



COMUNE DI CAUTANO

(Provincia di Benevento)



C.A.P.82030

Tel.0824/880700



Piano Urbanistico Comunale

Legge Regionale del 22 Dicembre 2004 n.16-art.23



Il Consulente Urbanistico

Arch. Vincenzo Carbone



Il Collaboratore esperto in GIS

Ing. Giuseppe Coppolaro

Il Geologo

Dott. Luciano Campanelli



L'Agronomo

Dott. Massimiliano De Feo



Il Progettista

Ing. Michelangelo Vitrone



CAUTANO PORTA DEL PARCO

COMPONENTE PROGRAMMATICA

RELAZIONE GEOLOGICA

DESCRITTIVA

Il Sindaco

Ing. Alessandro Gisoldi



INDICE

1.	Premessa	Pag.1
2.	Inquadramento generale	Pag.7
3.	Tavola G1 carta (PSAI-RF) e G1a carta (PGRA-DAM)	Pag.19
4.	Tavola G2 carta ubicazione indagini	Pag.21
5.	Tavola G3 carta geologica Tavola G1a,G1b,G1c sez. geologiche	Pag.27
	Caratterizzazione litologica, litotecnica, geotecnica e sismica	Pag.41
6.	Tavola G4 carta idrogeologica	Pag.54
7.	Tavola G5 carta clivometrica	Pag.60
8.	Tavola G6 carta geomorfologica	Pag.62
9.	Tavola G7 carta della stabilità dei versanti	Pag.68
10.	Tavola G8 e G9 carta della zonazione del terr. in prosp. Sismica	Pag.79
	Verifica alla liquefazione dei terreni indagati	Pag.129
11.	Tavola G9a carta delle frequenze naturali del terreno (centro urbano scala 1 : 2.500)	
	(risposta alla nota del 24/02/2022 protocollo 0103282, riunione presso il Genio Civile di Benevento del 07/03/2022)	Pag.140

12. Tavola G10 carta di sintesi (scala 1 : 5.000)
**(risposta alla nota del 24/02/2022 protocollo 0103282, riunione presso il
Genio Civile di Benevento del 07/03/2022)** Pag.143
13. Conclusioni Pag.149

1- PREMESSA

Con determina di Giunta n° 183/RG del 07/07/2020, l'Amministrazione comunale di Cautano (Bn) ha conferito al sottoscritto **Dott. Geologo Campanelli Luciano**, libero professionista, iscritto all'Ordine Regionale dei Geologi della CAMPANIA con numero di riferimento 672, l'incarico professionale per lo studio geologico a corredo del Piano Urbanistico Comunale (P.U.C.).

Lo studio geologico del territorio è stato condotto approfondendo il quadro delle conoscenze già disponibili con particolare attenzione rivolta agli aspetti tettonici, idrogeologici, della stabilità dei versanti e sismici (modello geologico - tecnico), per una corretta ed adeguata pianificazione delle aree urbanizzate e da urbanizzare del territorio comunale.

Il presente lavoro di carattere generale non sostituisce gli studi geologici puntuali e di dettaglio come dettato dal decreto ministeriale sulle “Norme tecniche per le costruzioni” D.M. 14/01/2008 e D.M. del 17/01/2018.

1.1- QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

Lo studio è stato elaborato in conformità delle normative e leggi che regolano la pianificazione territoriale vigenti sul territorio regionale e nazionale e che vengono appresso citate.

D.M. LL.PP. del 11/03/1988

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

L.R. n° 9 del 07/01/1983

Norme per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico coordinata e aggiornata fino alla Legge regionale n°. 10 del 05/11/2016.

D.G.R.C. n° 5447 del 07/11/2002

Aggiornamento della classificazione sismica dei comuni della Regione Campania.

D.G.R.C. n°248 del 24/01/2003

Aggiornamento della classificazione sismica dei comuni della Regione Campania.

Circolare applicativa relativa alla strumentazione urbanistica.

O.P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003

Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zone sismiche.

L.R. 16/2004

Regolamento di attuazione n°. 5 del 04/08/201 “Norme sul governo del territorio”

D.G.R.C. n° 816 del 10/06/2004

Aggiornamento della classificazione sismica dei comuni della Regione Campania.

Ulteriore circolare applicativa relativa alla strumentazione urbanistica, pianificazione

territoriale ed urbanistica generale ed attuativa, come previsto dagli art. 6 e 30 della L.R. 16/2004.

D.M. del 14/01/2008

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche che definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni, nei riguardi delle loro prestazioni richieste in termini di requisiti essenziali di resistenza meccanica e di stabilità anche in caso di incendio e curabilità. Esse forniscono i criteri generali di sicurezza, precisano le azioni che devono essere utilizzate nel progetto e definiscono le caratteristiche dei materiali e dei prodotti e, più in generale, trattano gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere e si fatto esplicito riferimento a quanto riportato al paragrafo 6.1.2 delle NTC 2008 secondo il quale “le scelte progettuali devono tener conto delle prestazioni attese delle opere, dei caratteri geologici del sito e delle condizioni ambientali. I risultati dello studio rivolto alla caratterizzazione e modellazione geologica di cui § 6.2.1, devono essere esposti in una specifica relazione geologica.

D.G.R.C n° 118 del 27/05/2013.

Dispone che lo studio di microzonazione del territorio deve essere condotto almeno al livello 1, preliminare e propedeutico ai successivi livelli 2 o 3, secondo quanto definito negli “Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica” (standard ICMS 2008).

D.M. del 17/01/2018

Norme Tecniche per le Costruzioni. Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di **velocità** delle **onde** di taglio superiori a 800 m/s,

eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m. Le azioni conseguenti al moto sismico possono essere modellate sia attraverso forze statiche equivalenti o spettri di risposta, sia attraverso storie temporali del moto del terreno, opportunamente selezionate. La domanda sismica può essere valutata considerando gli effetti di interazione terreno-struttura di tipo sia inerziale sia cinematico, nonché definendo l'input sismico di progetto tramite analisi di risposta sismica locale. Per le relative procedure dovranno essere utilizzati metodi e modelli di comprovata validità.

AUTORITA' DI BACINO DISTRETTO IDROGRAFICO APPENNINO
MERIDIONALE

L. n°183 del 18/05/1989 e s.m.i

Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale.

D.Lgs. n° 152 del 2006

Norme in materia ambientale in cui è stata anche trasfusa la legge n° 183 del 1989 “norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo.

1) STUDI E LAVORI CONSULTATI E CORRELATI:

- Indagine geologico - tecnica a corredo del P.R.G. del comune anno 1992;
- Indagini e relazioni geologiche realizzate per opere pubbliche nel comune di Cautano fino ad oggi;

- Microzonazione sismica di III° livello per il solo centro urbano anno 2018 in fase di approvazione ;
- Piano di Protezione Civile comunale vigente anno 2018;
- Progetto di Piano Stralcio PSAI-RF e Piano di Gestione del Rischio di Alluvione PGRA DAM;
- Carta Geologica Regionale del progetto CARG scala 1: 50.000;
- Progetto Iffi Regione Campania

1.2- ELABORATI PRODOTTI

Relazione geologica descrittiva

TAV. G1) Carta della trasposizione in scala 1 : 5.000 del Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico rischio frane (PSAI-RF) Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino meridionale.

TAV. G1a) Carta della trasposizione in scala 1 : 5.000 del Progetto di Piano Stralcio Difesa dalle Alluvioni (PSDA) e del Piano di Gestione del Rischio Alluvione distretto idrografico dell'Appennino meridionale (PGRA-DAM).

TAV. G2) Carta ubicazione indagini

TAV. G3) Carta geologica

TAV. G3a) Sezione geologica I - II

TAV. G3b) Sezione geologica III - IV

TAV. G3c) Sezione geologica V – VI

TAV. G4) Carta idrogeologica

TAV. G5) Carta clivometrica

TAV. G6) Carta geomorfologica

TAV. G7) Carta della stabilita' dei versanti

TAV. G8) Carta della distribuzione della velocita' equivalente v_s , v_q e delle categorie di sottosuolo

TAV. G9) Carta della zonazione del territorio in prospettiva sismica

TAV. G9a) Carta delle frequenze naturali del terreno (centro urbano)

TAV. G10) Carta di sintesi

FASCICOLO 1) Stratigrafie sondaggi con documentazione fotografica

FASCICOLO 2) Certificati prove di laboratorio

FASCICOLO 3) Certificati prove S.P.T. e prove penetrometriche

FASCICOLO 4) Certificati prove sismiche

2- INQUADRAMENTO GENERALE

Il territorio di Cautano, comune della Provincia di Benevento, dista dal capoluogo sannita circa 15 Km seguendo la strada fondovalle Vitulanese e dal capoluogo di Regione 44,6 Km. Si estende su una superficie areale di circa 19,71 km², occupando la parte centrale della valle Vitulanese.

Facendo riferimento alla cartografia ufficiale, l'intero territorio è rappresentato sul foglio n° 173 (Benevento), quadrante III tavoletta N.E. (Apollosa), redatta dall'Istituto Geografico Militare alla scala 1: 25.000.

Il Centro storico riferimento (Palazzo Caporaso sede del Parco Regionale Taburno-Camposauro) è geograficamente situato a 41° 8' 57" N di latitudine e 14° 38' 17" E di longitudine rispetto al meridiano di Greenwich.

2.1- COMUNI CONFINANTI E RELATIVA DISTANZA CHILOMETRICA

Il territorio comunale di Cautano (BN) confina ad Est ed a Nord interamente con Vitulano, ad Ovest con Frasso Telesino, a Sud con Tocco Caudio e Campoli del Monte Taburno ([figura 1](#)).

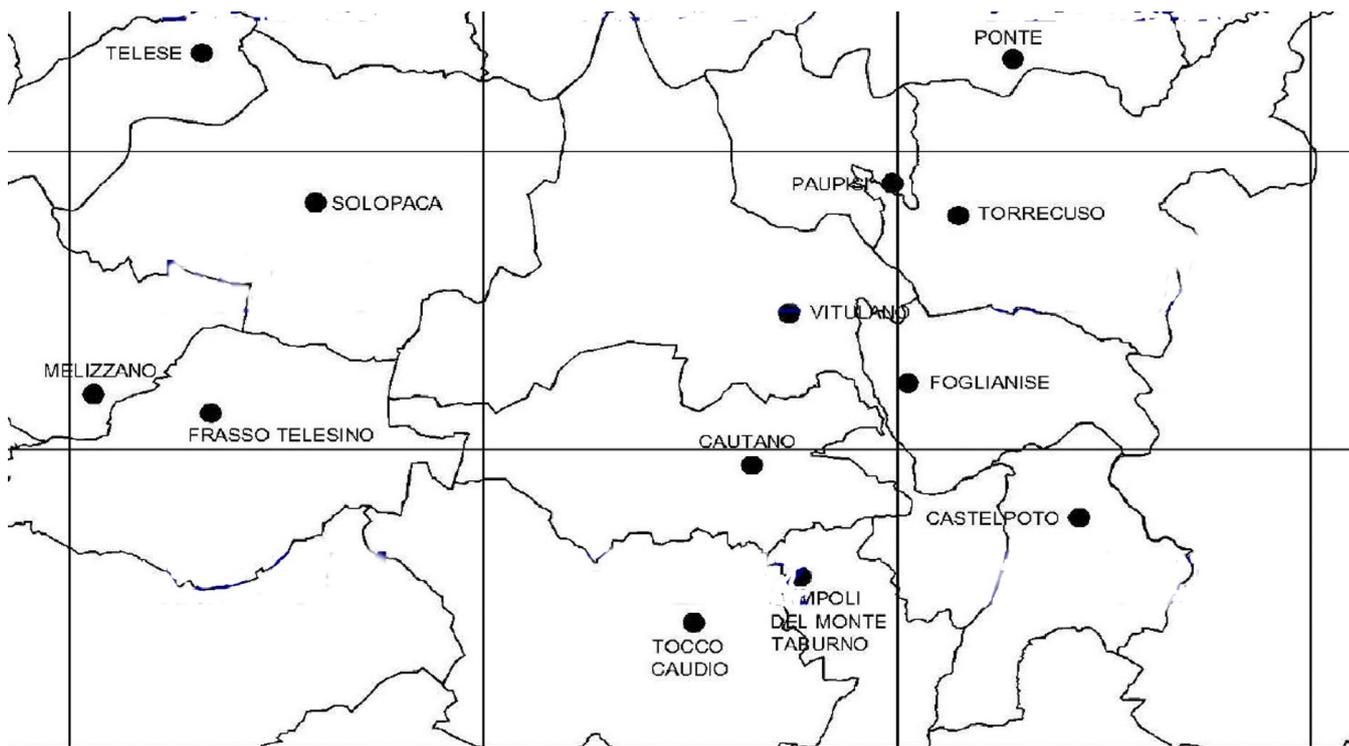


Figura 1

VITULANO	KM 4,0 circa
FRASSO TELESINO	KM 16,0 circa
TOCCO CAUDIO	KM 4,0 circa
CAMPOLI DEL MONTE TABURNO	KM 3,0 circa

Topograficamente il territorio è limitato ad **EST** dal Vallone di S. Antonio, affluente di sinistra del torrente Jenga, a **NORD** dalla collina Valle della Noce e dai rilievi montuosi Coste dell'Ombe, , Camposauro, Sette Serre, Tuoro Felasco e Monte Rosa; ad **OVEST** dal rilievo montuoso Pietra Spaccata e dalla Piana di Zi Nicola, a **SUD** dal fosso di Prata e dal torrente Jenga(figura2).

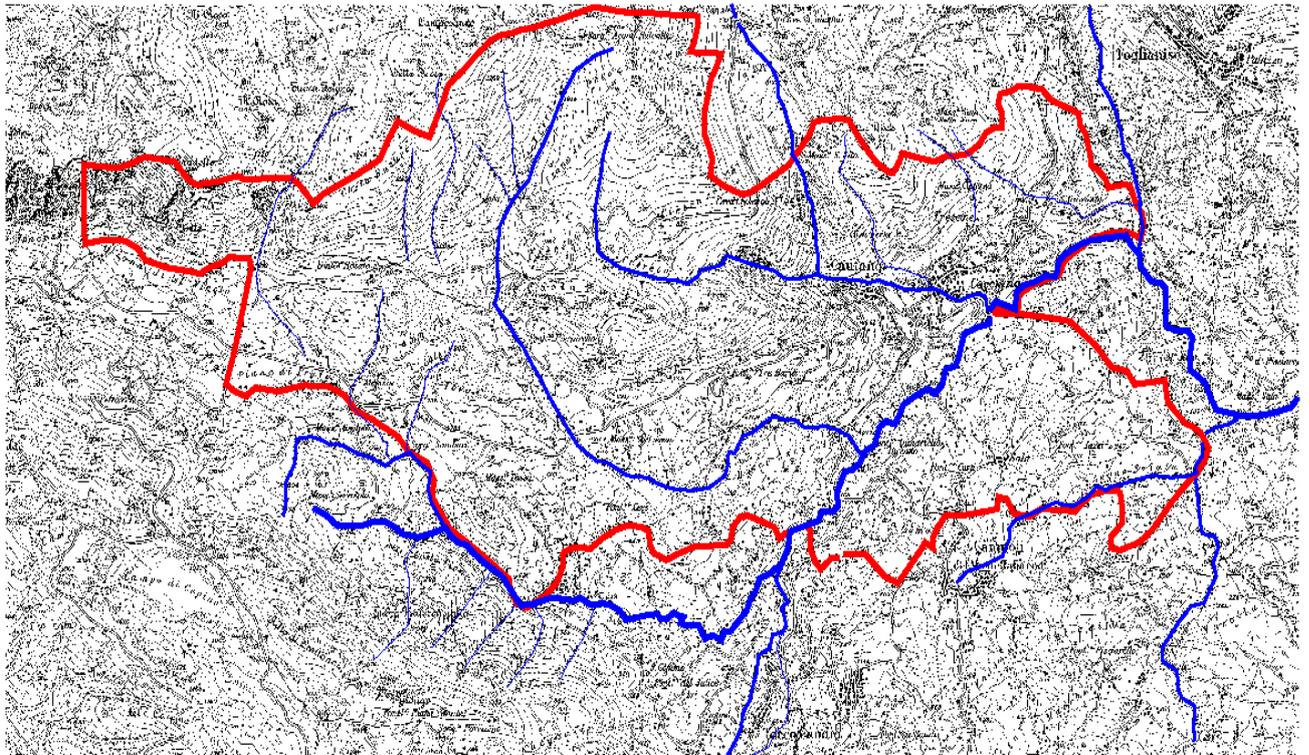


Figura 2

La morfologia è estremamente articolata con quote variabili da un massimo di circa 1303 metri sul livello del mare (Camposauro) ad un minimo di 204 metri (

TorrenteJenga).In base a tale sensibile differenza di altitudine e di morfologia il territorio può essere diviso in tre fasce:

- Fascia montuosa che rappresenta metà del territorio (50%) e che va dai 1303 metri di altitudine degradando sino a 600 metri circa s.l.m.;
- Fascia collinare che rappresenta (40%) circa del territorio, compresa tra i 600 e 300 metri circa s.l.m.;
- Fascia valliva che rappresenta (10%) circa del territorio e s'inoltra sino a 204 metri circa s.l.m..

Le aree pianeggianti o poco acclivi non ancora urbanizzate sono alquanto limitate, generalmente di piccola estensione e dislocate a diverse latitudini. Esse sono ubicate prevalentemente in aree pedemontane di raccordo tra il piede dei rilievi ed i letti dei torrenti (es. centro urbano) e lungo la strada Provinciale Cautano – Frasso Telesino in località Pretara. Alla scarsità complessiva delle aree pianeggianti fa riscontro in tutto il territorio, una assoluta prevalenza di aree montuose con morfologia abbastanza aspra, ed aree collinari con profilo dei versanti più dolci.

2.2- INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

L'evoluzione geostrutturale del territorio comunale di Cautano s'inquadra nel contesto geologico generale dell'Appennino Meridionale caratterizzato da falde di

ricoprimento derivanti da eventi tettonici accaduti dal Miocene al Pliocene provocando lo smembramento e la sovrapposizione di differenti unità paleogeografiche (Manfredini, 1963; D'Argenio et. al. 1973; Patacca & Scandone, 1989; Sgrosso, 1998).

In principio, nel lontano Triassico inferiore, l'area era caratterizzata da un grande bassofondo marino compreso tra la piattaforma Abruzzese-Campana e la piattaforma Lucana, dove iniziarono a depositarsi sedimenti carbonatici di natura organogena.

Successivamente la subduzione della zolla adriatica, che costituiva il margine settentrionale del continente africano, sotto il margine europeo contribuì alla formazione della catena appenninica causando la deformazione, lo scollamento e l'ampliamento delle coperture sedimentarie.

Successivi processi distensivi hanno articolato maggiormente la struttura.

Nel Paleocene diverse fasi tettonogenetiche con sovrascorrimenti e traslazioni, fecero migrare la piattaforma dal Tirreno verso l'Adriatico smembrandola in vari blocchi e successivamente dall'Eocene fino al Miocene inferiore fasi d'emersione ad estensione regionale

La migrazione dell'oligocene da Ovest ad Est fu favorita dallo scioglimento di questi blocchi calcarei in bacini profondi come quello Lagonegrese con conseguente sedimentazione terrigena arenacea che documentano il corrugamento. Questo bacino venne interessato da fasi tettoniche distensive con sedimentazione di terreni (fase di

flysch) e successivamente nel Pliocene - medio con la compressione tetto-genetica di questi sedimenti che si sovrapposero ai depositi di piattaforma abruzzese - campana che caratterizzano le strutture a falde di ricoprimento.

Nello specifico le fasi orogenetiche appenniniche provocarono il sollevamento di alcuni blocchi tra cui gli attuali massicci del Taburno - Camposauro separati da una conca tettonica Piana di Prata che rientra nella parte ovest del territorio comunale di Cautano.

Queste fasi tettoniche sono collegate alla posizione strutturale delle formazioni oggetto di studio ed in particolare quelle neotettoniche quaternarie hanno provocato la scomposizione delle formazioni affioranti secondo i principali allineamenti dell'Appennino e cioè NW - SE.

Le faglie che caratterizzano il territorio oggetto di studio si sono attivate durante l'assestamento isostatico del Pliocene e progressivamente trasformatesi in faglia con moto complesso con componente orizzontale trascorrente verticale e distensive.

Per cui l'assetto strutturale del Camposauro è condizionato da un regime distensivo che ha agito in direzione SW – NE tra il Pliocene ed il Pleistocene manifestandosi con una struttura che si è espansa verso SW e con vergenza tirrenica come si rileva anche nei monti Picentini, monti Lattari e del Matese.

Nel Quaternario, ultima era della storia della Terra, si sono verificate quattro glaciazioni intervallate da altrettante interglaciazioni che hanno lasciato la loro testimonianza anche con depositi alluvionali.

