1980 09 08 19 41 1	Costa Grossetana	55	5-6	4.44
NF	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
NF	1984 04 29 05 02 5	Umbria settentrionale	709	7	5.62
NF	1984 05 07 17 50	Monti della Meta	912	8	5.86
NF	1984 05 11 10 41 4	Monti della Meta	342	7	5.47
NF	1987 01 22 05 10 5	Costa pisano-livornese	157	5-6	4.15
F	2008 12 23 15 24 2	Parmense	291	6-7	5.36
<b>MAGLIANO IN TOSCANA</b>					
3	1905 02 12 08:28	Monte Amiata	61	6	4.55
3-4	1909 08 25 00:22	Crete Senesi	259	7-8	5.34
NF	1948 06 13 06:33	Alta Valtiberina	142	7	5.04
NF	1948 11 03 11:40	MONTE AMIATA	16	6	4.82
2-3	1970 08 19 12:19	Colline metallifere	26	6	4.68
NF	1971 02 06 18:09	TUSCANIA	89	7-8	4.83
5	1880 09 08 19:41	Costa Grosstana	55	5-6	4.44
NF	1987 01 22 05:10	Costa Pisano Livornese	157	5-6	4.15
<b>ORBETELLO</b>					
F	1742 01 27 11:20	Livornese	16	6	4.87
F	1846 08 14 12:00	Colline Pisane	121	9	6.04
NF	1904 11 17 05:02	Pistoiese	204	7	5.10
NF	1987 05 15 13:42	Tirreno meridionale	85	5	4.52
NF	1905 02 12 08:28	Monte Amiata	61	6	4.55
NF	1909 01 13 00:45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
4	1909 08 25 00:22	Crete Senesi	259	7-8	5.34
NF	1911 09 13 22:29	Chianti	115	7	5.08
NF	1915 01 13 06:52	Marsica	1041	11	7.08
NF	1919 06 29 15:06	Mugello	565	10	6.38
2	1919 09 10 16:57	Val di Paglia	67	7-8	5.36

NF	1919 10 22 06:05	Anzio	142	6-7	5.22
NF	1920 09 07 05:55	Garfagnana	750	10	6.53
NF	1940 10 16 13:17	Val di Paglia	106	7-8	5.29
2	1971 02 06 18:09	TUSCANIA	89	7-8	4.83
5	1880 09 08 19:41	Costa Grosstana	55	5-6	4.44
NF	1984 04 29 05:02	Umbria settentrionale	709	7	5.62
NF	1987 01 22 05:10	Costa Pisano - Livornese	157	5-6	4.15

Tabella 2 – Emidius: Storia sismica di Grosseto [Place ID IT\_48179 - 42.761, 11.114] numero di eventi: 20; Magliano in Toscana [Place ID IT\_48216 - 42.599, 11.292] numero di eventi: 8 e Orbetello [42.437, 11.211] numero di eventi: 18 (accesso dell'ottobre 2016). "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>".

Nei grafici seguenti (Fig. 18) viene riportato, con riferimento ai comuni di Grosseto, Magliano in Toscana e di Orbetello, l'elenco dei terremoti con intensità epicentrale uguale o superiore a 4.



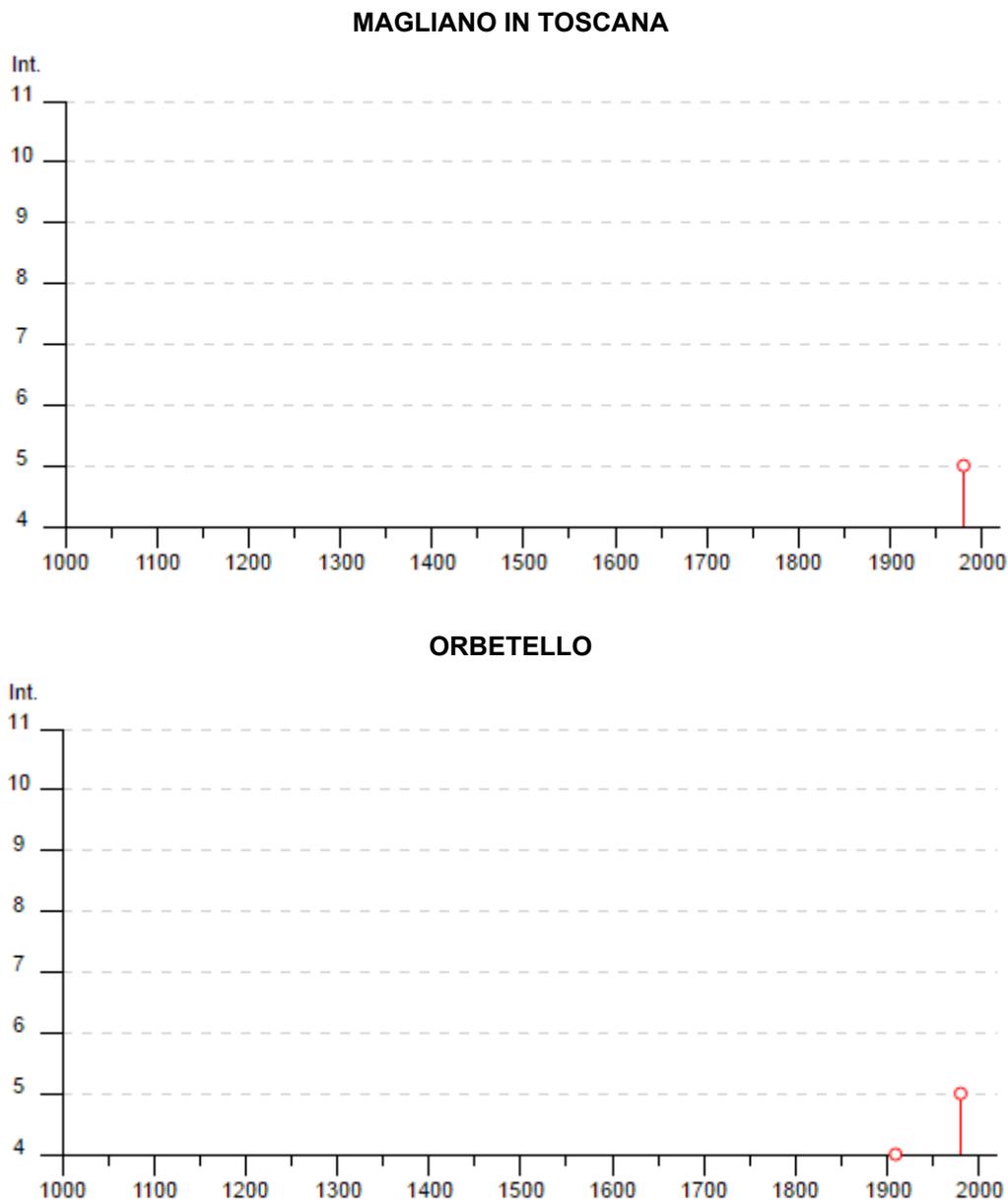


Fig. 18 - Intensità macrosismiche registrate dal data base DBMI15 per il comune di Grosseto, Magliano in Toscana e Orbetello. Accesso Ottobre 2016. "Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti 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>".

In figura 19 sono riportate le massime intensità macrosismiche nelle province toscane.

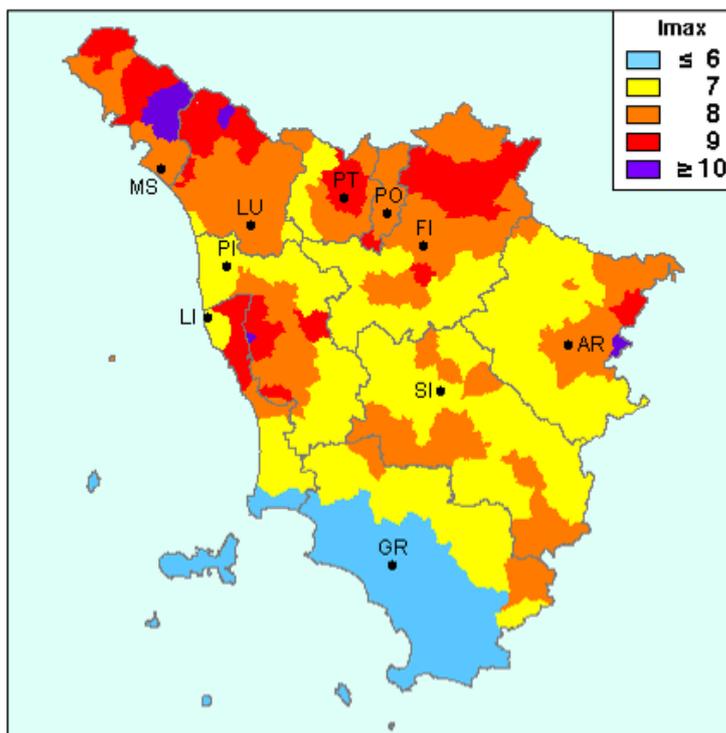


Fig. 19 – Mappa delle massime intensità macrosismiche in Toscana (tratta da: [http://emidius.mi.ingv.it/GNDT/IMAX/MAPPE\\_PROVINCE/9.html](http://emidius.mi.ingv.it/GNDT/IMAX/MAPPE_PROVINCE/9.html))

### 4.3 SISMICITÀ STRUMENTALE (ISIDE 2005- 2016)

La figura 20 illustra la distribuzione degli epicentri dei terremoti inclusi nel Data Base ISIDE (database parametrico e strumentale della sismicità itali), in un'area 30 km di raggio sul Comune di Magliano in Toscana. In tale area, per l'intervallo di tempo considerato, sono segnalati n. 74 terremoti con profondità media di 8,30 km (profondità massima 20,1 km, profondità minima 0,4 km) e magnitudo medio pari a 1,30 (magnitudo massima 2,5 e magnitudo minima 0,4).

Il Catalogo fornisce i parametri dei terremoti ottenuti integrando i dati provenienti da localizzazioni effettuate in tempo quasi-reale con i dati del Bollettino Sismico Italiano.

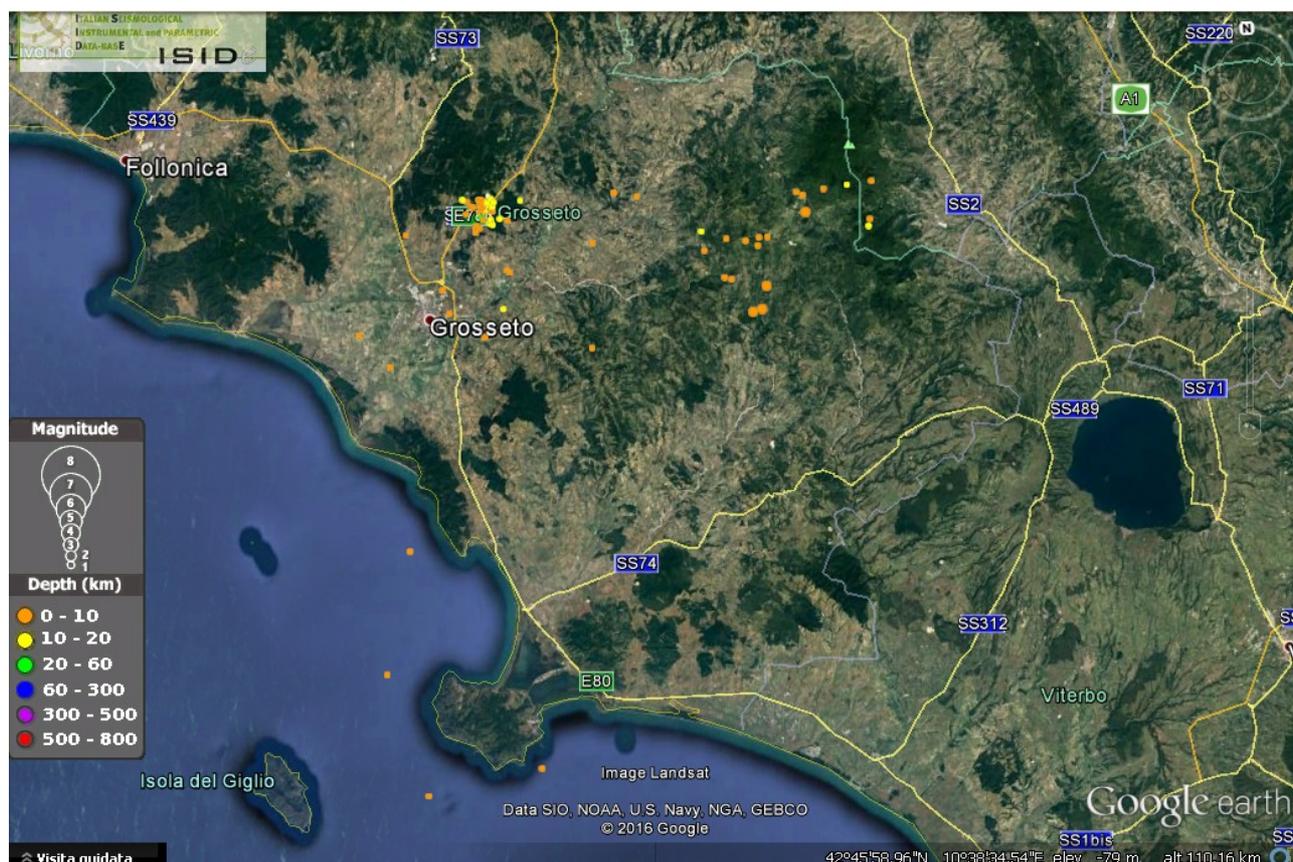


Fig. 20 – Database "Terremoti recenti" periodo 2005-2016 in un'area di raggio pari a 30 km sul comune di Magliano in Toscana (Fonte: Italian Seismic Instrumental and parametric Data-base – ISIDE). Accesso ottobre 2016.

#### 4.4 FAGLIE CAPACI

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.

Il data base del Progetto ITHACA, raccoglie tutte le informazioni disponibili riguardo le strutture tettoniche attive in Italia, con particolare attenzione ai processi tettonici che potrebbero generare rischi naturali.

La presenza di faglie capaci nel territorio oggetto di studio è stata verificata consultando il catalogo delle faglie capaci ITHACA “ITaly HAZard from Capable faults” disponibile on-line sul “Geoportale di ISPRA Ambiente. Come si può osservare dalla figura 21 nell’area di studio, evidenziata dal cerchio giallo, non sono segnalate faglie capaci.

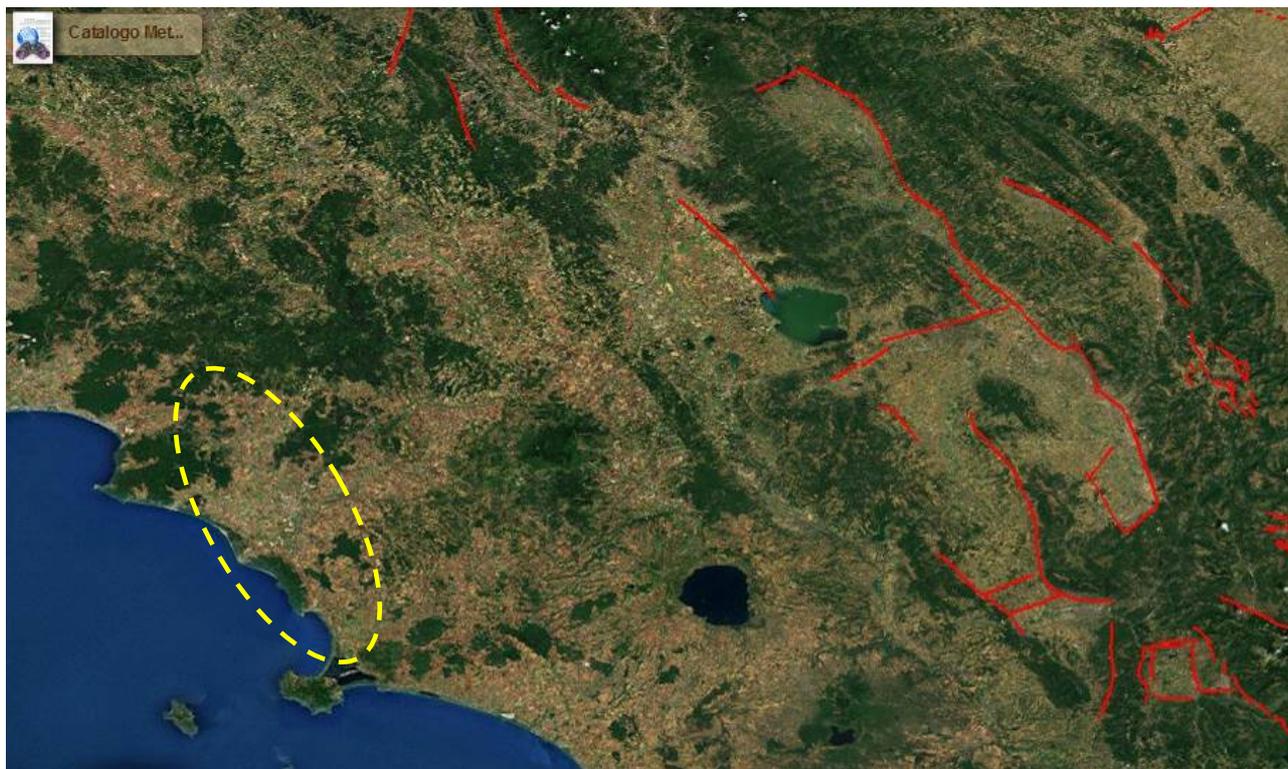


Fig. 21 - Distribuzione faglie capaci "Progetto ITHACA" Il cerchio giallo individua l'area di studio. Accesso dell'ottobre 2016.

Il database è in continuo aggiornamento, maggiori informazioni si possono avere consultando le pagine web del progetto, poiché i dati vengono continuamente revisionati.

#### 4.5 STRUTTURE SIMOGENETICHE

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 possono essere definite solamente attraverso la classica analisi geomorfologica. Molti dati sulle sorgenti sismogenetiche 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 individuare le aree potenzialmente affette da un alto livello di pericolosità sismica.

Secondo la zonazione sismogenetica attualmente in vigore (chiamata ZS9), la l'area di studio ricade nella "zona tirrenica" in una fascia di transizione tra la zona 921 e 922 (Fig. 22).

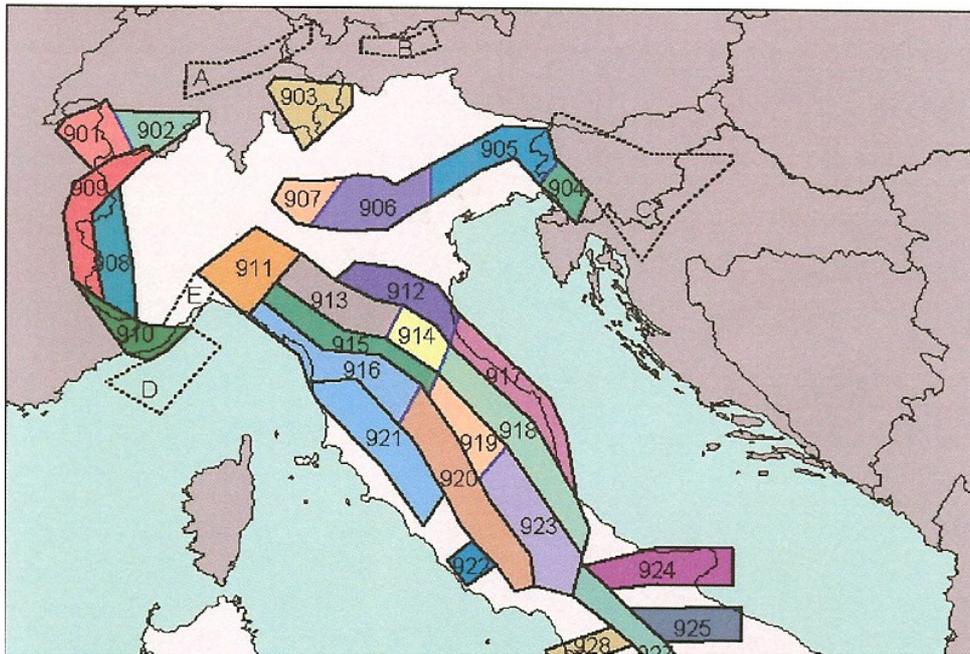


Fig. 22 - Zonazione sismogenetica ZS9 dell'Italia centro-settentrionale (INGV, 2004).

Nella fascia tirrenica vengono definite le zone 921 e 922 che racchiudono aree caratterizzate da elevato flusso di calore. L'intero settore è caratterizzato da una diffusa sismicità di energia moderata, con pochi eventi di magnitudo più elevata, responsabili di danni significativi su aree di limitata estensione anche per la superficialità degli ipocentri. La separazione di questo settore in due zone è dovuta alla presenza di un'area intermedia, coincidente con il vulcano sabatino e con l'Agro Romano, pressochè priva di sismicità.

Il Lazio e la Toscana sono caratterizzate da una sismicità che si distribuisce lungo fasce (zone sismogenetiche) a caratteristiche sismiche omogenee, allungate di preferenza in direzione NW-SE, nella direzione della costa tirrenica e della catena montuosa appenninica. Lungo queste fasce la sismicità si distribuisce in modo omogeneo e gradualmente crescente dalla costa verso l'Appennino.

In particolare si può notare come tutta l'area della provincia di Grosseto adiacente alla costa tirrenica interessata dal progetto non rientri in nessuna delle zone sismogenetiche individuate.

La figura 23 evidenzia le aree sismogenetiche prossime al tracciato di progetto (pologoni color marrone), 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 (pologoni arancioni).

