Comune di Castelpoto
Provincia di Benevento

Il Sindaco
Dr. Vito Fusco

Consigliere delegato
Leonardo Ciarmoli

2025

Piano Urbanistico Comunale (PUC)

ex L.R. 16/2004, Reg. di Attuazione n.5 del 04.08.2011 e Regolamento regionale n.7 del 13/09/2019

Responsabile unico del procedimento
Architetto Antonio Soriano

Il progettista
Architetto Pianificatore Territoriale
Luca Servodio

Studio agronomico
Dr. Pietro Biele

Studio geologico
Geologo Modestino Boscaino

Studio archeologico
Dott.ssa Natascia Pizzano

Valutazione ambientale strategica
Architetto Pianificatore Territoriale
Luca Servodio

COMPONENTE STRUTTURALE

STUDIO GEOLOGICO

GEO_01

Relazione geologica descrittiva

ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE ABRUZZO
Dott. Geol. Modestino BOSCAINO
N. ISCRIZ. 616 A.P. sez. A

Firmato digitalmente da

Modestino Boscaino

CN = Modestino Boscaino
T = Geologo
C = IT

Comune di Castelpoto
Provincia di Benevento

2025

Piano Urbanistico Comunale (PUC)

ex L.R. 16/2004, Reg. di Attuazione n.5 del 04.08.2011 e Regolamento regionale n.7 del 13/09/2019

COMPONENTE STRUTTURALE

STUDIO GEOLOGICO

GEO_01

Relazione geologica descrittiva

Studio geologico
Geologo Modestino Boscaino

INDICE

1. - PREMESSA……..……..……...…..……... >> 8

2. - GEOLOGIA…… >> 14
2.1. - RILEVAMENTO GEOLOGICO …….. >> 14
2.2. – STRATIGRAFIA ……..…… >> 14
2.2.1. - *Evidenze riportate dalla cartografia ufficiale* ..…… >> *14*
2.2.2. - *Unità stratigrafiche distinte nell'area di interesse* ……. >> *22*

2.2.2.1. - *UNITÀ PREOROGENICHE DI BASE DI SCAPATA E BACINO* ……..…. >> *22*
2.2.2.1.a. - *Flysch Rosso (***FYR***)*……..…. >> *23*
2.2.2.1.b. - *Gruppo delle Argille Variegate (***AV***)*……...…. >> 23

2.2.2.2. – *UNITÀ SINOROGENETICHE* ……..…… >> *24*
2.2.2.2.a. - *Formazione di San Giorgio (***SGI***)*…….....…. >> 24
2.2.2.2.a.1. - *membro arenaceo di Castelpoto (***SGI_2***)*……...…. >> 24
2.2.2.2.a.1.a. - *litofacies arenacea (***SGI_{2a}***)*……..... >> 24
2.2.2.2.a.1.b. - *litofacies arenaceo-pelitica (***SGI_{2b}***)*……...…. >> 24
2.2.2.2.a.1.c. - *litofacies pelitico-arenacea (***SGI_{2c}***)*…….....…. >> 25
2.2.2.2.b. - *Gruppo della Gessoso-Solfifera* ……...…. >> 25
2.2.2.2.b.1. - *formazione delle evaporiti di Monte Castello (***CTL***)* ……... >> 25
2.2.2.2.c. - *Gruppo di Altavilla* ……..……..…… >> 26
2.2.2.2.c.1. - *unità di Tufo - Altavilla* (**UTA**) ……..……..…… >> 26
2.2.2.2.c.1.a. - *membro arenaceo del Fiume Sabato (***UTA_1***)* ……. >> *26*
2.2.2.2.c.1.b. - *litofacies conglomeratica (***UTA_{1a}***)* …… >> *26*
2.2.2.2.c.1.c. - *membro pelitico-arenaceo del Vallone di Tufo (***UTA_2***)* .....>> *26*
2.2.2.3. - DEPOSITI CONTINENTALI (Quaternario)…….…… >> 27

2.2.2.3.a. - UNITÀ NON DISTINTE IN BASE AL BACINO DI APPARTENENZA .... >> 27
2.2.2.3.a.1. - *Depositi alluvionali terrazzati: 40-50m sull'alveo attuale (**b_{nb}**)* ..... >> 27
2.2.2.3.a.2. - *Depositi alluvionali terrazzati: 15-20m sull'alveo attuale (**b_{na}**)* ..... >> 27
2.2.2.3.a.3. - *Depositi alluvionali-facies di piana inondabile (**b_{n0}**)* ..... >> 27
2.2.2.3.a.4. - *Depositi alluvionali-facies di canale (**b**)* ..... >> 28
2.2.2.3.a.5. - *Depositi di frana (**a_1**)* ..... >> 28
2.2.2.3.a.6. - *Depositi di versante detritico-colluviale (**a**)* ..... >> 28
2.2.2.3.a.7. - *Coltri eluvio-colluviali (**b_2**)* ..... >> 28
2.2.2.3.a.8. - *Depositi antropici (**h, h_1**)* ..... >> 29
2.3. ASPETTI STRUTTURALI ..... >> 29

3. – GEOMORFOLOGIA ..... >> 30
3.1. - *Analisi della franosità e verifica rispetto al P.S.A.I. vigente* ..... >> 36

4. – IDROGEOLOGIA ..... >> 39
4.1. - *Unità riportate nella Carta Idrogeologica* ..... >> 41

5. - PIANO DELLE INDAGINI E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI INVESTIGATI ..... >> 47

6. - MODELLAZIONE SISMICA ..... >> 53
6.1. – *Sismicità storica* ..... >> *53*
6.2. - *Storia sismica di Castelpoto (BN)* ..... >> *54*
6.3. - *Sorgenti sismogenetiche* ..... >> *56*
6.4. - *Stima della pericolosità sismica del sito* ..... >> *61*
6.5. – *Effetti cosismici* ..... >> *67*
6.6. - *Zonazione in prospettiva sismica* ..... >> *74*

7. - CARTE TEMATICHE, CRITERI DI FATTIBILITÀ DELLE OPERE E CONCLUSIONI ..... >> 79
7.1 - *Carta geologica* ..... >> 79

7.2 - *Sezioni geologiche* …….. >> 79

7.3 - *Carta geomorfologica* …….. >> 81

7.4 - *Carta delle pendenze* …….. >> 81

7.5 - *Carta della stabilità* …….. >> 82

7.6 - *Carta idrogeologica* …….. >> 84

7.7 - *Carta della zonazione in prospettiva sismica* …….. >> 84

7.8 - *Criteri di fattibilità delle opere e conclusioni* …….. >> 86

Gaia non è intenzionalmente ostile all'uomo, ma
finché continueremo a cambiare il mondo come lei non vuole,
favoriremo la nostra sostituzione con una specie che si comporti in un modo più ragionevole.
Tutto dipende da noi. Se vedremo il mondo come un organismo vivente di cui facciamo parte
– né padroni, né inquilini, dunque, e neppure passeggeri – forse avremo molto tempo davanti a noi
James Lovelock (1965)

1. - PREMESSA

Senza la giusta conoscenza del territorio, l'uomo tende a modificare e, sovente, a degradare l'ambiente al fine di soddisfare le proprie esigenze. Allora la Terra o Gaia reagisce a tali modificazioni innaturali, con i suoi tempi di risposta che possono apparire anche molto lunghi; è proprio tale apparente lentezza che non consente, nell'immediato, di comprendere quando la situazione del pianeta possa rovinosamente e "inaspettatamente" aggravarsi.
A questo punto, poiché l'uomo non è in grado di rimediare in tempi brevi agli errori commessi, se dotato della giusta conoscenza può evitare di perseverare nell'errore, pianificando azioni più rispettose del sistema Terra.
La cultura geologica rappresenta il fulcro della corretta pianificazione territoriale. La conoscenza è fondamentale per gestire in maniera sostenibile il territorio e programmare azioni che promuovano il rispetto, il recupero e l'utilizzazione del patrimonio naturale. Per tale ragione, anche se la relazione geologica generale relativa a un Piano Urbanistico Comunale è riferita a un primo livello conoscitivo, è fondamentale che essa sia l'espressione di un metodo di lavoro codificato, in grado di rappresentare un modello si perfettibile, ma capace intanto di incanalare efficacemente gli studi successivi, previsti dalla normativa vigente, verso livelli di conoscenza di maggior dettaglio. Gli elaborati geologici di base (carta geologica, carta geomorfologica e carta idrogeologica) sono stati realizzati seguendo l'approccio stratigrafico e geomorfologico codificato nel Progetto CARG del Servizio Geologico d'Italia al fine di garantire una duratura validità degli dei dati rappresentati.

Il PUC d'altro canto non deve ridursi a uno strumento tecnico finalizzato solo alla programmazione, ma può essere e dovrebbe anche essere un mezzo indispensabile per fornire alla collettività uno strumento di lettura geologica dell'unicità del proprio territorio, in modo che essa possa essere in grado di "vedere" finalmente i motivi per i quali merita di essere preservato e valorizzato.
Per tali ragioni si è avuto cura di realizzare elaborati cartografici di base che possano essere utilizzati, mediante opportune modifiche ed integrazioni, anche a scopi divulgativi.

La predisposizione del Piano Urbanistico Comunale (PUC) in Campania è disciplinata, negli aspetti generali che riguardano obiettivi e contenuti, dalla L.R. n.16/2004 "Norme sul governo del territorio" e dal Regolamento Regionale n.5/2011 "Regolamento di attuazione per il governo del territorio". Ulteriori riferimenti si ritrovano nella L.R. n.13/2008 "Piano territoriale regionale" e, in particolare, nel documento "Linee guida per il paesaggio in Campania".
In aggiunta, la L.R. n. 9/83, segnatamente a quanto previsto per gli strumenti urbanistici, dall'art.11, dispone che "Prima della formazione, revisione ed adeguamento degli strumenti urbanistici generali o loro varianti, ogni Comune della Regione dichiarato sismico o ammesso a consolidamento, è tenuto a predisporre indagini geologiche-geognostiche, ai fini della prevenzione del rischio. Le indagini dovranno reperire dati per la compilazione delle seguenti carte: Carta Geolitologica, Carta della stabilità, Carta idrogeologica, Carta della zonazione del territorio in prospettiva sismica".
Al fine, quindi, di ottemperare a quanto espressamente richiesto dalle normative suddette, l'Amministrazione Comunale di Castelpoto, con Determina **nr. Generale 280** del **15/11/2021** (**CIG: Z6133E8361**) del responsabile del Servizio Urbanistica e Assetto del Territorio, ha provveduto all'affidamento dell'incarico allo scrivente dott. Modestino Boscaino, in qualità di Geologo regolarmente iscritto all'O.R.G. della Regione Abruzzo con numero di riferimento 616, per la redazione dello Studio Geologico a corredo del Piano Urbanistico Comunale (PUC).
Per quanto riguarda gli aspetti tecnici il presente studio geologico è stato redatto considerando:

- la L.R. n. 9/1983 artt. 11 e 12 "Norme per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico";
- il D.M. 11.03.88 riguardante le "Norme tecniche per le indagini sui terreni e le rocce per opere di edilizia pubblica e privata";
- le Linee Guida Finalizzate alla Mitigazione del Rischio Sismico della Regione Campania dell'anno 2006;

- la Deliberazione n. 834 dell'11.05.2007 della Regione Campania- Area generale di coordinamento n.16 – Governo del territorio, tutela beni, paesistico ambientali e culturali;
- il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico – Rischio Frane (**PSAI-RF**) *(L. n. 183 del 18/05/89; L. n. 253 del 7/08/90; L. n.493 del 4/12/93; L.n. 226 del 13/07/99; L.n. 365 del 11/12/00) Piano Stralcio Assetto Idrogeologico – rischio frane (PSAI – Rf)* dei territori dell'ex Autorità di Bacino Liri-Garigliano e Volturno, Bacino Liri- Garigliano e Volturno (attuale A.d.B. Distrettuale dell'Appennino Meridionale), approvato D.P.C.M. del 12/12/2006 Gazzetta Ufficiale del 28/05/2007 n. 122 e successivamente con DPCM del 07/04/2011 approvato per i comuni di cui all'allegato B. Pubblicato su Gazzetta Ufficiale del 15/11/2011 n.266.
- il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (**PGRA**) del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale: Aggiornamento - II Ciclo di Gestione approvato con DPCM del 1/12/2022;
- il D.G.R. 5447/02 "Aggiornamento della classificazione sismica dei comuni della Regione Campania";
- O.P.C.M. n. 3519/06;
- le N.T.C./2008 - D.M. 14.01.2008 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni";
- la Circ. del 02/02/2009 n°617 C.S.LL.PP.;
- le N.T.C./2018 - D.M. 17.01.2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni";
- la Circ. del 21/01/2019 n°7 C.S.LL.PP.;
- l'ex L.R. 16/2004, Reg. di Attuazione n.5 del 04.08.2011 e Regolamento regionale n.7 del 13/09/2019.

In riferimento alla Legge Regionale n° 9/83, lo studio geologico deve fornire per l'area le informazioni occorrenti ai fini della prevenzione del rischio sismico ed idrogeologico, attraverso la redazione di un'adeguata base cartografica tematica, utilizzabile dai tecnici urbanisti per la formazione di corrette e razionali scelte di pianificazione territoriale in armonia con le possibilità ed i limiti imposti al progetto urbanistico dal contesto geologico presente.

Le indagini sono consistite essenzialmente in una verifica della situazione litostratigrafica locale, con la definizione dell'origine e della natura dei litotipi presenti, il loro stato di alterazione e fratturazione, la loro degradabilità, i lineamenti strutturali generali e la geometria e le caratteristiche delle superfici di discontinuità, i lineamenti geomorfologici

dell'area con i relativi processi geomorfici, i dissesti in atto eventuali e quelli potenzialmente attivabili.
Le informazioni geologiche sono state desunte dalla bibliografia e dalla letteratura geologica, come indicazioni generali e preliminari.
In tale fase propedeutica, dunque, è stato condotto uno studio preliminare, basato sulle conoscenze bibliografiche del territorio in esame e dalle esperienze professionali pregresse: in particolare si è fatto riferimento alla seguente Cartografia ufficiale:

- Carta Topografica d'Italia in scala 1:25.000 redatta dall'I.G.M.;
- Carta Tecnica Regionale in scala 1:5.000, Edizione 2015;
- Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 - Foglio 432 Benevento;
- Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 - Foglio 173 Benevento;
- Carta Inventario Fenomeni Franosi in Italia (Progetto I.F.F.I.);
- Carta degli scenari di Rischio - ex A.d.B. dei Fiumi Liri – Garigliano – Volturno (attuale A.d.B. Distrettuale dell'Appennino Meridionale);
- Mappe di pericolosità e rischio dell'aggiornamento del PGRA (approvazione DPCM del 1/12/2022) reperibili sul sito *web* dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale e sul sito del Ministero dell'Ambiente.
- Carta Idrogeologica della Campania in scala 1:200.000 (CELICO *et alii*, 1994).

L'indagine eseguita per lo svolgimento del presente lavoro, dunque, si è articolata nelle seguenti fasi di studio principali:

1. Fase preliminare. La prima fase ha riguardato la raccolta dei dati messi a disposizione presso enti pubblici e del materiale bibliografico riguardante l'area in esame.
2. Fase conoscitiva di base. Durante la seconda fase è stato effettuato il riconoscimento dei lineamenti geologici, geomorfologici e dell'assetto strutturale del territorio comunale, dello stato idrogeologico superficiale e sotterraneo, studio delle foto aeree disponibili per l'area.
3. Fase degli accertamenti di terreno. Si è svolta dapprima mediante un rilevamento geologico di campagna, al fine di verificare e aggiornare gli aspetti geologici e geomorfologici relativi al territorio in studio, e, successivamente rilievi di dettaglio affiancati dall'esecuzione, nei limiti delle disponibilità finanziare dell'Amministrazione, di indagini geognostiche, indagini geotecniche in sito, analisi geotecniche di laboratorio su campioni indisturbati e indagini geofisiche;
4. Fase di elaborazione e presentazione dei dati. Si è concretizzata nella redazione delle carte tematiche e la stesura della presente relazione geologica che illustra gli aspetti sostanziali dello studio svolto.

In particolare, ai sensi dell'Art. 11 - Titolo II della citata Legge Regionale Campania n° 9/83, le indagini, i rilievi e gli studi espletati nell'intero territorio comunale hanno consentito di elaborare tutti i dati utili alla compilazione dei seguenti elaborati cartografici in scala 1: 5.000:

- TAV-G01 - Carta geologica;
- TAV-G02 - Sezioni geologiche;
- TAV-G03 – Carte Rischio frane e alluvioni (1: 10.000);
- TAV-G04 – Carta geomorfologica;
- TAV-G05 – Carta delle pendenze;
- TAV-G06 – Carta della stabilità;
- TAV-G07 – Carta idrogeologica;
- TAV-G08 – Carta della zonazione in prospettiva sismica;
- TAV-G09 – Carta con ubicazione delle indagini.



Fig. 1.1. – Ubicazione del territorio comunale di Castelpoto.

2. - GEOLOGIA

2.1. - RILEVAMENTO GEOLOGICO

L'assetto stratigrafico e strutturale, dell'area indagata è stato definito da rilievi condotti seguendo i criteri del PROGETTO CARG del SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA al fine di identificare le unità litostratigrafiche affioranti e i loro rapporti geometrici (Quaderni del S.G.I., serie III, Volumi 1-:-15). Per la determinazione delle unità del substrato (unità preorogene e sinorogene; cfr. par. **2.2.**) si è tenuto conto di una analisi critica delle fonti bibliografiche.
Per quanto concerne le unità del Quaternario la loro determinazione si è fondata sul "Dizionario delle Unità Quaternarie" del SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA aggiornato al 2022 (Quaderni del S.G.I., serie III, Vol n. 12, fasc. III, Vol. n. 15). Per ogni unità sono state illustrate la composizione e le tessiture che caratterizzano le facies principali.
In figura 2.1. viene riportata la versione 2023/9 della Scala Cronostratigrafica (IUGS/ICS) per i riferimenti aggiornati (anche in milioni di anni, Ma) relative alle Unità Cronostratigrafiche/Geocronologiche di riferimento usate per indicare le età dei terreni cartografati.

2.2. - STRATIGRAFIA

2.2.1. - *Evidenze riportate dalla cartografia ufficiale*

Rispetto al Foglio 173-Benevento della Carta Geologica D'Italia in scala 1:100.000 pubblicato nel 1971, in corrispondenza dell'area di studio (fig. 2.2.) affiorerebbe principalmente una unità stratigrafica (cronostratigrafica) contrassegnata dalla sigla **Ms^5** (**M** sta per Miocene, **5** indica l'ultimo piano del Miocene, l'attuale Messiniano e la **s** indica che la litologia dominante è data da sabbie/arenarie più o meno cementate). Tale unità è costituita litologicamente da arenarie più o meno cementate, marne siltose e argille grigie che si alternano, a luoghi, a conglomerati poligenici più o meno cementati. In realtà tale "unità cronostratigrafica" contiene più unità litostratigrafiche (formazioni) separate da discontinuità significative, spesso geometricamente discordanti, formatesi in ambienti differenti, tutto ciò determina significative variazioni litologiche latero-verticali. L'unità **Ms^5** per come è stata usata nel Foglio 173 ricopre un intervallo temporale sicuramente più ampio del Messiniano.

Considerando la nuova Carta Geologica D'Italia in scala 1:50.000 Foglio 432-Benevento pubblicata nel 2009 la stessa zona (fig. 2.3.) presenta due principali unità litostratigrafiche (formazioni): **Formazione di S. Giorgio** (Selli, 1962) e **Unità di Tufo Altavilla**.

La prima (la sigla è **SGI**) più antica è attribuita alla parte alta dell'**Unità Tettonica del Fortore** (figg. 2.4., 2.5.) ed è costituita da depositi torbiditici sia pelitico-arenacei (***membro pelitico arenaceo di S. Libero***; sigla **SGI_1**) che essenzialmente arenacei (***membro arenaceo di Castelpoto***; sigla **SGI_2**), di età Langhiano-Miocene superiore p.p. (i *taxa* più recenti rinvenuti indicano Tortoniano medio-superiore).

In realtà nel Foglio 432 affiorano successioni torbiditiche mioceniche che presentano rapporti stratigrafici con le successioni carbonatiche mesozoiche depostesi in ambienti di mare basso (le rocce carbonatiche che costituiscono per esempio il Partenio, il gruppo di Monte Camposauro e quello del Taburno) e con successioni calcareo-marnose mesocenozoiche depostesi in ambienti di mare profondo (affioranti, per esempio, in corrispondenza della stazione di Vitulano; **Flysch Rosso** *Auct.*). Pertanto successioni simili per litologia e prossime per età hanno significato geologico molto diverso (ved. per es.: SGROSSO, 1998; PATACCA & SCANDONE 2007; BONARDI *et alii*, 2009). Quindi l'attribuzione di tali successioni sedimentarie alla **Formazione di S. Giorgio** (Selli, 1962) e l'equivalenza al **Flysch di Castelvetere** o al **Flysch di Torrecuso** (**membro pelitico arenaceo di S. Libero**; sigla **SGI_1**) dichiarata dagli Autori del Foglio 432 è, per ora, arbitraria[1].

Obiettiva è comunque la "descrizione"[2] dell'unità **SGI_2** (**membro arenaceo di Castelpoto**) cartografata a Castelpoto (fig. 2.4. e le Note Illustrative del Foglio 432), che gli stessi Autori del Foglio avvertono che non hanno potuto rappresentare con le **4 litofacies** osservabili sul terreno nelle aree di affioramento di questo membro:

1. **arenacea**;
2. **arenaceo-pelitica**;
3. **arenaceo-conglomeratica**;
4. **pelitico-arenacea**;

Lo spessore complessivo stimato di tale membro è di 250-300m.

[1] Nel Foglio 431 Caserta Est l'unità che corrisponde a **SGI** nel Foglio 432 Benevento, è stata cartografata come **Arenarie di Campoli** e attribuita all'**Unità Tettonica del Sannio** (*Auct.*).

[2] La descrizione appare oggettiva, mentre si è verificato sul campo che le aree di affioramento di questa unità riportate sul Foglio non sono sempre corrette. In diversi casi affiorano unità stratigrafiche differenti (per es. cfr. fig. 4 con fig. 7).

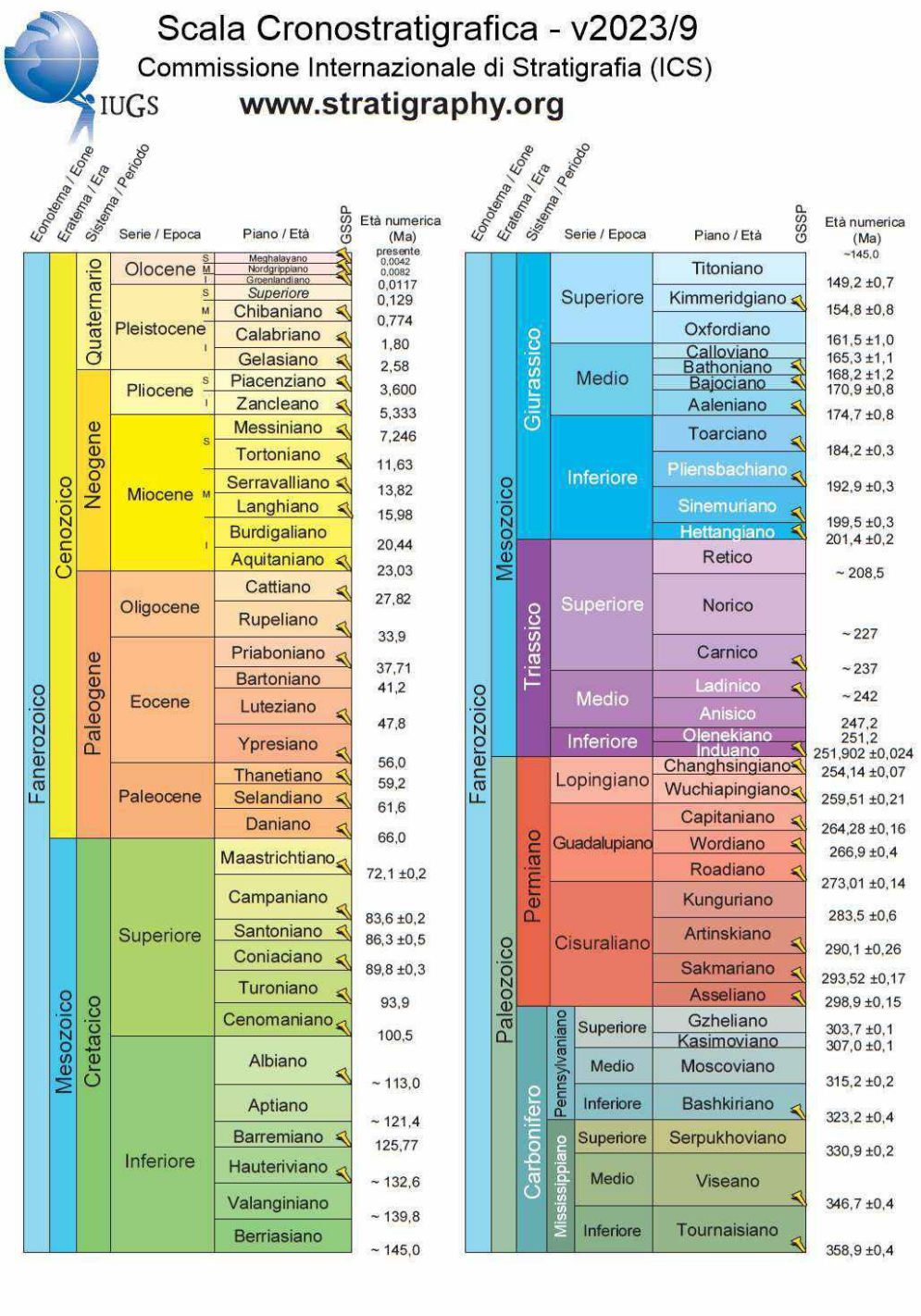


Fig. 2.1. – Scala Cronostratigrafica/Geocronologica (IUGS-ICS) versione 2023/9.