La corrente bibliografia scientifica a contenuto Geologico Regionale (Carta Geologica d'Italia in scala 1/100.000, Carta Geologica d'Italia in scala 1/50.000, Carta Geologica dell'Appennino meridionale in scala 1/250.000) evidenzia la presenza, nel territorio comunale di Cautano, di sequenze geologiche di ambiente marino di età compresa tra il Triassico ed il Miocene, (Figura 3) di seguito elencate :

COMPLESSO CARBONATICO

- a) Unità Alburno - Cervati

COMPLESSO ARGILLOSO – ARENACEO

- b) Unità Sicilidi
- c) Unità Irpine

DEPOSITI CLASTICI CONTINENTALI

- d) Breccie calcaree
- e) Detrito di falda e di conoide
- f) Depositi alluvionali

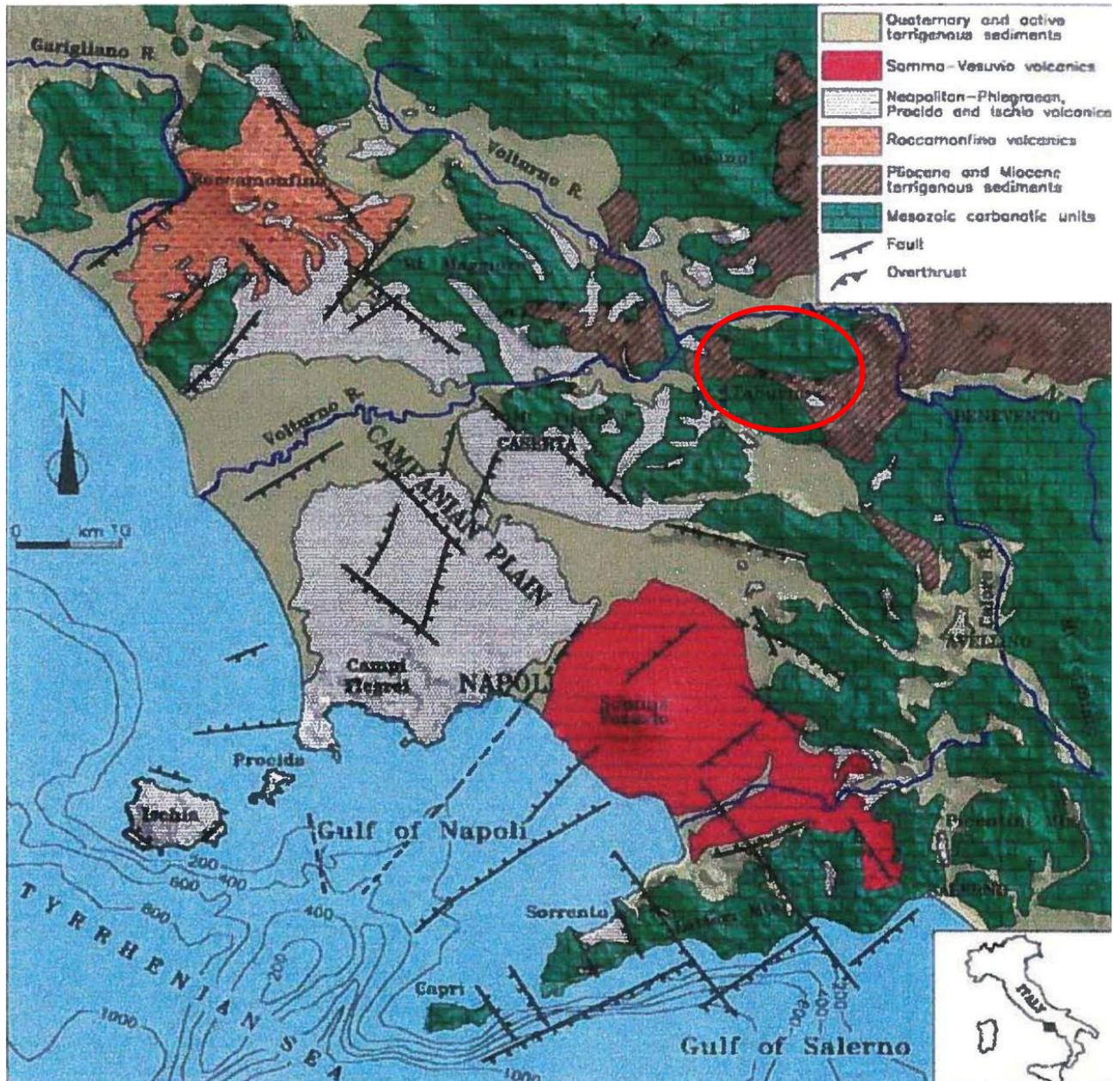
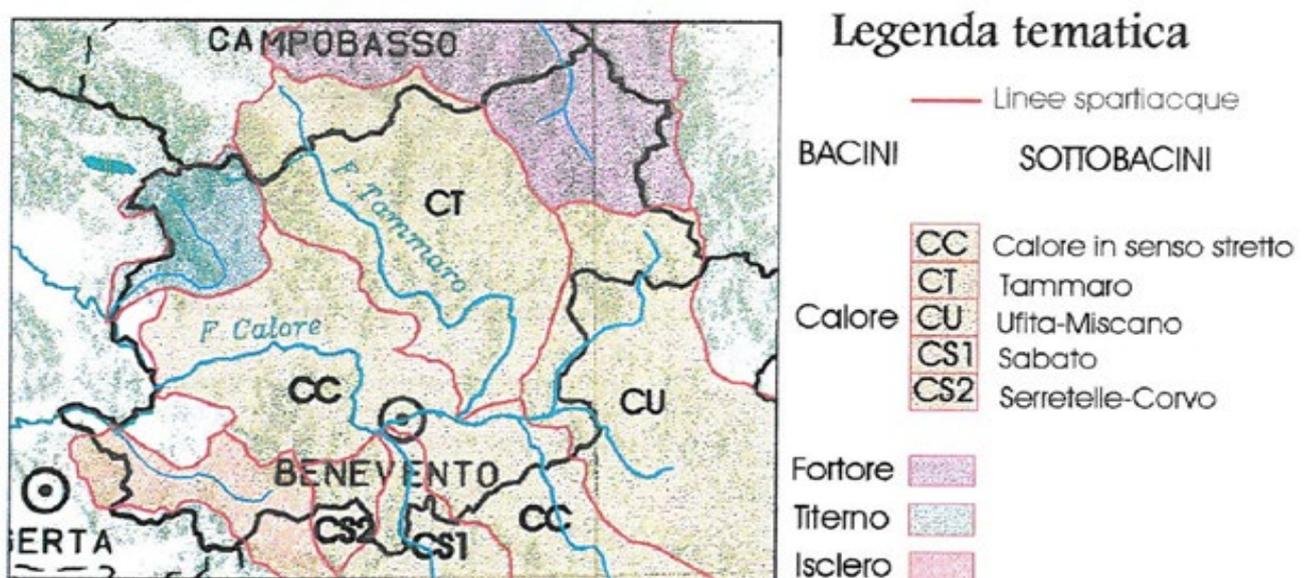


Figura 3

2.3- CARATTERI IDROLOGICI E TERMO-PLUVIOMETRICI

La provincia di Benevento è praticamente identificabile con quattro bacini idrografici (figura 4). Il bacino del fiume Calore, da cui è derivato il nome dell'omonima valle comprendente i sottobacini del Tammaro, Ufita - Miscano, Sabato e Serretelle - Corvo; il bacino del fiume Fortore (Appennino sannita); il bacino del fiume Titerno (posto a ridosso del gruppo montuoso del Matese) ed il bacino del fiume Isclero (valle Caudina). Il territorio nel suo insieme è caratterizzato da una morfologia accidentata ed articolata, con quote che vanno da circa 50 m fino a 1800 m, che determinano sensibili variazioni spaziali dei parametri meteo-climatici (temperatura, pressione, venti, precipitazioni, umidità, irraggiamento).



Provincia di Benevento: cartogramma dei bacini imbriferi (i toni in verde rappresentano l'orografia).
 (Cartografia di base: Ministero dell'Ambiente, 1994)
 Province of Benevento: map of the drainage basins (the green tones represent the orography).
 (Base cartography: Environment Ministry, 1994)

Figura. 4

Il territorio di Cautano fa parte del bacino del fiume Calore e la stazione pluviometrica di riferimento presa essendone il comune sprovvisto è quella di Vitulano, prossima all'area di studio, grosso modo alla stessa latitudine media (437 m s.l.m. tabella 1) e con le stesse caratteristiche di bacino. Nonché sono presi in considerazioni recenti studi (De Paola - Diodato 1999), che hanno definito la mappatura delle precipitazioni atmosferiche giornaliere di forte intensità (24h) su un periodo di osservazione che va dal 1921 al 1988 (figura 5).

STAZIONE	CV	ALT (m)	PMA (mm)	DS
ALTAVILLA	0,272	346	1182	321,5
APICE	0,144	225	736	106,0
BENEVENTO	0,146	144	826	120,6
MONTESARCHIO	0,205	560	1276	261,6
PADULI	0,180	358	764	137,5
PESCO SANNITA	0,170	380	801	136,2
S. LEUCIO S.	0,218	327	1017	221,7
S. LORENZO M.	0,226	357	1158	261,7
S. NAZZARO	0,225	477	951	214,0
VITULANO	0,255	437	1094	279,0

Tabella 1

Media Valle del Calore Beneventano (Stazioni del Servizio Idrografico) : quote altimetriche e statistiche delle precipitazioni medie annue (PMA) per l'individuazione dell'Area Pluviometrica Omogenea.

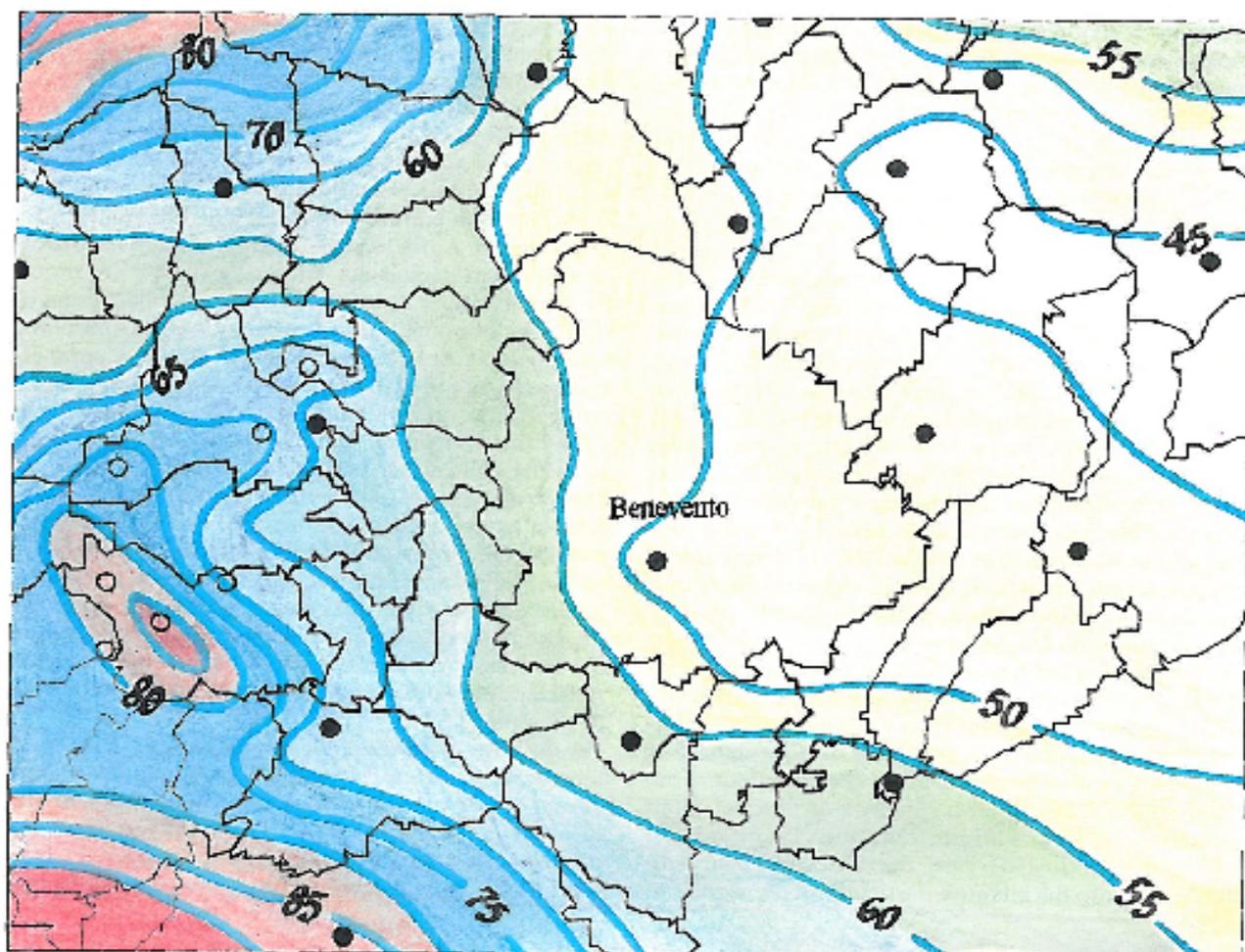


Fig. 2 - Valle del Calore beneventano: distribuzione spaziale delle altezze massime annuali di pioggia in 24 ore (valori medi sul periodo 1921-1968). I cerchi neri sono le stazioni pluviometriche reali e quelli vuoti le stazioni fittizie utilizzate per la mappatura. (Elaborazione cartografica APPIA su dati del Servizio Idrografico e Meteorologico Nazionale - Comunità di Caselli)

Figura 5

Dai dati climatici del CNMCA (Centro Nazionale di Meteorologia e Climatologia Aeronautica) e del CAR (Centro Agrometeorologico Regionale) si desume che il microclima locale è quello sub-mediterraneo tipico, con periodo di aridità in corrispondenza dei mesi estivi e con una concentrazione delle precipitazioni da Ottobre ad Aprile

L'andamento termometrico dominante della zona fa registrare valori medi (massimi) durante il semestre caldo di 22°C e valori medi (minimi) nel semestre freddo 3°C mentre le temperature medie nel corso dell'anno si aggirano intorno ai 12.5°.

Le precipitazioni atmosferiche , presentano una media annua di 1166 mm ripartiti nel seguente modo:

INVERNO	415 mm/anno
PRIMAVERA	295 mm/anno
ESTATE	120 mm/anno
AUTUNNO	336 mm/anno

Mentre per le altezze massime annuali di pioggia giornaliera per il territorio comunale di Cautano vengono stimate 65-80 mm, con qualche eccezione come quella accaduta tra il 15-16 ottobre 2015 che hanno interessato il territorio con circa 200 mm di pioggia in sole 4 ore.

Da ciò si deduce che anche in quest'area sussiste un' incremento della frequenza di piogge intense e concentrate nel tempo (massimi annuali di pioggia giornaliera) con conseguente intensificarsi della propensione al dissesto idrogeologico in particolare in corrispondenza dei termini litologici più erodibili.

3.0 - TAVOLAG1

CARTA DELLA TRASPOSIZIONE IN SCALA 1 : 5.000 DEL PROGETTO DI PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO RISCHIO FRANE (PSAI-RF).

TAVOLA G1a

CARTA DELLA TRASPOSIZIONE IN SCALA 1 : 5.000 DEL PROGETTO DI PIANO STRALCIO DIFESA DALLE ALLUVIONI (PSDA) E DEL PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONE (PGRA-DAM).

Il comune di Cautano rientra nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale.

Ai sensi della legge n° 183/89 e s.m.i. questa Autorità ha redatto ed approvato, quale strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo , il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico , mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso del territorio relative all'assetto idrogeologico del bacino idrografico.

Poiché il PSAI-RF è un piano redatto in scala 1:25.000, si è proceduto alla trasposizione dello stesso in scala 1 : 5.000 per una lettura più agevole delle aree vincolate, senza apportare nessuna modifica, difatti le aree perimetrare vengono riprodotte nella nuova scala fedelmente.

Nella presente tavola G1 scala 1.5.000 è stata inserita comunque la nuova ripermetrazione che ha interessato una porzione del territorio comunale di Cautano, a monte del centro urbano delimitato da un contorno blu sulla carta ed in legenda. Lo studio di ripermetrazione in scala di maggior dettaglio, trasmesso dal

comune di Cautano con nota n°. 3066 del 21/07/2008 è stato acquisito al protocollo dell'Autorità con n°. 5923 del 30 /07/2008.

Nella seduta del 19/02/2009 il comitato tecnico dell' Autorità esprime parere favorevole in merito e con verbale di riunione tra le del 23/03/2009 si chiude l'iter delle aree ripериметrate.

Nella tavola G1a scala 1:5.000 con riferimento al Piano Stralcio Difesa dalle Alluvioni (PSDA), non sono presenti aree a rischio alluvioni mentre nel Piano di Gestione del Rischio di Alluvione (PGRA-DAM), sono presenti aree di conoide alluvionale, comunque già inserite nelle aree A4 ed R4 del rischio frana.

4.0 -TAVOLA G2 UBICAZIONE INDAGINI(Scala 1 : 5.000)

Il lavoro è stato caratterizzato da una ricognizione delle indagini geognostiche più significative eseguite negli ultimi 30 anni dall'Amministrazione comunale, data la ridotta disponibilità economica dell'ente.

In particolare sono stati raccolti tutti i dati geognostici, geotecnici e sismici disponibili a committenza pubblica.

Per il presente studio, sono stati utilizzati i sondaggi e le prove di laboratorio effettuati per la redazione del P.R.G., i dati per lo studio geologico per la definizione del P.I.P., le indagini per numerosi lavori comunali e/o provinciali eseguiti sul territorio di Cautano.

Le indagini effettuate prima dell' emanazione delle circolari attuative dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/2001, risultano prive delle certificazioni ministeriali, queste coincidono in larga parte con quelle eseguite per il P.R.G.

Le indagini sismiche utilizzate invece sono le prove **HVSR** e riguardano la micro zonazione sismica di terzo livello del 2018 in fase di parere.

Comunque, le indagini pregresse sono state integrate con una nuova campagna, nello specifico sono stati realizzati da ditte autorizzate 3 sondaggi a carotaggio continuo con prelievo ed analisi di laboratorio di 6 campioni indisturbati, 9 prove penetrometriche DPM.

Inoltre sono state realizzate 20 prove sismiche Masw.

Ricapitolando per la verifica dell'assetto stratigrafico e per la caratterizzazione litologica sono stati reperiti ed effettuati le seguenti indagini in sito.

SONDAGGI DISPONIBILI SUL TERRITORIO COMUNALE NEGLI ULTIMI 30 ANNI

Sondaggi	Committente	espletati per	anno di realizzazione	località	quota s.l.m.	prof. Max raggiunta	prelievo campioni	sondaggi certificati
S1	Am.ne. Com.	P.R.G.	1992	Via Roma	378	25 metri	1	no
S2	Am.ne. Com.	P.R.G.	1992	Via Trieste	288	25 metri	0	no
S3	Am.ne. Com.	P.R.G.	1992	Via Costa	289	25 metri	0	no
S4	Am.ne. Com.	P.R.G.	1992	Via S. Giovanni	271	25 metri	0	no
S5	Am.ne. Com.	P.R.G.	1992	Via Madonnina	325	30 metri	1	no
S6	Am.ne. Com.	P.R.G.	1992	Contr. Cerrito	295	20 metri	0	no
S7	Am.ne. Com.	P.R.G.	1992	Contr. Loreto	230	25 metri	0	no
S8	Am.ne. Com.	P.R.G.	1992	Contr. Sala	370	20 metri	0	no
S9	Am.ne. Com.	P.R.G.	1992	Contr. Maione	565	25 metri	0	no
S10	Am.ne. Com.	P.R.G.	1992	Contr. Maione	580	25 metri	0	no
S11	Am.ne. Com.	P.R.G.	1992	Toro Cornacchi	725	25 metri	0	no
S12	Am.ne. Com.	opera pubbl.	2005	P. Vittorio Ven.	377	30 metri	1	no
S13	Am.ne. Com.	Rip. Aree rosse	2007	Strada variante	310	20 metri	1	no
S14	Am.ne. Com.	Caserma CC	1987	Strada p. Vitul.	330	19 metri	2	no
S15	Am.ne. Com.	opera pubbl.	2007	fontana Caccia	310	30 metri	1	no
S16	Am.ne. Com.	opera pubbl.	2017	Area P.I.P.	263	30 metri	1	SI
S17	Am.ne. Com.	opera pubbl.	2017	Area P.I.P.	264	30 metri	1	SI
S18	Am.ne. Com.	P.R.G.	1987	Tre barili		24 metri	0	no
S19	Am.ne. Com.	P.R.G.	1989	Loc. sorienza		17 metri	0	no
S20	Provincia BN	opera pubbl.	2007	Toro Cornacchi	695	20 metri	0	no
S21	Am.ne. Com.	opera pubbl.	1987	Piana di Prata	760	30 metri	0	no
S22	Am.ne. Com.	opera pubbl.	2006	Cimitero	370	30 metri	0	no
S23	Am.ne. Com.	Costr. P. Jenga	1994	Via Luciarco	328	20 metri	0	no
S24	Provincia BN	Costr. Ponte	2016	Contr. Asciglio	360	30 metri	2	SI
S25	Privato	Costr. Fabbr.	2014	Loc. Curti		10 metri	0	SI
S26	Soc.cop. Curti	Lottizzazione	2012	Madonn. Del G	328	30 metri	1	SI
S27	Am.ne. Com.	opera pubbl.	2007	Madonn. Del G	353	30 metri	2	no
S31	Am.ne. Com.	Piano di recup.	1985	Loc. castagneto	420	30 metri	0	no

PROVE DI LABORATORIO DISPONIBILI SUL TERRITORIO COMUNALE
NEGLI ULTIMI 30 ANNI

SONDAGGI	NUMERO PROVE	QUOTA PRELIEVO	PROVE CERTIFICATE	LABORATORIO
S1	1	12.00 - 12.40	NO	GEOPROGRAM
S2				
S3				
S4				
S5	1	12.00 - 12.60	NO	GEOPROGRAM
S6				
S7				
S8				
S9				
S10				
S11				
S12	1	2.00 - 2.50	NO	GEOTEST
S13				
S14	2	3.00 - 3.40	NO	LAB.TERRE E MAT.
		8.00 - 8.40	NO	LAB.TERRE E MAT.
S15	1	6.00 - 6.50	NO	GEOTEST
S16	1	5.00 - 5.50	SI	SANNIO TEST
S17	1	3.00 - 3.50	SI	SANNIO TEST
S18				
S19				
S20				
S21				
S22	1	2.00 - 2.40	NO	GEOTEST
S23				
S24	2	8.00 - 8.40	SI	DIMMS CONTROL
		22.50 - 23.00	SI	DIMMS CONTROL
S25				
S26	1	6.50 - 7.00	SI	DIMMS CONTROL
S27	2	5.50 - 5.50	NO	GEOTEST
		12.00 - 12.50	NO	GEOTEST
S31				

PROVE S.P.T. DISPONIBILI SUL TERRITORIO COMUNALE
NEGLI ULTIMI 30 ANNI

SONDAGGIO	PROFONDITA'	N colpi
S 6	3.00 m	8-12-16
	8.00 m	12-15-18
S 7	4.00 m	9-10-13
	9.00 m	RIFIUTO
S 8	3.00 m	9-10-15
	9.00 m	RIFIUTO
S 10	2.00 m	7-9-13
	8.00 m	12-15-18
S 11	3.00 m	8-13-14
S 23	5.00 m	10-14-18
	12.00 m	RIFIUTO
S 24	3.00 m	7-10-12

PROVE SISMICHE DISPONIBILI SUL TERRITORIO COMUNALE ANNO 2018	
	HVSR 1
	HVSR 2
	HVSR 3
	HVSR 4
	HVSR 5
	HVSR 6
	HVSR 7
	HVSR 8
	HVSR 9
	HVSR 10