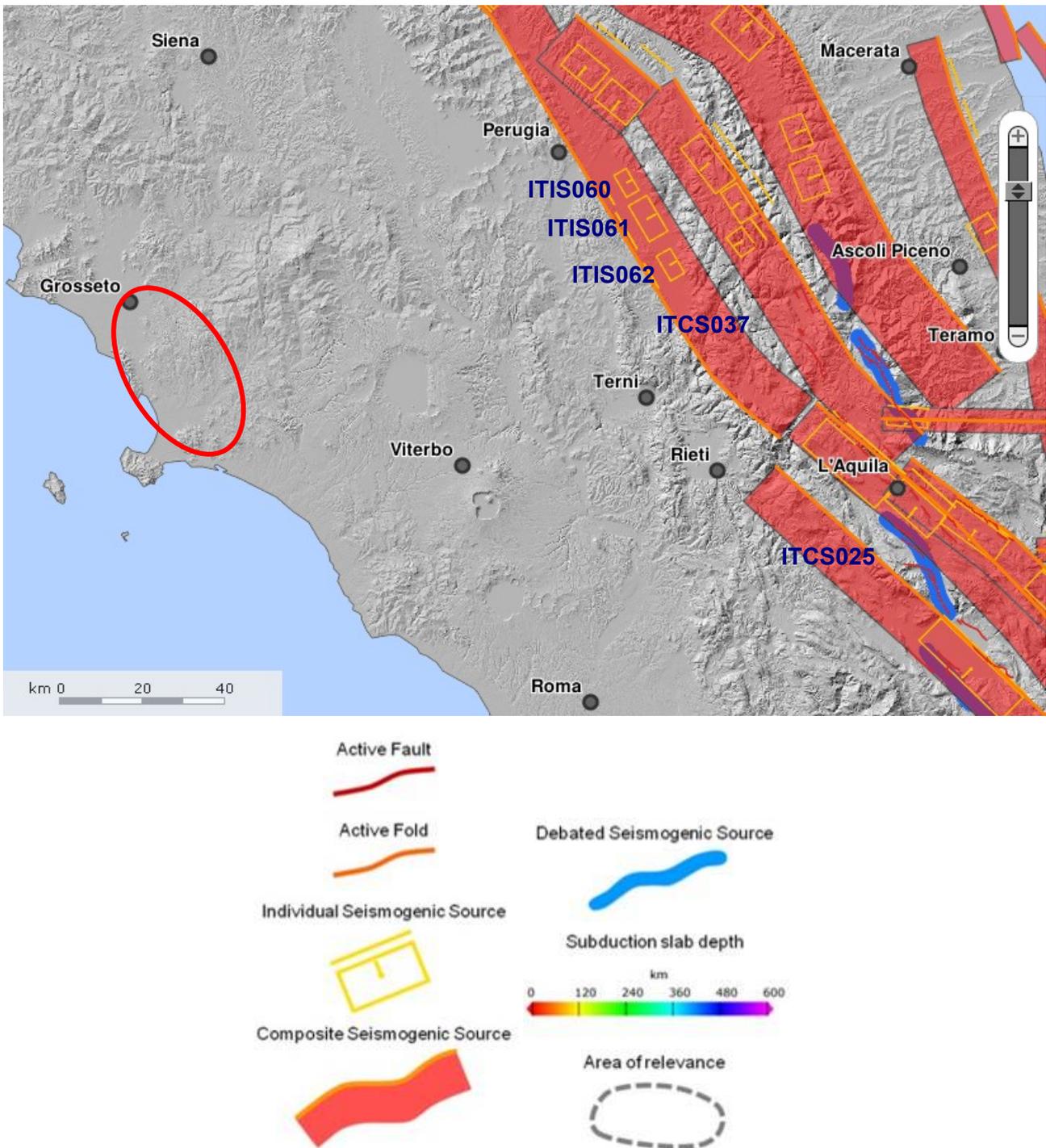


Fig.23 - Mappa delle aree sismogenetiche di interesse (Fonte: Database of Individual Seismogenic Sources - DISS 3.2). Il cerchio rosso individua l'area di studio. Accesso dell'ottobre 2016.

Come si può osservare dalla figura 23 l'area di studio si colloca ad una distanza superiore ai 100 km dalle zone sismo genetiche ITIS060-Bastia ITIS061-Foligno, ITIS062 Trevi, ITCS037-Mugello-Città Castello-Leonessa; ITCS025 Salto lake, Ovindoli, Barrea, ecc.

La codifica utilizzata nel database per identificare le strutture include 4 caratteri e 3 numeri, i primi due caratteri si riferiscono al Paese considerato (IT per Italia); gli altri due caratteri identificano il tipo di dati (IS - Individual Seismogenic Source, CS-Composite Seismogenic Source, DS-Debated Seismogenic Source).

Le tabelle seguenti sintetizzano le principali caratteristiche delle strutture sismogenetiche menzionate:

Di seguito si riporta una sintesi relativa alle strutture sismogenetiche di interesse:

- **Bastia ITIS060**: risulta associabile a terremoti con profondità comprese tra 2 e 4 km e Max magnitudo momento Mw pari a 5.4 (ultimo aggiornamento ottobre 2005).
- **Foligno ITIS061**: risulta associabile a terremoti con profondità comprese tra 2 e 5 km e Max magnitudo momento Mw pari a 5.8 (ultimo aggiornamento ottobre 2005).
- **Trevi ITIS062**: risulta associabile a terremoti con profondità comprese tra 2 e 4,3 km e Max magnitudo momento Mw pari a 5.5, sorgente correlata ITCS037 (ultimo aggiornamento ottobre 2005).
- **Mugello Città di Castello Leonessa ITCS037**: risulta associabile a terremoti con profondità comprese tra 0,5 e 8,0 km e Max magnitudo momento Mw pari a 6,2, sorgenti correlate ITIS063 ITIS064 ITIS060 ITIS061 ITIS062 ITIS076 ITIS086 ITIS087 (ultimo aggiornamento aprile 2010).
- **Salto Lake-Ovindoli-Barrea ITCS025**: risulta associabile a terremoti con profondità comprese tra 1,0 e 14,5 km e Max magnitudo momento Mw pari a 6,7, sorgenti correlate ITIS002 ITIS028 (ultimo aggiornamento aprile 2010).

#### 4.6 EVOLUZIONE RECENTE DELLA CLASSIFICAZIONE SISMICA

La normativa sismica italiana, entrata in vigore l'8 maggio del 2003 con la pubblicazione sulla G.U. dell'Ordinanza P.C.M. n. 3274, recepita dalla Regione Toscana con DGR n. 878 26 maggio 2014 (atti di recepimento a marzo 2015), suddivide il territorio italiano in quattro zone sismiche, abbandonando così la precedente terminologia di "categorie sismiche". Dove:

Zona 1	E' la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.
Zona 2	Nei comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti.
Zona 3	I Comuni inseriti in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti.
Zona 4	E' la meno pericolosa. Nei comuni inseriti in questa zona le possibilità di danni sismici sono bassi.

In conformità a tale normativa, i comuni Grosseto, Magliano in Toscana e Orbetello (Codice Istat 53011, 53013 e 53018), in cui si collo l'area di studio ricadono in Zona sismica 4.



**Presidenza del Consiglio dei Ministri**  
**Dipartimento della protezione civile**  
 Ufficio rischio sismico e vulcanico

### Classificazione sismica al 2015

Recepimento da parte delle Regioni e delle Province autonome dell'Ordinanza PCM 20 marzo 2003, n. 3274.  
 Atti di recepimento al 1° giugno 2014. Abruzzo: DGR 29/3/03, n. 438. Basilicata: DCR 19/11/03, n. 731. Calabria: DGR 10/2/04, n. 47. Campania: DGR 7/11/02, n. 5447.  
 Emilia Romagna: DGR 21/7/03, n. 1435. Friuli Venezia Giulia: DGR 6/5/10, n. 845. Lazio: DGR 22/5/09, n. 387. Liguria: DGR 19/11/10, n. 1362. Lombardia: DGR 11/7/14, n. X/2129  
 Marche: DGR 29/7/03, n. 1046. Molise: DGR 2/8/06, n. 1171. Piemonte: DGR 12/12/11, n. 4-3084. Puglia: DGR 2/3/04, n. 153. Sardegna: DGR 30/3/04, n. 15/31.  
 Sicilia: DGR 19/12/03, n. 408. Toscana: DGR 26/5/14, n. 878. Trentino Alto Adige: Bolzano, DGP 6/11/06, n. 4047; Trento, DGP 27/12/12, n. 2919. Umbria: DGR 18/9/12, n. 1111.  
 Veneto: DCR 3/12/03, n. 67. Valle d'Aosta: DGR 4/10/13 n. 1603

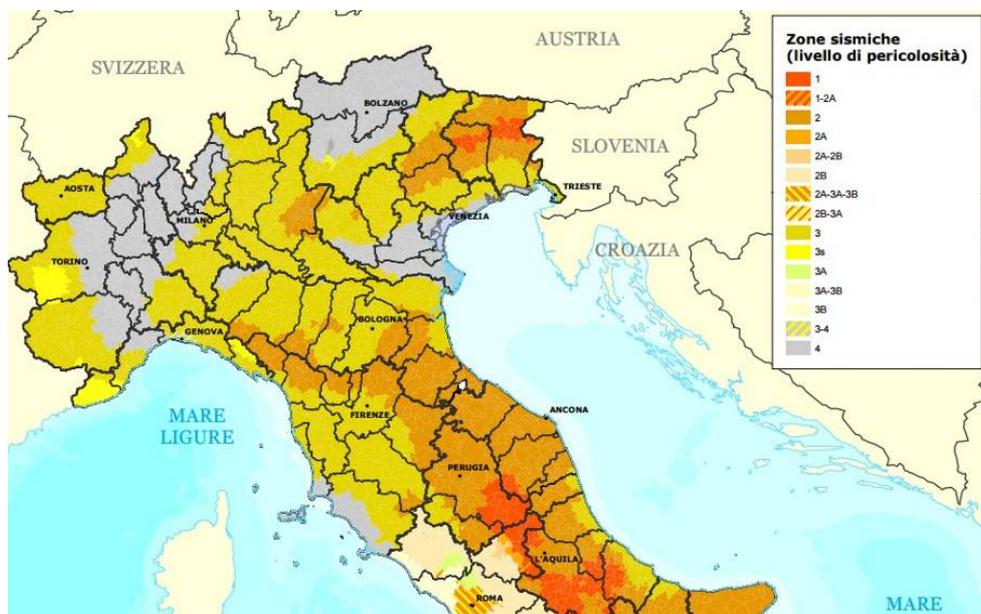
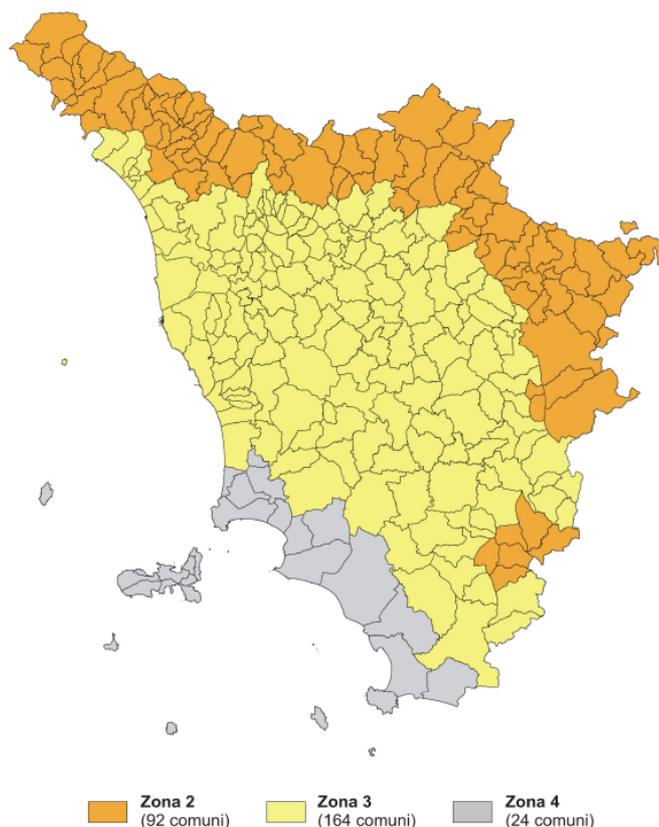


Fig 24 - Classificazione Sismica al 2015 (Dipartimento di Protezione Civile, Ufficio rischio sismico e Vulcanico)

Con Deliberazione GRT n. 421 del 26/05/2014, pubblicata sul BURT Parte Seconda n. 22 del 04.06.2014, è stato approvato un aggiornamento della classificazione sismica della regione Toscana, relativo all'aggiornamento dell'allegato 1 (elenco dei comuni) e dell'allegato 2 (mappa) della Deliberazione GRT n. 878 dell'8 ottobre 2012. Tale aggiornamento dell'elenco di classificazione sismica è divenuto necessario a seguito della fusione di 14 comuni toscani, con conseguente istituzione dal 1 gennaio 2014 di 7 nuove amministrazioni comunali (Fig. 25).

MAPPA DI AGGIORNAMENTO DELLA CLASSIFICAZIONE SISMICA DELLA  
REGIONE TOSCANA – 2014



*Fig 25 – Deliberata G.R.T. n 421 26/05/2014 "Aggiornamento della classificazione sismica regionale in attuazione dell'O.P.C.M. n. 3519/2006 ed ai sensi del D.M. n. 14/01/2008"*

I criteri per la classificazione sismica del territorio nazionale, emanati con l'ordinanza P.C.M. n. 3274 del 2003 si basano sull'analisi della probabilità che il territorio venga interessato, in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni), da un evento che superi una determinata soglia di intensità o magnitudo.

Uno dei cambiamenti fondamentali apportati dalla normativa è stata l'introduzione della zona 4, in questo modo tutto il territorio italiano viene definito come sismico. Di fatto, sparisce il territorio "non classificato", che diviene zona 4, nel quale è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica. A ciascuna zona, inoltre, viene attribuito un valore dell'azione sismica utile per la progettazione, espresso in termini di accelerazione massima su roccia.

L'appartenenza a ciascuna zona sismica comporta l'adozione di specifiche caratteristiche prestazionali per nuovi edifici e strutture, regolate da opportune norme sismiche contenute nel medesimo provvedimento legislativo, e successive modifiche ed integrazioni.

Un ulteriore affinamento delle zone sismiche è stato fatto **con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 aprile 2006, n. 3519** recante "Criteri generali per l'individuazione delle

zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone", in cui sono state stabilite nuove disposizioni per l'individuazione a livello regionale delle zone sismiche che supera il concetto di categoria legato alle suddivisioni amministrative della precedente Ordinanza.

Con il medesimo provvedimento è stata approvata la mappa di pericolosità sismica di riferimento nazionale che contiene le accelerazioni orizzontali massime convenzionali al suolo di tipo A, necessarie per redigere il calcolo sismico delle costruzioni. Questi ultimi sono ricavabili dalla carta di pericolosità sismica introdotta dall'OPCM 3519 del 28 aprile 2006 nella quale i valori di accelerazione  $a_g$  sono indicati su una maglia di 0,02 gradi.

Nella Figura 26 è riportato uno stralcio della "Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale" con un dettaglio sulla Regione Valle d'Aosta, redatta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia nel 2004 e recepita dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28.04.2006 sopra citata, che assume il ruolo di riferimento ufficiale per eventuali aggiornamenti della zonazione sismica del territorio da parte dei soggetti che ne hanno la competenza territoriale ovvero le Regioni.

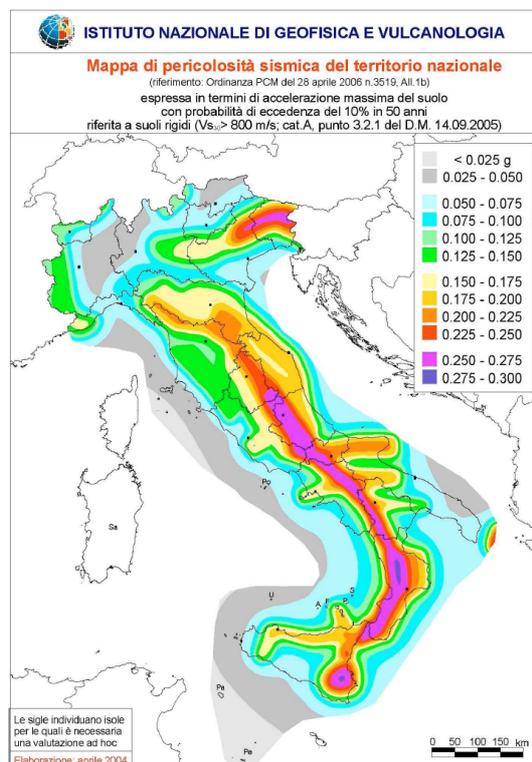


Fig. 26 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale.

Il nuovo studio di pericolosità, allegato all'Opcm n. 3519, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione ( $a_g$ ), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche.

Zona sismica	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g$ )
1	$a_g > 0.25$
2	$0.15 < a_g \leq 0.25$
3	$0.05 < a_g \leq 0.15$
4	$a_g \leq 0.05$

I nuovi criteri per l'individuazione della zona sismica si basano su un elaborato grafico che rappresenta il territorio italiano in 12 fasce di valori di PGA di riferimento (valore massimo, o picco) di accelerazione del suolo attesa); innovando le disposizioni dell'O.P.C.M. 3274/03, oltre ai valori standard delle accelerazioni riferite a suoli rigidi viene fornita anche una stima dell'incertezza, tramite predefiniti percentili della distribuzione associata.

Quindi la OPCM 3519/2006 di fatto supera il concetto stesso di zonazione, imponendo valori discretizzati nello spazio. In sostanza si è passati da una mappa di pericolosità sismica utilizzabile dalle Regioni come riferimento per aggiornare l'assegnazione di un Comune a una delle 4 zone sismiche a una dettagliata descrizione dello scuotimento atteso, espresso in termini di parametri ingegneristici.

Successive elaborazioni (Progetto INGV-DPC S1, realizzato nell'ambito della Convenzione triennale 2004-2006 fra il Dipartimento Nazionale di Protezione Civile, e INGV, avente come oggetto l'assistenza scientifica e manutenzione dell'elaborato di pericolosità rilasciato nel 2004) hanno portato ad ampliare la disponibilità di valori di pericolosità, riferiti a diverse probabilità di eccedenza, e/o valori di accelerazione spettrale.

Nel rispetto degli indirizzi e criteri stabiliti a livello nazionale, alcune Regioni hanno classificato il territorio nelle quattro zone proposte, altre Regioni hanno classificato diversamente il proprio territorio, ad esempio adottando solo tre 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 sottozone è attribuito un valore di pericolosità di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido ( $a_g$ ). Tale valore di pericolosità di base non ha però influenza sulla progettazione. Le zone sismiche tradizionali dell'Ordinanza 3274 sopravvivono solo per scopi amministrativi e per la zona 4.

Per calare la normativa in ambito locale, va ricordato che la classificazione nazionale e la mappa di pericolosità di cui all'Ordinanza 3519/2006 esprimono la sismicità di un'area sulla base dei terremoti avvenuti in epoca storica e della distanza dalle potenziali sorgenti sismogenetiche, senza considerare le caratteristiche locali del territorio che possono modificare il moto sismico atteso, soprattutto in termini di amplificazione.

Per una più rigorosa analisi della risposta sismica locale vanno quindi considerate sia le caratteristiche della superficie topografica che quelle stratigrafiche le quali possono modificare il moto sismico in superficie favorendo fenomeni di instabilità.

Le attuali Norme Tecniche per le Costruzioni (Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008), hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali: per ciascuna zona (e quindi territorio comunale) precedentemente veniva fornito un valore di accelerazione di picco e quindi di spettro di risposta elastico da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche.

Dal 1 luglio 2009 con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera.

Un valore di pericolosità di base, definito dunque per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

La classificazione sismica (zona sismica di appartenenza del comune) rimane utile solo per la gestione della pianificazione e per il controllo del territorio da parte degli enti preposti (Regione, Genio Civile, ecc.).

Le stime di pericolosità sismica proposte dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) sono state successivamente elaborate dal Consiglio Superiore per ottenere i parametri che determinano la forma dello spettro di risposta elastica; tali parametri sono proposti nell'allegato A del Decreto Ministeriale.

I Programma sperimentale "Spettri di risposta" - Fornisce gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti (orizzontali e verticale) delle azioni sismiche di progetto per il generico sito del territorio nazionale (vers. 1.0.3).

## 5 GEOMORFOLOGIA

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.

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 completare le indicazioni fornite dalla fotointerpretazione, definendo un quadro geomorfologico dettagliato dell'area, rappresentato nell'ambito della cartografia geomorfologica allegata al presente progetto.

### 5.1 METODOLOGIA

Per la realizzazione della carta geomorfologica è stata utilizzata sia la documentazione esistente sia l'interpretazione originale di foto aeree mediante stereoscopio. L'indagine è stata completata da sopralluoghi in sito per la verifica dei principali elementi riconosciuti e loro integrazione.

Per quanto concerne la cartografia esistente sono stati consultati i dati presenti nelle carte geomorfologiche prodotte dai Comuni di Grosseto, Magliano in Toscana ed Orbetello per i rispettivi Piani Strutturali.

Relativamente alle tematiche del carsismo e dei *sinkholes* sono stati consultati il Censimento delle cavità carsiche della Regione Toscana e la banca dati di I.S.P.R.A. (ex APAT).

Le foto aeree utilizzate per l'interpretazione appartengono a due voli distinti, il primo è il volo EIRA in b/n del 1976 alla scala approssimativa di 1:13.000, il secondo al volo C.G.R. a colori del 2010 alla scala di circa 1:14.000 realizzato nell'ambito degli studi per l'opera in progetto.

I fotogrammi di entrambe le riprese risultano di buona qualità con assenza di coperture nuvolose, la copertura stereoscopica è completa su tutto il tracciato, a meno di una modestissima porzione sul margine nord per il solo volo in b/n.

Nelle seguenti tabelle si riporta l'elenco dei fotogrammi utilizzati:

Volo EIRA - 1976	
Strisciata	Fotogrammi
89/A	51-53
90	651-653
91	628-630
92	523-525
93	400-402
94	505-507
95	380-383
96	516 ÷ 519
Volo C.G.R. - 2010	
Strisciata	Fotogrammi
1	8038-8050
2	8014 ÷ 8017

## 5.2 ATTIVITÀ SVOLTE IN SITU

Ad integrazione di quanto emerso dall'analisi geomorfologica effettuata mediante foto interpretazione, si è provveduto alla verifica in campagna, con restituzione cartografica alla scala 1:5000, degli elementi di maggior interesse progettuale.

## 5.3 REDAZIONE DELLA CARTOGRAFIA GEOMORFOLOGICA

Sulla base delle informazioni acquisite, è stato ricostruito il quadro geomorfologico dell'area di studio. Tutte le forme riconosciute sul territorio sono state riportate nella cartografia tematica geomorfologica (scala 1:5.000) mediante l'utilizzo di simboli areali, lineari e puntuali; le descrizioni riportate nei seguenti paragrafi esplicitano alcune precisazioni relativamente ai contenuti della legenda ed alla diffusione dei fenomeni riconosciuti lungo il tracciato.

