

 PROTEZIONE CIVILE Presidenza del Consiglio dei Ministri Dipartimento della Protezione Civile		 CONFERENZA DELLE REGIONI E DELLE PROVINCE AUTONOME
<p>Attuazione dell'articolo 11 dalla legge 24 giugno 2009 n. 77</p>		
<h1>MICROZONAZIONE SISMICA</h1> <h2>Relazione illustrativa</h2>		
<h3>Regione Puglia</h3> <h3>Comune di Carapelle (FG)</h3>		
		
<p>Regione</p>   Ing. Tiziana Bisantino (R.U.P.)	<p>Soggetto realizzatore: Geol. Giovanna Cardillo</p>  STUDIO DI GEOLOGIA E GEOFISICA Dott.ssa Geol. GIOVANNA CARDILLO C.so Aldo Moro 60 – cell. 329/0026210 71038 – Pietramontecorvino (FG) e-mail <a href="mailto:cardillo.giovanna@tiscali.it">cardillo.giovanna@tiscali.it</a> pec: <a href="mailto:cardillo.giovanna@epap.sicurezza postale.it">cardillo.giovanna@epap.sicurezza postale.it</a>	<p>Data 23/02/2022</p> <p>Revisionato da:</p>   Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica

## Sommario

1. Introduzione.....	4
1.1. Finalità degli studi .....	6
1.2. Descrizione generale dell'area comunale.....	10
1.3. Definizione dei documenti di base utilizzati nello studio .....	12
1.4. Aree da sottoporre agli studi di MS.....	14
2. Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento.....	16
2.1. Sismicità storica dell'area di studio .....	18
2.2. Sismicità recente dell'area di studio .....	37
2.3. Pericolosità sismica di base.....	38
3. Assetto geologico e geomorfologico dell'area.....	41
3.1. Inquadramento geologico .....	41
3.1.1 Evoluzione geologica dell'area di indagine.....	45
3.2. Inquadramento geomorfologico.....	48
3.3. Successione stratigrafica.....	51
3.3.1 Successione stratigrafica di letteratura.....	51
3.4. Aggiornamento stratigrafico da dati di sondaggio .....	54
3.4.1 Unità del substrato geologico.....	54
3.4.2 Terreni di copertura .....	54
3.4. Elementi tettonici.....	56
Faglie attive e capaci (FAC) e potenzialmente attive e capaci (FPAC). ....	56
3.5 Inquadramento idrogeologico.....	59

3.6 Considerazioni finali sull'architettura stratigrafica e sull'assetto morfologico e strutturale .....	65
4. Dati geotecnici e geofisici.....	69
4.1. Dati pregressi.....	69
4.2. Indagini geofisiche di nuova esecuzione .....	79
5. Modello del sottosuolo finalizzato alla MS.....	81
5.1. Unità geologico-tecniche: definizione e parametrizzazione .....	81
5.2. Sezioni geologico-tecniche .....	87
6. Interpretazioni e incertezze.....	89
7. Elaborati cartografici.....	90
7.1. Carta delle indagini (CI).....	90
7.2. Carta delle frequenze naturali dei terreni.....	93
7.3. Carta Geologico-Tecnica per la MS (CGT_MS).....	97
7.4. Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) .....	99
7.5. Commenti finali e criticità .....	103
8. Bibliografia .....	104

## 1. Introduzione

A seguito dell'evento sismico del 06.04.2009 la Presidenza del Consiglio dei Ministri, in attuazione dell'art.11 del D.L. del 28/04/2009 n°39 (conosciuto come Decreto Abruzzo) ha emanato l'Ordinanza n° 3907 del 13.11.2010 (O.P.C.M. 3907/2010), con la quale si è avviato un programma pluriennale (2010-2016) in materia di prevenzione del rischio sismico.

Ai sensi dell'articolo 11 del suddetto D.L. 39/2009, la Presidenza del Consiglio dei Ministri Dipartimento di Protezione Civile, ha provveduto all'emanazione e alla pubblicazione dell' O.P.C.M. n. 3907/2010 (per il 2010), O.P.C.M. n. 4007/2012 (per il 2011), O.C.D.P.C. n. 52/2013 (per il 2012), O.C.D.P.C. n. 171/2014 (per il 2013), O.C.D.P.C. n. 293/2015 (per il 2014), O.C.D.P.C. n. 344/2016 (per il 2015) e O.C.D.P.C. n. 532/2018 (per il 2016), e con successivi decreti del Capo Dipartimento sono state trasferite le risorse economiche alle Regioni.

Tra le attività promosse e finanziate dall'O.P.C.M. 4007/2012, rientrano gli studi di Microzonazione Sismica (MZS) da effettuarsi sul territorio regionale secondo procedure e modalità stabilite dalla citata Ordinanza e dalla Regione Puglia nonché dagli Indirizzi e Criteri per gli studi di Microzonazione Sismica, "I.C.M.S." (2008 e ss.mm.aa.).

La Regione Puglia ha individuato, con deliberazioni di Giunta n. 2407/2011 e n. 1728/2012, l'ex Autorità di Bacino della Puglia quale soggetto attuatore delle attività relative alle O.P.C.M. 3907/2010 e 4007/2012. In seguito, con deliberazione di Giunta n. 1331/2019 si è stabilito che le attività funzionali al completamento e/o alla definizione dei su citati studi dovevano essere realizzate a cura e sotto la responsabilità della competente struttura di Protezione Civile regionale, con il coinvolgimento delle amministrazioni comunali e il supporto dei centri di competenza pubblici quali università e/o centri di ricerca.

In attuazione del D.L. n. 39/2002 la Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento Protezione Civile, ha emanato n. 7 ordinanze , per il finanziamento degli studi di Microzonazione Sismica (MS) e Analisi per le Condizioni Limite per l'Emergenza (CLE) in alcuni comuni delle province di Foggia, BAT,

Bari e Taranto individuati sulla base delle condizioni di pericolosità sismica. Con D.G.R. n. 1/331/2019 la sezione protezione civile della Regione Puglia trasferisce le risorse economiche alle amministrazioni comunali che divengono enti attuatori.

In seguito è stato emanato l'Avviso pubblico "MANIFESTAZIONE DI INTERESSE PER LA FORMAZIONE DI UN ELENCO DI PROFESSIONISTI CUI ATTINGERE PER LA REDAZIONE/COMPLETAMENTO DEGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA (ms) E CONDIZIONE LIMITE PER L'EMERGENZA (cle) NEL TERRITORIO DELLA REGIONE PUGLIA."

In tale contesto, l'amministrazione comunale di Carapelle, individuava la sottoscritta Geol. Giovanna Cardillo (classi di competenza A, B, C) e l'ing. Alfredo Ferrandino (classe di competenza D) negli elenchi dei professionisti cui affidare l'incarico di STUDI RIFERITI ALLA "MICROZONAZIONE SISMICA E CONDIZIONE LIMITE DI EMERGENZA" - Adeguamento MS 1° liv. + CLE per il comune di Carapelle (FG).

## 1.1. Finalità degli studi

Il presente studio di Microzonazione Sismica di livello 1 è indirizzato a individuare un modello del sottosuolo basato su una carta geologico-tecnica corredata da sezioni, come specificato dalle linee guida per la realizzazione della carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica; tale modello deve essere finalizzato alla mappatura di aree omogenee dal punto di vista della risposta agli scuotimenti sismici e dei fenomeni di deformazione cosismica attesi. Esso sarà sintetizzato sotto forma di una Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) 1:5000, corredata da una relazione finale e dall'insieme della documentazione e degli elaborati che hanno concorso alla sua realizzazione, secondo le indicazioni degli ICMS 2008 e successivi aggiornamenti. L'insieme delle attività finalizzate alla realizzazione dello studio di MS di livello 1 è stato eseguito in coordinamento con il Gruppo di Lavoro di Supporto Tecnico Scientifico (di seguito GLSTS) istituito in compartecipazione tra il DiSTeGeo e l'IRPI.

Al fine di giungere alla redazione della *Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica di livello 1*, "MOPS", così come previsto al punto 1.6.3.1 degli I.C.M.S., sono stati raccolti i dati disponibili presso i comuni e frutto di studi pregressi condotti dal Cnr/Irpi e dall'UniBa di tipo geologico, geomorfologico, idrogeologico e pianificatorio che hanno consentito di avere un quadro conoscitivo generale del territorio comunale di Carapelle.

Lo studio di MZS, redatto secondo i criteri stabiliti nel testo "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica - Parti I, II e III" (a cura della Presidenza del Consiglio dei Ministri-Dipartimento della Protezione Civile) e utilizzando gli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica in versione 4.2, ha come finalità quella di razionalizzare la conoscenza sulle alterazioni che lo scuotimento sismico può subire in superficie, restituendo informazioni utili per il governo, la progettazione e la pianificazione del territorio urbanizzato.

La presente relazione illustra i seguenti servizi per gli studi di MS di Livello 1:

- recupero dei dati derivanti da indagini pregresse di tipo geologico, geognostico, geotecnico e geofisico e verifica degli stessi;
- acquisizione ed elaborazione di dati di rumore ambientale, finalizzati alla produzione di una carta delle frequenze di risonanza;
- predisposizione degli elaborati di MS1 secondo lo standard 4.2beta e delle Linee Guida per la Realizzazione della carta geologico-tecnica versione 1.0.

## Riferimenti normativi

Le specifiche tecniche e i documenti di riferimento del presente studio di micorzonazione di I livello sono redatti sulla base dei PROTOCOLLI PER LO SVOLGIMENTO DEGLI STUDI DI MICROZONAZIONE DI 1°LIVELLO NELLA REGIONE PUGLIA - Gruppo di Coordinamento Tecnico Scientifico degli Studi di Microzonazione Sismica nella Regione Puglia e della seguente normativa:-

- Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica – Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome – Dipartimento della Protezione Civile (2008) (di seguito ICMS)
- Contributi per l'aggiornamento degli indirizzi e criteri per la microzonazione sismica – Ingegneria sismica del 2011
- Standard di rappresentazione ed archiviazione informatica versione 1.5 del 2011
- NTC18. (2018). *Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni”*, NTC (2018) -DM 17 gennaio 2018. Gazzetta Ufficiale, n. 42 del 20 febbraio 2018, Supplemento Ordinario n. 42, <http://www.gazzettaufficiale.it/eli/gu/2018/02/20/42/so/8/sg/pdf>.
- PAI. (2001). Piano stralcio Assetto Idrogeologico. *Gazzetta Ufficiale n. 183 dell'8 agosto*
- 2001. *Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 24 maggio 2001, adottato con*
- *Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 18 del 26 aprile 2001.*
- Gruppo di lavoro MS, 2008. Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica. Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome Dipartimento della Protezione Civile, area “Rischio Sismico”. [http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/view\\_pub.wp?contentId=PUB1137](http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/view_pub.wp?contentId=PUB1137)
- Contributi per l'aggiornamento degli Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica. Ingegneria Sismica, Anno XXVIII [http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/aggiornamento\\_indirizzi\\_microzonazione\\_sismica.pdf](http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/aggiornamento_indirizzi_microzonazione_sismica.pdf)
- Commissione tecnica per la microzonazione sismica, 2020 Standard di rappresentazione e archiviazione informatica. a. Versione 4.2beta. Roma, maggio 2020, 137 pp.

- Commissione tecnica per la microzonazione sismica, 2015. Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da Faglie Attive e Capaci (FAC), Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome –  
[http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/LineeGuidaFAC\\_v1\\_0.pdf](http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/LineeGuidaFAC_v1_0.pdf)
- Commissione tecnica per la microzonazione sismica, 2017. Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da Liquefazione (LQ). Dipartimento della protezione civile, Roma. Versione 1.0. <https://www.centromicrozonazioneisismica.it/it/download/category/21-linee-guida-per-la-gestione-del-territorio-in-aree-interessate-da-liquefazioni>
- Commissione tecnica per la microzonazione sismica, 2015. Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da instabilità di versante sismoindotte (FR). Dipartimento della protezione civile, Roma. Versione 1.0.  
<https://www.centromicrozonazioneisismica.it/it/download/category/13-linee-guida-per-la-gestione-del-territorio-in-aree-interessate-da-instabilità-di-versante-cosismiche>
- Commissione tecnica per la microzonazione sismica, 2020. Linee guida per l'elaborazione della carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica con adattamento ai contesti vulcanici. Versione 1.0. Roma, 73 pp.





### 1.3. Definizione dei documenti di base utilizzati nello studio

Cartografie, foto aeree, immagini da satellite, archivi consultati (fonti di acquisizione di dati geognostici), studi di riferimento (PSC, PPC, ecc.), articoli scientifici.

Il presente studio raccoglie ed analizza dati pregressi di carattere geologico, geomorfologico, idrogeologico, lito-stratigrafico, sismico esistenti relativi all'area da studiare ai fini della Microzonazione Sismica, ricadenti nel territorio comunale di Carapelle. Le informazioni raccolte all'interno dell'area di studio, i criteri con cui è stata definita sono descritti nel paragrafo successivo, sono stati verificati ed integrati con informazioni di nuova acquisizione che, per la fase di Microzonazione Sismica di I livello, derivano dall'acquisizione di relazioni geologiche e indagini successive al primo studio di Microzonazione Sismica, nonché da indagini geofisiche di nuova acquisizione, specificatamente da 20 prove di rumore ambientale a stazione singola (HVSR), debitamente ubicate nella carta delle indagini.

In merito ai dati pregressi, ricerche cartografiche e bibliografiche preliminari hanno consentito di recuperare numerosi studi tecnici, disponibili presso archivi pubblici e privati. Ci si è avvalsi della collaborazione dell'Ufficio Tecnico del Comune di Carapelle e di vari Enti o istituzioni provinciali, regionali e nazionali.

Quanto reperito è stato copiato o digitalizzato per il successivo lavoro di lettura critica di tutta la documentazione ed estrazione di informazioni utili agli scopi (indagini geognostiche dirette ed indirette, prove e certificati di laboratorio, ricostruzioni stratigrafiche, ecc.).

Si è scelto di non considerare quelle informazioni che non garantivano sufficiente affidabilità per mancanza di certificazione, parzialità dell'informazione (mancanza di ubicazione, assenza di documentazione grafica o fotografica, scarsa leggibilità del dato, carenza del grado di dettaglio necessario).

I dati di base utilizzati per lo studio di Microzonazione Sismica di I livello sono stati:

- Delimitazione geografica dell'area oggetto di studio;
- C.T.R. in scala 1:5000 in formato vettoriale;
- Carta geologica d'Italia 1:5000 progetto CARG, F 422 Cerignola e relative note illustrative;

- Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (IFFI);
- Piano dell'Assetto Idrogeologico dell'A.d.B. della Puglia (PAI);
- Ortofoto;
- DEM ad alta risoluzione;
- Dati dell'attività di esplorazione petrolifera italiana (progetto VIDEPI);
- Studio di fattibilità per il monitoraggio e la messa in sicurezza delle aree urbane a rischio di stabilità statica e vulnerabilità strutturale del comune e della provincia di Foggia – CIPE 20/2004- Microzonazione di I livello dei centri abitati della Provincia di Foggia , di cui si ha una conoscenza parziale per difficoltà di reperimento dei dati;

#### 1.4. Aree da sottoporre agli studi di MS

Descrizione e delimitazione delle aree interessate dallo studio di MS.

La perimetrazione dell'area comunale per la quale è stato attuato lo studio e il completamento dei suddetti servizi è definita, a partire da una proposta del GLSTS, di concerto con l'Amministrazione Comunale, ed è stata consegnata all'affidatario dalla Regione Puglia Sez. Protezione Civile, insieme con gli elaborati e la documentazione prodotti dagli studi di Microzonazione Sismica di livello 1 realizzati prima della definizione degli standard più recenti.

Le perimetrazioni delle aree MS1 sono realizzate a partire dalle indicazioni riportate nell'art. 7 comma 1 delle Ordinanze di Protezione Civile (Es. dell'OCDPC 532/2018).

L'ordinanza prevede che gli studi di MS1 devono coprire almeno il 70% della superficie complessiva di centri e nuclei abitati o interessare almeno il 70% della popolazione comunale, o del municipio, o della circoscrizione.

Inoltre, le zone da indagare sono state stabilite prendendo in esame i seguenti elementi:

1. caratteri geologici e geomorfologici locali di interesse per la pericolosità sismica, che possono portare a modificazione del moto sismico di input;
2. caratteri geologici (litostratigrafia, strutture tettoniche, etc.) e geomorfologici (frane, crinali, fondovalle, etc.) in grado di definire il modello geologico, geomorfologico e geologico-tecnico di sottosuolo del territorio indagato;
3. distribuzione dei nuclei abitativi all'interno del territorio comunale;
4. distribuzione delle principali vie di comunicazione con particolare riferimento a quelle che svolgono funzione strategica per la gestione della emergenza;
5. agglomerati urbani di dimensioni significative (frazione e/o villaggi turistici), tenendo in considerazione anche la prossimità rispetto al nucleo abitato principale;
6. elementi con funzione strategica (aree, strutture e infrastrutture) individuati nei Piani di Protezione Civile Comunali (laddove presenti);
7. aree di possibile espansione urbanistica e di possibile previsione di reti infrastrutturali.

In Figura 3 è riportata l'area perimetrata.



Figura 3 - Perimetrazione area di studio all'interno del comune di Carapelle (FG).

## 2. Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento

Definizione del catalogo di sito per il Comune studiato (Database Macrosismico Italiano 2015

INGV: <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>)

La pericolosità sismica di base è stata determinata utilizzando un approccio probabilistico che prevede, accanto ai dati di sismicità storica dell'area investigata, l'approccio sismogenetico (Meletti & Valensise, 2004) (si veda Tabella 1 per le fonti). Dapprima si effettua il riconoscimento di faglie e zone sismogenetiche (settori omogenei interessati da faglie strutturalmente e cinematicamente affini) e successivamente vi è la definizione della probabilità che, in un certo lasso temporale, un sito sia interessato da uno scuotimento di una data entità.

Riguardo alla pericolosità sismica di base, con l'Ordinanza PCM 3274/2003 (GU n.108 dell'8 maggio 2003) si è avviato in Italia un processo per la sua stima secondo metodi ed approcci che rispecchino gli standard internazionali. Dalla suddetta ordinanza è scaturito lo studio dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV qui di seguito) che ha prodotto nel 2004 una mappa di pericolosità sismica (MPS04 qui di seguito) per l'intero territorio nazionale che risultava diviso in quattro zone con pericolosità sismica omogenea. In questa mappa la pericolosità sismica è espressa come valore di accelerazione orizzontale massima attesa ( $a_{gMAX}$ , adimensionale, pari al rapporto tra l'accelerazione massima del suolo e l'accelerazione di gravità  $g$ ), riferita ad un sito rigido (ovvero ad un substrato avente  $V_s > 800 \text{ m/s}$ , altrimenti detto bedrock sismico) con topografia pianeggiante, avente una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

Con l'emanazione dell'Ordinanza PCM 3519/2006 (Gazzetta Ufficiale. n.105 dell'11 maggio 2006) la mappa MPS04 è diventata ufficialmente l'elaborato di riferimento per il territorio nazionale e alle Regioni e Province Autonome è stato affidato il compito di provvedere all'eventuale aggiornamento dei valori di accelerazione massima proposta per ciascun comune e quindi delle soglie che definiscono il limite tra una zona sismica e un'altra.

Per la Regione Puglia, l'aggiornamento è stato reso effettivo con la Delibera della Giunta Regionale n. 153 del 2.03.2004.

Successivamente, nell'ambito del progetto INGV-DPC S1 (2005-2007, <http://esse1.mi.ingv.it/>) e sulla base dell'impianto metodologico e dei dati di input della mappa MPS04, sono state realizzate mappe di pericolosità sismica e delle accelerazione spettrali per diverse probabilità di eccedenza in 50 anni utilizzando una griglia di passo pari a  $0,05^\circ$  (<http://zonesismiche.mi.ingv.it/elaborazioni>; Meletti et al., 2007). Sui punti della medesima griglia è stata anche condotta la disaggregazione della pericolosità sismica (McGuire, 1995; Bazzurro & Cornell, 1999), procedura che consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche e quindi di definire il terremoto tipo, detto terremoto scenario ed inteso come evento di magnitudo  $M$  che ha luogo a distanza  $R$ , che maggiormente contribuisce alla pericolosità sismica di un sito specifico (Spallarossa & Barani, 2007). Questo approccio ha permesso di rendere disponibile (dati consultabili sul sito internet <http://esse1-gis.mi.ingv.it>) una valutazione dell'azione sismica di riferimento per la progettazione per tutti i 16852 punti della suddetta griglia superando così la suddivisione del territorio in un numero finito di zone con pericolosità omogenea.

Infine, con le nuove Norme Tecniche delle Costruzioni (NTC08) emanate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (D.M. del 14 gennaio 2008 comparso sulla Gazzetta Ufficiale n. 29 del 04/02/2008) -e successivo aggiornamento del 17 gennaio 2018- è prescritto che la definizione dell'azione sismica di riferimento si basi sui dati diffusi dal Progetto INGV-DPC S1. In particolare, il valore di  $a_{gMAX}$  con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni è quello adottato per la verifica allo stato limite ultimo di strutture ordinarie e costituisce quindi un parametro di comune utilizzo per caratterizzare la sismicità di un'area.

Di seguito sono discusse la sismicità storica (paragrafo 2.1), la sismicità recente (paragrafo 2.2) e i dati di pericolosità sismica di base (paragrafo 2.3) in relazione al sito specifico.

## 2.1. Sismicità storica dell'area di studio

I dati relativi alla sismicità storica, alla pericolosità sismica di base sono stati tratti dalle banche dati indicate nella Tabella 1.

Tabella 1 - Fonti integrative da cui sono stati compilati i dati di base per la stesura del presente studio.

<b>Tema</b>	<b>Fonte</b>	<b>Web GIS o banca dati</b>
Faglie sismogenetiche	Database delle faglie sismogenetiche Progetti EU SHARE e DISS	<a href="http://diss.rm.ingv.it/dissmap/dissmap.phtml">http://diss.rm.ingv.it/dissmap/dissmap.phtml</a>
Catalogo storico degli eventi sismici	Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani	<a href="https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-">https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-</a>
Osservazioni macrosismiche	Database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani	<a href="http://emidius.mi.ingv.it/DBMI15">http://emidius.mi.ingv.it/DBMI15</a>
Pericolosità sismica di base	INGV - Progetto S1	<a href="http://esse1.mi.ingv.it/">http://esse1.mi.ingv.it/</a>
Fenomeni gravitativi e processi erosivi	Progetto IFFI/PAI-Autorità di Bacino della Puglia	<a href="http://www.mais.sinanet.apat.it/cartanet/ffi/">www.mais.sinanet.apat.it/cartanet/ffi/</a> <a href="http://adbpuglia.dyndns.org/gis/map_default.phtml">http://adbpuglia.dyndns.org/gis/map_default.phtml</a>
Catalogo italiano degli Effetti Deformativi del suolo Indotti dai forti Terremoti	Progetto CEDIT	<a href="https://www.ceri.uniroma1.it/">https://www.ceri.uniroma1.it/</a>

Il database delle faglie sismogenetiche compilato nell'ambito del progetto EU SHARE (Task 3.2, <http://diss.rm.ingv.it/share-edsf/>) include le faglie capaci di generare terremoti di magnitudo uguale o superiori a Mw 5.5 ed è stato creato per assicurare una omogeneità per la stima dello scuotimento al suolo e una quantificazione dell'hazard nell'area mediterranea europea. Per tutte le sorgenti evidenziate in questo database, maggiori dettagli sono stati ottenuti dal Database delle Individual Seismogenic Source (DISS) dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (DISS Working Group, 2019). Si dettagliano di seguito le sorgenti sismogenetiche composite o singole, che hanno influenzato la sismicità storica della zona e/o che potrebbero influenzarla in futuro considerando l'assetto geodinamico dell'area.

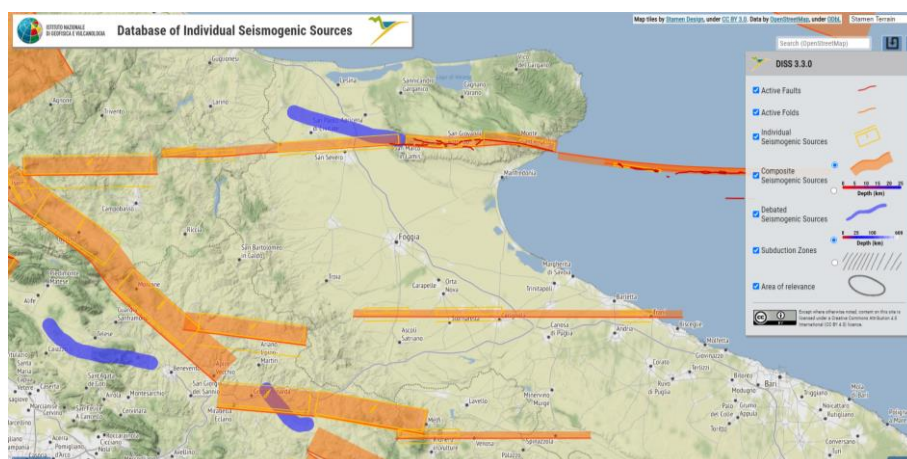


Figura 4 - Vista dei maggiori sistemi di faglie sismogenetiche che potrebbero interessare il comune oggetto del presente studio (in bianco). Tratta da <http://diss.rm.ingv.it/dissmap/dissmap.phtml>.

### 2.1.1 SORGENTE SISMOGENETICA COMPOSITA CASTELLUCCIO DEI SAURI –TRANI DISS-ID ITCS004 – SORGENTI CORRELATE ITIS080 ITIS082 ITIS083

#### Parametric Information

<b>Min depth [km]</b>	11.0	EJ	Inferred from upper depth of instrumental major earthquakes in the region.
<b>Max depth [km]</b>	22.5	EJ	Inferred from lower depth of instrumental major earthquakes in the region.
<b>Strike [deg] min... max</b>	260...280	OD	Based on macroseismic and geophysical data.
<b>Dip [deg] min... max</b>	70...90	OD	Based on macroseismic and geophysical data.
<b>Rake [deg] min... max</b>	170...190	EJ	Inferred from rake of instrumental major earthquakes in the region.
<b>Slip Rate [mm/y] min... max</b>	0.1...0.5	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
<b>Max Magnitude [Mw]</b>	6.3	OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).

LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship; EJ=Expert Judgement;

Questa sorgente composita si colloca a cavallo della pianura meridionale della Capitanata, attraverso la bassa valle del fiume Ofanto a sud della città di Foggia, e appartiene al sistema trascorrente destro che interessa l'avampese adriatico centrale e meridionale. Questa sorgente è quasi verticale, immergente a nord, faglia ad est dell'asse estensionale principale dell'Appennino meridionale.

Cataloghi storici e strumentali (Boschi et al., 2000; Gruppo di Lavoro CPTI, 2004; Pondrelli et al., 2006; Guidoboni et al., 2007) mostrano una sismicità intermedia da scarsa a dannosa in questa regione, ma compaiono anche i tre terremoti distruttivi di (da ovest a est): 17 luglio 1361 (Mw 6.1, Ascoli Satriano), 20 marzo 1731 (Mw 6.3, Foggiano), e 11 maggio 1560 (Mw 5.7, Barletta-Bisceglie).

Si pensa che questa sorgente sia un profondo, cieco, sistema di faglie orientate E-W, parte del meccanismo tettonico che sembra caratterizzare l'intero dominio sismogenetico ad est della dorsale appenninica meridionale, e forse anche di quelli centrali. Si pensa che il settore orientale di questa sorgente abbia causato il terremoto del 1560, mentre quello centrale potrebbe aver causato l'evento distruttivo del 1731, e quello occidentale avrebbe causato il terremoto complesso del 1361.

Alcuni segmenti di questa sorgente sono stati associati ai principali terremoti che hanno colpito questa regione. La direzione della sorgente è basata su quello delle strutture del sottosuolo mappate. L'immersione è stata basata su dati sismologici e considerazioni geometriche. Lo strike slip laterale destro, basato su dati sismologici. La profondità minima e massima sono state basate sui dati del sottosuolo. Il tasso di scorrimento è stato dedotto da considerazioni geodinamiche per l'ambiente tettonico che include questa sorgente sismogenetica. La magnitudo massima è stata presa da quella della più grande sorgente individuale associata.

### 2.1.1a SORGENTE SISMOGENETICA INDIVIDUALE CERIGNOLA

DISS – ID ITIS080

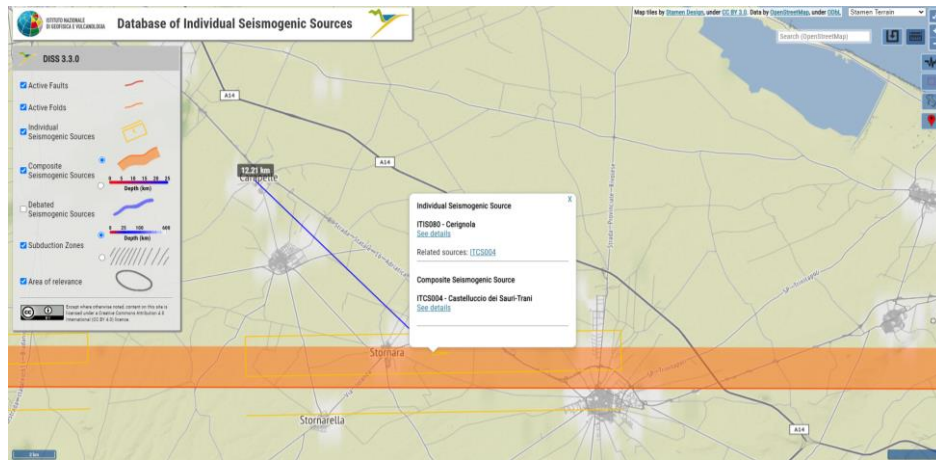


Figura 5 - SORGENTE SISMOGENETICA INDIVIDUALE CERIGNOLA.

### PARAMETRIC INFORMATION

PARAMETER		QUALITY	EVIDENCE
Location [Lat/Lon]	41.29 / 15.80	OD	Based on macroseismic and geophysical data.
Length [km]	18.6	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).
Width [km]	11.3	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).
Min depth [km]	11.0	EJ	Inferred from upper depth of instrumental major earthquakes in the region.
Max depth [km]	22.1	EJ	Inferred from lower depth of instrumental major earthquakes in the region.
Strike [deg]	269	OD	Based on macroseismic and geophysical data.
Dip [deg]	80	OD	Based on macroseismic and geophysical data.
Rake [deg]	180	EJ	Inferred from rake of instrumental major earthquakes in the region.
Slip Per Event [m]	0.6	ER	Calculated from $M_0$ using the relationship from Hanks and Kanamori (1979).
Slip rate [mm/y] min...max	0.1...0.5	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Recurrence [y] min... max	1200...6000	EJ	Inferred from slip rate and average displacement.
Magnitude [Mw]	6.3	LD	Value adopted from the historical earthquake catalogue CPTI04.

LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship; EJ=Expert Judgement;

#### INFORMATION ABOUT THE ASSOCIATED EARTHQUAKES

<b>Latest Earthquake</b>	20 Mar 1731	CPTI04.
<b>Penultimate Earthquake</b>	Unknown	See "Commentary" for information.

### 2.1.1b SORGENTE SISMOGENETICA INDIVIDUALE ASCOLI SATRIANO

DISS – ID ITIS082

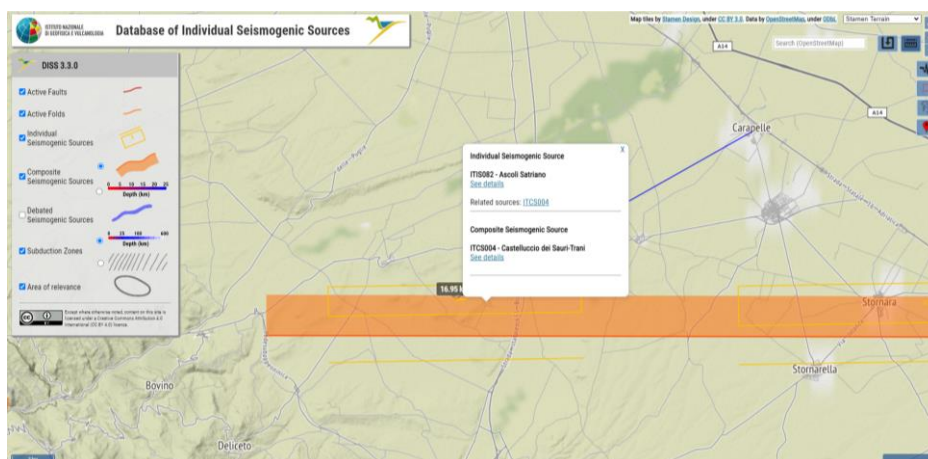


Figura 6 - SORGENTE SISMOGENETICA INDIVIDUALE ASCOLI SATRIANO.

#### PARAMETRIC INFORMATION

<b>Location [Lat/Lon]</b>	41.29 / 15.52	OD	Based on macroseismic and geophysical data.
<b>Length [km]</b>	12.6	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).
<b>Width [km]</b>	8.4	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).
<b>Min depth [km]</b>	13.0	EJ	Inferred from upper depth of instrumental major earthquakes in the region.
<b>Max depth [km]</b>	21.3	EJ	Inferred from lower depth of instrumental major earthquakes in the region.
<b>Strike [deg]</b>	269	OD	Based on macroseismic and geophysical data.
<b>Dip [deg]</b>	80	OD	Based on macroseismic and geophysical data.
<b>Rake [deg]</b>	180	EJ	Inferred from rake of instrumental major earthquakes in the region.
<b>Slip Per Event [m]</b>	0.42	ER	Calculated from $M_0$ using the relationship from Hanks and Kanamori (1979).
<b>Slip rate [mm/y] min...max</b>	0.1...0.5	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
<b>Recurrence [y] min... max</b>	840...4200	EJ	Inferred from slip rate and average displacement.
<b>Magnitude [Mw]</b>	6.0	LD	Value adopted from the historical earthquake catalogue CPTI04.

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

#### INFORMATION ABOUT THE ASSOCIATED EARTHQUAKES

<b>Latest Earthquake</b>	17 Jul 1361	CPTI04.
<b>Penultimate Earthquake</b>	Unknown	See "Commentary" for information.

### 2.1.1c SORGENTE SISMOGENETICA INDIVIDUALE BISCEGLIE

DISS – ID ITIS083

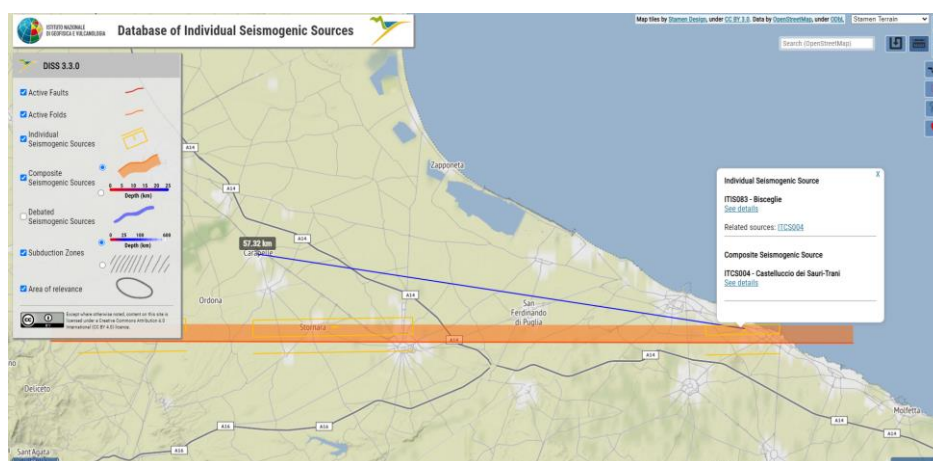


Figura 7 - SORGENTE SISMOGENETICA INDIVIDUALE BISCEGLIE.

#### PARAMETRIC INFORMATION

<b>Location [Lat/Lon]</b>	41.28 / 16.37	OD	Based on macroseismic and geophysical data.
<b>Length [km]</b>	8.6	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).
<b>Width [km]</b>	6.3	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).
<b>Min depth [km]</b>	13.0	EJ	Inferred from upper depth of instrumental major earthquakes in the region.
<b>Max depth [km]</b>	19.2	EJ	Inferred from lower depth of instrumental major earthquakes in the region.
<b>Strike [deg]</b>	269	OD	Based on macroseismic and geophysical data.
<b>Dip [deg]</b>	80	OD	Based on macroseismic and geophysical data.
<b>Rake [deg]</b>	180	EJ	Inferred from rake of instrumental major earthquakes in the region.

<b>Slip Per Event [m]</b>	0.29	ER	Calculated from Mo using the relationship from Hanks and Kanamori (1979).
<b>Slip rate [mm/y] min...max</b>	0.1...0.5	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
<b>Recurrence [y] min... max</b>	580...2900	EJ	Inferred from slip rate and average displacement.
<b>Magnitude [Mw]</b>	5.7	LD	Value adopted from the historical earthquake catalogue CPTI04.

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

#### INFORMATION ABOUT THE ASSOCIATED EARTHQUAKES

<b>Latest Earthquake</b>	11 May 1560	CPTI04.
<b>Penultimate Earthquake</b>	Unknown	See "Commentary" for information.

Ad oggi, nessuno studio in letteratura ha affrontato specificamente il terremoto del 20 marzo 1731, M 6.3 e il terremoto dell'11 maggio 1560, M 5.7.

Ciò è in parte dovuto al fatto che solo di recente è stata richiamata una nuova attenzione sulla deformazione attiva nell'avampaese pugliese dell'Appennino meridionale, tale attenzione è dovuta essenzialmente all'indomani della sequenza del 31 ottobre-1 novembre 2002 Molise. Infatti, l'area era relativamente poco abitata al momento del terremoto e, sebbene le informazioni macrosismiche siano sufficientemente ricche da fornire buoni indizi su localizzazione e magnitudo, non sono disponibili altre evidenze riguardanti la cinematica, né sono state proposte in letteratura.

Tuttavia, i dati del sottosuolo, in parte pubblicati, evidenziano, alla sommità della piattaforma carbonatica pugliese la presenza di numerose strutture con andamento E-W. Secondo il DISS, il terremoto del 1731 è stato causato da una faglia profonda e cieca come quelle osservate nei dati del sottosuolo. Tale faglia verrebbe riattivata dallo stesso campo di sollecitazione responsabile dei terremoti recentemente documentati nell'avampaese, ovvero la suddetta sequenza molisana e, in precedenza, i terremoti di Potenza del 5 maggio 1990-26 maggio 1991.

Inoltre, la distribuzione dell'intensità suggerisce una sorgente sismogenetica con una direzione circa E-W. Per tale sorgente è stata proposta una cinematica compatibile con quella dei suddetti terremoti.

Sella et al. (1988), attraverso l'interpretazione di un'ampia rete di linee e pozzi sismici industriali, mostrano una ricostruzione completa della geologia e del modello strutturale del sottosuolo al di sotto del settore pugliese dell'Appennino meridionale. In quest'area, mostrano una serie di strutture notevoli circa E-W, ad est del giacimento di Monte Taverna, che rompono la sommità della piattaforma carbonatica pugliese. Verso sud, queste faglie sono accompagnate da una serie di strutture a scaglioni più piccole lungo un andamento approssimativamente E-O.

Pieri et al. (1997) descrivono tre blocchi principali con diversi gradi di sollevamento: Gargano, Murge, Salento. Murge e Salento sono separate da un'ampia zona deformativa con andamento E-W, corrispondente alla depressione triangolare di Brindisi ad est e ad una serie di piccoli blocchi rialzati e depressioni ad ovest. Quest'ultima caratteristica è particolarmente evidente tra Matera e Mottola, dove le strutture transpressive e transtensionali sono chiaramente associate a faglie prevalentemente destrorse; queste strutture mostrano attività pre-, sin- e post-deposizionali riferite ai depositi affioranti del tardo Pliocene-primo Pleistocene. Questi autori descrivono anche i graben delle Murge Alte e delle Murge Basse, formatesi principalmente prima della sedimentazione dei depositi plio-quadernari delle Murge. Gli indicatori cinematici mostrano principalmente un movimento dip-slip, ma sono state osservate anche prove di slittamento obliquo. Le relative depressioni morfologiche non sono completamente sigillate e/o riempite da depositi plio-quadernari. Secondo questi autori, l'attività del Quaternario medio-tardivo è stata meglio registrata nelle Murge settentrionali, dove i depositi terrazzati marini sono relativamente spessi e ampiamente distribuiti.

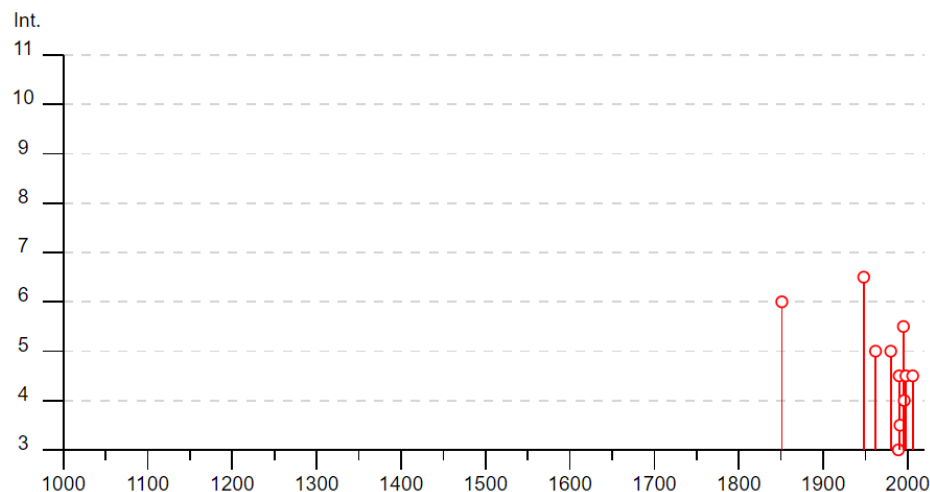
Morelli (2002) ha studiato e sintetizzato le principali strutture di innesco E-W regionali al largo della costa pugliese (SE Italia), utilizzando linee e pozzi di esplorazione sismica. Dal fondo del riflettore giurassico e fino al fondo del Quaternario, mostra tre principali di questi sistemi E-W. Partendo da nord, uno è il "Sistema Sud-Garganico", ovvero la struttura regionale al largo della Faglia di Mattinata nel Promontorio

del Gargano. A sud presenta il "Sistema di Bari", che sembra di estensione più limitata lungo la direzione. Più a sud, parla del "Sistema di Monopoli", ben sviluppato lungo la direzione.

# Carapelle



PlaceID IT\_62107  
Coordinate (lat, lon) 41.363, 15.692  
Comune (ISTAT 2015) Carapelle  
Provincia Foggia  
Regione Puglia  
Numero di eventi riportati 16



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6	<a href="#">📄</a>	1851	08	14	13	20	Vulture	103	10	6.52
6-7	<a href="#">📄</a>	1948	08	18	21	12	Gargano	58	7-8	5.55
5	<a href="#">📄</a>	1962	08	21	18	19	Irpinia	562	9	6.15
NF	<a href="#">📄</a>	1977	07	24	09	55	Irpinia	85	5-6	4.37
5	<a href="#">📄</a>	1980	11	23	18	34	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
3	<a href="#">📄</a>	1989	03	11	21	05	Gargano	61	5	4.34
NF	<a href="#">📄</a>	1990	02	18	20	10	Adriatico centrale	46		4.24
4-5	<a href="#">📄</a>	1990	05	05	07	21	Potentino	1375		5.77
3-4	<a href="#">📄</a>	1991	05	26	12	25	Potentino	597	7	5.08
NF	<a href="#">📄</a>	1992	11	05	13	34	Gargano	32	5	4.34
5-6	<a href="#">📄</a>	1995	09	30	10	14	Gargano	145	6	5.15
4	<a href="#">📄</a>	1996	04	03	13	04	Irpinia	557	6	4.90
4-5	<a href="#">📄</a>	1998	04	07	21	36	Valle dell'Ofanto	45	5	4.31
4-5	<a href="#">📄</a>	2006	05	29	02	20	Gargano	384		4.64
NF	<a href="#">📄</a>	2006	10	04	17	34	Adriatico centrale	98	4-5	4.30
NF	<a href="#">📄</a>	2006	12	10	11	03	Adriatico centrale	54		4.48

Figura 8 - Sismi e magnitudo risentite nell'area oggetto di studio, riportati in forma tabellare e grafica, e località prossime al comune in oggetto con risentimenti macrosismici. Tratto dal catalogo parametrico dei Terremoti Italiani – INGV- CPTI15-DBMI15 ([https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query\\_place/](https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/)).

Si riportano le mappe di scuotimento dei terremoti con risentimento a Carapelle, avvenuti nell'ultimo millennio, secondo il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (Gruppo di Lavoro CPTI; versione 2021), che rappresenta il più recente e completo catalogo sismico nazionale (in seguito CPTI15). La nuova versione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 rappresenta una significativa evoluzione rispetto alle versioni precedenti, che sono quindi da considerare del tutto superate. Il catalogo copre l'intero territorio italiano con porzioni delle aree e dei mari confinanti, e contiene 4860 terremoti nella finestra temporale 1000-2019. Il catalogo, quindi, considera e armonizza il più possibile dati di base di diverso tipo e provenienza. Il catalogo include i terremoti con intensità massima o epicentrale maggiore o uguale a 5, insieme a quelli con magnitudo strumentale equivalente (secondo i metodi e le conversioni descritte nel seguito) a Mw 4.0 o superiore.

Descrizione sintetica dei maggiori terremoti risentiti nell'area di studio, descritti in ordine di risentimento decrescente per il Comune di Carapelle.

## TERREMOTO 18 AGOSTO 1948, 21:12:20 Puglia Settentrionale

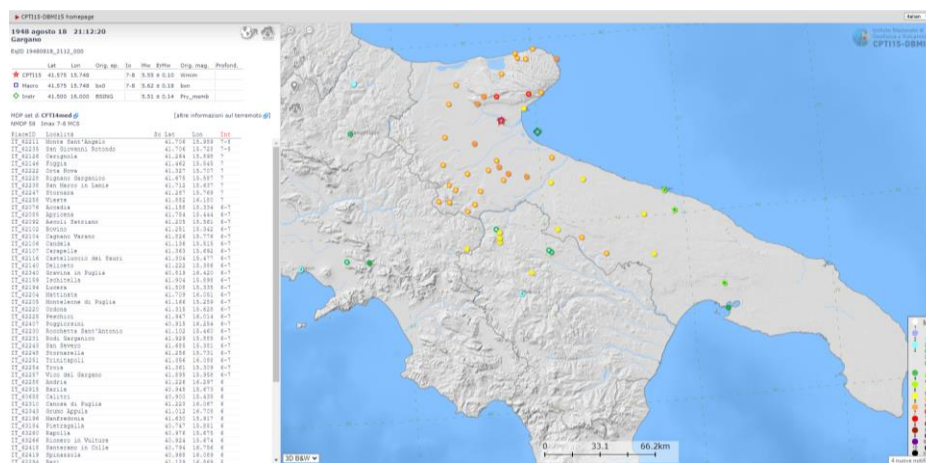


Figura 9 - Mappa di scuotimento risentito a Carapelle ottenuta consultando i cataloghi <https://emidius.mi.ingv.it/CPT15-DBMI15>. Terremoto 18 agosto 1948.

Questa sequenza sismica colpì la Puglia settentrionale, in particolare le località del Gargano e della Capitanata, in provincia di Foggia, e in misura minore alcuni centri delle province di Bari e di Potenza. Le scosse più forti avvennero il 18 agosto 1948 alle ore 21:12 GMT (ore 23:12 locali, essendo in vigore l'ora legale), il 21 agosto alle ore 8:45 GMT (ore 10:45 locali) e il 22 agosto alle ore 23:16 GMT (ossia le ore 01:16 del 23 agosto in ora locale). La scossa del 18 agosto colpì soprattutto Monte Sant'Angelo e San Giovanni Rotondo; la scossa del 21 causò i danni più rilevanti a Vieste; la scossa del 22 agosto causò danni notevoli a Orta Nova e Stornara e qualche danno leggero fu segnalato anche in alcune località della provincia di Potenza. Tuttavia, la mancanza di una cronologia completa degli effetti nelle varie località non consente di discriminare sempre i danni causati dalle singole scosse.

Secondo dati ufficiali comunicati nel settembre 1948, gli edifici danneggiati nella provincia di Foggia furono oltre 2300, dei quali 335 (14%) furono dichiarati inabitabili, 761 (33%) danneggiati gravemente e 1231 (53%) in modo leggero. Gli accertamenti dei danni, proseguiti dopo il settembre 1948, rilevarono però un numero quasi doppio di edifici lesionati. Tali danni furono messi in relazione con le caratteristiche locali delle abitazioni, generalmente costruite direttamente sul terreno senza opere di consolidamento del sottosuolo, ricorrendo spesso a fondazioni con archi e pilastri che riducevano sensibilmente l'area di

appoggio delle costruzioni. Inoltre, i solai di copertura erano avvolti con rinfianchi di materiali a secco o con malta di terra e in parecchi casi gli edifici erano già lesionati prima del terremoto.

Come detto, fra le località più colpite ci furono Monte Sant'Angelo e San Giovanni Rotondo: a Monte Sant'Angelo, una casa crollò totalmente, 100 divennero inagibili e altre 200 furono rese pericolanti e dovettero essere puntellate; a San Giovanni Rotondo, 3 case crollarono parzialmente e altre 200 furono giudicate pericolanti e dovettero essere temporaneamente abbandonate dagli abitanti. A Vieste furono danneggiati 365 edifici, di cui 15 furono giudicati inabitabili. A Orta Nova, su 2500 case, 2-3 crollarono totalmente e altre 500 (20%) subirono la caduta di volte e cornicioni e la riapertura o il peggioramento di lesioni preesistenti: 30 abitazioni dovettero essere sgomberate e altre 40 puntellate urgentemente. A Stornara una casa crollò e quasi tutte le altre furono lesionate: 20 abitazioni divennero inagibili e altre 135 dovettero essere puntellate.

A Foggia furono danneggiati 370 edifici, di cui 50 pericolanti e non riparabili risultarono da demolire, 150 gravemente dissestati e inabitabili furono giudicati riparabili con l'allontanamento temporaneo degli occupanti, 70 dovettero essere puntellati e altri 100 circa, variamente lesionati, erano riparabili senza l'allontanamento degli occupanti.

Le scosse furono sentite in varie località dell'Abruzzo, del Molise, della Basilicata e della Campania.

TERREMOTO 14 AGOSTO 1851 13:20

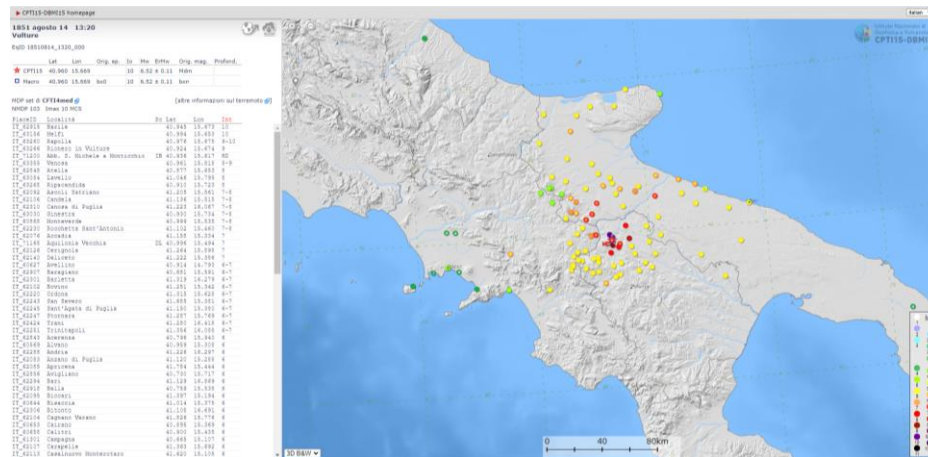


Figura 10 - Mappa di scuotimento risentito a Carapelle ottenuta consultando i cataloghi <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>. Terremoto 14 agosto 1851.

Il 14 agosto 1851 due scosse distruttive, a distanza di circa un'ora e mezza l'una dall'altra, colpiscono la Basilicata settentrionale devastando la regione del monte Vulture. La prima scossa avvenne alle ore 13:24 GMT, fu molto violenta ed ebbe una durata di circa 30 secondi; la seconda (ore 14:50 GMT) fu più breve e di intensità minore.

Il terremoto distrusse quasi completamente i paesi di Barile e Melfi, dove crollarono case, edifici pubblici e di culto. A Barile la distruzione fu totale soprattutto nella parte più alta dell'abitato dove cedettero anche gli edifici di costruzione più solida; crollarono il palazzo feudale dei Caracciolo della Torella, le chiese della Madonna delle Grazie e di S.Rocco e, in parte, quella di S.Nicola. A Melfi le abitazioni rimaste in piedi, benché sconquassate e crollanti, furono circa 200, tutte le altre furono distrutte; in particolare, fu raso al suolo il quartiere di S.Lorenzo costituito da abitazioni molto povere e fatiscenti che furono ridotte a un ammasso informe di macerie; crollò in gran parte il duomo, crollarono o furono rese inagibili le chiese del Carmine, di S.Teodoro, S.Nicola, S.Lorenzo, S.Agostino; il castello normanno-svevo di proprietà della famiglia Doria-Pamphilj fu lesionato in modo molto grave.

Distruzioni estese a gran parte dell'abitato colpirono anche Rapolla e Rionero in Vulture; l'abbazia di San Michele a Monticchio, sul monte Vulture, fu quasi completamente distrutta, il tetto della chiesa fu

sfondato da un masso roccioso franato dalla rupe soprastante. Crolli e gravi lesioni in quasi tutte le abitazioni furono rilevati a Venosa, Atella, Lavello e Ripacandida, in provincia di Potenza.

L'area in cui furono riscontrati danni rilevanti agli edifici si estese maggiormente verso nord, in direzione della Capitanata settentrionale, e verso est, in direzione della valle dell'Ofanto, interessando un'ampia area della Puglia fino alla costa adriatica; molto meno verso sud e verso ovest, dove risultò colpita solo una parte limitata dell'Irpinia. Crolli parziali ed estesi dissesti strutturali sono attestati in 10 località, tra cui Ascoli Satriano, Canosa di Puglia, e Rocchetta Sant'Antonio. Danni più leggeri interessarono circa 70 centri abitati, tra cui Avellino, Bari, Foggia e Matera, dove risultarono lievemente lesionati alcuni edifici. La scossa fu forte, ma senza danni, a Napoli, a Salerno e nell'area del Gargano; più leggermente fu sentita in tutta la Campania, nel Salento e fino all'Abruzzo meridionale.

## TERREMOTO 30 SETTEMBRE 1995 ORE 10:14

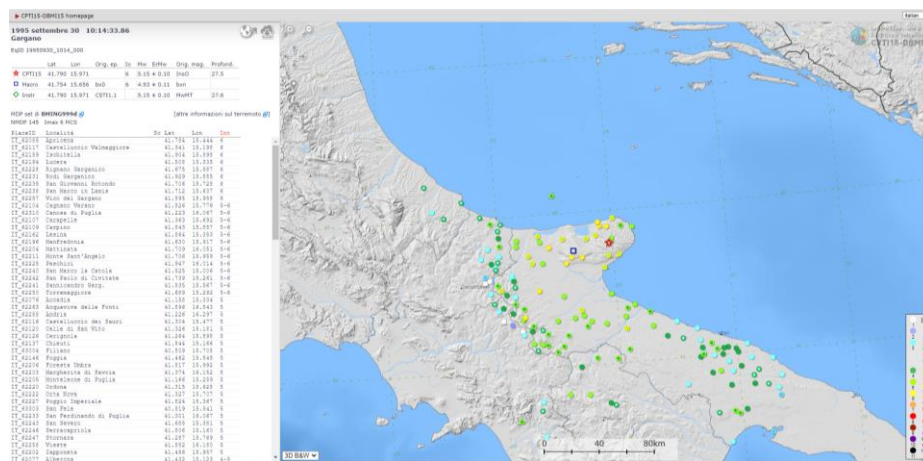


Figura 11 - Mappa di scuotimento risentito a Carapelle ottenuta consultando i cataloghi <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>. Terremoto 30 settembre 1995.

## TERREMOTO 1962 agosto 21 18:19 Irpinia

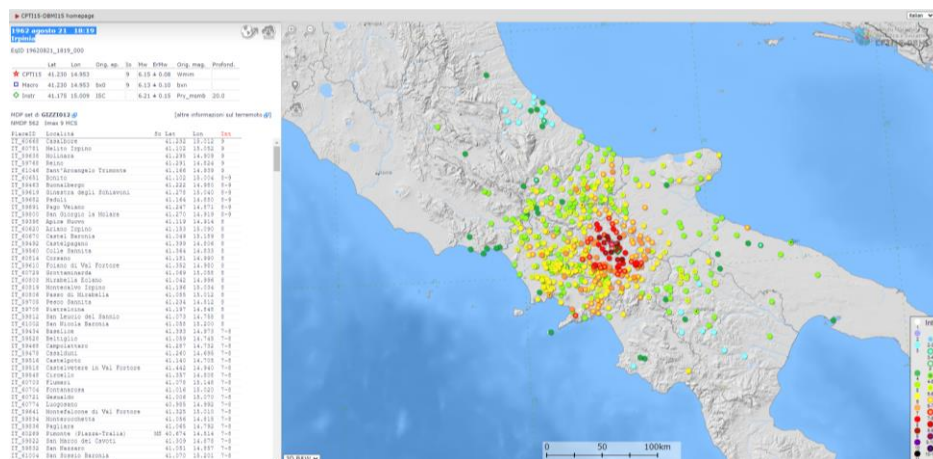


Figura 12 - Mappa di scuotimento risentito a Carapelle ottenuta consultando i cataloghi <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>. Terremoto 21 agosto 1962.

La prima scossa fu sentita il 21 agosto alle ore 15:56 GMT: spaventò la popolazione ad Ariano Irpino, ma non causò danni. Dopo poco più di due ore ci furono due scosse violentissime, avvenute a 10 minuti di distanza alle ore 18:09 e 18:19 GMT; la seconda fu la scossa che causò i danni più gravi, tuttavia gli effetti sono pressoché indistinguibili. La zona più colpita fu l'area dell'Appennino campano al confine tra il Sannio e l'Irpinia. In generale i crolli totali furono pochi, ma i danni ai fabbricati furono in molti casi così rilevanti da renderne necessaria la demolizione o il puntellamento, e lo sgombero immediato. I comuni danneggiati più gravemente furono Casalbore, Melito Irpino, Molinara, Reino e Sant'Arcangelo Trimonte, dove la percentuale degli edifici danneggiati risultò generalmente superiore al 90%, e quella

Molte repliche più leggere furono avvertite lo stesso 21 agosto e nei giorni successivi. Il 28 agosto alle ore 11:00 GMT in tutta l'Italia meridionale fu sentita molto fortemente una scossa localizzata nella Grecia meridionale. In quasi tutte le località colpite dal terremoto del 21 agosto tale scossa aggravò le condizioni degli edifici già dissestati e rese necessario l'ulteriore sgombero di varie famiglie.

[illegible]

La scossa distruttiva avvenne il 23 novembre 1980 alle ore 18:35 GMT circa ed ebbe effetti devastanti in una vasta area dell'Appennino meridionale, in particolare in Irpinia e nelle zone adiacenti delle province di Salerno e Potenza. L'area dei massimi effetti comprese la zona del cosiddetto "cratere" nelle alte valli dell'Ofanto e del Sele; le distruzioni gravi e diffuse si estesero a nord fino alle alte valli del Sabato e del Calore e a sud fino alla montagna salernitana e potentina; l'area dei danni comprese quasi tutta la Campania e la Basilicata e parte della Puglia; l'area in cui la scossa fu sentita risultò estesa dalla Pianura Padana alla Sicilia.

Furono quasi completamente distrutti i paesi di Castelnuovo di Conza, Conza della Campania, Laviano, Lioni, Sant'Angelo dei Lombardi e Santomenna; distruzioni estese a oltre il 50% del costruito furono riscontrate a Balvano, Calabritto, Caposele, Guardia Lombardi, Pescopagano, San Mango sul Calore, Senerchia, Teora e Torella dei Lombardi. In circa altri 50 comuni furono rilevati crolli e gravi lesioni, 450 circa subirono danni più leggeri. Nelle regioni Campania e Basilicata, su un totale di 1.843.304 abitazioni censite, 77.342 risultarono distrutte, 275.263 gravemente danneggiate, 479.973 lievemente lesionate. Numerose altre forti scosse si succedettero nelle ore e nei giorni immediatamente seguenti e si protrassero quindi per diversi mesi. La replica più forte avvenne il 14 febbraio 1981 alle ore 18:30 GMT, fu localizzata nei Monti d'Avella, a circa 55 km a ovest-nordovest dell'area epicentrale della scossa principale, e causò nuovi crolli e altre vittime.