**SONDAGGI GEOGNOSTICI REALIZZATI PER IL PIANO URBANISTICO
COMUNALE (P.U.C.) ANNO 2020**

Sondaggi	Committente	espletati per	anno di realizzazione	località	quota s.l.m.	prof. raggiunta	Max prelievo campioni	sondaggi certificati
S28	Am.ne. Com.	P.U.C	2020	Loc. San Rocco	470	30 metri	2	SI
S29	Am.ne. Com.	P.U.C	2020	Loc. San Rocco	440	50 metri	2	SI
S30	Am.ne. Com.	P.U.C	2020	Strada P. Caut-	400	50 metri	2	SI

**PROVE DI LABORATORIO REALIZZATE PER IL PIANO URBANISTICO
COMUNALE (P.U.C.) ANNO 2020**

SONDAGGI	NUMERO PROVE	QUOTA PRELIEVO	PROVE CERTIFICATE	LABORATORIO
S28	2	4.50 - 5.00	SI	SOIL PROJECT
		7.40 - 7.80	SI	SOIL PROJECT
S29	2	4.50 - 5.00	SI	GEO-TECNICA
		14.00 -14.50	SI	GEO-TECNICA
S30	2	14.00 -14.50	SI	SOIL PROJECT
		18.00 -18.50	SI	SOIL PROJECT

**PROVE PENETROMETRICHE DPM REALIZZATE PER IL PIANO
URBANISTICO COMUNALE (P.U.C.) ANNO 2020**

DPM 1
DPM 2
DPM 3
DPM 4
DPM 5
DPM 6
DPM 7
DPM 8
DPM 9

**PROVE SISMICHE REALIZZATE PER IL PIANO URBANISTICO
COMUNALE (P.U.C.) ANNO 2020**

MASW 1C .G.WGS 84 LAT. 41° 09' 22'' N; LON. 14° 39' 25'' E

MASW 2 C.G .WGS 84 LAT. 41° 09' 19'' N; LON. 14° 39' 20'' E

MASW 3 C. G. WGS 84 LAT. 41° 09' 05'' N; LON. 14° 38' 59'' E

MASW 4 C.G. WGS 84 LAT. 41° 09' 69'' N; LON. 14° 38' 43'' E

MASW 5 C. G. WGS 84 LAT. 41° 09' 04'' N; LON. 14° 38' 33'' E

MASW 6 C. G. WGS 84 LAT. 41° 08' 53'' N; LON. 14° 38' 31'' E

MASW 7C .G.WGS 84 LAT. 41° 08' 49'' N; LON. 14° 38' 31'' E

MASW 8C .G.WGS 84 LAT. 41° 08' 36'' N; LON. 14° 38' 14'' E

MASW 9 C. G. WGS 84 LAT. 41° 08' 50'' N; LON. 14° 38' 20'' E

MASW 10C. G. WGS 84 LAT. 41° 08' 52'' N; LON. 14° 38' 18'' E

MASW 11 C.G .WGS 84 LAT. 41° 09' 04'' N; LON. 14° 38' 17'' E

MASW 12C .G.WGS 84 LAT. 41° 08' 40'' N; LON. 14° 37' 52'' E

MASW 13C .G. WGS 84 LAT. 41° 08' 03'' N; LON. 14° 36' 39'' E

MASW 14C .G. WGS 84 LAT. 41° 08' 41'' N; LON. 14° 35' 01'' E

MASW 15 C. G. WGS 84 LAT. 41° 08' 29'' N; LON. 14° 36' 48'' E

MASW 16 C. G.WGS 84 LAT. 41° 09' 01'' N; LON. 14° 36' 27'' E

MASW17C .G.WGS 84 LAT. 41° 09' 22'' N; LON. 14° 38' 04'' E

MASW 18C .G. WGS 84 LAT. 41° 08' 17'' N; LON. 14° 38' 22'' E

MASW 19 C. G.WGS 84 LAT. 41° 08' 23'' N; LON. 14° 39' 00'' E

MASW 20 C. G. WGS 84 LAT. 41° 08' 42'' N; LON. 14° 39' 32'' E

5.0 - TAVOLA G3 CARTA GEOLOGICA

Scala1 : 5.000

TAVOLA G3a, G3b, G3c SEZIONI GEOLOGICHE

Sscala1 : 2.000

Nella presente tavola vengono prioritariamente identificate e descritte le Unità stratigrafico - strutturali di valenza regionale presenti nel territorio di Cautano, individuandone sequenze e complessi litologico – stratigrafici e relativi assetti e caratteristiche.

5.1 - LE UNITÀ STRATIGRAFICO – STRUTTURALI

L'Appennino sannita, nel cui ambito è compreso il massiccio del Taburno-Camposauro e le limitrofe appendici collinari basali, risulta costituito da una successione di falde embricate, a vergenza adriatica, costituite prevalentemente da rocce calcareo – dolomitiche e depositi terregeni in facies di flysch; queste formazioni risultano profondamente deformate da una serie di fasi tettoniche, trascorrenti e distensive, che hanno dato luogo ad un sistema di fagliazione particolarmente intenso, causa dell'attuale stato di smembramento delle Unità tettoniche presenti.

L'accavallamento delle falde è ritenuto il prodotto delle fasi tettoniche compressive e trascorrenti mio - plioceniche, mentre lo smembramento delle strutture tettoniche

derivate si è verificato nel corso di successive fasi a carattere trascorrente e distensivo.

Il contesto geostrutturale rilevabile nell'area è, perciò particolarmente complesso poiché, oltre all'affioramento delle tipiche formazioni litologicamente complesse, sulle stesse sono evidenti le diverse fasi di piegamenti e dislocazioni che hanno determinato una complessità, non solo nei rapporti tra le grandi Unità, ma anche a scala più ridotta di rango mesostrutturale.

La corrente bibliografia scientifica a contenuto geologico regionale (Carta Geologica d'Italia in scala 1/100.000, Carta Geologica d'Italia in scala 1/50.000, Carta Geologica dell'Appennino meridionale in scala 1/250.000) evidenzia la presenza, nel distretto geologico dell'Appennino centro-meridionale ed in particolare nel massiccio del Tabruno - Camposauro, di sequenze geologiche di **ambiente marino** di età compresa tra il Triassico ed il Miocene, appartenenti alle Unità cinematiche – stratigrafiche di seguito descritte.

L'Unità di base è data da:

- Unità Alburno - Cervati, di natura dolomitica e carbonatica, mesozoica con spessore che supera i 3000 metri.

Seguono, con contatti tettonici rispetto all'Unità di base, le seguenti Unità di natura terrigena;

- Unità Sicilidi, di natura prevalentemente argillosa, di età Cretacico superiore - Miocene, con spessori del migliaio di metri, che nell'area di interesse si riducono tra la decina ed il centinaio di metri;
- Unità Irpine, rappresentate dal flysch di Castelvetero di natura prevalentemente arenaceo – argillosa, di età miocene medio, con spessore di circa 1500 metri, che nell'area di interesse si riduce ad alcune centinaia di metri.

Completano il quadro geologico sopra descritto le sequenze continentali deposte nel Quaternario così descritte:

- Depositi piroclastici da caduta;
- Depositi detritici eluvio – colluviali, di varia composizione, estesamente presenti sulle Unità Sicilidi e sulle Unità Irpine:
- Depositi alluvionali, presenti negli alvei torrentizi e limitrofe aree alluvionali.

5.2 - ASSETTO GEOLOGICO DEL TERRITORIO DI CAUTANO

La sopra richiamata letteratura geologica, unitamente ai risultati del rilevamento geologico di dettaglio e delle indagini eseguite, consentono di attribuire le successioni litologiche affioranti nei settori di interesse alle Unità sopra descritte, anche se talora con qualche livello di incertezza.

Ciò deriva dalla costante presenza di mantellature detritiche che possono obliterare i caratteri formazionali, rendendo difficoltoso sia il riconoscimento dei litotipi sia il controllo degli assetti giacitureali e dei rapporti tra le sequenze.

D'altro canto, proprio le coperture detritiche sono conseguenza dello stato di intensa tettonizzazione delle formazioni, a sua volta causa dell'innescò e della evoluzione dei processi di alterazione chimica e di degradazione fisica.

Ciò premesso si descrivono di seguito i terreni affioranti nel territorio in esame raggruppabili nelle varie Unità geologiche come sopra individuate.

COMPLESSO CARBONATICO (UNITA' ALBURNO – CERVATI)

Costituisce l'Unità geologica di base, riportata sulla carta geologica con la sigla **Ccd**.

L'unità è rappresentata da successioni carbonatiche in facies di piattaforma, costituita dalle dolomie basali del Trias superiore, a cui seguono i depositi carbonatici di calcari e calcari dolomitici di colore grigio e di spessore di circa 1300 - 700 metri e con strati ricchi di fossili marini, coralli, lamellibranchi, gasteropodi, alghe calcaree etc. Nella parte medio – alta della successione affiorante si osservano nei calcari grigi, cavità da dissoluzione e/o fratturazione con riempimenti policromi costituiti da

materiali bauxitici, depositi chimici e fango - siltitici (marmi di Vitulano e Cautano) del Cretaceo.

Le dolomie basali con un modesto affioramento sono cartografate a sud – ovest del comprensorio Cautanese ai confini con il comune di Tocco Caudio, mentre le successioni calcaree costituiscono nel loro insieme le pendici orientali del Monte Camposauro da Est ad Ovest ed affiorano su metà territorio comunale.

Su questi versanti, a luoghi, è presente una copertura (Lsa), costituita principalmente da piroclastici rimaneggiate essenzialmente cineritiche frammiste a detrito calcareo con spessori che possono raggiungere i 3 o 4 metri.

Tale copertura, un tempo più estesa, ha alimentato ed in certe zone può ancora alimentare frane di flusso detritico – fangose.

COMPLESSO ARGILLOSO – ARENACEO (UNITA' SICILIDI ED IRPINE)

Unità Sicilidi -

Sono rappresentate dalle Argille varicolori riportate sulla carta geologica con la sigla (Av), di età Cretacico sup. – Miocene.

Comprendono argille e marne, spesso scagliettate e laminate, con assetto sempre caoticizzato e quasi sempre affette da fenomeni franosi.

Sono caratterizzate da un'ampia eterogeneità dal punto di vista litologico in quanto comprensive di pacchi e strati disorganizzati e scompaginati, di natura calcarea, arenacea e diasprigna.

Normalmente questa Unità ha spessori notevoli, di circa un migliaio di metri ma nella zona in esame gli spessori si riducono e variano da qualche decina al centinaio di metri.

Costituiscono olistostromi nei sedimenti delle Unità Iripine di seguito descritte e presenti a sud – est del territorio in esame a confine con i comuni di Tocco Caudio e Campoli del Monte Taburno, con modesta estensione areale.

All'interno di questa unità sono inglobati olistoliti, grossi blocchi calcarei fratturati e di dimensioni molto variabili da pochi metri cubi fino a decine o centinaia di migliaia di metri cubi, precipitati nel bacino di sedimentazione durante l'orogenesi.

Unità Iripine

Sono rappresentate dalla Formazione di Castelvetere riportate sulla carta geologica con la sigla (**Ar**) di età miocenica con caratteristiche litologiche eterogenee, ma con una marcata prevalenza della componente arenaceo – argillosa; è correlabile alla Formazione delle Arenarie di Campoli del Monte Taburno.

La parte inferiore della Formazione di Castelvetere assume i caratteri di wildflysch, potendo imballare blocchi carbonatici provenienti dal fronte della piattaforma carbonatica costituente l'Unità Alburno – Cervati.

In dettaglio, la descritta successione è costituita da strati siltitici, strati arenacei a grana medio-fine (colore variabile dal grigio-azzurrognolo al giallo paglierino), di spessore variabile, ed interstrati marnosi (localmente silicizzati) contenenti foraminiferi.

L'arenaria si mostra poco cementata ma molto addensata, con clasti di quarzo e di natura calcarea immersi in una abbondante matrice siltoso-micacea; i granuli risultano essere sub-arrotondati con diametro tra i 2 e 4 mm mentre il cemento è calcareo.

A luoghi, in tutta la successione, i banchi arenacei appaiono leggermente gradati dal basso verso l'alto e massivi.

Spesso si notano intercalazioni di strati argillo-siltosi e/o argillosi (di colore verde) nonché strati costituiti da arenaria ibrida a cemento calcareo.

In corrispondenza degli strati siltitici ed arenacei (a grana fine), localmente, si riconosce una laminazione piano-parallela e la presenza di ripples.

L'intera successione ha uno spessore di circa 100 metri.

Gli affioramenti più significativi sono situati nelle zone contrassegnate col toponimo “ **C/da Sala** “ in destra idrografica del Torrente Jenga ed a sud del centro urbano; in “ **C/da Maione** “ sempre in destra idrografica del Torrente Jenga ed a sud – ovest del territorio, infine una terza zona in ” **località Sorienza**“ nella parte mediana del territorio.

DEPOSITI CLASTICI CONTINENTALI

Brecce calcaree

Brecce da mediamente a ben cementate riportate sulla carta geologica con la sigla **(Br)** Pleistocene medio, stratificate e talora massive costituite da elementi essenzialmente di natura carbonatica. Costituiscono relitti di falde e di conoide detritiche e di conoidi alluvionali reinciati da corsi d'acqua, interessati da fenomeni carsici e coinvolti in movimenti franosi. Lo spessore varia da punto a punto in funzione sia delle condizioni morfologiche sindeposizionali sia di quelle attuali. Lungo il torrente Jenga lo spessore si aggira intorno ai 50 metri e bordano gran parte del massiccio calcareo di Camposauro con spessori molto variabili.

Nel territorio di Cautano questi depositi sono stati cartografati lungo tutta la fascia centrale, esattamente dalla Piana di Prata fino a scendere verso il centro urbano .

Detrito di falde e di conoide

Formato da depositi prevalentemente limoso - argillosi più o meno debolmente sabbiosi riportati sulla carta geologica con la sigla **(Lsa)** Pleistocene superiore - Olocene, di colore marrone – rossastro con intercalazioni di livelli sabbioso-limosi e/o ghiaioso - sabbiosi con clasti di natura prevalentemente carbonatica di dimensioni da centimetriche a decimetriche e con addensamento superiore al 40-50% e con matrice argilloso - limosa. La frazione fina di questi depositi deriva dall'alterazione ed il rimaneggiamento delle ceneri vulcaniche e gli spessori variano da pochi metri,

3,00 – 4,00 metri lungo i versanti carbonatici, mentre alla base degli stessi possono raggiungere anche 10,0 – 15,0 metri.

L'intero centro urbano è ricoperto da questi depositi

Depositi alluvionali

Sono presenti negli alvei torrentizi normalmente a valle del torrente con affioramenti poco significativi.

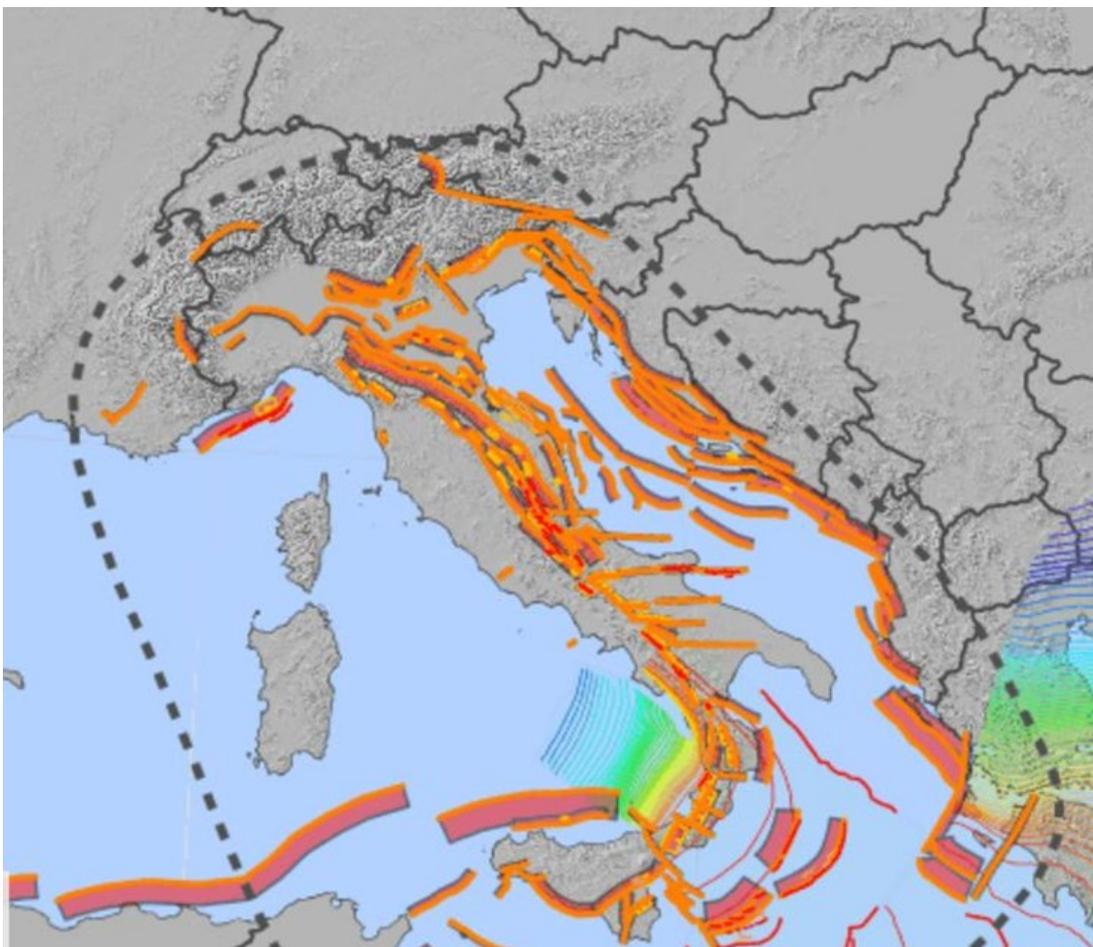
Le sezioni geologiche interpretative delle formazioni cartografate, elaborate a corredo della carta geologica, per una più chiara visione delle caratteristiche geologiche – strutturali, evidenziano la sequenza dei termini litologici menzionati.

5.3 - FAGLIE PRESENTI SUL TERRITORIO

La penisola italiana, collocata centralmente nel bacino del Mediterraneo, è caratterizzata da eventi sismici riconducibili a sistemi di faglie riconoscibili in superficie ma talvolta sepolte, ciò è dovuto ad un articolato sistema geodinamico allo stato attuale contrassegnato da settori di convergenza e di distensione con differente grado di attività.

L'attenzione nel mondo della ricerca si è concentrata a livello mondiale sul fenomeno della fagliazione superficiale selezionando quei terremoti compresi nell'intervallo di magnitudo 5,5 – 6 che hanno provocato rigetti di lunghezza della rottura crostale sempre maggiori all'aumentare della magnitudo.

L'approccio infatti considera anche terremoti storici catastrofici di magnitudo superiore : 1783 in Calabria, 1915 nel Fucino e nel 1980 in Irpinia con magnitudo intorno a 7 che hanno provocato fagliazioni importanti con rigetti di circa un metro, a questi si aggiungono dati paleosismici riconducibili a terremoti simili avvenuti nel tardo Pleistocene-Olocene lungo diverse strutture che sembravano inattive mentre invece presentano una frequenza maggiore di quanto ipotizzato.