## 5.4 DESCRIZIONE DELLE FORME E DEI PROCESSI

L'analisi geomorfologica individua e riconosce le varie forme fisiche prodotte dagli agenti morfogenetici come la gravità, lo scorrimento delle acque superficiali, la dissoluzione chimica l'azione del vento, del mare e l'opera dell'uomo. Questo tipo di rilievo permette di ricostruire il

quadro dinamico delle modificazioni del territorio che avvengono in maniera lenta o veloce a seconda del prevalere delle dinamiche fisiche su quelle indotte dalle attività antropiche.

La possibilità di osservare due distinti passaggi temporali, con riprese distanti 34 anni l'una dall'altra, ha permesso di effettuare alcune considerazioni sull'evoluzione recente di alcuni dei processi che modellano il paesaggio ed in particolare di quelle erosive ed antropiche.

La legenda utilizzata per la catalogazione e la descrizione dei fenomeni geomorfologici è stata quindi costruita differenziando le forme dovute ai vari agenti morfogenetici che nel tratto esaminato sono:

- Forme e processi dovuti a gravità e processi di pendio;
- Forme e processi dovuti allo scorrimento delle acque;
- Forme strutturali;
- Forme e processi antropici.

La carta geomorfologica contiene anche informazioni relative a tematismi ricavabili da fonti bibliografiche quali gli areali con problematiche di deflusso legate alla morfologia e all'andamento piano - altimetrico del territorio (zone a pericolosità idraulica).

I processi gravitativi comprendono fenomeni di soliflusso, mentre le forme mappate sono orli di scarpate di degradazione attive, scarpate morfologiche con orlo arrotondato e variazioni di inclinazione dei versanti.

Per quanto attiene alle forme legate allo scorrimento delle acque sono state cartografate le zone con erosione areale diffusa, le aree con difficoltà di drenaggio e con drenaggio endoreico, le forme di erosione incanalata, i tratti pensili di corsi d'acqua, le vallecole a fondo concavo ed i corpi d'acqua.

Le forme strutturali riguardano le lineazioni riconosciute da fotointerpretazione.

I processi e le forme antropiche sono state suddivisi in: orli di scarpata di sbancamento, rilevati (strade e ferrovie), rilevati per opere civili, le aree di cava distinte in cave recuperate e rinaturalizzate, argini e sbarramenti artificiali.

L'area esaminata presenta delle problematiche di tipo idraulico legate alla conformazione morfologica del territorio, sono state pertanto riportate le zone segnalate dal Bacino Regionale del Fiume Ombrone a Pericolosità idraulica molto elevata traendo queste informazioni dal: "Piano di

Assetto Idrogeologico - Bacino Regionale Ombrone Appr. DCR n° 12 25/01/2005" e successivi aggiornamenti approvati.

#### **5.4.1 Forme di versante dovute alla gravità**

**Superficie interessata da soliflusso o creep** - Il soliflusso ed il creep sono tipologie di movimento superficiale di deformazione plastica del terreno che può verificarsi anche su pendenze limitate. La lentezza di questo tipo di processo e la mancanza di evidenti superfici di taglio o nicchie di distacco determina aspetti non appariscenti del fenomeno e quindi anche la sua delimitazione diventa talora difficoltosa. Per tale motivo non si è delimitato un perimetro per circoscrivere il fenomeno ma si è evidenziato il solo simbolo per segnalarne la presenza. Le zone soggette a soliflusso devono essere considerate con cautela a causa della possibile evoluzione dei fenomeni che possono essere equiparati a frane attive di coltre. Nel lotto in esame questa tipologia di dissesto risulta non interferente con il tracciato autostradale in progetto.

**Scarpata di degradazione** – Si tratta di brusche rotture di pendio che possono essere determinate da vari fattori tra cui semplici variazioni litologiche o particolari assetti strutturali degli ammassi rocciosi. Queste scarpate possono però essere indicative anche di condizioni d'equilibrio precarie, ovvero di situazioni che potrebbero dar luogo a dissesti nel caso in cui si verificassero incauti interventi antropici, azioni sismiche o variazioni della capacità erosiva delle acque superficiali.

**Variazione di inclinazione del versante** – Si tratta di aree marginali di pianori in quota con debole pendenza o aree di crinale subpianeggianti che, in poche decine di metri, subiscono un incremento di pendenza fino a formare un versante da mediamente a molto inclinato.

**Scarpata morfologica con orlo arrotondato** – Si tratta di modeste variazioni di pendenza di un versante che determinano la formazione di un piccolo gradino, generalmente con orlo molto ben arrotondato e pertanto testimoniano una situazione attuale di sostanziale equilibrio geomorfologico ma possono essere utili nel riconoscere l'evoluzione recente del paesaggio.

#### **5.4.2 Forme fluviali e di versante dovute alle acque superficiali**

**Vallecola con fondo concavo (U)** – In molti casi le vallecole presenti sui versanti meno acclivi hanno una forma concava a testimonianza dell'assenza di fenomeni erosivi di fondo e del raggiungimento di una sorta di equilibrio geomorfologico locale tra le pendenze del fondo e la capacità erosiva delle acque incanalate, talora queste morfologie sono determinate anche dalle

pratiche colturali che tendono a mascherare nel corso delle stagioni eventuali solchi di erosione. Da un confronto tra le foto aeree attuali e quelle degli anni '70 si è osservato che, in tutta l'area di indagine, queste forme di sostanziale equilibrio risultano notevolmente aumentate nel tempo a scapito dei fenomeni erosivi lineari.

**Corso d'acqua pensile** – si sviluppa quando un corso d'acqua, particolarmente ricco in trasporto solido, determina un progressivo innalzamento dell'alveo e del terreno in prossimità delle sponde rispetto alla pianura circostante.

**Erosione areale diffusa** – Sono quelle aree ove avviene un trasporto delle particelle detritiche lungo linee di massima pendenza ad opera del velo d'acqua che ricopre diffusamente il suolo, il quale subisce un logoramento pressoché uniforme su tutta la superficie. Questo fenomeno è caratterizzato da un finissimo reticolato di rivoli, i quali si distribuiscono sul pendio in maniera diversa nel tempo, i solchi generati, nelle zone coltivate, vengono facilmente eliminati dalle lavorazioni agrarie stagionali. Queste forme sono presenti in piccoli areali, queste fenomenologie risultano meno estese attualmente rispetto agli anni '70.

**Erosione incanalata (rill)** – Nelle aree collinari, in particolare nella parte sud del tracciato in esame, si osserva la presenza di solchi erosivi tipo "rill" in alcune vallecole, localmente è possibile individuare, al termine del solco, i depositi colluviali connessi, taluni di neo formazione e marcati dall'assenza di vegetazione.

**Conoide alluvionale** – Allo sbocco in pianura di alcuni corsi d'acqua minori è possibile individuare la presenza di un cono alluvionale che si sviluppa al piede dei versanti. Queste forme sono ben sviluppate nella zona orientale dei Monti dell'Uccellina ed in parte riconoscibili nell'area in esame.

**Area con drenaggio endoreico (N)** – Nelle aree collinari immediatamente retrostanti la costa frequentemente si individuano delle aree, anche con estensione di alcuni ettari, con una forma a conca ed un drenaggio endoreico, che non permette il deflusso all'esterno.

**Area con difficoltà di drenaggio (DD)** - Queste aree a differenza delle precedenti mostrano dei dislivelli minimi rispetto al contesto circostante; si individuano comunque chiari segni di ristagno e/o di difficoltà di drenaggio delle acque meteoriche in occasione degli eventi pluviometrici più intensi.

**Corpo d'acqua** – Sono stati raccolti in questa classe tutti i corpi d'acqua interni, ovvero laghi naturali o artificiali ed acque della laguna, la copertura è coincidente con quella delle acque individuate nella CTR della Regione Toscana.

### 5.4.3 Forme strutturali

**Lineazione principale** - Linea di probabile origine strutturale, che appare netta all'osservazione stereoscopica e dominante nel contesto delle forme lineari contigue.

**Lineazione secondaria** - Linea di probabile origine strutturale, individuabile con un certo margine di incertezza o comunque che appare non particolarmente marcata ed è pertanto subordinata nel contesto delle forme lineari contigue.

### 5.4.4 Forme antropiche

**Orlo di scarpata di sbancamento** – Indica la presenza di rotture di pendio determinate da sostanziali modifiche del profilo del versante ad opera dell'uomo. Appartengono a queste forme le scarpate connesse ai tracciati stradali e ferroviari esistenti, i coronamenti delle cave, i salti morfologici determinati da movimenti di terra per opere di urbanizzazione, i margini dei maggiori accumuli di terreno di riporto o sbancamento per opere civili.

**Cava inattiva** – Le aree di cava non più attive molto spesso risultano abbandonate senza ulteriori modifiche del profilo del terreno. In buona parte dei casi è ancora scarsa la crescita di vegetazione.

**Cava inattiva rinaturalizzata (CN)** – Si è osservato, con una certa frequenza, che le depressioni causate dall'attività estrattiva vengono abbandonate e progressivamente invase dalla vegetazione che tende a coprire sia i piazzali pianeggianti sia le scarpate dei fronti di coltivazione, probabilmente con maggior successo laddove vi sono minore dislivello e minore pendenza delle scarpate; queste forme, oramai obliterate dalla vegetazione, in qualche caso sono riconoscibili solo mediante un confronto con le foto aeree degli anni '70.

**Rilevato stradale (R) o ferroviario (F)** – Questi elementi sono stati desunti prevalentemente dalla fotointerpretazione, con l'ausilio della base topografica sia per la fase di riporto sia per l'individuazione dei rilevati di più modeste dimensioni.

**Rilevato (P) per opere civili** – Riprofilature del terreno mediante apporto di materiali inerti in generale localizzati in prossimità di rilevati stradali o nel tessuto urbano talora rilevati dal confronto tra i due voli di epoche diverse.

**Argine (A)** – Le arginature dei corsi d'acqua risultano uno degli elementi caratterizzanti delle zone di pianura, generalmente si hanno argini su tutti i corsi d'acqua principali e pertanto le dimensioni dei manufatti hanno permesso una rappresentazione con elementi poligonali.

**Sbarramento artificiale (S)** – Si tratta di bacini ricavati mediante scavo, più raramente si osserva la presenza di uno sbarramento in terra che delimita l'invaso.

## **6 COMPATIBILITÀ GEOMORFOLOGICA (VERIFICA PAI, IFFI, PSC)**

### **6.1 PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO**

Il Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dei bacini Toscana Nord, Toscana Costa e Ombrone è stato redatto, adottato e approvato ai sensi dell'art. 17 comma 6-ter della legge 18 maggio 1989, n. 183, quale piano stralcio del piano di bacino. Esso ha valore di piano territoriale di settore e integra gli strumenti di governo del territorio di cui alla legge regionale 16 gennaio 1995 n. 5 e costituisce atto di pianificazione ai sensi dell'art. 18 comma 2 della Legge 11 febbraio 1994 n. 109.

Le autorità di Bacino regionali sono state soppresse dalla Legge Regionale 24 dicembre 2013, n.77 (Legge finanziaria per l'anno 2014). Attualmente la materia è in fase di riordino in riferimento alle decisioni che verranno assunte per l'aggiornamento del D.Lgs. 152 del 03/04/2006.

Con l'adozione del PGRA (Piano di Gestione del Rischio Alluvioni), il PAI (Piano stralcio Assetto Idrogeologico) ha visto modificato i propri contenuti per quanto riguarda la pericolosità idraulica. Per quanto riguarda il bacino dell'Ombrone i temi relativi alla pericolosità e rischio idraulico sono trattati nel PGRA e nella relativa disciplina di piano con lo scopo di semplificarli ed aggiornarli secondo i disposti europei (direttiva "alluvioni" 2007/60/CE e Dlgs 49/2010).

Il PAI mantiene i propri contenuti e le proprie norme d'uso per quanto riguarda la pericolosità ed il rischio da frana nel bacino.

In relazione alla Pericolosità da Frana, gli elaborati del PAI non segnalano aree di interferenza con le opere in progetto; mentre in relazione alla Pericolosità da Alluvione si rimanda ai paragrafi seguenti.

### **6.2 CONSIDERAZIONI SULLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA**

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 il Bacino Regionale del Fiume Ombrone (BRO).

La configurazione morfologica dell'area indagata si caratterizza per un andamento piuttosto pianeggiante orientato nord-sud e compreso tra due dorsali, quella dei Monti dell'Uccellina ad

ovest e quella di Monte Cornuto-Poggio Aquilone ad est. Una blanda sella morfologica orientata est-ovest si colloca circa all'altezza di Alberese Scalo (km 10 circa del tracciato) separa una zona con pendenze decrescenti verso nord che si raccorda alla piana del Fiume Ombrone ed una zona con pendenza decrescente verso sud verso il Golfo di Talamone. I settori con problematiche di tipo idraulico si collocano nella settore settentrionale e meridionale del tracciato dove si raccordano rispettivamente alla piana del Fiume Ombrone e la piana degradante verso il golfo di Talamone.

### **6.3 DISTRETTO IDROGRAFICO APPENNINO SETTENTRIONALE – UNIT OF MANAGEMENT OMBRONE (ITADBR093) – PROGETTO PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI**

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 predispose 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 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 Ombrone, la UoM è la Regionale Toscana Ombrone.

Nel Dicembre 2014 il Distretto Idrografico dell'Appennino Settentrionale ha pubblicato il "P.G.R.A." Piano di Gestione del Rischio Alluvioni, strumento finalizzato alla gestione del rischio di alluvioni nel territorio del Distretto. 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. Per alcune UoM, il P.G.R.A. predisposto si sovrappone alla pianificazione dei PAI adottati in precedenza dalle diverse AdB, mentre le UoM Arno, Toscana Nord, Toscana Costa e Ombrone hanno elaborato una nuova Disciplina di Piano ad hoc per il P.G.R.A..

Il PGRA 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.

Le mappe della pericolosità da alluvione contengono la perimetrazione delle aree geografiche che potrebbero essere interessate da alluvioni secondo i seguenti scenari:

- a) scarsa probabilità di alluvione o scenari di venti estremi;
- b) media probabilità di alluvioni (tempo di ritorno probabile 100 anni);
- c) elevata probabilità di alluvioni, se opportuno.

Le mappe di pericolosità e di rischio redatte per l'UoM Ombrone hanno preso origine dal quadro conoscitivo del PAI che è stato continuamente aggiornato anche sulla base degli studi che le varie amministrazioni hanno redatto ai fini dell'adeguamento dei propri strumenti di governo del territorio al PAI stesso. Sono stati inoltre condotti studi di modellazione idraulica.

Poiché sia la direttiva che il decreto di recepimento richiedono, per ciò che concerne la pericolosità, l'individuazione di tre scenari di riferimento, sono state accordate le procedure di omogeneizzazione indicate negli indirizzi operativi (MATTM, 2013) per non perdere la coerenza tecnica con il PAI.

Le pericolosità individuate nel PAI dell'UoM Ombrone sono state uniformate ed omogeneizzate secondo lo schema seguente:

- P4 e P3 (molto elevata ed elevata) =>P3
- P2 (media) =>P2

- P1 (bassa) =>P1

Nella cartografia allegata al progetto (“Mappe della Pericolosità da Alluvione”) sono state riportate quelle aree attualmente classificate a pericolosità da alluvione elevata (P3 – alluvioni frequenti), pericolosità da alluvione media (P2 – alluvioni poco frequenti) e pericolosità alluvione bassa (P1 – alluvioni rare o di estrema intensità) redatte dal Distretto Appenninico Settentrionale UoM Ombrone (digitalizzazione ottenuta dalle immagini raster contenute nel sito “Geoscopio” della Regione Toscana); di seguito si riporta, con riferimento alle progressive dell’asse di progetto, i tratti in cui le fasce di pericolosità interferiscono con il tracciato, mettendo in evidenza le aree a pericolosità idraulica elevata:

- **da inizio tratto a progr. 1+170** il tracciato attraversa una zona segnalata a pericolosità da alluvione bassa (P1), intervallata da fasce di ampiezza limitata (in corrispondenza degli attraversamenti idraulici, prevalentemente fossi) a pericolosità da alluvione elevata (P3) (progr. -1+-600, progr. -1+-430, progr. -1+-390, progr. 0+300 e progr. 0+670);
- **da progr. 1+170 a progr. 1+190** il tracciato attraversa una zona segnalata a pericolosità da alluvione media (P2);
- **da progr. 1+190 a progr. 1+608** il tracciato attraversata una zona segnalata a pericolosità da alluvione elevata (P3);
- **da progr. 1+608 a progr. 4+722** il tracciato attraversa una zona segnalata a pericolosità da alluvione bassa (P1) intervallata da un’area a pericolosità da alluvione elevata (P3) (da progr. 3+752 a progr. 3+772);
- **da progr. 4+725 a progr. 5+166** il tracciato attraversata una zona segnalata a pericolosità da alluvione media (P2) intervallata da aree a pericolosità da alluvione elevata (P3) (da progr. 4+891 a progr. 4+938 e da progr. 5+101 a progr. 5+120);
- **da progr. 5+166 a progr. 7+804** il tracciato attraversa una zona segnalata a pericolosità da alluvione bassa (P1) intervallata da fasce di ampiezza limitata (in corrispondenza degli attraversamenti idraulici) a pericolosità da alluvione elevata (P3) (progr. 5+800 circa, progr. 6+250 circa e progr. 7+250 circa);
- **da progr. 7+804 a progr. 8+261** il tracciato attraversa una zona segnalata a pericolosità da alluvione media (P2) intervallata da un’area a pericolosità da alluvione elevata (P3) (progr. 8+070 circa);
- **da progr. 8+261 a progr. 9+600** il tracciato attraversa una zona segnalata a pericolosità da alluvione bassa (P1) intervallata da un’area a pericolosità da alluvione elevata (P3) (progr. 9+156 circa);
- **da progr. 9+805 a progr. 11+600** il tracciato attraversa una zona segnalata a pericolosità da alluvione bassa (P1)
- **da progr. 11+600 a progr. 11+867** il tracciato attraversa una zona segnalata a pericolosità da alluvione elevata (P3), in affiancamento a fasce a pericolosità bassa (P1) e media (P2);

- **da progr. 11+867 a progr. 12+951** il tracciato attraversa una zona segnalata a pericolosità da alluvione bassa (P1) intervallata da un'area a pericolosità da alluvione elevata (P3) (da progr. 12+543 a progr. 12+569);
- **da progr. 12+951 a fine tratto** il tracciato attraversa una zona segnalata a pericolosità da alluvione elevata (P3).

#### **6.4 PIANO STRUTTURALE COMUNE DI GROSSETO**

Per la descrizione dei temi affrontati in questo capitolo, sono stati consultati gli elaborati del Piano Strutturale della comune Grosseto (accesso agli elaborati pubblicati nel sito del comune: ottobre 2016); il tratto di pertinenza si estende da inizio tracciato al km 9+800 circa.

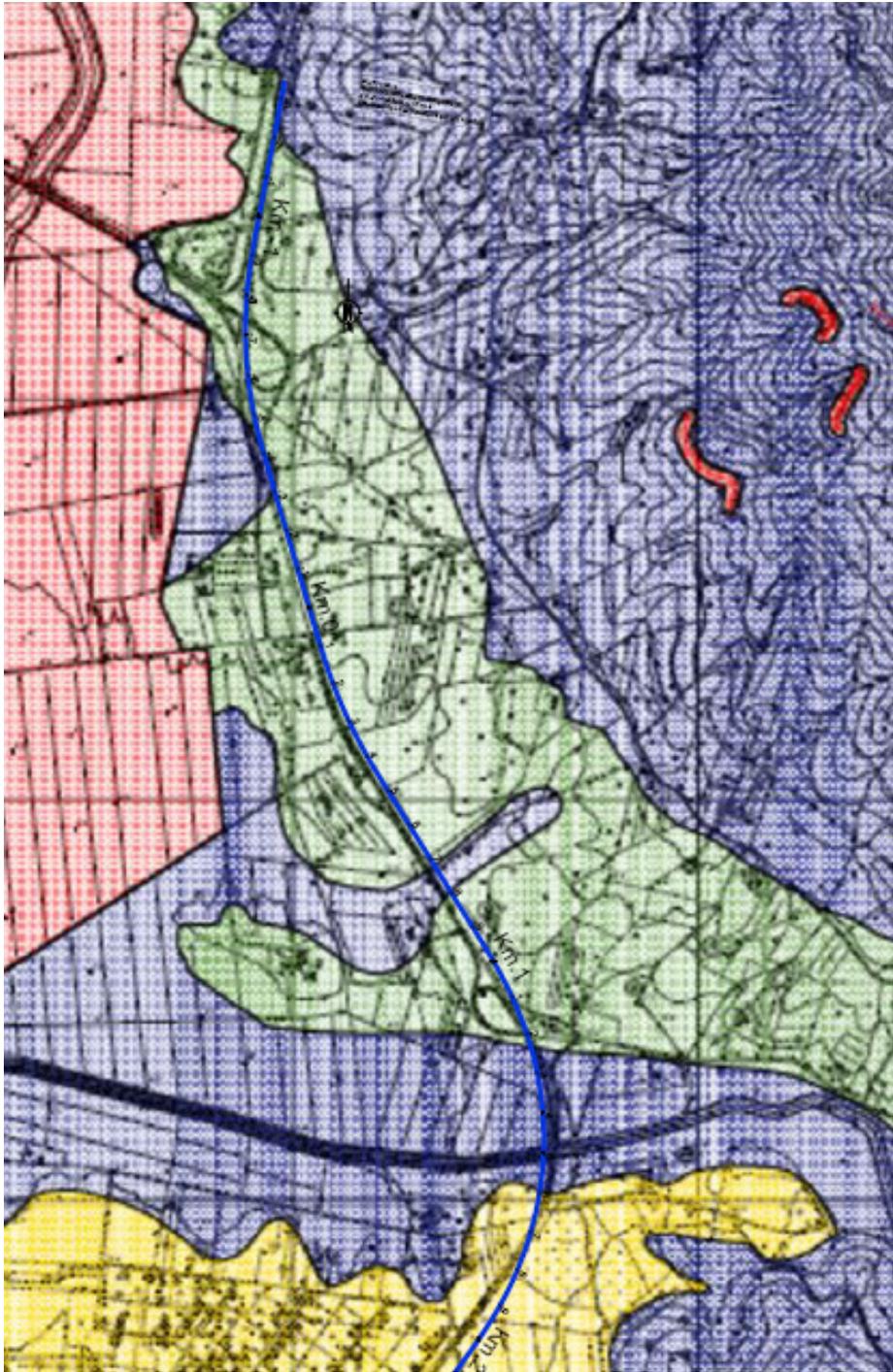
La cartografia analizzata è relativa alle Pericolosità Geologica e alla Pericolosità Idraulica.