#### IL TERREMOTO DISTRUTTIVO 17 LUGLIO 1361 ASCOLI SATRIANO

Il 17 luglio 1361 verso le 17:15 GMT (all'ora del vespro) un terremoto distruttivo colpì l'area collinosa ora tra le odierne province di Foggia e Bari. La città più colpita fu Ascoli Satriano, dove la maggior parte degli edifici crollò e ci furono oltre 4000 morti, secondo Matteo Villani. A Canosa di Puglia crollò parte delle mura e molti edifici furono danneggiati.

Per questa sequenza sismica non sono stati elaborati i commenti storico-critici e le descrizioni degli effetti nelle varie località. Tuttavia esiste un'analisi approfondita pubblicata in E. Guidoboni e A. Comastri, "Catalogue of Earthquakes and Tsunamis in the Mediterranean Area from the 11th to the 15th century", INGV-SGA, Roma-Bologna 2005, 1037 pp., di cui viene fornito l'estratto .

*"Il 17 luglio 1361 alle 17:15 circa UT (l'ora dei vespri), ci fù un terremoto distruttivo nella zona collinare nelle province di Foggia e Bari. La città più colpita è stata Ascoli Satriano, dove la maggior parte degli edifici è crollata e ci sono state più di 4.000 vittime. A Canosa di Puglia crolla parte della cinta muraria e molti edifici furono danneggiati.*

*Questa era la zona più importante della Puglia feudale, le cui uniche città di qualsiasi dimensione erano infatti Ascoli Satriano e Canosa di Puglia. Dal punto di vista economico Ascoli Satriano ha mantenuto una posizione di rilievo anche dopo il terremoto, grazie alle dimensioni dei suoi possedimenti comunali, e in parte poiché era un centro di potere feudale. Ma ci vollero altri quarant'anni prima che iniziassero la sostanziale ricostruzione della città. Per quanto riguarda il contesto storico e le forme istituzionali, deve essere ricordato che Ascoli Satriano e Canosa di Puglia erano entrambe città del regno di Napoli. Si trovavano in Capitanata, una delle tre province in cui la Puglia fu divisa (le altre due sono la Terra d'Otranto e la Terra di Bari).*

*Il terremoto è registrato in due fonti contemporanee: la cronaca di Matteo Villani e un documento del 1362 riprodotto a Bonito (1691). Villani registra:*

*"Dei grandi terremoti avvenuti in Puglia e che hanno provocato ingenti danni nel comune di Ascoli. Il 17 luglio di quell'anno [1361], nell'ora dei vespri, vi furono molto grandi terremoti in Puglia. Hanno danneggiato la città di Ascoli in Puglia,*

*riducendola quasi interamente in rovina e uccidendo più di quattromila persone. Parte della città, a Canosa crollarono le mura, e ridusse in rovina molti edifici; ma altrove ci sono stati pochi danni".*

*Di grandi terremoti che furono in Puglia, e assai guastarono della città d'Ascoli.*

*A dì XVII di luglio del detto anno, in sull'ora del vespero, furono in Puglia grandissimi terremuoti, e apersono la città d'Ascoli di Puglia, e quasi tutta la sobissarono con morte d'oltre a quattromila Cristiani. A Canossa caddono parte delle mura della terra, e molti defici puose i[n] ruina; in altre parti fece poco danno.*

*Il terremoto è menzionato di sfuggita in un documento che era anticamente conservato in l'Archivio della Regia Zecca a Napoli, ma ora è perduto. Il testo è riportato in Bonito (1691, p.570). È un ordine emesso dal re Luigi e dalla regina Giovanna I, datato 11 febbraio 1362 (nella quindicesima indizione), autorizzando un certo Cicco Strazzato a recuperare una quantità di grano che probabilmente era stato sepolto tra le rovine causate dal terremoto.*

*L'autorizzazione si riferisce al fatto che il terremoto era avvenuto "nei giorni scorsi":*

*Cicco Strazzato aveva probabilmente depositato la sua istanza nei giorni immediatamente successivi al terremoto del 17 luglio 1361. L'autorizzazione concessa in risposta è stata rilasciata alcuni mesi più tardi, ma probabilmente riflette un'espressione usata nella petizione. Bonito cita questo documento nell'ambito del terremoto del settembre 1349, ma Ascoli Satriano è a molto lontano dalla nota zona di danno di quel terremoto; e le espressioni usate da la cancelleria reale rende improbabile che si faccia riferimento a un terremoto avvenuto dodici anni prima. Il testo dato da Bonito è il seguente:*

*"Si rilascia l'autorizzazione a Cicco Strazzato, servo abitante ad Ascoli, per estrarre cento salme di grano che lo aveva ancora dopo l'imprevisto terremoto dei giorni scorsi al comune di Ascoli. Dato l'11 febbraio, nella quindicesima indizione [1362], del re Ludovico e della regina Giovanna".*

*Cicco Strazzato habitatori Exculi familiari expeditur Provisio pro extractione sal.*

*Frumenti ce(n)tum quae ei remanserant post Terraemotum inopinatum, qui diebus proximo praeteritis in Civitate Exculi contigit. Sub datum die 11. Februarii Indictione*

*15. per Ludovicum Regem, et Ioannam Reginam.*

*Il terremoto e le successive guerre ebbero notevoli effetti a lungo termine ad Ascoli. In una lettera (pubblicata in Ughelli 1721, cols.230-1) scritta da Martino V (1417-1431) a Genzano il 28 agosto 1426 e inviato al vescovo di Lucera, il papa ricorda che a causa del terremoto e le successive guerre, gli ascolani erano stati costretti a ricostruire la loro città su un sito diverso e più facilmente difendibile. Tuttavia, avevano già ricostruito la cattedrale nella sua posizione originaria nel centro storico, e ora si lamentava dei notevoli disagi e perfino l'impossibilità di recarsi per le funzioni religiose.*

*In una lettera scritta a Roma da Callisto III (1455-1458) al vescovo di Troia il 24 Settembre 1455, il papa fece notare che il duomo di Ascoli era stato in gran parte demolito dal duca di Venosa, per timore che fosse occupata da nemici, con il risultato che la città era ancora senza cattedrale più di novant'anni dopo il terremoto.*

**Descrizione sintetica dei maggiori terremoti risentiti nell'area di studio.**

#### **IL TERREMOTO DISTRUTTIVO 20 MARZO 1731 TAVOLIERE DELLE PUGLIE**

A Foggia e a Cerignola la scossa ebbe gli effetti più gravemente distruttivi. Danni gravi ed estesi si ebbero anche nei centri di Canosa di Puglia, Orta Nova, Tressanti, Ascoli Satriano, Molfetta e Orsara di Puglia, posti in una regione delimitata a ovest dalle propaggini orientali dei rilievi irpini e dalle colline del melfese, e a est dal promontorio garganico e dal mare Adriatico. In molti centri della Capitanata e della fascia costiera adriatica il terremoto causò lesioni negli edifici, in qualche caso gravi (**1, 2, 3**). I risentimenti interessarono tutta la regione pugliese, dal promontorio del Gargano fino a Lecce, e gran parte dell'Italia centrale e meridionale, da Roma a Napoli.

## 2.2. Sismicità recente dell'area di studio

### Zonazione sismogenetica ZS9

Per la determinazione delle zone sismogenetiche in grado di generare terremoti che possono colpire il comune di Carapelle, è stato fatto riferimento alla nuova cartografia prodotta per la “Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica – prevista dall’Ordinanza PCM del 20 marzo 2003, n° 3274 – Rapporto Conclusivo – Allegato 2: Zonazione sismogenetica ZS9” Il comune di Carapelle è compreso nella Zona 925 (Figura 17).

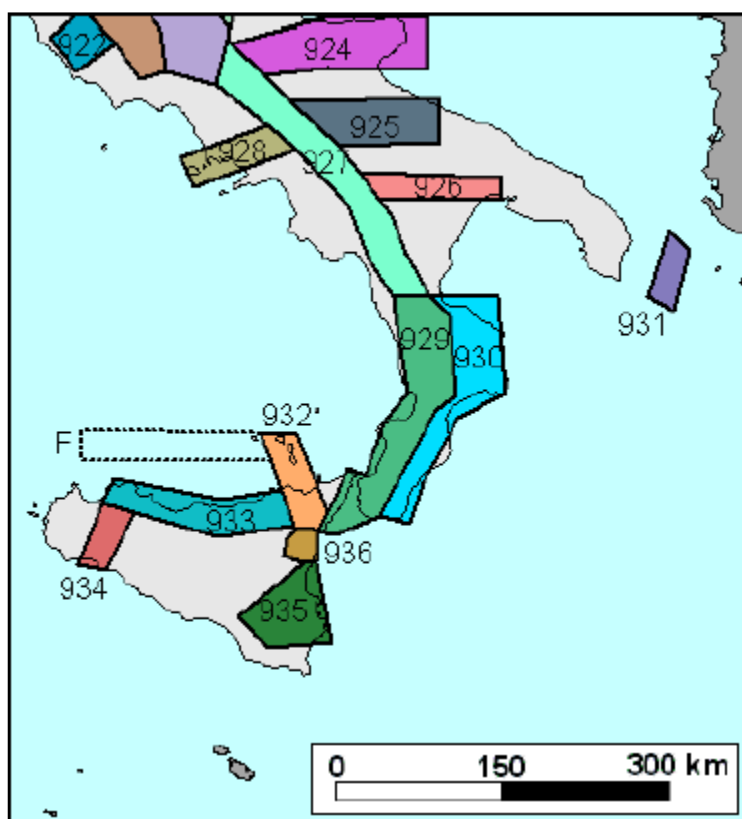


Figura 14 - Zone sismogenetiche dell'Appennino Meridionale  
([http://www.pcn.minambiente.it/viewer/index.php?services=Zone\\_sismogenetiche\\_ZS9](http://www.pcn.minambiente.it/viewer/index.php?services=Zone_sismogenetiche_ZS9)).

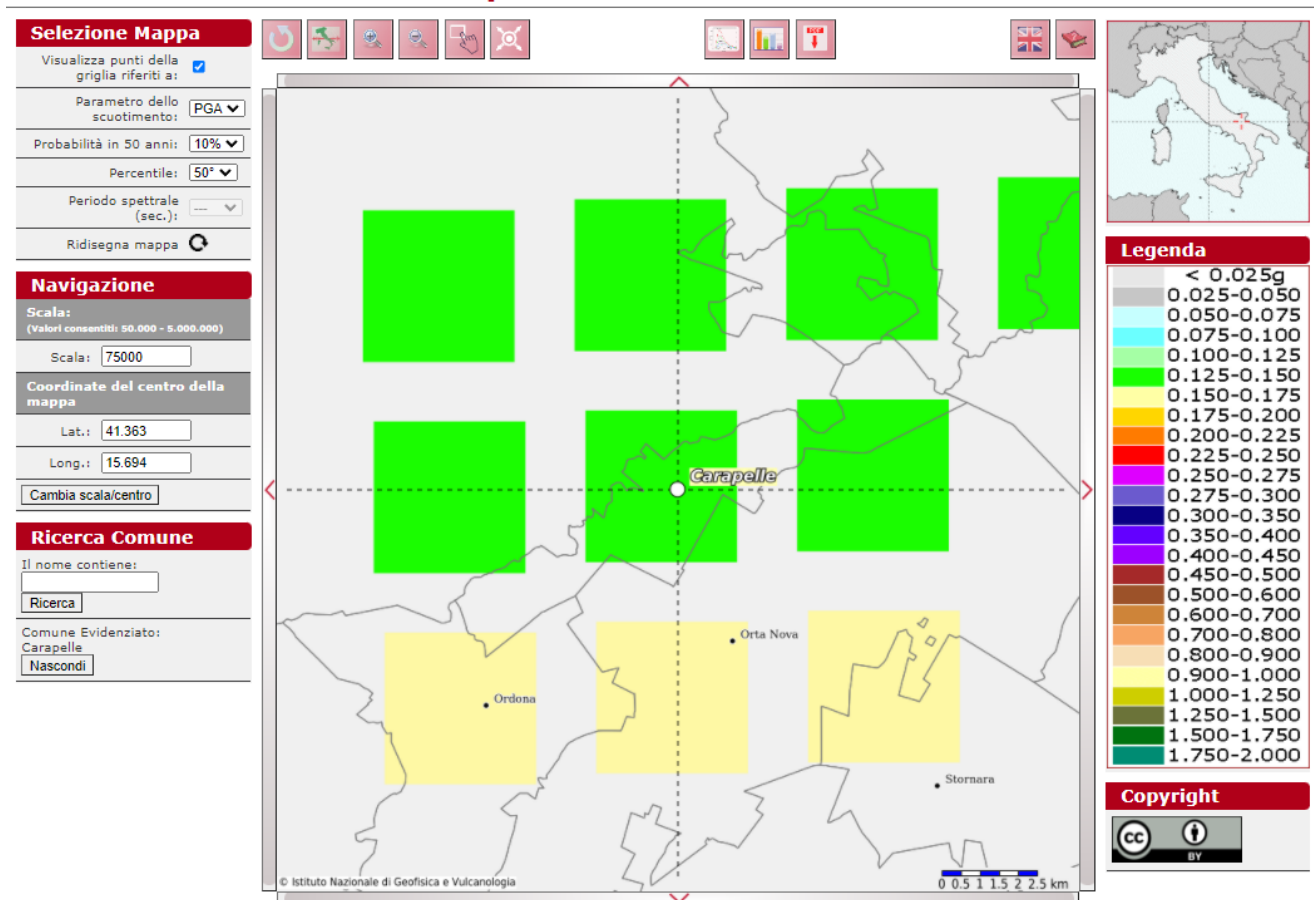
### 2.3. Pericolosità sismica di base

Per la valutazione della pericolosità sismica dell'abitato di Carapelle, sono state consultate le Mappe interattive di pericolosità sismica 2004-2006 (versione 2.0 aggiornata al 1 gennaio 2019), nell'applicazione web dell'INGV: "Modello di Pericolosità sismica MPS04-S1 (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>), sviluppata da F. Martinelli e C. Meletti nell'ambito della *Convenzione INGV-DPC 2004-2006- Progetto S1*. Il sito permette di interrogare e visualizzare valutazioni probabilistiche della pericolosità sismica di lungo termine espressa con vari parametri di scuotimento su una griglia a passo  $0.05^\circ$  (ca. 5 km). Le mappe permettono di visualizzare due parametri dello scuotimento quali PGA (Peak Ground Acceleration) picco di accelerazione orizzontale al suolo,  $a(g)$ , e SA accelerazione spettrale in funzione del periodo di vibrazione ( $S_e(T)$  nelle NTC18). Le stime in PGA sono calcolate per diverse probabilità di superamento di soglie di accelerazioni in 50 anni (dal 2% all'81%) e per ciascuna stima è disponibile il valore del 50° (valore mediano, stima di riferimento per ogni probabilità di superamento) ed i valori del 16° e 84° percentile (che indicano le incertezze delle stime).

Il *grafico di disaggregazione* permette l'individuazione della sorgente sismogenetica che contribuisce maggiormente a produrre il valore di scuotimento stimato in termini probabilistici, in quanto riporta la valutazione del contributo percentuale alla stima di pericolosità fornita considerando coppie diverse di magnitudo e distanza.

In base alla disaggregazione dei valori di accelerazione orizzontale di picco su suolo rigido ( $a_g$ ) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (Spallarossa e Barani, 2007), sono stati ottenuti i valori medi di magnitudo e di distanza; per Carapelle (lat:  $41.581^\circ$  Long:  $15.117^\circ$ ) si ottengono i valori di  $a_g$  (riportati in Figura 18).

## Modello di pericolosità sismica MPS04-S1



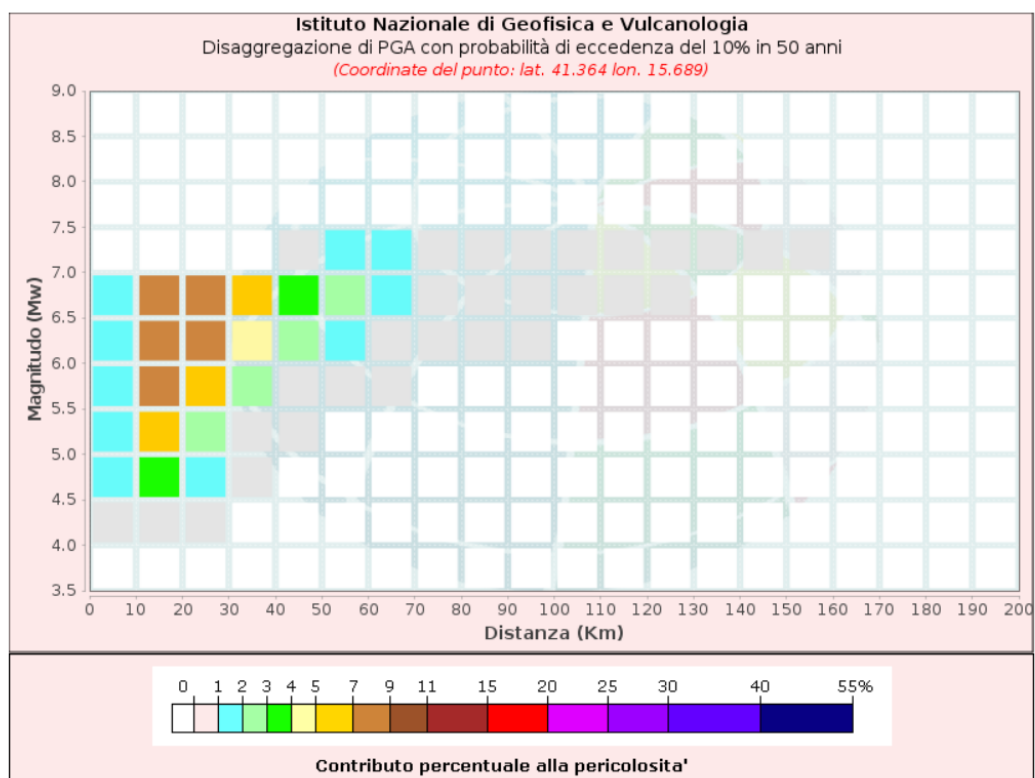
Web Application Developed by F. Martinelli & C. Meletti, INGV

Progetto 33

A cura di INGV, Sezione di Pisa

Info: [mpe@ingv.it](mailto:mpe@ingv.it)

Credito



Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 41.364 lon. 15.689)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5- 4.0	4.0- 4.5	4.5- 5.0	5.0- 5.5	5.5- 6.0	6.0- 6.5	6.5- 7.0	7.0- 7.5	7.5- 8.0	8.0- 8.5	8.5- 9.0
0-10	0.0000	0.5070	1.6200	1.9100	1.8300	1.4700	1.0200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.8840	3.7700	6.1400	7.9100	8.3000	7.2500	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0531	1.0100	2.9800	5.1800	7.0100	7.7400	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0394	0.9100	2.5800	4.4200	5.9600	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0817	0.9910	2.4000	3.9400	0.0845	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2160	1.1900	2.4400	1.2400	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0149	0.5490	1.6300	1.2800	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1480	0.8790	0.9980	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0136	0.2940	0.4620	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.1040	0.2400	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0332	0.1320	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0078	0.0752	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0359	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0116	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0036	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
6.12	27.7	1.14

Figura 15 - Schermate ottenute dal sito <http://esse1.mi.ingv.it/>, che mostrano (dall'alto in basso) A- il nodo corrispondente al comune di Carapelle in mappe di pericolosità sismica; B-C i contributi percentuali alla stima della pericolosità forniti da tutte le possibili coppie di magnitudo (M) e distanza (R), in forma grafica (B) e tabellare (C). In basso sono riportati i valori medi di M-D ed epsilon.

### 3. Assetto geologico e geomorfologico dell'area

#### 3.1. Inquadramento geologico

L'intera regione pugliese, può essere suddivisa in tre grandi elementi geologici: Avampaese apulo (all'interno del quale si distinguono il Promontorio del Gargano, l'Altopiano delle Murge e le Serre Salentine), Fossa bradanica (differenziata geograficamente in Tavoliere di Puglia, a nord, e Fossa Premurgiana, a sud) e catena sudappenninica (cui appartiene il Subappennino Dauno o Monti della Daunia) (Figura 16).

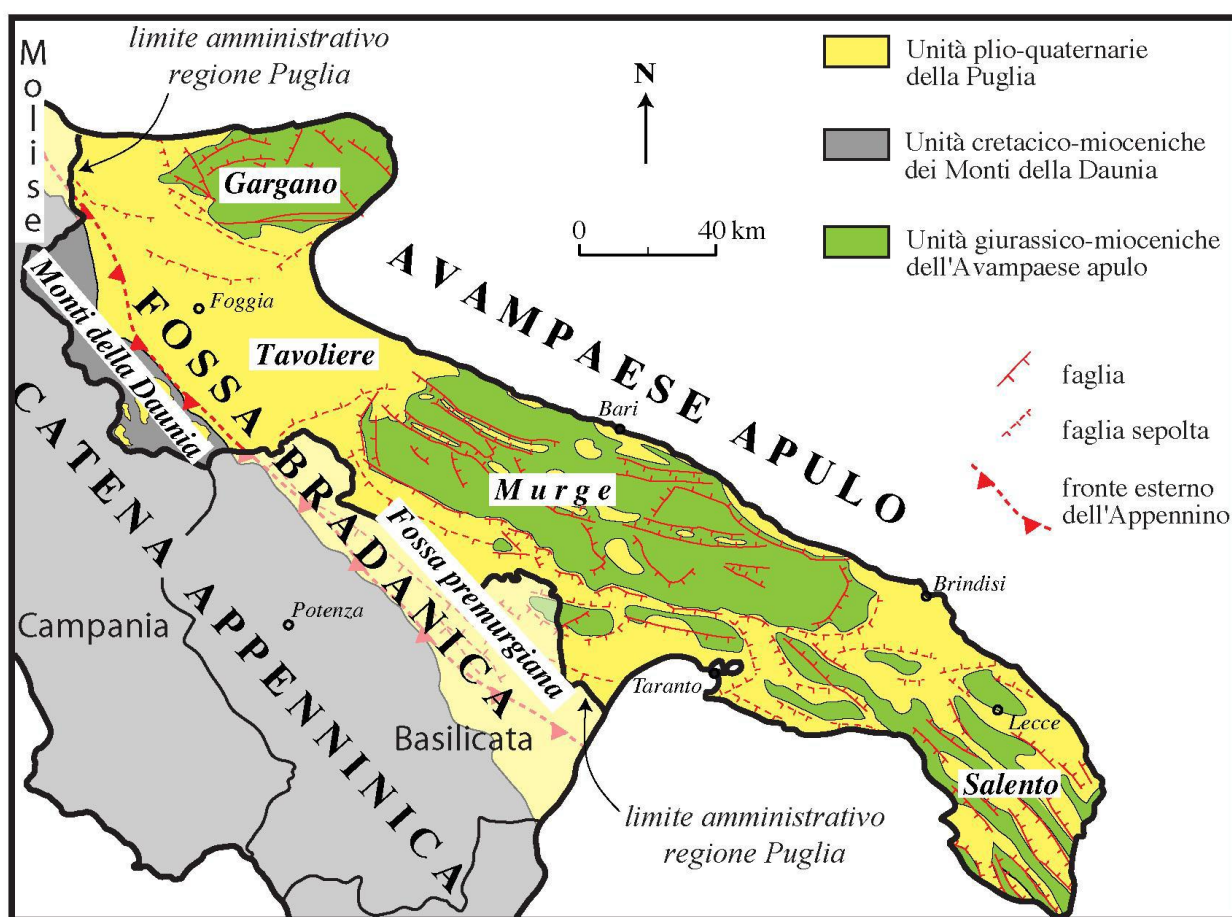


Figura 16 - Carta geologica schematica della regione Puglia (da PIERI et alii, 1997, modificata).

L'Avampaese apulo è caratterizzato in superficie da grandi aree carsiche costituite da rocce calcaree mesozoiche la cui successione, spesso alcuni chilometri, è la testimonianza dell'evoluzione di un'ampia piattaforma carbonatica tetidea attiva fino alla fine del Cretaceo (Piattaforma Apula, D'ARGENIO, 1974;

RICCHETTI, 1975; CIARANFI *et alii*, 1988). Successivamente all'emersione, una serie di fasi tettoniche hanno interessato la piattaforma e ne hanno determinato la sua strutturazione in un'ampia antiformentale, con asse diretto ONO-ESE (RICCHETTI *et alii*, 1988), ritagliata da una serie di faglie a prevalente orientazione ONO-ESE e O-E (PIERI, 1980). Questa strutturazione si rispecchia nei principali elementi geografici che caratterizzano l'avampese e cioè nei tre alti strutturali a differente elevazione (il Promontorio del Gargano che raggiunge quote di circa 1000 metri, l'Altopiano delle Murge che raggiunge circa i 700 metri, e le Serre Salentine con elevazioni fino a 200 metri), ed in alcune depressioni tettoniche interposte fra gli alti (Graben dell'Ofanto e Soglia Messapica-depressione di Brindisi) e governate principalmente dalle faglie orientate circa O-E.

Le faglie a prevalente orientazione ONO-ESE determinano, invece, tramite ampi sistemi a gradinata, la sommersione dello stesso avampese sia verso l'Adriatico, ad est, che al di sotto dell'Appennino, ad ovest. Quest'ultimo sistema a gradinata corrisponde al substrato della Fossa bradanica (MIGLIORINI, 1937; RICCHETTI, 1980; SELLA *et alii*, 1988; PIERI *et alii*, 1996), un'area depressa, allungata in senso appenninico, che si individua all'inizio del Pliocene, durante le ultime fasi dell'orogenesi appenninica.

La catena sudappenninica è una porzione di orogene caratterizzata da una serie di unità tettoniche sovrapposte verso est a partire almeno dall'Oligocene (OGNIBEN, 1969; D'ARGENIO *et alii*, 1973; MOSTARDINI & MERLINI, 1986; DAZZARO *et alii*, 1988; PESCATORE *et alii*, 2000; DI NOCERA *et alii*, 2006). Le unità tettoniche (o unità stratigrafico-strutturali, secondo D'ARGENIO *et alii*, 1973) derivano da successioni sedimentarie riferibili a contesti paleogeografici differenti, che deformate, accostate e sovrapposte tettonicamente durante differenti fasi orogenetiche, costituiscono in affioramento i rilievi montuosi dell'Appennino meridionale (SELLI, 1962; OGNIBEN, 1969; MOSTARDINI & MERLINI, 1986; D'ARGENIO *et alii*, 1973; PATACCA & SCANDONE, 2007). L'evoluzione geodinamica della catena sudappenninica è stata condizionata dalla subduzione verso ovest della porzione sud-occidentale della Placca Adria e dalla presenza di strutture di svincolo che si sono sviluppate in direzione antiappenninica suddividendo l'avampese apulo in bassi ed alti strutturali. In particolare lungo il Fiume Ofanto vi è una delle suddette strutture di importanza litosferica, identificabile

con la linea del Vulture (SCHIATTARELLA *et alii*, 2005). Questa faglia ha rappresentato un importante svincolo cinematico tra la Fossa bradanica e l'avampaese apulo durante l'evoluzione quaternaria dell'area (CIARANFI *et alii*, 1983; PIERI *et alii*, 1994; DOGLIONI *et alii*, 1996) ed ha consentito la risalita dei magmi che hanno alimentato il vulcano di Monte Vulture (SCHIATTARELLA *et alii*, 2005; GIANNANDREA *et alii*, 2004; 2006).

Il Subappennino Dauno è un segmento della parte più orientale dell'Appennino meridionale ed è caratterizzato da unità stratigrafico-strutturali rappresentate da unità arenaceo-pelitiche (sia di prevalente natura carbonatica -Flysch di Faeto, che di prevalente natura silicocastica - Flysch di San Bartolomeo) e da unità argillitiche, localmente bentonitiche, estremamente scompagnate (Argille Variegate e/o Flysch Rosso), queste ultime responsabili della diffusa presenza di frane e/o movimenti gravitativi superficiali che caratterizzano la regione dauna. Durante la deformazione orogenica e l'accavallamento delle unità tettoniche più vecchie, gran parte della porzione frontale dell'Appennino meridionale era posta al di sotto del livello del mare ed era quindi sede di sedimentazione sinorogenica. Tale area di sedimentazione viene considerata parte integrante del bacino di avanfossa, cioè del bacino subsidente posto sull'avampaese (in flessione per la migrazione dell'orogene) e che fa da collettore dei sedimenti erosi dalla catena montuosa in via di formazione. L'area del bacino di avanfossa posta al di sopra degli accavallamenti tettonici frontali viene chiamata *wedge-top basin* (*sensu* DE CELLES & GILES, 1996).

La Fossa bradanica. Durante la deformazione sudappenninica, che come accennato, ha avuto origine almeno a partire dall'Oligocene, si sono formate nel tempo diverse avanfosse i cui depositi sono stati progressivamente incorporati nella catena; l'ultima avanfossa, ancora in via di evoluzione, è quella che si origina dopo il Messiniano ed è denominata "Fossa bradanica", la cui porzione settentrionale corrisponde al Tavoliere di Puglia (MIGLIORINI, 1937; SELLI, 1962). Questo bacino di avanfossa si imposta sull'Avampaese apulo (e in parte sugli accavallamenti frontali dell'Appennino) a partire dal Pliocene e riceve sedimenti di natura terrigena dall'area di catena durante tutto il Plio-Pleistocene (CIARANFI *et alii*, 1979; CASNEDI, 1988). Tali sedimenti formano una successione che supera i 2000 m ma di cui affiorano solo poche centinaia di metri. La successione affiorante è caratterizzata nella parte occidentale

da depositi costieri conglomeratico-arenacei, nella parte orientale da depositi costieri carbonatici e nella parte depocentrale da depositi siltoso-argillosi cui seguono verso l'alto depositi costieri conglomeratico-arenacei (VALDUGA, 1973; CIARANFI *et alii*, 1979; PIERI *et alii*, 1996; TROPEANO & SABATO, 2000). Come tutto il sistema orogenico appenninico, anche la Fossa bradanica, durante la sua evoluzione, è migrata verso est in conseguenza dei movimenti tettonici che hanno caratterizzato le ultime fasi di costruzione dell'Appennino meridionale; in particolare tale migrazione è stata registrata dai depositi pliocenici di *wedge-top basin*, che appaiono localmente molto deformati e caratterizzati al loro interno da discordanze angolari o sintettoniche.