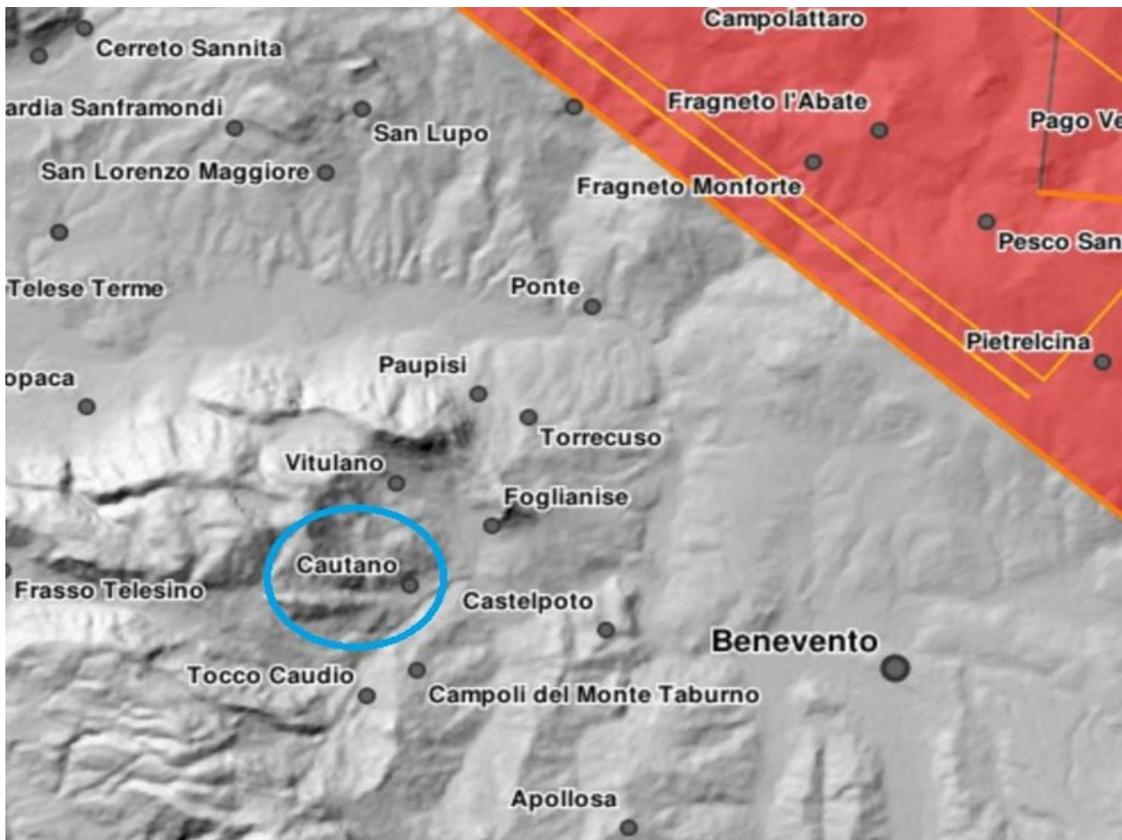
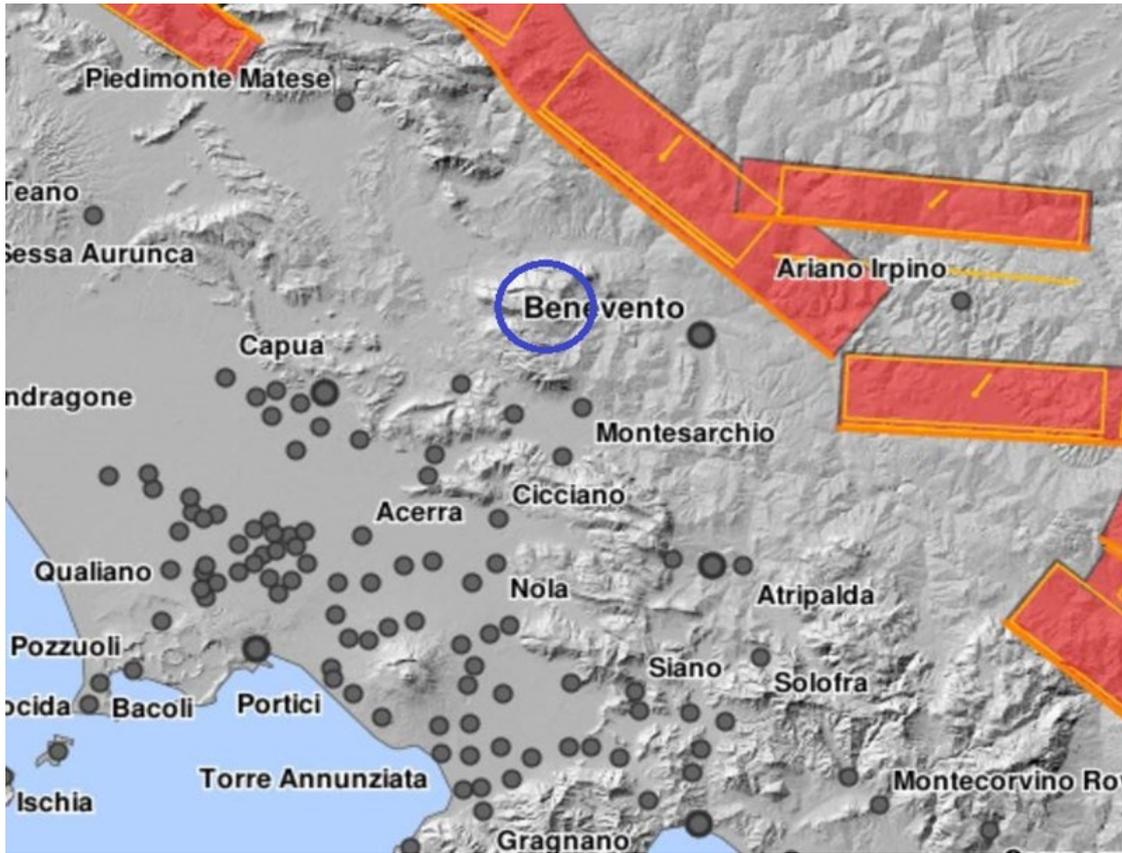


L'antropizzazione progressiva e l'incremento demografico dovuta all'industrializzazione ha reso più vulnerabile il territorio italiano pertanto l'ubicazione delle fagliazioni superficiali in grado di produrre una significativa deformazione tettonica permanente in superficie (FAGLIE CAPACI) assume

carattere rilevante per la mitigazione del rischio e degli studi di pianificazione del territorio.

A riguardo il Servizio Geologico d'Italia – ISPRA ha sviluppato il progetto ITHACA (ITalyHAzardCApablefaults) che tiene conto anche di cause non necessariamente tettono-sismiche cioè secondarie come l'attivazione per effetto di fenomeni vulcanici, la compattazione differenziale di sedimenti e della tettonica salina. (ITHACA Working Group (2019). ITHACA (ITalyHAzard from CApablefaulting), A database of activecapablefaults of the Italianterritory. Version December 2019. ISPRA GeologicalSurvey of Italy. Web Portal <http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/Mappatura.aspx>).

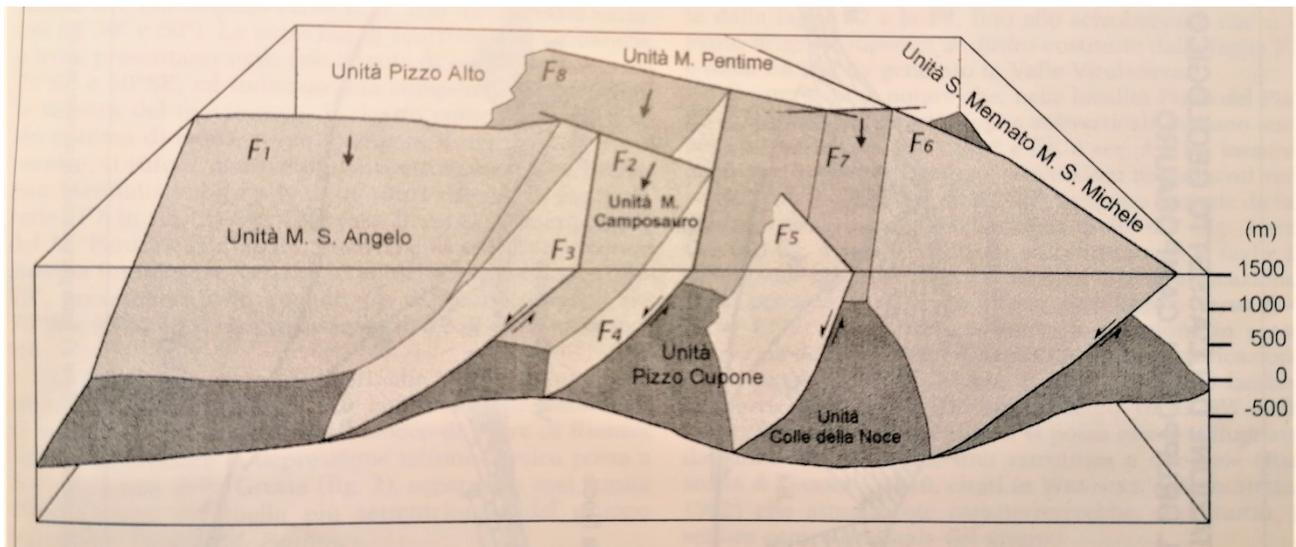
Dalla consultazione di questo studio, come si evince dall'immagine cartografica stralciata nelle diverse scale interpretative, **il territorio comunale di Cautano non è interessato da faglie capaci** (come da stralcio cartografico fascia arancione) in quanto la stessa si trova in corrispondenza della direttrice Ariano – Montecalvo Irpino – Circello (Nord – Ovest) procedendo verso i monti del Matese.



Tuttavia in coincidenza di un sisma particolarmente intenso lungo questa faglia capace si potrebbe verificare un **effetto domino** secondo cui si attiverebbero porzioni ancora intatte della stessa faglia o di altre faglie minori di prossimità.

Nello specifico il massiccio calcareo del Gruppo Camposauro è caratterizzato da un sistema di faglie che definiscono sette unità strutturali elementari così suddivise: nel versante nord Unità di Pizzo Alto ed Unità di Monte Pentime, nel versante Sud le Unità di Monte Sant'Angelo, Monte Camposauro, Pizzo Cupone e Colle della Noce, nel versante Est l'Unità di San Menna e Monte San Michele (M. Caruso).

Il territorio montano del comune di Cautano è dislocato a sud delle Unità di M. Sant'Angelo , Camposauro , Pizzo Cupone e Colle della Noce che sono delimitate da faglie che si sviluppano prevalentemente con direzione Ovest – Est (Monte Gaudello –Costa Faito – Monte San Rocco)e s'intersecano quasi perpendicolarmente con faglie di prevalente direzione Nord-Nord Est (F3, F4, F5 vedere figura) che delimitano rispettivamente le Unità citate e che s'impostano lungo le principali aste torrentizie rispettivamente vallone Dudolo (F3), valle del Ceraso, (F4) , vallone Guria (F5).



STEREOGRAMMA DELLE PRINCIPALI FAGLIE CHE ATTRAVERSANO IL GRUPPO DEL CAMPOSAURO

(da “Relazione tra tettonica estensionale plio-pleistocenica e assetto strutturale del gruppo del Camposauro” - Boll. Soc. Geol. It., 119 (2000), 623-635, 6 ff. del geologo ModestinoBoscaino).

Le faglie (F3, F4, F5) sono di tipo diretto con immersione variabile tra Ovest e Sud Ovest e sono caratterizzate da una componente trascorrente sinistra come si evince dalle strie presenti sulle breccie di frizione cioè rilevate lungo le superfici di scorrimento meccanico e pertanto nel complesso contribuiscono a documentare uno spostamento del massiccio del Camposauro nella direzione Sud Ovest – Nord Est in un regime di tettonica distensiva verificatesi in epoca remota e cioè tra il Pliocene ed il Pleistocene pertanto ad oggi non direttamente attiva sul territorio montano di Cautano.

5.4 -CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA LITOTECNICA GEOTECNICA E SISMICA DEI TERRENI CARTOGRAFATI

I terreni ascrivibili alle formazioni precedentemente descritte sono stati campionati attraverso l'esecuzione dei sondaggi geognostici e prove meccaniche in sito, nonché analisi di laboratorio effettuate su campioni di terreno indisturbato rappresentativo dell'orizzonte campionato. L'analisi dei dati acquisiti ha consentito di suddividere schematicamente livelli stratigrafici intercettati e ampiamente presenti sul territorio ed a ciascuno di essi attribuire alcuni parametri geotecnici indicativi delle caratteristiche fisio-meccaniche degli stessi. Di seguito si riportala schematizzazione dei sondaggi geognostici, prove di laboratorio, prove SPT, prove penetrometriche e prove sismiche utilizzate per definire la loro caratterizzazione fisico-meccanica e sismica.

A tal fine si menzionano le campagne di indagini da cui sono stati ricavati i risultati delle analisi che hanno permesso di caratterizzare i principali litotipi rilevati nel territorio comunale.

Indagini P.R.G. anno 1987- 1992 :

N. 13 sondaggi geognostici a carotaggio **continuo** spinti alla prof. max dal p.c. di 30 metri;

N. 2 **prelievi** di campioni indisturbati con relative analisi di laboratorio geotecnico (grandezze indici, granulometria per setacciatura, prova di taglio diretto);

N. 9 prove SPT in foro

Indagini a committenza pubblica anno2005 - 2019, (Piani esecutivi, lavori comunali e Provinciali);

N. 15 sondaggi geognostici a carotaggio continuo spinti alla prof. max dal p.c. di 30 metri;

N. 12 prelievi di campioni indisturbati con relative analisi di laboratorio geotecnico (grandezze indici, granulometria per setacciatura, prova di taglio diretto);

N. 4 prove SPT inforo

N. 10 prove sismiche HVSR

Indagini P.U.C. anno2020

N. 3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo spinti alla prof. max. di 50 m dal p.c.;

N. 6prelievi ed analisi geotecniche su campioni indisturbati prelevati nel corso dei sondaggi (grandezze indici, granulometria per setacciatura, prova di taglio diretto).

N. 9 prove penetrometriche DPM

N. 20 prove Sismiche Masw

Ad ogni modo è giusto precisare che queste parametrizzazioni vanno intese come di larga

massimaenonpuntualiinquantolavariabilitàlitologica,giaciturale,morfologicaedidrogeologica dei terreni obbliga, in occasione della realizzazione di opere, ad effettuare le dovute indagini geognostiche e geofisiche per un'accurata definizione dei parametri geotecnici e sismici locali.

Le diverse unità rilevate sono state distinte e classificate tenendo conto del loro comportamento geomeccanico e geotecnico, in due insiemi , così definiti:

- ***Unità del substrato;***
- ***Unità di copertura***

1) UNITA' DEL SUBSTRATO; in essa sono raggruppati i termini ascrivibili alla formazione di **natura carbonatica (Ccd)**, alla formazione delle **argille varicolori (Av)** ed alla formazione **flyschioide arenacea e pelitica (Ar)** che sono considerati substrati locali rispettivamente il primo per le aree montane e per le fasce pedemontane i secondi per le aree collinari e del fondovalle, appresso schematizzati come Unità litotecniche.

Unità Litotecnica del substrato UL1

Litotipi in facies calcarea (Ccd), essa rappresenta l'ossatura dei rilievi carbonatici presenti nel settore settentrionale del territorio. Sono materiali litoidi a tratti fratturati e carsificati, interessati da discontinuità primaria e secondarie organizzate in famiglie di varia orientazione e a spaziatura centimetrica e decimetrica. Le fratture risultano spesso riempite da materiale di alterazione superficiale. Molto consistenti, presentano una discreta resistenza all'erosione. Sono ricoperti in buona parte da una coltre di materiali detritici e piroclastici di copertura.

Le caratteristiche geotecniche dovranno se necessarie, essere valutate e accertate localmente a seguito di specifiche indagini.

Di seguito si riporta una caratterizzazione ricavata da analisi di dati bibliografici per i parametri geotecnici, mentre per quelli sismici è stata utilizzata la prova Masw n° 14.

Il calcare cretaco di solito quando è integro ha delle proprietà meccaniche con resistenza alla compressione che varia da 400 Kg/cm² a 900 Kg/cm².

Questa grandezza però non sempre si correla alla reale situazione in situ in quanto i valori di capacità portante e resistenza, dipendono anche da:

Indice RQD (Rock Quality Designation);

Spaziatura dei giunti;

Peculiarità delle superfici di fratturazione.

Infatti, gli ammassi rocciosi sono interessati da discontinuità in corrispondenza delle quali le caratteristiche meccaniche sono più scadenti di quelle della matrice, per cui nel complesso la resistenza al taglio dell'ammasso è regolato sia dalle caratteristiche della matrice che dalla frequenza e geometria delle discontinuità. Da ciò sono scaturite le classificazioni delle rocce basate sulla descrizione della struttura e le condizioni delle discontinuità presenti, da cui ricavare i parametri di resistenza e di deformabilità.

Il principale vantaggio delle classificazioni geomeccaniche è che forniscono una stima preliminare della qualità dell'ammasso, a basso costo e in modo agevole. Ciò nonostante, ne deve essere sottolineata l'eccessiva semplificazione quando si voglia trarre da essi indicazioni progettuali e applicative o la stima dei parametri di resistenza.

Per il nostro studio utilizziamo il metodo di Bieniawski; per l'applicazione di tale sistema classificativo é necessario rilevare direttamente sul terreno i parametri di entrata di:

- R1: resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta;
- R2 indice RQD;
- R3 spaziatura delle discontinuità;
- R4 condizioni delle discontinuità;
- R5 condizioni idrauliche;
- R6 orientamento delle discontinuità.

La classificazione definisce il valore dell'indice di qualità RMR di base, che stabilisce la classe di ammasso, dalla quale è possibile derivare i parametri di resistenza al taglio dell'ammasso.

$$\Phi = 5 + 0,5 \cdot RMR_{base} \quad [^\circ]$$

$$c = RMR_{base} \cdot 0,005 \quad [MPa]$$

A. PARAMETRI SIGNIFICATIVI

PARAMETRO	VALORI NUMERICI					
	> 10 MPa	4 - 10 MPa	2 - 4 MPa	1 - 2 MPa	per questo intervallo si ricorre alla determinazione di Co	
Resistenza a compressione della roccia intatta	> 250 MPa	100 - 250 MPa	50 - 100 MPa	25 - 50 MPa	5 - 25 MPa	1 - 5 MPa
Indice di resistenza I_r	> 10 MPa	4 - 10 MPa	2 - 4 MPa	1 - 2 MPa	per questo intervallo si ricorre alla determinazione di Co	
Resistenza a compressione monassiale Co	> 250 MPa	100 - 250 MPa	50 - 100 MPa	25 - 50 MPa	5 - 25 MPa	1 - 5 MPa
Coefficiente numerico	15	12	7	4	2	1
Recupero percentuale modificato RQD	90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%	
Coefficiente numerico	20	17	13	8	3	
Spazialità delle discontinuità (giunti)	> 2 m	0,6 - 2 m	0,2 - 0,6 m	60 - 200 mm	< 60 mm	
Coefficiente numerico	20	15	10	8	6	
Condizioni delle discontinuità (giunti)	molto scabre non continue non separate superfici dei lembi duri	poco scabre separazione < 1 mm superfici dei lembi duri	poco scabre separazione < 1 mm superfici dei lembi soffici	superfici lisce (sifonoidi) o riempimento < 5 mm di spessore o giunti aperti 1-5 mm e continui	materiale di riempimento soffice > 5 mm di spessore o giunti aperti > 5 mm continui	
Coefficiente numerico	20	25	20	10	0	
Vanute d'acqua su 10 m di lunghezza di galleria	nessuna	< 10 l/min	< 10 - 25 l/min	< 10 - 125 l/min	> 125 l/min	
Rapporto pressione nei giunti	0	0,0 - 0,1	0,1 - 0,2	0,2 - 0,5	> 0,5	
tensione principale massima	completamente asciutto		umido	di tipo interstiziale	acqua in modesta pressione	
Condizioni generali	completamente asciutto		umido	di tipo interstiziale	acqua in modesta pressione	
Coefficiente numerico	15	10	7	4	0	

B. ORIENTAMENTO DELLE DISCONTINUITA'

Coefficiente numerico	Direzioni di immersione ed inclinazione				
	galleria	fondazioni	pendi	molto favorevole	molto sfavorevole
0	0	0	0	0	0
-1	-1	-1	-1	-1	-1
-2	-2	-2	-2	-2	-2
-3	-3	-3	-3	-3	-3
-4	-4	-4	-4	-4	-4
-5	-5	-5	-5	-5	-5

C. SUDDIVISIONE IN CLASSI DELL'AMMASSO ROCCIOSO

Classi	Descrizione				
	I	II	III	IV	V
ottima	buona	discreta	scadente	molto scadente	-
Coefficiente numerico totale	81 - 100	61 - 80	41 - 60	21 - 40	< 20

D. STIMA DEI PARAMETRI DI RESISTENZA DELL'AMMASSO ROCCIOSO

Coesione dell'ammasso roccioso	> 400 kPa	300 - 400 kPa	200 - 300 kPa	100 - 200 kPa	< 100 kPa
Angolo di attrito dell'ammasso roccioso	> 45°	35° - 45°	25° - 35°	15° - 25°	< 15°

Al nostro ammasso roccioso compete un RQD tra 75% -90% ed un Rock Mass Rating di base RMR 61-80 al quale si associa la classe II "buona", con parametri geotecnici appresso descritti.

PARAMETRI GEOTECNICI E SISMICI PIU' SIGNIFICATIVI

Peso di volume naturale Y	KN/m ³ 26.00 – 27.00
Indice RQD (classe II)	75% - 90%
Rock Mass Rating di base RMR	61 - 80
Angolo di Attrito Interno Phi	35° - 45°
Coesione drenata c'	KN/m ² 300 - 400
Velocità Vs eq	m/s > 800

Unità Litotecnica del substrato UL2

Unità delle argille varicolori (Av), che comprende argille e marne, spesso scagliettate e laminate, con assetto sempre caoticizzato e quasi sempre affette da fenomeni franosi. Questa unità di limitata estensione è cartografata a sud-est del territorio di studio a confine con i comuni di Tocco Caudio e Campoli del Monte Taburno.

Per la caratterizzazione di tale unità è stato utilizzato il sondaggio S24 ed i relativi campioni indisturbati analizzati in laboratorio e la prova sismica Masw n°18.

Sondaggio	N°.	S24	DIMMS Control
Campione	N°.	C1 C2	DIMMS Control
Profondità	metri	8.00 - 8.40 12.00 -12.40	DIMMS Control

PARAMETRI GEOTECNICI E SISMICI PIU' SIGNIFICATIVI

Peso di volume naturale γ	KN/m ³	20.79
Peso di volume saturo γ_{sat}	KN/m ³	21.32
Angolo di Attrito Interno Φ		24.17°
Coesione drenata c'	KN/m ²	19.03
Pressione finale a rottura	KPa	202
Velocità V_s eq	m/s	312

Unità Litotecnica del substrato UL3

Unità flyschioide arenacea e pelitica (Ar), presente in destra idrografica del Torrente Jenga in contrada Sala e in località Maione, in sinistra idrografica sempre dello stesso Torrente la ritroviamo per un tratto a monte e a valle delle strada Provinciale Cautano Frasso Telesino in località Mortine. Nel suo insieme il complesso della formazione argilloso marnoso arenacea si presenta piuttosto eterogeneo nei termini litologici, caratterizzati da una porzione sommitale argillosa spesso alterata (argilla limosa marrone o grigio verdastra), passante ad argilla siltoso-marnosa grigio plumbea più compatta nella porzione basale.

Per la caratterizzazione di tale unità sono stati utilizzati le prove S.P.T. dei sondaggi descritti in tabella allegata e le prove sismiche Masw n°13, 19 e 20.

SONDAGGIO	PROFONDITA'	N colpi
S 6	3.00 m	8-12-16
	8.00 m	12-15-18
S 7	4.00 m	9-10-13
	9.00 m	RIFIUTO
S 8	3.00 m	9-10-15
	9.00 m	RIFIUTO
S 10	2.00 m	7-9-13
	8.00 m	12-15-18
S 11	3.00 m	8-13-14
S 23	5.00 m	10-14-18

	Strato	Prof. Strato	Nspt	Tipo	Gamma	Gamma Saturo	Fi	Cu
	(n)	(m)			(KN/m ³)	(KN/m ³)	(°)	(KN/m ²)
S.6	1	3,5	25,93	Incoerente/Coesivo	20.09	24.51	27,41	97.08
	2	8,5	30,56	Incoerente/Coesivo	20.00	24.02	26,51	111.07
S.7	1	4,5	21,3	Incoerente/Coesivo	19.80	23.73	26,09	80.41
S.8	1	3,5	23,15	Incoerente/Coesivo	20.10	24.12	26,61	87.27
S.10	1	2,5	20,37	Incoerente/Coesivo	19.61	23.53	25,82	77.47
	2	8,5	30,56	Incoerente/Coesivo	20.98	24.51	28,73	111.79
S.11	1	3,5	25	Incoerente/Coesivo	20.39	24.51	27,14	93.16
S.23	1	5,5	29,63	Incoerente/Coesivo	20.88	24.51	28,47	108.85

PARAMETRI GEOTECNICI E SISMICI PIU' SIGNIFICATIVI

Peso di volume naturale Y	KN/m ³	19.61- 20.98
Peso di volume saturo Ysat	KN/m ³	23.53- 24.51
Angolo di Attrito Interno Phi		25-82 -28.47°
Coesione non drenata cu	KN/m ²	77.47-111.79
Coesione drenata c'	KN/m ²	25.82-37.26
Pressione finale a rottura	KPa	
Velocità Vs eq	m/s	312-482

Unità Litotecnica di copertura UL4

Depositi di versante breccie calcaree (Br), presenti lungo tutta la fascia centrale del territorio comunale, esattamente dalla piana di Prata fino a scendere verso il centro urbano.