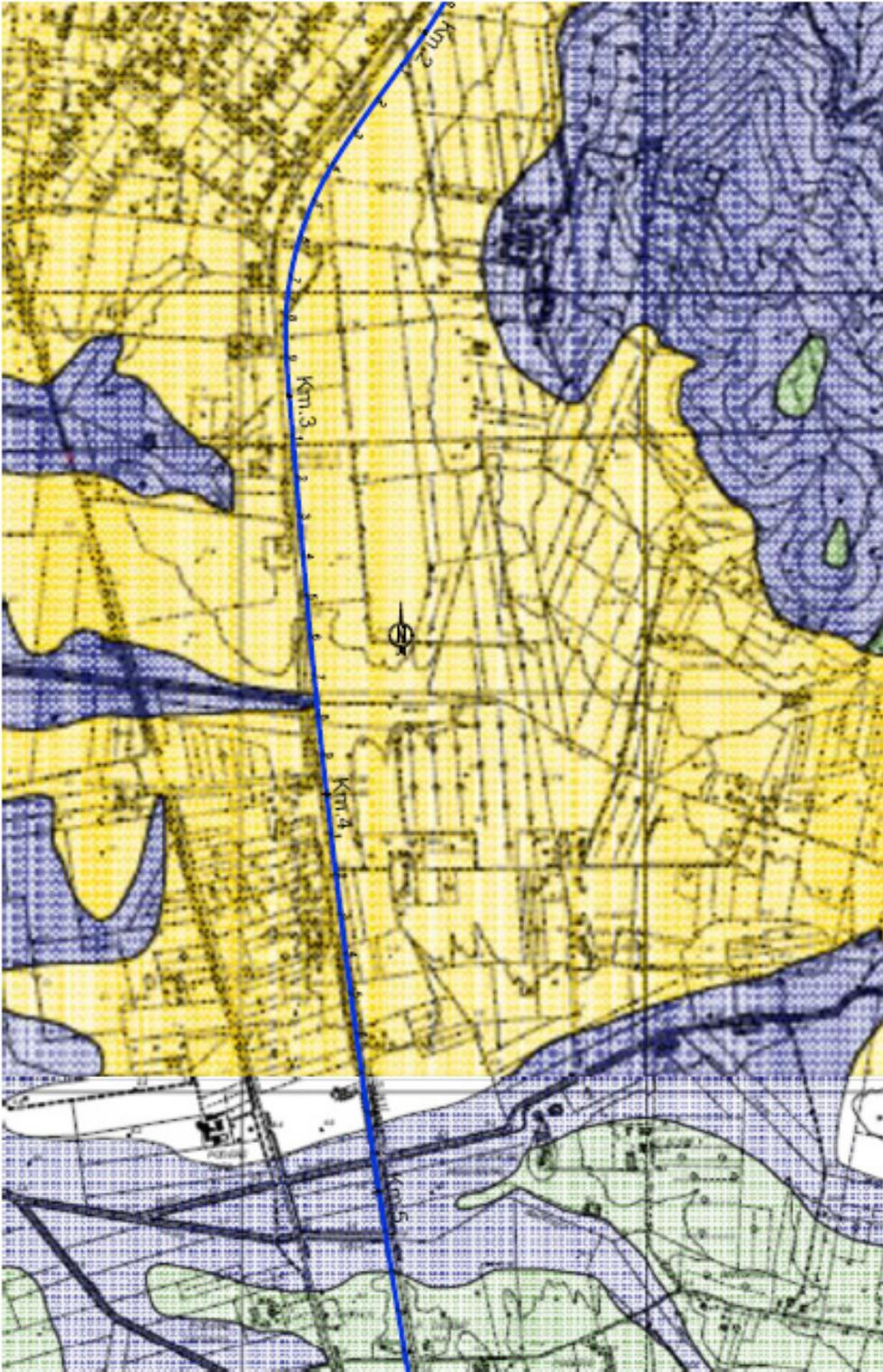
##### **Cartografia 1:10.000 – Pericolosità Geologica (Tav. G.13.10 e Tav. G.13.12 – giugno 2003)**

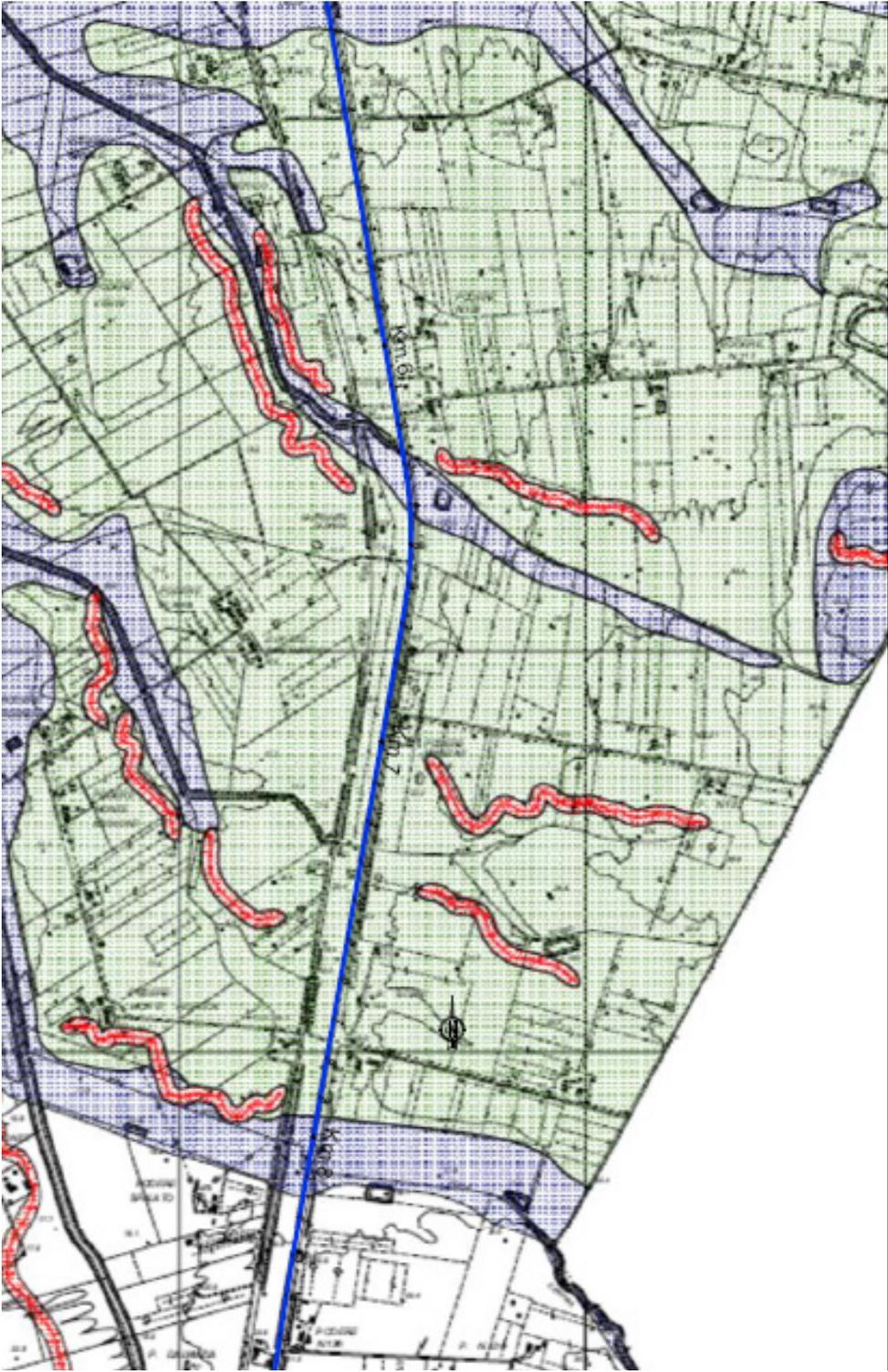
Analizzando la cartografia si osserva che il tracciato interferisce con aree classificate a Pericolosità Geologica nei seguenti tratti:

- da inizio tratto a progr. 1+200 circa Pericolosità Geologica Bassa (P2) con due tratti a Pericolosità Geologica media (P3) (da progr. -1 + -500 a progr. -1 + -300 e da progr. 0+700 a progr. 0+800)
- da progr. 1+200 a progr. 1+600 circa Pericolosità Geologica media (P3)
- da progr. 1+600 a progr. 4+800 circa Pericolosità Geologica irrilevante (P1)
- da progr. 4+800 a progr. 5+200 circa Pericolosità Geologica media (P3)
- da progr. 5+200 a progr. 7+950 circa Pericolosità Geologica bassa (P2) con un tratto a Pericolosità Geologica media (P3) (da progr. 6+250 a progr. 6+400)
- da progr. 7+950 a progr. 8+150 circa Pericolosità Geologica media (P3)
- da progr. 9+500 a progr. 9+800 circa lambisce un'area a Pericolosità Geologica Bassa (P2).

Di seguito si riportano gli stralci della cartografia procedendo da nord verso sud (Fig. 27):







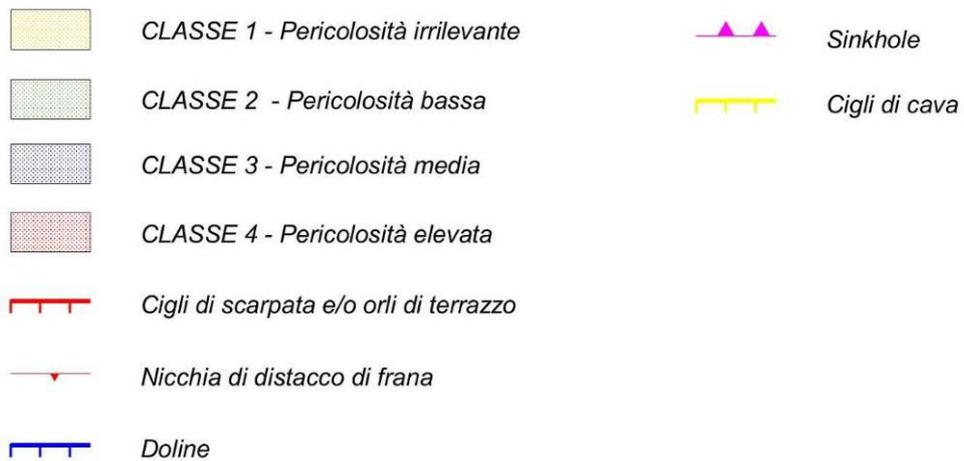
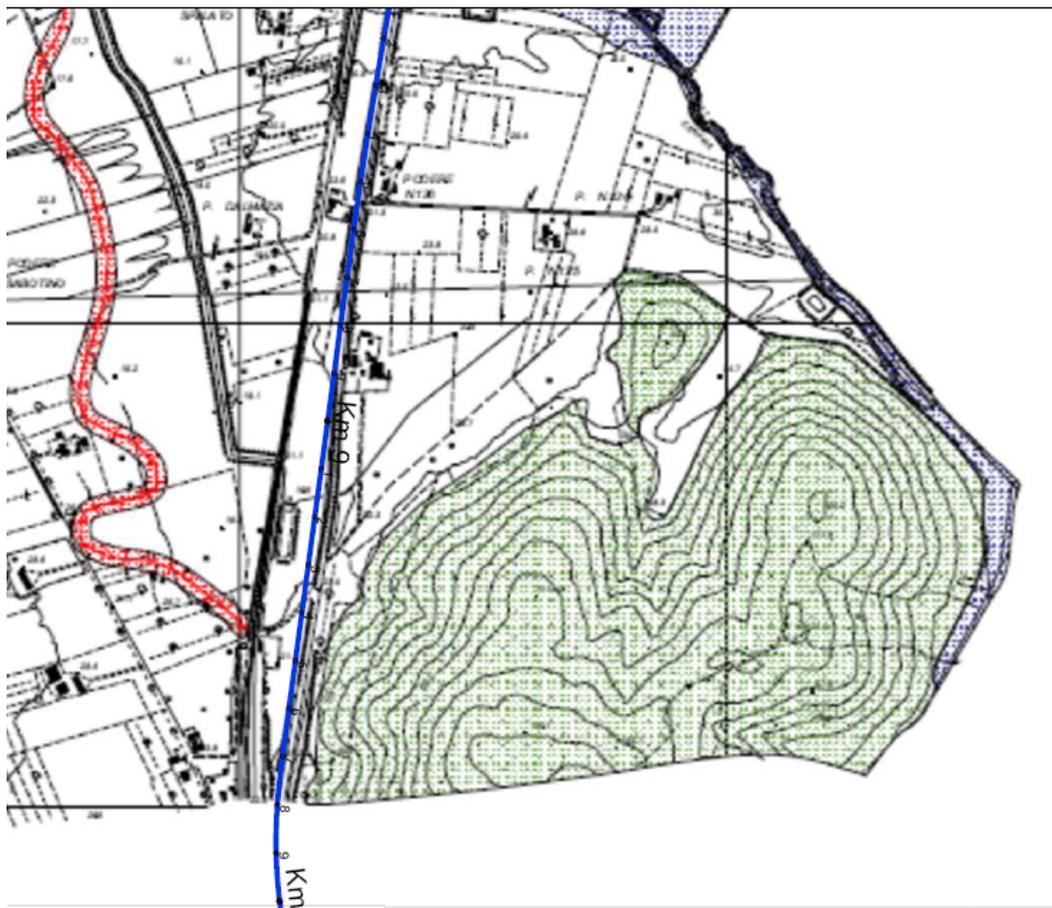


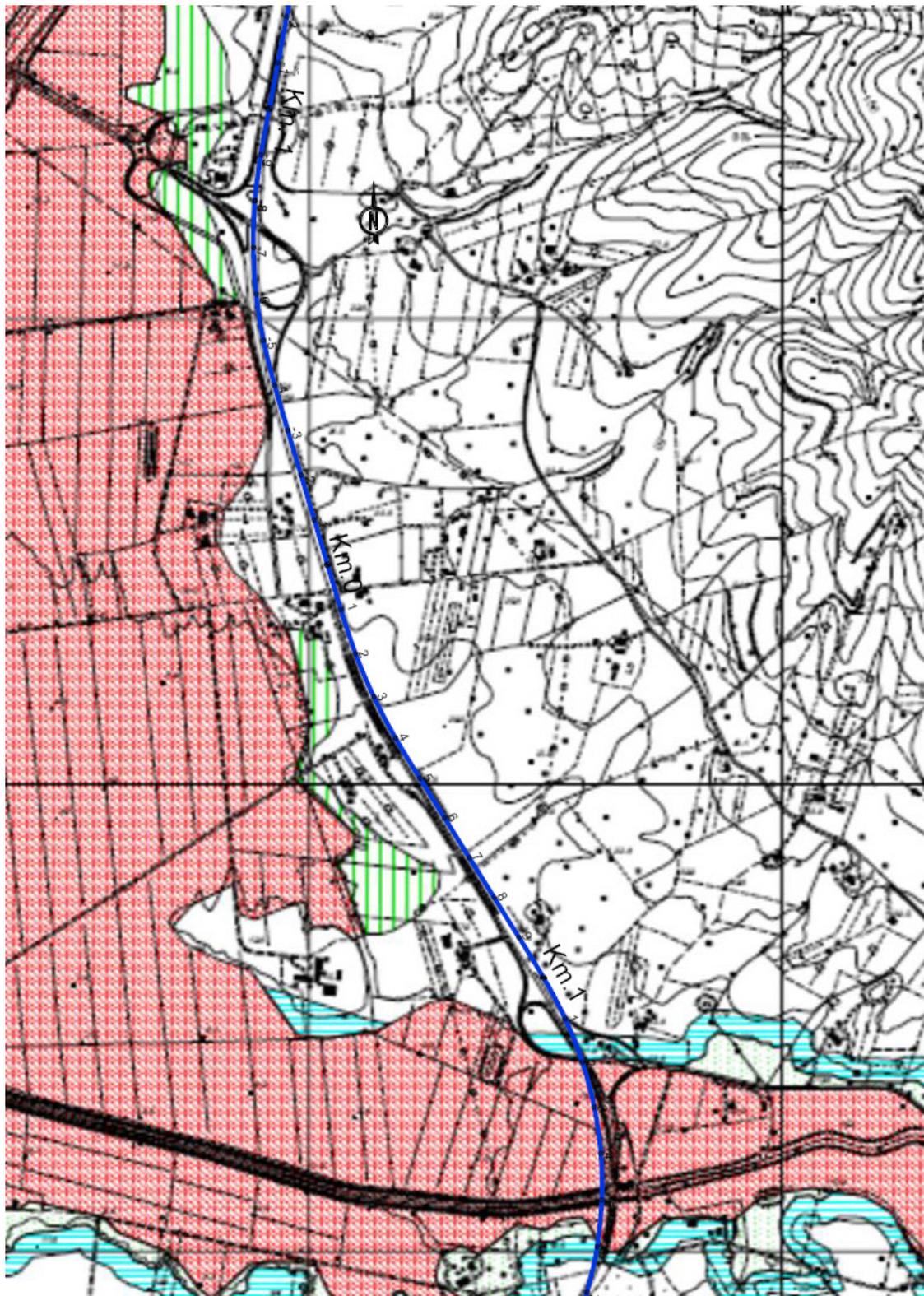
Fig. 27 – Carta della Pericolosità Geologica: Tav. G13.10 e Tav. G13.12 scala 1:10.000 - 06/2003 – (Elaborati Piano Strutturale Grosseto). Immagini non in scala. In blu l'asse di Progetto. Accesso dell'ottobre 2016.

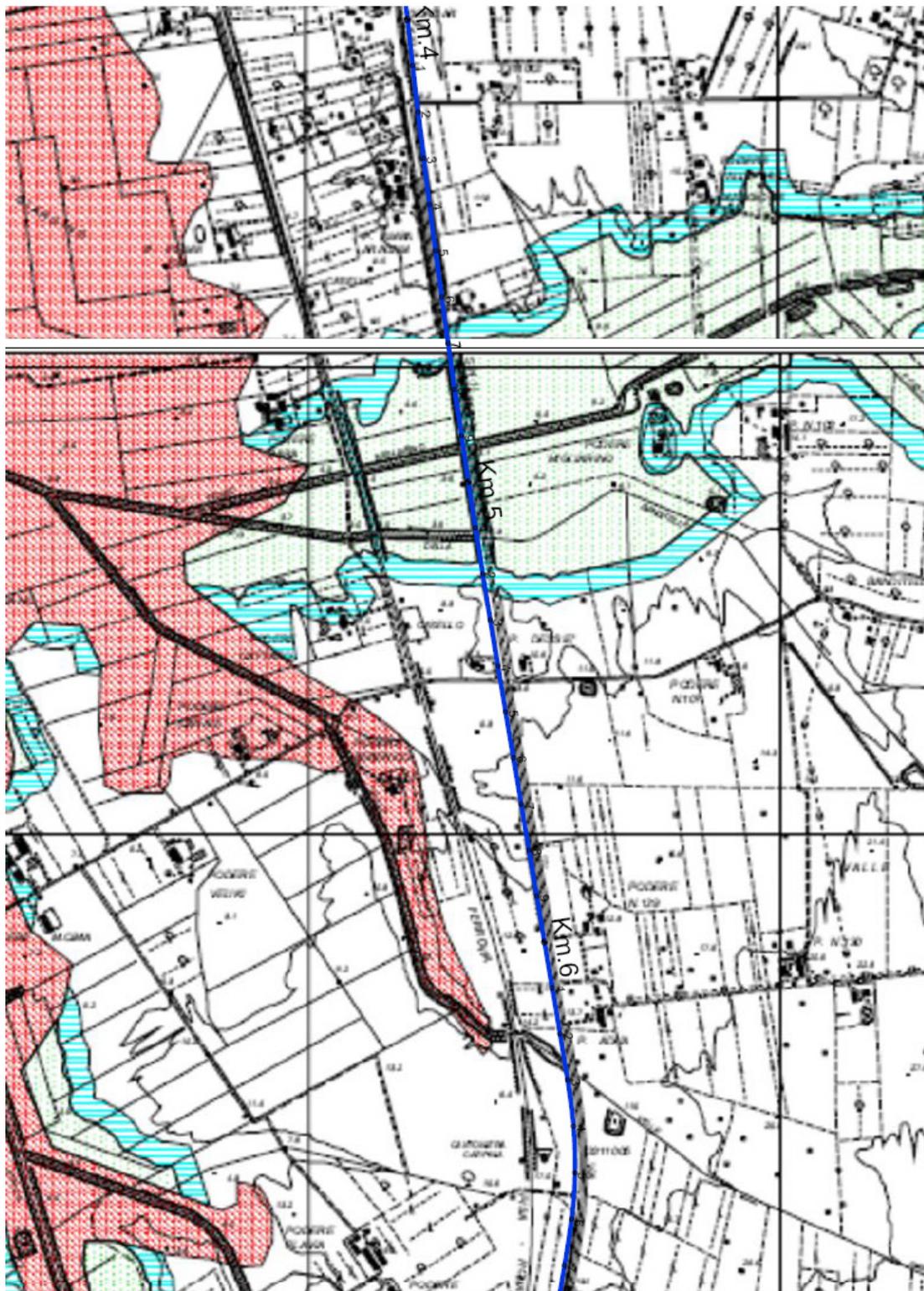
**Cartografia 1:10.000 – Pericolosità Idraulica (Tav. G.14.10 e Tav. G.14.12 – giugno 2003)**