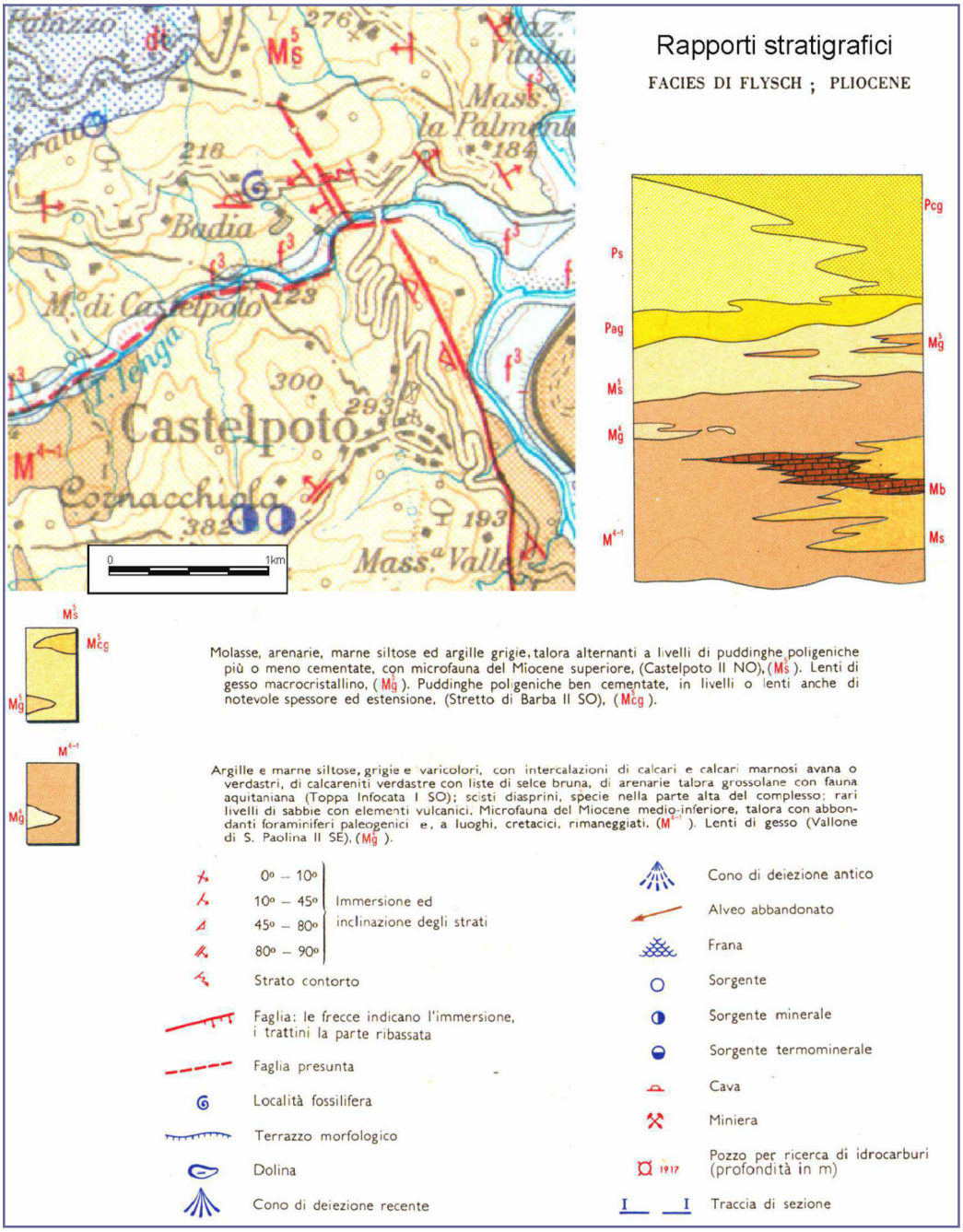


Fig. 2.2. – Stralcio Foglio 173 Benevento della Carta Geologica D'Italia. L'unità stratigrafica (cronostratigrafica) affiorante nell'area di interesse è quella contrassegnata dalla sigla **Ms^5** attribuita genericamente alla parte alta del Miocene (Messiniano). Essa è costituita litologicamente da arenarie più o meno cementate, marne siltose ed argille grigie che si alternano, a luoghi, a conglomerati poligenici più o meno cementati.

Da sopralluoghi fatti tra Torre Castauro e il centro urbano di Castelpoto, in affioramento, sono riconoscibili la **litofacies arenaceo-pelitica** e la **litofacies pelitico-arenaceo** in cui, in rari casi, si distinguono livelli conglomeratici (cfr. par. **2.2.2.**).
La seconda unità, l'**Unità di Tufo Altavilla** (la sigla è **UTA**), appartiene al **Gruppo di Altavilla** cioè un insieme di formazioni che si sono deposte immediatamente dopo l'evento evaporitico (deposizione dell'unità Gessoso-Solgifera Auct.) che si è avuto nel Messiniano tra circa 5,96 e 5,44 milioni di anni fa. In particolare l'**UTA** è costituita da sedimenti silicoclastici variabili per tessiture, strutture sedimentarie e biofacies che riflettono ambienti sedimentari da quelli continentali (per es. di piana alluvionale) a quelli di transizione e marini (per es.: spiaggia, spiaggia sommersa piattaforma). Pertanto questa formazione è divisa in numerosi membri (fig. 4) che presentano caratteri litostratigrafici peculiari dei diversi ambienti di deposizione. Il Foglio 432, nell'area in esame, riporta l'unità **UTA_1** (**membro arenaceo inferiore del F. Sabato**) che affiora molto bene in sinistra del torrente Jenga a nord di Castelpoto (cfr. par. **2.2.2.**). L'età determinata in base all'esame su gli isotopi dello stronzio dei gusci di ostreidi è di circa 5 milioni di anni (Note Illustrative del Foglio 432, 2009) ponendo questa unità tra il Messiniano superiore parte alta e il Pliocene inferiore parte bassa. Nella Zona a E di Masseria Motta affiora anche la litofacies conglomeratica (**UTA_{1a}**) alla base del membro.

Relativamente all'<u>assetto strutturale</u> l'andamento della stratificazione riportato nei due Fogli non è sempre corretto in base alle ricognizioni fatte. L'indicazione di elementi strutturali secondari (faglie, sovrascorrimenti, tracce di piani assiali, ecc.) è ridotto all'essenziale nel Foglio 173 (fig. 2.2.), mentre nel Foglio 432 è chiara (figg. 2.3. e 2.5.) la matrice interpretativa (probabilmente senza le opportune verifiche di terreno, richieste dall'importanza dei lineamenti strutturali cartografati). È utile far notare che una sezione geologica, a corredo del Foglio 432, passa per l'abitato di Castelpoto (fig. 2.5.). Nella sezione Castelpoto sorgerebbe sull'unità **SGI_2** che presenta una struttura antiforme con piano assiale inclinato immergente verso i quadranti occidentali. Tale struttura ad ENE è tettonicamente sovrapposta sulla parte più bassa dell'Unità Tettonica del Fortore (**AVR**, Formazione delle Argille Varicolori). Dalle giaciture degli strati riportate in carta detta struttura dell'unità **SGI_2** sarebbe un <u>antiforme anticlinale inclinata</u>.

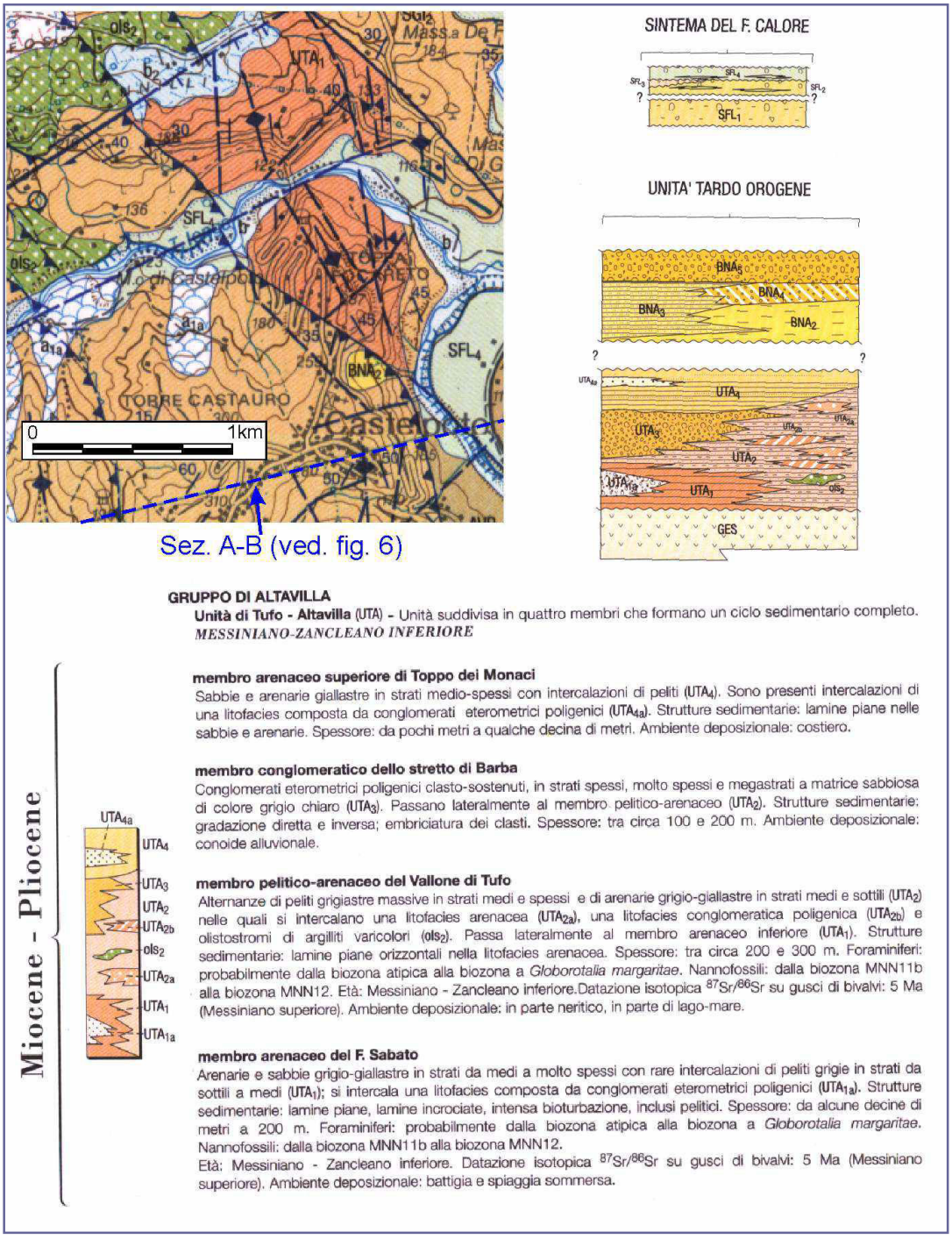


Fig. 2.3. – Stralcio Foglio 432 Benevento della Carta Geologica D'Italia (2009). Si riporta l'area di studio e la descrizione della formazione Unità di Tufo-Altavilla (**UTA**) con i diversi membri e le litofacies.

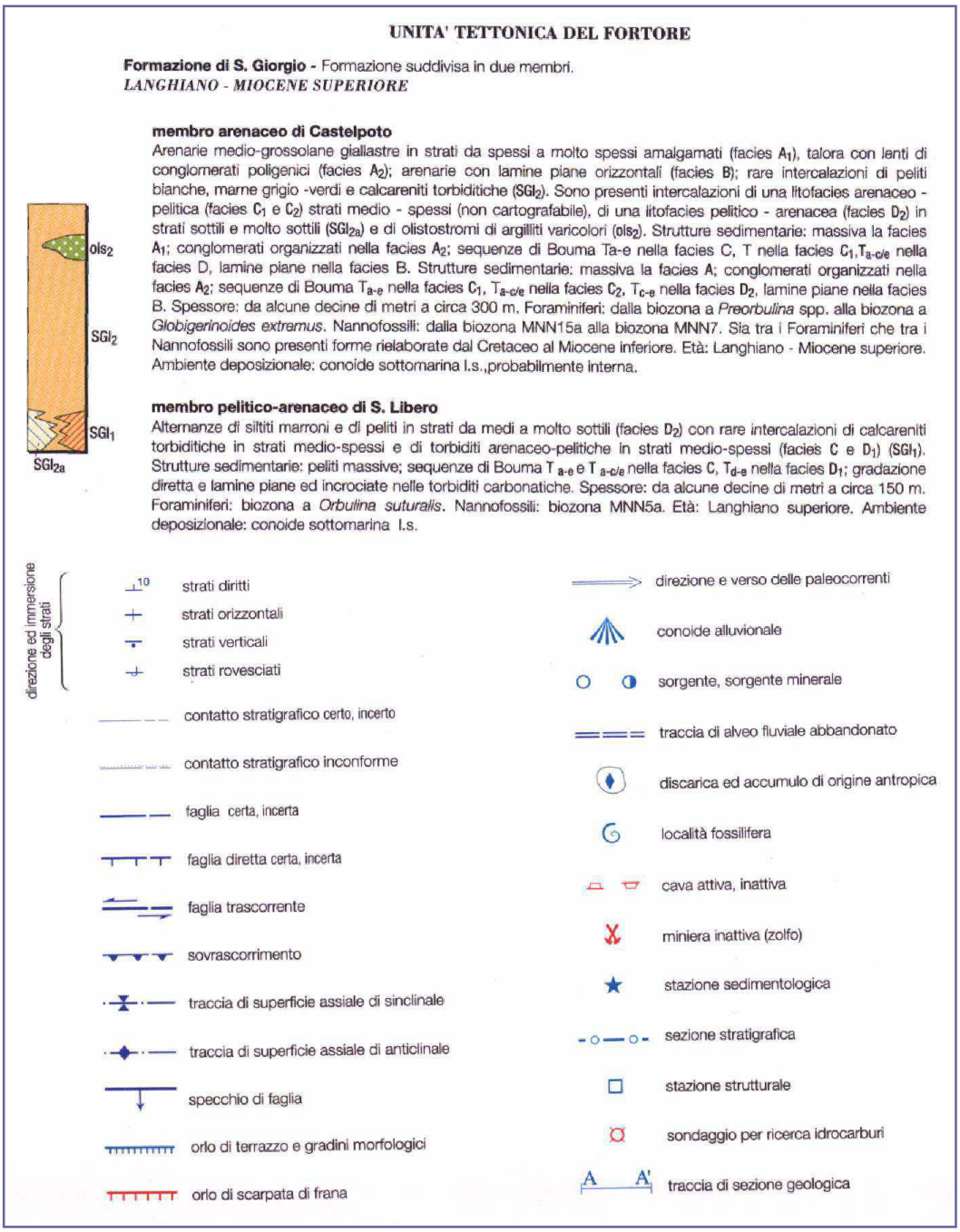


Fig. 2.4. – Stralcio Foglio 432 Benevento della Carta Geologica D'Italia (2009). Parte della legenda del Foglio con la descrizione della Formazione di San Giorgio e dei simboli adottati.

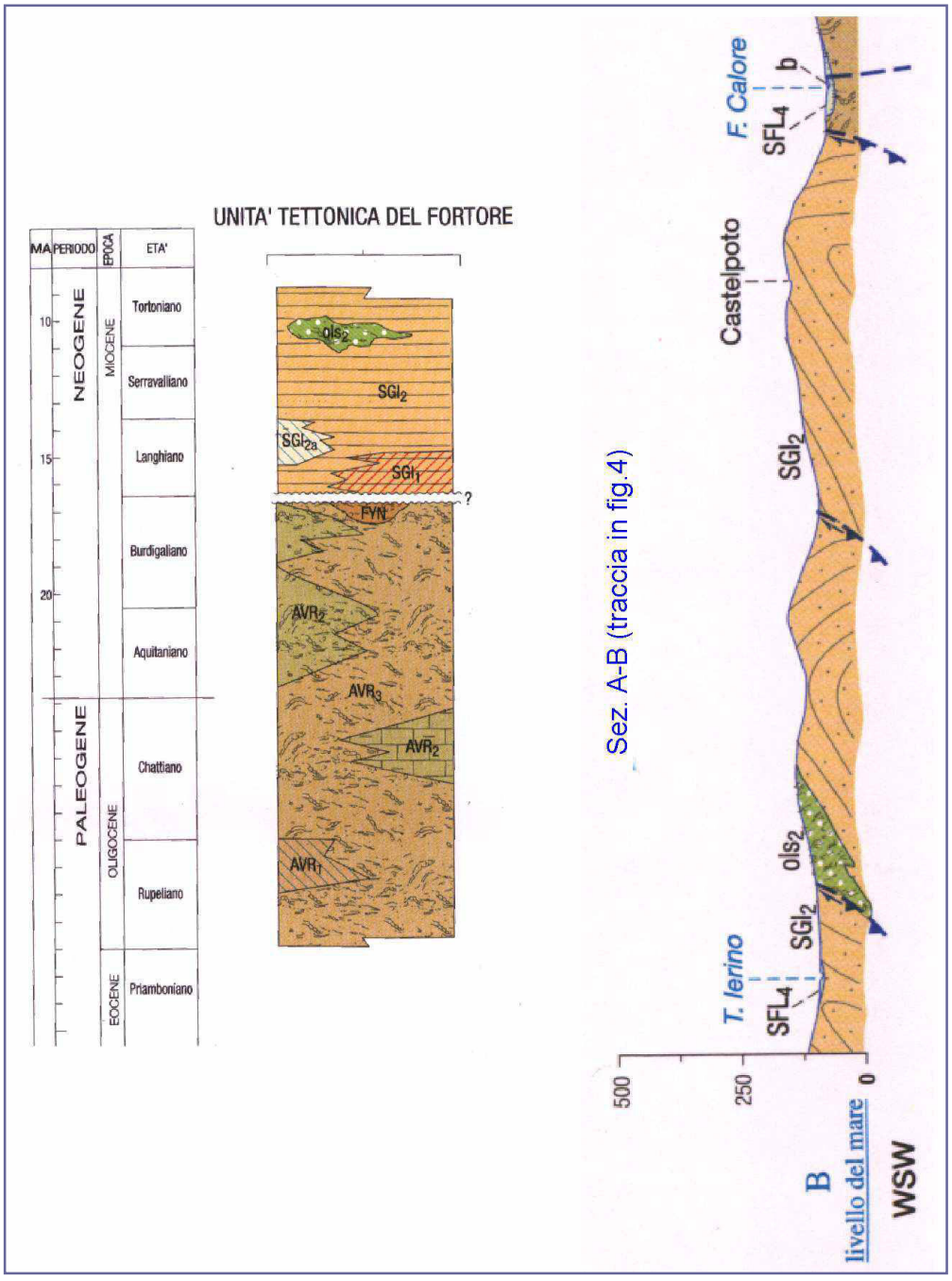


Fig. 2.5. – Stralcio Foglio 432 Benevento della Carta Geologica D'Italia (2009). Si riporta lo schema stratigrafico dell'Unità del Fortore e una parte di una sezione geologica, a corredo della carta, che passa per l'abitato di Castelpoto. Nella sezione Castelpoto sorgerebbe sull'unità **SGI_2** che presenta una struttura antiforme inclinata con piano assiale immergente verso i quadranti occidentali. Tale struttura si sovrappone tettonicamente sulla parte più bassa dell'Unità Tettonica del Fortore (**AVR**, Formazione delle Argille Varicolori). Dalle giaciture degli strati riportate in carta la struttura dell'unità **SGI_2** è un antiforme anticlinale inclinata.

2.2.2. - *Unità stratigrafiche distinte nell'area di interesse*

2.2.2.1. - UNITÀ PREOROGENICHE DI BASE DI SCAPATA E BACINO

Successioni costituite essenzialmente da peliti argillose e/o marnose policrome (rosse, verdi, grigie, marroni, nere) che si alternano a strati calcarei e/o calcareo-marnosi (più o meno silicizzati) da molto sottili a medi. Possono essere presenti noduli e liste di selce e livelli diasprigni. Nell'area di interesse queste successioni si presentano più o meno caoticizzate. La giacitura caotica viene attribuita a processi tettonici e/o sedimentari (frane sottomarine) in base alle evidenze riscontrate a livello regionale dai diversi Autori. Tali processi sarebbero intervenuti nel Miocene e avrebbero permesso di inglobare lembi di altre unità stratigrafiche.
Nel Foglio 432 Benevento della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 sono state attribuite alla "formazione delle Argille Varicolori" (sigla **AVR**) ed associate all'Unità tettonica del Fortore di PESCATORE *et alii* (2000). L'ambiente di sedimentazione dovrebbe essere di mare profondo distante da ambienti di mare basso. Gli Autori del Foglio indicano un'età delle successioni rilevate compresa tra l'Oligocene e il Miocene inferiore. Sul terreno, in realtà, nel settore occidentale del Foglio 432 - Benevento (nei territori di Torrecuso, Foglianise, Castelpoto ed Apollosa) tra le successioni attribuite ad **AVR** vi sono alcune che presentano evidenze litostratigrafiche che indicherebbero sia un intervallo cronostratigrafico ben più ampio (Cretacico superiore - Miocene inferiore) sia un ambiente di deposizione più prossimo ad ambienti di mare basso (di base scarpata/o di bacino prossimale). Pertanto è possibile un'appartenenza di queste successioni ad unità tettoniche diverse (p.es.: Unità tettonica del Sannio; Patacca & Scandone, 2007) e/o, a luoghi, essere suscettibili di interpretazioni differenti del loro assetto stratigrafico (p. es.: appartenenza al Complesso Caotico del Torrente Calaggio; Patacca & Scandone, 2007).
Seguendo le indicazioni del Foglio Geologico 432 - Benevento, tenendo conto di un'attribuzione cronostratigrafica più ampia (Cretacico superiore - Miocene inferiore) e dell'asseto caotico delle successioni si adotta il criterio del Foglio Geologico 433 - Ariano Irpino associando tali unità al Gruppo delle Argille Variegate (sigla **AV**). Le successioni eteropiche con più abbondanti risedimenti carbonatici sono state attribuite alla Formazione del Flysch Rosso (**FYR**).

2.2.2.1.a. - *Flysch Rosso (***FYR***)*
(corrisponde all'unità distinta con la sigla AVR2 nel Foglio 432 Benevento)

L'unità più antica affiorante nel territorio comunale. È costituita da strati da sottili a molto spessi costituiti da calcari biancastri ruditici e arenitici più o meno ricristallizzati che si alternano a strati da molto sottili a medi di peliti argillose e/o marnose di colore rossastro e/o verdastro. Possono essere presenti livelli con noduli e/o liste di selce e livelli diasprigni. Affiora ad E del territorio comunale al confine con Benevento per una estensione di circa mezzo chilometro quadro e con uno spessore stimato di 150-200m.
Gli strati ruditici sono spesso litoclastici con elementi della successione carbonatica mesozoica di piattaforma neritica. Nei campioni osservati si sono distinti frammenti isolati di rudiste e gusci isolati di orbitoidi che indicherebbero un'età non più antica del Campaniano superiore-Maastricthiano. Nei campioni raccolti non sono stati osservati resti fossili o litoclasti indicativi di un'età più recente. L'unità appare sovrapposta tettonicamente su **AV**.

2.2.2.1.b. - *Gruppo delle Argille Variegate (***AV***)*
(sigla AVR nel Foglio 432 Benevento)

Peliti argillose e/o marnose policrome (rosse, verdi, grigie, marroni, nere) che si alternano a strati calcarei e/o calcareo-marnosi da molto sottili a medi. Possono essere presenti noduli e liste di selce e livelli diasprigni. Nell'area di interesse queste successioni si presentano più o meno caoticizzate. Gli strati calcareo-marnosi (più o meno silicizzati), grigi o biancastri, sono a frattura concoide (ricordano la "pietra alberese") e talora con patine di alterazione giallastre tipiche della "pietra paesina". Negli strati calcarei arenitici e/o ruditici, generalmente ricristallizzati e non frequenti, si possono riconoscere resti fossili (frammenti di molluschi, macroforaminiferi bentonici, ecc.) derivati dalla risedimentazione di materiali provenienti da ambienti di mare basso. In alcuni blocchi di calcari arenitico-ruditici bioclastici si sono osservati gusci di Nummuliti ed Alveoline probabilmente rimaneggiati che indicherebbero un'età non più antica dell'Eocene.

2.2.2.2. – *UNITA' SINOROGENETICHE*

2.2.2.2.a.- *Formazione di San Giorgio (**SGI**)*

Questa unità, nel Foglio 432 Benevento della Carta Geologica d'Italia (2009) 1: 50.000, corrisponde a successioni silicoclastiche torbiditiche di conoide sottomarina del Miocene medio-superiore. Nel Foglio sono stati distinti due membri: *membro arenaceo di Castelpoto* (**SGI$_2$**); *membro pelitico-arenaceo di San Libero* (non affiorante nel territorio di Castelpoto. Nelle successioni di questa unità, a luoghi, si rinvengono grossi blocchi (**ol**) costituiti da pacchi di strati di successioni carbonatiche di piattaforma neritica del Mesozoico più o meno tettonizzati.

2.2.2.2.a.1. - *membro arenaceo di Castelpoto* (**SGI$_2$**)

Diviso in tre litofacies sulla base del rapporto arenaria/pelite. Gli strati pelitici, nelle successioni torbitiche silicoclastiche, sono costituiti da silt ed argilla in proporzioni variabili e generalmente significative di entrambi. La frazione argillosa a contatto con l'acqua rigonfia e degrada questi strati. Pertanto la presenza di strati pelitici e la loro degradazione influenzano le caratteristiche meccaniche di queste unità e la loro erodibilità.

2.2.2.2.a.1.a. - *litofacies arenacea* (**SGI$_{2a}$**)

Arenarie grossolane a luoghi conglomeratiche che appaiano massive. La composizione è arcosico-litica: essenzialmente costitiuita da quarzo e feldspati con elementi litici di natura cabonatica, ignea (per es.: graniti, sieniti, granodioriti) e metamorfica. Depositi costituiti da strati amalgamati più o meno cementati affiorano estesamente senza presentare strutture sedimentarie rilevanti (anche l'andamento della stratificazione, localmente, è spesso di difficile determinazione). Questi corpi arenacei presentano passaggi latero-verticali a litofacies diverse con limiti stratigrafici presumibilmente netti e talora chiaramente erosivi.

2.2.2.2.a.1.b. - *litofacies arenaceo-pelitica* (**SGI$_{2b}$**)

Strati arenacei di spessore da medio a spesso alternati a strati pelitici più o meno arenacei medi e sottili. Le peliti si presentano generalmente micacee. In questi depositi torbiditici si osservano gradazioni e laminazioni piano-parallele e incrociate (intervalli di Bouma). Le caratteristiche meccaniche di questa unità dipendono principalmente dal grado di alterazione (rigonfiamento) dei livelli pelitici che tende a variare (diminuire) con la profondità dal piano campagna.

2.2.2.2.a.1.c. - *liotofacies pelitico-arenacea* (**SGI_{2c}**)

Alternanze di strati sottili e molto sottili (spessore minore di 10cm) di arenarie micacee e strati sottili e molto sottili di peliti argilloso-marnose spesso micacee. Gli strati arenacei sono attraversati da diversi sistemi di fratture normali alla stratificazione che tendono a frammentarli in elementi centimetrici e decimetrici. Le caratteristiche meccaniche di questa unità dipendono principalmente dal grado di alterazione (rigonfiamento) dei livelli pelitici che tende a variare (diminuire) con la profondità dal piano campagna.

2.2.2.2.b. - *Gruppo della Gessoso-Solfifera*

2.2.2.2.b.1. - *formazione delle evaporiti di Monte Castello* (**CTL**)

Nel territorio di Castelpoto, in località San Mauro, sono presenti cave di gesso abbandonate in corrispondenza delle quali è possibile ricostruire una successione evaporitica di circa 20metri. La parte basale, dello spessore inferiore a 5m, è costituita da peliti di colore variabile dal grigio scuro al marrone scuro con cristalli di gesso centimetrici e sub-centimetrici e da livelli lateralmente discontinui di depositi laminati ibridi (presenza di frazione silicoclastica) e/o calcarei che, a luoghi, si presentano come vere e proprie stromatoliti. La restante parte della successione è costituita da depositi lateralmente discontinui di gessi microcristallini nodulari biancastri a mosaico con materiale arenaceo tra i noduli. La successione rispecchia una deposizione primaria tipica delle evaporiti di ambienti di acque basse. **Età**: la deposizione dovrebbe risalile all'evento evaporitico datato 5,96 milioni di anni fa che ha interessato l'area mediterranea. La successione poggia in discontinuità e discordanza (limite inconforme) sulla formazione di San Giorgio (**SGI**). Il limite superiore è discontinuo e discordante con **UTA** (**UTA_1** e **UTA_{1a}**).