Le caratteristiche geotecniche dovranno se necessarie, essere valutate e accertate localmente a seguito di specifiche indagini.

Di seguito si riporta una caratterizzazione ricavata da analisi di dati bibliografici per i parametri geotecnici, mentre per quelli sismici è stata utilizzata la prova Masw n° 14.

PARAMETRI GEOTECNICI E SISMICI PIU' SIGNIFICATIVI

Peso di volume naturale Y	KN/m ³	24.00 – 26.00
Indice RQD (classe III)		50% - 75%
Rock Mass Rating di base RMR		41 - 60
Angolo di Attrito Interno Phi		25° - 35°
Coesione drenata c'	KN/m ²	200 - 300
Velocità Vs eq	m/s	> 800

Unità Litotecnica di copertura UL5

Detrito di falda e di conoide (Lsa), formato da depositi prevalentemente limoso – argillosi più o meno debolmente sabbiosi con presenza di piroclastici rimaneggiate, a copertura di tutto il centro urbano ed aree limitrofe.

Per la caratterizzazione di tale unità sono state utilizzati le prove di laboratorio ed i sondaggi descritti in tabella allegata e le prove sismiche Masw n° 3, 4, 5, 6, 7, 8.

Sondaggio	n.	S1	S5	S12	S15	S16	S17	S26
Campione	n.	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C1
Profondità	m	12.0 -12.4	12.0 -12.6	2.0 -2.5	6.0 -6.5	5.0-5.5	3.0-3.5	6.5-7.0
Peso di vol. natur.	KN/mc	16.53	18.24	17.7 0	15.0 6	19,83	19,71	18,25
Peso di vol. secco	KN/mc	11.66	14.20	12.45	9.20	16,24	16,30	14,00
Peso di vo. Satur.	KN/mc	16.75	18.35	17.7 3	15.5 2	19,71	20,05	18,61
Class. Granulom.		Limo sabbioso con argilla	Limo argilloso con sabbia	Limo sabbioso debolmente argilloso	Limo ed argilla debolmente sabbiosi	Limo ed argilla debolmente sabbiosi	Limo ed argilla sabbiosi	limo argilloso
Angolo di attrito	ϕ°	23.00	24.50	22.00	28.20	20,8	25,6	23,66
Coesione c'	KN/mq	45.11	47.07	18,60	21,59	31,30	13,80	22,31
Indice di compress.	KPa	0,190	0,08	0,153	0,306	0,142	0,123	
Modulo Edometrico	KN/mq	10646	21280	12302	7839	9809	11116	
Pressione Finale a Rottura	KPa			202,0 3	115,2 9			
Laborator.		Geoprogram	Geoprogram	Geotest	Geotest	Sannio Test	Sannio Test	Dimms Control

PARAMETRI GEOTECNICI E SISMICI PIU' SIGNIFICATIVI

Peso di volume naturale γ	KN/m ³	15.06 - 19.83
Peso di volume saturo γ_{sat}	KN/m ³	15.52 - 20.05
Angolo di Attrito Interno Φ		20-08° - 28.20
Coazione efficace c'	KN/m ²	13.80 - 47.07
Pressione finale a rottura	KPa	115.29 - 202.03
Velocità V_s eq	m/s	302-355

Terreni di copertura dei calcari

Per la caratterizzazione di tale unità sono state utilizzate le prove penetrometriche DPM descritte in tabella allegata.

PROVE DPM	Nspt	SPESSORE SUOLO
1	4.41	0,6 mt.
2	3.23	0,4 mt.
3	4.87	0,5 mt.
4	4.19	0,6 mt.
5	1.85.	0,7 mt.
6	6.09	0,2 mt.
7	7.15	0,5 mt.
8	4.75	1,1 mt.
9	5.75	1,6 mt.

	Tipo	Gamma (KN/m ³)	Gamma Saturo (KN/m ³)	Fi (°)	C' (KN/m ²)	Vel. Onde di taglio m/s
DPM 1	Incoerente/Coesivo	14.7	18.4	21,3	7	70,1
DPM 2	Incoerente/Coesivo	14.3	18.4	20,9	5	61,42
DPM 3	Incoerente/Coesivo	15.0	18.5	21,4	7.8	68,84
DPM 4	Incoerente/Coesivo	14.7	18.4	21,2	6.6	69,48
DPM 5	Incoerente/Coesivo	13.6	18.3	20,5	5.5	62,14
DPM 6	Incoerente/Coesivo	15.5	18.5	21,7	9.8	59,96
DPM 7	Incoerente/Coesivo	16.0	18.6	22	11.3	73,57
DPM 8	Incoerente/Coesivo	14.7	18.4	21,2	6.6	77,97
DPM 9	Incoerente/Coesivo	15.4	18.5	21,6	9	88,68

6.0 - TAVOLA G4 CARTA IDROGEOLOGICA

Scala1 : 5.000

La carta idrogeologica, in scala 1: 5.000, è stata redatta prendendo in considerazione il sistema idrografico, idraulico ed idrogeologico del territorio. Ad integrazione di ciò è stato condotto un rilievo idrogeologico che ha consentito di effettuare punti di misura della falda, ove possibile e di individuare le sorgenti nell'area di studio.

Lo studio idrogeologico è stato finalizzato alla conoscenza della distribuzione delle risorse idriche del territorio comunale e alla salvaguardia delle stesse. A tale scopo sono stati effettuati diversi sopralluoghi per chiarire le situazioni specifiche e per verificare dal punto di vista idrogeologico, le distribuzioni areali ed i rapporti di giacitura tra litofacies a contatto.

Nella carta idrogeologica sono stati riportati i vari complessi idrogeologici, il cui coefficiente di permeabilità non è stato definito in maniera, ovviamente, rigorosa, in quanto gli stessi complessi sono costituiti da formazioni non omogenee. Nella stessa carta sono stati riportati in evidenza sostanzialmente il reticolo idrografico principale e minore, con i corsi d'acqua e gli spartiacque superficiali.

Inoltre le principali direzione di deflusso superficiale e sotterraneo, le sorgenti e le opere di captazione (pozzi) presenti sul territorio comunale.

Al fine di valutare anche la vulnerabilità degli acquiferi, dal rilevamento geologico sono state dedotte le principali informazioni per quanto concerne la classe di

permeabilità dei litotipi presenti. L'elaborazione dei dati ha consentito di determinare la soggiacenza della falda idrica al fine di valutare, con maggior dettaglio, anche la vulnerabilità idrogeologica delle aree. Attraverso il metodo di interpolazione lineare è stato possibile ricostruire l'andamento della piezometrica in quasi tutto il territorio, prendendo come punti di misura i livelli piezometrici dei pozzi e le misurazioni del livello di falda durante il carotaggio dei sondaggi geognostici.

L'assetto litologico e stratigrafico descritto nel paragrafo precedente, determina una complessa circolazione idrica sotterranea, condizionata dalla diversa permeabilità delle sequenze flyscioidi prevalentemente argillose e scarsamente permeabili come le Argille varicolori, ovvero del Complesso argilloso-arenaceo della Formazione di Castelvetere, nel quale possono alternarsi strati a permeabilità variabile.

In queste formazioni, infatti, le intercalazioni di strati arenacei e di olistoliti carbonatici inducono un grado di permeabilità maggiore e, quindi, una più consistente circolazione idrica sotterranea.

Il grado di complessità idrogeologica è potenziato anche dalla media-elevata permeabilità delle rocce lapidee calcaree e della più condizionata permeabilità delle breccie e conoidi di deiezione per la possibile presenza di strati limoso-argillosi.

In sintesi i caratteri idrogeologici del territorio in esame possono essere così riassunti.

I terreni permeabili costituiscono la porzione montana del territorio comunale ed afferiscono agli affioramenti calcareo - dolomitici del Monte Camposauro e del

Monte Taburno, alta permeabilità per fratturazione e carsismo e delle brecce calcaree dell'area pedemontana media – alta permeabilità per porosità e carsismo.

L'elevata permeabilità di queste rocce dà luogo a falde di fondo di notevole capacità e potenza che alimentano apparati sorgentizi al contatto con i sedimenti terrigeni miocenici tra i 600 ed 800 metri come si evince dai pozzi profondi (pozzi uso potabile della piana di Prata con livello di falda a -50 metri dal piano campagna) e dall'allineamento di risorgive cartografate. Queste risorgive hanno una portata media annua non superiore a 10 litri al secondo e sono rappresentate da (sorgente Rosato, s. Abazzia, s. Pisciarriello, s. Sambuco, s. Cese, s. Tre Barili).

Nel settore orientale del territorio sono in affioramento terreni a permeabilità variabile compresa tra media - bassa e molto bassa.

Il complesso argilloso - arenaceo, nella zona a sud del territorio comunale ed in destra idrografica del Torrente Jenga, è invece interessato da una esigua circolazione idrica sotterranea, che si manifesta con modeste falde idriche episuperficiali nel complesso delle Argille Varicolori. Questi piccoli membri idrici sono ubicati prevalentemente nel materiale di alterazione (regolite), il cui regime, molto irregolare e discontinuo, è strettamente dipendente dall'andamento pluviometrico stagionale.

La profondità della superficie freatica di detta falda è generalmente modesta, spesso dell'ordine di 3 ÷ 5 metri.

Il Flysch di Castelveteo dato da successioni argilloso-arenacee, presenta una piezometrica la cui profondità dal piano campagna varia dai tre ai dieci metri come riscontrato durante l'esecuzione dei sondaggi geognostici.

In detti terreni falde superficiali di scarsa portata sono state riscontrate anche nel periodo estivo, fino ad una profondità media di circa 4 metri dal piano di campagna.

Per la definizione dei fenomeni evolutivi dei versanti è necessario, perciò, individuare i caratteri della circolazione sotterranea nelle coltri di tritiche di copertura e nelle bande regolitiche delle formazioni argilloso - arenacee.

Tali coltri sono relativamente più permeabili rispetto agli ammassi di profondità, per cui sono favorite quelle condizioni di circolazione per deflussi paralleli al versante, confermati, peraltro, da riscontri diretti e da misure piezometriche nei perfori predisposti nelle varie campagne d'indagine.

Si è osservato che nei periodi di massima e prolungata piovosità, i livelli idrici si portano al piano di campagna, rimarcando la determinante importanza del regime idrometeorico stagionale sull'incremento delle pressioni neutre.

Detta connessione è stata riscontrata sulle pendici affette da instabilità ove i processi di frana subiscono di frequente una stasi nel periodo estivo ovvero accelerazioni nei periodi di prolungata piovosità.

Le parti di territorio urbanizzate, ovviamente, hanno un comportamento idraulico diverso, dal momento che rappresentano superfici rese impermeabili dalle varie tipologie di manufatti e di interventi realizzati.

L'allegata Carta Idrogeologica riassume ed evidenzia i caratteri della permeabilità relativa attribuibile ai vari complessi litologici affioranti nel territorio in esame.

Vi si distinguono le seguenti tre classi di permeabilità relativa:

- **Alta permeabilità per fratturazione e carsismo** , in cui sono raggruppati i termini calcarei (Ccd) e dolomitici basali (D), nonché gli olistoliti (Ol) e che costituiscono il serbatoio idrico.

- **Media permeabilità per porosità**, in cui sono raggruppati i depositi clastici continentali e cioè detrito di falda di conoide costituiti da clasti carbonatici immersi in una matrice argilloso-limosa derivante da alterazioni di cineriti (Lsa) e quelli di brecce calcaree cementate (Br).

- **Bassa permeabilità per porosità e fratturazione** del complesso argilloso arenaceo caratterizzato dal raggruppamento dei depositi miocenici (Ar + Av) sovrastanti al complesso basale altamente permeabile (Ccd + D + Ol)

Le differenti capacità di permeabilità dei terreni messe in evidenza nella carta idrogeologica, unitamente all'andamento clivometrico e particolari morfologie del territorio ed alla lettura della carta della vulnerabilità degli acquiferi (Celico),

denotano che il territorio comunale di Cautano per la metà della sua estensione presenta una vulnerabilità elevata in corrispondenza della zona montuosa calcarea, ed una vulnerabilità media nella fascia centrale e valliva in corrispondenza dei depositi conglomeratico–sabbiosi–detritici.

Da quanto sin qui esposto, il contesto idrogeologico descritto induce la necessità di salvaguardare l'area montana e pedemontana con fasce di rispetto con particolare attenzione ai pozzi (piana di Prata) ed alla fascia delle risorgive, nonché alla rete idrografica.

7.0 - TAVOLA G5 CARTA CLIVOMETRICA

Scala1 : 5.000

La carta delle acclività rappresenta l'andamento morfologico del territorio comunale, classificandolo secondo 4 classi di acclività o gradi di pendenza. La scelta delle classi è stata fatta a partire dall'esame della copertura aerofotogrammetrica aggiornata del territorio e con l'interpretazione della distanza tra le isoipse, cercando di rappresentare al meglio le caratteristiche di pendenza del comprensorio.

Essa rappresenta una base utile sia ad elaborare la carta della stabilità dei versanti sia per l'individuazione di aree pianeggianti o poco acclivi del territorio non ancora impegnate da insediamenti urbanistici.

Le classi rilevate e le loro descrizioni sono le seguenti :

CLASSE 1

Pianeggiante sub-pianeggiante; campitura in **giallo** (percentuale da 0 a 10% corrispondente a 0° - 6°), riconducibile all'abitato di Cacciano e contrada Sala ed a piccole aree su tutto il territorio comunale a macchia di leopardo.

CLASSE 2

Media acclività; campitura in **verde chiaro** (percentuale da 10% a 20% corrispondente a 6° - 12°), riconducibile alla contrada Sala e a buona parte della zona pedemontana direttrice est – ovest (Pretara - piana di Prata).

CLASSE 3

Acclività media – alta; campitura in **verde scuro** (percentuale da 20% a 35% corrispondente a 12° - 20°), riconducibile alla contrada Maione e zona montana ed all'incisione del torrente Jenga)

CLASSE 4

Acclività alta; campitura in marrone (percentuale maggiore di 35% corrispondente a più di 20°) riconducibile a tutti i rilievi montuosi.

8.0 - TAVOLA G6 CARTA GEOMORFOLOGICA

Scala1 : 5.000

Questo elaborato costituisce la cartografia di base attraverso cui individuare le evidenze morfologiche che sono effetti di complessi fenomeni geologici esogeni avvenuti nel tempo; pertanto la carta geomorfologica è di ausilio alla elaborazione della carta della stabilità attraverso la localizzazione di forme riconducibili a processi di versante , gravitativi, fluviali, carsici ed antropici.

La localizzazione dei crinali insieme alla rete idrografica, all'andamento delle curve di livello, all'osservazione di foto aeree e riscontri in sito, forniscono un primo riferimento volto alla definizione dei processi morfoevolutivi.

L'area montana, rappresentata da rocce calcaree si presenta generalmente denudata cioè priva di una consistente copertura di suolo in corrispondenza dei crinali ed orli di scarpata per effetto della maggiore acclività ed esposizione alle intemperie.

8.1 - PROCESSI FLUVIALI

Generalmente sub parallelamente ai crinali s'impostano diverse aste torrentizie alcune delle quali come il vallone Dudolo ha in tempi remoti trasportato detrito nella zona pedemontana dove si osservano ventagli di deiezione cartografati con il colore **lilla** (conoidi alluvionali piana di Prata), altre due aste torrentizie che si impostano su costa Rosari per la loro vicinanza hanno invece formato conoidi anastomizzati.

I conoidi di deiezione nell'area pedemontana in corrispondenza dei centri abitati di Cautano e Cacciano non sono morfologicamente direttamente individuabili sia perché gli eventi alluvionali sono avvenuti in epoche remote sia perché i processi di antropizzazione ne hanno nascosto le evidenze.

Pur tuttavia in queste aree di raccordo pedemontano località Casino e centro storico Trescine - Cacciano, si riscontrano zone cartografate in **celeste**, definite come aree di probabile alluvione dall'Autorità di Bacino Distrettuale.

Mentre in area montana le stesse sono localizzate lungo il vallone del Ceraso, torrente Guria, ed in prossimità della cava Criscuoli.

Medesime aree si riscontrano in destra e sinistra idrografica del torrente Ienga e del vallone Acqua Salata.

Aree cartografate in **blu**, evidenziano le zone interessate dagli eventi alluvionali del 14-15 ottobre 2015, localizzate, in zona montana lungo il vallone del Ceraso tra piana di Prata e CostaFaito, lungo il torrente Ascio in prossimità del ponte poco prima della confluenza con lo Jenga, infine lungo il torrente Cerreto-Guria nel tratto che attraversa il centro storico di Cautano.

8.2 - PROCESSI GRAVITATIVI

Gli affioramenti geologici e le coperture di suolo insieme all'acclività ed al deflusso idrico episuperficiale concentrato, concorrono all'evoluzione dei versanti.

In corrispondenza degli affioramenti delle **brecce calcaree** laddove e più marcata una componente a matrice siltoso - argillosa, si riscontrano processi gravitativi non determinati a causa della complessità di fattori che concorrono all'identificazione.

Le aree interessate da questi processi sono due e delimitate con il colore **avion scuro**; la prima è localizzata nella piana di Prata, con innesco a sud del versante Favella in prossimità di fontana Rosato, l'altra tra Pezza Spina e Siediti a ridosso della strada provinciale Cautano – Frasso Telesino.

In corrispondenza degli affioramenti del complesso **argilloso-arenaceo** che caratterizzano prevalentemente il versante in destra idrografica del torrente Jenga tra Costa Rama e contrada Sala, sul versante in sinistra idrografica del vallone Acqua Salata ed in prossimità della sorgente Sambuco, si rilevano con colore **verde**, processi gravitativi definiti di colamento lento.

Essi sono dovuti alla plasticizzazione delle coltri superficiali che tendono ad attivarsi in occasione degli eventi meteo più intensi.

Il movimento è causa della saturazione dei litotipi costituenti la coltre di copertura nella quale a volte è insediata una debole circolazione idrica con moto di filtrazione parallelo al pendio e superficie piezometrica che nei periodi piovosi può raggiungere il piano di campagna.

Nel caso specifico queste deformazioni riguardano la sola coltre alterata e degradata superficiale che assume spessori compresi tra 2 e 4 metri.

I limiti tra banda in movimento e materiali in posto non sono netti ma sfumano in maniera differenziale con tendenza ad una diminuzione graduale con la profondità.

A volte limitrofe a queste aree, si associano movimenti complessi cartografati con il colore **marrone**, la cui caratterizzazione dipende da molteplici fattori da osservare nel corso del tempo.

Analoghe aree si riscontrano in località Maione.

In alcune zone pedemontane di raccordo tra l'affioramento calcareo e la coltre detritica, Tavarrone e Pretrara, a sud di Bosco Ascio, si osservano scivolamenti rotazionali traslativi cartografati con il colore **giallo**.

Il processo si riscontra anche in diverse località di contrada Sala nel complesso arenaceo - argilloso.

Particolare attenzione viene posta sul versante di Costa San Rocco, dove un movimento franoso lambisce a valle il centro urbano di Cautano, e pertanto oggetto di maggiore attenzione

La frana di località San Rocco si sviluppa a Sud del centro storico di Cautano, ed interessa una zona recentemente urbanizzata.

Dai dati tecnici in possesso, si tratta di una frana molto complessa che coinvolge a monte le breccie calcaree e detrito di falda antico cementato, a valle i terreni in giacitura caotica che inglobano calcari di piattaforma, calcari ed argille della

successione del flysch. Nella parte bassa vengono coinvolti anche i depositi di versante.

Parametri dimensionali: quota corona 500 metri, quota unghia 350 metri, lunghezza orizzontale 550 metri, dislivello 150 metri, pendenza 27%, larghezza media 75 metri, area totale 41.250 mq.

Parametri cinematici: velocità di movimento da lenta ad estremamente lenta non considerando l'effetto di una sollecitazione sismica.

Cause: quelle predisponenti sono legate al contesto geologico, geomorfologico ed idrogeologico, mentre le cause scatenanti possono essere legate ad eventi pluviometrici intensi e/o azioni sismiche.

Danni: le riattivazioni della frana, verso monte hanno danneggiato la provinciale Cautano – Frasso Telesino e verso valle, lungo il fianco destro, hanno danneggiato un edificio scolastico.

Il movimento franoso descritto è ad oggi interessato da uno studio specifico di risanamento a firma di altri geologi .

8.3 - PROCESSI ANTROPICI

Le coperture calcaree in area montana e di raccordo all'area pedemontana sono caratterizzati da interventi dell'uomo che hanno modificato parzialmente la morfologia come si evince dalla presenza di cave non attive ed attive quest'ultime

prevalentemente localizzate in Colle della Noce a nord del centro abitato di Cautano .

I processi antropici sono cartografati con il colore **vinaccio**. La stabilità di queste aree sono strettamente legate ai processi di coltivazione lungo i fronti di scavo.

Talvolta, associate alle cave che rappresentano aree denudate, cioè prive di suolo, sono favoriti i fenomeni di dissoluzione carsica dovuti all'infiltrazione delle acque meteoriche che trasportano in soluzione il carbonato di calcio.

8.4 - FORME CARSICHE

Si evidenziano con qualche sporadica grotta ed inghiottitoio , quest'ultimo localizzato lungo il torrente Guria a nord delle cave di Colle della Noce indicato con il **triangolo blu** e che facilita l'infiltrazione delle acque lungo il torrente probabilmente diminuendone la portata durante i momenti di maggiore deflusso mitigando probabilmente a valle gli effetti di un alluvionamento.

Completano la carta geomorfologica gli orli di scarpata, i terrazzi morfologici le spianate sommitali ed intermedie che sono i risultati di processi evolutivi nel tempo.

9.0 –TAVOLA G7 CARTA DELLA STABILITA' DEI VERSANTI

Scala 1: 5.000

Il dissesto idrogeologico ha quasi sempre due componenti presenti e non sempre contemporanee: una idrogeologica o idraulica riferita alla rete drenante e l'altra geologica riferita alla caratterizzazione litologica ed ai parametri geotecnici di riferimento, che possono subire forti modifiche in ragione delle variazioni delle condizioni idrogeologiche esistenti.