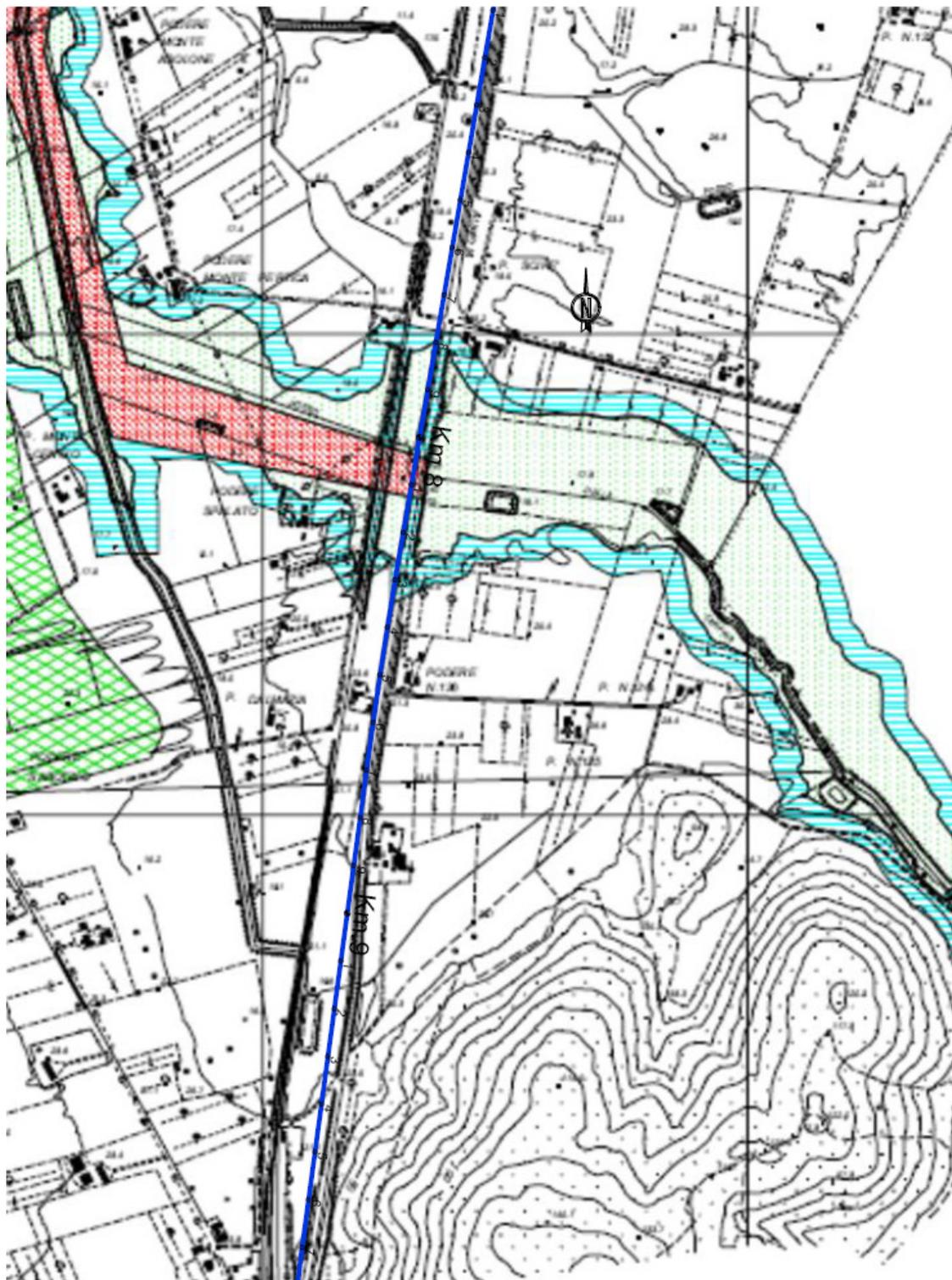
Analizzando la cartografia si osserva che il tracciato interferisce con aree classificate a Pericolosità Idraulica nei seguenti tratti:

- da progr. -1 + -600 a progr. -1+300 lambisce un'area a Pericolosità Idraulica Elevata (classe IV)
- da progr. 1+100 a progr. 1+200 Pericolosità Idraulica Bassa (classe II)
- da progr. 1+200 circa a progr. 1+600 Pericolosità Idraulica Elevata (classe IV)
- a progr. 1+600 circa Pericolosità Idraulica Bassa (classe II)
- da progr. 4+650 a progr. 4+700 circa Pericolosità Idraulica Bassa (classe II)
- da progr. 4+700 a progr. 5+150 circa Pericolosità Idraulica Medio-Alta (classe IIIc)
- da progr. 5+150 a progr. 5+250 circa Pericolosità Idraulica Bassa (classe II)
- da progr. 7+780 a progr. 7+800 circa Pericolosità Idraulica Bassa (classe II)
- da progr. 7+800 a progr. 8+300 circa Pericolosità Idraulica Medio-Alta (classe IIIc), in affiancamento ad un'area a Pericolosità Idraulica Bassa (classe II) e dal km 8+00 al km 8+100 Pericolosità Idraulica Elevata (classe IV).

Di seguito si riportano gli stralci della cartografia procedendo da nord verso sud relativi ai soli tratti di interferenza (Fig. 28):







	CLASSE I : Pericolosità irrilevante
	CLASSE II : Pericolosità bassa
	CLASSE IIIa : Pericolosità medio bassa
	CLASSE IIIb : Pericolosità media
	CLASSE IIIc : Pericolosità medio-alta
	CLASSE IV : Pericolosità elevata

Fig. 28 – Carta della Pericolosità Idraulica: Tav. G14.10 e Tav. G14.12 scala 1:10.000 - 06/2003 – (Elaborati Piano Strutturale Grosseto). Immagini non in scala. In blu l'asse di Progetto. Accesso dell'ottobre 2016.

## 6.5 PIANO STRUTTURALE COMUNE DI MAGLIANO IN TOSCANA

Per la descrizione dei temi affrontati in questo capitolo sono stati consultati gli elaborati del Piano Strutturale del comune di Magliano in Toscana attualmente vigente (piano approvato nel 2007 e successiva variante 2012); il tratto di pertinenza si estende dal km 9+800 circa al km 14+650 circa.

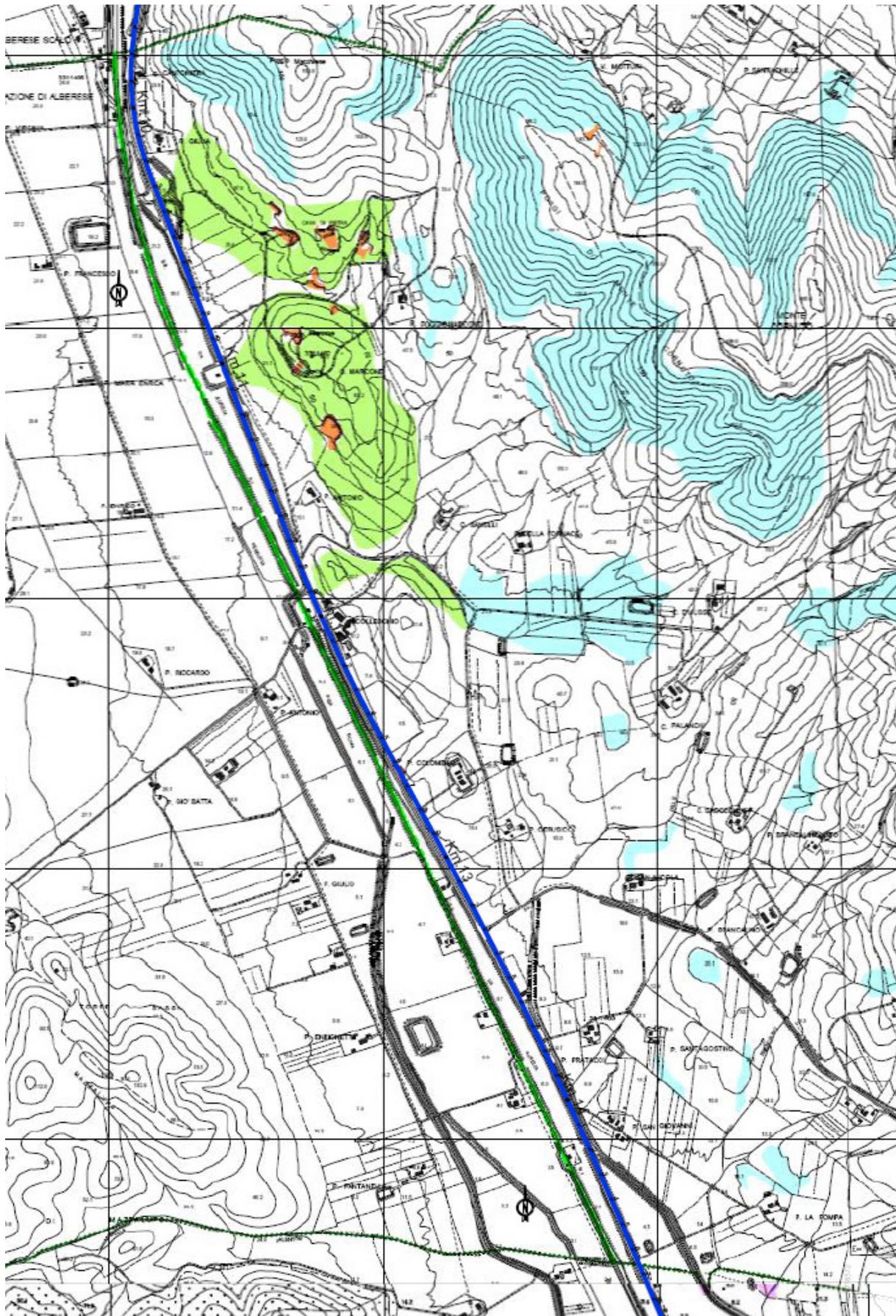
La cartografia analizzata è relativa alla Pericolosità Geomorfologica, alla Pericolosità Geologica e Sismica ed alla Pericolosità Idraulica.

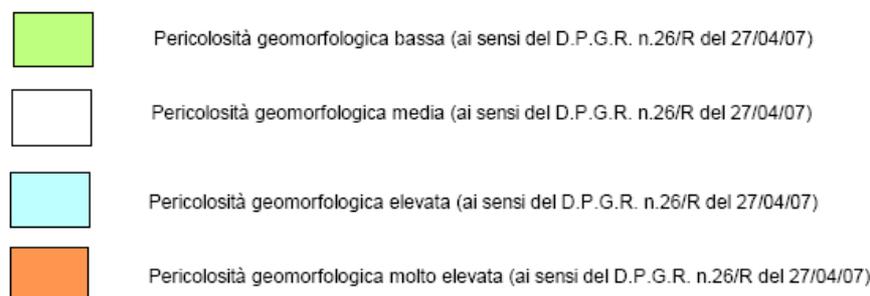
### **Cartografia 1:10.000 – Pericolosità Geomorfologica (Tav. 2a)**

Analizzando la Carta della Pericolosità Geomorfologica si osserva che il tracciato si sviluppa in larga parte in aree classificate a Pericolosità Geomorfologica media lambendo solo in alcuni tratti (tra progr. 10+300 e progr. 10+500 circa e alle progr. 11+000 e progr. 11+800-12+000 circa) aree a Pericolosità Geomorfologica bassa. Dove (in base al contenuto delle Norme di Piano):

- Pericolosità geomorfologica media (G.2): aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giacaturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto;
- Pericolosità geomorfologica bassa (G.1): aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giacaturali non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di movimenti di massa.

Di seguito si riportano gli stralci della cartografia procedendo da nord verso sud (Fig. 29):





*Fig. 29 – Carta della Pericolosità Geomorfologica 2a – (Elaborati Piano Strutturale Magliano in Toscana). Immagini non in scala. In blu è riportato l'asse del tracciato. Accesso dell'ottobre 2016.*

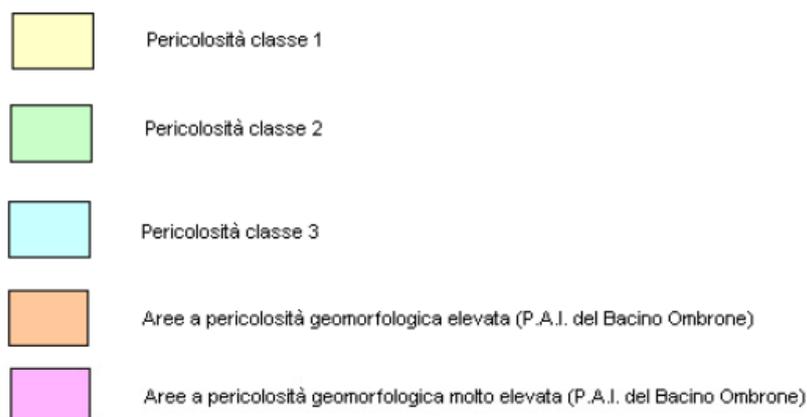
### **Cartografia 1:10.000 – Pericolosità Geologica e Sismica (Tav. 2a) – PSC 2007**

Analizzando la Carta della Pericolosità Geologica si osserva che il tracciato si sviluppa in larga parte in aree classificate a Pericolosità Geologica II (Pericolosità Bassa) lambendo solo in alcuni tratti (tra progr. 10+300 e progr. 10+500 circa, a progr. 11 e tra progr. 11+800 e progr. 12+000 circa) aree a Pericolosità Geologica I (Pericolosità Irrilevante). Dove (in base al contenuto delle Norme di Piano):

- Classe I - PERICOLOSITA' IRRILEVANTE: corrispondente ad aree in cui sono assenti limitazioni derivanti da caratteristiche geologico-tecniche e morfologiche, e nelle quali non sono presenti fenomeni erosivi ne' attivi ne' quiescenti.
- Classe II - PERICOLOSITA' BASSA: corrispondente a situazioni geologiche-tecniche apparentemente stabili sulle quali però permangono dubbi, che comunque potranno essere chiariti a livello di indagine geologica di supporto alla progettazione esecutiva.

Di seguito si riportano gli stralci della cartografia procedendo da nord verso sud (Fig. 30):

#### **LEGENDA**



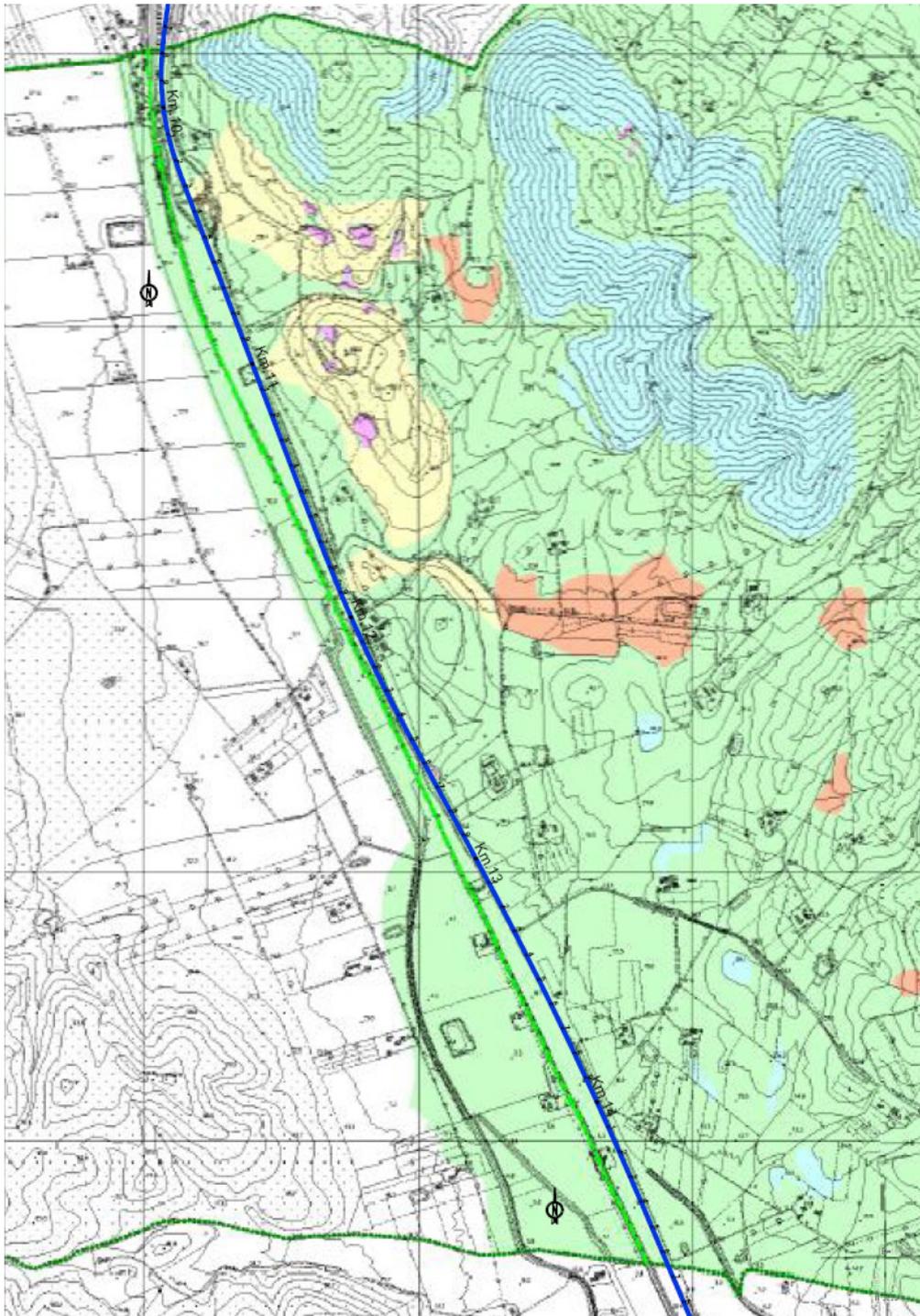


Fig. 30 – Carta della Pericolosità Geologica e Sismica Tav 2a – (Elaborati Piano Strutturale Magliano in Toscana - 2007). Immagini non in scala. In blu l'asse del tracciato. Accesso dell'ottobre 2016.

### **Cartografia 1:10.000 – Pericolosità Idraulica (Tav. 2bis A)**

Analizzando la Carta della Pericolosità Geologica si osserva che il tracciato **da progr. 9+800 circa a progr. 12+950 circa** si sviluppa in aree classificate a Pericolosità Idraulica media lambendo in alcuni tratti (tra progr. 11+400 e progr. 11+800 e tra progr. 12+000 e progr. 12+950) aree a Pericolosità Idraulica elevata; a partire da **progr. 12+950** al confine comunale (**progr. 14+650 circa**) il tracciato interessa aree a Pericolosità Idraulica molto elevata. Dove (in base al contenuto delle Norme di Piano):

- **pericolosità idraulica molto elevata (I.4):** aree interessate da allagamenti per eventi con  $Tr < 30$  anni. Fuori dalle unità territoriali organiche elementari (UTOE) potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici e idraulici, rientrano in classe di pericolosità molto elevata le aree di fondovalle non protette da opere idrauliche per le quali ricorrono contestualmente le seguenti condizioni: a) vi sono notizie storiche di inondazioni b) sono morfologicamente in situazione sfavorevole di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda.
- **pericolosità idraulica elevata (I.3):** aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra  $30 < Tr < 200$  anni. Fuori dalle unità territoriali organiche elementari (UTOE) potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici idraulici, rientrano in classe di pericolosità elevata le aree di fondovalle per le quali ricorra almeno una delle seguenti condizioni: a) vi sono notizie storiche di inondazioni b) sono morfologicamente in condizione sfavorevole di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda;
- **Pericolosità idraulica media (I.2):** aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra  $200 < Tr < 500$  anni. Fuori dalle unità territoriali organiche elementari (UTOE) potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici idraulici rientrano in classe di pericolosità media le aree di fondovalle per le quali ricorrono le seguenti condizioni: a) non vi sono notizie storiche di inondazioni b) sono in situazione di alto morfologico rispetto alla piana alluvionale adiacente, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.

Di seguito si riportano gli stralci della cartografia procedendo da nord verso sud (Fig. 31):

#### **LEGENDA**



Pericolosità idraulica bassa (ai sensi del D.P.G.R. n.26/R del 27/04/07)



Pericolosità idraulica media (ai sensi del D.P.G.R. n.26/R del 27/04/07)

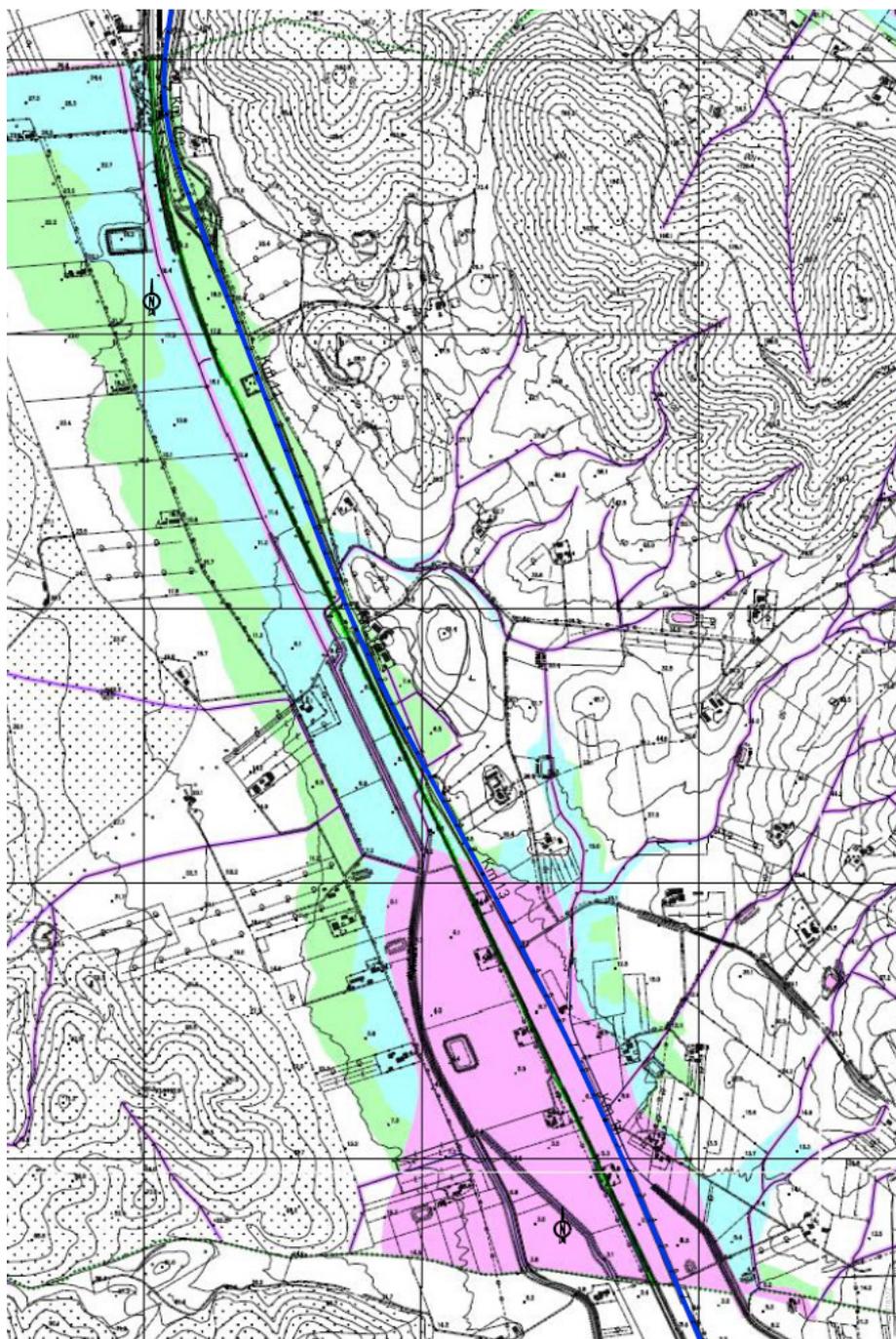
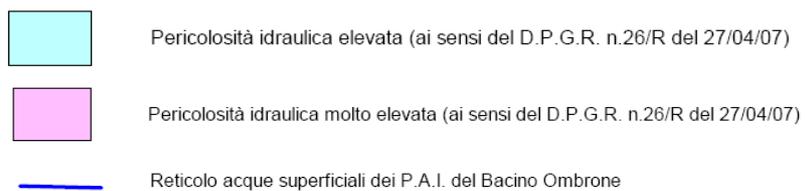


Fig. 31 – Carta della Pericolosità Idraulica Tav. 2bisA – (Elaborati Piano Strutturale Magliano in Toscana). Immagini non in scala. In blu l'asse di Progetto. Accesso dell'ottobre 2016.