2.2.2.2.c. - *Gruppo di Altavilla*

2.2.2.2.c.1. - *unità' di Tufo - Altavilla* (**UTA**)

2.2.2.2.c.1.a. - *membro arenaceo del Fiume Sabato* (**UTA$_1$**)
Costituito da una successione che può raggiungere e superare i 100m di spessore (circa 80m lungo il Torrente Ienga). Arenarie più o meno cementate in strati medi e spessi generalmente massivi e a luoghi laminati con all'interno, talvolta, tracce fossili di organismi limivori, resti di molluschi tra cui ostreidi dal guscio molto spesso. Verso la base l'unità passa lateralmente alla litofacies conglomeratica, mentre vero la parte più alta si osservano passaggi latero-verticali al membro pelitico. L'ambiente di sedimentazione varia tra battigia e spiaggia sommersa. Nell'area in esame l'unità poggia in discontinuità e discordanza (limite inconforme) su **SGI**, **CTL** e **AV**. **Età**: Messiniano superiore terminale? – Pliocene inferiore p.p.

2.2.2.2.c.1.b. - *liotofacies conglomeratica (***UTA$_{1a}$***)*
Conglomerati eterometrici poligenici. Sono costituiti da ciottoli arrotondati e molto arrotondati di dimensioni centimetriche e decimetriche. La matrice varia da pelitico arenacea ad arenacea e la cementazione è variabile. Gli strati sono compositi e l'andamento della stratificazione è messa in risalto da variazioni tessiturali (gradazioni, lenti arenacee, ecc.). L'addensamento dei ciottoli è solitamente superiore al 50-60% (ortoconglomerati) e, a luoghi, si possono osservare valori inferiori (paraconglomerati). La composizione/origine dei ciottoli dipende dalle formazioni da cui provengono: successione mesozoica di piattaforma carbonatica neritica (ciottoli carbonatici con micro-lito-bio-facies di mare basso), successioni meso-cenozoiche di transizione e bacino (ciottoli carbonatici più o meno silicizzati), successioni silicoclastiche mioceniche (ciottoli arenacei). In alcuni affioramenti si sono osservati frammenti di molluschi e ciottoli con fori di organismi litofagi. Nell'area in esame l'unità rappresenta un'eteropia nella parte bassa del membro arenaceo. **Età**: Messiniano superiore terminale? – Pliocene inferiore p.p.

2.2.2.2.c.1.c. - *membro pelitico-arenaceo del Vallone di Tufo (***UTA$_2$***)*
Peliti sabbiose marnoso-argillose grigiastre alternate a sabbie medio-fini siltose e strati arenacei; talora si osservano resti di molluschi e stratificazione a *flaser*. L'ambiente di sedimentazione può variare da lago-mare a neritico. Lo spessore può superare i 40m. Nell'area in esame l'unità si interdigita con gli altri due membri prima di sostituirli nella parte alta della successione affiorante.

2.2.2.3. - DEPOSITI CONTINENTALI (Quaternario)

2.2.2.3.a. - UNITA' NON DISTINTE IN BASE AL BACINO DI APPARTENENZA

2.2.2.3.a.1. - *Depositi alluvionali terrazzati: 40-50m sull'alveo attuale (**b_{nb}**)*

Depositi alluvionali da fini (limoso-sabbiosi, sabbioso-limosi) a grossolani (ghiaiosi, ghiaioso-sabbiosi), possono contenere paleosuoli. Si sono sedimentati quando il livello locale di base si sviluppava a quote più elevate di quello attuale. Sono ricoperti da una coltre eluvio-colluviale più o meno ricca di piroclastiti. **Età**: Pleistocene superiore parte bassa.

2.2.2.3.a.2. - *Depositi alluvionali terrazzati: 15-20m sull'alveo attuale (**b_{na}**)*

Depositi alluvionali da fini (limoso-sabbiosi, sabbioso-limosi) a grossolani (ghiaiosi, ghiaioso-sabbiosi). si sono sedimentati quando il livello locale di base si sviluppava a quote più elevate di quello attuale. A luoghi sono ricoperti da una coltre eluvio-colluviale più o meno ricca di piroclastiti (possibile presenza di Ignimbrite Campana). **Età**: Pleistocene superiore parte alta.

2.2.2.3.a.3. - *Depositi alluvionali-facies di piana inondabile (**b_{n0}**)*

Alternanze di strati da spessi a sottili di sabbie limose e di limi argilloso-sabbiosi. Costituiscono i depositi delle aree golenali, di terrazzi alluvionali quiescenti e attivi e/o conoidi alluvionali a bassa pendenza. Talora si rinvengono livelli di colore nero ricchi di sostanza organica. Studi stratigrafici di dettaglio mostrano un'architettura di questi depositi complessa con successivi fenomeni di sovralluvionamento (con aggradazione) e successive reincisioni. Tale evoluzione ha permesso di conservare i resti/tracce di documentate di frequentazione umana degli ultimi 4.000 anni. Lo spessore può superare i 10m. **Età**: Pleistocene superiore p.p.-Olocene.

2.2.2.3.a.4. - *Depositi alluvionali-facies di canale (***b***)*

Ghiaie e sabbie, a luoghi con presenza di blocchi anche di grandi dimensioni (anche maggiori di $1m^3$); costituiscono i depositi degli alvei attuali e delle aree golenali prossime ai canali. **Età**: Olocene.

2.2.2.3.a.5. - *Depositi di frana (***a_1***)*

Derivano da processi di trasporto in massa che hanno coinvolto generalmente unità costituite da alternanze di strati pelitici argilloso-marnosi e strati calcarei e/o arenacei, depositi di versante detritico-colluviale e coltri eluvio-colluviali. Tali depositi sono stati considerati: attivi se durante il corso dei rilievi si sono osservate evidenze di attività nell'ultimo anno idrologico; quiescenti se non è stato possibile dimostrare la non attività; stabilizzati se si sono riscontrate evidenze che mostrano l'esaurimento della loro dinamica evolutiva per fattori morfodinamici e morfoclimatici. **Età**: Pleistocene superiore – Olocene.

2.2.2.3.a.6. - *Depositi di versante detritico-colluviale (***a***)*

Sono costituiti da strati irregolari ad elementi calcarei eterometrici con o senza matrice. La matrice, quando presente, è costituita da frazione più o meno significative di argilla più o meno marnosa derivante dalla degradazione dei livelli di peliti appartenenti alle unità del substrato, oppure dall'alterazione di piroclastiti rimaneggiate e non. Lateralmente, verso valle, questi detriti passano a coperture eluvio-colluviali. Lo spessore di questi depositi può essere molto variabile da punto a punto in base all'evoluzione subita dal tratto di versante considerato. **Età**: Pleistocene superiore-Olocene.

2.2.2.3.a.7. - *Coltri eluvio-colluviali (***b_2***)*

Materiali incoerenti in cui è possibile distinguere una matrice, da sabbioso-argilloso-limosa ad argilloso-limoso-sabbiosa, e litoclasti da subcentimetrici e decimetrici con addensamento variabile. La matrice può derivare dall'alterazione delle unità del substrato e di depositi piroclastici provenienti dai centri eruttivi campani. I litoclasti sono spesso

costituiti da calcare, selce e arenaria. Lo spessore è variabile in funzione delle condizioni morfologiche in cui l'unità si è sviluppata. Età: Pleistocene superiore-Olocene.

2.2.2.3.a.8. - *Depositi antropici (***h, h_1***)*

Rilevati per sedi stradali di dimensioni significative (**h**). Depositi costituiti da rifiuti solidi di natura variabile, terreni derivanti da opere di scavo, di demolizione e/o ristrutturazione di opere edili. Sono presenti in aree destinate in passato a discariche in corrispondenza di cave abbandonate (**h_1**).

2.3. - ASPETTI STRUTTURALI

I rilievi condotti hanno permesso di realizzare una carta geologica e 5 sezioni geologiche (TAV-02) in modo da definire non solo l'assetto stratigrafico, ma anche quello strutturale. Da un punto di vista stratigrafico nell'area in esame si desume l'andamento del contatto discordante tra l'unità **SGI_2** e **UTA_1** rappresentato in carta ed in sezione (TAVV. 1 e 2). Da un punto di vista strutturale si conferma la presenza di una struttura antiforme anticlinale inclinata, ma da associare all'unità **UTA_1**. La stessa struttura coinvolge l'unità **SGI_2** sovrapponendosi ad altre strutture (per es. il sovrascorrimento interno a SGI) legate ad eventi deformativi precedenti a quello che ha coinvolto **UTA_1**. Pertanto la sezione geologica del Foglio 432 non sembrerebbe corretta. Inoltre nell'area in esame è possibile -dedurre- la presenza di piccole faglie ad andamento appenninico (NW-SE) ed antiappenninico (NE-SW) che dislocano entrambe le unità complicando ulteriormente l'assetto strutturale.
Nel settore SE, verso il confine con il territorio del comune di Benevento, la presenza di unità più antiche (**AV** e **FYR**) condiziona l'assetto strutturale. In questa zona si osserva una probabile sovrapposizione di unità più antiche su quelle più recenti (SGI\AV\FYR). Mancando datazioni precise di questi terreni si può solo dire che i limiti tra queste unità potrebbero essere legati a sovrascorrimenti oppure scollamenti di una successione rovesciata.

3. - GEOMORFOLOGIA

Il Comune di Castelpoto è ubicato ad una distanza di circa 6.5 Km a ovest di Benevento (fig. 1.1.) e confina con i territori comunali di Benevento a Est, di Foglianise a Nord, di Vitulano a Nord-Ovest, di Campoli del Monte Taburno a Ovest ed Apollosa a Sud.
Il suo territorio è delimitato dalla valle del Fiume Calore a Nord-Est e dal Torrente Jenga che ne borda il lato Nord fino alla sua immissione nel Fiume Calore in località "Masseria Di Gioia" (fig. 3.1.). Il torrente Lossauro, tributario del F. Calore, ne delimita buona parte del confine meridionale fin da dove si origina, poco più a Sud di località "Cesco Malandrina" (533 metri s.l.m.), separando il territorio comunale di Castelpoto da quello di Apollosa. Infine, la Strada Provinciale Apollosa-Castelpoto segna il confine occidentale col Comune di Vitulano e quello di Campoli del Monte Taburno.
La morfologia del territorio esaminato è piuttosto varia e rappresenta il risultato del modellamento operato dai processi innescati dall'approfondimento progressivo dei corsi d'acqua (condizionato dall'assetto tettonico), in litologie principalmente arenaceo-pelitiche e argilloso-marnose. Le variazioni climatiche susseguitesi nel Quaternario, hanno controllato direttamente o indirettamente l'intensità dei principali processi morfogenetici.
Ciò ha prodotto forme del rilievo complesse derivati dalla sovrapposizione di più processi morfogenetici che hanno agito in tempi diversi e che attualmente sono soggette all'azione erosiva areale, lineare e puntuale nell'attuale contesto morfodinamico, favorita anche da un uso antropico poco accorto.
Il territorio comunale di Castelpoto è caratterizzato in massima parte da un paesaggio essenzialmente collinare, con quote altimetriche comprese tra un massimo di circa 500 metri s.l.m. nell'area meridionale e un minimo di circa 100 metri s.l.m. in corrispondenza della valle del Fiume Calore a Nord-Est e della confluenza del Torrente Jenga nell'alveo dello stesso Calore.
Nell'ambito dell'intero territorio comunale, la pendenza media dei versanti risulta per la maggior parte dei casi compresa nel range 11 – 27°, con talune eccezioni rappresentate da versanti ad elevata pendenza (>40°) che si sviluppano in direzione meridiana in particolare nell'ambito dei depositi arenacei (*membro arenaceo di Castelpoto*) e di quelli più recenti arenaceo-pelitici e conglomeratici (*unità di Tufo-Altavilla)*.

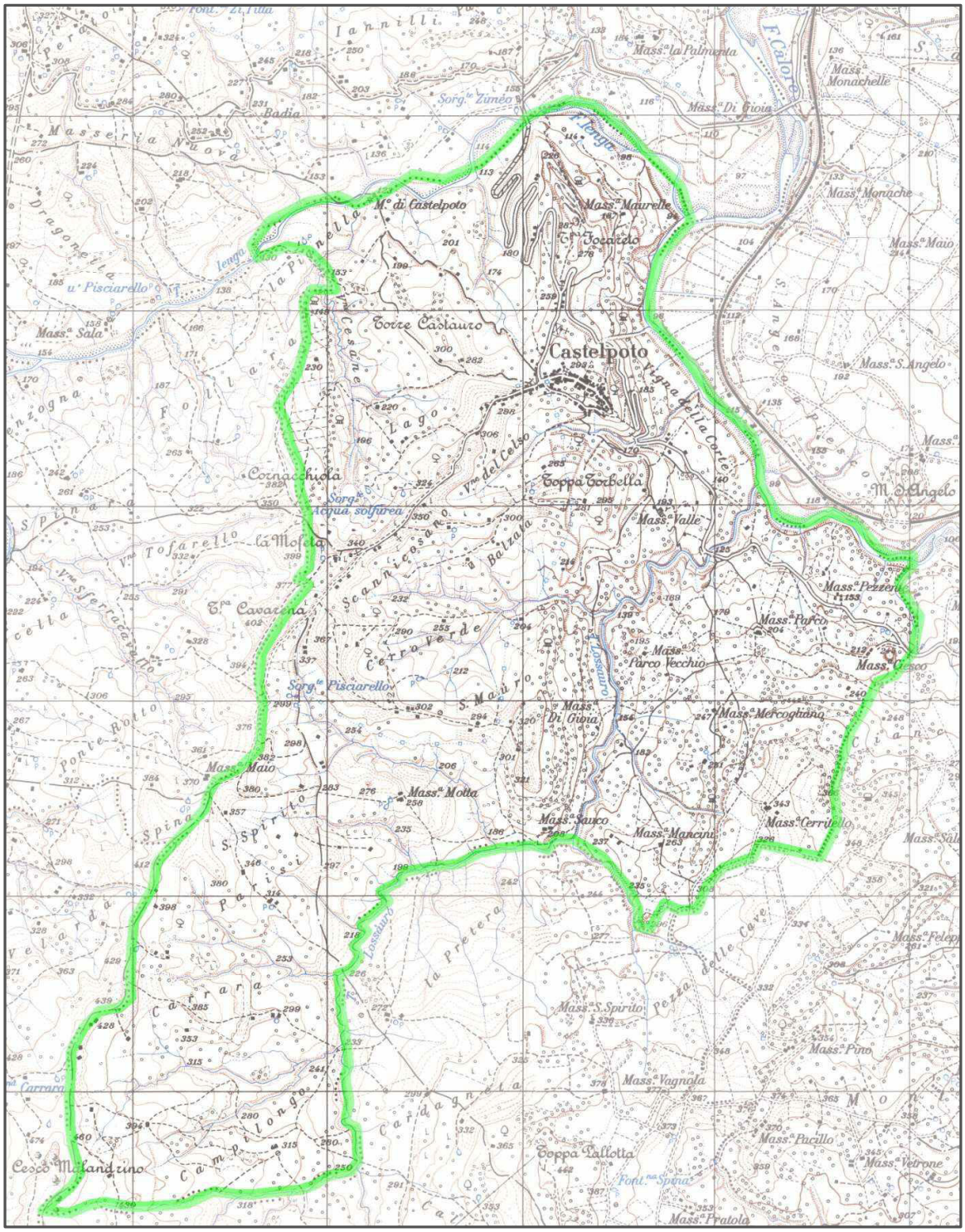


Fig. 3.1. – Territorio di Castelpoto su cartografia IGM. Il reticolato è a maglie di un chilometro.

Le aree a pendenza elevata si rinvengono in particolare su gran parte del versante orientale che degrada dal centro storico di Castelpoto verso la località "Vigna della Corte", a ridosso dello spartiacque secondario di "Toppa Focareto" a Nord e in sinistra idraulica del Vallone Cesane, tributario del T. Jenga, a Ovest del Centro Storico.
Infine, un'ultima area ad elevata pendenza con allineamento a direzione all'incirca meridiana si rileva sul basso versante che degrada dallo spartiacque del rilievo collinare che collega "Masseria Sauco" e "Masseria Di Gioia" verso l'alveo del Torrente Lossauro, a Sud del Centro Storico.
Le aree a bassa pendenza (< 11°) sono quelle più direttamente prossime ai principali corsi d'acqua a Nord e Nord-Est ed in destra idraulica del Torrente Lossauro, in località "Masseria Parco Vecchio", "Masseria Parco" e "Masseria Pezzente"; altre aree sub-pianeggianti o poco inclinate si rinvengono in località "Campilongo", sul confine meridionale, in località "Masseria Motta", in località "Masseria Cerritello" a Est ed in prossimità di taluni rami di spartiacque nell'ambito del territorio comunale.
Il reticolo idrografico è condizionato dall'assetto tettonico per quanto riguarda le aste principali principali che tendono a seguire direttrici tettoniche (assi di piegamento e/o faglie). I reticoli dei singoli bacini sembrano essere condizionati dalla sensibile erodibilità e relativamente bassa permeabilità dei terreni affioranti si presentano abbastanza fitti e mediamente gerarchizzati, definendo un pattern idrografico perlopiù di tipo sub-dendritico, nella porzione centro-meridionale del territorio comunale, meno fitto e gerarchizzato sui margini orientale e settentrionale. In alcuni casi l'affioramento esteso di terreni con caratteristiche uniformi ha permesso di lo sviluppo di un ventaglio di testata del bacino regolare (vedi zona di Scannicosano, Cerro verde, San Mauro).
In sinistra orografica del Torrente Jenga, che nell'ambito del territorio comunale di Castelpoto presenta un andamento rettilineo o blandamente meandriforme, a circa 1 km dalla confluenza con il Fiume Calore, si sono riconosciuti quattro ordini di terrazzi, incassati in una "superficie relitta", impostata intorno ai 200-300 m s.l.m. (PESCATORE *et alii*, 2005).
Gli ordini di terrazzi sono ubicati rispettivamente alle seguenti quote riferite all'attuale alveo (fig. 3.2.):

- I ordine: 7-8 metri
- II ordine: 15-16 metri
- III ordine: 45-50 metri
- IV ordine: 70-80 metri.

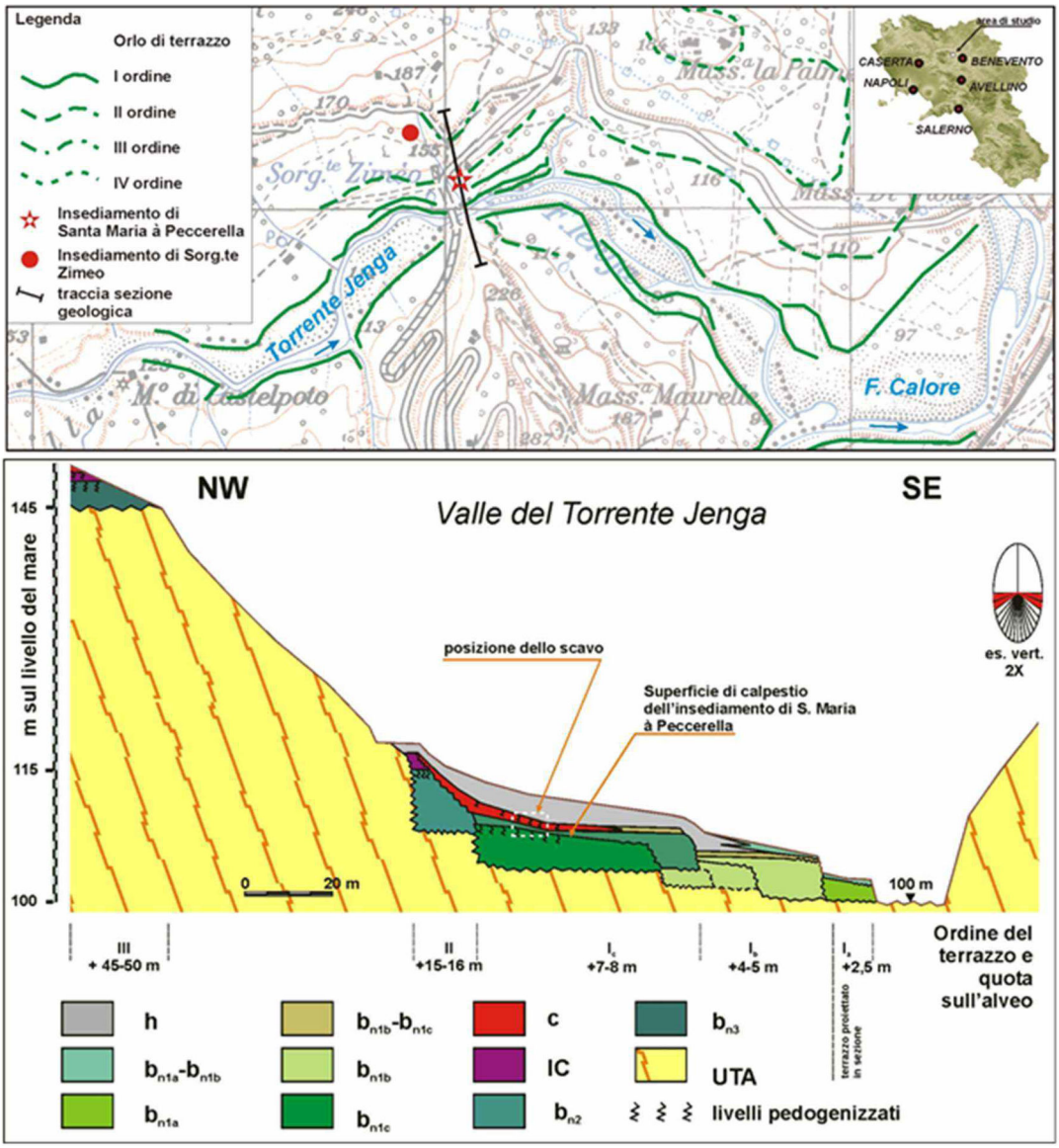


Fig. 3.2. – Planimetria con ubicazione dei lembi di terrazzi fluviali (in alto) e sezione geologica con l'indicazione dei terrazzi fluviali e le unità stratigrafiche riconosciute (in basso): **h**, depositi antropici; **bn1a – bn1b** e **bn1a** depositi alluvionali attuali; **bn1b – bn1c**, depositi alluvionali di età medioevale; **bn1b**, depositi alluvionali essenzialmente precedenti il periodo romano; **bn1c**, depositi alluvionali del terrazzo **Ic** che contiene i resti dell'insediamento del Neolitico medio; **c**, colluvioni con più livelli pedogenizzati successive al Neolitico medio; **IC**, depositi piroclastici incoerenti legati all'Ignimbrite Campana; **bn2** depositi alluvionali del Pleistocene superiore; **bn3** depositi alluvionali del Pleistocene medio; **UTA**, Unità di Tufo-Altavilla del Miocene superiore parte alta– Pliocene inferiore.

Gli elementi morfologici individuati documentano successivi rapidi approfondimenti del fiume separati da periodi relativamente lunghi di stasi in cui le basse pendenze permettevano, oltre all'alluvionamento, l'innesco di processi di erosione laterale da parte del corso d'acqua con conseguente ampliamento del fondovalle. A nord e a sud della bassa valle dello Jenga si riconosce la superficie relitta, conservata in piccoli lembi, e i relitti di due ordini di terrazzi fluviali, alla quota di 70-80 m e di 45-50 m sull'alveo correlabili con quelli del Calore rispettivamente del IV e del III ordine. I terrazzi del IV ordine sono ricoperti da depositi eluvio-colluviali che, secondo una cronologia relativa delle forme osservate non può essere più recente del Pleistocene inferiore. I terrazzi del III ordine presentano, sotto una coltre eluvio-colluviale, i relativi depositi alluvionali pedogenizzati nella loro parte alta.

Nella bassa valle dello Jenga, oltre ai terrazzi di IV e III ordine se ne distinguono altri quattro che si sviluppano a quote di 2,5 m, di 4-5 m, di 7-8 m e di 15-16 m sull'alveo. Il più alto per la sua quota è correlabile al II ordine di terrazzi del fiume Calore. Mentre gli altri tre, più recenti, sono stati correlati a quello di I ordine del Calore e siglati dal più basso rispettivamente I_a, I_b, e I_c.

I terrazzi appartenenti al II ordine (15-16 m sull'alveo) presentano il margine interno occultato da una copertura eluvio-colluviale che raccorda il versante con le zone più esterne del terrazzo nella quale spesso sono presenti i depositi piroclastici dell'Ignimbrite Campana (39.000 anni, De Vivo et alii 2001). Conseguentemente i depositi alluvionali relativi ai terrazzi appartenenti al II ordine non possono essere più recenti della parte alta del Pleistocene superiore.

I depositi corrispondenti al terrazzo di I ordine posto alle quote più basse (I_a a 2,5 m), sono costituiti, alla base, da ghiaie più o meno sabbiose con frammenti di materiali antropici di epoca storica; verso l'alto si osservano depositi siltoso-sabbiosi e ghiaie con stratificazione indistinta che passano in alto a depositi analoghi, che, data la presenza in essi di materiali antropici anche attuali, sono associabili ad eventi di piena recenti. I depositi dei terrazzi I_b (4-5 m sull'alveo) affiorano difficilmente, la loro superficie è sporadicamente interessata dalle esondazioni dello Jenga, solo nella zona prossima alla confluenza con il Calore, per effetto delle piene di quest'ultimo, sono alluvionati. In tale zona, all'interno dei depositi di questo terrazzo, ad una quota di circa 3 m sull'attuale alveo dello Jenga, si sono rinvenuti i resti di nuclei artigiani di età romana (BISOGNO *et alii*, 1998). Anche i depositi dei terrazzi I_c (7-8 m sull'alveo) affiorano difficilmente, ma la loro superficie, nelle zone interne del terrazzo, è ricoperta da depositi eluvio-colluviali che raccordano il terrazzo I_c direttamente con i versanti o con i terrazzi di II ordine (15-16m). I depositi di questo terrazzo sono costituiti da almeno 1,5 m di ghiaie che passano verso l'alto, bruscamente, ad uno strato di circa 1 m di silt-argilloso pedogenizzato sul

quale è stato rinvenuto l'insediamento di Santa Maria 'a Peccerella ad una quota, sull'alveo attuale, di circa 7.20 m.

Il terrazzo di I ordine, infine, è stato quello direttamente interessato dall'evento alluvionale del 14-15 ottobre 2015.