L'analisi geomorfologica del territorio consente quindi il riconoscimento delle azioni morfogenetiche che contribuiscono all'evoluzione morfologica dei versanti in ragione delle caratteristiche litologiche dei terreni in affioramento che ne determinano la risposta geomorfologica agli agenti morfo-evolutivi. In generale l'evoluzione morfologica progredisce in funzione dei naturali processi di erosione dei rilievi soprattutto laddove la conformazione orografica e lito-strutturale ne amplifica le azioni gravitative.

Gli ambiti morfologici individuati sul territorio comunale sono caratterizzati da diversi assetti lito – strutturali che condizionano la risposta agli agenti morfoevolativi e le condizioni di stabilità delle aree.

Negli ambiti montani e pedemontani, l'affioramento e il particolare assetto giaciturale del substrato litoide possono dar luogo a fenomeni franosi a cinematismo rapido ed improvviso riconducibili a frane di tipo crollo e colate rapide detritico

fangose e/o fenomeni alluvionali torrentizi. I crolli in roccia coinvolgono per lo più le scarpate rocciose situate a varie altezze lungo i versanti nella parte nord occidentale del comprensorio.

Laddove i versanti risultano incisi e presentano spessori significativi di coperture detritico piroclastiche (0.5 -2.00m) possono essere suscettibili di colate rapide detritico fangose o fenomeni alluvionali torrentizi.

Tali fenomeni possono essere ricondotti a processi erosionali dovuti all'azione della gravità ed agli effetti dello scorrimento delle acque superficiali, come risulta dall'esame delle forme e dei depositi rilevabili sul terreno. Quest'ultima operazione è risultata talora problematica, a causa della rapidità dei processi denudazionali e soprattutto della veloce "ripresa" della coltre di copertura, che maschera la successione dei diversi eventi. Le forme di erosione legate alle acque superficiali possono essere riconducibili sia a fenomeni lineari che areali.

Negli ambiti collinari, i potenziali dissesti sono riconducibili a frane di versante a cinematisimo lento. Nell'ambito collinare i dissesti, sono legati principalmente alle caratteristiche litologiche e geotecniche delle formazioni terrigene presenti. L'evoluzione morfologica di tale settore è legata quindi a fenomeni di genesi complessa, e fenomeno gravitativi episuperficiali. I processi gravitativi quiescenti o in atto sono infatti testimoniati dall'assetto morfologico di questa porzione del territorio caratterizzato da un'alternanza di ondulazioni e contropendenze che sono

riconducibili a fenomeni gravitazionali ampi e lenti. In questi contesti infatti i terreni argillosi sono suscettibili a fenomeni di instabilità dovuti soprattutto ad accumuli idrici nelle coltri superficiali dove innescano una circolazione idrica effimera alimentata dalle precipitazioni meteoriche. Con la presenza di acqua tale coperture tendono ad allentarsi e mobilitarsi dando origine a fenomeni franosi a cinematismo lento del tipo scorrimenti rotazionali lenti o colate lente.

Nelle aree del fondovalle, i possibili scenari di pericolosità sono legati a potenziali fenomeni di alluvionamenti ed esondazioni in aree prossime ai corsi d'acqua principali come il T. Jenga e dei Torrenti Guria e Serra, inseriti in buona parte nel tessuto urbano.

9.1 - PERICOLOSITÀ E RISCHIO IDROGEOLOGICO IN RELAZIONE AL (PSAI-RF) e (PGRA-DAM)

Le azioni e le norme d'uso del territorio comunale di Cautano sono programmate e pianificate dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale competente, con la legge n° 183/89 e s.m.i..

Nella redazione della carta della stabilità sono state inserite tutte le aree a maggiore pericolosità A4 e R4 sia del settore montano e pedemontano, dove come si è già illustrato la genesi dei fenomeni franosi a cinematiso rapido (crolli e colate detritico fangose) è da ricollegare all'assetto strutturale dei versanti e dove, il grado di pericolosità decresce procedendo verso quote più basse, sia quelle in corrispondenza delle aree collinari e del fondovalle.

Tuttavia nella fascia collinare localmente si individuano aree a pericolosità elevata in ragione della presenza di movimenti gravitativi attualmente attivi.

Analogo discorso viene fatto per le aree a rischio e pericolosità idraulica; in generale, considerando la tipologia del rischio, le aree con grado più elevato di pericolosità, sono ovviamente localizzate nelle zone pianeggianti circostanti i corsi d'acqua. A distanza dai corsi d'acqua il rischio idraulico ovviamente decresce e pertanto grosse porzioni dell'area di piana sono a pericolosità inferiore o anche nulla. La pericolosità idraulica può essere distinta in:

- Pericolosità dovuta a processi di esondazione del reticolo idrografico principale con trasporto elevato di massa liquida e /o solida;
- Pericolosità dovuta a processi di allagamento e /o ristagno di acque meteoriche dilavanti o connesse al trasporto di acqua non regimate.

In ragione quindi delle condizioni di pericolosità del territorio emerse dall'analisi della cartografia dell'Autorità Distrettuale si è proceduto alla redazione della carta della stabilità integrando la stessa con studi e verifiche aggiuntive ed in scala di maggior dettaglio.

9.2 - CONDIZIONI DI STABILITÀ DEGLI AMBITI MORFOLOGICI

Questo elaborato costituisce la cartografia di sintesi attraverso cui individuare le aree a diversa stabilità che sono effetti di interazioni tra caratteristiche prevalentemente morfologiche, stratigrafico, clivometriche e geotecniche riconducibili ai processi endogeni ed esogeni che nei tempi geologici le hanno determinate.

In ragione quindi dei dati analizzati è possibile schematizzare in modo qualitativo il grado di sicurezza offerto dai vari terreni in rapporto alla realizzazione di qualsiasi opera ingegneristica. A tal fine sono state individuati settori a differente grado di stabilità, in funzione delle condizioni di pericolosità derivante dalle forme rilevate e rappresentate con diversi campi di colore come appresso descritto.

9.3 - Stabilità delle aree montane

L'area montana, formata prevalentemente da rocce calcareo – dolomitiche presenta per le esigue spianate sommitali di monte Gaudello, Costa Faito - San Rocco e Colle della Noce, una buona stabilità e sono campite in celeste, esse sono prive di difficoltà morfologica, con caratteristiche stratigrafiche e geotecniche buone.

Ai versanti privi di terreni di coperture ma con acclività elevata superiore a 35% invece è stata attribuita una media stabilità e sono cartografati in giallo paglierino.

Le aree montane campite in rosso invece, coincidono con le zone ad elevato rischio del Piano Stralcio per l'assetto Idrogeologico Rischio Frane (PSAI-RF) dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale.

Esse sono interessate a luoghi da coperture di suoli di spessore variabile comunque non superiore ai 3-4 metri, che nel passato si sono mobilizzati collassando da monte verso la fascia di raccordo pedemontano, sia attraverso i percorsi preferenziali delle aste torrentizie alluvionate (Vallone Dudolo, testate di Valle del Ceraso, Cerreto e Guria - Serre), sia lungo i versanti sub-lineari talvolta ad esse attigue : “Costa delle Grotte”, “Favella”, “Serrone Curto”, “Cerrete”, “Teglie-Costa Faito”, “Pezza Spina” ed infine “Pietra con l'acqua” quest'ultimo toponimo rende bene l'idea della presenza di acqua all'interno degli affioramenti che ne condizionano la stabilità.

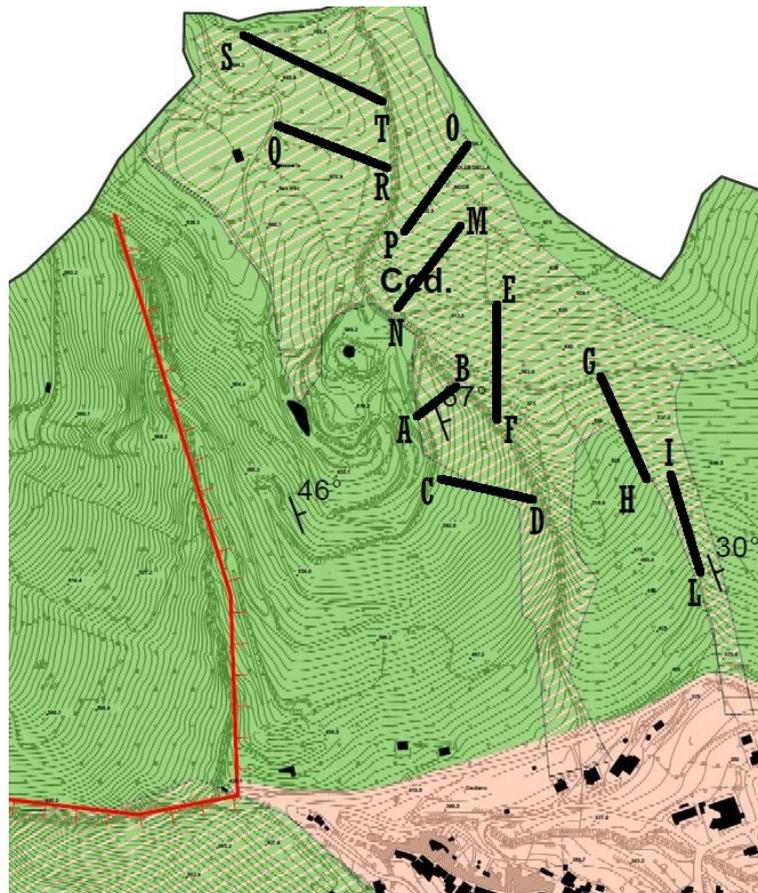
Tali coperture le ritroviamo a monte dell'abitato di Cautano nei pressi delle cave storiche di marmi con una discreta estensione areale.

In queste aree sono state realizzate 9 prove penetrometriche dinamiche per accertare il reale spessore delle stesse (ubicate come da Tavola 2 indagini geognostiche)

Lo spessore massimo indagato è riferito alla prova n° 8 e supera il metro e mezzo.

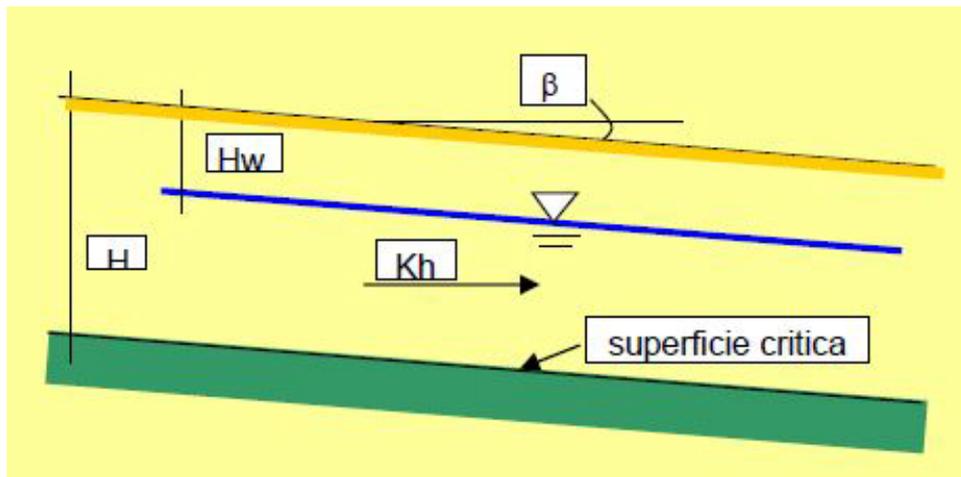
Le prove elaborate hanno permesso altresì la caratterizzazione geotecnica ed i certificati sono evincibili nel fascicolo 3.

In queste area sono state effettuate nove verifiche di stabilità con il metodo del pendio indefinito che meglio si adatta al contesto geologico rilevato, lungo le tracce di sezione come da stralcio allegato.



Il substrato è calcareo mentre le coperture di suolo di spessore variabile tra il decimetro ed il metro e mezzo sono state considerate sature e in condizione di sollecitazione sismica.

Schema di pendio indefinito



Come si evince dalla lettura del quadro sinottico sotto riportato, tutte le verifiche hanno restituito valori di sicurezza superiori ad 1,4 compatibili con la classe di media stabilità cartografata nella tavola in giallo paglierino.

SEZIONE DI CALCOLO	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE - LITOSTRATIGRAFICHE - IDROGEOLOGICHE						RISULTATI	
	FALDA (mt.)	SPESSORE SUOLO	PENDENZA VERSANTE	PESO SPECIFICO	ANGOLO ATTRITO	COESIONE DRENATA	FS STATICO	FS SISMICO
A - B	0,1 mt.	0,6 mt.	27°	14,7 KN/m ³	21,3°	7 kPa	2,29	1,88
C - D	0,1 mt.	0,4 mt.	29°	14,3 KN/m ³	20,9°	5 kPa	2,39	1,99
E - F	0,1 mt.	0,5 mt.	23°	15,0 KN/m ³	21,4°	7,8 kPa	3,32	2,66
G - H	0,1 mt.	0,6 mt.	20°	14,7 KN/m ³	21,2°	6,6 kPa	2,79	2,16
I - L	0,1 mt.	0,7 mt.	25°	13,6 KN/m ³	20,5°	5,5 kPa	1,80	1,45
M - N	0,0 mt.	0,2 mt.	22°	15,5 KN/m ⁸	21,7°	9,8 kPa	9,46	7,55
O - P	0,1 mt.	0,5 mt.	16°	16,0 KN/m ³	22,0°	11,3 kPa	6,04	4,45
Q - R	0,1 mt.	1,1 mt.	10°	14,7 KN/m ¹⁰	21,2°	6,6 kPa	3,23	2,03
S - T	0,1 mt.	1,6 mt.	9°	15,4 KN/m ¹¹	21,6°	9 kPa	3,34	2,02

Le aree campite in grigio scuro e classificate instabili per le zone montane sono le cave attive e non attive di Colle della Noce a nord del centro abitato di Cautano Cacciano.

9.4 - Stabilità dell'area pedemontana

L'area pedemontana è caratterizzata da una fascia di accumulo ai piedi del versante del massiccio calcareo - dolomitico del monte Camosauro ed è formata prevalentemente da brecce calcaree e detrito di falda e di conoide spesso in matrice argilloso - limosa e, subordinatamente da arenarie.

Questa fascia che si sviluppa longitudinalmente al versante comprende la piana di Prata fino ad arrivare al centro abitato di Cautano, si presenta con caratteristiche morfologiche, geotecniche, stratigrafiche discrete e con pendenze medie che non superano il 20%, ed è campita in verde.

All'interno di questa fascia ritroviamo delle zone instabili di origine alluvionale campite in **rosso**, localizzate in corrispondenza delle aste torrentizie di trasporto e riconosciute nelle conoidi di deiezione tra piana di Prata e Piano Izzi, zone instabili campite in grigio-scuro riferite a scarpate con notevole rigetto come i costoni in località Prata e località Toro Cornacchia e zone instabili campite in lilla che riguardano le aree con processi gravitativi.

La fascia pedemontana in corrispondenza del centro urbano, è interessata per buona parte da vincolo, come aree rosse A4 ed R4 cartografate dall'Autorità di Bacino Distrettuale, pertanto, per quanto attiene l'utilizzo di esse si fa espressamente rimando alle norme di attuazione emanate dall'Autorità competente del territorio.

Aree instabili pedemontane riguardano anche il costone in sinistra idrografica del Torrente Ienga nel tratto compreso tra il ponte Ascio fino ad arrivare nei pressi del Convento o Basilica di S. Antonio campite in grigio scuro.

Ma soprattutto quella campita in lilla a monte del centro storico di Cautano, località San Rocco interessata da processi gravitativi attivi descritti precedentemente nel paragrafo di geomorfologia.

Le restanti aree del centro urbano e zone limitrofe, libere da vincoli sovra comunali e valutate dallo scrivente prive di emergenze idro-geologiche dopo accurate indagini, sono state classificate stabili e campite in **celeste**.

9.5 - Stabilità dell'area collinare

L'area collinare in destra idrografica del torrente Jenga, contrada Sala, è caratterizzata prevalentemente dal complesso argilloso – arenaceo. Le pendenze variabili e le caratteristiche geotecniche dei terreni, che spesso nella parte più superficiale della formazione risentono della presenza della falda acquifera seppur a carattere stagionale, restituiscono un quadro di stabilità incerto perché molto articolato ed in continua evoluzione.

In corrispondenza dell'abitato di contrada Sala e nell'area a nord est, le basse acclività e l'assenza di indizi morfologici sfavorevoli conferiscono alla zona una buona stabilità cartografata in **celeste**.

Intorno a quest'area stabile a seguito di un moderato aumento delle pendenze il territorio diventa a media stabilità e viene cartografato in **verde**, in corrispondenza di affioramenti del complesso arenaceo con evidenze geomorfologiche (vedi tavola G6) e geomeccaniche scadenti diverse zone risultano instabili e corrispondono alle aree cartografate in **lilla**.

10.0 - TAVOLE G8 E G9 CARTE DELLA ZONAZIONE DEL TERRITORIO IN PROSPETTIVA SISMICA

Scala1 : 5.000

Il comune di Cautano si trova nelle zone interne della Regione Campania, in corrispondenza della dorsale appenninica. La storia sismica della Regione è ricca di eventi anche di forte intensità che hanno interessato l'Appennino Meridionale (Tabella 1). L'analisi della distribuzione dei terremoti storici e recenti della Campania evidenzia che la maggior parte dell'attività sismica è concentrata nella fascia interna della catena appenninica con un'estensione nell'area vulcanica costiera del Vesuvio-Campi Flegrei.

Le caratteristiche morfo-strutturali della regione consentono di individuare come aree sismogenetiche di maggiore rilevanza il Sannio, l'Irpinia, l'alta valle del Sele-Alburni ed il bordo orientale del Massiccio del Matese.

Da tali aree si diparte il rilascio di medio-alti livelli di energia sismica, che può produrre effetti sensibili in tutte le cinque province campane.

Data	Intensità (MCS)	Aree interessate dal sisma
5 maggio 1456	XI	Italia Centro-Meridionale
19 agosto 1561	IX-X	Vallo di Diano (province di Salerno e Potenza)
5 giugno 1688	XI	Campania-Molise (province di Benevento, Caserta, Avellino, Campobasso, Isernia)
	X-XI	Irpinia-Basilicata (province di Avellino e Potenza)
14 marzo 1702	X	Sannio-Irpinia (province di Benevento e Avellino)
29 novembre 1732	X-XI	Irpinia
9 aprile 1853	X	Irpinia e le alte valli dei fiumi Sele ed Ofanto
28 luglio 1883	X	Casamicciola Isola d'Ischia
23 luglio 1930	X	Irpinia
23 novembre 1980	X	Irpinia-Basilicata

Tabella 1: elenco dei principali terremoti che hanno interessato la regione

Campania nell'ultimo millennio (Boschi et al., 1997).

10.1 - DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

Normativa Nazionale

Per ridurre gli effetti del terremoto, l'azione dello Stato si è concentrata sulla classificazione del territorio, in base all'intensità ed alla frequenza dei terremoti del

passato, e sull'applicazione di speciali norme per le costruzioni nelle zone classificate sismiche.

Fino al 2003 il territorio nazionale era classificato in tre categorie sismiche a diversa severità. Nel 2003 furono emanati i criteri di una nuova classificazione sismica del territorio nazionale, basati sugli studi e le elaborazioni più recenti, relative alla pericolosità sismica del territorio, ossia sull'analisi della probabilità che il territorio potesse essere interessato, in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni), da un evento che superasse una determinata soglia di intensità o magnitudo (Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003).

L'OPCM 3274 detta i principi generali sulla base dei quali le Regioni, a cui lo Stato ha delegato l'adozione della classificazione sismica del territorio (Decreto Legislativo n°. 112 del 1998 e Decreto del Presidente della Repubblica n°. 380 del 2001 - "Testo Unico delle Norme per l'Edilizia"), hanno stilato l'elenco dei comuni con la relativa attribuzione ad una delle quattro zone, a pericolosità decrescente, nelle quali è stato riclassificato il territorio nazionale (Tabella 2).

Zona 1	E' la zona più pericolosa. Possono verificarsi fortissimi terremoti
Zona 2	In questa zona possono verificarsi forti terremoti
Zona 3	In questa zona possono verificarsi forti terremoti ma rari
Zona 4	E' la zona meno pericolosa. I terremoti sono rari

Tabella 2: zone sismiche introdotte dall'OPCM 3274

Di fatto, sparisce il territorio “non classificato”, che diviene zona 4, nel quale è facoltà delle Regioni prescrivere l’obbligo della progettazione antisismica. A ciascuna zona, inoltre, viene attribuito un valore dell’azione sismica utile per la progettazione, espresso in termini di accelerazione massima su roccia (zona 1=0.35 g, zona 2=0.25 g, zona 3=0.15 g, zona 4=0.05 g).

Un aggiornamento dello studio di pericolosità di riferimento nazionale (Gruppo di Lavoro, 2004), previsto dall’OPCM 3274/03, è stato adottato con l’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006.

Il nuovo studio di pericolosità, allegato all’OPCM n. 3519, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione “ag” (Tabella 3), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche (Figura 2).

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

Tabella 3: Suddivisione delle zone sismiche in relazione all’accelerazione di picco su terreno rigido (OPCM 3519/06).

A ciascuna zona o sottozona è attribuito un valore di pericolosità di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido (a_g). Tale valore di pericolosità di base non ha però influenza sulla progettazione.