## 6.6 PIANO STRUTTURALE COMUNE DI ORBETELLO

Per la descrizione dei temi affrontati in questo capitolo sono stati consultati gli elaborati del Piano Strutturale del comune di Orbetello attualmente vigente (approvato nella seduta del 19 Marzo 2007, con Del. C.C. n. 16, ai sensi e per gli effetti dell'entrata in vigore della nuova Legge Regionale n. 1/2005 "Norme per il governo del territorio"), il tratto di pertinenza si estende dal km 14+650 circa a fine intervento.

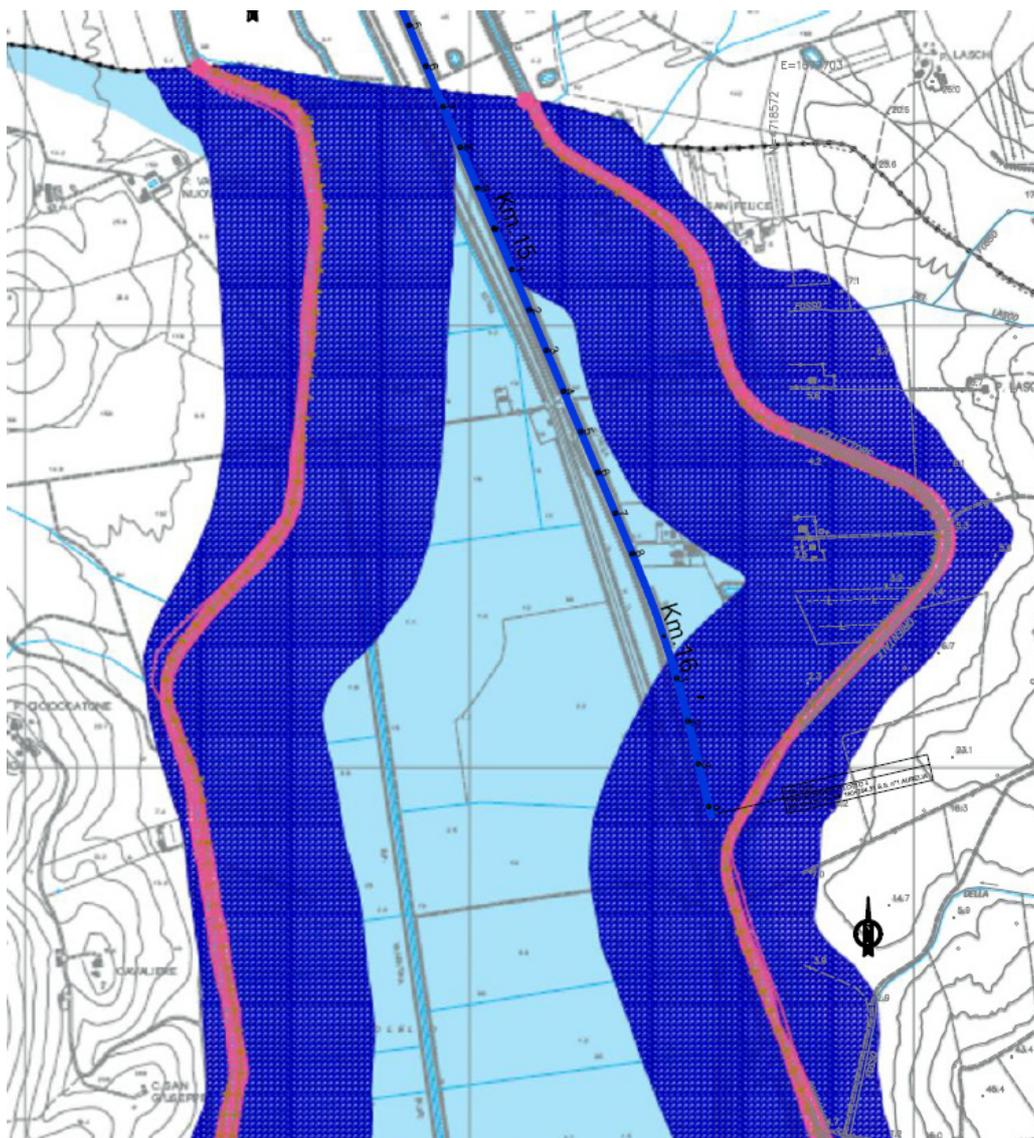
La cartografia analizzata è relativa alle Aree allagate ed ai Contesti Idraulici e alla Pericolosità Idraulica ed alla Pericolosità geologica.

### **Cartografia 1:10.000 - Aree Allagate e Contesti Idraulici (Tav. 8A)**

Analizzando la Carta delle Aree allagate e dei Contesti Idraulici si osserva che il tracciato si sviluppa da **progr. 14+650 a progr. 15+100 circa e da progr. 16+000 circa a fine tratto** in aree classificate in "Abita B" (fascia di pertinenza del fosso collettore orientale) e da **progr. 15+100 circa a progr. 16+000** in "Aree con notizie storiche di Esondazione". Dove (da Relazione Geologica annessa al PSC):

- L'ambito B è definito come area potenzialmente inondabile e stabilito come zona a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a due metri sopra il piede esterno dell'argine o in mancanza il ciglio di sponda. Il limite esterno di tale ambito è determinato dai punti di incontro delle perpendicolari all'asse del corso d'acqua con il terreno alla quota altimetrica come sopra individuata e non potrà comunque superare la distanza di metri lineari 300 dal piede esterno dell'argine o dal ciglio di sponda. Appare importante sottolineare che le ex-salvaguardie indicano tale ambito come aree che possono essere necessarie per gli eventuali interventi di regimazione idraulica tesa alla messa in sicurezza degli insediamenti; l'ambito A1 è definito come zona di assoluta tutela del corso d'acqua e corrisponde all'area d'alveo, le golene, agli argini e alla zone comprese nelle due fasce della larghezza di 10 m adiacenti al piede esterno dell'argine o in mancanza dal ciglio di sponda").

Di seguito si riportano gli stralci della cartografia procedendo da nord verso sud (Fig. 32):



Legenda

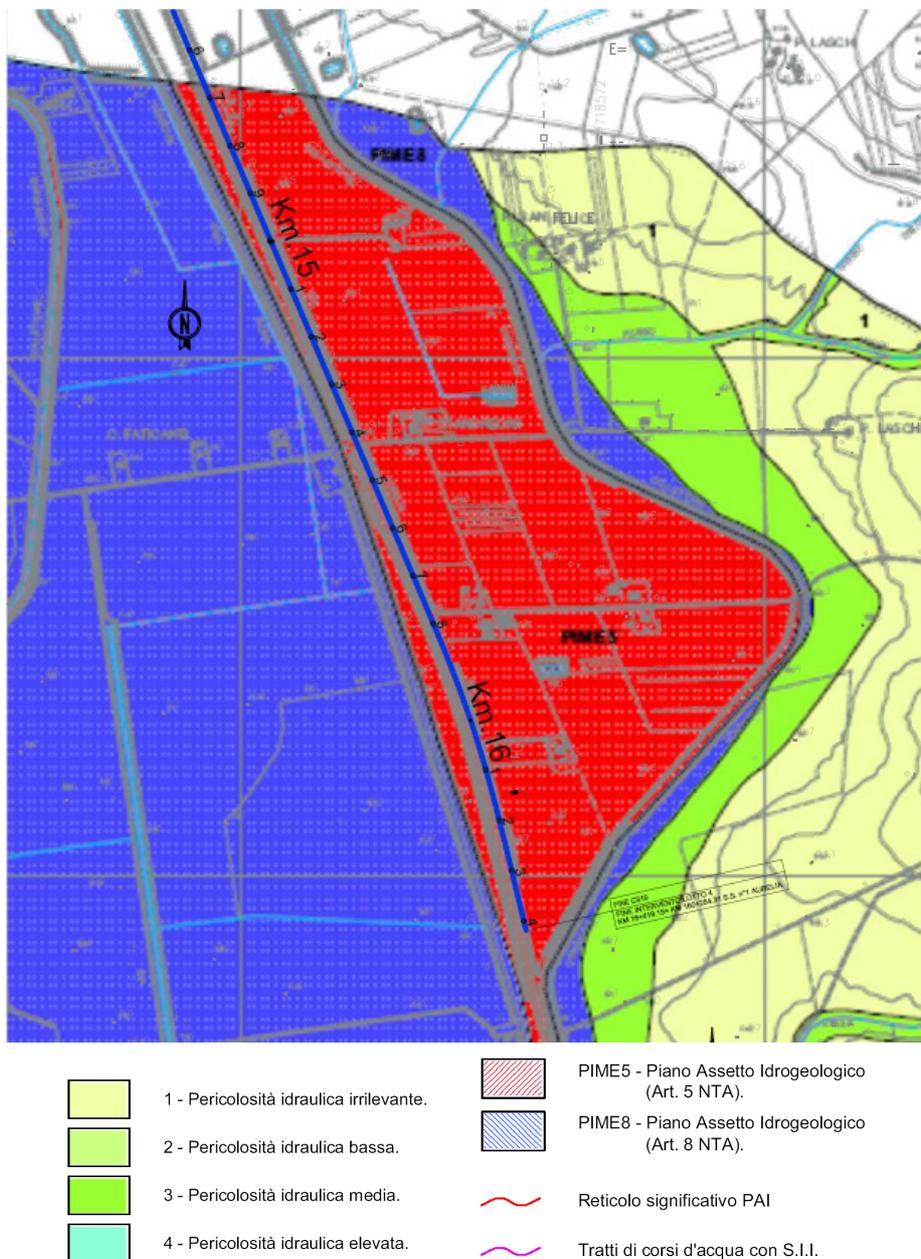
- |                                                                                     |                                                                       |                                                                                     |                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Aree con notizie storiche di esondazione (dati S.I.T. rielaborati).   |  | Tratti di corsi d'acqua arginati.                                                                                                                                     |
|  | Ambito A1 - ex salvaguardie (Del. C.R. 12/00).                        |  | Tratti di corsi d'acqua con S.I.I.                                                                                                                                    |
|  | Ambito B - ex salvaguardie (Del. C.R. 12/00).                         |  | Reticolo significativo P.A.I.                                                                                                                                         |
|  | Aree A.S.I.P. da Piano Assetto Idrogeologico (Del. C.R. 12/05).       |  | Estremi cartografati dei corsi d'acqua classificati (secondo Del. C.R. 12/00) con relativo codice regionale (tracciato come da banca dati fornita - Regione Toscana). |
|  | Aree con difficoltà di drenaggio e/o soggette a fenomeni di ristagno. |                                                                                     |                                                                                                                                                                       |

Fig. 32 – Carta delle aree allagate e dei contesti idraulici – Tav. 8° scala 1:10.000 (Elaborati Piano Strutturale Orbetello). Immagini non in scala. In blu l’asse del tracciato. Accesso dell’ottobre 2016.

**Cartografia 1:10.000 - Pericolosità idraulica (Tav. 9A)**

Analizzando la Carta della Pericolosità Idraulica si osserva che il tracciato si colloca in tutto il tratto di pertinenza del Comune di Orbetello (da progr. 14+650 circa a fine tratto) in aree a Pericolosità Idraulica molto elevata (P.I.M.E. 5) lambendo aree a Pericolosità Idraulica molto elevata (P.I.M.E. 8).

Di seguito si riportano gli stralci della cartografia procedendo da nord verso sud (Fig. 33):



*Fig. 33 – Carta della Pericolosità Idraulica – Tav. 9A alla scala 1:10.000 (Elaborati Piano Strutturale Orbetello). Immagini non in scala. In blu l'asse del tracciato. Accesso dell'ottobre 2016.*

### **Cartografia 1:10.000 - Aree a Pericolosità Geologica (Tav. 7A)**

Analizzando la Carta della Geologica si osserva che il tracciato si colloca in tutto il tratto di pertinenza del Comune di Orbetello (da progr. 14+650 circa a fine tratto) in aree a Pericolosità Geologica Media. Dove (da relazione Geologica annessa al PSC):

- **CLASSE 3 - PERICOLOSITA' GEOLOGICA MEDIA:** in tali aree, per le zone collinari, non sono presenti fenomeni di dissesto attivo come frane iletanti, tuttavia le condizioni geologico-tecniche e soprattutto geomorfologiche del sito sono tali da far ritenere che esso si trova al limite dell'equilibrio e/o può essere interessato da fenomeni di amplificazione della sollecitazione sismica o dissesti geomorfologici in genere. Rientrano in questa classe anche le zone interessate da ruscellamento diffuso, erosione superficiale diffusa, rotture di pendio, coperture detritiche, zone in abbandono o acclivi con scarsa regimazione e zone limitrofe alle aree interessate da frane o fenomeni di dissesto (aree fittizie definite in precedenza con un intorno significativo, aree potenzialmente coinvolgibili). In tale classe sono comprese le aree pianeggianti in cui vi è la presenza di terreni di bonifica o di colmata e le zone dove affiora detrito o riporto con scadenti caratteristiche geotecniche dei terreni superficiali, zone con difficoltà di drenaggio e ristagni e aree a rischio sinkholes . Qui ogni intervento edilizio è condizionato e le indagini di approfondimento dovranno essere condotte al livello di area nel suo complesso. Per le aree a rischio sinkholes le indagini di dettaglio di tipo geoelettrico o di tipo gravimetrico dovranno accertare la profondità del substrato, le caratteristiche dei terreni di copertura e di ogni altra informazione utile per la comprensione del fenomeno e l'adozione di eventuali misure di salvaguardia e mitigazione.

Di seguito si riportano gli stralci della cartografia procedendo da nord verso sud (Fig. 34):

#### **LEGENDA**

##### Legenda

	1 - Pericolosità geologica irrilevante.		Area P.F.E. da Piano Assetto Idrogeologico (Art. 16-24 NTA).
	2 - Pericolosità geologica bassa.		Area P.F.M.E. da Piano Assetto Idrogeologico (Art. 16-24 NTA).
	3 - Pericolosità geologica media.		Area P.F.M.E. da Piano Assetto Idrogeologico (Art. 13 NTA).
	4 - Pericolosità geologica elevata.		

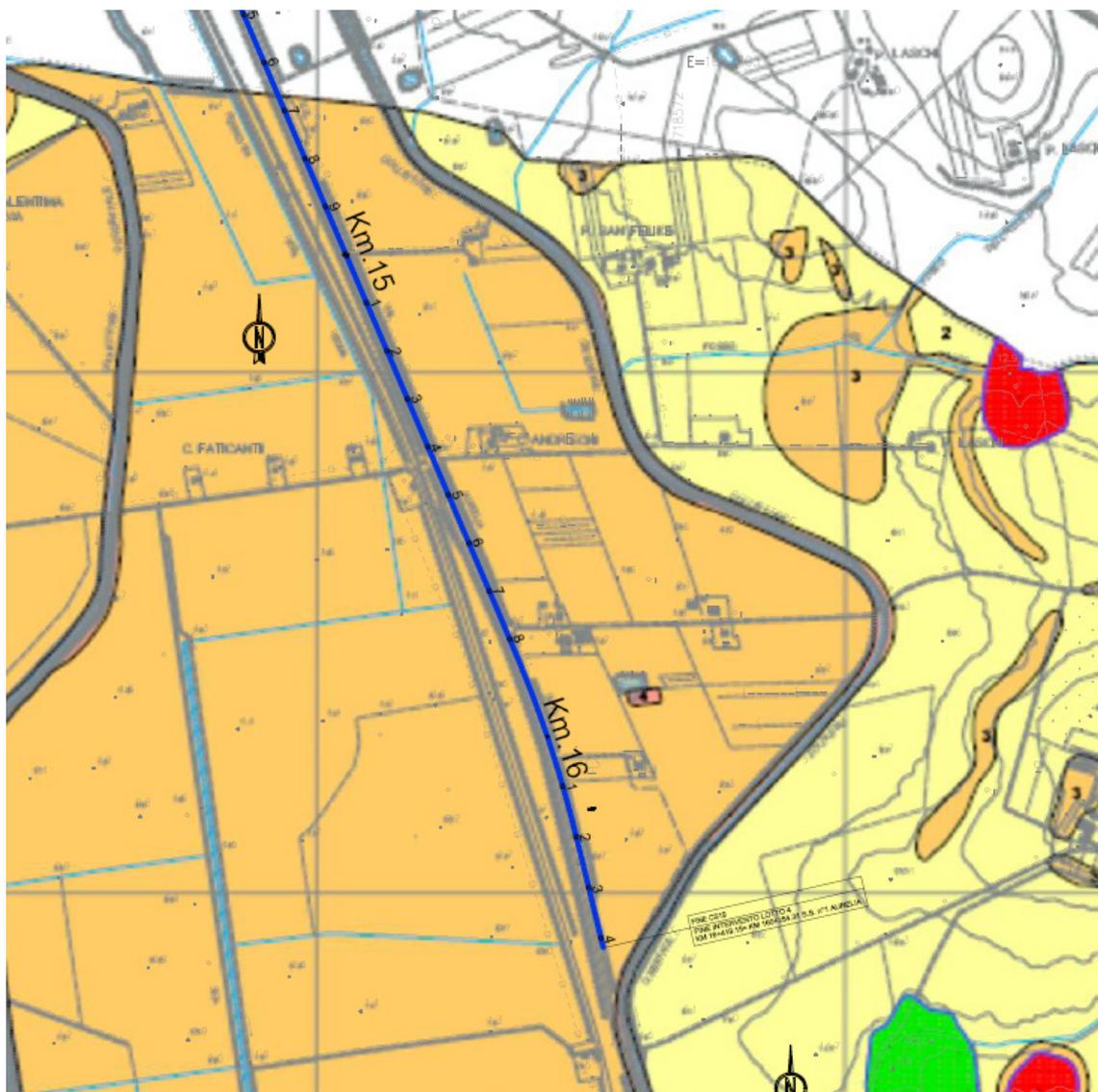


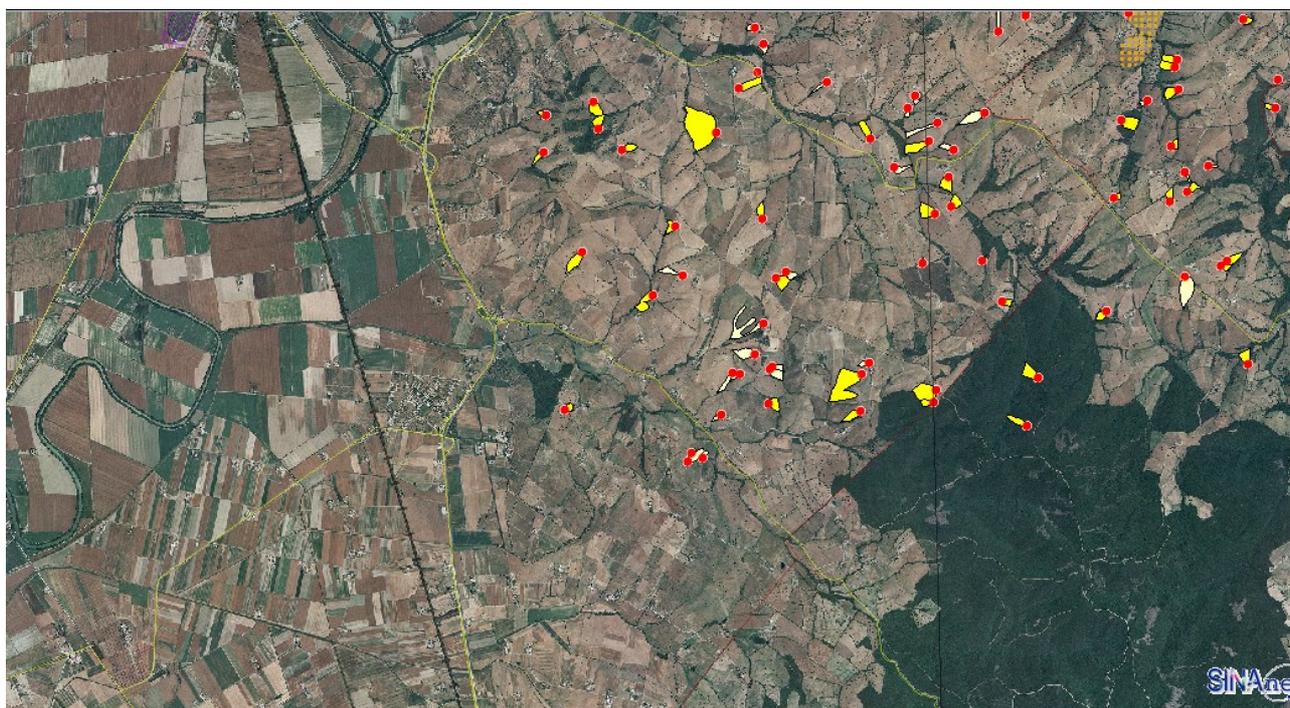
Fig. 34 – Carta della Pericolosità Geologica – Tav. 7A- scala 1:10.000 (Elaborati Piano Strutturale Orbetello). Immagini non in scala. In blu l'asse del tracciato. Accesso dell'ottobre 2016.