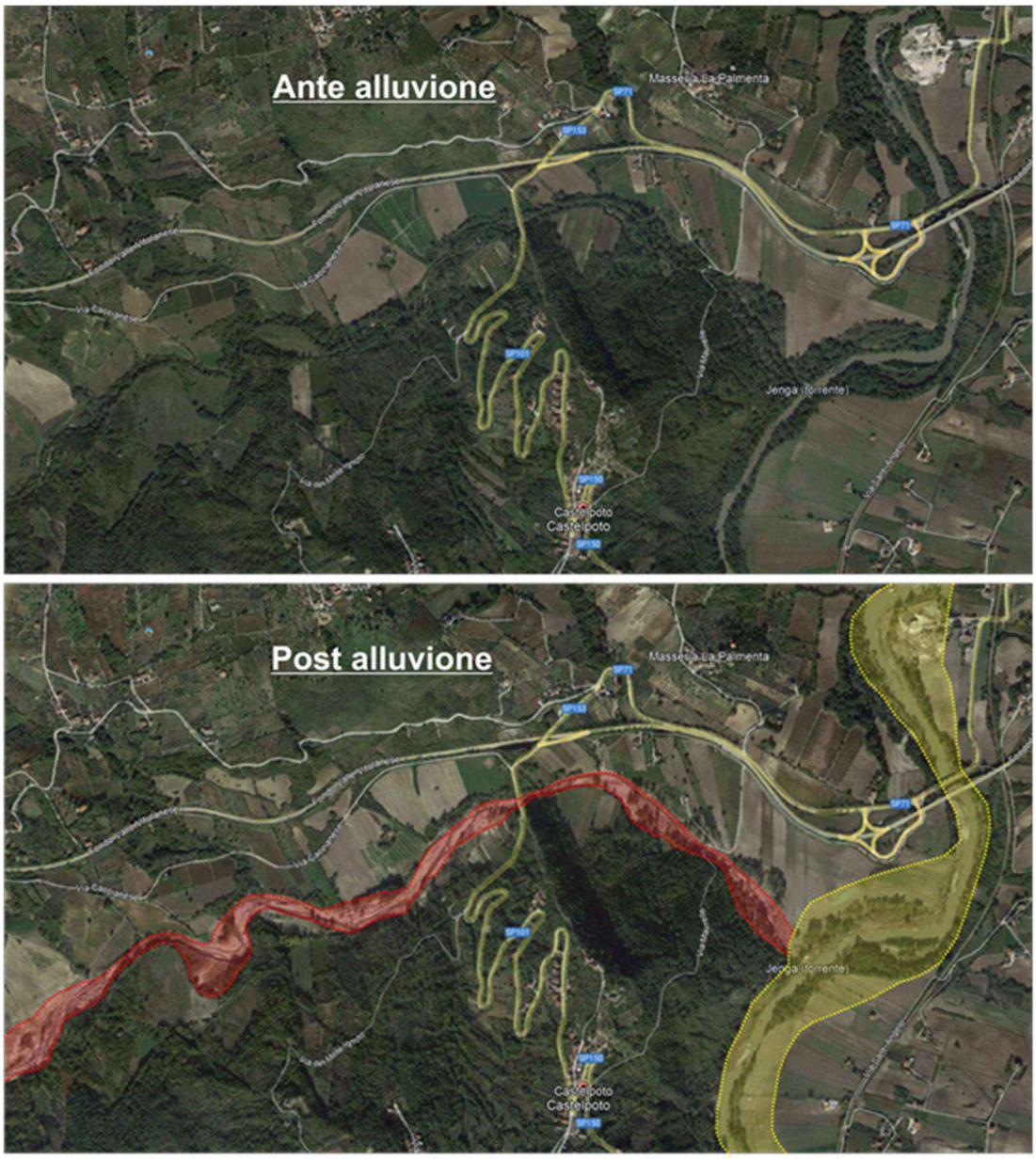


Fig. 3.3. – Ortofoto da Goole Earth prima e dopo l'evento del 2015 con, in basso, le aree invase dalla piena.

Le immagini in figura 3.3. rappresentano ortofoto ricavate da Google Earth prima dell'evento alluvionale del 2015: le aree perimetrate e colorate rappresentano la ricostruzione delle zone inondate da entrambi i corsi d'acqua (in rosso il T. Jenga, in giallo il F. Calore), le quali corrispondono con buona approssimazione a quelle del terrazzo di I ordine.

I rilievi collinari costituiti da terreni arenaceo-pelitici e/o argilloso-marnosi presentano versanti caratterizzati da concavo-convessità che con difficoltà si riesce a non associare a fenomeni franosi sia recenti che ereditati da differenti contesti morfodinamici. Non si esclude che possano esserci casi di convergenza morfologica in cui la concavo-convessità possa essere legata ad una genesi diversa, ma in diversi di questi casi risulta arduo stabilire con sicurezza che la forma osservata non è associata a frana solo da osservazioni sulla morfologia e da un rilevamento di terreno senza l'ausilio di opportune indagini del sottosuolo.
Dal rilevamento di terreno si è potuto constatare che lungo i tratti di versanti con pendenze superiori all'87% (>41°) si sono frequenti le evidenze di frane di crollo e ribaltamenti. Si tratta di aree in cui affiorano unità stratificate e fratturate arenacee ben cementate o calcaree. Nei tratti di versante dove affiorano unità arenaceo-pelitiche e pelitico-arenacee alterate le zone di attivazione/riattivazione dei movimenti franosi presentano pendenze non inferiori al 50-20% (27-11°). Mentre nelle aree di affioramento di unità pelitiche argilloso-marnose alterate l'attivazioni/riattivazione dei movimenti può interessare anche pendenze più basse del 20-10% (11-6°). In tutti questi casi la tipologia del movimento è per colamento e/o scorrimento. Generalmente sono frequenti i movimenti complessi che si generano per scorrimenti (rotazionali/traslativi) ed evolvono verso valle in colamenti.

3.1. - *Analisi della franosità e verifica rispetto al P.S.A.I. vigente*

L'analisi della cartografia tematica del vigente P.S.A.I., redatto dall'ex A.d.B. dei Fiumi Liri – Garigliano – Volturno (attuale A.d.B. Distrettuale dell'Appennino Meridionale) ha costituito l'elemento conoscitivo imprescindibile e propedeutico (talora coadiuvato dai dati disponibili nel catalogo I.F.F.I. – Inventario Fenomeni Franosi in Italia) alla successiva fase di rilevamento geomorfologico di dettaglio.
La Carta degli Scenari di Rischio del Comune di Castelpoto, tuttavia, evidenzia solo una parte delle criticità idrogeologiche e geomorfologiche individuate sul territorio comunale. Le aree perimetrate a Rischio molto elevato R4 ed elevato R3, nonché le aree di alta attenzione A4 e medio-alta attenzione A3, sono distribuite a macchia di leopardo su tutto

il territorio comunale e corrispondono ad aree notoriamente franose che interessano praticamente tutte le litologie riconosciute in fase di rilevamento geologico: lo stesso ha evidenziato come le aree in frana che effettivamente insistono sul territorio comunale siano, in realtà, inserite in un contesto ben più ampio e variegato rispetto ai singoli fenomeni censiti nel P.S.A.I. vigente, con situazioni in cui vari corpi di frana risultano tra loro interdigitati ed interconnessi a formare fronti di distacco, o comunque aree instabili, che interessano più o meno ampie porzioni di versante.
Non è inoltre possibile escludere che tra le aree in frana cartografate dall'ex A.d.B. non ci siano casi di convergenza morfologica o che le forme cartografate siano in parte da considerare stabilizzate. Ovviamente per risolvere queste problematiche occorrono studi mirati fatti caso per caso con l'esecuzione di indagini di sottosuolo e opportuni criteri di monitoraggio pluriennale di queste aree.

Casi emblematici, in tal senso, sono i dissesti nella zona di "Masseria Motta" e a valle di "Masseria Cerritello", dove si osservano ampie in frana, in cui certo possono localmente verificarsi anche movimenti secondari delle frane censite nel P.S.A.I., intesi tanto come riattivazioni di fenomeni quiescenti, quanto nuove attivazioni lungo assi secondari che evidenziano una tendenza morfoevolutiva e distribuzione di attività con caratteri di retrogressione. Ma si evidenziano ampie zone a bassa pendenza dei probabili corpi di frana che verosimilmente potrebbero essere considerati stabilizzati.

Un caso ancor più importante, in quanto localizzato in un'area densamente antropizzata, è quello di Via Aldo Moro, sul versante orientale che degrada dal centro storico verso il Vallone del Celso.
Nei dati di Letteratura e nella Cartografia tematica di Piano quest'area non presenta alcuna criticità: tuttavia Via Aldo Moro è tuttora sede di un dissesto importante, che interessa buona parte della carreggiata sul lato meridionale. Nella zona di coronamento sono osservabili evidenze di scorrimento rotazionale che poi, verso valle, evolverebbe a traslativo e colamento; il sondaggio geognostico S36 ha evidenziato la presenza per uno spessore di circa 11.5 metri, dell'unità pelitico-arenacea sensibilmente degradata dalle caratteristiche meccaniche mediamente scadenti. Solo a profondità superiore ai 11/12m si è osservata la stessa unità meno alterata (*litofacies pelitico-arenacea* del *membro arenaceo di Castelpoto*). Anche in questo caso la distribuzione di attività presenta i caratteri tipici della retrogressione sul versante, tanto che la nicchia di distacco (area di alimentazione) è prossima a lambire i fabbricati residenziali immediatamente a monte di Via Aldo Moro.

L'uniformità dei dati stratigrafici disponibili sul medio-alto versante sud-orientale che degrada dal centro storico di Castelpoto verso il Vallone del Celso, con quelli del già citato sondaggio S36 (cfr. S8 - S9 - S10 - S12 – S13) ha reso necessario inserire l'area tra quelle descritte ad "*incerta stabilità*", ovvero "*Aree caratterizzate da potenziale ampliamento dei fenomeni franosi cartografati all'interno, aree i cui aspetti lito-strutturali, morfologici, idrogeologici e topografici determinano una certa suscettività al potenziale innesco di nuovi fenomeni franosi non ancora cartografati, aree calanchive in evoluzione, nelle quali si applicano i divieti e le prescrizioni del P.S.A.I. vigente e degli altri strumenti di pianificazione sovraordinati*".

Analogamente, il dissesto in località "Santo Spirito" (ID I.F.F.I. 0620546800) ha subito una recente riattivazione ed una evoluzione sostanziale in merito alla distribuzione di attività, in quanto rispetto all'area di alimentazione originaria (investigata col sondaggio geognostico S37), si è attivato un secondo fronte di distacco circa 300 metri più a valle (cfr. sondaggio S38), la cui direttrice è orientata di circa 60° rispetto al movimento pregresso e che ha investito e ribassato la sede stradale.

In riferimento a tutte le considerazioni fin qui fatte, si è reso necessario, nella redazione della Carta della Stabilità, un accorpamento di tutte le aree in frana riconosciute sul territorio e indicate come aree instabili; dal punto di vista della pianificazione urbanistica, l'eventuale fattibilità degli interventi dovrà essere di volta in volta definita in funzione dei divieti e delle prescrizioni degli strumenti di pianificazione sovraordinati vigenti (ivi comprese le Norme Tecniche di Attuazione del P.S.A.I.) ed in ogni caso subordinata ad una propedeutica indagine geologica di dettaglio, redatta ai sensi della Normativa antisismica vigente.

4. - IDROGEOLOGIA

L'assetto lito-strutturale descritto ai paragrafi precedenti definisce un complesso schema di circolazione idrica sotterranea; pertanto si è operato ad una suddivisione dei litotipi individuati in sede di rilevamento geologico in differenti complessi idrogeologici, ognuno con le proprie specifiche caratteristiche geologiche e geotecniche che ne condizionano il comportamento idrogeologico soprattutto in termini di permeabilità.

In linea generale, nei depositi di substrato si registra un condizionamento esclusivo praticato dai termini sottili (pelitici, argilloso-limosi) sulle vie di deflusso delle acque, che non permettono la percolazione a causa degli spazi intergranulari (meati) ristretti.
La circolazione idrica che si registra, dunque, è limitata ai primi metri dei terreni qui si ritrova una falda stagionale ed a potenzialità ridotta, legata ai normali apporti pluviometrici annuali e la cui morfologia della superficie piezometrica ricalca quella del versante.
Nei membri arenacei e conglomeratici, inoltre, la circolazione idrica è attribuibile a una permeabilità secondaria dovuta alla presenza di fratture e fessurazioni all'interno del materiale lapideo; ciò permette la creazione di livelli acquiferi, a profondità diverse, talvolta anche di discreta potenzialità, che danno spesso vita a scaturigini sorgentizie a diverse quote.

Per quanto riguarda i depositi alluvionali recenti ed attuali, essi costituiscono un complesso idrogeologico con caratteristiche molto variabili in funzione dell'assortimento granulometrico del deposito ed in particolare in funzione delle alternanze ed intercalazioni limoso-argillose rispetto alle sabbie e ghiaie ad andamento lentiforme fino ai depositi grossolani costituiti di ghiaia e sabbia di alveo. Nell'area a Nord e Nord-Est di Castelpoto, tali depositi costituiscono un acquifero multifalda che si sviluppa nei livelli sabbioso-ghiaiosi, sostenuti dai livelli limoso-argillosi a minore permeabilità relativa.
La capacità ricettiva di un acquifero alluvionale è complessivamente buona, sia nei confronti dell'alimentazione diretta ad opera delle precipitazioni, sia nei confronti dell'alimentazione indiretta ad opera di acquiferi adiacenti. A causa dell'assetto caotico che caratterizza la giacitura dei litotipi alluvionali, con lenti più o meno estese e tra loro interdigitate a depositi con differente grado di permeabilità, la circolazione idrica sotterranea è preferenzialmente basale e si esplica secondo lo schema delle falde sovrapposte, intercomunicanti a grande scala.

La stretta fascia alluvionale che delimita il confine nord-orientale di Castelpoto è sede di un acquifero che presenta le seguenti caratteristiche:

- una tipica stratificazione lenticolare;
- granulometria molto variabile sia in direzione verticale che orizzontale;
- differente grado di cementazione e/o addensamento dei depositi più grossolani;
- circolazione idrica che, localmente, si sviluppa per falde sovrapposte;
- circolazione idrica sotterranea che, a grande scala, può essere riconducibile ad una sola falda;
- recapiti delle acque di falda generalmente rappresentati da corpi idrici superficiali.

Negli acquiferi alluvionali gli spartiacque sotterranei sono generalmente mobili, legati ai quantitativi d'acqua di emungimento per utilizzo antropico. I gradienti idraulici sono funzionali all'assetto litostratigrafico precedentemente descritto, ed in particolare alla presenza di lenti e intercalazioni di materiale a granulometria più fine e, dunque, a minor grado di permeabilità relativa.

Infine, una estesa parte del territorio comunale prossimo al confine orientale e compreso tra "*Masseria Cerritello*", "*Masseria Mercogliano*", "*Masseria Parco*" e "*Masseria Pezzente*", è caratterizzato da depositi ascrivibili alle Unità preorogeniche di base di scarpata e di bacino, appartenenti al Gruppo delle Argille Variegate: si tratta essenzialmente di successioni costituite dall'alternanza di diversi litotipi calcarei e pelitici argillosi e/o marnosi in cui si possono osservare noduli e liste di selce, livelli diaspri gni, ecc. L'ambiente di formazione varia da base di scarpata, dove prevalgono i risedimenti carbonatici provenienti dalle aree di mare basso, a quello di bacino in cui prevalgono i termini pelitici, le selci e/o i sedimenti silicei.
Tali terreni definiscono un complesso idrogeologico a bassissima permeabilità relativa, tanto da poter essere considerato a tutti gli effetti impermeabile nei confronti dei complessi adiacenti.
In questi casi la circolazione idrica è limitata alla zona di alterazione superficiale, alle coltri eluvio-colluviali di copertura ed agli orizzonti mobilizzati (aree in frana).
I pozzi che si rinvengono nella zona hanno una produttività di tipo stagionale, perlopiù legata ai normali apporti pluviometriciannuali.
Nell'insieme i materiali di tale complesso, pur caratterizzati da una scarsissima permeabilità, sono regolati nel loro comportamento meccanico dal contenuto in acqua. La loro reazione alle sollecitazioni, che comportano incremento di sforzi, è sempre molto modesta, per cui piccoli incrementi possono creare situazioni di squilibrio che possono facilmente innescare o riattivare fenomeni franosi.

4.1. - *Unità riportate nella Carta Idrogeologica*

La carta idrogeologica è stata realizzata ispirandosi ai criteri del Progetto CARG (Servizio Geologico Nazionale, Quaderni serie III – volumi 5 e). Nell'ambito delle unità stratigrafiche cartografate sono stati distinti diversi complessi idrogeologici caratterizzati da una permeabilità relativa che dipende oltre che dalle caratteristiche litologiche, anche dallo stato di fessurazione e dalla porosità. Tali valutazioni sono state inserite in una tabella (fig. 4.1.; vedi anche carta idrogeologica) in cui non solo viene indicato il tipo di permeabilità ma viene assegnato un grado di permeabilità anche in funzione delle anisotropie litologiche; tale grado è stato indicato con i termini A (Alto: K (m/s) > 10-2), M (Medio: 10-4< K (m/s) < 10-2), B (Basso: 10-9< K (m/s) < 10-4), I (Impermeabile: K (m/s) < 10-9). Di ogni unità, nelle pagine seguenti, sono stati descritti tipologia e grado, alla voce permeabilità e sono state indicate le eventuali anisotropie stratigrafiche che possono condizionare il deflusso idrico sotterraneo.

Le relazioni osservate tra i complessi idrogeologici individuati e le evidenze idrologiche superficiali hanno permesso di riconoscere le principali linee di deflusso idrico sotterraneo utili ad una eventuale programmazione dell'utilizzazione e protezione delle risorse e riserve idriche ed anche per definire le condizioni idrogeologiche in prospettiva sismica.

Depositi continentali

Si tratta di unità di copertura di epoca quaternaria, non distinte in base al bacino di appartenenza

- *Depositi antropici*

Rilevati per sedi stradali o per altre opere di dimensioni significative (h). Depositi costituiti da rifiuti solidi di natura variabile, terreni derivanti da opere di scavo, di demolizione e/o ristrutturazione di opere edili. Sono presenti in aree destinate in passato a discariche in corrispondenza di cave abbandonate (h1).

- *Depositi alluvionali-facies di canale*

Ghiaie e sabbie, a luoghi con presenza di blocchi anche di grandi dimensioni (anche maggiori di 10 m^3); costituiscono i depositi degli alvei attuali e delle aree golenali prossime ai canali. Età: Olocene. Permeabilità: legata a porosità primaria di grado alto.

- *Depositi alluvionali-facies di piana inondabile*

Alternanze di strati da spessi a sottili di sabbie-ghiaiose, sabbie limose e di limi argilloso-sabbiosi. Costituiscono i depositi delle aree golenali, di terrazzi alluvionali quiescenti e attivi e/o conoidi alluvionali a bassa pendenza. Età: Pleistocene superiore-Olocene. Permeabilità: è legata a porosità primaria di grado medio-basso.

- *Depositi di frana*

Derivano da processi di trasporto in massa che hanno coinvolto generalmente unità costituite da alternanze di strati pelitici argilloso-marnosi e strati calcarei e/o arenacei, depositi di versante detritico-colluviale e coltri eluvio-colluviali. Non classificabili dal punto di vista idrogeologico se non per il fatto che le superfici di scorrimento rappresentano delle vie preferenziali per il deflusso idrico sotterraneo e/o per le aliquote di acque d'infiltrazione.

- *Depositi di versante detritico-colluviale*

Sono costituiti da strati irregolari ad elementi arenacei e/o calcarei eterometrici con o senza matrice. Età: Pleistocene superiore-Olocene. Permeabilità: è legata a porosità primaria; il grado può essere condizionato dalle variazioni tessiturali dei depositi, quindi dalla stratificazione. Sulla base delle relazioni tra direzioni delle linee di deflusso e andamento della stratificazione il grado può variare da basso ad alto.

- *Coltri eluvio-colluviali*

Materiali incoerenti in cui è possibile distinguere una matrice, da sabbioso-argilloso-limosa ad argilloso-limoso-sabbiosa, e litoclasti da subcentimetrici a decimetrici con addensamento variabile. Età: Pleistocene superiore-Olocene. Permeabilità: è legata a porosità primaria; è di grado medio-basso, ma nel caso di depositi con frazione argillosa significativa l'unità è da considerare impermeabile.

- *Depositi alluvionali terrazzati*

Ghiaie sabbiose, sabbie ghiaioso-limose, sabbie limose e limi-argillosi spesso pedogenizzati. Costituiscono depositi sospesi sul fondovalle associati a forme terrazzate più o meno definite. Età: Pleistocene superiore. Permeabilità: è legata a porosità primaria di grado medio-basso.

Sigle	Unità	Permeabilità – Tipo: Porosità	Fessurazione	Fessurazione e carsismo	Grado: I-impermeabile	B-basso	M-medio	A-alto	Grado di Permeabilità e stratificazione		Gradi di permeabilità assegnati
h	Depositi antropici (riporto)	x									n.c.
h_1	Depositi antropici (discariche)	x									n.c.
b	Depositi alluvionali - facies di canale	x						x	A	A	A
b_n	Depositi alluvionali - facies di piana inondabile	x				x	x		I-B	B-M	I-M
a	Depositi di versante	x				x	x		I-B	B-M	I-M
a_1	Depositi di frana	x									n.c.
b_2	Coltre eluvio-colluvale	x			x	x			I-B	I-B	I-B
b_{na}	Depositi alluvionali terrazzati	x				x	x		I-B	B-M	I-M
b_{nb}	Depositi alluvionali terrazzati	x				x	x		I-B	B-M	I-M
UTA_1	Unità di Tufo-Altavilla membro arenaceo	x	x			x	x		B-M	B-M	B-M
UTA_{1a}	Unità di Tufo-Altavilla membro arenaceo litofacies conglomeratica	x	x			x	x		B-M	B-M	B-M
UTA_2	Unità di Tufo-Altavilla membro pelitico-arenaceo	x	x		x	x			I-B	B-M	I-M
CTL	Formazione delle evaporiti di Monte Castello	x	x		x	x			I-B	B-M	I-M
SGI_{2a}	Formazione di San Giorgio litofacies arenacea	x	x			x	x		B-M	B-M	B-M
SGI_{2b}	Formazione di San Giorgio litofacies arenaceo-pelitica	x	x		x	x			I-B	B-M	I-M
SGI_{2c}	Formazione di San Giorgio litofacies pelitico-arenacea	x	x		x	x			I-B	B	I-B
olt	Olistoliti (lembi di successioni carbonatiche)		x	x			x	x	B-M	M-A	B-A
AV	Gruppo delle Argille Variegate	x	x		x				I	I	I
FYR	Flysch Rosso (calcareo-pelitico)		x	x			x	x	B-M	M-A	B-A

Fig. 4.1. – Tabella con il tipo e grado di permeabilità associata alle unità rappresentate sulla carta geologica.

Unità sinorogenetiche

Gruppo di Altavilla*: *Unità di Tufo - Altavilla (UTA)

- *membro pelitico-arenaceo del Vallone di Tufo (UTA2)*

Peliti sabbiose marnoso-argillose grigiastre alternate a sabbie medio-fini siltose e strati arenacei. Permeabilità: per porosità e fessurazione. Il grado è condizionato dalle variazioni tessiturali dei depositi, quindi dalla stratificazione. Sulla base delle relazioni tra direzioni delle linee di deflusso ed andamento della stratificazione l'unità può presentare un grado di permeabilità medio-basso o essere considerata impermeabile.

- *membro arenaceo del Fiume Sabato (UTA1)*

Arenarie più o meno cementate in strati medi e spessi generalmente massivi e a luoghi laminati di ambiente di sedimentazione variabile tra battigia e spiaggia sommersa. Età: Messiniano superiore terminale? – Pliocene inferiore p.p. Permeabilità: per porosità e fessurazione. Il grado è condizionato dalle variazioni tessiturali dei depositi, quindi dalla stratificazione e dal livello di cementazione (riduce la porosità). Sulla base delle relazioni tra direzioni delle linee di deflusso ed andamento della stratificazione l'unità può presentare un grado di permeabilità medio-basso o essere considerata impermeabile.

- *liotofacies conglomeratica (UTA1a)*

Conglomerati eterometrici poligenici. Sono costituiti da ciottoli arrotondati e molto arrotondati di dimensioni centimetriche e decimetriche in matrice variabile da pelitico arenacea ad arenacea e cementazione variabile. Nell'area in esame l'unità rappresenta un'eteropia nella parte bassa del membro arenaceo (UTA1). Permeabilità: per porosità e fessurazione. Il grado è condizionato dalle variazioni latero-verticali della tessitura dei depositi e dal livello di cementazione (riduce la porosità). L'unità può presentare un grado di permeabilità medio-basso.

Gruppo della Gessoso-Solfifera: Formazione delle evaporiti di Monte Castello (CTL)

Nel territorio di Castelpoto, in località San Mauro, sono presenti cave di gesso abbandonate in corrispondenza delle quali è possibile ricostruire una successione evaporitica di circa 20metri. La parte basale, dello spessore inferiore a 5m, è costituita da

peliti di colore variabile dal grigio scuro al marrone scuro con cristalli di gesso centimetrici e sub-centimetrici e da livelli lateralmente discontinui di depositi laminati ibridi (presenza di frazione silicoclastica) e/o calcarei che, a luoghi, si presentano come vere e proprie stromatoliti. La restante parte della successione è costituita da depositi lateralmente discontinui di gessi microcristallini nodulari biancastri a mosaico con materiale arenaceo tra i noduli. La successione rispecchia una deposizione primaria tipica delle evaporiti di ambienti di acque basse. La deposizione dovrebbe risalile all'evento evaporitico datato 5,96 milioni di anni fa che ha interessato l'area mediterranea. Permeabilità: per porosità e fessurazione. Il grado è condizionato dalle variazioni tessiturali dei depositi, quindi dalla stratificazione e dal livello di cementazione (riduce la porosità). Sulla base delle relazioni tra direzioni delle linee di deflusso ed andamento della stratificazione l'unità può presentare un grado di permeabilità medio-basso.

Formazione di San Giorgio (SGI): membro arenaceo di Castelpoto (SGI2)

- *litofacies arenacea (SGI2a)*

arenarie grossolane arcosico-litiche a luoghi conglomeratiche, che appaiano massive. Permeabilità: per porosità e fessurazione. Il grado è condizionato dalle variazioni latero-verticali della tessitura dei depositi e dal livello di cementazione (riduce la porosità). L'unità può presentare un grado di permeabilità medio-basso.

- *litofacies arenaceo-pelitica (SGI2b)*

torbiditi costituite da strati arenacei di spessore da medio a spesso alternati a strati pelitici più o meno arenacei medi e sottili. Permeabilità: per porosità e fessurazione. Il grado è condizionato dalle variazioni tessiturali dei depositi, quindi dalla stratificazione e dal livello di cementazione (riduce la porosità). Sulla base delle relazioni tra direzioni delle linee di deflusso ed andamento della stratificazione l'unità può presentare un grado di permeabilità medio-basso o essere considerata impermeabile.

- *litofacies pelitico-arenacea (SGI2c)*

alternanze di strati sottili e molto sottili (spessore minore di 10cm) di arenarie micacee e strati sottili e molto sottili di peliti argilloso-marnose grigio-verdastre. Permeabilità: per porosità e fessurazione. Il grado è condizionato dalle variazioni tessiturali dei depositi, quindi dalla stratificazione e dal livello di cementazione (riduce la porosità). Sulla base delle relazioni tra direzioni delle linee di deflusso ed andamento della stratificazione l'unità può presentare un grado di permeabilità medio-basso o essere considerata impermeabile.

Unità preorogeniche di base di scapata e bacino

- *Gruppo delle Argille Variegate (AV)*

Peliti argillose e/o marnose policrome (rosse, verdi, grigie, marroni, nere) che si alternano a strati calcarei e/o calcareo-marnosi da molto sottili a medi. Possono essere presenti noduli e liste di selce e livelli diaspri gni. Nell'area di interesse queste successioni si presentano più o meno caoticizzate. Gli strati calcareo-marnosi (più o meno silicizzati) si presentano grigi o biancastri a frattura concoide (tipo "pietra alberese") e talora con patine di alterazione giallastre tipiche della "pietra paesina". Negli strati calcarei arenitici e/o ruditici, generalmente ricristallizzati (non frequenti), si possono riconoscere resti fossili (frammenti di molluschi, macroforaminiferi bentonici, ecc) derivati dalla risedimentazione di materiali provenienti da ambienti di mare basso. In alcuni blocchi di calcari arenitico-ruditici bioclastici si sono osservati gusci di Nummuliti ed Alveoline probabilmente rimaneggiati che indicherebbero un'età non più antica dell'Eocene. Permeabilità: per porosità e subordinatamente per fessurazione (dei livelli litoidi). Il grado è condizionato dalle limitate variazioni tessiturali dei depositi principalmente pelitici marnosi e argillosi. L'unità presenta un grado di permeabilità molto basso ed essere considerata impermeabile.