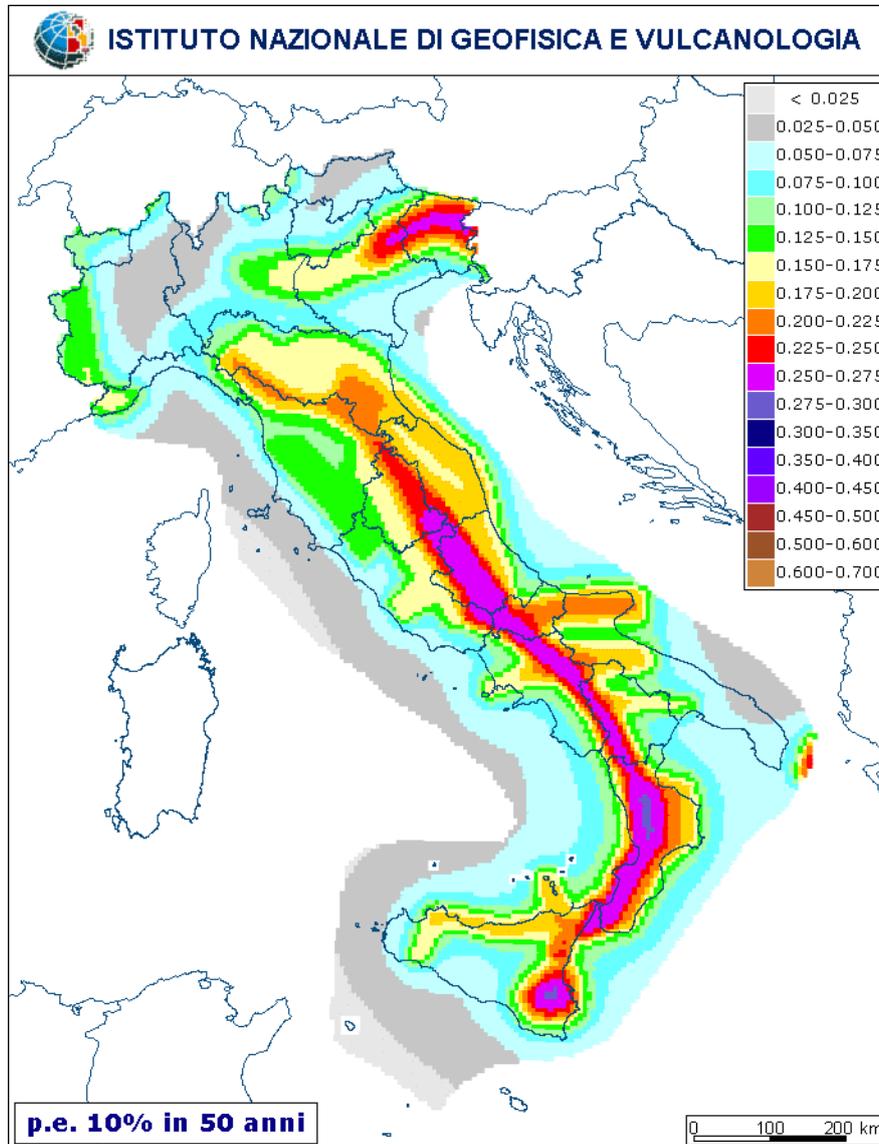


Figura 2: mappa di pericolosità sismica con periodo di ritorno di 475 anni, corrispondente ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Le attuali Norme Tecniche per le Costruzioni (Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 e Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018) hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali. Per ciascuna zona, e quindi territorio comunale, veniva precedentemente fornito un valore di accelerazione di picco, e quindi di spettro di risposta elastico, da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche.

Dal 1 luglio 2009 con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera. Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

Normativa Regionale

La Regione Campania, con la Delibera di Giunta n°5447 del 7 novembre 2002, ha fatto proprie le indicazioni della normativa nazionale intervenendo sulle vecchie classi di sismicità (Figura 3):

- la classe I, ad elevata sismicità (S=12);
- la classe II, a media sismicità (S=9);
- la classe III, a bassa sismicità (S=6)
- la classe 4 – non classificato sismico.

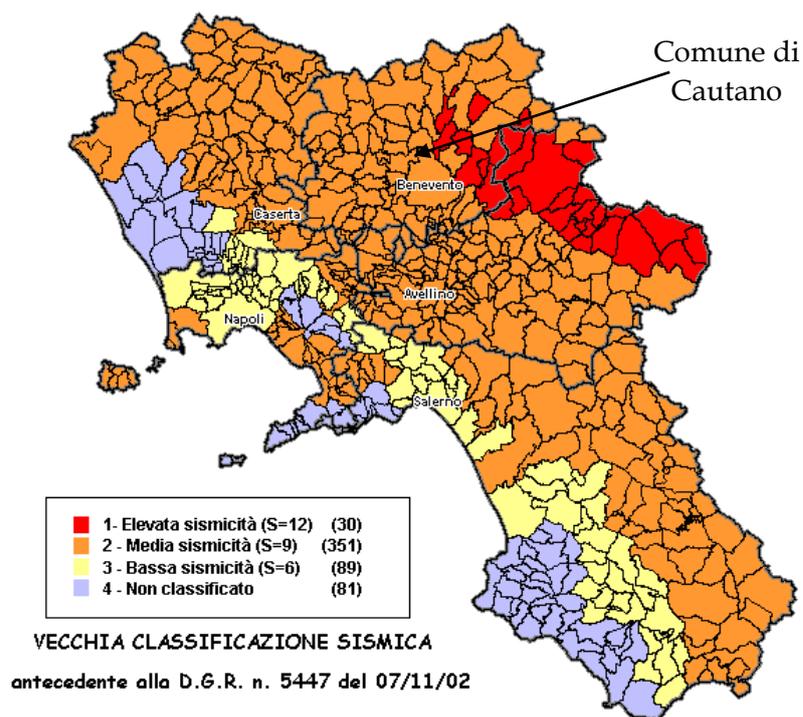


Figura 3: classificazione sismica Regione Campania antecedente il DGR 5447.

A seguito della riclassificazione sismica la Regione Campania ha identificato tre livelli di pericolosità (Figura 4):

1. Elevata sismicità (3)
2. Media sismicità (2)
3. Bassa sismicità (1)

Con la Deliberazione n°248 del 24 gennaio 2003 la Regione Campania ha approvato l'elenco recante "Aggiornamento della classificazione sismica dei Comuni della Regione Campania".

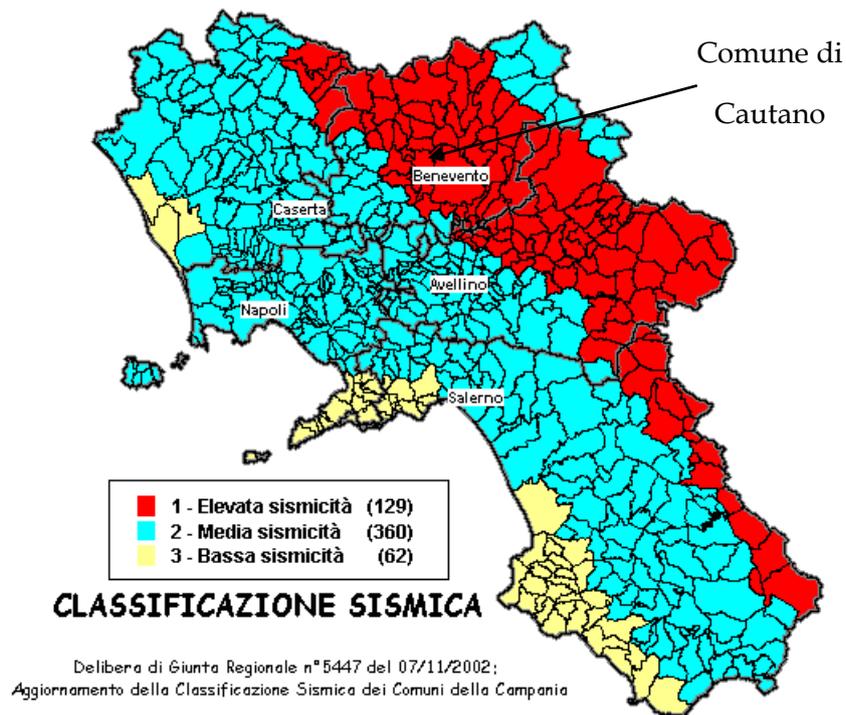


Figura 4: Aggiornamento della classificazione sismica della Regione Campania.

In Figura 5 sono riportate le variazioni relative alla classificazione sismica dei comuni a seguito alla DGR 5447. Il comune di Cautano, già classificato tra i comuni a media sismicità, ha subito un variazione di livello passando ad essere classificato come comune ad “elevata sismicità”(Figura 5).

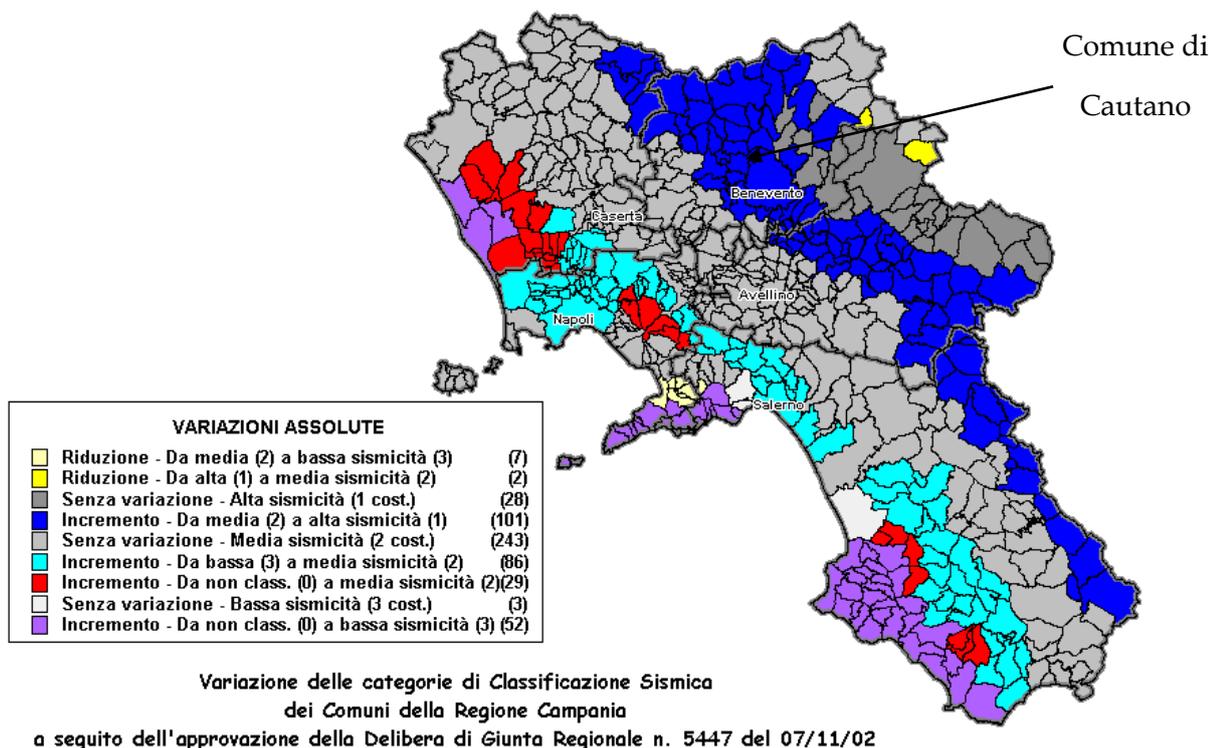


Figura 5: variazione delle categorie sismiche a seguito del DGR 5447.

Pericolosità di Base

Per avere una stima della pericolosità sismica del territorio comunale è stata effettuata una ricerca dei terremoti storici registrati nel comune di Cautano, utilizzando il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani – Catalogo parametrico CPTI15 (Locati et al. 2019) nella sua versione aggiornata DBMI15 v2.0 (Figura 6). I terremoti che sono stati identificati per l'area in studio sono riportati in Tabella 4. Dall'analisi della sismicità storica emerge che ci sono stati quattro terremoti con magnitudo superiore a 6 (1688, 1930; 1962; 1980) che hanno colpito il territorio comunale in diversi periodi storici a partire dal 1688.

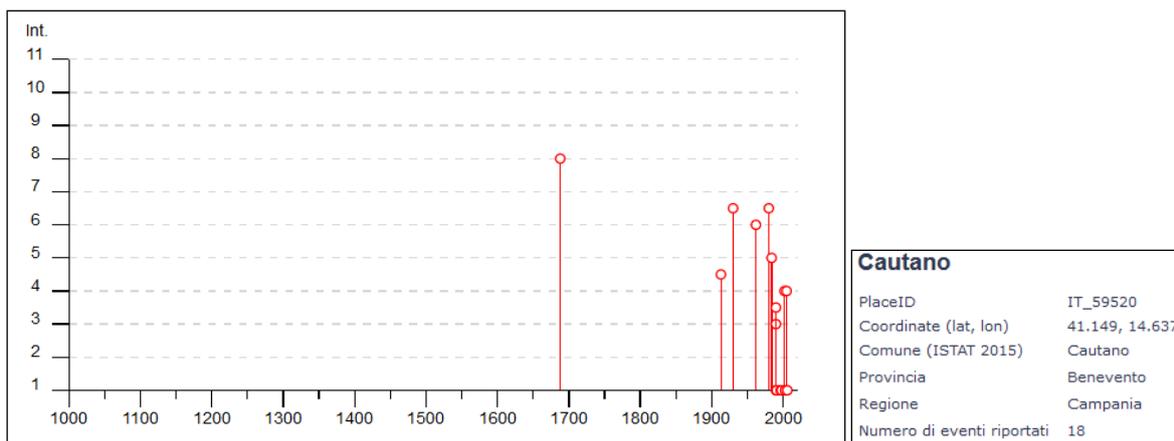


Figura 6: storia sismica di Cautano dal sito

http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/query_place/.

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
8	1688	06	05	15	30		Sannio	215	11	7.06
4-5	1913	10	04	18	26		Molise	205	7-8	5.35
6-7	1930	07	23	00	08		Irpinia	547	10	6.67
6	1962	08	21	18	19		Irpinia	562	9	6.15
6-7	1980	11	23	18	34	5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
5	1984	05	07	17	50		Monti della Meta	911	8	5.86
3	1990	04	22	09	45	0	Sannio	74	6	3.98
3-4	1990	04	22	16	47	0	Sannio	34	5	3.63
NF	1990	08	30	14	54		Beneventano	39	5-6	3.20
NF	1991	05	26	12	25	5	Potentino	597	7	5.08
NF	1997	03	19	23	10	5	Sannio-Matese	284	6	4.52
NF	1997	04	22	03	12	0	Sannio-Matese	57	5	4.06
NF	1998	03	26	16	26	1	Appennino umbro-marchigiano	409		5.26
4	2002	11	01	15	09	0	Molise	638	7	5.72
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
4	2005	05	21	19	55	1	Area Nolana	271	5	4.07
NF	2006	05	29	02	20	0	Gargano	384		4.64

Tabella 4: Storia sismica di Cautano (http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/query_place/).

Int(MCS)= Intensità Macrosismica; **NMDP** = Numero di osservazioni macrosismiche; **Io**= Intensità epicentrale; **Mw**= Magnitudo Momento. L'intensità Macrosismica è riportata solo per gli eventi registrati nel catalogo per il comune di Cautano.

Il passo successivo è stato quindi l'identificazione delle zone sismogenetiche in grado di generare terremoti che possono colpire il comune di Cautano. A questo scopo è stato fatto riferimento alla nuova cartografia prodotta per la "Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica – prevista dall'Ordinanza PCM del 20 marzo 2003, n° 3274 – RAPPOTO CONCLUSIVO – Allegato 2: Zonazione sismogenetica ZS9" (Figura 7).

Il comune di Cautano ricade all'interno della Zona 927, ma risente anche dei possibili effetti di terremoti legati alle Zone 925 e 924.

La Zona 927 include l'area caratterizzata dal massimo rilascio di energia 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 quindi per fagliazione di tipo normale.

Le Zone 924 e 925, che comprendono una parte della piattaforma apula e del Gargano, includono sorgenti ad andamento E-W con una cinematica a prevalente componente trascorrente.

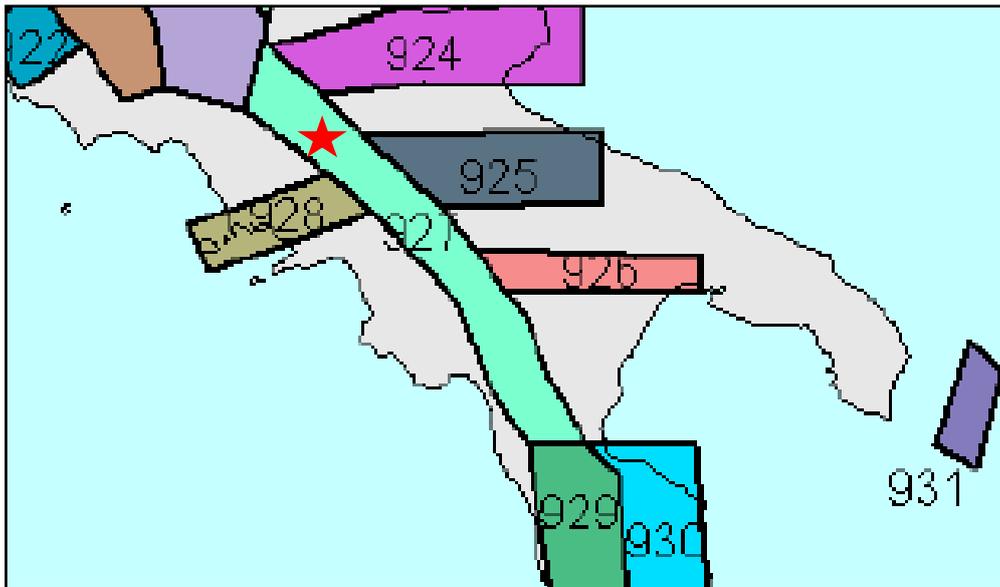


Figura 7: Zonazione Sismogenetica ZS9. Zone sismogenetiche dell'Appennino meridionale. La stella rossa indica l'ubicazione del comune di Cautano.

Infine è stato consultato il Database delle Sorgenti Sismogenetiche (DISS versione 3 – Basili et al., 2008) disponibile online <http://diss.rm.ingv.it/diss/>. Dal sito è possibile scaricare il file KMZ che viene caricato automaticamente su Google Earth sovrapponendosi come layer.

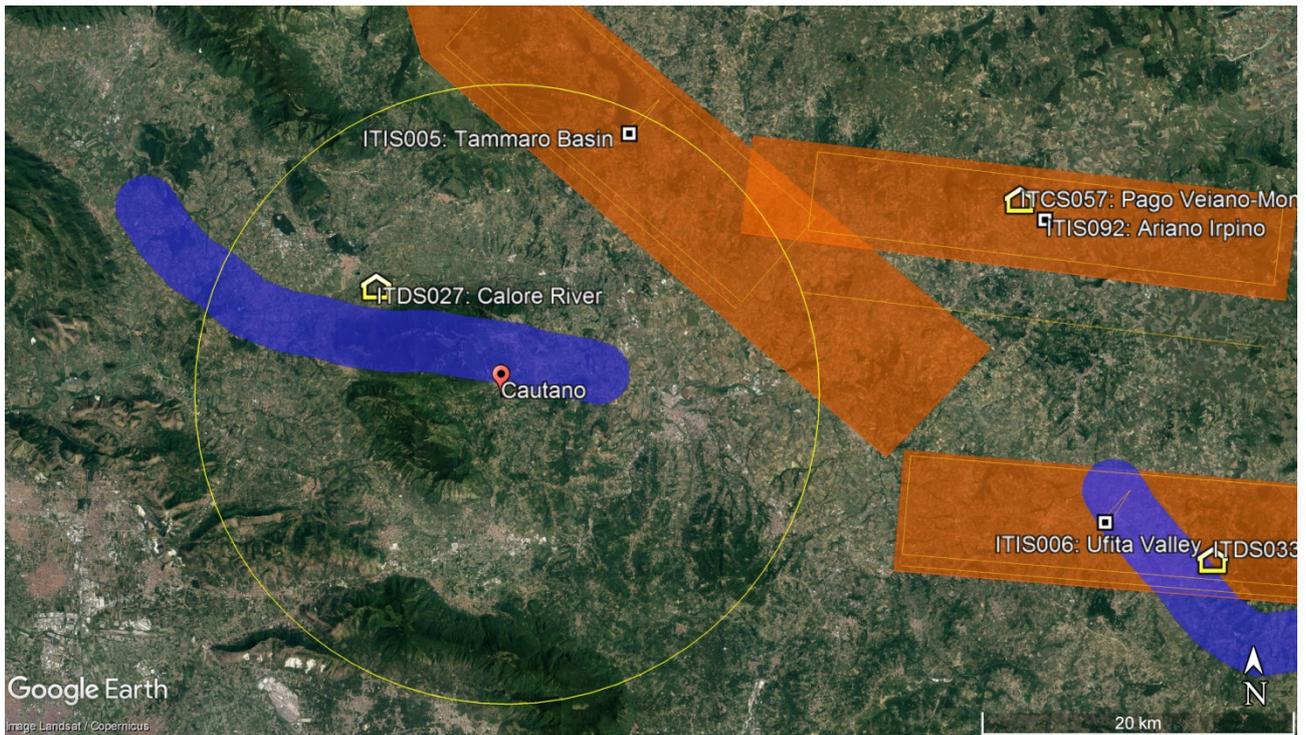


Figura 8: immagine derivata dalla sovrapposizione del layer DISS 3 in Google Earth. Il cerchio giallo rappresenta un'area racchiusa all'interno di un raggio di 20 Km dal centro abitato di Cautano. In arancione le strutture sismogenetiche. Mentre in blu le strutture ancora in studio.

Il territorio del comune di Cautano risente degli effetti di eventuali eventi sismici che possono essere generati:

1. dalla sorgente sismogenetica singola, nota come “Tammaro Basin”, identificata con il codice ITIS005;
2. dalla sorgente sismogenetica composta, nota come “Pago Veiano - Montaguto”, ed identificata con il codice ITCS057 (rif. DISS vers. 3).

Questa comprende al suo interno una struttura di tipo singolo, denominata “Ariano Irpino”, ed identificata con il codice ITIS092.

La struttura singola “Tammaro Basin” (ITIS006- Figura 13), è la parte terminale della Struttura Sismogenetica Complessa ICTS024 “Miranda – Apice”, e si estende per una lunghezza di circa 25 Km, può generare terremoti fino a 6.6 gradi di magnitudo-momento massima (M_w), con profondità ipocentrale compresa tra 1 e 13.4 Km ed è caratterizzata da direzione (*strike*) pari a 311° , un angolo di immersione (*dip*) pari a 60° e un angolo di scorrimento (*Rake*) pari a 270° (Figura 14).

Questa struttura si trova ad una distanza di circa 14 Km dal centro abitato di Cautano.

INDIVIDUAL SEISMOGENIC SOURCES ?