A partire almeno dal passaggio Pleistocene inferiore - Pleistocene medio, in Italia meridionale (nelle regioni pugliese e lucana) si verifica un drastico mutamento geodinamico che determina il sollevamento, tuttora in atto, dell'intero sistema catena-avanfossa-avampaese (DOGLIONI *et alii*, 1994). Il sollevamento è accompagnato dal colmamento della Fossa bradanica e da un progressivo ritiro del mare dalle aree più interne, ed attualmente più sollevate (area di Banzi e Genzano, in Basilicata) fino all'attuale area del Tavoliere di Puglia (costa del Fortore e del Golfo di Manfredonia) e a quella metapontina (costa del Golfo di Taranto) che risultano al momento le zone di più recente emersione (PIERI *et al.*, 1996; TROPEANO *et alii*, 2002a; 2002b), e dove si rinvencono i “depositi marini terrazzati” del Pleistocene medio e superiore che, insieme ad una serie di spianate di abrasione marina, definiscono il classico paesaggio a gradinata che caratterizza le fasce costiere pugliesi (si vedano RICCHETTI, 1967; CIARANFI *et alii*, 1988; BELLUOMINI *et alii*, 2002; MASTRONUZZI & SANSÒ, 2002; 2003; FERRANTI *et alii*, 2006; ZANDER *et alii*, 2006). In particolare nell'area del Tavoliere di Puglia sono molto diffusi depositi alluvionali terrazzati mentre i depositi marini terrazzati si ritrovano solo a partire da una quota di 130 m s.l.m. e sono generalmente ricoperti da una spessa coltre di depositi continentali (GALLICCHIO *et alii*, 2004; MORETTI *et alii*, 2010).

### 3.1.1 Evoluzione geologica dell'area di indagine

L'area del comune di Carapelle oggetto del presente studio di Microzonazione simica di I livello ricade al margine nord occidentale del Foglio 422 Cerignola 1:50000 della cartografia geologica ufficiale Progetto CARG (Figura 17).

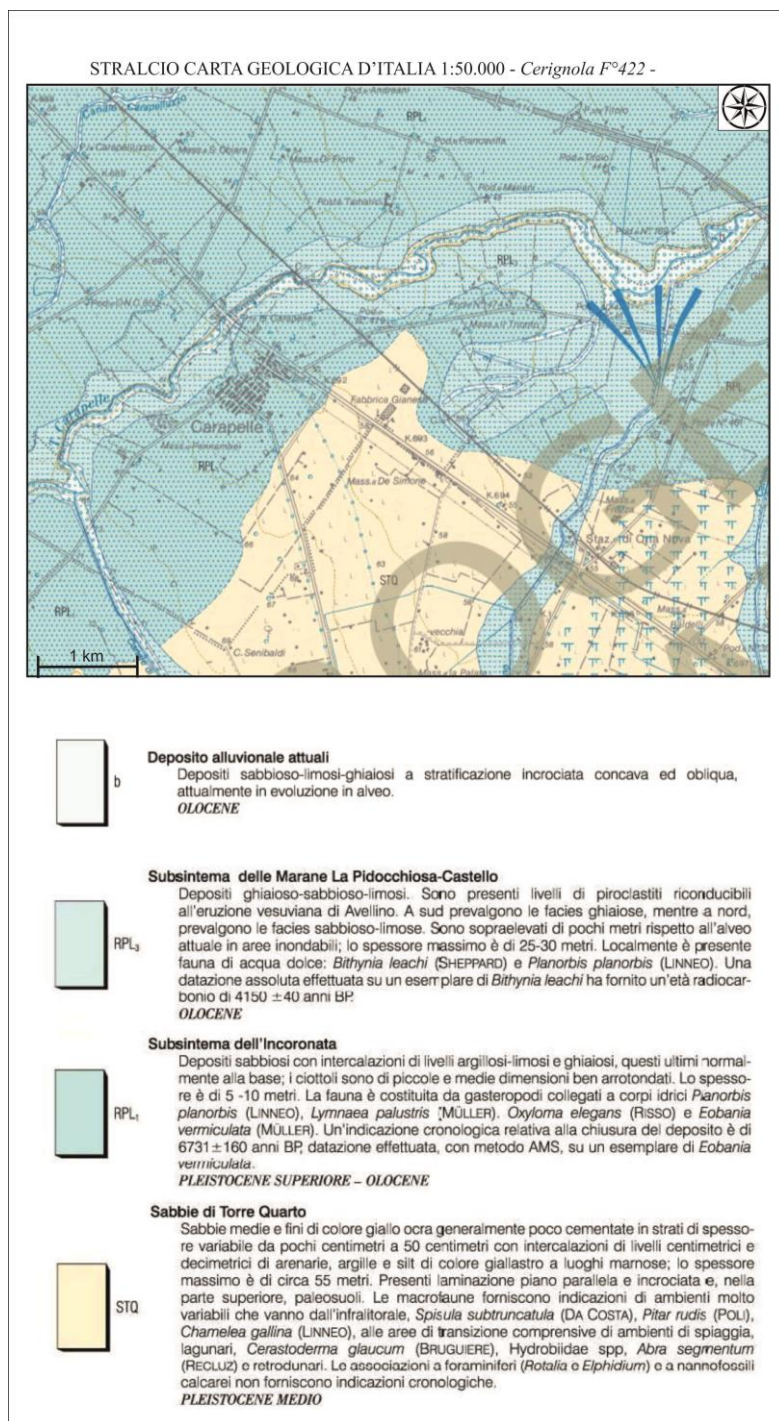


Figura 17 - Stralcio carta geologica d'Italia 1:50000 Progetto Carg, F 422 Cerignola.

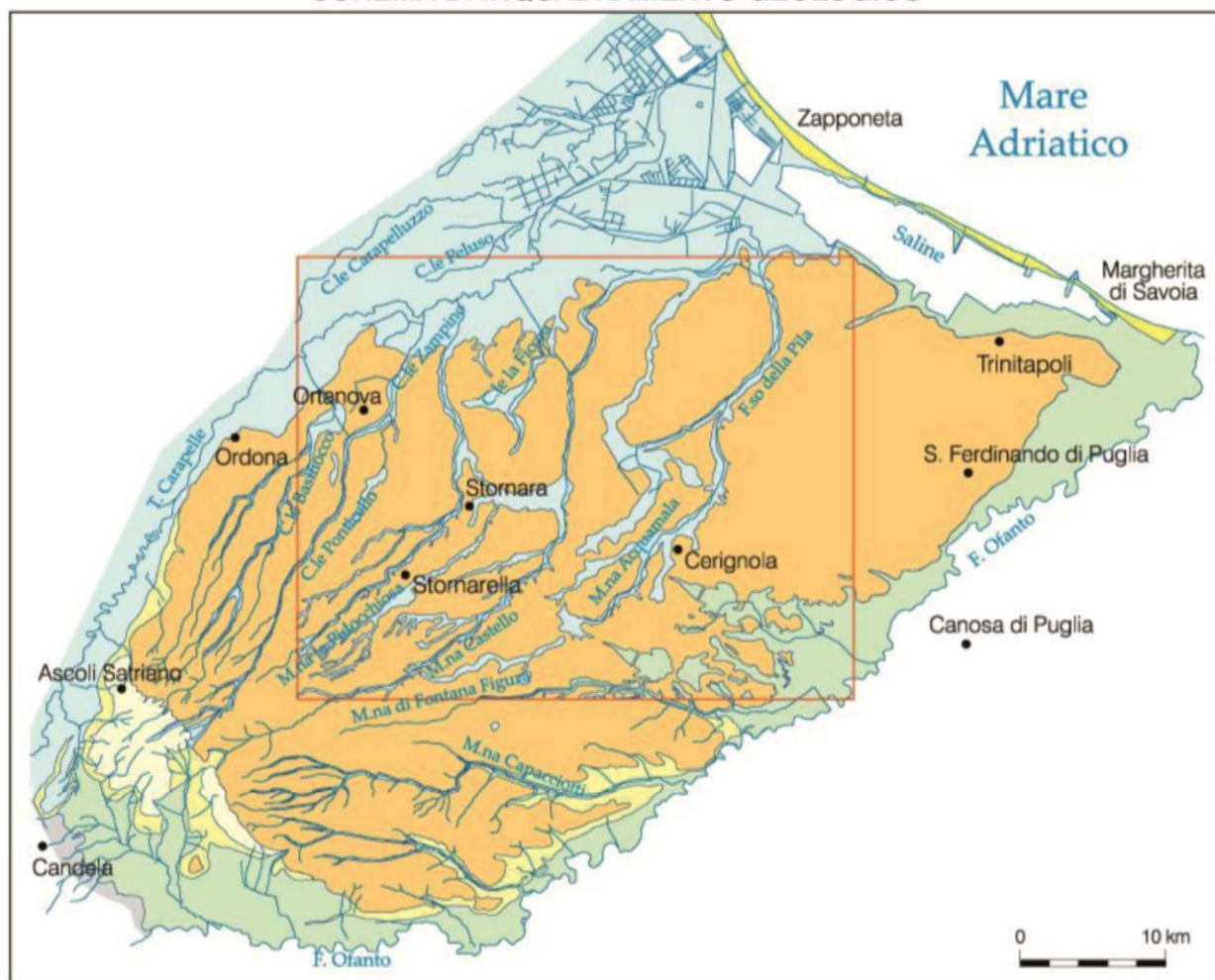
Il territorio del comune di Carapelle si estende nel Tavoliere di Puglia, vasta pianura coincidente con il tratto dell'avanfossa adriatica delimitato dalla Catena appenninica e dall'Avanpaese Apulo; il Tavoliere corrisponde infatti all'area compresa fra i Monti della Daunia e il Promontorio del Gargano. Questa grande pianura, estesa per oltre 4000 Km<sup>2</sup> è interamente ricoperta da depositi quaternari, in prevalenza di facies alluvionale.

Da un punto di vista geologico il Tavoliere di Puglia coincide con la parte settentrionale della Fossa Bradanica, un bacino di sedimentazione di età plio pleistocenica situato tra il margine esterno della Catena sudappenninica e l'Avanpaese apulo garganico. La Fossa Bradanica si estende per circa 200 km in direzione NO-SE dal Fiume Fortore fino al Golfo di Taranto con un'ampiezza che varia da 1520 km a nord dell'Ofanto fino a 5060 km in prossimità della costa ionica. Verso nord, all'altezza del Fiume Fortore, il bacino bradanico si raccorda all'Avanfossa padanoadriatica, mentre verso sud prosegue nel Golfo di Taranto.

Il Bacino bradanico, in particolare, si inizia a delineare nel Pliocene inferiore e deve la sua formazione alla subduzione verso ovest della litosfera adriatica, un processo già attivo a partire dal Miocene inferiore.

Durante il processo di flessura l'avanpaese apulo subisce un'intensa fratturazione con la formazione di una struttura ad *horst* e *graben*. Come conseguenza di ciò si ha l'ingressione marina e un progressivo approfondimento del bacino. Tale approfondimento è guidato dalla retroflessione della litosfera adriatica e dal carico litostatico della catena appenninica il cui fronte progressivamente si sposta verso est sovrapponendosi agli stessi depositi di avanfossa.

## SCHEMA DI INQUADRAMENTO GEOLOGICO



- |  |   |
|--|---|
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: yellow; border: 1px solid black;"></span> Depositi di spiaggia (attuale)              | <b>Unità dell'Avanfossa bradanica</b><br><i>Pleistocene inferiore-medio</i>   |
| <b>Supersistema del Fiume Ofanto</b>   | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: orange; border: 1px solid black;"></span> Sintema di Cerignola   |
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: lightgreen; border: 1px solid black;"></span> <i>Pleistocene superiore - Olocene</i>  | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: yellow; border: 1px solid black;"></span> Conglomerato di Irsina |
| <b>Supersistema del Tavoliere di Puglia</b>  | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: yellow; border: 1px solid black;"></span> Sabbie di Monte Marano |
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: lightblue; border: 1px solid black;"></span> Sintema dei Torrenti Carapelle e Cervaro | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: yellow; border: 1px solid black;"></span> Argille subappennine   |
| <i>Pleistocene superiore - Olocene</i>   | <b>Unità della Catena appenninica</b>   |
|  | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: gray; border: 1px solid black;"></span> Depositi pre-quaternari  |

Figura 18 - Schema geologico generale delle unità litostratigrafiche riconoscibili nell'area di interesse tratto dalla Carta geologica d'Italia 1:50000 F 422 Cerignola Progetto Carg.

### 3.2. Inquadramento geomorfologico

Il territorio comunale di Carapelle è geograficamente localizzato nella parte settentrionale della Puglia, a sud della città di Foggia (Figura 1).

Il limite comunale risulta inquadrato nei fogli provenienti dalla cartografia IGM in scala 1:50000, n. 422 “Cerignola” e dal rispettivo foglio per la Cartografia Geologica.

Gli strati informativi di base utilizzati per lo studio dell’area e per l’analisi delle caratteristiche plano-altimetriche, oltre alla cartografica di base IGM, che ha rappresentato la base necessaria per la georeferenziazione di prodotti utili al corretto posizionamento delle indagini pregresse acquisite, sono state rappresentate dalla Carta Tecnica Regionale-Regione Puglia, rilasciata nel 2008 e elaborata sulla base di rilievi aerei effettuati nel corso degli anni 2006 e 2007 ([www.sit.puglia.it](http://www.sit.puglia.it)).

Dal punto di vista morfologico l’area su cui sorge il centro abitato di Carapelle si presenta generalmente sub-pianeggiante, con quote topografiche comprese tra 65 e 55 m s.l.m. che denotano un modesto gradiente di inclinazione della superficie topografica verso la zona nord-orientale. L’elemento di maggiore importanza morfologica è rappresentato dal Torrente Carapelle, posizionato sull’angolo nord-occidentale della carta. Il fondovalle del torrente risulta ribassato di qualche metro rispetto all’adiacente piano campagna e mostra un andamento di tipo meandriforme, con basso indice di sinuosità.

Il comune di Carapelle appartiene al contesto geomorfologico del Tavoliere di Puglia. Il Tavoliere di Puglia è un’estesa pianura alluvionale e, con i suoi 3500 km<sup>2</sup> d’estensione areale, è la terza area di pianura dell’Italia peninsulare dopo la Pianura Padana e quella veneta. E’ limitata a N dalla valle del Fortore e a S dalla valle dell’Ofanto ed è solcata da numerosi corsi d’acqua a carattere torrentizio che, a dispetto del loro limitato bacino imbrifero, sono capaci di importanti esondazioni che producono, ormai quasi annualmente, danni ingenti ad agricoltura e vie di comunicazione. Dal punto di vista morfologico è caratterizzato da strette colline di modesta elevazione e a tetto piatto cui si interpongono piccole valli solcate da numerosi corsi d’acqua a regime torrentizio che scorrono con tracciati paralleli. Anche la forma dei bacini imbriferi è stretta ed allungata, con spartiacque paralleli fra loro, oltre che agli stessi corsi

d'acqua. In occasione degli eventi di piena, nelle parti basse delle valli, gli spartiacque vengono facilmente superati ed i corsi d'acqua principali alluvionano una indistinta area pianeggiante.

I principali tratti morfologici del settore interno del Tavoliere di Puglia sono la successione di colline, spesso a sommità quasi piatta con superfici debolmente inclinate verso E, allungate in direzione E-O, ed alternate a modesti solchi vallivi più o meno ampi ma poco profondi e a fondo piatto. La zona a ripiani deve la sua conformazione al ritiro del mare che ha lasciato una serie di terrazzi marini digradanti verso l'Adriatico. A luoghi sono delimitati verso Est da scarpate corrispondenti a ripe d'abrasione. Tali forme sono ben conservate nel tratto meridionale, ad esempio tra Ascoli Satriano ed Ordona (CIARANFI *et alii*, 2010) mentre altrove l'azione erosiva li ha ridotti a piccoli lembi circondati da depositi alluvionali.

La piana costiera è contigua con la superficie dei depositi alluvionali, recenti ed attuali, che colmano il fondovalle delle principali incisioni. I vari corsi d'acqua stagionali che solcano il Tavoliere confluiscono nei quattro fiumi principali che sfociano nel mare Adriatico: Candelaro, Carapelle, Cervaro e Ofanto.

L'elemento geomorfologico più significativo è rappresentato da una superficie subpianeggiante, debolmente inclinata verso nord-est, solcata da alcuni corsi d'acqua minori localmente chiamati “*marane*”. Questo ripiano, compreso fra le valli del Fiume Ofanto e del Torrente Carapelle, fa parte di una vasta superficie che si estende da Ascoli Satriano fino al Golfo di Manfredonia, quasi a raccordare il rilievo appenninico alla piana costiera attuale.



### 3.3. Successione stratigrafica

#### 3.3.1 Successione stratigrafica di letteratura

Si elencano e descrivono di seguito le unità litostratigrafiche affioranti così come riportate nella Carta Geologica d'Italia 1:50000, F 422 Cerignola.

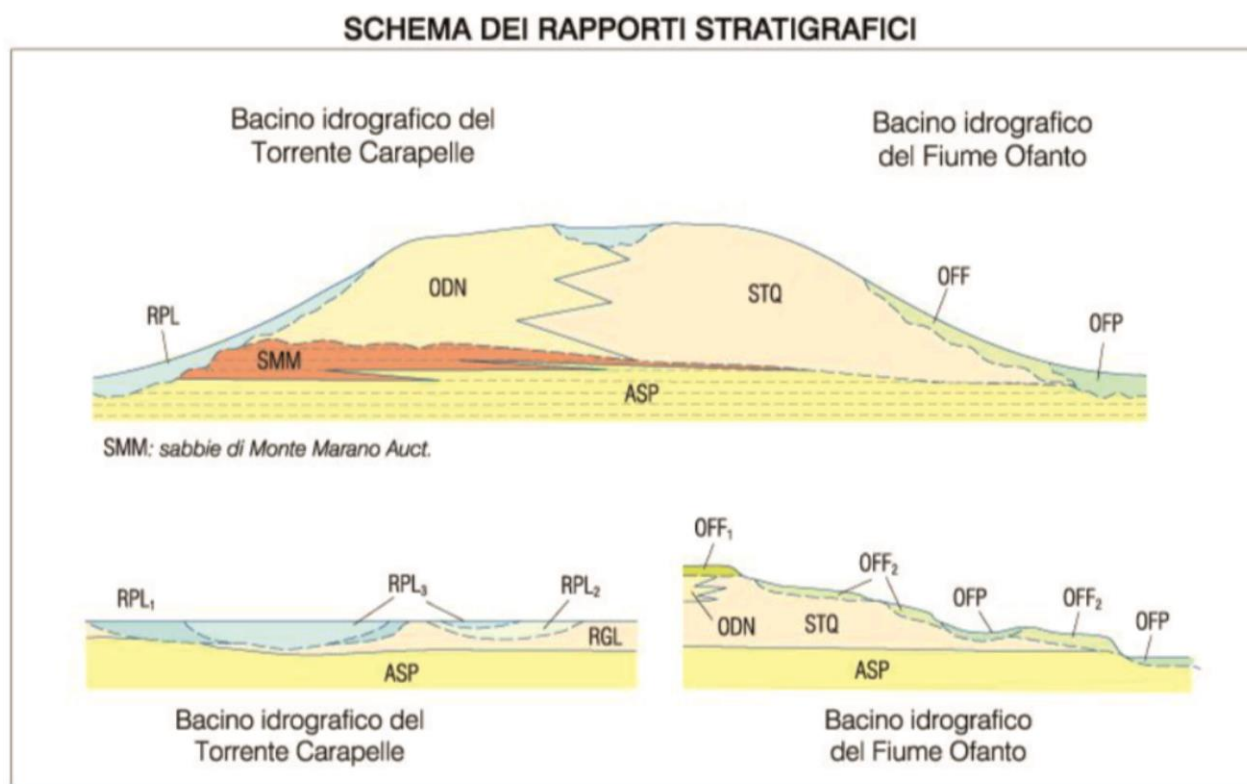


Figura 20 - Schema stratigrafico dell'Unità Tettonica della Daunia e della Fossa Bradanica. Carta Geologica in scala 1:50.000 - F.422 "Cerignola".

#### 3.3.1.a UNITA' DELLA FOSSA BRADANICA

Queste unità litostratigrafiche affiorano a partire dal fronte esterno dei *thrust* appenninici. I profili simili e i sondaggi per ricerca di idrocarburi mostrano una potente successione terrigena di Avanfossa, sormontata tettonicamente dai lembi dell'Unità Tettonica della Daunia; questi ultimi sono a loro volta coperti da una successione terrigena di avanfossa di età più recente (Pliocene superiore – Pleistocene inferiore), che viene comunemente indicata come ciclo della Fossa bradanica.

## SINTEMA DI CERIGNOLA (RGL)

Questa unità stratigrafica a limiti inconformi comprende a sua volta due unità litostratigrafiche fra loro eteropiche denominate rispettivamente Conglomerati di Ortona (ODN) e Sabbie di Torre Quarto (STQ).

Il limite inferiore del sintema non affiora; esso è rappresentato da una superficie erosiva che segna il passaggio tra queste unità. Il limite stratigrafico superiore del sintema di Cerignola corrisponde ad una superficie inconforme di tipo erosivo di importanza regionale, che lo pone a contatto con i depositi dei Torrenti Carapelle e Cervaro.

## CONGLOMERATI DI ORDONA (ODN)

Conglomerati massivi, composti in prevalenza da clasti eterometrici e poligenici di media grandezza provenienti dalle successioni sedimentarie affioranti nei rilievi appenninici, immersi in una matrice sabbiosa ma anche clasto sostenuti, dotati di un buon grado di cementazione.

## SABBIE DI TORRE QUARTO (STQ)

Sabbie di colore giallastro, in genere poco cementate, in strati di spessore variabile da pochi centimetri fino a 50 centimetri, con intercalazioni arenitiche, marnose e argilloso-siltose. Gli spessori sono compresi tra 25 e 30 metri; il valore massimo, di 55 metri, è raggiunto nella parte settentrionale del Foglio 422 Cerignola.

## ARGILLE SUBAPPENNINE (ASP)

Le argille subappennine costituiscono una potente successione prevalentemente argilloso-siltosa che si è deposta nell'avanfossa appenninica tra il Pliocene medio e il Pleistocene inferiore, con uno spessore (dedotto da dati di perforazione) che raggiunge i 1700 mt con alternanze di sequenze argillose e argilloso-sabbiose. Si tratta di depositi accumulatisi nella parte superiore della scarpata e nella piattaforma esterna, con una generalizzata tendenza regressiva. La parte bassa (di età mediopliocenica) è costituita da marne argillose a stratificazione non ben distinta e assetto monoclinatico con immersione verso est; la parte media (Gelasiano) è costituita da banchi e strati di silt argillosi e marne siltose, a stratificazione poco evidente, con intercalazioni argilloso-siltose e lenti di sabbie a grana medio-fine; nella parte alta si osservano strati e banchi a stratificazione indistinta, ad assetto monoclinatico con immersione verso est.

### 3.3.1.b UNITA' QUATERNARIE DEL TAVOLIERE DI PUGLIA

#### SUBSISTEMA DELL'INCORONATA (RPL1)

E' rappresentato dai depositi alluvionali recenti e subattuali accumulati lungo gli alvei dei due principali corsi d'acqua della zona, il T. Celone e il T. Carapelle) e dei loro maggiori affluenti. Si estendono per aree pianeggianti e abbastanza vaste, che a luoghi mostrano un reticolo più o meno fitto di antichi canali naturali abbandonati.

#### SUBSISTEMA DELLE MARANE LA PIDOCCHIOSA – CASTELLO (RPL3)

I depositi che sono stati distinti appartengono a due modesti corsi d'acqua, attualmente fossili, si tratta di depositi alluvionali prevalentemente ghiaiosi, incassati in alvei incisi nei conglomerati.

#### DEPOSITI ALLUVIONALI

I depositi alluvionali del subsistema dell'Incoronata risultano quasi ubiquitariamente reincisi lungo l'attuale corso dei principali torrenti, a testimonianza del persistere anche in epoche recenti del sollevamento regionale della zona. Le incisioni fluviali tagliano i depositi alluvionali anche per uno spessore fino a una decina di metri, raggiungendo a luoghi il locale tetto delle sottostanti argille subappennine.

### 3.4 Aggiornamento stratigrafico da dati di sondaggio

#### 3.4.1 Unità del substrato geologico

##### Argille Subappennine (ASP)

Argille di colore grigio plastiche al tatto e, nella parte alta dell'unità, sabbia a grana fine in matrice argilloso-limosa di colore grigio. Argille siltose ed argille marnose grigio-azzurre e marroncino, a stratificazione non sempre ben evidente, talora con livelli sabbiosi e sabbioso argillosi nella parte superiore dell'unità.

PLEISTOCENE INF.-medio

#### 3.4.2 Terreni di copertura

##### CONGLOMERATI DI ORDONA (ODN)

Conglomerati con ciottoli eterometrici (da qualche mm fino ad alcuni cm) e poligenici, a luoghi ben cementato ed in altri poco cementato in matrice limoso-sabbiosa. Colore marroncino avana. Tessitura clastosostenuta. Presenta un livello di 1 m di "terra rossa" e/o "paleosuolo" con all'interno minerali ferroalluminosi.

Spessore massimo osservato 34 m.

[Spessori rinvenuti in fori di sondaggio 071010P40 pari a 34 m, pari a 35, 8 in 071010P54.]

Ambiente deposizionale di piana alluvionale (pi).

PLEISTOCENE MEDIO

##### SABBIE DI TORRE QUARTO (STQ)

Sabbia con granulometria da media verso l'alto, a fine verso il basso, di colore marrone, con elementi ferromagnesiaci. Sabbia limosa e giallastra con, a luoghi, fenomeni di alterazione bruno rossastri e minerali ferromagnesiaci. Intercalato livello di 3 m di argilla, argilla limosa di colore giallo-verdastro.

Spessore massimo complessivo osservato 16 m.

[Spessore rinvenuto in foro di sondaggio 071010P40 pari a 16 m ]

Ambiente deposizionale di spiaggia, laguna (sp).

PLEISTOCENE MEDIO

#### SUBSISTEMA DELL'INCORONATA (RPL1)

Sabbia limoso-argillosa di colore marrone. Silt argillosi, silt, sabbie siltose e lenti di ghiaie poligeniche; a luoghi livelli di limi nerastri con coperture decimetriche di sabbie con gradazione diretta, laminate e con al tetto sottili livelli argillosi.

Spessore massimo osservato 3,5 m.

[Spessore di 3,2 m ; rinvenuto in foro di sondaggio 071010P57 ].

PLEISTOCENE SUP. – OLOCENE

#### SUBSISTEMA DELLE MARANE LA PIDOCHIOSA – CASTELLO (RPL3)

Limo argilloso sabbioso di colore marrone.

Spessore tra 3 e 6 m.. Ambiente genetico-deposizionale fluviale terrazzato (tf).

[rinvenuto in sondaggi esterni alla perimetrazione e nel sondaggio 071010P40 ]

OLOCENE

#### DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI (b)

Sabbie limose con ciottoli, ghiaie con matrice limoso-argillosa scura.

Ambiente genetico deposizionale canale, alveo (es). Spessore non valutabile.

OLOCENE

### 3.4. Elementi tettonici

Faglie attive e capaci (FAC) e potenzialmente attive e capaci (FPAC).

Dalla consultazione del catalogo ITHACA – Catalogo delle Faglie Capaci ISPRA (<https://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/cartella-progetti-in-corso/suolo-e-territorio-1/ithaca-catalogo-delle-faglie-capaci/>) si rileva che, tutta l'estensione dell'area del comune di Carapelle, con andamento NNO-SSE, è attraversata da una faglia diretta il cui codice è 44102 – Orta Nova. (Figura 21) Di cui si riportano di seguito le caratteristiche come definite dal catalogo ITHACA.

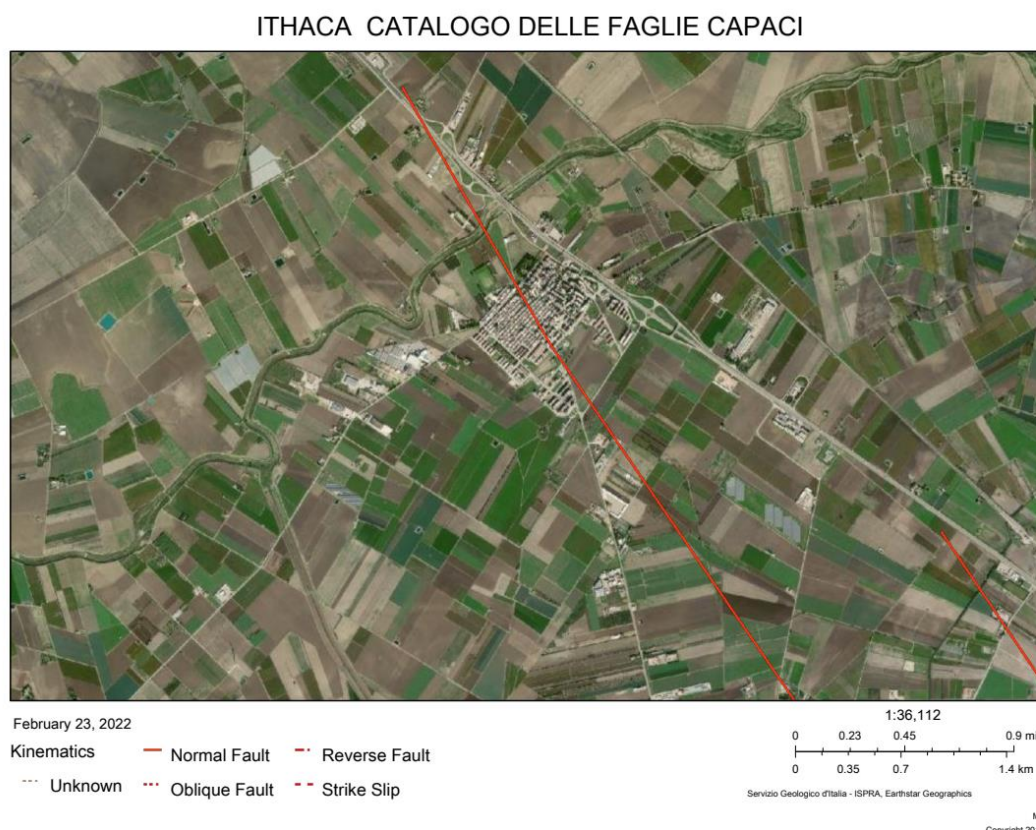


Figura 21 – Estratto dal catalogo ITHACA – Catalogo delle Faglie Capaci ISPRA (<https://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/cartella-progetti-in-corso/suolo-e-territorio-1/ithaca-catalogo-delle-faglie-capaci/>) da cui si evince l'andamento della Faglia 44102 – Orta ova.