- *Flysch Rosso (FYR)*

Strati da sottili a molto spessi costituiti calcari biancastri ruditici e arenitici più o meno ricristallizzati che si alternano a strati da molto sottili a medi di peliti argillose e/o marnose di colore rossastro e/o verdastro. Permeabilità: per fessurazione e carsismo. Il grado potrebbe, a luoghi, essere condizionato dalla presenza di strati sottili o molto sottili di peliti argilloso-marnose, quindi dalla stratificazione. Sulla base delle relazioni tra direzioni delle linee di deflusso ed andamento della stratificazione l'unità può presentare un grado di permeabilità medio-alto.

5. - PIANO DELLE INDAGINI E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI INVESTIGATI

Le campagne d'indagine cui si è fatto riferimento per la raccolta e catalogazione dei dati stratigrafici e geotecnici sono molteplici e riguardano le opere pubbliche e gli strumenti di pianificazione che nel corso dei decenni - a partire dal Piano Regolatore Generale (1986) – sono stati realizzati e/o adottati a livello comunale.
In particolare si possono citare:

- *Studio geologico del P.R.G.* (anno 1986, stratigrafie da S1 a S19);
- *"Sistemazione e miglioramento della strada rurale Fontana"* (anno 2017, stratigrafie da S20 a S22);
- *"Completamento del campo sportivo polivalente"* (anno 2004, stratigrafia S30);
- *"Piano di recupero del centro storico"* (anno 2000, stratigrafie da S31 a S32);
- *"Area P.I.P. in loc. Motta e Via Visceglie"* (anno 1986, stratigrafie da S32bis a S35);
- *"Lavori di miglioramento sismico del Municipio"* (anno 2020, stratigrafia S35ter);
- *"Lavori per il risanamento, la bonifica e la rifunzionalizzazione dell'arteria primaria di collegamento SP 150 – SP Castelpoto – Montesarchio e di Via Aldo Moro"* (anno 2021, stratigrafie da S36 a S39);
- *"Messa in sicurezza del centro storico Longobardo, Via sopra i Merli – Via Roma"* (anno 2022, stratigrafie da S40 a S44).

Il piano delle indagini fin qui dettagliato è stato opportunamente integrato con una campagna ex-novo a corredo del presente studio, esplicatasi in:

- n° 3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, tutti spinti alla profondità di 30.0 metri dal p.c. e rinominati, rispettivamente ***S1-45***, ***S2-46*** ed ***S3-47***;
- n° 3 prove penetrometriche in foro, del tipo SPT (Standard Penetration Test);
- n° 3 prelievi di campione indisturbato mediante campionatore Shelby dotato di fustelle in acciaio zincato a pareti sottili.

I set di analisi geotecniche sui campioni indisturbati prelevati in foro consistono in:

- n° 3 determinazioni delle proprietà indice;
- n° 3 analisi granulometriche;
- n° 2 prove di taglio diretto + taglio residuo;
- n° 2 prove di compressione edometrica;
- n° 3 determinazione degli indici di consistenza;
- n° 2 prove di compressione triassiale UU (non consolidata – non drenata).

Le indagini geognostiche e le prove geotecniche in sito del tipo SPT sono state affidate alla Marygeo s.a.s. di Campoli del Monte Taburno (BN), mentre le analisi geotecniche di laboratorio sui campioni indisturbati sono state eseguite dalla Sannio Test s.r.l. di S. Giorgio del Sannio (BN), laboratorio regolarmente dotato di Decreto di Autorizzazione del Ministero delle Infrastrutture n° 7730 del 02/08/2012, ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001 e della Circolare n. 7619/STC dell'8 Settembre 2010.
Infine, a completamento del piano di indagini ex-novo, lo scrivente ha commissionato una campagna di indagini sismiche, eseguita dal Dott. Geol. Giuseppe D'Agostino, che consiste in:

- n° 4 indagini sismiche in array lineare secondo la tecnica MFA (*Multiple Filter Analysis – Dziewonsky et al., 1969; Herrmann, 2013; Pedersen et al., 2003*), mediante analisi congiunta delle componenti verticale e radiale dell'onda di Rayleigh;
- n° 1 acquisizione sismica passiva a stazione singola, elaborata con la tecnica dei rapporti

spettrali HVSR, associata all'array sismico HS1.

Nelle tabelle alle pagine seguenti si riporta il quadro sinottico dei principali parametri meccanici dei terreni e dei litotipi che caratterizzano il territorio comunale di Castelpoto, determinati sperimentalmente mediante apposite analisi geotecniche di laboratorio eseguite sui campioni indisturbati di terreno prelevati nei fori di sondaggio disponibili sul territorio.

Sondaggio	Campione	Prof. prelievo (m. dal p.c.)	Granulometria				γn (g/cm³)	Resistenza al taglio					Eed
			% Ghiaia	% Sabbia	% Limo	% Argilla		φ (DEG)	φ res (DEG)	c' (kg/cm²)	c'res (kg/cm²)	cu (kg/cm²)	(kg/cm²)
S1 (P.R.G.)	C1	(1.50-1.80)	0	17.7	59.6	22.7	1.97	16.5°	-	0.05	-	-	-
S2 (P.R.G.)	C1	(3.00-3.50)	0	15.4	53.3	31.3	1.96	18.5°	-	0.11	-	-	63.4
S2 (P.R.G.)	C2	(10.00-10.50)	0	10.7	61.6	27.7	2.03	23.0°	-	0.03	-	-	67.1
S3 (P.R.G.)	C1	(4.00-4.40)	2.7	14.6	55.2	27.5	2.08	24.0°	-	0.01	-	-	96.9
S4 (P.R.G.)	C1	(1.20-1.50)	0	14.3	63	22.7	1.98	-	-	-	-	-	-
S4 (P.R.G.)	C2	(3.30-3.60)	0	15.9	57.8	26.3	1.98	22.5°	-	0.08	-	-	50.7
S4 (P.R.G.)	C3	(6.40-6.70)	0	9.5	62	28.5	2.15	23.0°	-	0.15	-	-	-
S5 (P.R.G.)	C1	(4.30-4.60)	0	12	58.2	29.8	2.01	21.0°	-	0.12	-	-	99.9
S5 (P.R.G.)	C2	(11.50-11.90)	0	5	65.3	29.7	2.12	22.5°	-	0.13	-	-	106.3
S6 (P.R.G.)	C1	(4.00-4.40)	1.4	19.6	49.4	29.8	1.96	21.0°	-	0.03	-	-	-
S6 (P.R.G.)	C2	(10.00-10.40)	0	3.3	68.5	28.2	2.04	23.0°	-	0.12	-	-	-
S7 (P.R.G.)	C1	(2.30-2.80)	2	49.7	38.9	9.4	2.13	29.5°	-	0	-	-	-
S7 (P.R.G.)	C2	(4.90-5.20)	1.1	16	62	20.9	2.05	23.5°	-	0.03	-	-	104.1
S8 (P.R.G.)	C1	(4.00-4.40)	0	5.4	65.1	29.5	2.05	22.0°	-	0.15	-	-	63.4
S9 (P.R.G.)	C1	(2.50-2.80)	2.9	28.5	47.7	20.9	1.92	-	-	-	-	-	-
S10 (P.R.G.)	C1	(4.50-4.90)	0	22.2	46.9	30.9	2.00	21.0°	-	0.16	-	3.47	138.5
S11 (P.R.G.)	C1	(2.10-2.40)	0	1.7	48.7	49.6	2.04	16.5°	-	0.19	-	-	-
S13 (P.R.G.)	C1	(4.00-4.50)	0	18	47.8	34.2	1.98	24.0°	-	0.11	-	-	81.3
S13 (P.R.G.)	C2	(7.00-7.40)	0	13.7	55.3	31	2.03	25.0°	-	0.06	-	-	72.3

Sondaggio	Campione	Prof. prelievo (m. dal p.c.)	Granulometria				γn (g/cm³)	Resistenza al taglio					Eed
			% Ghiaia	% Sabbia	% Limo	% Argilla		φ (DEG)	φ res (DEG)	c' (kg/cm²)	c'res (kg/cm²)	cu (kg/cm²)	(kg/cm²)
S14 (P.R.G.)	C1	(1.90-2.20)	0	12.9	58.1	29	2.02	23.0°	-	0.05	-	-	-
S15 (P.R.G.)	C1	(4.30-4.70)	0	43.8	46.7	9.5	-	26.5°	-	0.00	-	-	-
S16 (P.R.G.)	C1	(1.40-1.70)	0	24.9	51.2	23.9	1.90	20.5°	-	0.04	-	-	-
S16 (P.R.G.)	C2	(3.50-4.00)	0.5	26	57.6	15.9	1.95	23.5°	-	0.04	-	-	62.9
S17 (P.R.G.)	C1	(3.60-3.90)	0	15	57.7	27.3	2.01	19.0°	-	0.05	-	-	-
S18 (P.R.G.)	C1	(4.00-4.50)	0	63.8	35.2	1	1.99	33.0°	-	0.00	-	-	64.9
S18 (P.R.G.)	C2	(7.50-8.00)	0	13	64.2	22.8	2.03	26.0°	-	0.01	-	-	-
S19 (P.R.G.)	C1	(2.50-2.90)	0	4.3	55	40.7	2.01	17.5°	-	0.12	-	-	-
S30 (S1-2004)	C1	(13.00-13.30)	-	-	-	-	2.04	20.1°	-	0.41	-	-	-
S31 (S1-2000)	C1	(6.00-6.50)	-	-	-	-	1.97	31.5°	-	0.11	-	-	55.3
S32 bis (P.I.P. 1986)	C1	(4.00-4.40)	5.3	31	49.4	14.3	1.99	30.0°	-	0.00	-	-	54.9
S33 bis (P.I.P. 1986)	C1	(7.50-8.00)	2.9	19.3	43.8	35	1.82	19.0°	-	0.03	-	-	37.9
S34 (P.I.P. 1986)	C1	(5.50-6.00)	4.3	27.5	40.9	19.3	2.00	28.0°	-	0.00	-	-	56.9
S34 bis (P.I.P. 1986)	C1	(2.20-2.60)	4.7	43.2	46.1	6	2.02	30.0°	-	0.00	-	-	
S35 (P.I.P. 1986)	C1	(4.00-4.50)	7.9	50	36.2	5.9	2.06	31.0°	-	0.00	-	-	-
S35 ter (2020)	C1	(3.50-4.00)	11	37	34	18	1.97	26.0°	-	0.16	-	-	-
S35 ter (2020)	C2	(10.00-10.50)	0	8	54	38	2.13	-	-	-	-	1.94	-
S36 (2021)	C1	(3.00-3.50)	0	39	36	25	1.97	23.2°	10.7°	0.14	0.004	-	53.6
S36 (2021)	C2	(12.00-12.60)	23	26	34	17	2.00	26.3°	-	0.21	-	1.62	-

Sondaggio	Campione	Prof. prelievo (m. dal p.c.)	Granulometria				γn (g/cm³)	Resistenza al taglio					Eed
			% Ghiaia	% Sabbia	% Limo	% Argilla		φ (DEG)	φres (DEG)	c' (kg/cm²)	c'res (kg/cm²)	cu (kg/cm²)	(kg/cm²)
S36 (2021)	C3	(15.00-15.60)	21	34	45	0	2.18	26.8°	-	0.18	-	-	-
S38 (2021)	C1	(1.50-2.00)	38	47	12	3	2.07	27.5°	9.8°	0.02	0.04	-	-
S39 (2021)	C1	(5.50-6.00)	2	49	44	5	1.95	26.1°	9.3°	0.11	0.04	-	57.7
S39 (2021)	C2	(10.00-10.60)	1	10	61	28	2.17	21.1°	10.4°	0.21	0.05	-	54.6
S40 (2022)	C1	(2.50-3.00)	0	28	53	19	1.81	24.9°	-	0.14	-	-	64.0
S40 (2022)	C2	(10.00-10.50)	11	24	48	17	2.01	25.4°	-	0.12	-	-	55.5
S41 (2022)	C1	(13.50-14.00)	3	26	61	10	1.92	24.9°	-	0.14	-	-	48.2
S42 (2022)	C1	(7.00-7.50)	2	29	56	13	1.89	25.4°	-	0.06	-	-	67.2
S42 (2022)	C2	(13.50-14.00)	18	26	44	12	1.94	25.0°	-	0.16	-	-	66.7
S43 (2022)	C1	(4.00-4.50)	18	26	44	12	1.95	25.8°	-	0.09	-	-	-
S44 (2022)	C1	(4.00-4.50)	1	16	67	16	1.98	25.0°	-	0.14	-	-	74.0
S1-45 (ex-novo 2023)	C1	(3.00-3.50)	19.9	31.4	30.4	18.3	1.93	23.7°	15.3°	0.16	0.06	0.51	34.6
S2-46 (ex-novo 2023)	C1	(3.50-4.00)	6.1	9.2	42.1	42.6	1.94	19.9°	13.6°	0.21	0.09	0.56	45.6
S3-47 (ex-novo 2023)	1	(2.50-3.00)	0.05	25.32	74.63	1.95	-	-	-	-	-	-	-

Dove:

γn = Peso di volume naturale
φ = Angolo d'attrito
φ$_{res}$ = Angolo d'attrito residuo
c' = Coesione efficace
c'$_{res}$ = Coesione efficace residua
cu = Coesione non drenata
Eed = Modulo edometrico (per carico ≈ 2.0 Kg/cm^2)

Le stratigrafie disponibili sono tali, per quantità e distribuzione spaziale, da consentire una dettagliata caratterizzazione dei terreni in affioramento e sub-affioramento, tanto delle coperture sciolte del Quaternario (depositi di versante, depositi di frana, depositi alluvionali, depositi eluvio-colluviali) quanto delle unità sinorogene del substrato (*Formazione di S. Giorgio – membro arenaceo di Castelpoto* e *Unità di Tufo-Altavilla*).

6. - PERICOLOSITÀ SISMICA

Al fine di identificare le zone sismogenetiche in grado di generare terremoti che possono colpire il comune di interesse, ci si è riferiti 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.

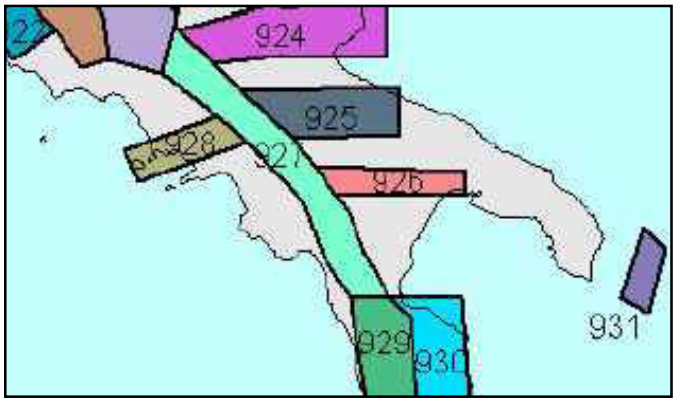


Fig. 1: Zonazione Sismogenetica ZS9. Zone sismogenetiche dell'Appennino meridionale.

L'area ricade nella Zona 927 ma risente anche degli effetti delle zone comprendenti parte della piattaforma apula con sorgenti ad andamento E-W, con una cinematica a componente prevalentemente di tipo trascorrente.
La Zona 927 include l'area caratterizzata dal massimo rilascio di energia legata ai processi di distensione che, a partire da ca. 0.7 Ma, hanno interessato l'Appennino meridionale (es. Patacca et al., 1990), area coincidente con il settore assiale della catena Appenninica comprendente l'Irpinia, il Sannio e la Val d'Agri, fino al Pollino. I terremoti che avvengono in questa zona hanno una componente prevalente di tipo estensionale e si originano prevalentemente per fagliazione di tipo normale.

6.1. - *Sismicità storica*

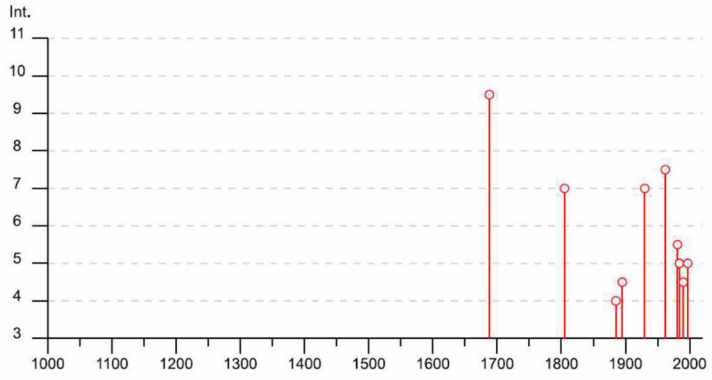
Per avere una stima della pericolosità sismica del territorio comunale è stata effettuata una ricerca dei terremoti storici registrati nei comuni più prossimi al sito d'interesse per il presente studio. Si è fatto riferimento al Database Macrosismico Italiano DBMI15 Versione 4.0, (*Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V.,*

Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016).

La versione 4.0 del Database Macrosismico Italiano DBMI15 è stata rilasciata a gennaio 2022 e aggiorna e sostituisce la precedente versione 3.0 (Locati et al., 2021) che venne pubblicata a gennaio 2021. Le variazioni tra la versione 3.0 e la 4.0 consistono nell'allungamento della copertura temporale dalla fine del 2019 alla fine del 2020. DBMI v4.0 fornisce un set di dati di intensità macrosismica relativo ai terremoti italiani aggiornato alla finestra temporale 1000-2020. I dati provengono da studi di autori ed enti diversi, sia italiani che di paesi confinanti (Francia, Svizzera, Austria, Slovenia e Croazia)***;*** DBMI15 contiene 123981 dati di intensità relativi a 3229 terremoti.

6.2. - *Storia sismica di Castelpoto (BN)*

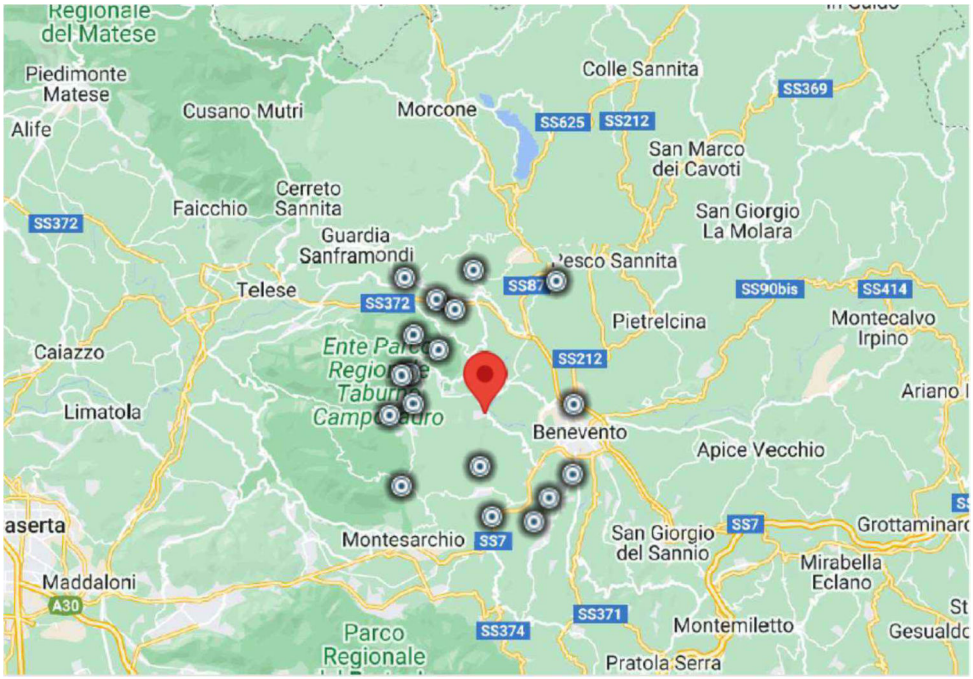
Place ID	IT_59516
Coordinate (lat, lon)	41.140, 14.705
Comune (ISTAT 2015)	**Castelpoto**
Provincia	Benevento
Regione	Campania
Numero di eventi riportati	17



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	**Anno**	**Me**	**Gi**	**Ho**	**Mi**	**Se**	**Area epicentrale**	**NMDP**	**Io**	**Mw**
9-10	1688	06	05	15	30		Sannio	215	11	7.06
7	1805	07	26	21			Molise	220	10	6.68
4	1885	09	17	09	35		Benevento	22	5	4.26
4-5	1895	02	01	07	24	3	Monti del Partenio	40	5	4.29
NF	1898	11	24	23	37		Casalbore	25	5	4.21
NF	1903	05	04	03	44		Valle Caudina	78	7	4.69
7	1930	07	23	00	08		Irpinia	547	10	6.67
7-8	1962	08	21	18	19		Irpinia	562	9	6.15
5-6	1981	02	14	17	27	4	Monti di Avella	85	7-8	4.88
5	1984	05	07	17	50		Monti della Meta	911	8	5.86
4-5	1990	04	22	09	45	0	Sannio	74	6	3.98
NF	1990	04	22	16	47	0	Sannio	34	5	3.63
5	1997	03	19	23	10	5	Sannio-Matese	284	6	4.52
NF	2003	06	01	15	45	1	Molise	501	5	4.44
NF	2003	12	30	05	31	3	Molise	326	4-5	4.53
NF	2005	05	21	19	55	1	Area Nolana	271	5	4.07
NF	2006	05	29	02	20	0	Gargano	384		4.64

Località vicine (entro 10km)

Località	EQs	Distanza (km)
Foglianise	19	4
Campoli del Monte Taburno	13	5
Apollosa	23	5
Cacciano	1	5
Cautano	18	6
Torrecuso	14	6
Benevento	78	6
Vitulano	35	6
Tocco Caudio	18	7
Paupisi	15	7
Ponte	11	8
Maccabei	1	8
San Leucio del Sannio	13	9
Tressanti	1	9
Cirignano	1	9
Francavilla	1	9
San Pietro	1	9
Beltiglio	1	10



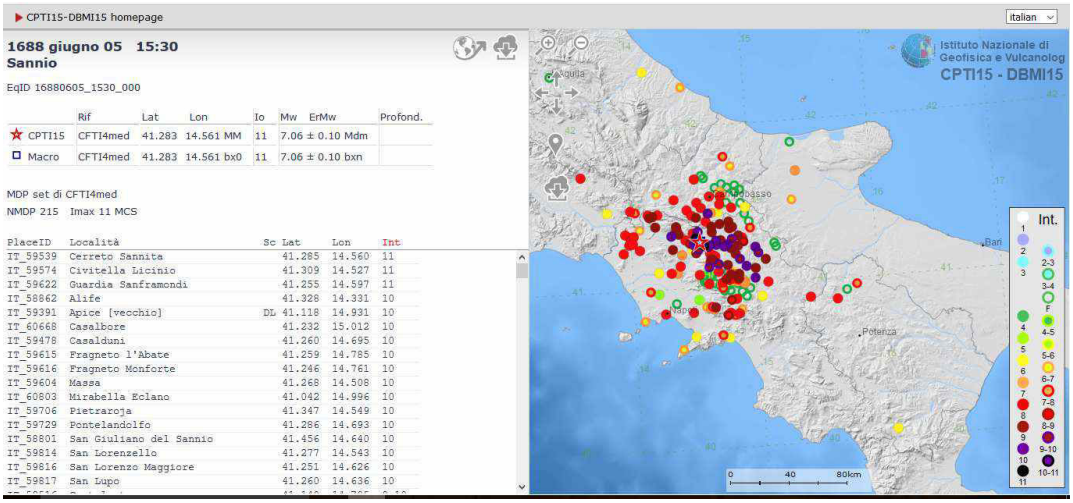


Fig. 2: Dati relativi all'evento del Giugno 1688 - Sannio

6.3. - *Sorgenti sismogenetiche*

Il Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.3 indica la presenza, nell'area in esame, di un sistema di faglie attive/sorgente sismogenetica individuale (Aquae Juliae faults ITCS081), quattro sorgenti sismogenetiche composite (Venafro-ITCS081, Miranda-Apice- ITCS024, Pago Veiano/Montaguto-ITCS057 e Mirabella Eclano/Monteverde-ITCS084) e due probabili/possibili sorgenti sismogenetiche (Calore River – ITDS027 e Ufita Valley-ITDS033).

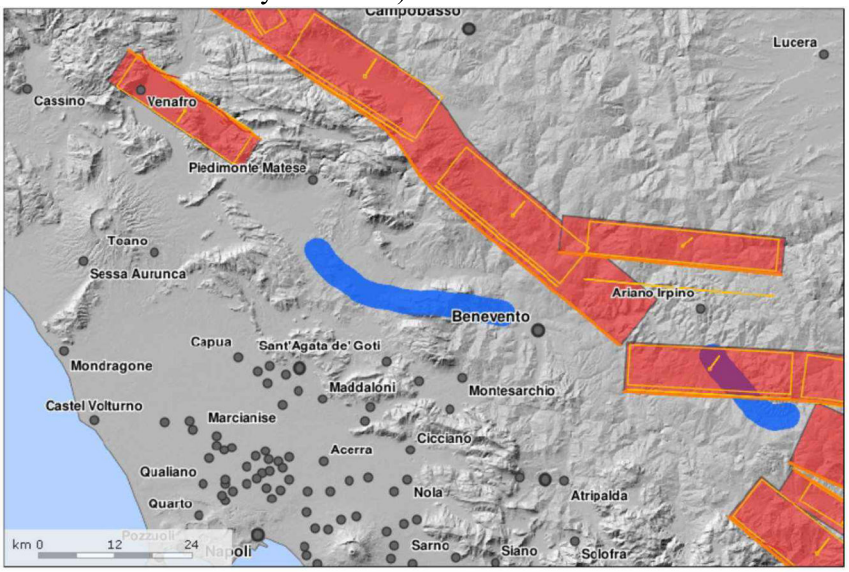


Fig. 3: Estratto della cartografia del Database of Individual Seismogenetic Sources (DISS)

SORGENTI SISMOGENETICHE	Distanza media dal comune di Castelpoto
Venafro-ITCS081	50-55 km
Miranda-Apice-ITCS024	5-10 km
Pago Veiano/Montaguto-ITCS057	15–20 km
Mirabella Eclano/Monteverde-ITCS084	15–20 km
Calore River – ITDS027	1-2 km
Ufita Valley-ITDS033	30–35 km

Elenco delle Sorgenti Sismogenetiche prossime all'area di studio

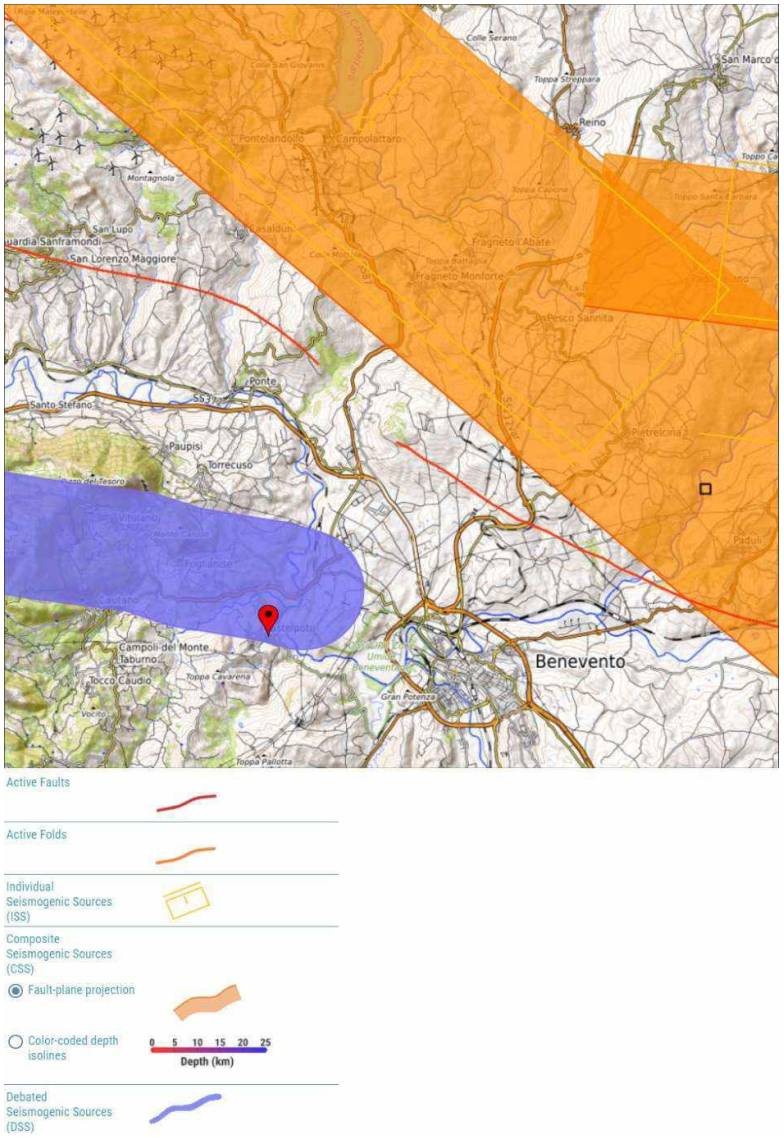


Fig. 4: Distribuzione delle sorgenti sismogenetiche prossime al Comune di Castelpoto

Il territorio comunale di Castelpoto è ubicato in prossimità della macrozona sismogenica composita, denominata "Miranda – Apice" ed identificata con ID: **ITCS024,** la quale presenta una Magnitudo Massima attesa MW pari a 6.9, stimata sulle elazioni di scala di *Leonard* (2014).
Nella tabella seguente si riportano le principali informazioni parametriche della suddetta sorgente, così come riportato in DISS 3.3.0.