## 6.7 INVENTARIO FENOMENI FRANOSI IN ITALIA (PROGETTO IFFI)

Il Progetto IFFI (Inventario Fenomeni Franosi in Italia), promosso dal Comitato dei Ministri per la Difesa del Suolo (ex legge 183/89), nasce dalla esigenza di fornire un quadro completo ed aggiornato sulla distribuzione dei fenomeni franosi dell'intero territorio nazionale, attraverso la raccolta e l'omogeneizzazione dei dati e di offrire uno strumento conoscitivo di base per la valutazione del rischio da frana, per la programmazione degli interventi di difesa del suolo e per la pianificazione territoriale a scala nazionale e locale.

Il progetto, realizzato per conto del Servizio Geologico - ISPRA con l'ausilio delle Regioni e Province autonome, costituisce il primo inventario omogeneo e aggiornato dei fenomeni franosi sull'intero territorio nazionale. L'inventario dei fenomeni franosi rappresenta, un utile strumento conoscitivo per la valutazione della pericolosità da frana e, più in generale, come supporto alle decisioni da operare in ambito territoriale.

Di seguito si riporta uno stralcio della cartografia IFFI relativa all'area di studio dalla quale non si osservano dissesti interferenti con le opere in progetto (tracciato di progetto in ampliamento all'Aurelia esistente rappresentata nelle immagini con linea gialla(Fig. 35).





*Fig. 35 - Cartografia IFFI (Inventario Fenomeni Franosi in Italia) - Accesso dell'ottobre 2016. Il tracciato di progetto si sviluppa in ampliamento all'Aurelia esistente rappresentata nelle immagini con riga gialla.*

## 7 REDAZIONE DELLA CARTOGRAFIA GEOLOGICA

Le principali fonti bibliografiche consultate per redigere le planimetrie geologiche di progetto sono state la carta geologica d'Italia 1:100.000, la Carta Strutturale dell'Appennino Settentrionale alla scala 1:250.000 CNR, la cartografia geologica della Regione Toscana in scala 1:10.000, nonché le carte geologiche allegate ai Piani Strutturali dei comuni di Grosseto, Magliano in Toscana ed Orbetello. Queste fonti hanno rappresentato la base d'inquadramento sulla quale sono stati inseriti i dati di più recente acquisizione, quali quelli derivanti dalle indagini geognostiche e dal rilevamento geologico di dettaglio.

Sulla base delle attività svolte e di tutti i dati raccolti, è stato possibile ricostruire il quadro geologico dell'area di studio. Gli elementi acquisiti hanno portato alla compilazione di documenti di sintesi, in particolare è stata redatta una carta geologica di dettaglio.

La carta geologica è corredata di due profili longitudinali in scala 1:5.000/1:500 ed 1:5.000/1:5.000, la cui traccia in planimetria è posta 30 metri in destra rispetto all'asse stradale in progetto. L'esagerazione verticale del profilo 1:5.000/1:500 permette di rappresentare con chiarezza la distribuzione ed i rapporti fra le unità stratigrafiche distinte, nonché la loro litologia principale. Il profilo in scala 1:5.000 descrive la reale pendenza dei contatti esistenti fra le principali unità stratigrafiche riconosciute.

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 (campagna indagini PD 2010), rispetto ai sondaggi di cui sono state reperite stratigrafie e relativa documentazione fotografica (progetto preliminare ed indagini integrative) o solo stratigrafia (Indagini BDSRI).

I sondaggi sono stati rappresentati sul profilo geologico proiettandoli perpendicolarmente alla traccia del profilo (30 metri in destra rispetto all'asse di progetto), l'intercetta ricavata in questo modo è stata a sua volta proiettata perpendicolarmente all'asse del tracciato per determinarne la distanza progressiva rispetto all'origine di lotto. Lo stesso procedimento è stato adottato per l'intercetta dei limiti geologici e delle faglie. Nella descrizione del profilo geologico, riportata nell'apposito capitolo, si fa riferimento alle progressive del tracciato stradale così ricavate.

### Planimetria geologica

Per quanto concerne la geologia sono state riportate in carta le unità stratigrafiche, distinguendo le aree in affioramento da quelle dove l'ammasso roccioso è sub - affiorante cioè ricoperto da modesti spessori di suolo o di detrito (1-2 metri). Per quanto attiene agli elementi strutturali presenti (faglie e sovrascorrimenti) ed al loro assetto, è opportuno evidenziare come la loro ubicazione in planimetria ed in sezione presenti un certo grado di indeterminatezza legato alla scarsità di dati osservabili in campagna.

### Profili geologici

Lungo la sezione geologica sono state rappresentate schematicamente le colonne stratigrafiche dei sondaggi, al loro interno sono state rappresentate, mediante apposito retino, le litologie prevalenti che sono state riconosciute in base all'esame dei carotaggi. Un opportuno riquadro evidenzia la sigla di quei sondaggi che sono stati solo parzialmente utilizzati in quanto la loro stratigrafia testimoniava una variazione laterale di alcuni dei depositi riportati in profilo o la cui proiezione ricadeva al di fuori dell'unità geologica mappata in superficie; sono state invece riportate in grigio le indagini del BDSRI (nella Banca Dati Sottosuolo e Risorse Idriche della Regione Toscana ) in quanto non sempre è nota la tipologia di indagine (si tratta spesso di pozzi per acqua) ed inoltre non sempre presentano un dettaglio approfondito sulla granulometria dei singoli strati; le loro informazioni sono state tuttavia utili per la ricostruzione della planimetria geologica. Nei depositi del substrato litoide è stata spesso riconosciuta, in sondaggio, una fascia di alterazione che è stata rappresentata con un apposito tratto.

Relativamente agli elementi morfologici antropici (argini e rilevati), l'estremo dettaglio del profilo topografico, derivato dai rilievi appositamente realizzati per l'opera in progetto, mostra una lieve discrepanza rispetto alla posizione dei medesimi elementi individuati sulla cartografia regionale (cartografia in scala 1:10.000 restituita in progetto in scala 1:5.000) che è stata utilizzata come base topografica per gli elaborati geologici. Nella realizzazione della sezione geologica sono segnalate con apposito simbolo i settori con riporti antropici mappati in planimetria.

## 8 DESCRIZIONE DELLA STRATIGRAFIA DELL'AREA

La notevole mole di dati acquisita per il presente lavoro (sondaggi a carotaggio continuo) unita la qualità del loro dettaglio rappresenta un grosso incremento alle conoscenze del sottosuolo dell'area e nello stesso tempo presenta alcuni elementi di incertezza derivanti dalla mancanza di puntuali verifiche cronostratigrafiche soprattutto relativamente ai depositi quaternari.

Nell'elaborazione della stratigrafia rappresentata nella carta di superficie e nel profilo di sottosuolo si è fatto riferimento ad alcuni lavori relativi a zone limitrofe (citati nel capitolo di inquadramento geologico e presenti in bibliografia) che forniscono degli elementi di riferimento fondamentali per la ricostruzione cronostratigrafica dei depositi di questo settore della Toscana Meridionale.

La nomenclatura proposta per i depositi quaternari è in gran parte originale e risponde alla necessità di definire i depositi dal punto di vista delle loro caratteristiche di facies, della loro posizione stratigrafica e dei riferimenti temporali individuati. L'alternanza degli episodi trasgressivo-regressivi (Fig. 20) determinati dalle variazioni del livello del mare porta alla sovrapposizione di ambienti simili durante il corso del tempo.

La ricostruzione che viene presentata pertanto si basa sulla correlazione fisica delle stratigrafie dei singoli sondaggi.

Nella suddivisione stratigrafica in ogni sondaggio i sedimenti sono stati descritti nei loro caratteri:

- 1- litologia;
- 2- tessitura nelle litologie ciottoloso sabbiose;
- 3- eventuali strutture sedimentarie (laminazioni, gradazioni);
- 4- contenuto fossilifero verificando quando possibile la autoctonia o alloctonia di eventuali resti di bivalvi e gasteropodi;
- 5- colore dei sedimenti, espressione di variabili condizioni ossido-riducenti degli ambienti di sedimentazione o di alterazione e pedogenesi.

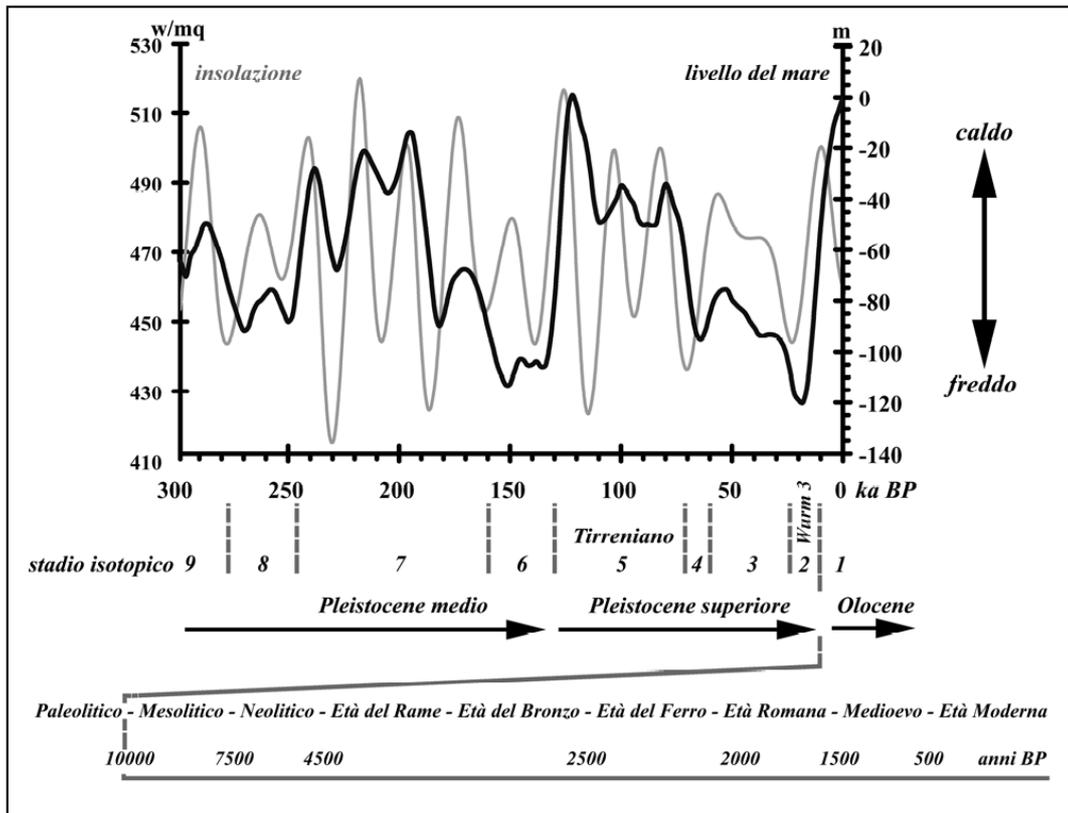


Fig. 36 – Variazioni del livello del mare e dell'insolazione dal Pleistocene medio all'Olocene (da: Silenzi et al. 2004)

E' risultato importante, nella suddivisione proposta, enfatizzare la natura, concordante e discordante dei contatti stratigrafici tra le unità definite sulla base delle osservazioni sopra elencate.

Nel caso in cui la mancanza di datazioni dirette inibisca un chiaro riferimento cronostratigrafico, è risultato importante enfatizzare la natura dei contatti stratigrafici tra le unità (concordante e discordante), in quanto in questo caso la cronostratigrafia risulta comunque ipotizzabile sulla base dei seguenti elementi:

- correlazioni tra diversi ambiti desumibili sulla base della geologia di superficie (cartografia geologica ufficiale e studi precedenti);
- presenza in letteratura di informazioni relative alla cronologia di specifici intervalli stratigrafici.

## **8.1 COPERTURE SENZA ATTRIBUZIONE DI ETÀ**

### **a3 – Depositi di versante**

Limi e sabbie rossastre con clasti eterometrici ed eterogenei talora subordinati

### **a4 – Depositi eluvio - colluviali**

Limi, limi argillosi e limi sabbiosi, talora sabbie limose, con ghiaie minute e clasti millimetrici eterogenei. Colori frequentemente rossastri. Si tratta di depositi la cui età, nell'area in esame, è riferibile all'Olocene. La loro collocazione in legenda tra le "Coperture senza attribuzione di età" viene fatta per analogia a quanto riconosciuto in areali limitrofi nei lotti adiacenti dove, nei pressi di rilievi costituiti da unità litoidi, sono stati riconosciuti in sondaggio terreni attribuibili a questo tipo di deposito che si presentano interdigitati in unità quaternarie di età diversa. Per semplicità di rappresentazione e per limitare la proliferazione di sigle si è deciso di indicare con **a4** tutti questi terreni anche se di età diversa.

## **8.2 DEPOSITI QUATERNARI**

### **H1b - Depositi fluviali**

Sabbie, sabbie fini limose, limi, limi sabbiosi e limi argillosi talora con clasti arrotondati eterogenei millimetrici. Talora presenza di ghiaia sparsa ed elementi millimetrici nerastri. Età: Olocene

### **H1a - Depositi lagunari**

Argille limose, limi argillosi debolmente sabbiosi di colori bruni e grigi. Presenza locale di malacofaune di ambiente salmastro. Età: Olocene

### **H1a1 - Depositi palustri**

Limi, limi argillosi nerastri e grigi talora con qualche elemento scuri e radici. Possibili intercalazioni di sabbie molto fini e fini limose grigie. In carta sono stati rappresentati anche quando coperti da modesti spessori di suolo più sabbioso eluvio colluviale. Età: Olocene

**Qt1d - Depositi fluviali**

Sabbie limose, limi sabbiosi, sabbie con ghiaia (clasti tondeggianti da millimetrici a centimetrici). Ghiaia con sabbia (in sondaggio). Presenza di calcinelli e concrezioni manganesifere nei suoli. Colori prevalenti marrone ocracei talora screziati. (LGM (?) - 18ka BP). Età: Pleistocene superiore.

**8.3 DEPOSITI NEOGENICI****VIL - Depositi Continentali**

Sabbie e sabbie con ciottoli poligenici alternate a conglomerati poligenici. Età: Pliocene inf.-medio (Rusciniano-Villafranchiano inferiore)

**FAA - Depositi Marini**

Argille grigio azzurre localmente fossilifere. Età: Pliocene inf.-medio (Zancleano-Piacenziano)

**8.4 UNITÀ TETTONICHE SUBLIGURI****ACC - Argille e Calcari di Canetolo**

Argilliti e siltiti scure alternate a calcari grigi e grigio verdastri e calcareniti grigie. E' stata distinta una litofacies calcarea (ACCb) caratterizzata da strati calcarei spessi e molto spessi ed una litofacies argillitico-calcarea (ACCa) con alternanza di argilliti prevalenti, siltiti e calcari micritici, calcareniti in strati per lo più sottili e med. Età: Paleocene - Eocene

**8.5 UNITÀ TETTONICHE TOSCANE**

Le Unità Tettoniche Toscane presenti nell'area comprendono formazioni del Triassico, del Giurassico, del Cretaceo e dell'Oligocene. Il complesso quadro geologico dell'area risulta caratterizzato dalla sovrapposizione di diverse unità tettoniche che vengono descritte per ordine di impilamento dalla superiore alla inferiore.

## **UNITA' DI COLLELUNGO**

### **MAC - Macigno**

Areniti quarzoso-feldspatiche, micacee e siltiti in strati da sottili a spessi talora molto spessi, granulometria da fine a medio-grossolana, colori grigi al taglio fresco marroni e giallastre all'alterazione. In sondaggio (4/2SD3) è presente una fascia di alterazione caratterizzata da limi sabbiosi con trovanti arenitici beige e livelletti di siltiti alterate. Età: Oligocene superiore-Miocene inferiore

### **STO3 - Scaglia Toscana (Membro delle Calcareniti di Montegrossi, Calcareniti a nummuliti)**

Calcari stratificati con interstrati pelitici, colore grigio. Presenza di liste di selce e livelli di brecciole con clasti di quarzo. Possibile presenza di bancate calcarenitiche grossolane a macroforaminiferi. Età: Cretaceo superiore-Eocene inferiore. (Fig.37)



*Fig. 37 - Scaglia Toscana (STO3) Calcareniti a nummuliti con lista di selce (località Collecchio)*

## **UNITA' DELLA VACCHERECCIA**

### **V3 - Verrucano**

Alternanze di litotipi costituiti da quarzoareniti e quarzoruditi con livelli subordinati di peliti talora con colori violacei. Localmente rilevati alcuni livelli carbonatici di scarsa continuità laterale. Età: pre-Retico



*Fig. 38 – Affioramenti di Verrucano*

## **UNITA' DEI MONTI DELL'UCCELLINA**

### **DSD – Diaspri**

Radiolariti rosso scure, talora verdastre stratificate intercalate a livelli sottili di argilliti. Età: Giurassico medio-Cretaceo inferiore (Calloviano-Berrasiano) (Fig. 39).



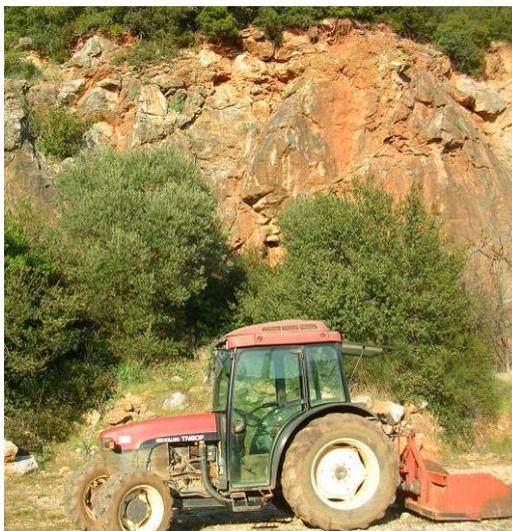
*Fig. 39 – Affioramento di Diaspri (DSD) (Loc. Poggio Marcone)*

### **CRA - Calcare Rosso Ammonitico**

Calcari e calcari marnosi stratificati alternati a sottili strati di marne. Il colore è grigio e rosato; talora intercalati in filoni sedimentari all'interno di MAS. I calcari possono presentare una struttura nodulare. Nei calcari marnosi sono talora presenti Ammoniti e Crinoidi. Età: Lias (Sinemuriano-Toarciano)

### **MAS Calcare Massiccio**

Calcare grigio chiaro a grana fine e finissima, stratificazione per lo più indistinta. Età: Lias (Hettangiano) (Fig. 40).



*Fig. 40 – Affioramento Calcare Massiccio (MAS)*

## 9 DESCRIZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA IN ASSE AL TRACCIATO

### 9.1 GEOLOGIA

Nell'ambito del presente capitolo si riportano, procedendo da nord a sud, le principali considerazioni a tema geologico di interesse tecnico per la progettazione dell'opera; a tale scopo si fa esplicito riferimento al profilo geologico longitudinale allegato al progetto, che è stato tracciato 30 metri in destra rispetto all'asse stradale.

Il tratto in esame rappresenta un settore allungato in direzione N-S, attualmente depresso e confinato tra i monti dell'Uccellina e dai rilievi orientali di Monte Cornuto - Poggio Aquilone. I sondaggi evidenziano un substrato roccioso costituito da terreni delle Unità Tettoniche Toscane e dell'Unità Subligure, al quale si sovrappongono sedimenti alluvionali derivanti dalla coalescenza laterale di conoidi fluviali di età pleistocenica. All'altezza di Alberese Scalo c'è una zona di alto, caratterizzato da una sella morfologica che determina il deflusso verso nord e verso sud dei corsi d'acqua. Negli assi vallivi i depositi olocenici sono costituiti da depositi palustri, caratterizzati da peliti o sabbie fini tipici degli ambienti con cattivo drenaggio che determinano condizioni riducenti, e da depositi alluvionali.

Lasciata la piana alluvionale del Fiume Ombrone, il tracciato si imposta sulle rocce del substrato appartenente alla formazione del Macigno (MAC). La base delle pendici è ricoperta da un modesto spessore di Depositi di Versante (a3), che il tracciato intercetta da progr. **-1+368 a progr. -1+133**, il cui spessore ipotizzato in profilo è dell'ordine dei 3 -4 m. I depositi di versante sono costituiti da limi e sabbie rossastre con clasti di arenaria sub-angolari e spigolosi. Il tracciato in carreggiata nord si sviluppa per un breve tratto in trincea ed attraversa le rocce della Formazione del Macigno, che il sondaggio 3/1-Sd18quater (riportato in planimetria) intercetta per tutta la sua profondità (20 m da p.c.). In particolare, nei primi 12 m le arenarie si alternano a strati decimetrici di siltiti fogliate e subordinate argilliti. il colore è grigio con patine di alterazione ocracee. Le porzioni silteose possono risultare molto fogliate con diffuse patine lucide caratterizzate da grande fragilità.

Da progr. **-1+133 a progr. 0+222** il tracciato si sviluppa sui terreni fluviali pleistocenici ascrivibili all'unità Qtd con spessori misurati nei sondaggi variabili da 8 a 15 metri (cfr. sondaggi 3/1-Sd19, S1, 4/2-Sd1 e 4/2-Sd2). **Da progr. 0+222 fino a progr. 2+870 circa** si rinvencono depositi alluvionali olocenici H1b ed in particolare, fino alla **progr. 1+130 circa**, il substrato sottostante i

depositi pleistocenico-olocenici è costituito da arenarie del Macigno che spesso si presentano alterate al contatto, con spessori che superano i 7 metri.

In corrispondenza della **progr. 1+130** la formazione delle Argille e Calcari di Canetolo, nella litofacies argillitico calcarea (ACCa), sovrascorre sulla formazione del Macigno. Anche la formazione delle Argille e Calcari di Canetolo si presenta alterata, con disfacimento della parte argillitica a limo argilloso ed argilla limosa talora con clasti. A partire dalla **progr. 1+216**, al di sotto dei depositi olocenici H1b, sono riconoscibili terreni appartenenti ai depositi fluviali di conoide pleistocenici Qt1d. Alla **progr. 2+870** il tracciato si imposta sui depositi pleistocenici Qt1d che proseguono fino a **progr. 3+465 circa**. Da qui fino a **progr. 5+193** l'opera si sviluppa su depositi olocenici paludosi (**H1a1**), caratterizzati da prevalenti limi argillosi e argille limose con locale presenza di materiale organico e sabbie limose. I colori dominanti sono i grigi. Da **progr. 5+193** a **progr. 6+162** si intercettano ancora dei depositi pleistocenici Qt1d. In fondo al sondaggio 4/2 SD12 si ipotizza la presenza di substrato calcareo estremamente fratturato attribuito alla formazione della Scaglia Toscana - Calcari a Nummuliti (STO3).