## Scheda descrittiva della faglia tratta dal Catalogo ITHACA -ISPRA

### GENERAL IDENTIFICATION

Fault Code	44102
Fault Name	Orta Nova
Region Name	Puglia
Tectonic Environment	ND
System Name	Foggia - Cerignola (Nord)
Synopsis	
Rank	Primary

### GEOMETRY AND KINEMATICS

Segmentation	Single Segment
Average Strike (°)	130
Dip (°)	Undefined
Dip Direction	SW
Fault Length (km)	8.4
Mapping Scale	1:250000
Fault Depth (m)	
Kinematics	Normal

### ACTIVITY

Surface Evidence	ND
Last Activity	Historical (<3,000)
Applied Technique	Historical seismicity
Evidence for Capability	Displacement of latest Pleistocene-Holocene deposits and/or land forms

### SLIP PARAMETERS

Recurrence Interval (yr)	
Slip Rate (mm/yr)	
Max Credible Rupture Length (km)	
Max Credible Slip (m)	
Time Since Last Event (yr)	
Max Known Magnitude (Mw)	
Max Known Intensity (MCS)	
Known Seismic Events	

### FINAL REMARKS

Capability Consensus	Medium reliability
Study Quality	FAIR
Notes	
Fault Trace Reference	
Last Update	

### REFERENCES

Authors	Title	Reference	Year
Patacca E., Scandone P.	Identificazione e valutazione di strutture sismogenetiche	Rapporto interno - Convenzione di Ricerca tra ENEA e Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Pisa	2001

L'esistenza di tale faglia è nota soltanto da letteratura essendo stata identificata all'interno del "Rapporto interno - Convenzione di Ricerca tra ENEA e Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Pisa - Identificazione e valutazione di strutture sismogenetiche - Patacca E., Scandone P. 2001". Non si ha evidenza sul terreno dell'esistenza della stessa e, mancando al suddetto studio gli allegati che ne hanno permesso la definizione, non potendo quindi verificarne la certa ubicazione, si ascrive tale faglia all'interno delle FPAC (Faglie Potenzialmente Attive e Capaci) demandando la verifica sul suo stato di attività, con conseguente risentimento in superficie, ai livelli successivi di studio.

Come da Linee Guida per la Gestione del territorio in aree interessate da faglie attive e capaci (FAC), Versione I, le FPAC verranno riportate nella Carta Geologico Tecnica per la Microzonazione Sismica (CGT\_MS).

Per queste faglie, identificate con l'ausilio di dati di letteratura, non è prevista alcuna zonazione nella carta MS1.

Nel livello 3 tali faglie verranno investigate con indagini appropriate al fine di identificarne l'eventuale attività negli ultimi 40.000 anni, oltre che definirne con certezza la geometria.

### 3.5 Inquadramento idrogeologico

La struttura idrogeologica del Tavoliere di Puglia

In relazione alla situazione stratigrafica e strutturale del Tavoliere di Puglia, si riconoscono tre unità acquifere principali situate a diverse profondità, di seguito elencate dal basso verso l'alto (MAGGIORE *et alii*, 1996) :

- *acquifero fessurato - carsico profondo*, situato in corrispondenza del substrato carbonatico pre-pliocenico;
- *acquifero poroso profondo*, situato in corrispondenza delle lenti sabbiose intercalate alle argille plio - pleistoceniche;
- *acquifero poroso superficiale*, la cui falda è ospitata nei livelli sabbioso - ghiaiosi dei depositi marini e alluvionali del Pleistocene sup. - Olocene.

Le principali differenze tra queste tre unità acquifere risiedono nei caratteri della circolazione idrica sotterranea e nelle caratteristiche chimiche delle acque, legate ad un diverso grado di mescolamento di tre componenti fondamentali: acque di origine meteorica, acque salate di intrusione marina e acque connate (MAGGIORE *et alii*, 1996).

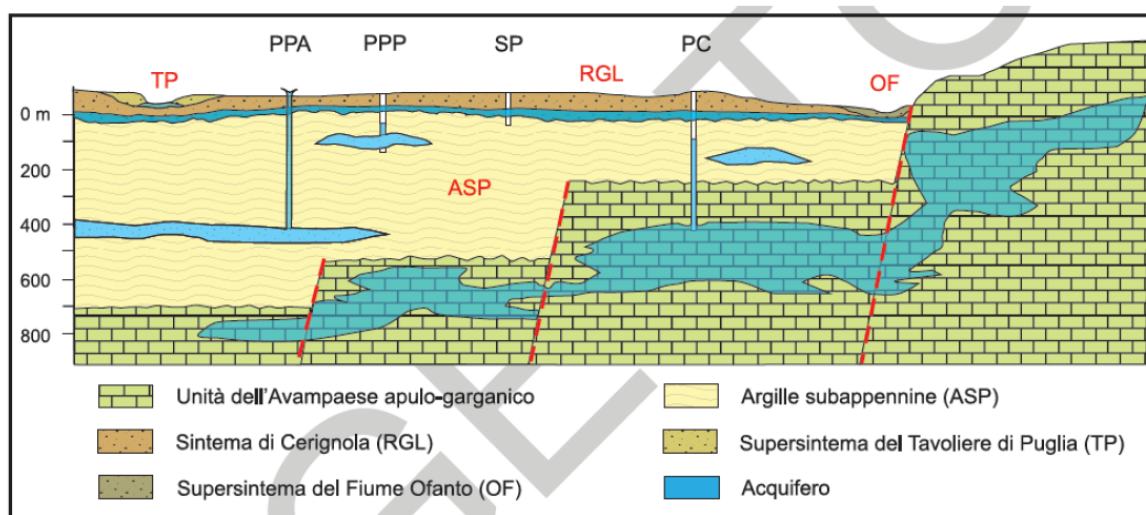


Figura 22 - Schema idrogeologico generale del Tavoliere delle Puglie tratto dalla Carta geologica d'Italia 1:50000 F 422 Cerignola Progetto Carg.

L'acquifero fessurato carsico profondo risiede nello stesso complesso calcareo-dolomitico mesozoico dell'avampaese, ribassato sotto il Tavoliere di Puglia e in comunicazione idraulica con la vasta falda garganica. L'acquifero risulta confinato dalla sovrastante successione argillosa e da strati calcarei poco fratturati. Uno strato di argille e limi argillosi affiorante su vaste aree del Tavoliere di Puglia ricopre generalmente le ghiaie e le sabbie acquifere, con uno spessore molto variabile che in alcuni punti raggiunge i 40 m, riducendosi verso monte fino ad interrompersi (TADOLINI *et alii*, 1989). Tale strato assume il ruolo idrogeologico di acquitardo in quanto, avendo una permeabilità piuttosto bassa, riduce il volume di acque meteoriche destinate alla ricarica della falda sottostante.

Pertanto, la maggior aliquota di ricarica diretta della falda si esplica nelle zone poste più a monte, dove l'affioramento di termini permeabili favorisce l'assorbimento di buona parte delle acque meteoriche, destinandole alla circolazione idrica sotterranea. Nel settore medio e basso del Tavoliere di Puglia, invece, i depositi permeabili affiorano solo localmente, essendo prevalentemente ricoperte dallo spessore acquitardo.

Tale configurazione conferisce alla falda i caratteri di circolazione libera nella fascia pedemontana ed in pressione nella parte mediana e bassa, con locali condizioni di artesianità. La direzione prevalente del flusso idrico sotterraneo va dalle zone pede-collinari, designate come le aree di maggiore ricarica diretta, verso le zone costiere.

Considerati i caratteri litologici piuttosto eterogenei degli spessori acquiferi, è comprensibile attendersi valori di permeabilità molto variabili, che in prossimità del bacino del Cervaro variano tra  $10^{-4}$  e  $10^{-5}$  m/s.

**Durante il secolo scorso la superficie piezometrica della falda superficiale del Tavoliere di Puglia ha subito un notevole abbassamento per effetto di una generale diminuzione della ricarica naturale e di un incremento dei prelievi di acqua dal sottosuolo.**

**Il susseguirsi di periodi particolarmente siccitosi negli ultimi decenni (MAGGIORE & PAGLIARULO, 2003) ha comportato una progressiva diminuzione della ricarica naturale della falda, alla quale si è aggiunto un notevole aumento dei prelievi per uso irriguo per sopperire alla**

**siccità. Lo sfruttamento della risorsa idrica in misura maggiore rispetto ai suoi caratteri di rinnovabilità ha comportato una considerevole diminuzione della stessa.**

Dati piezometrici recenti (SOLLITTO, 2010) acquisiti in prossimità del Torrente Cervaro mostrano valori variabili da circa 100 m s.l.m., alle pendici dei rilievi sub-appenninici, e circa 20 m a valle di Foggia. La superficie piezometrica si posiziona in molte zone al di sotto dello strato confinante, denotando condizioni di circolazione idrica con pressione molto bassa o nulla. Lo stato della falda nel 1930 (DI LONARDO, 1953) mostra valori del carico idraulico senza dubbio maggiori rispetto alla situazione attuale, variabili da 145 m a 45 m s.l.m. In particolare, si nota come nelle zone topograficamente più depresse la superficie piezometrica interseca quella topografica, indicando la presenza di condizioni di circolazione artesiane delle acque di falda. Tale situazione favoriva senz'altro l'esistenza di ampie zone umide, con estensione ben superiore rispetto a quanto oggi esiste limitatamente alle zone costiere.

Dal punto di vista **idrogeologico** altro elemento caratterizzante l'area tra Foggia e Cerignola è l'idrografia superficiale. L'area in esame infatti è interessata marginalmente da due corsi d'acqua che si originano nell'Appennino e sfociano nel mare Adriatico: il fiume Ofanto più a Sud ed il Torrente Carapelle a Nord. La rete idrografica è completata da una serie di corsi d'acqua minori, localmente denominati "marane", che si originano lungo il bordo occidentale del Tavoliere meridionale subito ad sud-est di Ascoli Satriano intorno a quota 500 m s.l.m. e solcano la superficie di accumulo di Cerignola.

Si tratta di incisioni povere d'acqua con deflusso ormai effimero: infatti, i solchi erosivi sono percorsi soltanto da acque di precipitazione meteorica e per periodi di norma giornalieri con portate molto variabili, in stretta correlazione con l'intensità e la durata stessa delle precipitazioni alimentatrici. In molte zone il deflusso è reso precario dalle deboli pendenze e ciò provoca dei ristagni d'acqua che si traducono nella formazione di aree paludose (località Pozzo Terraneo, Posta Incorvera) in cui il permanere dell'acqua è facilitato dall'accumulo di materiale residuale limoso a scarsa permeabilità.

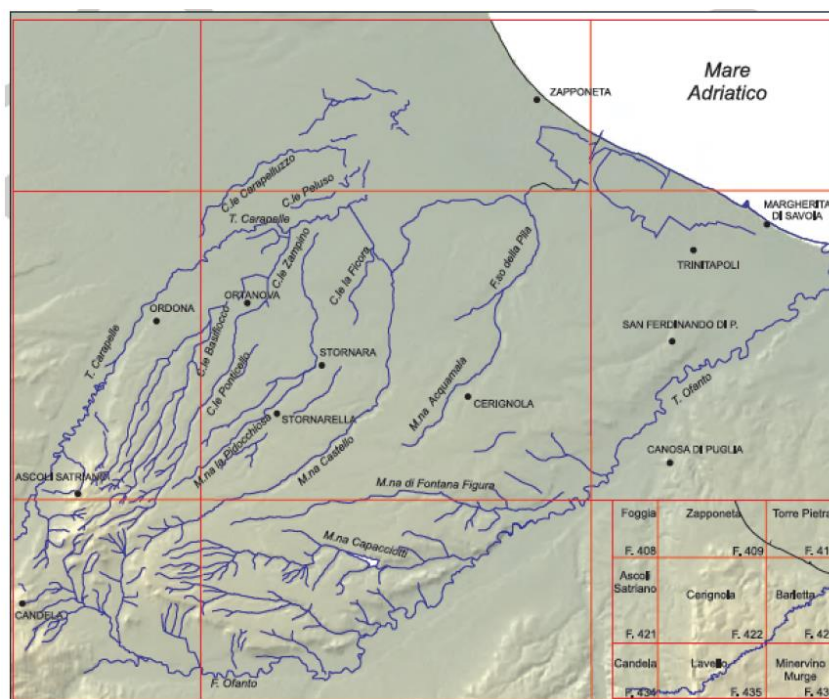


Figura 14 - reticolo idrografico dell'area compresa tra Foggia e Cerignola tratto dalla Carta geologica d'Italia 1:50000 F 422 Cerignola Progetto Carg.

La superficie di accumulo di Cerignola doveva essere solcata da un reticolo idrografico di tipo dendritico dove il corso d'acqua principale era rappresentato dal Fosso della Pila (Figura 21), con un andamento da NO a SE, la cui foce doveva essere direttamente nella laguna di Salpi (saline di Margherita di Savoia). In esso confluivano la Marana di Acquamala, la Marana del Castello e la Marana Pidocchiosa. **I caratteri idrografici del territorio del comune di Carapelle sono legati essenzialmente alla presenza di un importante elemento fisico superficiale: il Torrente Carapelle. Si tratta di un corso d'acqua presente nella parte nord-occidentale dell'abitato, il cui deflusso a regime torrentizio è influenzato in prevalenza dall'entità delle precipitazioni. Tale tipo di regime, inoltre, nei periodi di piena, potrebbe provocare fenomeni di alluvionamento nelle aree prospicienti l'abitato, infatti tale zona è stata classificata nel Piano di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino della Regione Puglia, come area a rischio idrogeologico molto elevato.**

Per quanto concerne la circolazione idrica sotterranea si rileva la presenza di una falda idrica superficiale ospitata nelle unità sabbiosa e sabbioso-ghiaiosa pleistoceniche, sostenuta alla base dall'unità

impermeabile argillosa e che defluisce con modesti gradienti idraulici verso NE. La direzione di deflusso delle acque della falda anche condizionata dall'inclinazione verso E del tetto dell'unità argillosa.

Essa è alimentata quasi esclusivamente dalle acque di precipitazione meteorica e, nelle fasi di piena stagionale, anche dalle acque del Torrente Carapelle. Trattandosi di una falda alimentata dai variabili quantitativi delle acque meteoriche, il suo livello idrico oscilla notevolmente nel corso dell'anno, raggiungendo i livelli più elevati nel corso del periodo invernale e primaverile, e i valori più bassi, prossimi al prosciugamento, nella stagione estiva. Al prosciugamento della falda concorre, oltre ai limitati apporti meteorici, il prelievo di acqua ad uso irriguo. **Le forti oscillazioni del livello della falda determina il verificarsi di fenomeni di subsidenza localizzata.**

Dal punto di vista idrogeologico le zone oggetto di intervento di mitigazione sono attualmente cartografate con una pericolosità idraulica da alta a media secondo quanto pubblicato dall'Autorità di Bacino Puglia (aggiornamento al febbraio 2017). Pertanto ampie porzioni di territorio del Comune di Carapelle, a valle del torrente omonimo presentano rischio idraulico da R3 ad R4.



Figura 15 – Pericolosità idraulica individuata nell'area oggetto di studio (PAI Regione Puglia).

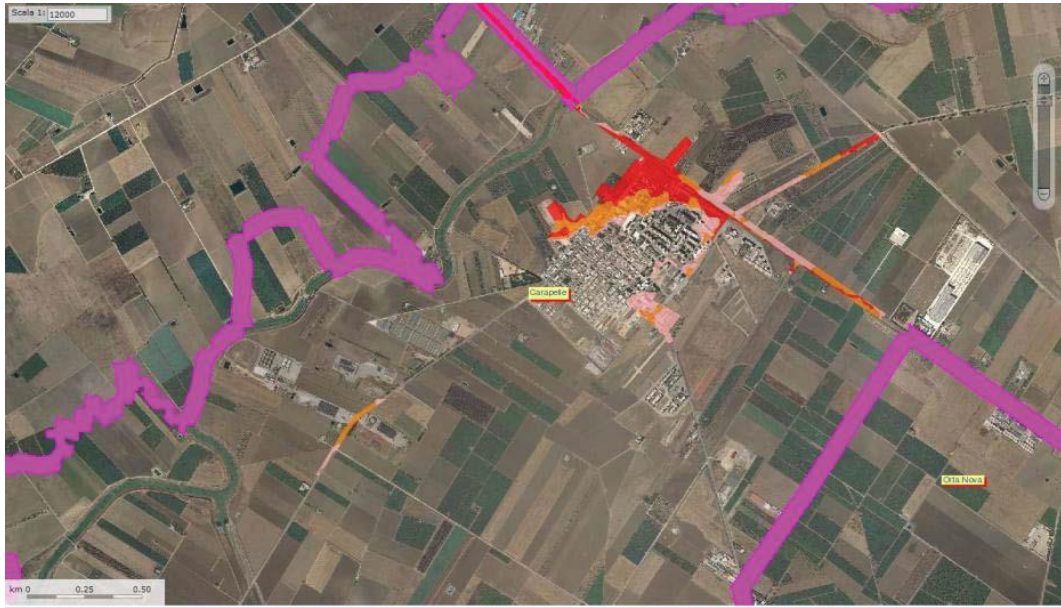


Figura 16 Rischio idraulico individuata nell'area oggetto di studio (PAI Regione Puglia).

#### AREE INTERESSATE DA CEDIMENTI DIFFERENZIALI

Esiste, nel centro abitato di Carapelle, un'area soggetta a cedimenti differenziali che coinvolge strutture di interesse pubblico quali: la Chiesa Maria Santissima del Rosario, la scuola materna, la scuola elementare statale (demolita per inagibilità) e l'edificio della congregazione delle suore Piccole Operaie del Sacro Cuore. Gli edifici menzionati e l'intero abitato di Carapelle sorgono interamente in una zona pianeggiante. Gli edifici hanno fondazioni superficiali poste a circa 1,80 m. Le lesioni sugli edifici sono comparse a partire dal 1985 circa. Per tale problematica sono stati eseguiti 5 sondaggi geognostici di cui 2 profondi 50 m con rilievo della falda. Da essi si evince la presenza, a circa 3,5 m di terreno limoso argilloso fortemente plastico e compressibile.

Notevole a tal riguardo è l'abbassamento della falda dell'ordine di 40 metri per effetto degli emungimenti continui e prolungati per gran parte dell'anno sui pozzi presenti a ridosso dell'abitato di Carapelle. Il substrato costituito dalle argille azzurre plioceniche nell'area di indagine risulta attestato alla profondità di 48-49 m dal p.c., lo spessore dell'acquifero risulta dell'ordine di 5 metri.

L'abbassamento della superficie piezometrica è sicuramente concausa di tali cedimenti.

### 3.6 Considerazioni finali sull'architettura stratigrafica e sull'assetto morfologico e strutturale

Dal punto di vista morfologico l'area su cui sorge il centro abitato di Carapelle si presenta generalmente sub-pianeggiante, con quote topografiche comprese tra 65 e 55 m s.l.m. che denotano un modesto gradiente di inclinazione della superficie topografica verso la zona nord-orientale. L'elemento di maggiore importanza morfologica è rappresentato dal Torrente Carapelle, posizionato sull'angolo nord-occidentale della carta. Il fondo valle del torrente risulta ribassato di qualche metro rispetto all'adiacente piano campagna e mostra un andamento di tipo meandriforme, con basso indice di sinuosità.

L'analisi di tutto il materiale reperito ai fini del presente studio ha permesso la redazione della carta geologica e delle relative sezioni geologiche. Le sezioni sono state redatte scegliendo direzioni che coinvolgessero i punti di maggior vulnerabilità in termini di microzonazione sismica e usando per la loro costruzione le aree calibrate da sondaggi profondi (071010P53, 071010P54, 071010P40), in un caso corredato da Down Hole e da prove di laboratorio geotecnico.

Si riporta in Figura 18 la legenda delle sezioni geologiche

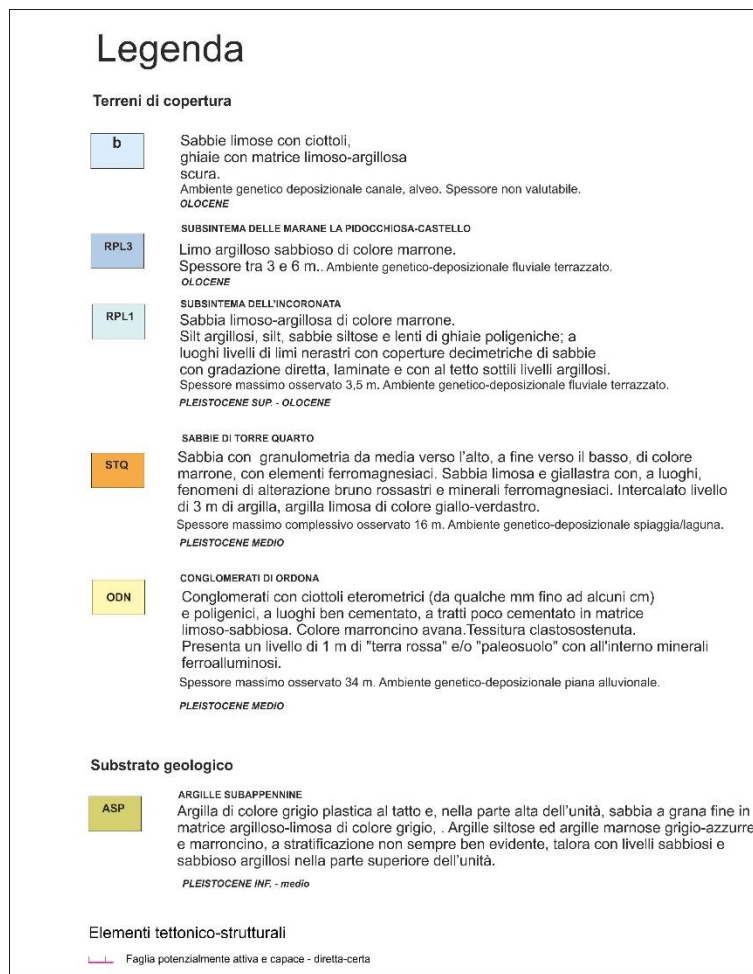


Figura 18 - Legenda sezioni geologiche.

Dall'analisi dei dati pregressi che hanno condotto alla ricostruzione delle sezioni geologiche, considerata la finalità del presente studio, si sono determinate le seguenti caratteristiche che guideranno le successive fasi dello studio:

- la formazione delle argille subappennine è individuata a 48, 50 m nei sondaggi 071010P53 e 071010P54 e a 54 m nel sondaggio 071010P40. Essa è stata identificato come substrato geologico ma quasi certamente non ha velocità ascrivibili al substrato geofisico.
- La formazione dei Conglomerati di Ortona, (individuata nel sondaggio 071010P40 a profondità tra i 4 m e i 38 m; nei sondaggi 071010P53 e 071010P54 tra i 3,5 e i 39 m di profondità) mostra velocità che, a partire dai 12 m di profondità, superano gli 800 m/s. Questo suggerisce un contrasto d'impedenza sia con l'unità sovrastante che con quella

sottostante. Al suo interno presenta dei livelli terrigeni, di spessore variabile tra 1 e 3,4 m, che costituiscono sicuramente delle lenti a minore velocità delle onde sismiche.

L'area oggetto del presente studio di Microzonazione sismica del comune di Carapelle si presenta vulnerabile, in tutta la sua estensione, al rischio sismico in termini di possibili effetti di sito. Nel territorio infatti, si esclude la presenza di aree stabili, come definite dalle Linee Guida per gli Studi di MZS. In particolare, dai risultati delle 20 misure di microtremore a stazione singola effettuate nel Comune di Carapelle, emergono importanti frequenze di sito nel campo compreso tra 0-10 Hz.

Si sospetta contrasto di impedenza sismica al passaggio della Formazione dei Conglomerati di Ortona con i depositi di copertura sovrastanti e con le Formazioni delle Sabbie di Torre Quarto e delle Argille subappennine.

Si rileva inoltre l'esistenza di una zona di attenzione per cedimenti differenziali dovuta probabilmente alla costipazione del terreno in seguito all'abbassamento del livello della falda per via del copioso emungimento della stessa.

In particolare le misure hanno evidenziato due massimi principali H/V: uno in bassa frequenza a circa 0,8 Hz e l'altro nel campo 7,4-9,9 Hz; oltre a questi due picchi le misure ne evidenziano un ulteriore alle alte frequenze ( $> 10$  Hz).

Il massimo a 0,8 Hz con valori di ampiezza 1,4-1,5 indica un contrasto di impedenza profondo probabilmente connesso a dei livelli sabbioso-arenacei intercalati alle Argille subappennine.

I picchi tra 7,4-9,9 Hz con ampiezze tra 4,9 e 7,2 sono riconducibili invece al forte contrasto d'impedenza presente tra le unità del SUPERSINTEMA DEL TAVOLIERE DI PUGLIA e l'Unità DEI Conglomerati di Ortona; dalle velocità delle onde di taglio misurate nella prova *down-hole* nonché dai 2 profili sismici a rifrazione effettuati appositamente dall'AdB Puglia (230-300 m/s per la Formazione RPL3), il contrasto individuato si attesta ad una profondità variabile tra 5-10 m circa dal p.c. Dall'analisi delle misure e dalla loro ubicazione.

I massimi alle alte frequenze ( $> 10$  Hz) registrati sono riconducibili a piccoli spessori ( $< 2-3$  m) di materiale di riporto antropico e/o di terreno vegetale con basso grado di consistenza. In conclusione, dai risultati delle misure di microtremore a stazione singola effettuate nel Comune di Carapelle, emergono importanti frequenze di sito nel campo compreso tra 0-10 Hz; gli ampi valori in ampiezza dei picchi H/V (4,9-7,2) registrati nel campo delle frequenze 7,4-9,9 sono legate al forte contrasto di impedenza esistente tra i depositi di copertura riferibili all'Unità RPL<sub>3</sub> e l'Unità dei Conglomerati di Ordonà sottostante. Da evidenziare a riguardo un approfondimento dell'interfaccia risonante procedendo da sud verso i quadranti settentrionali. Rilevante è l'assenza nei grafici H/V di indizi riguardanti il passaggio tra la Formazione dei Conglomerati di Ordonà e la Formazione delle Argille Subappennine, identificato nei sondaggi a profondità tra 48 e 54 m.

.

## 4. Dati geotecnici e geofisici

### 4.1. Dati pregressi

Le indagini puntuali reperite nello studio precedente, da adeguare agli standard, per l'area oggetto di studio ricadente nel territorio comunale di Carapelle sono le seguenti: n. 4 sondaggi a carotaggio continuo con prelievo di campioni di cui 1 condizionato per prova geofisica down-hole; n. 34 sondaggi penetrometrici dinamici leggeri e n.2 pozzi per acqua. Per quanto concerne le indagini lineari invece, sono stati reperiti n.2 sondaggi sismici a rifrazione in onde P e S.

Un'analisi critica di tali indagini ha portato a escluderne alcune dal presente studio, essendo inaffidabili in quanto si ripetono stessi certificati di prova per siti differenti o per illeggibilità degli stessi. Ad ogni modo, in particolare le prove penetrometriche dinamiche leggere, non superano i 6,5 m di profondità, fornendo informazioni rispetto al tetto della porzione inalterata del Conglomerato di Ortona.

Per la definizione delle unità litotecniche si sono predilette quindi le indagini eseguite per interventi pubblici le cui prove sono dotate di certificati conformi alla normativa, si veda soprattutto le prove di laboratorio effettuate da laboratori certificati.

Tale scelta si avvalora e conforta nell'apporto di dati nuovi e robusti. Sono stati reperiti infatti:

- N. 5 sondaggi geognostici in centro di cui 2 profondi 50 m e 3 profondi 30 m;
- Sondaggio geognostico di 60 m calibrato con prova DH e prove di laboratorio geotecnico certificato;
- N. 3 sondaggi geognostici profondi 15 m di cui uno solo ricadente nell'area perimetrata, con prove di laboratorio certificato.

All'interno delle relazioni geologiche e geotecniche dei progetti acquisiti, sono stati considerati soltanto quelle prove geotecniche di laboratorio i cui certificati di prova fossero regolarmente allegati al progetto, con preferenza verso le prove di laboratorio eseguite in laboratorio certificati, così da poter valutare l'affidabilità dei risultati. In Tabella 2, si riportano sinteticamente le tipologie di prove acquisite per ciascun campione, con sondaggio di appartenenza (secondo la nomenclatura degli Standard di Rappresentazione

e Archiviazione Informatica 4.2) e profondità di riferimento del campione in sito. Come si evince, per la costruzione del modello geologico-tecnico, per gli aspetti legati alle caratteristiche fisiche e meccaniche delle unità litotecniche coinvolte, si è fatto riferimento a 7 campioni di laboratorio, prelevati da 6 sondaggi, ubicati come nell'elaborato "Carta delle Indagini".

Per la definizione delle caratteristiche meccaniche dei litotipi coinvolti, sono stati privilegiati i risultati di prove di laboratorio su campioni all'interno del perimetro oggetto di studio.

Sondaggio – ID CAMPIONE	Prof. (m da p.c.)	GENERALI LIMITI GRANUL.	T. DIRETTO	T. RESIDUALE	ELL	UU	UNITA' GEOLOGICHE DI RIFERIMENTO
071010P56	3,50-4,00	X	X			X	RPL <sub>3</sub>
071010P57	4,00-4,40	X				X	RPL <sub>1</sub>
071010P40	42,00-42,50	X	X	X		X	STQ
071010P40	54,6-55,00	X	X			X	ASP
071010P27	2,00-2,5	X					RPL <sub>3</sub>
071010P28	2,1-2,6	X					RPL <sub>3</sub>
071005P1	2,00-2,5	X					RPL <sub>3</sub>

**Tabella 2. Sintesi delle tipologie di prove geotecniche di laboratorio acquisite presso gli Enti, con indicazione del sondaggio di provenienza e della profondità di riferimento in sito, su campioni prelevati all'interno dell'area di studio.**

Si riportano di seguito i certificati di laboratorio con i parametri più significativi:

Umidità naturale	Wn	%	29.59
Peso unità di volume	$\gamma$	kN/m <sup>3</sup>	18.87
Peso volume secco	$\gamma_d$	kN/m <sup>3</sup>	14.57
Peso specifico grani	Gs	kN/m <sup>3</sup>	25.74
Indice dei vuoti	e		0.767
Porosità	$\eta$	%	43.42
Grado di saturazione	Sr	%	99.26
Peso di volume saturo	$\gamma_{sat}$	kN/m <sup>3</sup>	18.91
Limite Liquido	LL	%	
Limite Plastico	LP	%	
Indice di Plasticità	IP	%	
Indice di Consistenza	Ic		
Limite di Ritiro	LR	%	
Ghiaia		%	5.05
Sabbia		%	38.67
Limo		%	49.79
Argilla		%	6.49
*Angolo di attrito	$\phi^*$	gradi	
**Coesione	C	kPa	
**Angolo di attrito	$\phi^{**}$	gradi	
**Coesione	C	kPa	
Cost. di permeabilità media	Km	cm/s	
Modulo edometrico tra 100 - 200 kPa	E	kPa	3790

\* = Taglio diretto \*\* = Compressione Massale



Il Direttore del Laboratorio  
Dott. A. Iannuzzi

Dr. Geol. Alessandro Iannuzzi  
Iscr. O.R.G. Campania n. 719

Fattori di conversione unità di misura (S.I.)