Parameter		Quality	Evidence
Min depth [km]	1.0	LD	Based on data of instrumental seismicity.
Max depth [km]	14.0	LD	Based on data of instrumental seismicity.
Strike [deg] min... max	300...330	OD	Based on geological and geomorphological observation.
Dip [deg] min... max	50...60	OD	Based on geological and geomorphological observation.
Rake [deg] min... max	260...280	EJ	Inferred from regional seismological constraints.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1000... 1.0000	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude [Mw]	6.9	ER	Estimated from Leonard's (2014) scaling relations.

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

Il territorio comunale di Castelpoto, inoltre, ricade all'interno (margine orientale) di una sorgente sismogenetica tuttora dibattuta, denominata "Calore River" e avente codice ID: **ITDS027.**
Tale sorgente sismogenetica è stata proposta da Di Bucci et alii (2005) e da Massa et alii (2005) ed è basata su evidenze geologiche e geomorfologiche associate all'area epicentrale del terremoto del Sannio del 1688 sui depositi quaternari.

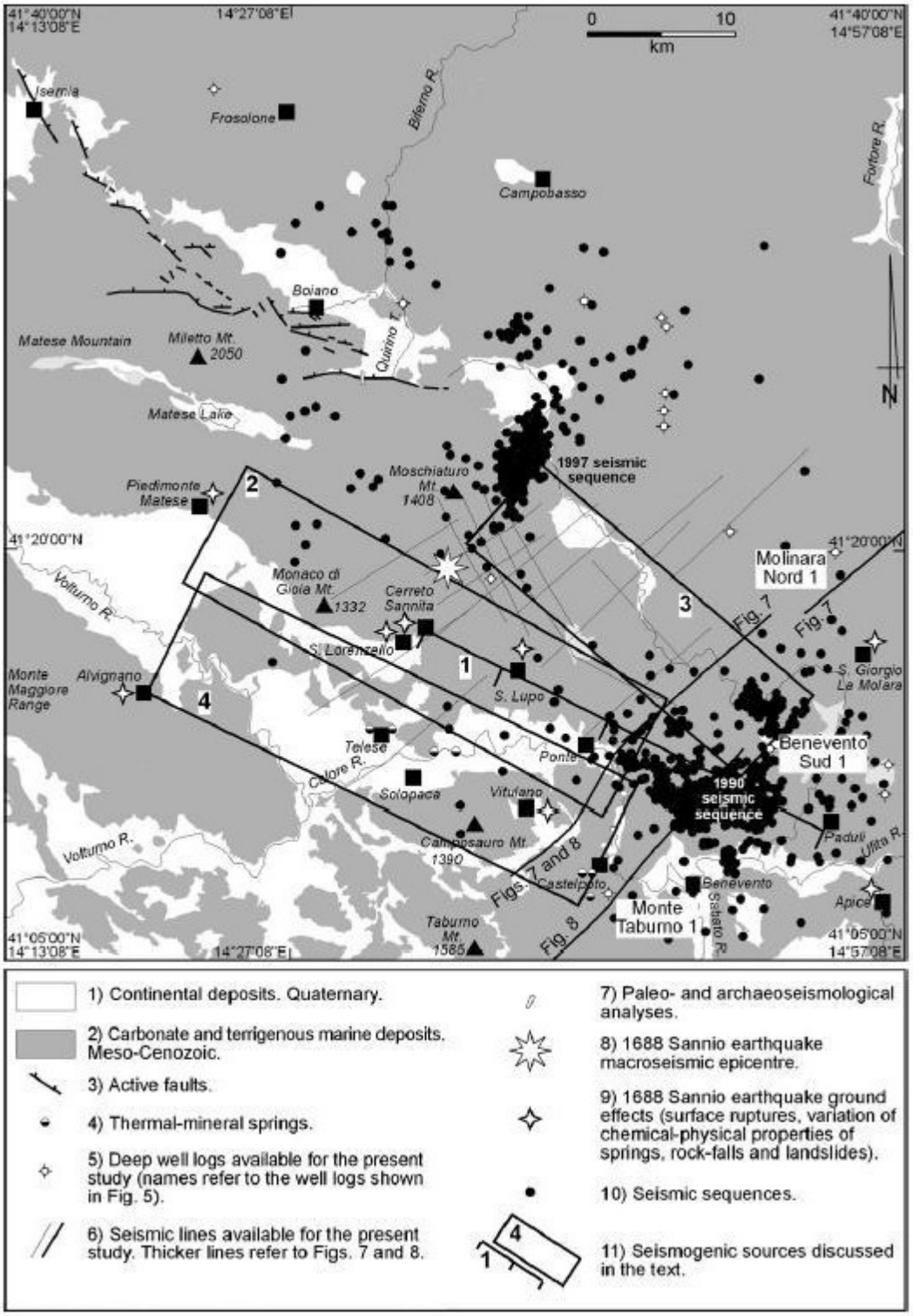


Fig. 5: caratteristiche sismologiche dell'area di studio (Di Bucci et alii, 2005)

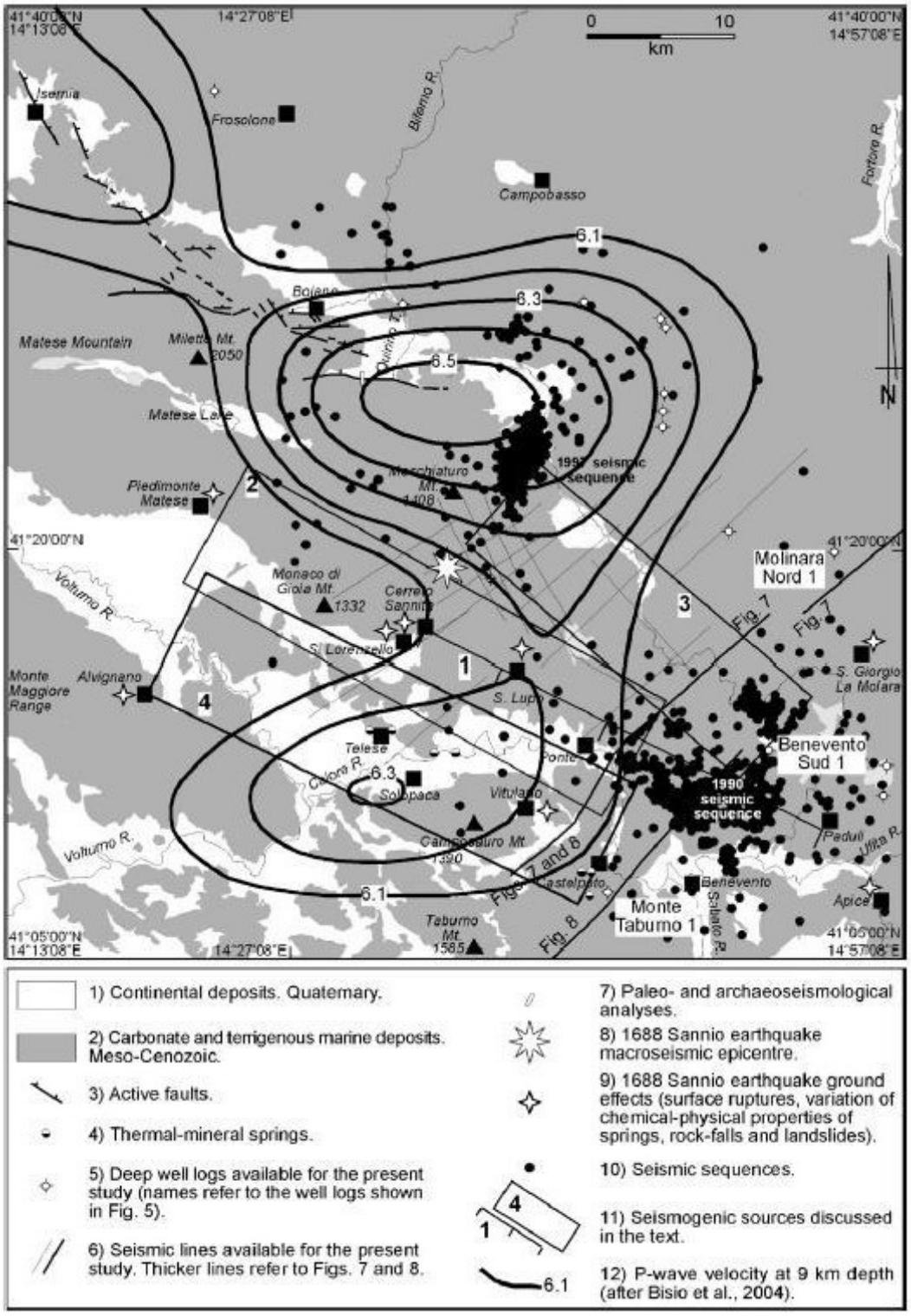


Fig. 6: Mappa sismotettonica dell'area epicentrale del terremoto del 1688 sulla struttura crostale superiore dell'area (Di Bucci et alii, 2006)

6.4. - *Stima della pericolosità sismica di sito*

La pericolosità sismica del sito, come previsto all'interno delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni 2018, viene definita in termini di "Accelerazione orizzontale massima attesa al suolo ($\mathbf{a_g}$) ed in termini di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $\mathbf{S_e}(T)$" con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza $\mathbf{P_{VR}}$.
Le forme spettrali sono definite, all'interno delle NTC 2008, per ciascuna probabilità di superamento $\mathbf{P_{VR}}$ nel periodo di riferimento, a partire dai seguenti tre parametri definiti per il sito rigido orizzontale:

- $\mathbf{a_g}$ - componente orizzontale dell'accelerazione massima al sito espressa come frazione della accelerazione di gravità (g=9,81m/s^2; in g/10 nelle tabelle);
- $\mathbf{F_0}$ - valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $\mathbf{T_c^*}$ - periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale (secondi).

In Allegato alla norma sono dati i valori dei tre parametri sopra citati. Questi valori sono stati calcolati (http://esse1.mi.ingv.it) su di una griglia con passo 0.05 gradi, per un totale di 16852 punti (NODI) ordinati da Ovest a Est e da Nord a Sud lungo tutta la penisola (Cfr. Fig. 5).
Per ciascun punto o nodo, all'interno del reticolo di riferimento, vengono forniti i valori standard di ag, F0 e Tc* al 50mo percentile (Mappa di Pericolosità realizzata dall'INGV – Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).
Per qualunque punto del territorio non sovrapponibile a nessun nodo del reticolo di riferimento, i valori dei parametri possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando con pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici, attraverso la seguente espressione:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^{4} \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^{4} \frac{1}{d_i}}$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse nel punto in esame, p_i è il valore del parametro di interesse nell'i-esimo punto della maglia elementare contenente il punto in esame e d_i è la distanza del punto in esame dall'i-esimo punto della maglia suddetta.

Il punto in esame ha coordinate: Lat *41,1409*° e Lon *14,7012*° (ED50) e ricade all'interno dell'area individuata dai nodi *31653, 31653*, *31875* e *31876* della griglia della Mappa di Pericolosità. Pertanto la determinazione dei parametri di ingresso per la costruzione dello spettro di sito avverrà attraverso le operazioni di interpolazione dettate dalla norma, come precedentemente descritto. Per detti punti i parametri di interesse a_g, F_0 e T_c*, riferiti ad un sottosuolo rigido e considerando 9 periodi di ritorno ($\mathbf{T_R}$) sono riportati sia in forma tabellare che su un grafico.

Valori dei parametri a_g, F_o, T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0.060	2.397	0.279
50	0.080	2.354	0.295
72	0.097	2.332	0.314
101	0.115	2.342	0.324
140	0.135	2.347	0.333
201	0.162	2.339	0.343
475	0.243	2.322	0.368
975	0.327	2.358	0.390
2475	0.459	2.461	0.428

Il valore di $\mathbf{a_g}$, relativo al periodo di ritorno ($\mathbf{T_R}$) di 475 anni rappresenta la componente orizzontale dell'accelerazione massima attesa (**0,243g**) in termini di *pericolosità sismica di base* e questo valore indica che il Comune di Castelpoto si sviluppa in un territorio ad Elevata sismicità ($\mathbf{a_g > 0,25g}$; cfr. D.G.R. n. 5447 del 07/11/2002 – "Aggiornamento della classificazione sismica dei comuni della Regione Campania" in cui Castelpoto è stato riclassificato sismico di I Categoria).

La pericolosità sismica di base, in un sito di interesse, viene espressa in maniera completa dagli spettri di risposta elastici in accelerazione derivanti dal progetto S1-INGV (linee tratteggiate in figura 7). La normativa fa riferimento ad una forma spettrale riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore dell'accelerazione orizzontale massima $\mathbf{a_g}$ su sito di riferimento rigido orizzontale. Spettri così definiti possono essere utilizzati per strutture con periodo di riferimento fondamentale minore o uguale a 4,0s.

Lo spettro normalizzato della componente orizzontale dell'accelerazione (accelerazione spettrale orizzontale $\mathbf{S_e}$; linee continue in figura 7) viene definito dalle seguenti espressioni (dove **T** è il periodo proprio di vibrazione):

$$0 \le T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \le T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \le T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \le T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

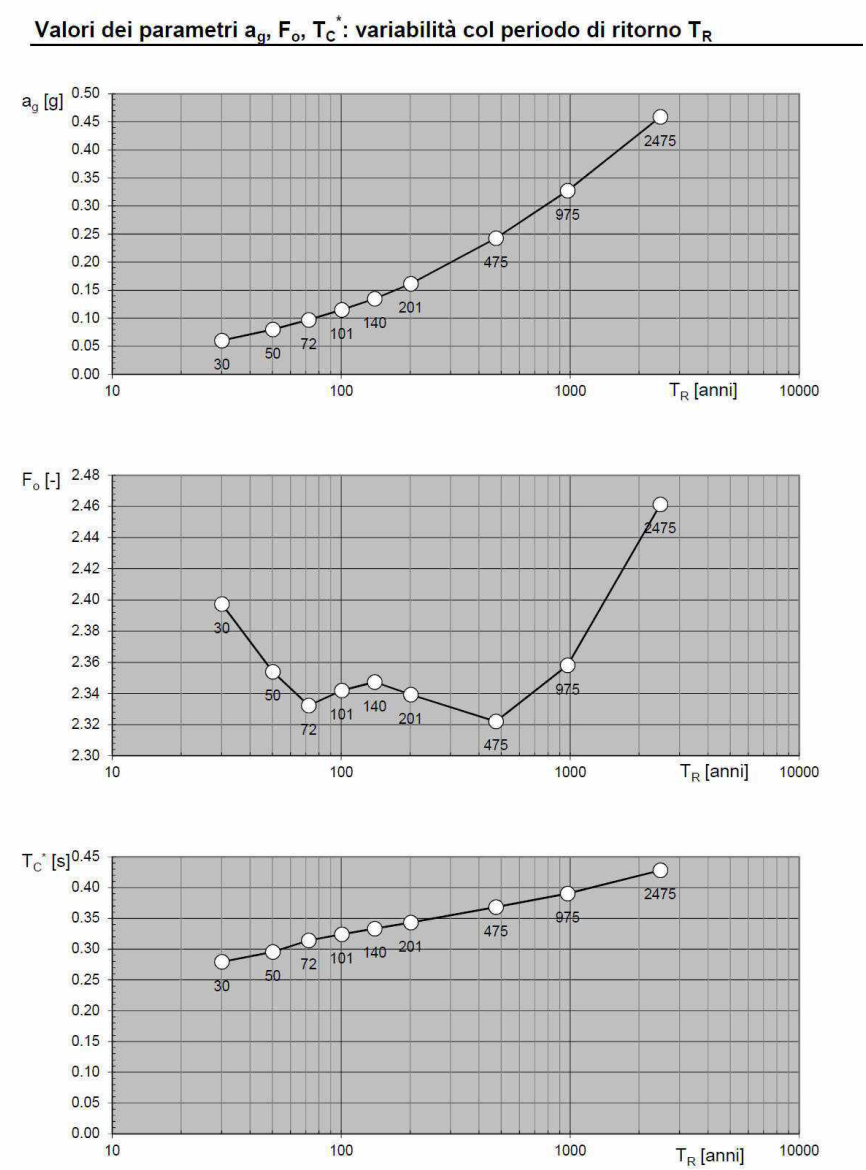


Fig. 7 - Variabilità dei parametri per il punto di coordinate Lat *41,1409*° e Lon *14.7012*° (ED50)

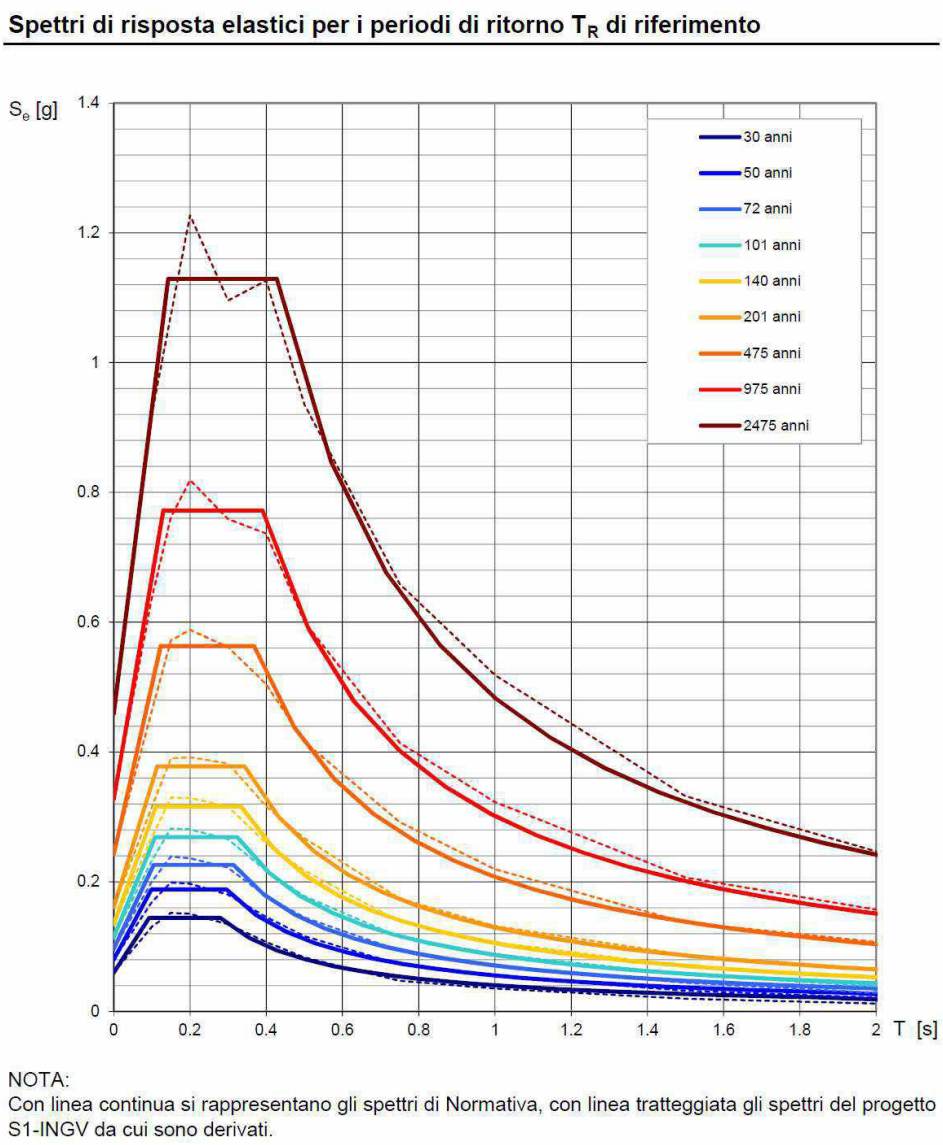


Fig. 8 – Spettri di risposta elastica componente orizzontale per diversi valori di T_R, su sito di coordinate Lat *41,1409*° e Lon *14.7012*° e sottosuolo di riferimento rigido orizzontale (categoria A).

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \qquad \text{(NTC-08 Eq. 3.2.5)}$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0{,}55;\ \eta = 1/q \qquad \text{(NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5)}$$

$$T_B = T_C / 3 \qquad \text{(NTC-07 Eq. 3.2.8)}$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \qquad \text{(NTC-07 Eq. 3.2.7)}$$

$$T_D = 4{,}0 \cdot a_g / g + 1{,}6 \qquad \text{(NTC-07 Eq. 3.2.9)}$$

Dove:

S è il coefficiente che tiene conto delle condizioni stratigrafiche del sottosuolo (S_S è il coefficiente di amplificazione stratigrafica) e delle condizioni topografiche (S_T è il coefficiente di amplificazione topografica);

T_B è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;

T_C è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro;

C_C è un coefficiente funzione delle caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo;

T_D è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro;

η è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5%.

Lo spettro, riferito al sottosuolo rigido orizzontale, è riportato in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**.

Nella tabella seguente si riportano i valori di S_S e C_C per le varie categorie di sottosuolo previste dalla normativa (vedi NTC-2008), nelle tabelle 3 e 4 si riportano i criteri di valutazione delle condizioni topografiche per configurazioni superficiali semplici (vedi NTC-2008). È ovvio che per categorie di sottosuolo diverse dalla A e per condizioni topografiche diverse dalla T1 lo spettro di risposta elastico in accelerazione sarà sensibilmente diverso da quello di figura 7 in funzione dei coefficienti S_S, C_C , S_T.

Espressioni di SS e di CC (NTC 2008).

$T_C = C_C \cdot T^*_C$ $\quad T_B = T_C/3$ $\quad T_D = 4\cdot(a_g/g)+1,6$

Categoria Sottosuolo	S_S	C_C
A	1	1
B	$1,00 \le 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \le 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \le 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1,80 \cdot$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \le 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°
T2	Pendii con inclinazione media i > 15°
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° ≤ i ≤ 30°
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°

Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

6.5. - *Effetti cosismici*

Dalle colonne stratigrafiche disponibili risulta una circolazione idrica superficiale nel centro storico di Castelpoto ed in località "*Masseria Motta*", limitatamente alle coperture sciolte che caratterizzano la litofacies arenaceo-pelitica (**SGI$_{2b}$**) del **Membro arenaceo di Castelpoto**: tale considerazione ha imposto una serie di verifiche del potenziale di liquefazione dei terreni, ai sensi del Cap. 7.11.3.4. delle NTC 2018.

L'analisi è stata effettuata con metodologie di tipo storico-empirico, in cui il coefficiente di sicurezza viene definito dal rapporto tra la resistenza disponibile alla liquefazione e la sollecitazione indotta dal terremoto di progetto. La Normativa vigente prevede che la resistenza alla liquefazione può essere valutata sulla base dei risultati di prove in sito o di prove cicliche di laboratorio.

E' stata condotta una serie di analisi mediante le procedure descritte da **Iwasaki et alii** (1978, 1984), impiegando i risultati delle prove penetrometriche (sia DPSH che SPT in foro), delle analisi geotecniche sui campioni di terreno indisturbato prelevati durante le fasi di terebrazione e dell'analisi di disaggregazione riportata di seguito.

Il **metodo di Iwasaki et alii** (1978, 1984) è stato proposto basandosi sulla osservazione che la severità dei danni prodotti dalla liquefazione ai manufatti è legata al volume di terreno liquefatto all'interno del deposito.

Il metodo si basa su due quantità: il fattore di resistenza (Fs) e l'indice di liquefazione (IL).

Quando Fs 1 lo strato di terreno è liquefacibile; mentre IL, indicativo dell'estensione che il fenomeno della liquefazione può avere nel deposito, è ottenuto dalla espressione:

$$I_L = \int_0^{20} F \cdot W(z)dz$$

dove:

F = 1 – FS per FS 1

F = 0 per FS 1

W(z) = 10 - 0.5 * z

Per poter valutare la severità degli effetti viene proposta la scala della Tabella 1.