Da **progr. 6+163** a **progr. 9+418** il tracciato attraversa i depositi fluviali H1b che a partire da **progr. 8+079** a **progr. 9+221** poggiano su un sottile livello di depositi palustri H1a1. Da **progr. 9+418** a **progr. 9+644** si trova del detrito eluvio colluviale (a4) poggiante su depositi Qt1d e su STO3. In questo settore, al di sotto dei depositi quaternari, è presente un substrato (riconosciuto all'altezza del sondaggio 4/2-SD17) costituito da terreni dell'Unità Tettonica dei Monti dell'Uccellina; in particolare, dai Calcari Rosso Ammonitico (CRA) e dal Calcare Massiccio (MAS). Circa a **progr. 9+330** i calcari STO3 dell'Unità di Collelungo sovrascorrono sul Calcare Massiccio (MAS). La zona di faglia è caratterizzata da una intensa fratturazione. La formazione STO3 affiora tra **progr. 9+644** e **progr. 9+688**. Alla **progr. 9+850** viene nuovamente intercettato il piano di scorrimento di STO3 sul Calcare Massiccio (MAS). Il tracciato prosegue da **progr. 9+688** a **progr. 11+103** su depositi eluvio colluviali (a4) derivanti dai vicini rilievi. Questa coltre di detrito poggia direttamente sul substrato di Calcare Massiccio (riconosciuto in sondaggio 4/2-SD19) fino a circa **progr. 10+431**, dove si assiste alla transizione ai depositi Qt1d.

I terreni pleistocenici Qt1d si ritrovano tra la **progr. 11+103** e la **progr. 12+662**. Nella zona del sondaggio 4/2-SD21, al di sotto dei depositi sciolti pleistocenici Qt1d, si riconosce la presenza di un substrato calcareo costituito da Calcare Rosso Ammonitico sovrascorso a **progr. 12+077** dai Calcari a Nummuliti STO3. Il sovrascorrimento risulta rigettato da una faglia subverticale. In questo settore (sondaggi 4/2-SD22 e C-S20) si segnala una intensa fratturazione tettonica. I calcari STO3 affiorano tra **progr 12+662** e **progr. 12+727**.

Da **progr. 12+727** a **progr. 14+024** i depositi su cui si attesta l'opera in progetto sono costituiti da terreni Qt1d. Si segnala che al di sotto di questi depositi, a **progr. 12+769**, è presente il sovrascorrimento che sovrappone le Argille e Calcari di Canetolo su STO3 dell'Unità Tettonica di Collelungo, mentre da **progr. 13+006** a **progr. 13+469** si ipotizza la presenza di depositi pliocenici costituiti da sabbie e ciottoli - VILa ed Argille azzurre - FAA affioranti in areali limitrofi.

Da **progr. 14+024** a **progr. 14+896** si intercettano depositi palustri H1a1 caratterizzati da limi argillosi ed argille limose prevalentemente grigiastri con locali livelli sabbiosi. Da **progr. 14+896** a fine lotto i depositi passano a depositi lagunari H1a caratterizzati da argille limose e limi grigi con presenza di malacofauna salmastra.

## 9.2 GEOMORFOLOGIA

I principali elementi geomorfologici di interesse per la realizzazione dell'opera sono stati rappresentati nella cartografia allegata al progetto e sono stati riferiti alle progressive dell'asse del tracciato. Gli elementi di maggiore impatto riguardano gli aspetti idraulici legati all'attraversamento dei corsi d'acqua in aree con morfologie sfavorevoli per i deflussi ed a rischio di allagamento.

Il tracciato nella parte iniziale si sviluppa su terreni di conoide pleistocenica a quote superiori rispetto alla pianura adiacente ove il Distretto Appenninico Settentrionale UoM Ombrone segnala zone a Pericolosità idraulica elevata (P3 – alluvioni frequenti) che però non interferiscono con le opere in progetto.

### Tratti in cui il tracciato interferisce con aree classificate a Pericolosità da Alluvione Elevata (P3):

- progr. -1+-600 circa, progr. -1+-430 circa, progr. -1+-390 circa, progr. 0+300 circa e progr. 0+670 circa (si tratta di fasce di ampiezza limitata tracciate in corrispondenza del reticolo idrico, prevalentemente fossi);
- da progr. 1+190 a progr. 1+608 area di pertinenza del fosso Rispecchia;
- da progr. 3+752 a progr. 3+772 (si tratta di fasce di ampiezza limitata tracciate in corrispondenza del reticolo idrico, prevalentemente fossi);
- da progr. 4+891 a progr. 4+938 e da progr. 5+101 a progr. 5+120 (si tratta di fasce di ampiezza limitata tracciate in corrispondenza del reticolo idrico, prevalentemente fossi);
- a progr. 5+800 circa, a progr. 6+250 circa e a progr. 7+250 circa (si tratta di fasce di ampiezza limitata tracciate in corrispondenza del reticolo idrico);

- a progr. 8+070 circa, a progr. 9+156 circa, da progr. 11+600 a progr. 11+867, da progr. 12+543 a progr. 12+569 (si tratta di fasce di ampiezza limitata tracciate in corrispondenza del reticolo idrico, prevalentemente fossi);
- da progr. 12+951 a fine tratto nella piana che degrada verso il Golfo di Talamone

Per i tratti di interferenza con le aree a Pericolosità da Alluvione Media (P2) e Bassa (P1) si rimanda allo specifico paragrafo.

Nelle zone di pianura sono segnalate aree con difficoltà di drenaggio, da segnalare da progr. 13+000 a progr. 13+400 e nella piana che degrada verso Talamone, da progr. 15+000 a fine intervento (aree che lambiscono il tracciato di progetto).

## 10 PRINCIPALI ELEMENTI GEOLOGICI DI INTERESSE INGEGNERISTICO

In questo ambito si ribadiscono alcune criticità geologiche che possono avere grande influenza per la progettazione delle opere:

- negli assi vallivi i depositi olocenici sono costituiti per lo più da depositi palustri, caratterizzati da peliti o sabbie fini tipiche di un ambiente poco drenato in cui si verificano condizioni riducenti. L'elevato contenuto di sostanze organiche e la presenza di livelli torbosi dovrà essere valutata con attenzione, vista l'elevata compressibilità di questi terreni;
- presenza di materiali con scadenti caratteristiche meccaniche (depositi di versante (a3) e depositi eluvio colluviali (a4) derivanti dai vicini rilievi);
- difficoltà nel definire lo spessore delle porzioni alterate del Macigno: in sondaggio per diversi metri (anche più di 12), le arenarie si alternano a strati decimetrici di siltiti fogliate ed subordinate argilliti di colore grigio con patine di alterazione ocracee. Le porzioni siltose possono risultare molto fogliate con diffuse patine lucide caratterizzate da grande fragilità;
- l'esatta ubicazione degli elementi strutturali è soggetta ad un certo grado di indeterminatezza in ragione della frammentaria esposizione del substrato e della presenza di estese coperture di vario tipo. Attorno alle zone di faglia ed alle strutture tettoniche principali è probabile la presenza di una zona cataclastica associata a fratture più o meno cementate da calcite;
- nel tratto iniziale, dove il tracciato lambisce i rilievi collinari, sono segnalati fenomeni di soliflusso non interferenti con le opere; in ogni caso questi elementi devono essere considerate con cautela a causa della possibile evoluzione dei fenomeni, da annoverarsi fra quelli attivi ed equiparabili a frane di coltre o superficiali, in particolar modo quando si manifestano su terreni prevalentemente argillosi;
- i dati bibliografici indicano che le zone prospicienti la costa sia in zona Grosseto (in questo caso distanti dal tracciato) che in corrispondenza della bonifica di Talamone, sono interessate da fenomeni di intrusione marina; questo fenomeno può comportare la presenza di acque a salinità elevata in prossimità del piano campagna;
- ritombamento delle linee di deflusso naturale delle acque.

- presenza di edifici civili in prossimità delle opere rappresenta, 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; ciò risulta evidente soprattutto nel caso in cui in tali contesti siano state segnalate forme di dissesto più o meno estese;
- possibile interferenza con le acque sotterranee nei tratti in cui il tracciato sarà realizzato in trincea;
- gli elementi geomorfologici di maggiore impatto riguardano gli aspetti idraulici legati all'attraversamento dei corsi d'acqua in aree con morfologie sfavorevoli al deflusso e soggette al rischio di allagamento.
- in relazione al tema della pericolosità da Alluvione (PRGA) il tracciato interferisce con aree classificate a Pericolosità da Alluvione Elevata (P3) nei seguenti tratti:
  - a progr. -1+-600 circa, a progr. -1+-430 circa, a progr. -1+-390 circa, a progr. 0+300 circa e a progr. 0+670 circa (si tratta di fasce di ampiezza limitata tracciate in corrispondenza del reticolo idrico, prevalentemente fossi);
  - da progr. 1+190 a progr. 1+608 area di pertinenza del fosso Rispecchia;
  - da progr. 3+752 a progr. 3+772 (si tratta di fasce di ampiezza limitata tracciate in corrispondenza del reticolo idrico, prevalentemente fossi);
  - da progr. 4+891 a progr. 4+938 e da progr. 5+101 a progr. 5+120 (si tratta di fasce di ampiezza limitata tracciate in corrispondenza del reticolo idrico, prevalentemente fossi);
  - a progr. 5+800 circa, a progr. 6+250 circa e a progr. 7+250 circa (si tratta di fasce di ampiezza limitata tracciate in corrispondenza del reticolo idrico);
  - a progr. 8+070 circa, a progr. 9+156 circa, da progr. 11+600 a progr. 11+867, da progr. 12+543 a progr. 12+569 (si tratta di fasce di ampiezza limitata tracciate in corrispondenza del reticolo idrico, prevalentemente fossi);
  - da progr. 12+951 a fine tratto nella piana che degrada verso il Golfo di Talamone

#### Piano Strutturale Comune di Grosseto:

- Cartografia Aree a Pericolosità Geologica: in relazione a questo tema il tracciato si sviluppa in aree a pericolosità geologica media (3) a bassa (2) e irrilevante.
- Cartografia Aree a Pericolosità Idraulica: in relazione a questo tema il tracciato si sviluppa o lambisce aree classificate a pericolosità idraulica elevata (classe IV) da progr. -1 + -600 progr. -1+-300 ; da progr. 1+200 circa a progr. 1+600. Da progr. 4+700 a progr. 5+150 circa e da da progr. 7+800 a progr. 8+300 circa interessa aree a Pericolosità Idraulica Medio-

Alta (classe IIIc) con un tratto da progr. 8+000 a progr. 8+100 circa a pericolosità idraulica elevata (classe IV).

Piano Strutturale Comune di Magliano in Toscana:

- Pericolosità Geomorforologica: il tracciato si sviluppa in larga parte in aree classificate a Pericolosità Geomorforologica media lambendo solo in alcuni tratti (tra progr. 10+300 e progr. 10+500 circa e alle progr. 11+000 e progr. 11+800-12+000 circa) aree a Pericolosità Geomorforologica bassa.
- Pericolosità Geologica e Sismica: il tracciato si sviluppa in larga parte in aree classificate a Pericolosità Geologica II (Pericolosità Bassa) lambendo solo in alcuni tratti (tra progr. 10+300 e progr. 10+500 circa, a progr. 11 e tra progr. 11+800 e progr. 12+000 circa) aree a Pericolosità Geologica I (Pericolosità Irrilevante).
- Pericolosità Idraulica: il tracciato da progr. 9+800 circa a progr. 12+950 circa si sviluppa in aree classificate a Pericolosità Idraulica media lambendo in alcuni tratti (tra progr. 11+400 e progr. 11+800 e tra progr. 12+000 e progr. 12+950) aree a Pericolosità Idraulica elevata; a partire da progr. 12+950 al confine comunale (progr. 14+650 circa) il tracciato interessa aree a Pericolosità Idraulica molto elevata.

Piano Strutturale Comune di Orbetello:

- Aree Allagate e Contesti Idraulici: il tracciato si sviluppa da progr. 14+650 a progr. 15+100 circa e da progr. 16+000 circa a fine tratto in aree classificate in “Abita B” (fascia di pertinenza del collettore orientale) e da progr. 15+100 circa a progr. 16+000 in “Aree con notizie storiche di Esondazione”.
- Pericolosità idraulica: il tracciato si colloca in tutto il tratto di pertinenza del Comune di Orbetello (da progr. 14+650 circa a fine tratto) in aree a Pericolosità Idraulica molto elevata (P.I.M.E. 5) lambendo aree a Pericolosità Idraulica molto elevata (P.I.M.E. 8).
- Aree a Pericolosità Geologica: il tracciato si colloca in tutto il tratto di pertinenza del Comune di Orbetello (da progr. 14+650 circa a fine tratto) in aree a Pericolosità Geologica Media.

## 11 BIBLIOGRAFIA

*Di seguito vengono qui elencati i lavori bibliografici utilizzati per l'inquadramento delle tematiche e degli areali di interesse, compresi quelli non espressamente citati nel testo. I riferimenti ai siti internet da cui sono state ricavate informazioni, sono indicati per esteso nel testo e non riportati in bibliografia.*

Arnoldus-Huyzendveld A. (2005) - Alcuni aspetti dell'ambiente olocenico del Parco Regionale della Maremma. Università di Siena, Polo Universitario di Grosseto, 20 pp.

Barbieri M., Chiocchini U., Madonna S. (2003) - Nuovi dati sull'età dell'Arenaria di Manciano (Miocene) sulla base dei valori di rapporto isotopico  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  (Italia centrale). Boll. Soc. Geol. It., 122, 351-354.

Bartolini C., Corda L., D'Alessandro L., La Monica G.B., Regini E. (1977) - Studi di geomorfologia costiera: III. Il tombolo di Feniglia. Boll. Soc. Geol. It., 96, 117-157.

Bettelli G. (1985) - Geologia delle valli dei fiumi Albegna e Fiora (Toscana meridionale). Geologica Romana, 24, 147-188.

Bettelli G.; Fazzini P. Gelmini B. (1980) - Evoluzione strutturale della Toscana meridionale. Mem. Soc. Geol. It., 21, 137-141.

Biserni G., Berendsen H.J.A., Sandrelli F., (2005) - Holocene evolution of the Ombrone alluvial plain (Tuscany, Central Italy). Boll. Soc. Geol. It. 124 , 465-474.

Boccaletti M. and Sani F. (1998) - Cover thrust reactivations related to internal basement involvement during Neogene-Quaternary evolution of the northern Apennines. Tectonics, 17, 112-130.

Boccaletti, M., Ficarelli, G., Manetti, P., and Turi, A. 1969 - Considerazioni sulla "Serie Toscana Ridotta" a sud dell'Arno", Mem. Soc. Geol. It., 8, 265-272.

Bonazzi U., Fazzini P., Gasperi G. (1992) - Note alla carta geologica del bacino del fiume Albegna. Boll. Soc. Geol. It., 111, 341-354.

Bonazzi U., Gasperi G., Fregni P. (1980) - Il Bacino neoautoctono del Fiume Albegna. Mem. Soc. Geol. It., 21, 267-271.

Bosi C., Messina P., Rosati M., Sposato A. (1996) - Età dei travertini della Toscana meridionale e relative implicazioni neotettoniche. Mem. Soc. Geol. It., 51, 293-304.

Bossio A., Foresi L.M., Mazzei R., Salvatorini G., Sandrelli F., Bilotti M., Colli A., Rossetto R. (2003-2004) - Geology and Stratigraphy of the southern sector of the Neogene Albegna River Basin (Grosseto, Tuscany, Italy). *Geologica Romana*, 37, 165-173.

Caramanna G., Nisio S., Vita L. (2004) - I fenomeni di annegamento dei sinkholes: studi preliminari su alcuni laghetti di origine incerta. In: Stato dell'arte sullo studio dei fenomeni di sinkholes e ruolo delle amministrazioni statali e locali nel governo del territorio. Seminario APAT, 20-21 Maggio 2004, Roma, 229-248.

Carmignani L., Decandia F.A., Fantozzi P., Lazzarotto A., Liotta D., Meccheri M. (1994) -Tertiary extensional tectonics in Tuscany (Northern Apennines, Italy). *Tectonophysics* 238: 295-315.

Cavanna C. (a cura di) (2007) - La preistoria nelle grotte del parco naturale della Maremma. Atti del museo di storia naturale della Maremma supplemento al N. 22, Grosseto 10.VII.2007.

D' Alessandro L., Evangelista S., La Monica G.B., Landini B. & De Marco R. (1979) - Dinamica del litorale della Toscana meridionale fra Talamone e Monte Argentario. *Boll. Soc. Geol.* 98, 259-292.

De Pippo T. (2004) - Tavola 29. Coste basse: lagune, tomboli stagni costieri. Italia - Atlante dei Tipi Geografici, IGM, 196-198.

Decandia F.A., Lazzarotto A. & Liotta D. (1993) - La "serie ridotta" nel quadro della evoluzione geologica della Toscana meridionale. *Mem. Soc. Geol. It.*, 49, 181-191.

Dessau G., Duchi G., Stea B. (1972) - Geologia e depositi minerali della zona Monti Romani-Monteti (comuni di Manciano e Capalbio (Grosseto) ed Ischia di Castro (Viterbo). *Mem. Soc. Geol. It.*, 11, 217-260 con carta geologica.

Elter F.M. & Sandrelli F. (1995) - La fase post-nappe nella Toscana Meridionale: nuova interpretazione sull'evoluzione dell'Appennino Settentrionale. *Atti Ticinensi di Scienze della Terra* (1994) 37, 173 - 193.

Finetti I.R., Boccaletti M., Bonini M., Del Ben A., Gelati R., Papani M., Sani F. (2001) - Crustal section based on CROP seismic data across the North Tyrrhenian- Northern Apennines-Adriatic Sea. *Tectonophysics*, 343, 135-163.

Fontana D. (1980) - Confronti tra arenarie mioceniche nella Toscana meridionale. Mem. Soc. Geol. It., 21, 85–87.

Grauso S., Zarlenga (1991) - Il Quaternario di P.ta dell'Avoltore (Monte Argentario - Toscana meridionale). Il Quaternario 4, 311-326.

Hearty P.J., Dai Pra G. (1987) - Ricostruzione paleogeografica degli ambienti litoranei quaternari della Toscana e del Lazio settentrionale con l'impiego dell'aminostratigrafia. Boll. Serv. Geol. Ital. 106, 189–224.

I.S.P.R.A. (2008) - I fenomeni naturali di *sinkhole* nelle aree di pianura italiane. Di Stefania Nisio. Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia. Vol. LXXXV .

I.S.P.R.A. (2009) 2° Workshop internazionale - I *Sinkholes*. Gli sprofondamenti catastrofici nell'ambiente naturale ed in quello antropizzato. Atti del Convegno, Roma, 3-4 Dicembre 2009.

Lazzarotto A., Mazzanti R., Mazzoncini F. (1964) - Geologia del Promontorio Argentario (Grosseto) e del Promontorio del Franco (Isola del Giglio, Grosseto). Boll. Soc. Geol. It., 83, 1-124 con carta geologica.

Mancini F. (1960) - Sulla geologia della Piana d'Albegna (Grosseto), Boll. Soc. Geol. It., 79, 1-90 con carta geologica.

Martini I.P., Cascella A, Rau A. (1995) - The Manciano Sandstone: a shoreface deposit of Miocene basins of the Northern Apennines, Italy. Sediment. Geol., 99 (1), 37-59.

Mazzanti R. (1983) - Il punto sul Quaternario della fascia costiera e dell'Arcipelago di Toscana. Boll. Soc. Geol. It. 102: 419-556.

Mazzini I., Anadon P., Barbieri M., Castorina F., Ferreli L., Gliozzi E., Mola M., Vittori E. (1999) - Late Quaternary sea-level changes along the Tyrrhenian coast near Orbetello (Tuscany, Central Italy): palaeoenvironmental reconstruction using ostracods. Marine Micropaleontology, 37, 289-311.

Montomoli C., Carosi R., Pertusati P.C. (2009) - Tectonic history of the Monti dell'Uccellina range, southern Tuscany, Italy. Boll. Soc. Geol. It., 128, 515-526 (con carta geologica).

Nisi M., Antonioli F., Dai Pra G., Leoni G., Silenzi S. (2003) - Coastal deformation between the Versilia and the Garigliano plains (Italy) since the last interglacial stage. *Journal of Quaternary Science*, 18, 709-721.

Pascucci V., Merlini S., Martini P. (1999) - Seismic stratigraphy of the Miocene-Pleistocene sedimentary basin of the Northern Tyrrhenian Sea and western Tuscany (Italy). *Basin Research*, 11, 337-356.

Pasquarè G, Chiesa S, Vezzoli L, Zanchi A (1983) - Evoluzione paleogeografica e strutturale di parte della Toscana meridionale a partire dal Miocene superiore. *Mem. Soc Geol It.*, 25,145–157.

Sardella, R., Petrucci M., Rook L. (2008) - The African species *Megantereon whitei* from the Early Pleistocene of Monte Argentario (South Tuscany, Central Italy). *Comptes Rendus Palevol.* 7, 601-606.

Sestini, G. (1970) - Postgeosynclinal deposition, in: *Development of the Northern Apennines Geosyncline*, Sestini, G. (ed.), *Sedimentary Geology*, 4, 481–520.

Stucchi et alii. (2007). DBMI04, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04. <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/>. *Quaderni di Geofisica*, Vol 49, pp.38.

Theye T., Reinhardt B., Goffé L., Jolivet L., Brunet C. (1997) - Ferro- and magnesiocarpholite from Monte Argentario (Italy): first evidence for high-pressure metamorphism of the metasedimentary Verrucano sequence, and significance for P-T path reconstruction. *Eur. J. Mineral.* 9: 859-873.

Tortora P. (1996) - Depositional and erosional coastal processes during the last postglacial sea-level rise; an example from the central Tyrrhenian continental shelf (Italy). *Journ. Sed. Res.* 66, 391-405.

Vai G.B., (2001) - Structure and stratigraphy: an overview. In: G.B. Vai & I.P. Martini (eds), *Anatomy of an Orogen: the Apennines and Adjacent Mediterranean Basins*, 15-32, Kluwer Ac. Publ.