10 kilonewton ( 10 kN ) = 1 t □ 100 kilo Pascal ( 100 kPa ) = 1 Kg/ cm<sup>2</sup> □ 1 mega Pascal ( 1 MPa ) = 10 Kg/ cm<sup>2</sup>

Figura 17 Campione prelevato nel sondaggio 071010P57 rappresentativo della Formazione RPL<sub>1</sub>. CAMPIONE S2C1 4,00-4,40 Interventi per la mitigazione del rischio idraulico del torrente Carapelle. Commissario per il dissesto.

Umidità naturale	Wn	%	14.38
Peso unità di volume	$\gamma$	kN/m <sup>3</sup>	20.58
Peso volume secco	$\gamma_d$	kN/m <sup>3</sup>	18.02
Peso specifico grani	Gs	kN/m <sup>3</sup>	25.27
Indice dei vuoti	e		0.404
Porosità	$\eta$	%	28.78
Grado di saturazione	Sr	%	89.89
Peso di volume saturo	$\gamma_{sat}$	kN/m <sup>3</sup>	20.87
Limite Liquido	LL	%	
Limite Plastico	LP	%	
Indice di Plasticità	IP	%	
Indice di Consistenza	Ic		
Limite di Ritiro	LR	%	
Ghiaia		%	0.57
Sabbia		%	7.37
Limo		%	76.36
Argilla		%	15.70
*Angolo di attrito	$\phi^*$	gradi	29.03
**Coesione	C	kPa	10.74
**Angolo di attrito	$\phi^{**}$	gradi	
**Coesione	C	kPa	
Cost. di permeabilità media	Km	cm/s	
Modulo edometrico tra 100 - 200 kPa	E	kPa	7180

\* = Taglio diretto \*\* = Compressione Massale



Il Direttore del Laboratorio  
Dott. A. Iannuzzi

Dr. Geol. Alessandro Iannuzzi  
Iscr. O.R.G. Campania n. 719

Fattori di conversione unità di misura (S.I.)

10 kilonewton ( 10 kN ) = 1 t □ 100 kilo Pascal ( 100 kPa ) = 1 Kg/ cm<sup>2</sup> □ 1 mega Pascal ( 1 MPa ) = 10 Kg/ cm<sup>2</sup>

Figura 18 Campione prelevato nel sondaggio 071010P56, rappresentativo della Formazione RPL<sub>3</sub>. CAMPIONE S1C1 3,50-4,00 Interventi per la mitigazione del rischio idraulico del torrente Carapelle. Commissario per il dissesto.

#### APERTURA E DESCRIZIONE LITOLOGICA (A.S.T.M. D 2488)

Contenitore: ☒ Fustella metallica ☐ Fustella PVC ☐ Sacchetto cellophane  
Stato del campione: INDISTURBATO  
Dimensioni del campione: Diametro mm: 85 Lunghezza mm: 380  
Data di apertura: 07.05.19

<b>DESCRIZIONE LITOLOGICA</b>	Limo sabbioso debolmente argilloso di colore marrone con clasti lapidei		
<b>COLORIMETRIA DALLA CARTA DI MUNSELL</b>	10YR 5/3		
<b>ADDENSAMENTO</b>	<input type="checkbox"/> Sciolto	<input type="checkbox"/> Poco addensato	<input type="checkbox"/> Addensato
<b>CONSISTENZA</b>	<input type="checkbox"/> Poco consistente	<input checked="" type="checkbox"/> Consistente	<input type="checkbox"/> Molto consistente
<b>GRADO DI UMIDITA'</b>	<input type="checkbox"/> Assiutto	<input type="checkbox"/> Umido	<input checked="" type="checkbox"/> Molto umido
<b>ALTERAZIONE</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Assente	<input type="checkbox"/> Debole	<input type="checkbox"/> Elevata
<b>FESSURAZIONE</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Assente	<input type="checkbox"/> Moderata	<input type="checkbox"/> Elevata
<b>CEMENTAZIONE</b>	<input type="checkbox"/> Assente	<input type="checkbox"/> Media	<input type="checkbox"/> Elevata
<b>REAZIONE CON HCl</b>	<input type="checkbox"/> Nulla	<input type="checkbox"/> Debole	<input type="checkbox"/> Elevata

Certificato n° 00238 del 29/04/2019	Acceptance note n° 0154 del 29/04/2019	Commessa: 117-19
Committente: R.T.P. ING. CIERVO	Sondaggio: SOND 095-19 (S1)	
Riferimento: SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL TORRENTE CARAPELLE - CARAPELLE (FG)	Data: 29/04/2019	
Coordinate:	Quota:	
Perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO		

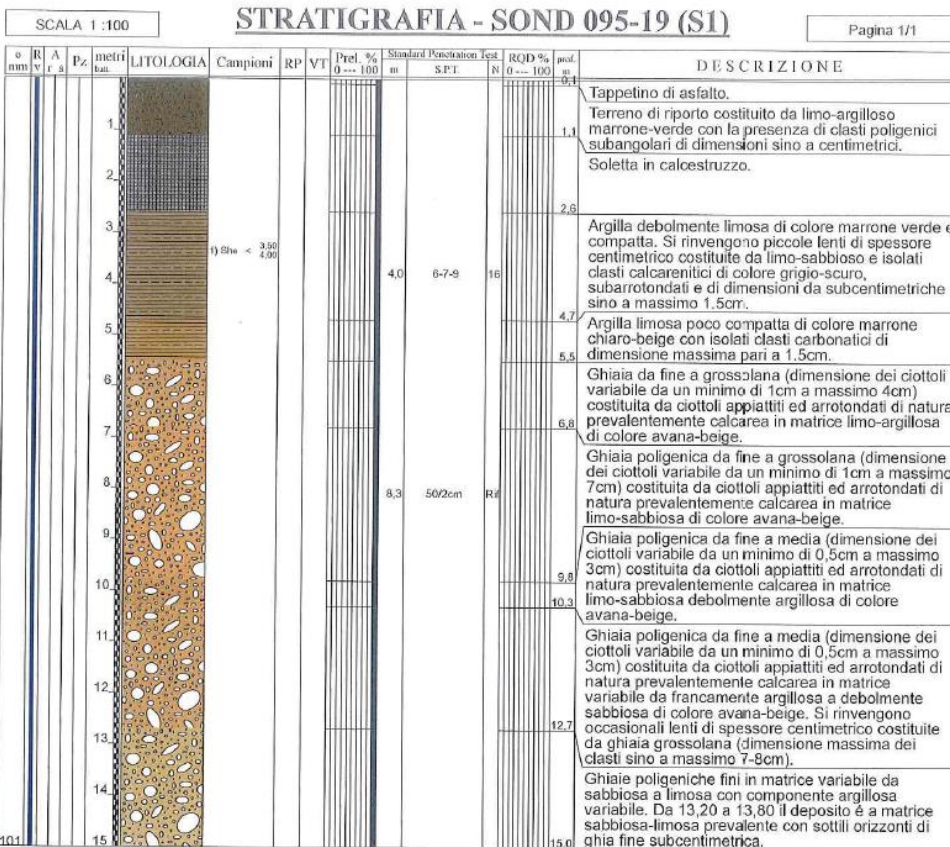


Figura 19 Stratigrafia sondaggio 071010P56 in cui si evince che in corrispondenza della parte non alterata della Formazione ODN la prova S.P.T. è caratterizzato da RIFIUTO.

# QUADRO RIASSUNTIVO E INTERPRETATIVO DELLE ANALISI GEOTECNICHE

LAVORO: Progetto esecutivo di Indagini Geognostiche e Geofisiche finalizzate alla Definizione di parametri utili ai fini della Microzonazione Sismica di I livello e alla caratterizzazione geotecnica dei terreni del centro abitato di Carapelle (Fg)

Sond.	Camp.	Profondità m	W %	$\gamma_v$ KN/m <sup>3</sup>	$\gamma_s$ KN/m <sup>3</sup>	$\gamma_{sat}$ KN/m <sup>3</sup>	$\gamma_s$ KN/m <sup>3</sup>	e	n %	Sr %	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	LL %	LP %	IP %	TG CD c KN/m <sup>2</sup> $\varphi^\circ$	TG CD RESIDUO c KN/m <sup>2</sup> $\varphi^\circ$	TrxCU tot cu KN/m <sup>2</sup> $\varphi^\circ$	TrxCU eff c KN/m <sup>2</sup> $\varphi^\circ$	EDOMETRICA P (kPa) - Cv (cm <sup>2</sup> /sec) - K (cm/sec)	UNI
CARAPELLE (FG)																							
1	1	42.00-42.50	19.80	19.40	16.19	20.31	27.50	0.698	41.11	77.99	0.00	2.61	53.70	43.69	49	31	18	34.20 - 22.3°	11.60 - 17.7°	42.00 - 18.0°	38.00 - 22.0°	P=98.07 - k=1.00E-08 - Cv=7.13E-04 P=196.13 - k=6.09E-09 - Cv=3.63E-04	A-7-5 ML STQ
1	2	54.60-55.00	17.40	20.10	17.12	20.87	27.40	0.600	37.51	79.41	0.00	10.51	66.93	22.56	32	19	13	16.40 - 20.3°	-	26.00 - 18.0°	22.00 - 22.0°	P=98.07 - k=5.71E-08 - Cv=2.86E-03 P=196.13 - k=4.80E-08 - Cv=2.71E-03	A-6 CL ASP

Legenda:

W=Umidità naturale -  $\gamma_v$ =Peso di volume naturale -  $\gamma_s$ =Peso di volume secco -  $\gamma_{sat}$ =Peso specifico - e=Indice dei vuoti - n=Porosità - Sr=Grado di saturazione -  $\gamma_{sat}$ =peso di volume saturo - L.L.=Limite liquido - L.P.=Limite plastico - IP=Indice plastico - c=Coesione -  $\varphi^\circ$ =Angolo di attrito interno - cu=Coesione non drenata

Figura 20 Campioni rappresentativi rispettivamente della Formazione STQ e della porzione sabbiosa di ASP prelevati nel foro di sondaggio 071010P40.

L'analisi delle sezioni sismiche, riportate in allegato, mostra la presenza di tre sismostrati così caratterizzati:

1. Il primo sismostrato (con una profondità variabile da 0 metri fino ad un massimo di circa 2-4 metri dal p.c. ha velocità  $V_p$  comprese tra 490 e 500 m/sec e  $V_{sh}$  di 230 e 240 m/sec;
2. Il secondo sismostrato (con una profondità variabile da 2-4 metri fino ad un massimo di circa 10-11 metri dal p.c. ha velocità  $V_p$  comprese tra 980 e 1100 m/sec e  $V_{sh}$  comprese tra 450 e 460 m/sec;
3. Il substrato rifrattore ha velocità  $V_p$  compresa tra 1760-1820 m/sec e  $V_{sh}$  comprese tra 830 e 850 m/sec

Per ciò che concerne la correlazione delle caratteristiche fisico-dinamiche con quelle geologico-tecniche del sottosuolo esplorato, si può ritenere che:

1. Il primo sismostrato è associabile a terreni di riporto e/o sabbie limoso argillose;
2. Il secondo sismostrato è correlabile a terreni conglomeratici con abbondante matrice sabbiosa limoso-sabbiosa;
3. Il substrato rifrattore è correlabile a conglomerati più cementati.

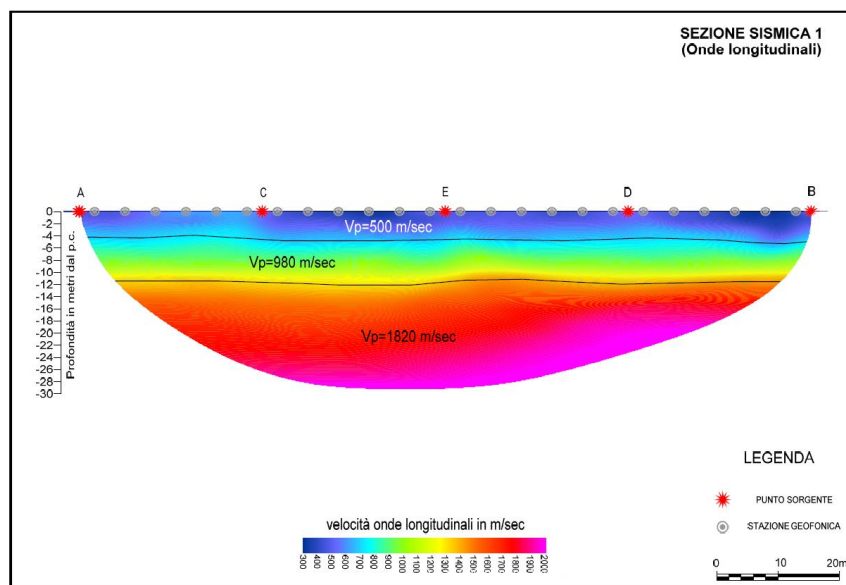


Figura 21 Risultato prospezione sismica a rifrazione in onde P in corrispondenza del sito 071010L1.

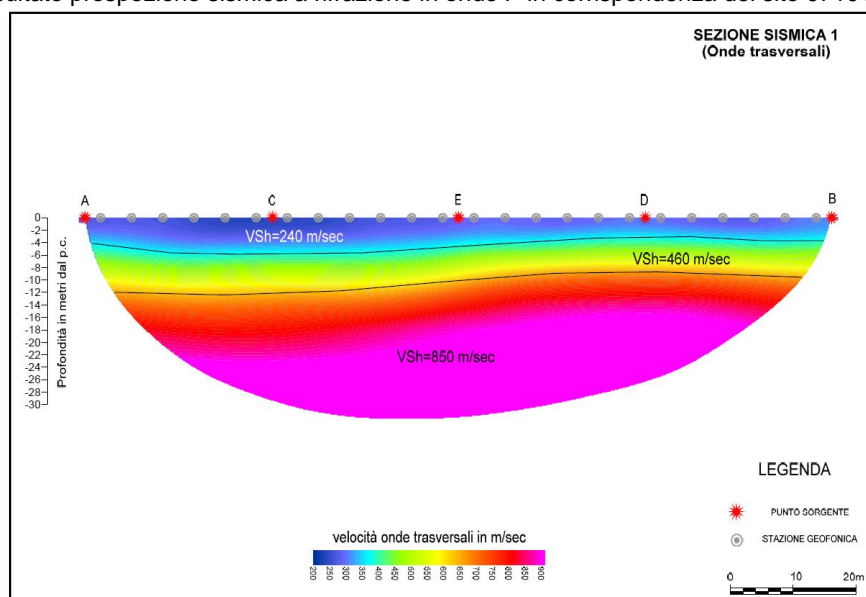


Figura 22 Risultato prospezione sismica a rifrazione in onde SH in corrispondenza del sito 071010L1.

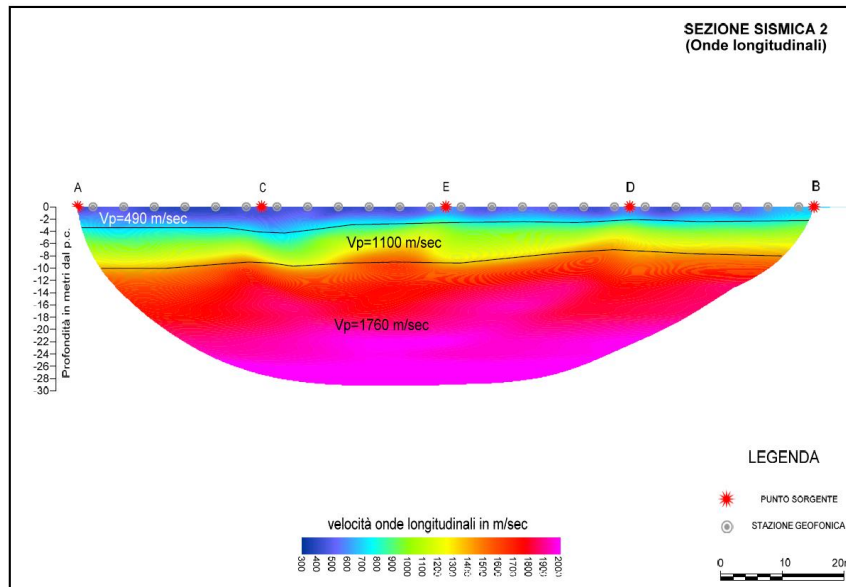


Figura 23 Risultato prospezione sismica a rifrazione in onde P in corrispondenza del sito 071010L2.

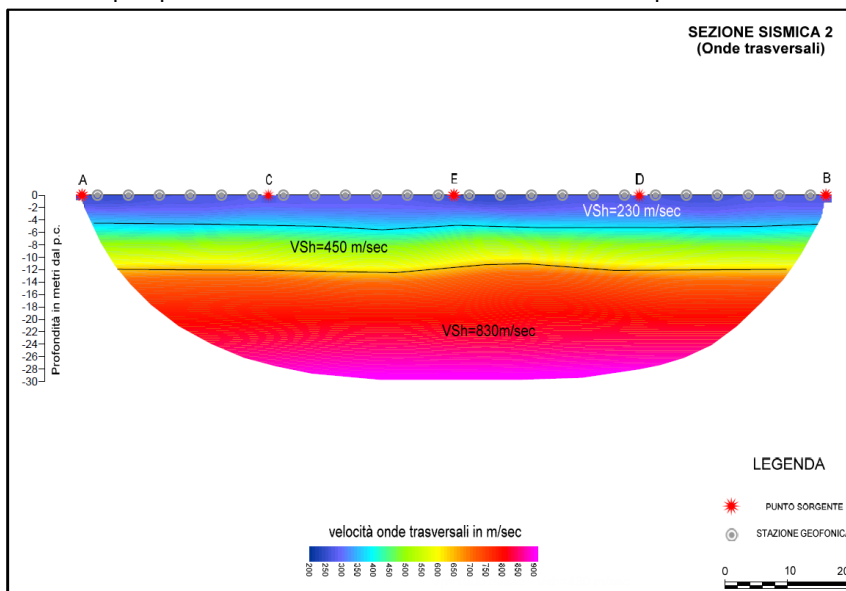


Figura 24 Risultato prospezione sismica a rifrazione in onde SH in corrispondenza del sito 071010L2.

La misura sismica Down-Hole è stata eseguita nel 071010P40.

I risultati ottenuti mettono in evidenza due orizzonti sismici, il primo a circa quattro ed il secondo a undici metri di profondità. Fino a quattro metri di profondità sono presenti velocità longitudinali medie di  $V_p$  600 m/sec e velocità trasversali  $V_{sh}$  di circa 300 m/sec. Al di sotto di questi, e, fino a profondità di 11 metri, sono state riscontrate velocità medie di  $V_p$  1400 m/sec e di  $V_{sh}$  650 m/sec. Oltre tale profondità i valori di velocità si sono stabilizzati a circa  $V_p=1850$  m/sec e  $V_{sh}=800$  m/sec.

Per ciò che concerne l'associazione di velocità delle onde sismiche con i litotipi presenti, si può ritenere che il primo sismostrato fino a quattro metri di profondità è correlabile a terreni di riporto e/o sabbie limoso-argillose, il secondo ed il terzo sismostrato potrebbe associarsi a conglomerati che con l'aumento delle profondità hanno un miglioramento delle caratteristiche fisicodinamiche e, al disotto di undici metri di profondità, risultano essere più cementati.

La prova sismica in foro di tipo *Down Hole* arriva fino ai 30 m quindi non calibra il contrasto di impedenza con le argille subappennine.

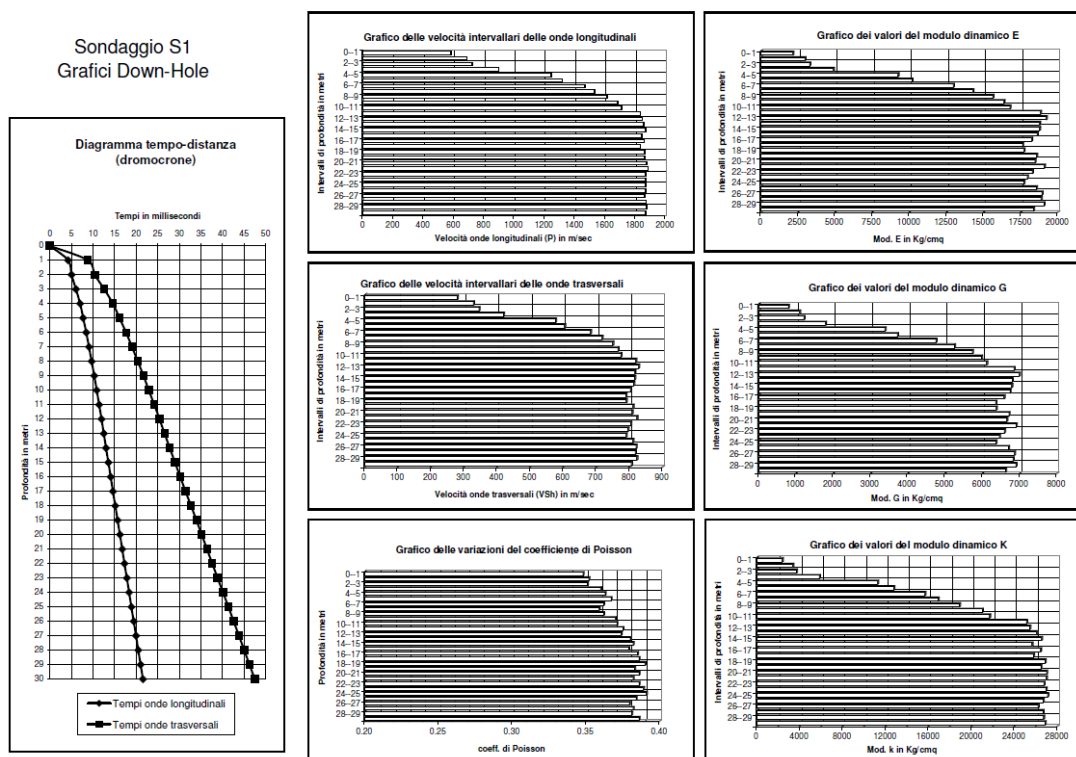


Figura 25 Sintesi risultati prova *Down Hole* nel sito 071010P40.

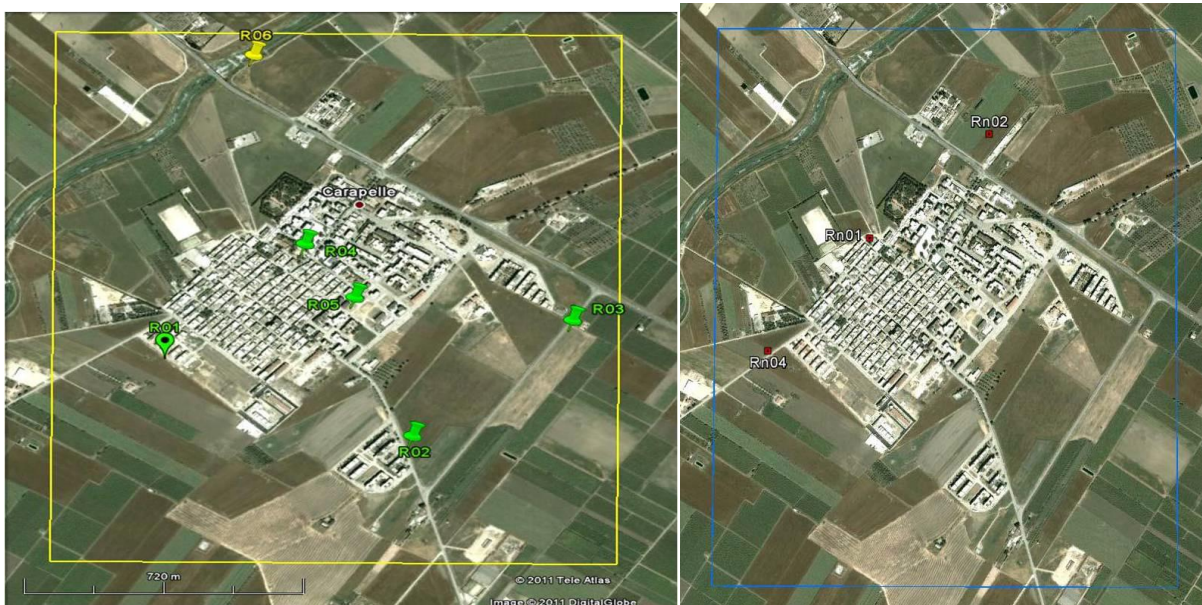
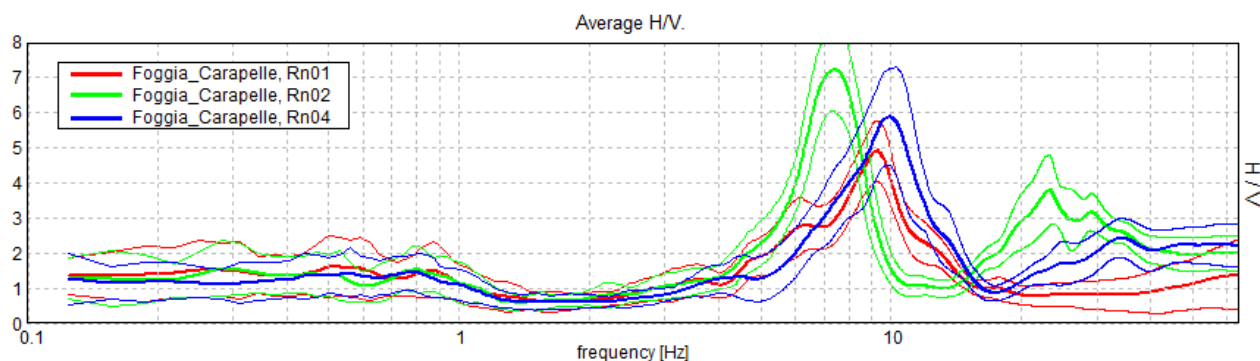


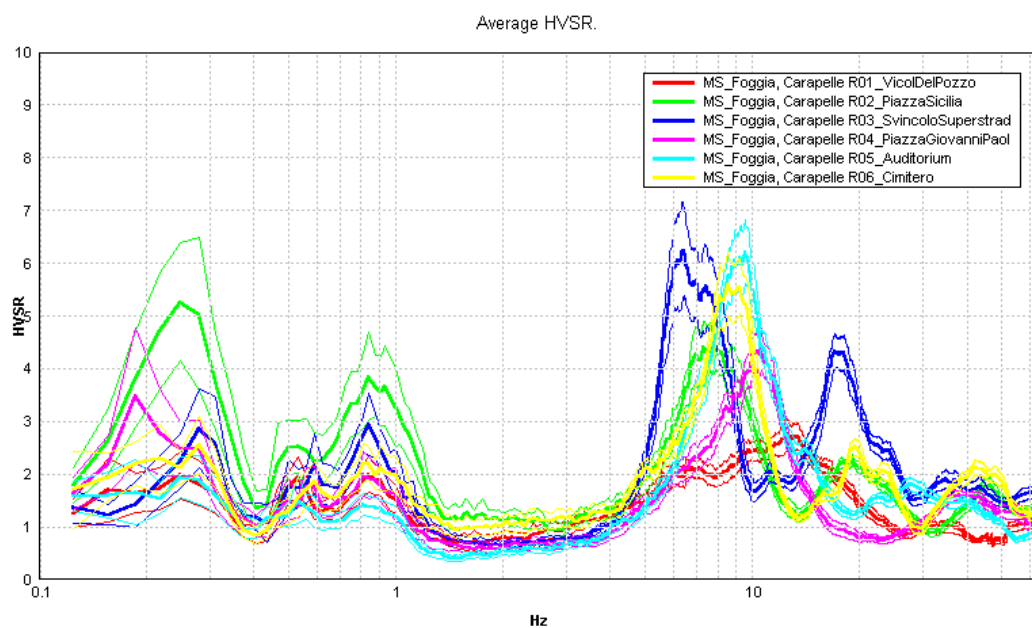
Figura 26 – A sinistra misure di rumore effettuate nel 2010 nell'area di Carapelle. I colori dei segnaposto si riferiscono alla qualità della misura a stazione singola (verde: classe A; giallo: classe B; rosso: classe C) mentre le loro forme si riferiscono alla presenza o meno di un picco significativo nella curva HVSR (puntina: tipo 1, ovvero presenza di almeno un picco significativo; goccia: tipo 2, ovvero assenza di picco significativo). A destra misure di rumore integrative effettuate nel 2012.

Le misure effettuate nel comune di Carapelle presentano delle forti affinità in bassissima frequenza (0-1 Hz) con quelle realizzate negli altri comuni del Tavoliere (soprattutto Stornara, Stornarella, Ortona e Ortanova): tutte e 6 le acquisizioni mostrano infatti un picco a 0,8-0,9 Hz, uno a 0,5-0,6 Hz e uno a 0,2-0,3 Hz. Le tre misure hanno evidenziato due massimi principali H/V: uno in bassa frequenza a circa 0,8 Hz e l'altro nel campo 7,4-9,9 Hz; oltre a questi due picchi la Rn02 e la Rn04 ne evidenziano un ulteriore alle alte frequenze ( $> 10$  Hz).



CAMPAGNA ACQUISIZIONE 2012						
MISURA	MAX HVSR 1 (HZ)	AMPIEZZA MAX HVSR 1	MAX HVSR 2 (HZ)	AMPIEZZA MAX HVSR 2	MAX HVSR 3 (HZ)	AMPIEZZA MAX HVSR 3
Rn01	0.8	1.5	9.3	4.9		
Rn02	0.8	1.5	7.4	7.2	23	3.8
Rn04	0.8	1.4	9.9	5.9	33	2.4

Figura 27 – In alto sovrapposizione delle curve H/V riferite alle misure Rn01, Rn02 e Rn04 effettuate nel Comune di Carapelle, ubicate in figura 26 a destra. In basso tabella che riporta le frequenze e i valori di ampiezza dei massimi che caratterizzano ciascuna misura.



MISURA	MAX HVSR 1 (HZ)	AMPIEZZA MAX HVSR 1	MAX HVSR 2 (HZ)	AMPIEZZA MAX HVSR 2	MAX HVSR 3 (HZ)	AMPIEZZA MAX HVSR 3	MAX HVSR 4 (HZ)	AMPIEZZA MAX HVSR 4
R01	12,6	3	0,8	2	0,6	2	0,3	2
R02	7,9	4,5	0,8	4	0,5	2,5	0,3	5
R03	6,4	6	19	4,5	0,8	3	0,3	3
R04	10,6	4,5	0,8	2	0,6	2	0,2	3,5
R05	9,6	6	0,8	1,5	0,5	1,5	0,3	2
R06	8,6	5,5	0,8	2	0,6	2	0,3	2,5

Figura 28 – In alto sovrapposizione delle curve H/V riferite alle misure R01, R02, R03, R04, R05 e R06 ubicate in figura 26 a sinistra. In basso tabella che riporta le frequenze e i valori di ampiezza dei massimi che caratterizzano ciascuna misura.