Tabella 1

Valori di I_L	Rischio di liquefazione
$I_L=0$	Molto basso
$0 < I_L \leq 5$	Basso
$5 < I_L \leq 15$	Alto
$15 < I_L$	Molto alto

Il **fattore correttivo rd** viene calcolato mediante la seguente formula proposta dagli stessi Autori:

$$r_d = 1 - 0.015 \cdot z$$

e MSF mediante la Tabella 2:

Tabella 2 - Magnitudo Scaling Factor

Magnitudo	Seed H. B. & Idriss I. M. (1982)
5.5	1.43
6.0	1.32
6.5	1.19
7.0	1.08
7.5	1.00
8.0	0.94
8.5	0.89

Invece per la valutazione di CRR vengono suggerite le seguenti espressioni ricavate da numerose prove di resistenza ciclica non drenata:

- per terreni con 0,04 mm D50 0,6:

$$CRR = 0.0882\sqrt{\frac{N_m}{\sigma'_{v0}+0.7}} + 0.225\log_{10}\left(\frac{0.35}{D_{50}}\right)$$

- per terreni con 0,6 mm D50 1,5:

$$CRR = 0.0882\sqrt{\frac{N_m}{\sigma'_{v0}+0.7}} - 0.05$$

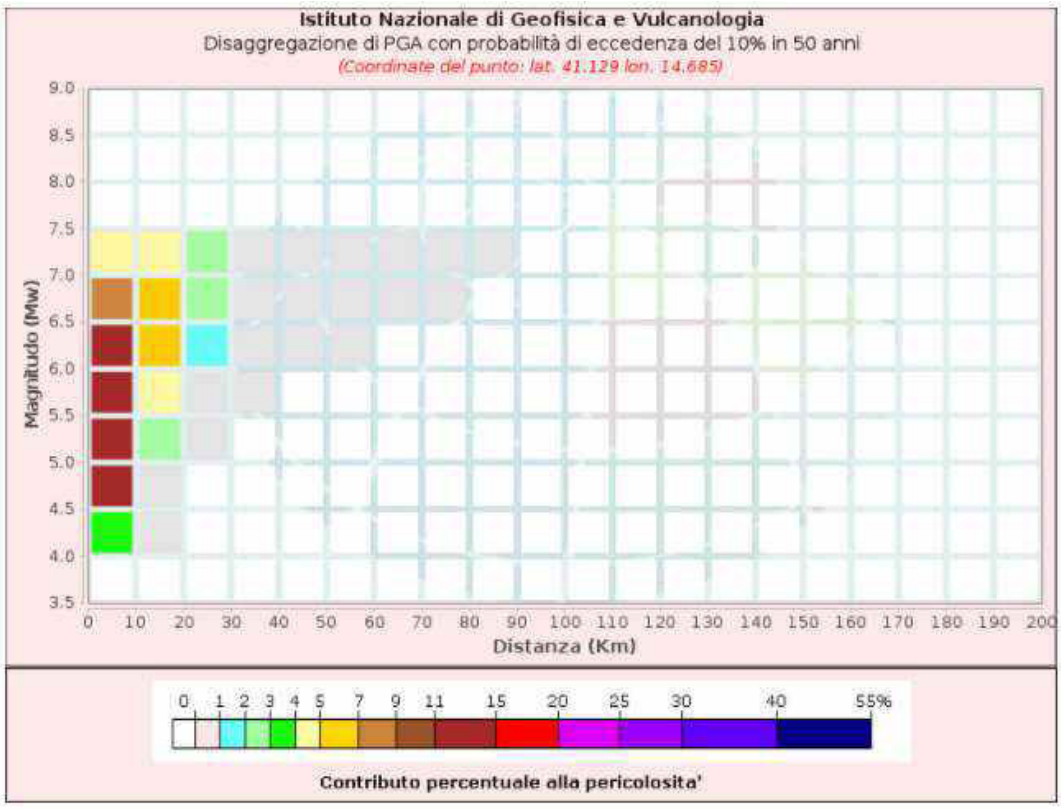
Dove $\mathbf{D_{50}}$ è il diametro dei granuli al 50% (in mm).

La disaggregazione della pericolosità sismica è una operazione che consente di determinare il contributo di varie sorgenti sismogenetiche, alla pericolosità sismica del

sito in esame. Per questo tale analisi viene condotta in termini di magnitudo (M) e distanza (R). In particolare, per il progetto oggetto del presente studio, si sono cautelativamente tenuti in considerazione terremoti di magnitudo compresi tra 4.0 e 7.5 e di una distanza compresa in un raggio di circa 30 km dal sito in esame.
Le mappe di disaggregazione della pericolosità nazionale mostrano che:

1. terremoti da moderati a forti, a distanze non superiori di 10km controllano la pericolosità in siti caratterizzati da alti valori di scuotimento;
2. in siti caratterizzati da eventi frequenti di modesta magnitudo la pericolosità è dominata da terremoti deboli e locali;
3. la pericolosità in aree che in passato sono state colpite da eventi deboli è controllata da terremoti forti e distanti.

Il valore di Magnitudo utilizzato nella verifica del potenziale di liquefazione dei terreni è pari a 6.00 > 5.97 (dato derivante dall'analisi di disaggregazione alle pagine seguenti).
I valori di NSPT utilizzati per il calcolo, in taluni casi sono stati opportunamente ridimensionati a vantaggio della sicurezza, in quanto gli stessi risultano addirittura eccedenti il rifiuto strumentale del sistema di misura.



Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 41.129 lon. 14.685)											
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	3.5300	11.3000	13.5000	13.5000	11.4000	8.4700	4.1700	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.0458	0.6530	2.1300	4.0200	5.6800	6.7300	4.6500	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.0000	0.0509	0.5730	1.5600	2.7700	2.5600	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0149	0.2650	0.7760	0.8360	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0239	0.2360	0.3030	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0595	0.1140	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0079	0.0385	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0084	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0007	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	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
5.97	9.37	0.69

Nella tabella riepilogativa in figura seguente è riportato il quadro sinottico delle verifiche di liquefazione: le stesse sono state eseguite esclusivamente in corrispondenza dei fori di sondaggio ove sono presenti i dati utili previsti dalla metodologia innanzi illustrata, e nella fattispecie:

- quota del livello di falda;
- Prove SPT in foro;
- Analisi granulometriche sui campioni indisturbati prelevati sotto falda.

ID. Sondaggio	Quota falda *(metri dal p.c.)*	Quota SPT *(metri dal p.c.)*	Valori di SPT	Quota campione *(metri dal p.c.)*	Valore D_{50} *(diametro dei grani passante al 50% - mm)*
S31	**-2.80 m**	**-4.60 m**	**>50**	**-6.00 m**	**0.06 (attribuito)**
S36	**-2.00 m**	**-3.60 m**	**6-7-11**	**-3.00 m**	**0.025**
S40	**-2.80 m**	**-3.00 m**	**2-3-3**	**-2.50 m**	**0.015**
S41	**-2.75 m**	**-2.50 m**	**2-2-3**	**-13.50 m**	**0.015**
S42	**-2.80 m**	**-3.00 m**	**3-5-5**	**-7.00 m**	**0.018**
S1-45	**-1.50 m**	**-3.50 m**	**5-7-8**	**-3.00 m**	**0.105**

Verifica del potenziale di liquefazione – Sondaggio S31

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE
(da prove dinamiche SPT)
Metodo semplificato
Metodo di Iwasaki et al. (1978 1984) modificato come da D.M. 14/01/2008 e Circolare 617 del 02/02/2009

PARAMETRI:			
Diametro Perforazione	=	101	mm
γ	=	1.9	g/cm^3
σ_{vo}	=	0.76	kg/cm^2
$\sigma_{vo'}$	=	0.66	kg/cm^2
profondità della prova	=	400	cm
profondità falda	=	300	cm
γ_{H2O}	=	1	g/cm^3
Pressione neutra	=	0.1	kg/cm^2
z	=	4	m
N_{SPT}		50	
C_N [Liao e Whitmann, 1968a]		1.24298029	Verificato
Percercentuale di Fine (FC)	=	5	%
d_{50}	=	0.06	
M_W	=	6.00	
MSF	=	2.09	se M≤7.5
		1.77	se M>7.5

CRR= Resistenza al taglio mobilitata

CSR= Sforzo di taglio indotto dal sisma

d_{50}= Diametro della curva granulometrica corrispondente al passante al 50%

Vs= Velocità dell'onda di taglio S

FORMULE:					RISULTATI:	
CRR	=	0,0882*RADQ(E16/(E9+0,7))+0,225log(0,35/E17)	se 0,04 ≤ d_{50} ≤ 0,6	=	0.68925537	CRR
CRR	=	0,0882*RADQ(E16/(E9+0,7))-0,05	se 0,6 < d_{50} ≤ 1,5		0.466924091	
CSR	=	0,65*((a_{max}/g)*(σ_{vo}/$\sigma_{vo'}$))*r_d*1/MSF	se M≤7.5	=	0.130290951	$CSR_{M\leq7,5}$
			se M>7.5		0.153739158	$CSR_{M>7,5}$

a_{max}/g	=	0.375
r_d	=	0.9694

Fs=CRR/CSR > 1.25					
se M ≤7.5	se 0,04 ≤ d_{50} ≤ 0,6	=	5.290124643	Verificato Fs
	se 0,6 < d_{50} ≤ 1,5		3.583703151	Verificato Fs
se M >7.5	se 0,04 ≤ d_{50} ≤ 0,6	=	4.48327791	Verificato Fs
	se 0,6 < d_{50} ≤ 1,5		3.037118832	Verificato Fs

Verifica del potenziale di liquefazione – Sondaggio S36

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE
(da prove dinamiche SPT)
Metodo semplificato
Metodo di Iwasaki et al. (1978 1984) modificato come da D.M. 14/01/2008 e Circolare 617 del 02/02/2009

PARAMETRI:			
Diametro Perforazione	=	101	mm
γ	=	1.9	g/cm^3
σ_{vo}	=	0.665	kg/cm^2
$\sigma_{vo'}$	=	0.515	kg/cm^2
profondità della prova	=	350	cm
profondità falda	=	200	cm
γ_{H2O}	=	1	g/cm^3
Pressione neutra	=	0.15	kg/cm^2
z	=	3.5	m
N_{SPT}		18	
C_N [Liao e Whitmann, 1968a]		1.40712473	Verificato
Percercentuale di Fine (FC)	=	25	%
d_{50}	=	0.025	
M_W	=	6.00	
MSF	=	2.09	se M≤7.5
		1.77	se M>7.5

CRR= Resistenza al taglio mobilitata

CSR= Sforzo di taglio indotto dal sisma

d_{50}= Diametro della curva granulometrica corrispondente al passante al 50%

Vs= Velocità dell'onda di taglio S

FORMULE:					RISULTATI:	
CRR	=	0,0882*RADQ(E16/(E9+0,7))+0,225log(0,35/E17)	se 0,04 ≤ d_{50} ≤ 0,6	=	0.620816342	CRR
CRR	=	0,0882*RADQ(E16/(E9+0,7))-0,05	se 0,6 < d_{50} ≤ 1,5		0.312937534	
CSR	=	0,65*((a_{max}/g)*(σ_{vo}/$\sigma_{vo'}$))*r_d*1/MSF	se M≤7.5	=	0.146679444	$CSR_{M\leq7,5}$
			se M>7.5		0.173077055	$CSR_{M>7,5}$

a_{max}/g	=	0.375
r_d	=	0.973225

Fs=CRR/CSR > 1.25					
se M ≤7.5	se 0,04 ≤ d_{50} ≤ 0,6	=	4.232469979	Verificato Fs
	se 0,6 < d_{50} ≤ 1,5		2.133479144	Verificato Fs
se M >7.5	se 0,04 ≤ d_{50} ≤ 0,6	=	3.58693612	Verificato Fs
	se 0,6 < d_{50} ≤ 1,5		1.808082146	Verificato Fs

Verifica del potenziale di liquefazione – Sondaggio S40

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE
(da prove dinamiche SPT)

Metodo semplificato

Metodo di Iwasaki et al. (1978 1984) modificato come da D.M. 14/01/2008 e Circolare 617 del 02/02/2009

PARAMETRI:			
Diametro Perforazione	=	101	mm
γ	=	1.8	g/cm^3
σ_{vo}	=	0.54	kg/cm^2
$\sigma_{vo'}$	=	0.52	kg/cm^2
profondità della prova	=	300	cm
profondità falda	=	280	cm
γ_{H2O}	=	1	g/cm^3
Pressione neutra	=	0.02	kg/cm^2
z	=	3	m
N_{SPT}		6	
C_N [Liao e Whitmann, 1968a]		1.40034336	Verificato
Percercentuale di Fine (FC)	=	19	%
d_{50}	=	0.015	
M_w	=	6.00	
MSF	=	2.09	se M≤7.5
		1.77	se M>7.5

CRR= Resistenza al taglio mobilitata

CSR= Sforzo di taglio indotto dal sisma

d_{50}= Diametro della curva granulometrica corrispondente al passante al 50%

Vs= Velocità dell'onda di taglio S

FORMULE:					RISULTATI:	
CRR	=	0,0882*RADQ(E16/(E9+0,7))+0,225log(0,35/E17)	se 0,04 ≤ d_{50} ≤ 0,6	=	0.545842374	CRR
CRR	=	0,0882*RADQ(E16/(E9+0,7))-0,05	se 0,6 < d_{50} ≤ 1,5		0.188047597	
CSR	=	0,65*((amax/g)*(σ_{vo}/$\sigma_{vo'}$))*rd*1/MSF	se M≤7.5	=	0.118426471	$CSR_{M\leq7,5}$
			se M>7.5		0.13973945	$CSR_{M>7,5}$

a_{max}/g	=	0.375
r_d	=	0.97705

Fs=CRR/CSR	>	1.25						
			se M ≤7.5	se 0,04 ≤ d_{50} ≤ 0,6	=	4.609124722	Verificato Fs
				se 0,6 < d_{50} ≤ 1,5		1.587884836	Verificato Fs
			se M >7.5	se 0,04 ≤ d_{50} ≤ 0,6	=	3.906143701	Verificato Fs
				se 0,6 < d_{50} ≤ 1,5		1.345701565	Verificato Fs

Verifica del potenziale di liquefazione – Sondaggio S41

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE
(da prove dinamiche SPT)

Metodo semplificato

Metodo di Iwasaki et al. (1978 1984) modificato come da D.M. 14/01/2008 e Circolare 617 del 02/02/2009

PARAMETRI:			
Diametro Perforazione	=	101	mm
γ	=	1.9	g/cm^3
σ_{vo}	=	0.57	kg/cm^2
$\sigma_{vo'}$	=	0.545	kg/cm^2
profondità della prova	=	300	cm
profondità falda	=	275	cm
γ_{H2O}	=	1	g/cm^3
Pressione neutra	=	0.025	kg/cm^2
z	=	3	m
N_{SPT}		5	
C_N [Liao e Whitmann, 1968a]		1.36784837	Verificato
Percercentuale di Fine (FC)	=	10	%
d_{50}	=	0.015	
M_w	=	6.00	
MSF	=	2.09	se M≤7.5
		1.77	se M>7.5

CRR= Resistenza al taglio mobilitata

CSR= Sforzo di taglio indotto dal sisma

d_{50}= Diametro della curva granulometrica corrispondente al passante al 50%

Vs= Velocità dell'onda di taglio S

FORMULE:					RISULTATI:	
CRR	=	0,0882*RADQ(E16/(E9+0,7))+0,225log(0,35/E17)	se 0,04 ≤ d_{50} ≤ 0,6	=	0.49097923	CRR
CRR	=	0,0882*RADQ(E16/(E9+0,7))-0,05	se 0,6 < d_{50} ≤ 1,5		0.133184453	
CSR	=	0,65*((amax/g)*(σ_{vo}/$\sigma_{vo'}$))*rd*1/MSF	se M≤7.5	=	0.119271512	$CSR_{M\leq7,5}$
			se M>7.5		0.140736572	$CSR_{M>7,5}$

a_{max}/g	=	0.375
r_d	=	0.97705

Fs=CRR/CSR	>	1.25						
			se M ≤7.5	se 0,04 ≤ d_{50} ≤ 0,6	=	4.116483668	Verificato Fs	
				se 0,6 < d_{50} ≤ 1,5		1.116649328	Liquefacibile	
			se M >7.5	se 0,04 ≤ d_{50} ≤ 0,6	=	3.488639974	Verificato Fs	
				se 0,6 < d_{50} ≤ 1,5		0.946338622	Liquefacibile	

Verifica del potenziale di liquefazione – Sondaggio S42

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE
(da prove dinamiche SPT)

Metodo semplificato

Metodo di Iwasaki et al. (1978 1984) modificato come da D.M. 14/01/2008 e Circolare 617 del 02/02/2009

PARAMETRI:			
Diametro Perforazione	=	101	mm
γ	=	1.9	g/cm^3
σ_{vo}	=	0.57	kg/cm^2
$\sigma_{vo'}$	=	0.55	kg/cm^2
profondità della prova	=	300	cm
profondità falda	=	280	cm
γ_{H2O}	=	1	g/cm^3
Pressione neutra	=	0.02	kg/cm^2
z	=	3	m
N_{SPT}		10	
C_N [Liao e Whitmann, 1968a]		1.36161669	Verificato
Percercentuale di Fine (FC)	=	13	%
d_{50}	=	0.018	
M_w	=	6.00	
MSF	=	2.09	se M≤7.5
		1.77	se M>7.5

CRR= Resistenza al taglio mobilitata

CSR= Sforzo di taglio indotto dal sisma

d_{50}= Diametro della curva granulometrica corrispondente al passante al 50%

Vs= Velocità dell'onda di taglio S

FORMULE:					RISULTATI:	
CRR	=	0,0882*RADQ(E16/(E9+0,7))+0,225log(0,35/E17)	se $0,04 \le d_{50} \le 0,6$	=	0.549331382	CRR
CRR	=	0,0882*RADQ(E16/(E9+0,7))-0,05	se $0,6 < d_{50} \le 1,5$		0.209352385	
CSR	=	$0,65*((a_{max}/g)*(\sigma_{vo}/\sigma_{vo'}))*r_d*1/MSF$	se M≤7.5	=	0.118187225	$CSR_{M\le7,5}$
			se M>7.5		0.139457148	$CSR_{M>7,5}$

a_{max}/g	=	0.375				
r_d	=	0.97705				
Fs=CRR/CSR	>	1.25	se M ≤7.5	se $0,04 \le d_{50} \le 0,6$	=	4.647975958 Verificato Fs
				se $0,6 < d_{50} \le 1,5$		1.771362216 Verificato Fs
			se M >7.5	se $0,04 \le d_{50} \le 0,6$	=	3.939069369 Verificato Fs
				se $0,6 < d_{50} \le 1,5$		1.501195082 Verificato Fs

Verifica del potenziale di liquefazione – Sondaggio S1-45

(sondaggio geognostico eseguito ex-novo a corredo del presente Studio)

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE
(da prove dinamiche SPT)

Metodo semplificato

Metodo di Iwasaki et al. (1978 1984) modificato come da D.M. 14/01/2008 e Circolare 617 del 02/02/2009

PARAMETRI:			
Diametro Perforazione	=	101	mm
γ	=	1.9	g/cm^3
σ_{vo}	=	0.57	kg/cm^2
$\sigma_{vo'}$	=	0.42	kg/cm^2
profondità della prova	=	300	cm
profondità falda	=	150	cm
γ_{H2O}	=	1	g/cm^3
Pressione neutra	=	0.15	kg/cm^2
z	=	3	m
N_{SPT}		15	
C_N [Liao e Whitmann, 1968a]		1.55815825	Verificato
Percercentuale di Fine (FC)	=	18	%
d_{50}	=	0.1	
M_w	=	6.00	
MSF	=	2.09	se M≤7.5
		1.77	se M>7.5

CRR= Resistenza al taglio mobilitata

CSR= Sforzo di taglio indotto dal sisma

d_{50}= Diametro della curva granulometrica corrispondente al passante al 50%

Vs= Velocità dell'onda di taglio S

FORMULE:					RISULTATI:	
CRR	=	0,0882*RADQ(E16/(E9+0,7))+0,225log(0,35/E17)	se $0,04 \le d_{50} \le 0,6$	=	0.480163284	CRR
CRR	=	0,0882*RADQ(E16/(E9+0,7))-0,05	se $0,6 < d_{50} \le 1,5$		0.307747974	
CSR	=	$0,65*((a_{max}/g)*(\sigma_{vo}/\sigma_{vo'}))*r_d*1/MSF$	se M≤7.5	=	0.154768985	$CSR_{M\le7,5}$
			se M>7.5		0.182622456	$CSR_{M>7,5}$

a_{max}/g	=	0.375				
r_d	=	0.97705				
Fs=CRR/CSR	>	1.25	se M ≤7.5	se $0,04 \le d_{50} \le 0,6$	=	3.102451582 Verificato Fs
				se $0,6 < d_{50} \le 1,5$		1.988434394 Verificato Fs
			se M >7.5	se $0,04 \le d_{50} \le 0,6$	=	2.629267472 Verificato Fs
				se $0,6 < d_{50} \le 1,5$		1.685159537 Verificato Fs

6.6. - *Zonazione in prospettiva sismica*

Sulla scorta delle conoscenze geologiche del territorio, desunte dalla correlazione tra i numerosi dati stratigrafici e le indagini sismiche disponibili, è stata redatta la Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS), secondo i criteri dello "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica" di Microzonazione Sismica redatti dalla **Commissione tecnica per la microzonazione sismica** (articolo 5, comma 7 dell'OPCM 13 novembre 2010, n. 3907).

Lo studio e la risultante redazione della Cartografia Tematica sono stati improntati secondo **l'Approfondimento di Livello 1**, definito dagli standard MZS secondo lo schema riportato in figura seguente:

Carta	Approfondimento	Zone	Attributo alfanumerico della zona
Carta delle MOPS	Approfondimenti di Livello 1	Zone stabili Zone stabili suscettibili di amplificazione Zona instabili	Nessuno
Carta di Microzonazione Sismica	Approfondimenti di Livello 2	Zone stabili	FA=1
		Zone stabili suscettibili di amplificazione	Fattori di amplificazione da abachi Categoria di sottosuolo
		Zone instabili	
	Approfondimenti di Livello 3	Zone stabili	FA=1
		Zone stabili suscettibili di amplificazione	Fattori di amplificazione da analisi numeriche Spettro rappresentativo Categoria di sottosuolo
		Zone instabili	Fattori di amplificazione da analisi numeriche Spettro rappresentativo Categoria di sottosuolo Parametro instabilità

Nella seguente tabella si illustrano i criteri adottati nel presente studio per la redazione della Carta delle MOPS:

	ZONE	DESCRIZIONE
ZONE OMOGENEE PER QUANTO RIGUARDA IL COMPORTAMENTO IN PROSPETTIVA SISMICA	ZONE STABILI	aree con pendenza inferiore a 15° con substrato geologico in affioramento con Vs,30>800 m/s
	ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA	pendii con inclinazione <15° suscettibili di amplificazione locale legata solo alle caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo
	ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA	versanti con pendenza maggiore di 15°
		cresta e scarpata
	ZONE DI ATTENZIONE PER INSTABILITÀ	zone suscettibili di instabilità di versante
		zone potenzialmente instabili
		zone di attenzione per liquefazione
	FAGLIE FAGLIE	elementi strutturali che necessitano di studi di maggior dettaglio al fine di escluderne la potenziale pericolosità sismica che porterebbe a classificarli come FAC o FPAC.
	FORME DI SUPERFICIE	conoidi alluvionali attivi e/o quiescenti

Sono state, pertanto, individuate le seguenti microzone:

- zone stabili suscettibili di amplificazioni;
- zone instabili.

Le zone stabili non suscettibili di amplificazioni sismiche locali (teoricamente corrispondenti a Suoli di Categoria A ed assetto geomorfologico relativo ad una Categoria Topografica T1) non sono state riconosciute sul territorio comunale.

Per ciò che riguarda il **potenziale di liquefazione dei terreni**, dalle analisi compiute, è emerso che le coperture sciolte che sovrastano la litofacies arenaceo-pelitica (**SGI_{2b}**) del

Membro arenaceo di Castelpoto non presentano alcuna propensione a fenomeni di liquefazione rispetto alla pericolosità sismica del sito, per T_R=475anni e P_{VR}=10%.
L'unica criticità nelle analisi riguarda il sondaggio S41, ubicato a ridosso del centro storico, a valle di Via Roma, sul versante nord-orientale che degrada verso l'alveo del Fiume Calore; l'analisi riporta una potenziale liquefazione solo ed esclusivamente per fusi granulometrici caratterizzati da 0.6mm < d50 < 1.5mm, ovvero in condizioni di depositi a prevalente componente sabbiosa molto grossolana, situazione ad oggi non riscontrata in alcuna delle granulometrie disponibili e, pertanto, a detta dello scrivente assolutamente non compatibile con l'assetto litostratigrafico locale.
Dette coperture sciolte, infatti, non rappresentano altro che una esigua porzione sommitale alterata, formatasi a seguito di fenomeni di disfacimento chimico ad opera delle acque d'infiltrazione e di disgregazione meccanica della litofacies arenaceo-pelitica del *membro arenaceo di Castelpoto*.
In tutte le curve granulometriche disponibili, le coltri di copertura sono caratterizzate da una granulometria sabbioso-limoso-argillosa in cui la componente più grossolana presenta al setaccio con D = 0.6mm percentuali di passante sempre superiori al 90%.
Nei depositi alluvionali localizzati in corrispondenza degli alvei del Torrente Jenga (che delimita il confine comunale sul lato settentrionale), del Fiume Calore (che delimita il confine comunale sul lato nordorientale) e del Torrente Lossauro, allo stato attuale sono completamente assenti dati stratigrafici e geotecnici, pertanto non è stato possibile eseguire verifiche di liquefazione ad hoc.
Si tratta, ad ogni modo, di aree marginali, ragionevolmente non destinate all'edificazione di fabbricati e/o infrastrutture. Ovvio che se queste ultime aree dovessero essere utilizzate a tale scopo, sarà necessario eseguire studi specifici per la valutazione della possibile liquefazione.
Le **zone suscettibili di instabilità di versante** corrispondono alle aree perimetrate negli elaborati dell'Autorità di Bacino *Liri-Garigliano-Volturno*. A queste sono state aggiunte ulteriori frane rilevate durante il presente studio (cfr. con Carta della Stabilità, TAV G-06): **colamenti (attivi e quiescenti)** riconosciuti in terreni flyscioidi arenaceo-pelitici.
Nell'ambito della carta della stabilità sono state cartografate come **aree ad incerta stabilità** quelle zone che mostrano evidenze stratigrafiche e morfologiche tali da presentare condizioni molto prossime a quelle di innesco di fenomeni di instabilità. Eventuali interventi che ricadano nelle zone instabili ed in quelle ad incerta stabilità, devono essere preceduti da studi approfonditi, esaminando con cura non solo le condizioni stratigrafiche e strutturali puntuali, ma anche le condizioni geologiche e morfologiche relative a un areale sufficientemente esteso.

Sulla *Carta della Zonazione in Prospettiva Sismica* vengono, inoltre, riportate le tracce delle **faglie** sulla base di una serie di considerazioni.
Le faglie rappresentate sulla carta geologica (TAV-G01), indicate con linee blu tratteggiate, rappresentano discontinuità strutturali dedotte, per le evidenze di carattere stratigrafico e morfologico riscontrate a contorno, anche se le coperture quaternarie non permettono di individuarne sul terreno la traccia. Il tratteggio manifesta l'intenzione di indurre alla ricerca di ulteriori informazioni in occasione di indagini di maggior dettaglio, previste dalla normativa per progetti esecutivi o per microzonazione sismica di terzo livello, allo scopo di verificare l'eventuale presenza di dislocazioni anche nei depositi quaternari che molto spesso tendono a ricoprire tali lineamenti.
I depositi quaternari cartografati nella TAV-G01 sono stati attribuiti al Pleistocene sup.-Olocene e pertanto non risultano più antichi di 126.000 anni. Dai rilievi condotti in campagna non si sono riscontrate evidenze di depositi quaternari attribuibili al Pleistocene medio e/o al Pleistocene inferiore.
Le faglie di interesse per la microzonazione sismica sono le:

- **faglie attive e capaci** (FAC)
- **faglie potenzialmente attive e capaci** (FPAC).