## 4.2. Indagini geofisiche di nuova esecuzione

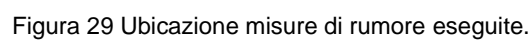
Le misure di rumore sono state distribuite considerando le peculiarità geologiche del sito e quindi le zone di attenzione, le diverse litologie, le strutture oggetto di studio CLE e comunque distribuendole su tutto il territorio per avere conferma dell'esistenza delle potenziali amplificazioni di sito di interesse ingegneristico che sembrano esistere in modo ubiquitario sul territorio. Sono state eseguite complessivamente 20 indagini HVSR. Le misure sono state effettuate, per quanto possibile, lontano da sorgenti artificiali di vibrazioni del suolo (mezzi meccanici in attività, circolazione veicolare su strade adiacenti, passaggio continuo di pedoni, ecc.). Il sito di misura su cui posizionare il sensore impiegato (tromografo) è stato scelto in modo da mantenere una certa distanza anche da oggetti quali alberi, pali e edifici in modo da scongiurarne gli effetti sulle frequenze stimate dovuti alla loro presenza.

Per ogni sito sono state eseguite due registrazioni di rumore, ciascuna di 16 minuti, in due punti di misura distanti circa 10 metri l'uno dall'altro. In tal modo, anche sul campo in via speditiva, in base alla coerenza tra i risultati delle due misure, è stato possibile valutare la rappresentatività delle proprietà di risonanza del sito di misura.

Lo strumento è stato sempre orientato con i due sensori orizzontali disposti verso il Nord e l'Est geografico ed è stata controllata l'orizzontalità della superficie di appoggio mediante centratura della bolla nella livella di cui è dotato lo strumento. Ad ogni fine misura è stata ricontrollata la posizione della bolla in modo da essere sicuri che, nel corso della misura, non fossero intervenuti spostamenti anche minimi nella posizione dello strumento.

E' stata utilizzata molta cura nel garantire un buon accoppiamento sensore-terreno eliminando il tratto erboso del terreno ed eseguendo piccoli scavi per ottenere una superficie di appoggio il più compatta e stabile possibile. Il parziale interrimento dello strumento ha garantito anche la protezione dello stesso da movimenti d'aria (forte vento) e dal contatto con steli d'erba e foglie. Per ogni misura eseguita è stato redatto un modulo di acquisizione dati nel quale sono state riportate tutte le informazioni relative al sito e alle condizioni ambientali di misura (ubicazione, caratteristiche, condizioni meteo, tipologia di terreno, eventuali potenziali fonti di disturbo nelle vicinanze). E' stato utilizzato il Tromino 3G della Micromed-

E' stato registrato l'orario di inizio e fine dell'acquisizione e l'antenna GPS integrata nello strumento ha consentito la misurazione della posizione del punto di misura in coordinate geografiche WGS84 (con relativa qualità). L'analisi dei dati è stata eseguita con il software Grilla. Al fine di valutare la frequenza di risonanza da riportare in carta (Fr), è stato valutato il valore medio della frequenza (e della relativa ampiezza) dato che le analisi hanno fornito risultati simili. In caso di presenza di più frequenze, la Fr riportata su carta è quella di massima ampiezza entro la banda di interesse ingegneristico (0.9-10) o, in mancanza di risonanza nella suddetta banda, la frequenza con la massima ampiezza in assoluto.



## 5. Modello del sottosuolo finalizzato alla MS

### 5.1. Unità geologico-tecniche: definizione e parametrizzazione

Le formazioni geologiche rinvenute all'interno del perimetro di studio e dettagliatamente descritte nei paragrafi del capitolo 3, sono state reinterpretate contestualmente alle prove geotecniche di laboratorio e alle prove geofisiche, allo scopo di costruire un modello geologico-tecnico di sito e hanno permesso la realizzazione della legenda come riportato in Figura 30.



Figura 30 Legenda carta geologico-tecnica.

Dal punto di vista geotecnico, le prove di laboratorio presentate nel paragrafo 4.1 sui campioni prelevati all'interno dell'area di studio, sono stati associati, sulla base della loro posizione, profondità e caratteristiche fisico-meccaniche, alle formazioni geologiche proprie del sito in esame. Tra i dati geotecnici presenti nell'area di studio si è prediletto l'utilizzo delle prove geotecniche di laboratorio

certificato rispetto alle prove penetrometriche dinamiche. Nello specifico, i campioni di laboratorio sono stati assegnati come in Tabella 3:

Sondaggio – ID CAMPIONE	Prof. (m da p.c.)	GENERALI LIMITI GRANUL.	T. DIRETTO	T. RESIDUALE	ELL	UU	UNITA' GEOLOGICHE DI RIFERIMENTO
071010P56	3,50-4,00	X	X			X	RPL <sub>3</sub>
071010P57	4,00-4,40	X				X	RPL <sub>1</sub>
071010P40	42,00-42,50	X	X	X		X	STQ
071010P40	54,6-55.00	X	X			X	ASP
071010P27	2,00-2,5	X					RPL <sub>3</sub>
071010P28	2,1-2,6	X					RPL <sub>3</sub>
071005P1	2,00-2,5	X					RPL <sub>3</sub>

**Tabella 3. Sintesi delle tipologie di prove geotecniche di laboratorio acquisite presso gli Enti, con indicazione del sondaggio di provenienza e della profondità di riferimento in sito, su campioni prelevati all'interno dell'area di studio.**

Si descrivono di seguito le caratteristiche peculiari di ciascuna formazione, allo scopo di interpretarle in chiave geotecnica, ed assegnare a ciascuna unità geologico-tecnica un codice identificativo di copertura o di substrato, secondo gli Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica 4.2.

## Unità litotecniche afferenti ai substrati

**CO – COESIVO SOVRACONSOLIDATO** : convoglia in questa unità litotecnica la formazione geologica delle Argille Subappennine (ASP): essa non compare nella carta geologico tecnica, non essendo di fatto affiorante. Viene caratterizzata all'interno delle sezioni geologico-tecniche e, in accordo con gli standard 4.2, caratterizzata dal codice CO - Coesivo sovraconsolidato. Essa è stata campionata mediante prelievo indisturbato entro foro di sondaggio 071010P40 tra 54,6 m e 55,00. Su di essa sono state eseguite le prove geotecniche generali, di taglio diretto, triassiali e edometriche.

In tabella X la sintesi dei parametri.

Essa è definita come substrato geologico ma, dati noti da località limitrofe quali ad esempio Foggia, portano ad escludere che costituisca substrato geofisico, essendo caratterizzata da velocità inferiori agli 800 m/s.

Dai dati noti a Foggia, si evince una minore profondità di rinvenimento a nord (Foggia) dove tale formazione è stata rinvenuta a circa 28 m di profondità.

Tabella 4 – Sintesi parametri geotecnici unità COS.

Profondità m	Z	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	LL %	LP %	IP %	TG CD c kN/m <sup>2</sup> φ°	TG CD RESIDUO c kN/m <sup>2</sup> φ°	TrxCU tot cu KN/m <sup>2</sup> φ°	TrxCU eff cu KN/m <sup>2</sup> φ°	EDOMETRICA P(kPa) - Cv (cm <sup>2</sup> )/sec - K (cm/sec)
54.60-55.00	20,1	0	10,51	66,93	22,56	32	19	13	16.40-20.3°	-	26.00-18.0°	22.00-22.0°	P=98.07 - k=5.71E-08 - Cv=2.66E-03 P=196.13 - k=4.60E-08 - Cv=2.71E-03

## Legenda:

W= Umidità naturale –  $\gamma_n$  - Peso di volume naturale -  $\gamma_d$  - Peso di volume secco -  $\gamma_s$  - Peso specifico – e –Indice dei vuoti – n- Porosità – Sr- Grado di saturazione -  $\gamma_{sat}$  - peso di volume saturo  
LL – Limite liquido – LP- Limite plastico – IP- Indice di plasticità – c- coesione - φ°- Angolo di attrito interno – cu- Coesione non drenata

**Velocità onde di taglio NON NOTE**

## Unità litotecniche afferenti ai terreni di copertura

**SM sp - Sabbie limose, miscela di sabbie e limo di spiaggia o laguna; appartiene a questa unità litotecnica la Formazione delle Sabbie di Torre Quarto:**

essa non compare nella carta geologico tecnica, non essendo di fatto affiorante. Viene caratterizzata all'interno delle sezioni geologico-tecniche e, in accordo con gli standard 4.2, caratterizzata dal codice SM - Sabbie limose, miscela di sabbie e limo di spiaggia o laguna. Essa è stata campionata mediante prelievo indisturbato entro foro di sondaggio 071010P40 tra 42,0 m e 42,50. Su di essa sono state eseguite le prove geotecniche generali, di taglio diretto, taglio residuale, triassiali e edometriche.

## Velocità onde di taglio NON NOTE

Tabella 5 – Sintesi parametri geotecnici unità SM sp

Profondità m	$\gamma_n$ KN/m <sup>3</sup>	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	LL %	LP %	IP %	TG CD c kN/m <sup>2</sup> $\phi^\circ$	TG CD RESIDUO c kN/m <sup>2</sup> $\phi^\circ$	TrxCU tot cu KN/m <sup>2</sup> $\phi^\circ$	TrxCU eff cu KN/m <sup>2</sup> $\phi^\circ$	EDOMETRICA P(kPa) - Cv (cm <sup>2</sup> )/sec - K (cm/sec)
42,00- 42,50	19,4	0	2,61	53,7	43,69	49	31	18	34.20- 22.3°	11.60- 17.7°	42.00- 18.0°	38.00- 22.0°	P=98.07 - k=1.00E-08 - Cv=7.13E-04 P=196.13 - k=6.09E-09 - Cv=3.63E-04

## Legenda:

W= Umidità naturale –  $\gamma_n$  - Peso di volume naturale -  $\gamma_d$  - Peso di volume secco -  $\gamma_s$  - Peso specifico – e –Indice dei vuoti – n- Porosità – Sr- Grado di saturazione -  $\gamma_{sat}$  - peso di volume saturo

LL – Limite liquido – LP- Limite plastico – IP- Indice di plasticità – c- coesione -  $\phi^\circ$ - Angolo di attrito interno – cu- Coesione non drenata

**LC pi - Litoide di copertura di piana alluvionale: appartiene a questa unità litotecnica la formazione dei Conglomerati di Ordonà.**

Essa si rinviene entro tutti i fori di sondaggio eseguiti ma non è caratterizzata da campioni di laboratorio vista la natura conglomeratica. Caratterizzata da prove S.P.T. o da prove penetrometriche dinamiche essa fornisce RIFIUTO.

Nonostante sia ascritta tra i terreni di copertura, raggiunge, dopo i primi 8 m di profondità, velocità superiori agli 800 m/s.

Presenta la suo interno livelli terrosi limoso-argillosi che raggiungono, dove noti, i 3,4 m che potrebbero generare inversioni di velocità.

**Velocità onde di taglio 450-850 m/s**

**ML tf - - Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità di terrazzo fluviale: appartengono a questa unità litotecnica le formazioni del Supersintema del Tavoliere di Puglia, ovvero RPL<sub>3</sub> (Subsintema delle Marane La Pidocchiosa-Castello) e RPL<sub>1</sub> (Subsintema dell'Incoronata).**

A differenza delle altre unità, questa, è stata più volte oggetto di prove geotecniche di laboratorio, ma, per la sua definizione si è scelto di usare solo dati di alta qualità provenienti da laboratorio certificato, corredati da certificati e foto. Pertanto si è fatto riferimento ai seguenti campioni:

-Campione prelevato nel sondaggio 071010P57 , rappresentativo della Formazione RPL<sub>1</sub>. CAMPIONE S2C1 4,00-4,40 Interventi per la mitigazione del rischio idraulico del torrente Carapelle. Commissario per il dissesto;

- Campione prelevato nel sondaggio 071010P56 , rappresentativo della Formazione RPL<sub>3</sub>. CAMPIONE S1C1 3,50-4,00 Interventi per la mitigazione del rischio idraulico del torrente Carapelle. Commissario per il dissesto.

#### **Velocità onde di taglio 100-300 m/s**

Tabella 6 – Sintesi parametri unità ML tf

Profondità m	$\gamma_n$ KN/m <sup>3</sup>	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	MODULO EDOMETRICO P(kPa) -
42,00- 42,50	18,87	5,05	38,67	49,79	6,49	3790

**SM es -Sabbie limose, miscela di sabbie e limo di canale/alveo: appartiene a questa unità litotecnica la formazione “b” degli alluvioni attuali. Essa non è stata rinvenuta in affioramento né tantomeno campionata.**

**I suoi spessori non sono significativi ai fini della microzonazione sismica.**

## 5.2. Sezioni geologico-tecniche

Le sezioni geologico tecniche sono state redatte in modo tale da attraversare trasversalmente e longitudinalmente il centro abitato. La sezione AB presenta un primo tratto orientato NO-SE, fino al sondaggio 071010P54, e, un secondo tratto orientato NNO-SSE. La sezione CD è orientata SW-NE. Entrambe attraversano il sondaggio profondo 071010P40 (intersezione tra le sezioni) corredato da prova sismica in foro tipo *DownHole* fino ai 30 m di profondità.

Il substrato geologico nell'area di studio è stato identificato con la formazione geologica delle argille subappennine. Da dati noti in area limitrofa (Foggia ed Ascoli Satriano), è noto che le velocità delle onde sismiche in tale formazione non permettono di ascriverlo tra i substrati geofisici, essendo inferiori, nel caso delle velocità delle onde S, agli 800 m/s.

Di particolare rilevanza ai fini della microzonazione sismica vi è il contatto tra l'unità LIpi (litoide di copertura) e le unità sovrastanti e sottostanti. Essendo una formazione conglomeratica, essa raggiunge, dopo i primi metri, velocità  $V_s$  maggiori di 800 m/s, superiori sia rispetto all'unità sovrastante che a quella sottostante. Tali contrasti di impedenza sismica possono generare e generano, amplificazioni sismiche locali. In figura 31 lo schema dei rapporti tra unità litotecniche.

Come riportato nel paragrafo 3.4, nel catalogo ITHACA ISPRA- Catalogo Faglie Attive e Capaci, è riportata una faglia attiva e capace che attraversa il centro abitato. Dal rilevamento sul terreno non è stato possibile, data la morfologia completamente pianeggiante del territorio, individuarne l'esistenza né tantomeno l'ubicazione certa e le caratteristiche di tale faglia. Essa è stata comunque considerata all'interno della carta geologico tecnica e delle relative sezioni come faglia potenzialmente attiva e capace; si demanda ai livelli successivi l'approfondimento relativamente alla stessa.

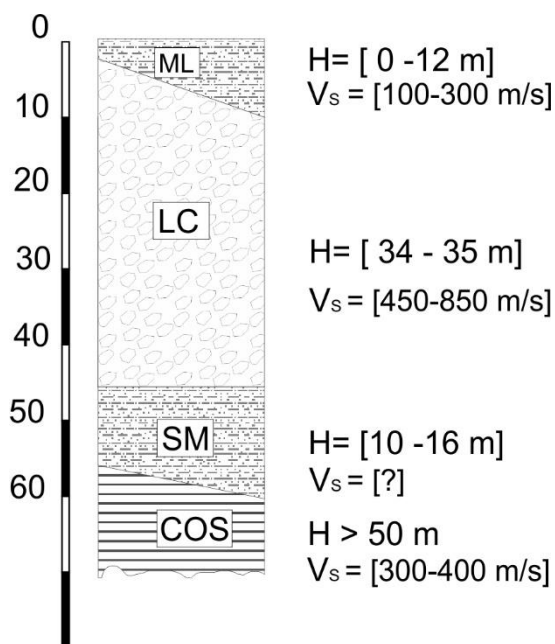


Figura 31 Colonna litotecnica rappresentativa del territorio del comune di Carapelle con indicazione degli spessori rappresentativi delle unità.

Una vasta area del centro abitato, che coinvolge la Chiesa SS. Del Rosario, la scuola materna, l'ex scuola elementare (demolita per inagibilità) e l'edificio della congregazione delle suore Piccole Operaie del S. Cuore, è stata interessata nel tempo da copiosi danni per cedimenti differenziali. In termini geologico tecnici non si è potuta individuare in modo univoco e certo la causa di tali cedimenti differenziali. Come riportato nello studio specifico, tali danni si sono manifestati ed accentuati nel corso del tempo.

Dalle indagini specifiche realizzate in sito si riscontra:

- una maggiore componente limosa rispetto a quella sabbiosa dei primi metri del terreno;
- un livello di spessore consistente, pari a circa 6 m, all'interno della formazione litoide dei Conglomerati di Ortona, identificata nell'unità geologico-tecnica "LI", sito a circa 21 m di profondità;
- un abbassamento del livello della falda, dagli anni '40 ad oggi, di circa 40 m;
- importanti oscillazioni del livello della falda da circa 45 a circa 34 m nel corso degli anni recenti (2004-2012) o comunque durante l'anno, dovuto probabilmente alle variazioni nei quantitativi emunti oltre che alle piovosità.

## 6. Interpretazioni e incertezze

Data la peculiarità delle litologie del sottosuolo e la morfologia pianeggiante, abbondano, nel comune di Carapelle, indagini geotecniche in sito di tipo Penetrometriche Dinamiche; esse non superano i 6 m di profondità.

L'assenza di morfologie complesse nel sottosuolo e la limitata estensione areale, rende, i 3 sondaggi geognostici profondi di cui si è a disposizione, sufficienti per un'adeguata ricostruzione del modello di sottosuolo. Scarseggiano le indagini di laboratorio geotecnico su campione indisturbato.

E' necessaria una maggiore conoscenza delle velocità sismiche del sottosuolo, soprattutto al fine di calibrare i contrasti di impedenza che caratterizzano l'area.

Sarà utile, pertanto, approfondire velocità delle onde sismiche del substrato geologico e della formazione delle Sabbie di Torre Quarto.

Le informazioni relative alla falda mostrano una forte variabilità della stessa. Sarà necessario indagare l'andamento della superficie piezometrica.

Impossibile pervenire ad uno scenario di danno dei terremoti passati vista la breve età del territorio comunale.

Ulteriori approfondimenti necessita la faglia attiva e capace cartografata a grande scala ma che non trova riscontro sul territorio.

## 7. Elaborati cartografici

### 7.1. Carta delle indagini (CI)

In accordo con quanto indicato negli Standard di rappresentazione cartografica e archiviazione informatica – Versione 4.2 (<http://www.protezionecivile.gov.it>) la Carta delle Indagini riporta la posizione cartografica di tutte le indagini acquisite nel precedente lavoro di microzonazione di primo livello, di tutte le indagini acquisite da me medesima, nel corso dell'attività di ricognizione svolta negli uffici delle amministrazioni pubbliche consultate, in questo caso il Comune di Carapelle, la Regione Puglia e il Commissariato per il Dissesto della Regione Puglia.

Anche le indagini pregresse sono state archiviate secondo il nuovo standard e pertanto le informazioni sono state adeguate a quanto richiesto con l'aggiornamento 4.2.

Sono state inoltre rappresentate le indagini di rumore effettuate sul territorio oggetto di studio tramite l'acquisizione diretta effettuata.

Tutti i punti di indagine sono rappresentati con l'indicazione del loro codice identificativo e con la simbologia idonea a distinguerne la tipologia.

L'archiviazione documentale in accordo con gli standard, comprende tutto il materiale di supporto, identificato con un codice ereditato dalla precedente operazione di archiviazione per il materiale pregresso e ampliato con l'arricchimento di nuovo materiale documentale.

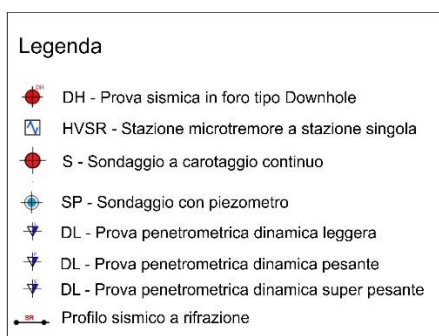
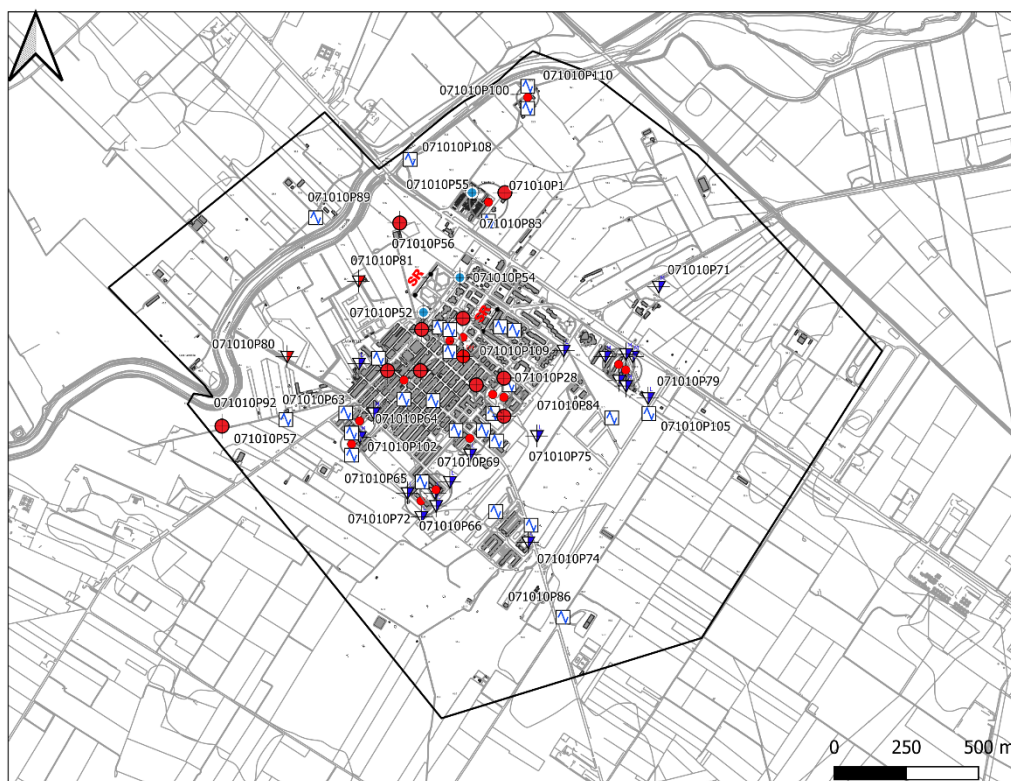


Figura 32 Figura semplificata della carta delle indagini utile a visualizzare la densità di distribuzione delle indagini stesse.

Tabella 7 - Tabella riassuntiva del numero e del tipo di indagini riportate nella carta delle indagini e utilizzate nelle fasi successive dello studio.

N.	TIPO INDAGINE
2	CPT - Prova penetrometrica statica
1	DH - Indagine di sismica attiva di tipo Down Hole
11	DL - Prova penetrometrica dinamica leggera
8	DN - Prova penetrometrica dinamica media
10	S- Sondaggio geognostico a carotaggio continuo

3	SP- Sondaggio geognostico a carotaggio continuo attrezzato a piezometro
6	HVSR PREGRESSE – Misure di rumore ambientale a stazione singola
20	HVSR DI NUOVA ESECUZIONE - Misure di rumore ambientale a stazione singola
2	SR – Indagine sismica a rifrazione in onde P e in onde S

## 7.2. Carta delle frequenze naturali dei terreni

I dati acquisiti sono stati elaborati con software specifico. In particolare è stato impiegato il pacchetto software Grilla, prodotto dalla ditta distributrice (Micromed-Moho) del tomografo impiegato per eseguire le misure.

Le procedure utilizzate per elaborare i dati sono nel rispetto delle linee guida del progetto SESAME. Le fasi di elaborazione possono essere sintetizzate come di seguito:

- scaricamento dei dati acquisiti;
- lettura delle tracce;
- filtraggio automatico delle frequenze comprese nel range 0.3-64.0 Hz
- ulteriore eventuale filtraggio manuale dei transienti residui da esaminare con l'ausilio dello spettrogramma che consente di evidenziare i rapporti H/V che deviano notevolmente dall'andamento medio
- calcolo degli spettri delle tre componenti del moti
- applicazione di una procedura di lisciamento ("smoothing") degli spettri ottenuti. Per I dati in esame si è utilizzata quella di Konno e Omachi con window con  $b=40$ , secondo quanto suggerito sempre dalle linee guida;
- calcolo dei rapporti tra le ampiezze spettrali delle componenti orizzontali H e verticale V
- calcolo dei valori medi e della deviazione standard dei rapporti spettrali H/V;
- stima della direzionalità del picco eventualmente individuato
- valutazione della qualità delle misure
- estrazione del report di elaborazione.

Per quanto relativo all'interpretazione dei dati, si rimanda ai singoli report allegati per una visione di dettaglio degli andamenti delle curva media H/V, degli andamenti degli spettri delle singole componenti, dello spettrogramma delle variazioni dei rapporti H/V durante la registrazione e del diagramma delle variazioni direzionali di H/V.

I risultati della coppia di misure allo stesso sito sono generalmente coerenti. Per definire la Fr da riportare sulla Carta delle Frequenze (CdF) è stata fatta la media sia della frequenza che dell'ampiezza del picco H/V, salvo in casi specifici dove questo sarebbe stato foriero di errori. Per quanto relativo all'interpretazione dei dati, si rimanda ai singoli report allegati per una visione di dettaglio degli andamenti delle curva media H/V, degli andamenti degli spettri delle singole componenti, dello spettrogramma delle variazioni dei rapporti H/V durante la registrazione e del diagramma delle variazioni direzionali di H/V. In Tabella 13, sono riportati, schematicamente per ogni punto di misura, il codice dell'ubicazione del punto e del relativo report, la litologia in affioramento sulla quale la prova è stata eseguita, la MOPS di appartenenza, le diverse frequenze di picco con le relative ampiezze e la frequenza di risonanza riportata sulla carta delle frequenze allegata. Inoltre, utilizzando le velocità delle onde S relative a ciascuna unità litotecnica, per ogni frequenza di picco è stata valutata anche una stima delle profondità e degli spessori dei diversi sismostrati individuati.

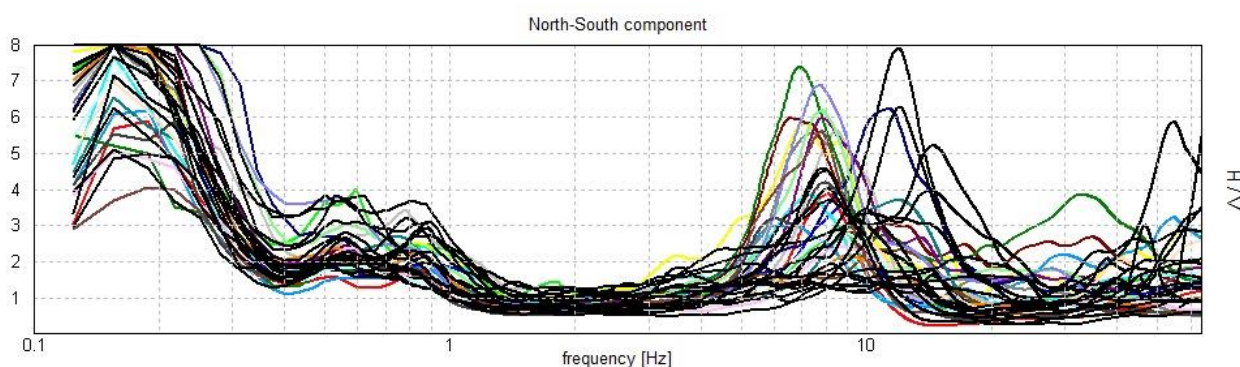


Figura 33 Sovrapposizione delle curve H/V di tutte le misure realizzate nel comune di Carapelle.

Le misure effettuate nell'area di indagine del Comune di Carapelle restituito dei rapporti spettrali H/V praticamente sovrapponibili tra di loro e coerenti con la campagna di misure realizzate nel 2012 (Figura 32). In particolare le tre misure hanno evidenziato due massimi H/V in bassa frequenza a circa 0,8 Hz e a circa 0.1-0.2 Hz; un terzo picco nel campo 5 -11 Hz, e un ulteriore alle alte frequenze (> 10 Hz).

Il massimo a 0,8 Hz con valori di ampiezza 1,4-1,5 indica un contrasto di impedenza profondo probabilmente connesso a dei livelli sabbioso-arenacei intercalati alle Argille subappennine.

I picchi tra 7,4-9,9 Hz sono riconducibili invece al forte contrasto d'impedenza presente tra le Sabbie limose di copertura (**SM** nella Carta geologico-tecnica, RPL<sub>1</sub> e RPL<sub>3</sub>) e l'Unità Conglomeratica (**LI** nella Carta geologico-tecnica, ); dalle velocità delle onde di taglio misurate nella prova *down-hole* nonché dai 2 profili sismici a rifrazione effettuati appositamente dall'AdB Puglia (230-300 m/s per **SM**) il contrasto individuato si attesta ad una profondità variabile tra 5-10 m circa dal p.c. Nei siti 071010P101, 071010P85, 071010P88, 071010P90 tale picco si sposta a frequenze tra 11 e 12 Hz.

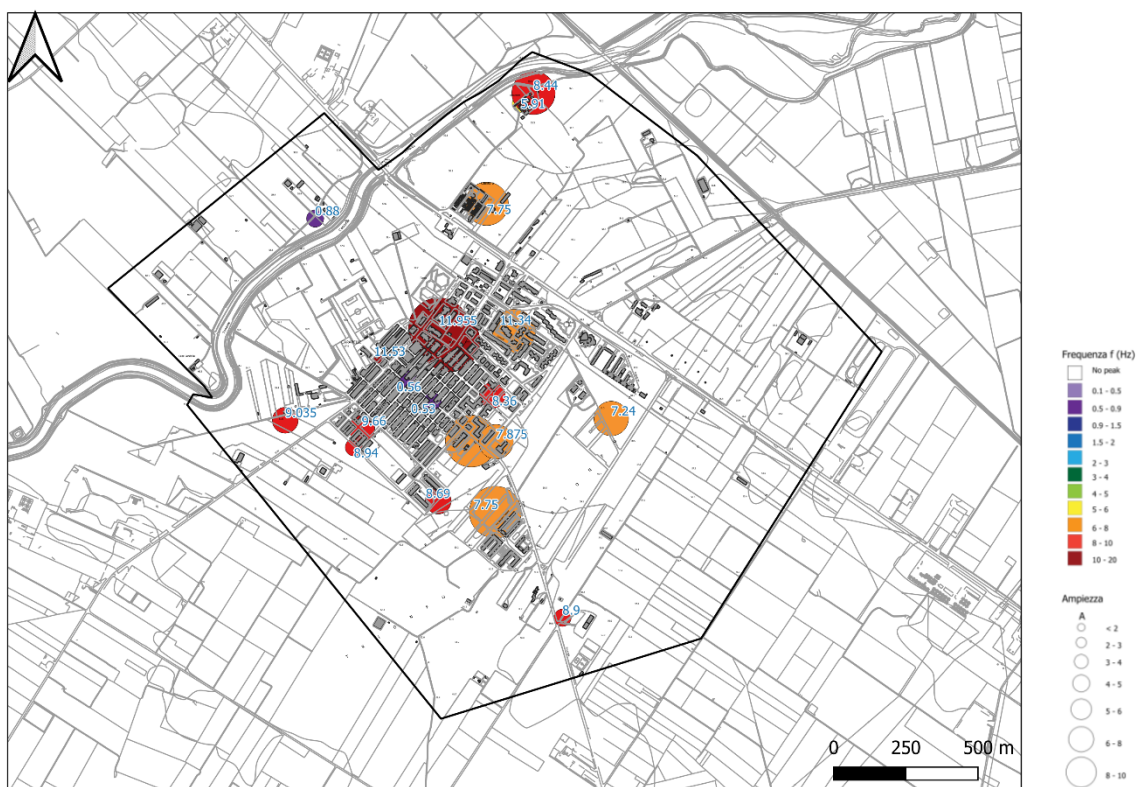


Figura 34 Stralcio carta delle frequenze ottenuta dalle misure HVSR realizzate ex novo in agro di Carapelle.

La carta delle frequenze è stata realizzato utilizzando i dati registrati nell’attuale campagna di misura e sintetizzati nella Tabella 8 riportata di seguito.

Tabella 8 Tabella riassuntiva dei risultati delle indagini di rumore.

pkuid	id_indpu	tipo	f0	a0	f1	a1	f2	a2	f3	a3	fr	ar
1	071010P83HVSR76	Tipo 1	0.16	8.725	0.56	2.08	7.75	5.02			7.75	5.02
2	071010P84HVSR77	Tipo 1	0.16	8.46	0.845	2.475	7.235	4.825			7.24	4.83
3	071010P85HVSR78	Tipo 1	0.16	8.295	0.64	2.42	11.175	3.03			11.18	3.03
4	071010P86HVSR79	Tipo 1	0.16	6.025	0.67	2.275	8.895	2.64			8.9	2.64
5	071010P87HVSR80	Tipo 1	0.16	16.695	0.545	3.43	7.75	6.525			7.75	6.53
6	071010P88HVSR81	Tipo 1	0.13	13.965	0.56	3.485	11.08	2.405			11.53	3.22

7	071010P89HVSR82	Tipo 1	0.16	10.44	0.515	2.335	0.88	2.83			0.88	2.83
9	071010P90HVSR83	Tipo 1	0.19	13.16	0.53	2.71	11.34	6.22			11.34	6.22
11	071010P91HVSR84	Tipo 1	0.175	8.56	0.685	2.09	8.36	3.41			8.36	3.41
12	071010P92HVSR85	Tipo 1	0.175	11.23	0.52	3.225	0.795	3.47	14	0.36	9.035	3.51
13	071010P93HVSR86	Tipo 1	0.16	5.69	0.545	2.14	9.66	3.295			9.66	3.925
14	071010P94HVSR87	Tipo 1	0.16	9.73	0.53	2.95					0.53	2.95
15	071010P95HVSR88	Tipo 1	0.175	6.535	0.88	2.445	7.935	4.22			7.935	4.22
16	071010P96HVSR89	Tipo 1	0.13	9.825	0.7	2.295	6.72	6.695			6.72	6.695
18	071010P98HVSR91	Tipo 1	0.16	9.745	0.86	2.22	8.69	3.27			8.69	3.27
19	071010P99HVSR92	Tipo 1	0.16	6.255	0.56	2.48	0	0			0.56	2.48
20	071010P100HVSR93	Tipo 1	0.19	6.19	0.88	1.83	5.91	2.97			5.91	2.97
21	071010P101HVSR94	Tipo 1	0.16	8.8	0.875	2.2	11.955	7.08			11.955	7.08
22	071010P102HVSR95	Tipo 1	0.16	9.88	0.84	2.24	8.94	2.15			8.94	2.15
23	071010P97HVSR90	Tipo 1	0.19	4.785	0.545	2.175	7.875	4.89			7.875	4.89
30	071010P109HVSR102	Tipo 1	0.16	17.84	0.53	2.39	7.81	5.98			7.81	5.98
31	071010P110HVSR103	Tipo 1	0.16	9.31	0.78	3.43	8.44	5.63			8.44	5.63

### 7.3. Carta Geologico-Tecnica per la MS (CGT\_MS)

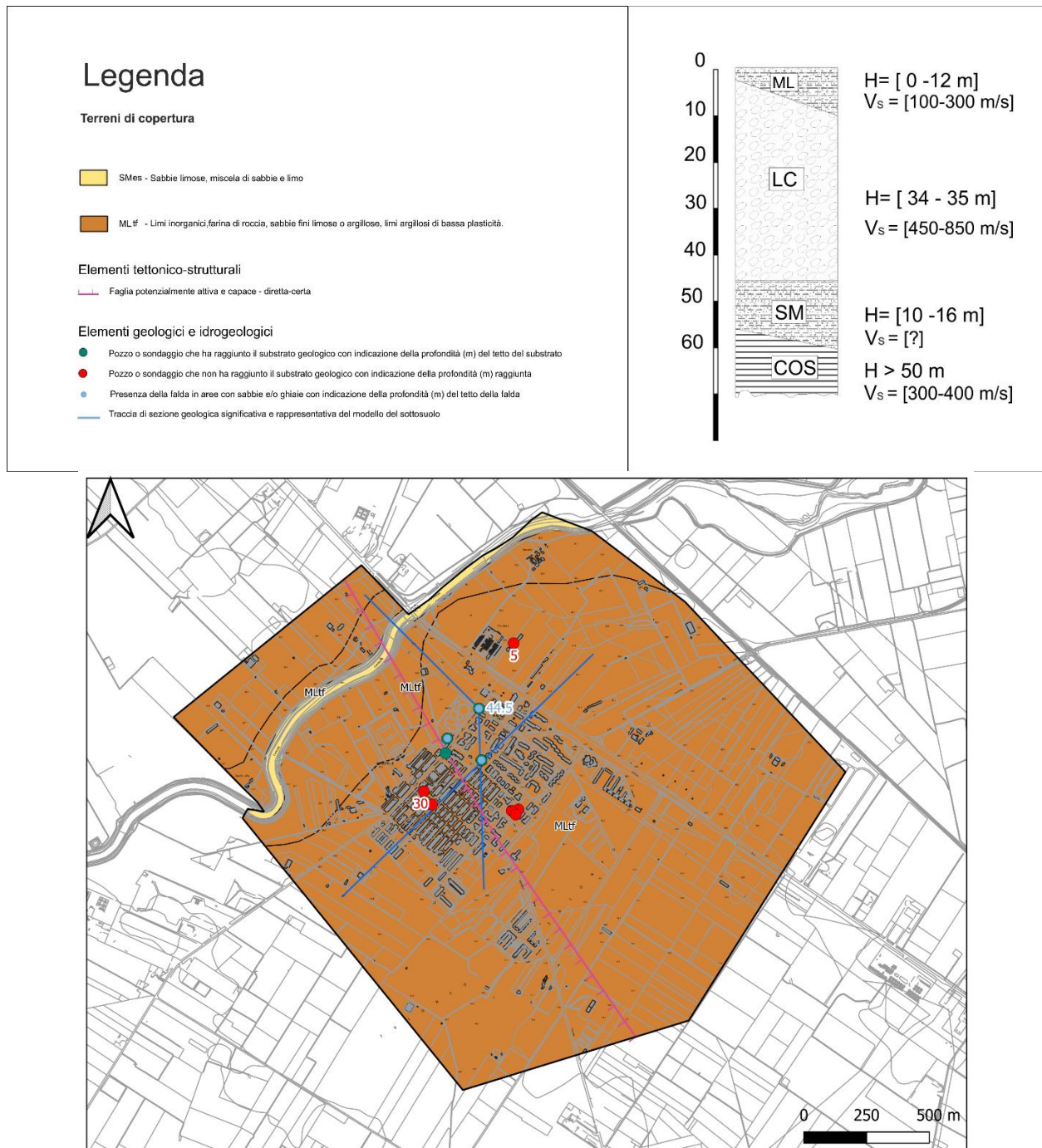


Figura 35 Stralcio carta geologico tecnica.

Nella carta geologico tecnica affiorano prevalentemente i terreni appartenenti all'unità MLtf. A ridosso del torrente Carapelle è stata distinta l'unità SMes, in cui prevale il contributo sabbioso ghiaioso. Questa unità non è stata campionata in foro di sondaggio, né tantomeno compare in affioramento.

E' stata cartografata, come riportato nel paragrafo 3.4, nel catalogo ITHACA ISPRA- Catalogo Faglie Attive e Capaci, una faglia attiva e capace che attraversa il centro abitato. Dal rilevamento sul terreno non è stato possibile, data la morfologia completamente pianeggiante del territorio, individuarne l'esistenza né tantomeno l'ubicazione certa e le caratteristiche di tale faglia. Essa è stata comunque considerata all'interno della carta geologico tecnica e delle relative sezioni come faglia potenzialmente attiva e capace (FPAC); si demanda ai livelli successivi l'approfondimento relativamente alla stessa.

Dagli elementi geologici e idrogeologici puntuali, si evince la presenza della falda a profondità variabili tra 36 e 44,5 m e, l'interfaccia con il substrato geologico, che però non costituisce substrato geofisico, a profondità tra 48 e 54 m.

#### 7.4. Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)

Le informazioni acquisite hanno permesso di realizzare la carta delle “Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica” (MOPS). Tale cartografia è stata redatta in linea con gli I.C.M.S., e individua le microzone per le quali, sulla base delle osservazioni geolitologiche, geomorfologiche, litostratigrafiche e i dati acquisiti ex novo, possono essere ipotizzati diversi tipi di effetti di amplificazione. La cartografia, quindi, corrisponde ad un approfondimento di Livello 1 ed individua qualitativamente e grossolanamente la geometria delle aree potenzialmente caratterizzate da specifici effetti sismici locali. Ciò permette quindi di guidare le necessarie indagini nelle successive fasi di approfondimento identificabili con il livello 2 e/o 3.

##### Zone stabili

Nel territorio di Carapelle indagato, l'analisi dei dati geolitologici e geofisici suggerisce **l'assenza di zone stabili** come definite negli indirizzi e criteri di microzonazione sismica (Gruppo di Lavoro ICMS, 2008 e successive modifiche e integrazioni).

##### Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali – Tipo 2001

Questa zona è caratterizzata da depositi affioranti di tipo sabbioso limoso con spessori variabili da 0 a 12 m e  $V_s$  comprese tra 100 e 300 m/s. Sottostanti si trovano i depositi dei Conglomerati di Ortona, l'unità geotecnica LI, con spessori tra 34 e 35 m e velocità tra 450 e 850 m/s. Alla base, prima di poggiare sul substrato geologico, si trova un'unità sabbiosa addensata, di spessore tra 10 e 16 m di cui non sono note le velocità sismiche. Dai dati in territorio di Foggia, il substrato geologico ha velocità di molto inferiori agli 800 m/s. (Figura 36)

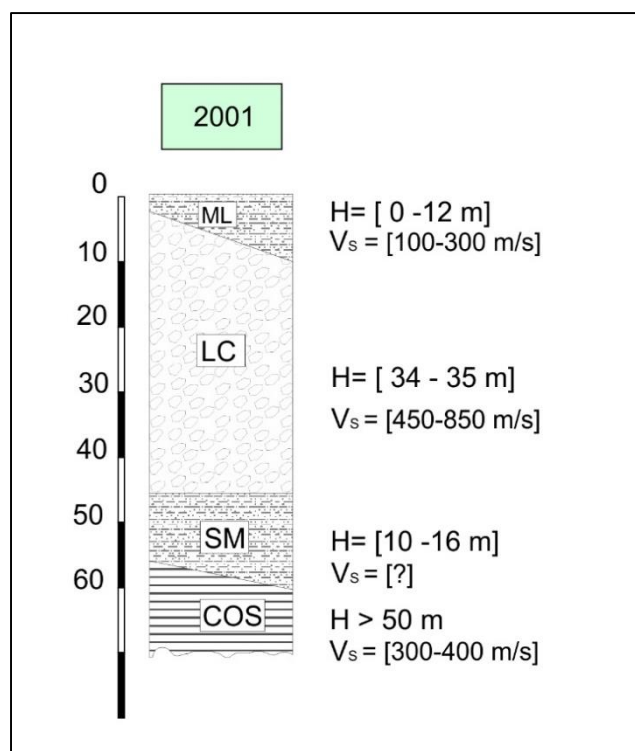


Figura 36 Colonna litostratigrafica rappresentativa della MOPS 2001 – Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali.

## Zona di attenzione per cedimenti differenziali – ZA cd - 3080

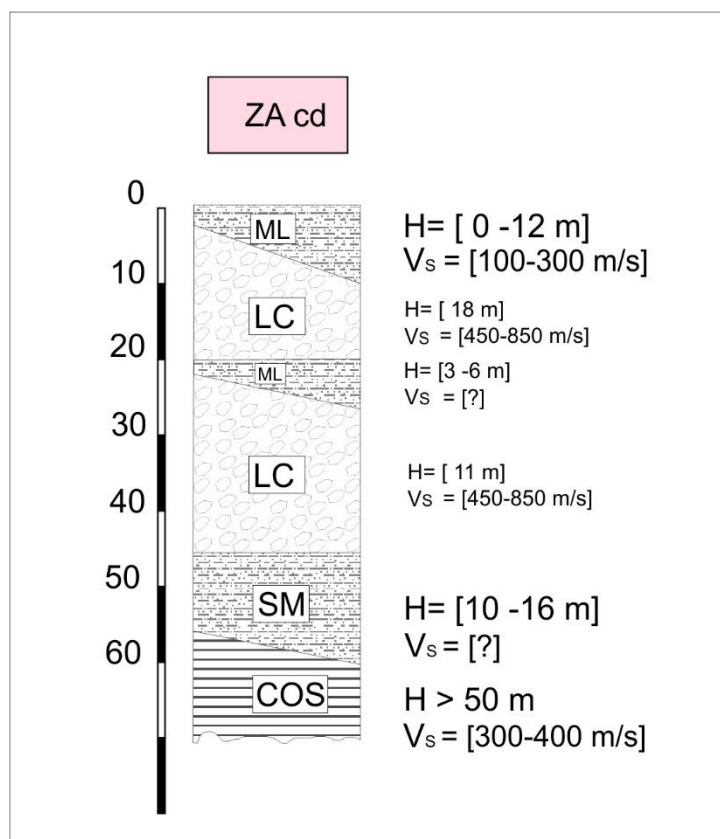


Figura 37 Colonna litostratigrafica rappresentativa della MOPS ZA cd – Zona di attenzione per cedimenti differenziali.

Tale Microzona Omogenea in Prospettiva Sismica, riguarda, nel centro abitato di Carapelle, l'area soggetta a cedimenti differenziali che coinvolge strutture di interesse pubblico quali: la Chiesa Maria Santissima del Rosario, la scuola materna, la scuola elementare statale (demolita per inagibilità) e l'edificio della congregazione delle suore Piccole Operaie del Sacro Cuore. Gli edifici menzionati e l'intero abitato di Carapelle sorgono interamente in una zona pianeggiante. Gli edifici hanno fondazioni superficiali poste a circa 1,80 m. Le lesioni sugli edifici sono comparse a partire dal 1985 circa. Per tale problematica sono stati eseguiti 5 sondaggi geognostici di cui 2 profondi 50 m con rilievo della falda. Da essi si evince la presenza, a circa 3,5 m di terreno limoso argilloso fortemente plastico e compressibile.

Notevole a tal riguardo è l'abbassamento della falda dell'ordine di 40 metri per effetto degli emungimenti continui e prolungati per gran parte dell'anno sui pozzi presenti a ridosso dell'abitato di Carapelle. Il

substrato costituito dalle argille azzurre plioceniche nell'area di indagine risulta attestato alla profondità di 48-49 m dal p.c., lo spessore dell'acquifero risulta dell'ordine di 5 metri.

L'abbassamento della superficie piezometrica è sicuramente concausa di tali cedimenti.

Le misure di rumore realizzate in questa area mostrano la presenza di possibili amplificazioni locali in occasione del sisma, che hanno le stesse caratteristiche presenti nel resto del territorio.

## 7.5. Commenti finali e criticità

Le indagini pregresse reperite per la caratterizzazione del territorio comunale di Carapelle, come detto in precedenza, coprono la maggior parte dell'area urbana, lasciando scoperta solamente la zona settentrionale del centro abitato. Tuttavia, all'elevato numero di indagini presenti corrisponde una bassa variabilità della loro tipologia, costituita in prevalenza da sondaggi penetrometrici.

Poiché la successione litologica e l'assetto geometrico delle unità sembrano essere ben definite, risulta necessario arricchire le informazioni così acquisite e dedotte, con elementi tecnici e sismici che ne definiscano meglio le caratteristiche e che comunque non è stato possibile desumere in modo dettagliato dalle indagini pregresse.

Di particolare rilevanza è la necessità di approfondire la conoscenza e verificarne l'ubicazione della FPAC (Faglia Potenzialmente Attiva e Capace) che attraversa il territorio di interesse dell'attuale studio.

Ulteriori approfondimenti saranno rivolti alle cause dei cedimenti differenziali, alle possibili variazioni nelle caratteristiche geotecniche e all'andamento della superficie piezometrica, che mostra importanti escursioni che non rispecchiano l'andamento stagionale, ma più probabilmente, dipendono dai quantitativi emunti.

## 8. Bibliografia

AdBP - Autorità di Bacino della Regione Puglia (2004) - *Piano di bacino, stralcio assetto idrogeologico (PAI). Relazione di piano*. Regione Puglia.

AA.VV. 2011. Carta geologica d'Italia 1:5000 progetto CARG, F 422 Cerignola e relative note illustrative Servizio Geologico d'Italia, E.I.R.A., Firenze.

Bazzurro P., Cornell C. A.: 1999. Disaggregation of seismic hazard, Bull. Seism. Soc. Am. 89, 501-520.

BELLUOMINI G., CALDARA M., CASINI C., CERASOLI M., MANFRA L., MASTRONUZZI G., PALMENTOLA G., SANSÒ P., TUCCIMEI P. & VESICA P.L. (2002) - The age of Late Pleistocene shorelines and tectonic activity of Taranto area, Southern Italy. Quaternary Science Reviews, 21, 525-547.

CASNEDI R. (1988) - *La Fossa bradanica: origine, sedimentazione e migrazione*. Mem. Soc. Geol. It., **41**, 439-448.

CIARANFI N., GHISSETTI F., GUIDA M., IACCARINO G., LAMBIASE S., PIERI P., RAPISARDI L., RICCHETTI G., TORRE M., TORTORICI L. & VEZZANI L. (1983) - *Carta Neotettonica dell'Italia meridionale*. Pubbl. **515** Prog. Fin. Geodin. C.N.R., 62 pp. Bari.

CIARANFI N., PIERI P. & RICCHETTI G. (1988) - *Note alla carta geologica delle Murge e del Salento (Puglia centromeridionale)*. Mem. Soc. Geol. It., **41**, 449-460.

D'ARGENIO B., PESCATORE T. & SCANDONE P. (1973) - *Schema geologico dell'Appennino meridionale (Campania e Lucania)*. Acc. Naz. Lincei, Quad., **183**, 49-72.

DI NOCERA S., MATANO F., PESCATORE T. S., PINTO F., QUARANTIELLO R., SENATORE M.R. & TORRE M. (2006) - *Schema geologico del transetto Monti Picentini orientali-Monti della Daunia meridionali: unità stratigrafiche ed evoluzione tettonica del settore esterno dell'Appennino meridionale*. Boll. Soc. Geol. It., **125**, 39-58.

DOGLIONI C., MONGELLI F. & PIERI P. (1994) - *The Puglia uplift (SE Italy): an anomaly in the foreland of the Apenninic subduction due to buckling of a thick continental lithosphere*. Tectonics, **13**, 5, 1309-1321.

DOGLIONI C., TROPEANO M. MONGELLI F. & PIERI P. (1996) - *Middle-late Pleistocene uplift of Puglia: an —anomaly in the Apenninic Foreland*. Mem. Soc. Geol. It. **51**, 101-117.

FERRANTI L., ANTONIOLI F., MAUZ B., AMOROSI A., DAI PRÀ G., MASTRONUZZI G., MONACO C., ORRÙ P., PAPPALARDO M., RADTKE U., RENDA P., ROMANO P., SANSÒ P. & VERRUBBI V. (2006) - *Markers of the last interglacial sea level high stand along the coast of Italy: tectonic implications*. Quaternary International, **145-146**, 30-54.

Galli P., Molin D., Galadini F. Giaccio B., 2002. Aspetti sismotettonici del terremoto irpino del 1930. In S. Castanetto, e M. Sebastiano (eds), Il terremoto del Vulture, 23 luglio 1930, VIII dell'era fascista. Roma 217-262.

GALLICCHIO S., PIERI P., FESTA E., MORETTI M. & TROPEANO M. (2002) - *Caratteri geologici del Foglio 407 —San Bartolomeo in Galdol*. Cartografia Geologica. Bologna, Febbraio 2002, **3**, 136-139.

GIANNANDREA P., LA VOLPE L., PRINCIPE C. & SCHIATTARELLA M. (2004) - *Carta geologica del Monte Vulture alla scala 1:25.000*. LAC, Firenze.

GIANNANDREA P., LA VOLPE L., PRINCIPE C. & SCHIATTARELLA M. (2006) - *Unità stratigrafiche a limiti inconformi e storia evolutiva del vulcano medio-pleistocenico di Monte Vulture (Appennino meridionale, Italia)*. Boll. Soc. Geol. It., **125**, 67-92.

Gruppo di lavoro CPTI: 2015, Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2005 (CPTI05). INGV, Bologna. Internet web site: <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI/>.

Gruppo di lavoro MPS: 2004, Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto conclusivo per il dipartimento di Protezione Civile, INGV, Milano – Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici, Internet web site: <http://zonesismiche.mi.ingv.it/elaborazioni/>.

Gruppo di lavoro ICMS, 2008. Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica. Conferenza delle Regioni e delle Province autonome – Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 3 volumi e 1 Cd-rom.

Meletti C. & Valensise G., 2004. Zonazione sismogenetica ZS9 – App. 2 al rapporto conclusivo. GNDT. Consultabile all'indirizzo internet: <http://zonesismiche.mi.ingv.it/documenti/App2.pdf>.

Meletti C., Meroni F., Martinelli F., Locati M., Cassera A., & Stucchi M. (2007). Ampliamento del sito web per la disseminazione dei dati del Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D8, <http://esse1.mi.ingv.it/d8.html>

MASTRONUZZI G. & SANSÒ P. (2002) - *Holocene uplift rates and historical rapid sea-level changes at the Gargano promontory, Italy*. Journal of Quaternary Science, **17** (5-6), 593-606.

MORETTI M., SPALLUTO L., PIERI P. & RICCHETTI G. (in stampa) - *Note Illustrative del Foglio 396 San Severo*. Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000.

MIGLIORINI C. (1937) - *Cenno sullo studio e sulla prospezione petrolifera di una zona dell'Italia meridionale*. II Congr. Mondiale Petrolio, Parigi, 1-11.

MASTRONUZZI G. & SANSÒ P. (eds) (2003). *Quaternary coastal morphology and sea level changes*. Puglia 2003, Final Conference – Project IGCP 437 UNESCO - IUGS, Otranto / Taranto - Puglia (Italy) 22-28 September 2003, GI2S Coast Coast – Gruppo Informale di Studi Costieri, Research Publication, **5**, 184 pp, Brizio srl - Taranto. OPCM 3907 del 13 novembre 2010 - Attuazione dell'articolo 11 del decreto legge n.39 del 28 aprile 2009, convertito, con modificazioni, dalla legge n.77 del 14 giugno 2009 in materia di contributi per interventi di prevenzione del rischio sismico (Gu n.2810 del 1 dicembre 2010 - supplemento ordinario n.262).

MOSTARDINI F. & MERLINI S. (1986) - *Appennino centro meridionale. Sezioni geologiche e proposta di modello strutturale*. Mem. Soc. Geol. It., **35**, 177-202.

OGNIBEN L. (1969) - *Schema introduttivo alla geologia del confine calabro-lucano*. Mem. Soc. Geol. It., **8**, 453-763.

Pagliaroli A., Lanzo G. 2008. Selection of real accelerograms for the seismic response analysis of the historical town of Nicastro (Southern Italy) during the March 1638 Calabria earthquake. Engineering Structures, Special Issue on "Seismic reliability, analysis and protection of historic buildings and heritage sites", **30**, 2211-2222.

PATACCA E. & SCANDONE P. (2007) - *Geology of the Southern Apennines*. Boll. Soc. Geol. It., Spec. Issue **7**, 75-119.

PIERI P., SABATO L. & TROPEANO M. (1994) - *Evoluzione tettonico-sedimentaria della Fossa bradanica a sud del 'Ofanto nel pleistocene*. In Guida alle escursioni del 77° Congresso Nazionale della S.G.I., Quad.Bib. Prov.Matera, **15**, 35-54.

PIERI P., SABATO L. & TROPEANO M. (1996) - *Significato geodinamico dei caratteri deposizionali e strutturali della Fossa bradanica nel Pleistocene*. Mem. Soc. Geol. It., **51**, 501-515.

PESCATORE T., DI NOCERA S., MATANO F. & PINTO F. (2000) - *L'Unità del Fortore nel quadro della geologia del settore orientale dei Monti del Sannio (Appennino meridionale)*. Boll. Soc. Geol. It., **119**, 587-601.

RICCHETTI G. (1967) - *Lineamenti geologici e morfologici della media valle del Fiume Bradano..* Boll. Soc. Geol. It., **49**, 421-622.

RICCHETTI G. (1975) - *Nuovi dati stratigrafici sul Cretaceo delle Murge emersi da indagini nel sottosuolo*. Boll. Soc. Geol. It., **94** (3), 1013-1108.

RICCHETTI G. (1980) - *Contributo alla conoscenza strutturale della Fossa Bradanica e delle Murge*. Boll. Soc. Geol. It., **99**, 421-430.

RICCHETTI G., CIARANFI N., LUPERTO SINNI E., MONGELLI F. & PIERI P. (1988) - *Geodinamica ed evoluzione sedimentaria e tettonica dell'Avampese apulo*. Mem. Soc. Geol. It., **41**, 57-82.

SCHIATTARELLA M., BENEDEUCE P., DI LEO P., GIANO S.I., GIANNANDREA P. & PRINCIPE C. (2005) - *Assetto strutturale ed evoluzione morfotettonica quaternaria del vulcano del Monte Vulture (Appennino Lucano)*. Boll. Soc. Geol. It., **124**, 543-562.

- SELLI R. (1962) - *Il Paleogene nel quadro della geologia dell'Italia meridionale*. Mem. Soc. It., **3**, Roma.
- SELLA M., TURCI C. & RIVA A. (1988) - *Sintesi geopetroliera della Fossa bradanica (avanfossa della catena appenninica meridionale)*. Mem. Soc. Geol. It., **41**, 87-107.
- Spallarossa D., Barani S., 2007. Disaggregazione della pericolosità sismica in termini di M-R-ε. Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D14, <http://esse1.mi.ingv.it/d14.html>
- TROPEANO M. & SABATO L. (2000) - *Response of Plio-Pleistocene mixed bioclastic-lithoclastic temperate-water carbonate systems to forced regressions: the Calcarene di Gravina Formation, Puglia, SE Italy*. Geological Society, Sp. Publ. **172**, 217-243.
- TROPEANO M., SABATO L. & PIERI P. (2002a) - *Filling and cannibalization of a foredeep: the Bradanic Trough (Southern Italy)*. In "Sediment Flux to Basins: Causes, Controls and Consequences" (S.J. Jones and L.E. Frostick, Eds.), Geol. Soc. London, Spec. Publ. 191, 55-79.
- TROPEANO M., SABATO L. & PIERI P. (2002b) - *The Quaternary —post-turbidite sedimentation in the South-Appennines foredeep (Bradanic Trough - Southern Italy)*. Boll. Soc. Geol. It., **121** (supplemento), Volume Speciale 1, 449-454.
- 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/>
- Valensise, G., e D. Pantosti (2001). The investigation of potential earthquake sources in peninsular Italy: a review, J. Seismol., **5**, 287-306.
- VALDUGA A. (1973) - *Fossa Bradanica*. In: Geologia dell'Italia. A cura di A. Desio, ed. UTET, 692-695.
- ZANDER A., FÜLLING A., BRÜCKNER H. & MASTRONUZZI G. (2006) - *OSL dating of Upper Pleistocene littoral sediments: a contribution to the chronostratigraphy of raised marine terraces bordering the Gulf of Taranto, Southern Italy*. Geog. Fis. Din. Quat., **29** (2) 33-50.
- Deliverable D8, S3 Project. internet: [http://esse3.mi.ingv.it/S3\\_doc.html](http://esse3.mi.ingv.it/S3_doc.html), (in Italian).
  - Istituto Superiore per la Ricerca e la Protezione dell'Ambiente (ISPRA): <https://www.isprambiente.gov.it/it>
  - Portale del Servizio Geologico d'Italia: <http://portalesgi.isprambiente.it/it>
  - Portale Ambientale della Regione Puglia: <https://www.regione.puglia.it/web/ambiente>
  - Sistema Informativo Territoriale della regione Puglia: <http://www.sit.puglia.it/>
  - Repertorio Nazionale per gli Interventi di Difesa del Suolo: <http://www.rendis.isprambiente.it/rendisweb/>
  - Sportello Telematico Unificato della Provincia di Foggia: <https://sportellotelematico.provincia.foggia.it/autorizzazione-sismica>
  - Google Earth
  - Sistema Puglia: <http://www.sistema.puglia.it/>
  - Protezione Civile Microzonazione Sismica: <http://www.protezionecivile.gov.it/attivita-rischi/rischio-sismico/attivita/microzonazione-sismica>
  - Centro MS: <https://www.centromicrozonazione-sismica.it/it/>

Allegati

Carta delle indagini in scala 1:5000

Carta delle frequenze naturali dei terreni in scala 1:5000

Carta Geologico-Tecnica per la MS (CGT\_MS) in scala 1:5000

Sezioni geologico-tecniche in scala 1:5000

Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) in scala 1:5000