La definizione delle FAC e delle FPAC è riportata in "Commissione tecnica per la microzonazione sismica, Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da Faglie Attive e Capaci (FAC), versione 1.0 Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome – Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 2015", ma in sintesi si può affermare che le FAC vengono distinte sulla base di evidenze di un'attività più recente di 40.000, mentre le FPAC vengono distinte sulla base di evidenze di un'attività compresa tra 781.000 e 40.000 anni. E' bene precisare che il termine "capace" sta ad indicare la capacità di aver portato a rottura la superficie topografica.
Per una identificazione certa dei due casi, occorrerebbe osservare, nella dislocazione avvenuta, il coinvolgimento di terreni rispettivamente più recenti di 40.000 anni (**Faglie Attive e Capaci**) e compresi tra 781.000 e 40.000 anni (**Faglie Potenzialmente Attive e Capaci**).
Dai rilievi di superficie condotti sui terreni dei depositi del Pleistocene superiore e dell'Olocene, in corrispondenza dei lineamenti tettonici cartografati, non sono stati riscontrati segni di dislocazione degli stessi che possano essere riconducibili a quelli che caratterizzano le FAC. Analogamente, il mancato rinvenimento di depositi attribuibili al Pleistocene inferiore e medio, non permette neanche di stabilire con certezza la presenza di FPAC. Le ricerche di carattere scientifico condotte negli ultimi 40 anni sull'attività

sismica di quest'area hanno evidenziato la presenza di strutture sismogenetiche i cui campi di stress mostrano un $\sigma 3$ orientato principalmente in direzione appenninica (NW-SE) o antiappenninica (NE-SW) e pertanto tali strutture potrebbero essere in grado di determinare in superficie campi di stress capaci di attivare rispettivamente faglie di tipo antiappenninico e appenninico.

Alla luce di queste ultime considerazioni si può arguire che le faglie cartografate nella TAV-G01 rappresentano discontinuità strutturali dedotte per le evidenze di carattere stratigrafico e morfologico riscontrate a contorno, per le quali si rendono però necessarie indagini puntuali e approfondite di carattere paleosismologico e stratigrafico al fine di escluderne la potenziale pericolosità sismica che porterebbe a classificarle come FAC o FPAC.

Concludendo, le faglie presenti nella carta geologica (TAV. G-01) sono state riportate nella **carta della zonazione in prospettiva sismica** in quanto costituiscono elemento di potenziale pericolosità che impone studi di maggior dettaglio da prevedere alla base di progetti ricadenti in dette aree.

7. - CARTE TEMATICHE, CRITERI DI FATTIBILITÀ DELLE OPERE E CONCLUSIONI

Ai sensi dell'Art. 11 - Titolo II della citata Legge Regionale Campania n° 9/83, le indagini, i rilievi e gli studi espletati nell'intero territorio comunale hanno consentito di elaborare i dati utili alla compilazione dei seguenti elaborati cartografici in scala 1: 5.000:

- Carta con ubicazione delle indagini;
- Carta geologica;
- Sezioni geologiche;
- Carta idrogeologica;
- Carta geomorfologica;
- Carta delle pendenze;
- Carta della stabilità;
- Carta della zonazione in prospettiva sismica.

Di seguito verranno descritti gli elaborati cartografici prodotti, illustrandone le metodologie adottate per la redazione ed i contenuti esplicitati.

7.1 - Carta geologica

La Carta Geologica è stata realizzata su base aerofotogrammetrica in scala 1:5000, ispirandosi ai criteri del Progetto CARG (Servizio Geologico Nazionale, Quaderni serie III - volume 1, 1992 - volume 9, 2003 - volume 12, fascicolo 1, 2009) e inquadrata nel contesto geologico regionale.
Il rilevamento geologico necessario alla redazione della stessa è stato integrato dalle risultanze delle indagini dirette e indirette, svolte nell'ambito del territorio di Castelpoto, al fine di definire l'assetto stratigrafico e strutturale dell'area.
La suddivisione delle unità stratigrafiche utilizzate può essere riassunta secondo lo schema in figura 7.1.

7.2 - Sezioni geologiche

Per illustrare meglio i rapporti geometrici tra le unità cartografate, sono state realizzate n. 5 **sezioni geologiche**. Esse seguono profili topografici scelti in modo da rappresentare in maniera esaustiva l'assetto geologico di tutto il territorio.

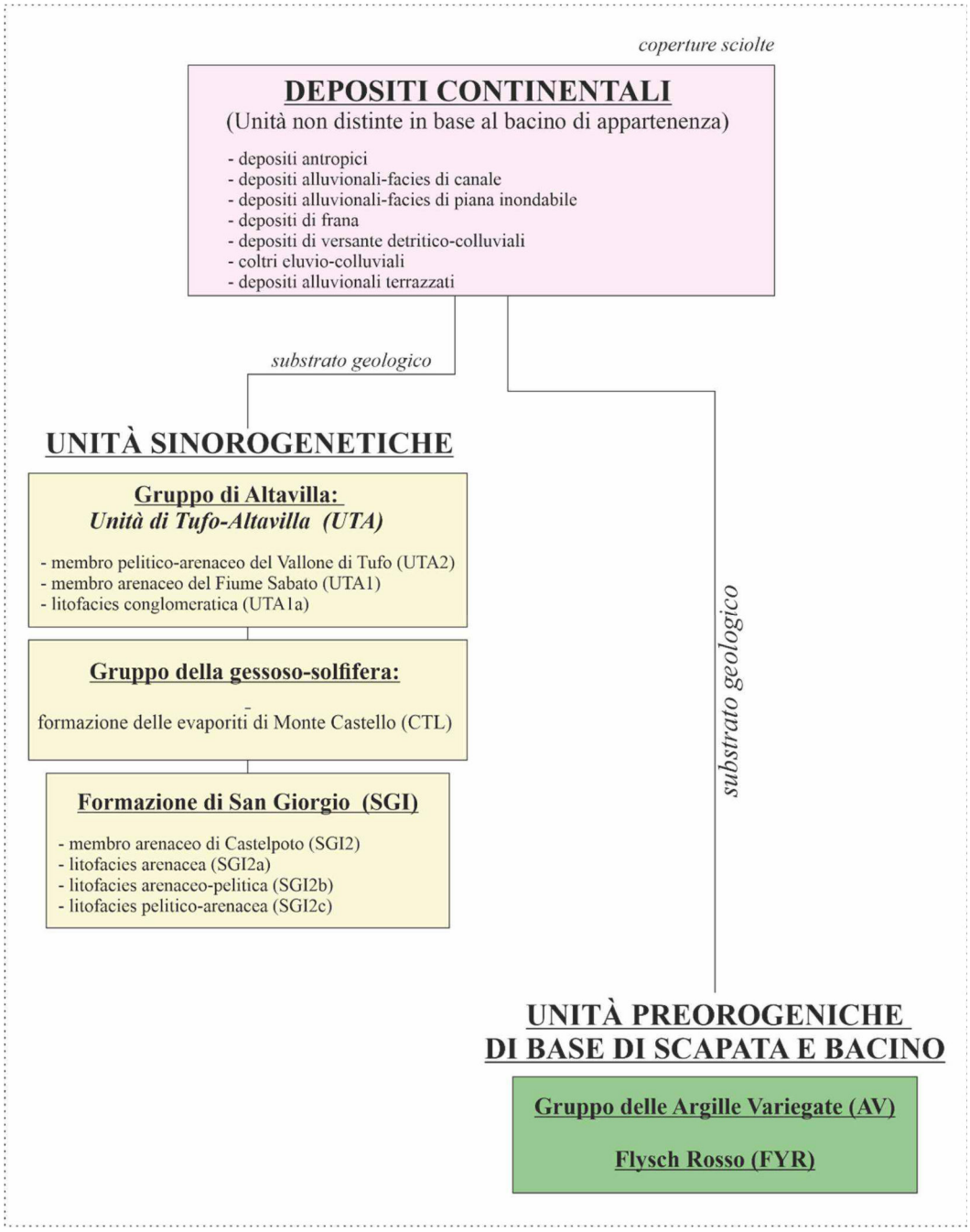


Fig. 7.1.- schema delle Unità cartografate sulla Carta Geologica

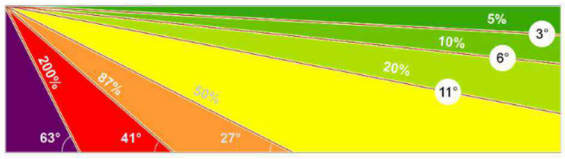
7.3 - Carta geomorfologica

La **carta geomorfologica** è stata redatta allo scopo di definire le condizioni morfoevolutive del territorio. I dati sono stati raccolti attraverso il rilevamento di campagna, l'analisi di foto aeree e della cartografia disponibile alle diverse scale (1:5.000 e 1:25.000). Tali rilievi sono stati eseguiti ispirandosi ai criteri del Progetto CARG (Servizio Geologico Nazionale, Quaderni serie III - volume 4, 1994) e sono stati indirizzati anche ad una verifica puntuale delle aree perimetrate nel P.A.I. (Piano per l'Assetto Idrogeologico) dell'Autorità di Bacino *Liri, Garigliano e Volturno*.
Si ribadisce che in tale elaborato sono state cartografate le frane (quelle cartografate dall'AdiB, dall'IFFI e in aggiunta da questo studio) includendo anche possibili zone in cui sono ipotizzabili casi di convergenza morfologica che non è stato possibile verificabile per il livello di approfondimento di questo studio, mancando la possibilità di eseguire indagini di sottosuolo e monitoraggio pluriennale di queste aree. Tale scelta è comunque da considerare a favore della sicurezza.
Su questo elaborato sono state riportate, tra le altre cose, le principali scarpate ripide in roccia influenzate dalla litologia e/o dalla struttura con altezza variabile da 0,5 m a diverse decine di metri in quanto esse rappresentano potenziali aree di innesco di fenomeni franosi molto rapidi (crolli, ribaltamenti, scorrimenti) soprattutto in occasione di eventi sismici.

7.4 - *Carta delle pendenze*

La **carta delle pendenze** è stata realizzata individuando degli intervalli di pendenza caratteristici dello stato di attività dei processi più diffusi nel territorio, secondo lo schema di correlazione seguente

CORRELAZIONE TRA CLASSI DI PENDENZA E TIPOLOGIA DI DISSESTI



Classi di pendenza	Inclinazioni corrisp.	Cod	Condizioni di innesco per eventi di "primo distacco" *sensu* Guida & Iaccarino, 1991					
			Rocce prevalentemente calcaree			Rocce pelitiche e arenitiche*		
			Crollo, ribal.	Scorrim.	Colam.	Crollo, ribal.	Scorrim.	Colam.
∞ ÷ 200%	90° ÷ ~63°	1	x	x		x	x	
200% ÷ 87%	~63° ÷ ~41°	2		x		x	x	x
87% ÷ 50%	~41° ÷ ~27°	3					x	x
50% ÷ 20%	~27° ÷ ~11°	4					x	x
20% ÷ 10%	~11° ÷ ~6°	5						
10% ÷ 5%	~6° ÷ ~3°	6						
5% ÷ 0	~3° ÷ 0	7						

Ciò ha agevolato la realizzazione della *carta della stabilità*.

7.5 - Carta della stabilità

Questo elaborato tematico ha lo scopo di fornire un quadro sintetico della situazione di stabilità relativa dell'intero territorio comunale.
Nella valutazione del grado di stabilità relativa delle aree in esame, si è tenuto conto delle caratteristiche del territorio che danno luogo a fenomeni di instabilità: dall'analisi delle correlazioni, morfologia, pendenze e, a seconda della litologia del substrato, della presenza o meno di coperture detritiche sciolte, si è valutato la combinazione di questi fattori e le evidenze di stabilità relativa osservate da foto aree e sul campo.
Sono state indicate come **aree instabili** dove si sono osservate evidenze di fenomeni di attivazione e/o riattivazione di fenomeni franosi includendo anche possibili zone in cui sono ipotizzabili casi di convergenza morfologica (non verificabile al livello di approfondimento di questo studio, mancando la possibilità di eseguire indagini di sottosuolo e monitoraggio pluriennale di queste aree), comunque tale scelta è a favore della sicurezza.
Tutte le aree, ricadenti su versanti, data l'incidenza della franosità sul territorio comunale, sono state classificate "**ad incerta stabilità**" per i fattori più o meno predisponenti al dissesto, tanto di carattere morfologico (angolo di pendio, aree di possibile ampliamento di fenomeni franosi cartografati all'interno), quanto di carattere geolitologico ed idrogeologico (assortimento granulometrico dei depositi di copertura, circolazione idrica, contatti stratigrafico-strutturali).
Le **aree stabili** sono state distinte sulla base delle evidenze di carattere morfologico, morfometrico, e litologico stratigrafico-strutturale che escludono l'innesco di frane ed anche il transito e/o l'invasione dei materiali franati.

Gli interventi ricadenti sia nelle **aree instabili** che nelle **aree ad incerta stabilità** necessitano di studi geologici di dettaglio redatti in conformità alla Normativa Vigente, propedeutici ai titoli autorizzativi comunali: in tali aree, in particolare, si applicano i divieti e le prescrizioni del P.S.A.I. vigente e degli altri strumenti di pianificazione sovraordinati. L'eventuale fattibilità degli interventi, definita negli strumenti di pianificazione sovraordinati vigenti, deve essere in ogni caso subordinata ad una indagine geologica di dettaglio, redatta ai sensi della Normativa vigente.

Sigle	Unità	Permeabilità – Tipo: Porosità	Permeabilità – Tipo: Fessurazione	Permeabilità – Tipo: Fessurazione e carsismo	Permeabilità – Grado: I-impermeabile	Permeabilità – Grado: B-basso	Permeabilità – Grado: M-medio	Permeabilità – Grado: A-alto	Grado di Permeabilità e stratificazione		Gradi di permeabilità assegnati
h	Depositi antropici (riporto)	X									n.c.
h_1	Depositi antropici (discariche)	X									n.c.
b	Depositi alluvionali - facies di canale	X						X	A	A	A
b_n	Depositi alluvionali - facies di piana inondabile	X				X	X		I-B	B-M	I-M
a	Depositi di versante	X				X	X		I-B	B-M	I-M
a_1	Depositi di frana	X									n.c.
b_2	Coltre eluvio-colluvale	X			X	X			I-B	I-B	I-B
b_{na}	Depositi alluvionali terrazzati	X				X	X		I-B	B-M	I-M
b_{nb}	Depositi alluvionali terrazzati	X				X	X		I-B	B-M	I-M
UTA_1	Unità di Tufo-Altavilla membro arenaceo	X	X			X	X		B-M	B-M	B-M
UTA_{1a}	Unità di Tufo-Altavilla membro arenaceo litofacies conglomeratica	X	X			X	X		B-M	B-M	B-M
UTA_2	Unità di Tufo-Altavilla membro pelitico-arenaceo	X	X		X	X			I-B	B-M	I-M
CTL	Formazione delle evaporiti di Monte Castello	X	X		X	X			I-B	B-M	I-M
SGI_{2a}	Formazione di San Giorgio litofacies arenacea	X	X			X	X		B-M	B-M	B-M
SGI_{2b}	Formazione di San Giorgio litofacies arenaceo-pelitica	X	X		X	X			I-B	B-M	I-M
SGI_{2c}	Formazione di San Giorgio litofacies pelitico-arenacea	X	X		X	X			I-B	B	I-B
olt	Olistoliti (lembi di successioni carbonatiche)		X	X			X	X	B-M	M-A	B-A
AV	Gruppo delle Argille Variegate	X	X		X				I	I	I
FYR	Flysch Rosso (calcareo-pelitico)		X	X			X	X	B-M	M-A	B-A

Fig. 7.2. - Schema delle Unità riportate sulla Carta Geologica e la permeabilità delle stesse.

7.6 - *Carta idrogeologica*

La **carta idrogeologica** è stata realizzata ispirandosi ai criteri del Progetto CARG (Servizio Geologico Nazionale, Quaderni serie III - volume 5, 1995). Le relazioni osservate tra i complessi idrogeologici individuati e le evidenze idrologiche superficiali hanno permesso di riconoscere le principali linee di deflusso idrico sotterraneo utili ad una eventuale programmazione dell'utilizzazione e protezione delle **risorse e riserve idriche** ed anche per definire le condizioni idrogeologiche in prospettiva sismica.

7.7 - *Carta della zonazione in prospettiva sismica*

Sulla scorta delle conoscenze geologiche del territorio, desunte dalla correlazione tra i numerosi dati stratigrafici e le indagini sismiche disponibili, è stata redatta la **Carta della zonazione in prospettiva** sismica, secondo i criteri dello "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica" di Microzonazione Sismica redatti dalla **Commissione tecnica per la microzonazione sismica** (articolo 5, comma 7 dell'OPCM 13 novembre 2010, n. 3907).

Lo studio e la risultante redazione della Cartografia Tematica sono stati improntati secondo **l'Approfondimento di Livello 1**, definito dagli standard MZS secondo lo schema riportato in figura seguente:

Carta	Approfondimento	Zone	Attributo alfanumerico della zona
Carta delle MOPS	Approfondimenti di Livello 1	Zone stabili Zone stabili suscettibili di amplificazione Zona instabili	Nessuno
Carta di Microzonazione Sismica		Zone stabili	FA=1
	Approfondimenti di Livello 2	Zone stabili suscettibili di amplificazione	Fattori di amplificazione da abachi Categoria di sottosuolo
		Zone instabili	
	Approfondimenti di Livello 3	Zone stabili	FA=1
		Zone stabili suscettibili di amplificazione	Fattori di amplificazione da analisi numeriche Spettro rappresentativo Categoria di sottosuolo
		Zone instabili	Fattori di amplificazione da analisi numeriche Spettro rappresentativo Categoria di sottosuolo Parametro instabilità

Sono state, pertanto, individuate le seguenti microzone:

- zone stabili suscettibili di amplificazioni;
- zone instabili.

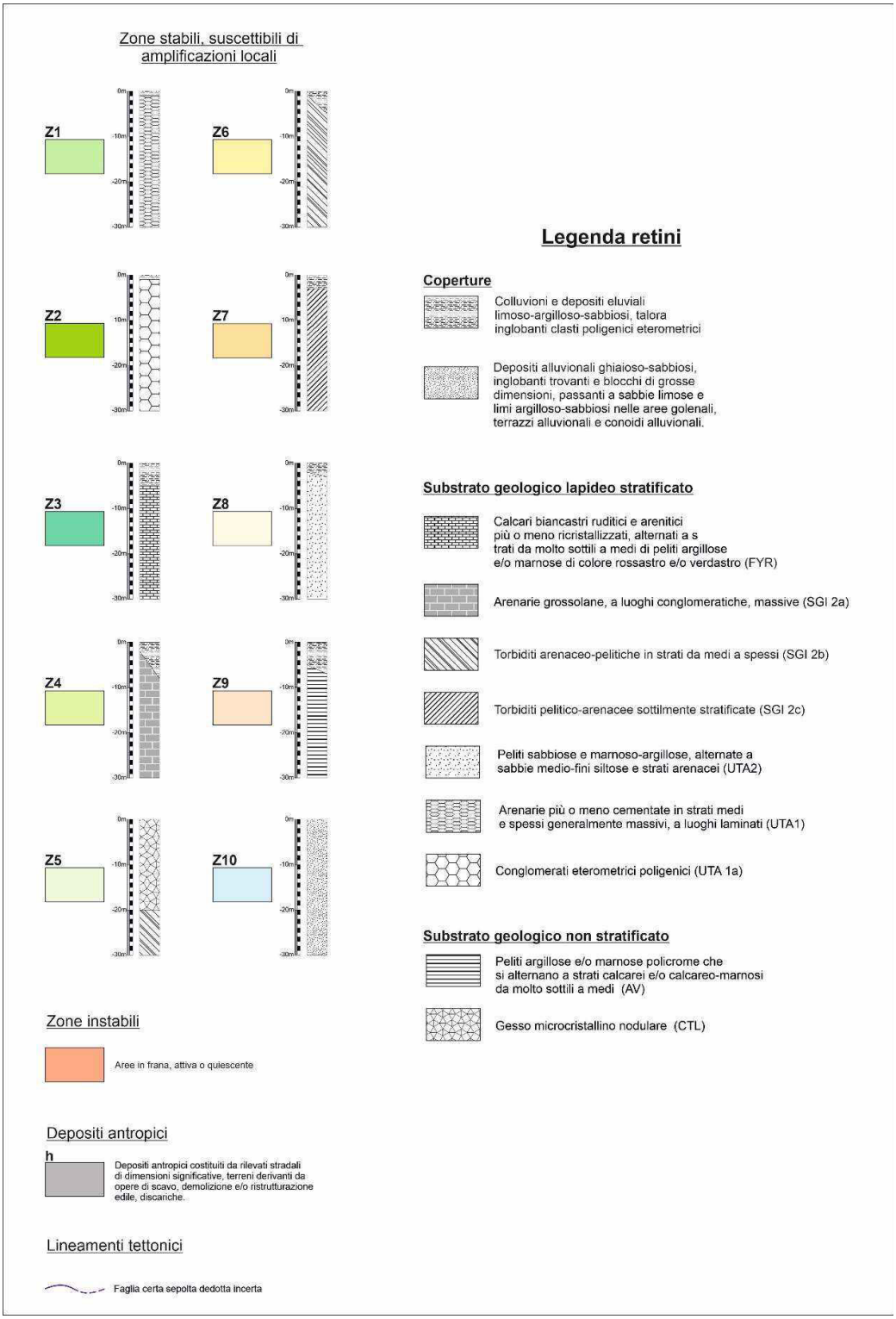


Fig. 7.3. - schema delle Unità cartografate sulla Carta Geologica

Le zone stabili non suscettibili di amplificazioni sismiche locali (teoricamente corrispondenti a Suoli di Categoria A ed assetto geomorfologico relativo ad una Categoria Topografica T1) non sono state riconosciute sul territorio comunale.
Le zone stabili suscettibili di amplificazioni sono state suddivise in funzione delle potenziali amplificazioni del segnale sismico dovute alle sole condizioni lito-stratigrafiche e morfologiche, sulla scorta delle indicazioni ottenute dalla elaborazione ed interpretazione dei dati stratigrafici, geotecnici e geofisici disponibili ed allegati al presente studio geologico.
Si è giunti, pertanto, alla seguente schematizzazione delle zone stabili suscettibili di amplificazioni, ciascuna corredata della relativa colonna stratigrafica schematica:

La numerazione progressiva (da Z1 a Z10) delle zone stabili suscettibili di amplificazioni, indica idealmente un valore crescente di pericolosità sismica in termini di amplificazione, sia stratigrafica che topografica.
Le **zone instabili** (ovvero suscettibili di instabilità di versante) corrispondono alle aree perimetrate negli elaborati dell'ex Autorità di Bacino *Liri-Garigliano-Volturno*. A queste sono state aggiunte ulteriori frane rilevate durante il presente studio (cfr. con Carta della Stabilità, TAV G-06).
I **depositi antropici**, costituiti da rilevati stradali di dimensioni significative, terreni derivanti da opere di scavo, demolizione e/o ristrutturazione edile, discariche, sono stati perimetrati come zona a sé stante.

7.8 - *Criteri di fattibilità delle opere e conclusioni*

Le indagini, i rilievi e gli studi eseguiti, descritti nella presente relazione e graficamente riportati nella cartografia tematica prodotta, nonché l'esame comparato della precitata cartografia e dei dati geognostici, stratigrafici, geotecnici e geofisici, ha consentito il computo qualitativo e quantitativo delle incidenze puntuali in termini di rischio geologico, geomorfologico e sismico e, pertanto, di utilizzo antropico del territorio comunale di Castelpoto.
Le condizioni di attuazione delle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali sono differenziate sulla base di specifici **criteri generali di fattibilità,** in relazione sia degli aspetti geomorfologici che di pericolosità sismica, dettagliati come segue:

"Aree instabili"

1. Non sono da prevedersi interventi di nuova edificazione o nuove infrastrutture che non siano subordinati alla preventiva esecuzione di interventi di consolidamento, bonifica, protezione e sistemazione;
2. Gli interventi di messa in sicurezza definitiva (da realizzarsi sulla base di specifici studi ed indagini geologiche, idrogeologiche, geotecniche e sismiche), dovranno essere comunque tali da non pregiudicare le condizioni di stabilità nelle aree adiacenti, da non limitare la possibilità di realizzare interventi definitivi di stabilizzazione dei fenomeni franosi e da consentire la manutenzione delle opere di messa in sicurezza.
3. In presenza di interventi di messa in sicurezza, dovranno essere predisposti ed attivati gli opportuni sistemi di monitoraggio in relazione alla tipologia del dissesto.
4. L'avvenuta messa in sicurezza conseguente la realizzazione ed il collaudo delle opere di consolidamento, gli esiti positivi del sistema di monitoraggio attivato e la delimitazione delle aree risultanti in sicurezza, dovranno essere opportunamente certificati.
5. Relativamente agli interventi per i quali sia dimostrato il non aggravio delle condizioni di instabilità dell'area, purché siano previsti, ove necessario, interventi mirati a tutelare la pubblica incolumità, a ridurre la vulnerabilità delle opere esposte mediante consolidamento o misure di protezione delle strutture per ridurre l'entità del danneggiamento, nonché l'installazione di sistemi di monitoraggio per tenere sotto controllo l'evoluzione del fenomeno; della sussistenza delle condizioni di cui sopra dovrà essere dato atto nel procedimento amministrativo relativo al titolo abilitativo all'attività edilizia.

Coincidenza di "*Aree ad incerta stabilità*" ed "*Aree suscettibili di amplificazioni locali*"

1. L'attuazione di interventi di nuova edificazione o nuove infrastrutture è subordinata all'esito di idonei studi ed indagini geologiche, idrogeologiche, geotecniche e sismiche, finalizzate alla verifica delle effettive condizioni di stabilità ed alla corretta definizione dell'azione sismica, nonché alla preventiva realizzazione degli eventuali interventi di messa in sicurezza.
2. Gli eventuali interventi di messa in sicurezza, definiti sulla base di studi ed indagini geologiche, idrogeologiche, geotecniche e sismiche, devono essere comunque tali da non pregiudicare le condizioni di stabilità nelle aree

adiacenti, da non limitare la possibilità di realizzare interventi definitivi di stabilizzazione e prevenzione dei fenomeni franosi, da consentire la manutenzione delle opere di messa in sicurezza.

3. Nella condizione in cui siano rilevate nuove situazioni di criticità geomorfologica e siano, pertanto, necessari interventi di messa in sicurezza, dovranno essere predisposti ed attivati gli opportuni sistemi di monitoraggio in relazione alla tipologia del dissesto. L'avvenuta messa in sicurezza conseguente la realizzazione ed il collaudo delle opere di consolidamento, gli esiti positivi del sistema di monitoraggio attivato e la delimitazione delle aree risultanti in sicurezza dovranno essere certificati.
4. Possono essere attuati quegli interventi per i quali venga dimostrato che non determinano condizioni di instabilità e che non modificano negativamente i naturali processi geomorfologici presenti nell'area; della sussistenza delle condizioni di cui sopra deve essere dato atto nel procedimento amministrativo relativo al titolo abilitativo all'attività edilizia.

Coincidenza di "*Aree stabili*" ed "*Aree suscettibili di amplificazioni locali*"

In tali aree, le condizioni di attuazione sono indicate in funzione di una valutazione geomorfologico-topografica e la realizzazione di specifiche indagini geofisiche e geotecniche per la corretta definizione dell'azione sismica, al fine di non modificare negativamente le condizioni geologiche ed idrogeologiche, nonché dei naturali processi geomorfologici presenti nell'area.

Dal punto di vista della pianificazione urbanistica, infine, l'eventuale fattibilità degli interventi secondo i criteri innanzi descritti, dovrà essere di volta in volta verificata anche e soprattutto in funzione dei divieti e delle prescrizioni degli strumenti di pianificazione sovraordinati (ivi comprese le Norme Tecniche di Attuazione del P.S.A.I.) e della Normativa antisismica vigente.

Per incarico ricevuto.

Il Geologo

dott. Modestino Boscaino

ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE ABRUZZO
Dott. Geol. Modestino BOSCAINO
N. ISCRIZ. 616 A.P. sez. A

Firmato digitalmente da
Modestino Boscaino
CN = Modestino Boscaino
T = Geologo
C = IT