[COMMENTARY](#) ▼ [PICTURES](#) ▼ [REFERENCES](#) ▼ [USER COMMENTS](#) ▼

GENERAL INFORMATION

DISS-ID	ITIS005
Name	Tammaro Basin
Compiler(s)	Bordoni P.(1), Pantosti D.(2)
Contributor(s)	Bordoni P.(1), Pantosti D.(2), Valensise G.(2)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Centro Nazionale Terremoti; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy 2) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
Created	31-Oct-2001
Updated	25-Jun-2015
Display map ...	 
Related sources	ITCS024

Figura 9: DISS 3.1.1 Schema riassuntivo per la singola struttura sismogenetica

ITIS005 – Tammaro Basin.

PARAMETRIC INFORMATION			
PARAMETER		QUALITY	EVIDENCE
Location [Lat/Lon]	41.29 / 14.74	LD	Based on geological and geomorphological observation.
Length [km]	25.0	OD	Based on geological and geomorphological observations.
Width [km]	14.3	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).
Min depth [km]	1.0	OD	Based on geological and geomorphological observations.
Max depth [km]	13.4	AR	Derived from dip, width and min depth.
Strike [deg]	311	OD	Based on geological and geomorphological observations.
Dip [deg]	60	OD	Based on geological and geomorphological observations.
Rake [deg]	270	EJ	Inferred from regional seismological considerations.
Slip Per Event [m]	0.9	ER	Calculated from M_0 using the relationship from Hanks and Kanamori (1979).
Slip rate [mm/y] min...max	0.1...1.0	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Recurrence [y] min... max	900...9000	EJ	Inferred from slip rate and average displacement.
Magnitude [Mw]	6.6	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).

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

Figura 10: DISS 3.1.1 Schema riassuntivo per la sorgente sismogenetica complessa ITIS005, Tammaro Basin.

La struttura sismogenetica complessa “Pago Veiano - Montaguto” (ITCS084, Figura 11) è in grado di generare terremoti di magnitudo-momento massima pari a 6.9 gradi (Mw), con profondità ipocentrale compresa tra 11 Km e 25 Km, ed è caratterizzata da una direzione (*strike*) compresa tra i 270° e 290°, un angolo di immersione (dip) compreso tra i 60° ed i 80° e un angolo di scorrimento (Rake) compreso tra i 220° ed i 240° (Figura 12). Questa struttura si trova ad una distanza di circa 20 Km dal centro abitato di Cautano.

COMPOSITE SEISMOGENIC SOURCES ?

[COMMENTARY](#) ▼ [PICTURES](#) ▼ [REFERENCES](#) ▼ [USER COMMENTS](#) ▼

GENERAL INFORMATION

DISS-ID	ITCS057
Name	Pago Veiano-Montaguto
Compiler(s)	Fracassi U.(1)
Contributor(s)	Fracassi U.(1), Valensise G.(1)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
Created	15-Nov-2005
Updated	24-Sep-2007
Display map ...	 
Related sources	ITIS092

Figura 11: DISS 3.1.1 Schema riassuntivo per la potenziale struttura sismogenetica

ITCS057 – Pago Veiano-Montaguto.

PARAMETRIC INFORMATION

PARAMETER		QUALITY	EVIDENCE
Min depth [km]	11.0	EJ	Inferred from upper depth of instrumental major earthquakes in the region.
Max depth [km]	25.0	EJ	Inferred from lower depth of instrumental major earthquakes in the region.
Strike [deg] min... max	270...290	OD	Based on macroseismic and geophysical data.
Dip [deg] min... max	60...80	OD	Based on macroseismic and geophysical data.
Rake [deg] min... max	220...240	EJ	Inferred from rake of instrumental major earthquakes in the region.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1...1.0	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude [Mw]	6.9	OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).

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

Figura 12: DISS 3.1.1 Schema riassuntivo per la sorgente sismogenetica complessa

ITCS084 , Pago Veiano - Montaguto.

INDIVIDUAL SEISMOGENIC SOURCES



[COMMENTARY](#) ▼

[PICTURES](#) ▼

[REFERENCES](#) ▼

[USER COMMENTS](#) ▼

GENERAL INFORMATION

DISS-ID	ITIS092
Name	Ariano Irpino
Compiler(s)	Fracassi U.(1)
Contributor(s)	Fracassi U.(1), Valensise G.(1)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
Created	01-Nov-2005
Updated	04-Aug-2006
Display map ...	 
Related sources	ITCS057

Figura 13: DISS 3.1.1 Schema riassuntivo per la singola struttura sismogenetica

ITIS092 – Ariano Irpino.

PARAMETRIC INFORMATION

PARAMETER		QUALITY	EVIDENCE
Location [Lat/Lon]	41.24 / 15.06	LD	Based on macroseismic and geophysical data from Fracassi and Valensise (2007).
Length [km]	30.0	LD	Based on macroseismic and geophysical data from Fracassi and Valensise (2007).
Width [km]	14.9	LD	Based on macroseismic and geophysical data from Fracassi and Valensise (2007).
Min depth [km]	11.0	EJ	Inferred from upper depth of instrumental major earthquakes in the region.
Max depth [km]	25.0	EJ	Inferred from lower depth of instrumental major earthquakes in the region.
Strike [deg]	277	LD	Based on macroseismic and geophysical data from Fracassi and Valensise (2007).
Dip [deg]	70	LD	Based on macroseismic and geophysical data from Fracassi and Valensise (2007).
Rake [deg]	230	EJ	Inferred from rake of instrumental major earthquakes in the region.
Slip Per Event [m]	2.0	ER	Calculated from M_0 using the relationship from Hanks and Kanamori (1979).
Slip rate [mm/y] min...max	0.1...1.0	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Recurrence [y] min... max	2000...20000	EJ	Inferred from slip rate and average displacement.
Magnitude [Mw]	6.9	LD	Based on data from Fracassi and Valensise (2007).

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

Figura 14: DISS 3.1.1 Schema riassuntivo per la sorgente sismogenetica complessa

ITIS092 , Ariano Irpino.

La struttura singola “Ariano Irpino” (ITIS006- Figura 13) si estende per una lunghezza di circa 30 Km, può generare terremoti fino a 6.9 gradi di magnitudo-momento massima (Mw), con profondità ipocentrale compresa tra 11 e 25 Km ed è caratterizzata da direzione (*strike*) pari a 270°, un angolo di immersione (*dip*) pari a

70° e un angolo di scorrimento (*Rake*) pari a 230° (Figura 14). Questa struttura si trova ad una distanza di circa 20 Km dal centro abitato di Cautano.

In termini di massima intensità macrosismica avvertibile in seguito ad eventi sismici, il comune di Cautano ricade nelle aree in cui si risentono valori maggiori al 10° grado della scala MCS, come illustrato in Figura 15. Tale valore è in accordo con l'intensità dei terremoti registrata a Cautano evidenziata dalla storia sismica e dai cataloghi di terremoti consultati (Figura 3, Figura 6 e Tabella 4).

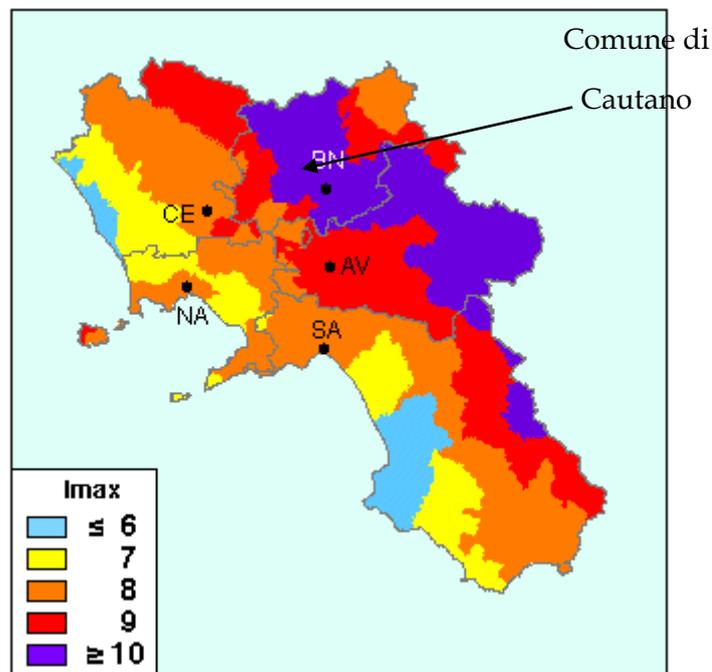


Figura 15 Carta dell'intensità macrosismica MCS

(http://emidius.mi.ingv.it/GNDT/IMAX/MAPPE_PROVINCE/15.html)

10.2 - ZONAZIONE DEL TERRITORIO IN PROSPETTIVA SISMICA – CARTA DELLA MICROZONAZIONE SISMICA.

La zonazione del territorio in prospettiva sismica del comune di Cautano è stata elaborata integrando la MOPS (Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica) redatta dai Geol. Quarantiello, Boscaino et al., allegata allo Studio di Microzonazione Sismica, Livello 3 (2018), con i risultati delle indagini sismiche eseguite sul territorio comunale. In particolare sono state prese in considerazione:

1. 10 indagini tipo HVSR
2. 20 indagini tipo MASW – REMI.

I risultati di tutte le indagini sono riportati nel fascicolo allegato n° 4.

Calcolo del parametro $V_{S,eq}$

Per ottemperare a quanto prescritto dalla normativa vigente è necessario determinare le azioni sismiche previste su nuove costruzioni, ampliamenti e ristrutturazioni importanti che ricadono in zona sismica, attraverso la determinazione della $V_{S,eq}$. A tale parametro vengono attribuiti intervalli di variazione a cui corrispondono differenti categorie di sottosuolo (§ 3.2.2 NTC 2018), ed è calcolato mediante la seguente espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} [m/s]$$

dove:

$V_{s,i}$: velocità delle onde S dello strato i-esimo

h_i : spessore in metri dello strato i-esimo

N: numero di strati presenti

H: profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno rigido, caratterizzata da V_s non inferiori a 800 m/s.

Per ogni sito investigato, il valore di $V_{S,eq}$ in m/s è stato calcolato utilizzando la formula precedentemente descritta e, una volta determinato il valore della $V_{S,eq}$, sono state ricavate le categorie di sottosuolo (Tabella 5) sempre seguendo quanto riportato all'interno della Tabella 3.2.II delle NTC2018.

Tabella 5: Categorie di sottosuolo (Tabella 3.2.II NTC 2018)

A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s
C	Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Per ogni sito investigato è stato analizzato in dettaglio il modello di velocità, valutando caso per caso i contrasti di impedenza presenti, e in alcuni casi (HVSR1, HVSR5, HVSR6 e MASW12) il valore della velocità del substrato sismico non è risultato maggiore di 800. In questi specifici siti (in cui comunque le velocità del substrato sono maggiori di 700 m/s) è stato identificato un bedrock sismico, perché presente un forte contrasto di impedenza.

Sito indagine	X	Y	$V_{s,e}$ _q	Profondità Bedrock sismico (m)	Categoria di Suolo	Categoria topografica
HVSR1	469831.78	4555484.25 4	338	-102	C	T1
HVSR2	469731.50 3	4555201.28 1	327	-60	C	T1
HVSR3	469864.60 4	4555047.98 5	332	-78	C	T1
HVSR4	469901.50 3	4555333.04 4	367	-123	B	T1
HVSR5	470234.74 1	4555286.21 3	382	-21	B	T1
HVSR6	470028.36 6	4555444.16 9	364	-113	B	T1
HVSR7	470343.48 5	4555838.92 9	296	>100	C	T1
HVSR8	470684.79 8	4555954.02 3	373	-21	B	T1
HVSR9	470514.14	4555726.48	307	-45	C	T1

	2					
HVSR10	470944.09 1	4555985.11 1	338	>100	C	T1
MASW1	471228.51 8	4556161.05 9	410	>30	B	T1
MASW2	471092.25 8	4556078.37 1	201	-19.2	E	T1
MASW3	470594.84	4555616.67 8	355	-24.6	E	T1
MASW4	470245.85 4	455548.151	313	>30	C	T1
MASW5	469966.45 3	4555582.28 2	308	>30	C	T1
MASW6	469977.83	4555312.40 7	306	>30	C	T1
MASW7	469964.07 2	4555150.48 1	316	-19.6	E	T1
MASW8	469571.16 5	4554729.26 4	332	-29.85	E	T2
MASW9	469721.71 3	4555169.53 1	385	>30	B	T2
MASW10	469416.64 8	4555185.80 3	482	>30	B	T2
MASW11	469639.69 2	4555629.51	416	-7.52	B	T3
MASW12	469076.92 2	4554881.76 9	605	-9.55	B	T1
MASW13	467345.92 6	4553822.95 4	484	>30	B	T1

MASW1 4	465050.08 8	4554909.57 8	900	-2	A	T2
MASW1 5	467555.80 8	4554541.52	479	>30	B	T2
MASW1 6	467080.76 9	4555536.37 7	230	-4.5	E	T3
MASW1 7	469344.68 1	4556176.00 8	296	-14.4	E	T3
MASW1 8	470645.64	4554353.55 5	421	-30	B	T2
MASW1 9	470645.64	4554358.18 5	312	>30	C	T2
MASW2 0	471422.72 3	4554889.20 5	328	>30	C	T2

La distribuzione della velocità equivalente delle onde di taglio ($V_{S,eq}$), finalizzata alla determinazione delle diverse categorie di suolo, ha mostrato una variazione dei valori della $V_{S,eq}$ tale da essere rappresentativa di quattro categorie di suolo:

1. $V_{S,eq}$ maggiore di 800 m/s – **Categoria A**: “Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m”.
2. $V_{S,eq}$ compresa tra 360 e 800 m/s – **Categoria B**: “Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento graduale delle

proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s”.

3. $V_{S,eq}$ compresa nell'intervallo 180 ÷ 360 m/s - **Categoria C**: “Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento graduale delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s”.
4. $V_{S,eq}$ compresa nell'intervallo 180 ÷ 360 m/s **Categoria E**: “Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelli definiti per le categorie C e D, con profondità del substrato non superiore a 30 m”.

Stima della pericolosità sismica del sito

La pericolosità sismica del sito, come previsto all'interno delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (NTC2018) e precedentemente dalle NTC2008, viene definita in termini di “Accelerazione orizzontale massima attesa al suolo (PGA) ed in termini di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$ ” con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza “PVR”.

Le forme spettrali sono definite all'interno delle NTC, per ciascuna probabilità di superamento "PVR" nel periodo di riferimento a partire dai seguenti tre parametri definiti per il sito rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito (g/10);
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- 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 (o NODI) ordinati da ovest a est e da nord a sud lungo tutta la penisola. Per ciascun punto o nodo, all'interno del reticolo di riferimento, vengono forniti i valori standard di a_g , F_0 e T_{c^*} al 50mo percentile (Mappa di Pericolosità realizzata dall'INGV – Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia). Nella tabella NTC vengono riportati per ciascun nodo:

- id codice identificativo del punto della griglia di calcolo;
- lon longitudine espressa in gradi sessagesimali-decimali;
- lat latitudine espressa in gradi sessagesimali-decimali;
- a_g accelerazione massima del suolo (valore standard, 50mo percentile)
espressa come frazione della accelerazione di gravità (m/s^2);

F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Attraverso la valutazione della massima accelerazione del suolo (PGA) è possibile definire la pericolosità sismica. L'accelerazione massima al suolo fornisce il valore di riferimento (PGA); mentre la forma dello spettro di risposta rappresenta le risposte e gli scuotimenti relativi che gli edifici subiscono in funzione della loro tipologia. Riportare su opportune carte i valori di risposta consente, pertanto, di individuare zone dove strutture con determinate caratteristiche potrebbero risentire più o meno degli effetti di un evento sismico.

Il calcolo del valore di accelerazione, relativo a ciascun sito investigato, viene effettuato tenendo anche conto dell'effetto di pendio (amplificazione topografica), che è associato a fenomeni di focalizzazione delle onde sismiche (S_T -NTC).

I valori di accelerazione di picco sono stati calcolati sito per sito, applicando la relazione fornita dalla normativa e riportata di seguito. Per $T=0$ si è determinato il valore PGA di ogni sito indagato secondo la seguente relazione:

$$S_e(T) = a_g * S * \eta * F_0 * \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

In tale relazione, T ed S_e sono, rispettivamente, il periodo di vibrazione ed il periodo di accelerazione spettrale orizzontale; S rappresenta un coefficiente che tiene conto

della categoria di sottosuolo (coefficiente di amplificazione stratigrafica S_S) e delle condizioni topografiche (coefficiente di amplificazione topografica S_T) $S=S_S*S_T$, η è lo smorzamento e F_0 è il fattore che quantifica l'amplificazione massima su sito di riferimento rigido orizzontale con accelerazione a_g . I valori di S_S e S_T sono stati calcolati mediante le relazioni delle tabelle 3.2.V e 3.2.VI delle NTC 2008 §3.2.3.2.1 (Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali).

Nel territorio di Cautano, tenendo conto dei risultati delle indagini sismiche, è in affioramento un suolo rigido rappresentato dalla formazione carbonatica Ccd ed un sottosuolo non rigido, associato ai terreni di copertura e/o di alterazione. Pertanto, la costruzione dello spettro elastico deve essere preceduta dalla definizione dei periodi di riferimento T_B , T_C e T_D (cfr Tabella 3.2.V NTC 2008. Poiché il territorio in esame si presenta con una morfologia di tipo collinare/montuosa con pendenze molto variabili, l'amplificazione topografica gioca un ruolo altrettanto fondamentale insieme all'amplificazione di carattere stratigrafico. Per la determinazione dell'amplificazione topografica relativamente alla categoria **T3** e **T2** (Figura 16) si è provveduto a calcolare il rapporto h/H per ciascun sito (dove h si riferisce alla quota lungo il versante alla quale si trova il sito di interesse, mentre H identifica la quota massima del versante).

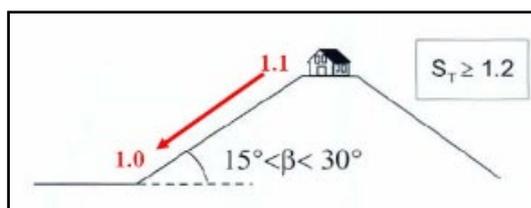


Figura 16: schema per la determinazione della amplificazione topografica relativa alla categoria T3 e T2, pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$.

Sulla base dei valori della $V_{S,eq}$ (S_S) e in funzione della categoria topografica (S_T) relativa a ciascun sito investigato, è possibile definire la PGA (g) attesa, lo spostamento massimo atteso (d_g) e la velocità massima attesa (v_g).

Lo spostamento e la velocità massimi del suolo per ciascun sito in esame sono stati quantizzati con le seguenti espressioni:

$$d_g = 0,025 S T_C T_D a_g$$

$$v_g = 0,16 S T_C a_g$$

Per il calcolo dei parametri sismici è stato utilizzato il foglio Excel SPETTRI-NTC versione 1.03 (disponibile sul sito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici http://cslp.mit.gov.it/index.php?option=com_content&task=view&id=75&Itemid=20), che fornisce gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti (orizzontali e verticale) delle azioni sismiche di progetto per il generico sito del territorio.

E' superfluo sottolineare che i valori calcolati e riportati in Tabella 6 sono relativi esclusivamente ai siti investigati: i parametri utilizzati per il relativo calcolo sono strettamente legati alle coordinate geografiche ed ai valori di S_S e S_T .

Stante una morfologia particolarmente articolata, si raccomanda che in sede successiva venga effettuata la determinazione puntuale delle caratteristiche del terreno secondo le procedure di valutazione della risposta sismica di sito, sulla base di indagini che permettano una corretta valutazione del modello geolitologico e sismico del sottosuolo.

Tabella 6: determinazione dei valori di PGA per ciascun sito investigato.

Sito di indagine	$V_{s,eq}$ (m/s)	Categoria di suolo (NTC 2018)	Categoria Topografica	PGA (g)	Spostamento del suolo massimo atteso (m)	Velocità del suolo massima attesa (m/s)
HVSR1	338	C	T1	0.314	0.01471982	0.03756254
HVSR2	327	C	T1	0.314	0.01471982	0.03756254
HVSR3	332	C	T1	0.314	0.01471982	0.03756254
HVSR4	367	B	T1	0.271	0.01006426	0.02563122
HVSR5	382	B	T1	0.272	0.01010895	0.02570413
HVSR6	364	B	T1	0.273	0.01015418	0.02579863
HVSR7	296	C	T1	0.319	0.01498028	0.03792476
HVSR8	373	B	T1	0.276	0.01027603	0.02596392
HVSR9	307	C	T1	0.319	0.01498028	0.03792476
HVSR10	338	C	T1	0.319	0.01498028	0.03792476
MASW1	410	B	T1	0.278	0.0101993	0.0258927
MASW2	201	E	T1	0.329	0.01849488	0.04658293
MASW3	355	E	T1	0.326	0.01836577	0.04649563
MASW4	313	C	T1	0.317	0.01486672	0.03774177

MASW5	308	C	T1	0.317	0.01488732	0.0378391
MASW6	306	C	T1	0.315	0.01477472	0.03762763
MASW7	316	E	T1	0.322	0.01816238	0.04629201
MASW8	332	E	T2	0.332	0.01950275	0.04996701
MASW9	385	B	T2	0.28	0.01082359	0.02763103
MASW10	482	B	T2	0.28	0.01082359	0.02763103
MASW11	416	B	T3	0.271	0.01006426	0.02563122
MASW12	605	B	T1	0.266	0.00986851	0.02534448
MASW13	484	B	T1	0.253	0.00932681	0.02443373
MASW14	900	A	T1	0.206	0.00471685	0.01245888
MASW15	479	B	T1	0.258	0.00954214	0.0248049
MASW16	230	E	T3	0.313	0.01774446	0.04597755
MASW17	296	E	T3	0.376	0.02461379	0.06253602
MASW18	421	B	T1	0.265	0.00980781	0.0251987
MASW19	312	C	T2	0.345	0.01778802	0.04539206
MASW20	328	C	T2	0.338	0.01682507	0.04257827

1.2.1 Mappa della distribuzione della velocità equivalente $V_{S,eq}$ e delle categorie di suolo.

L'andamento su mappa delle velocità delle onde di taglio ($V_{S,eq}$) finalizzata alla determinazione delle diverse categorie di suolo, è stata ottenuta mediante un contouring dei valori di velocità equivalente, $V_{S,eq}$, delle onde S relativi ai 30 siti investigati (allegato n 8).

La carta (Figura 17) mostra la distribuzione delle velocità delle onde di taglio da cui è possibile individuare le seguenti aree:

1. $V_{S,eq}$ maggiore di 800 m/s – **Categoria A** nella quale rientrano i terreni appartenenti a:

- **BR**: brecce calcaree da mediamente a ben cementate, stratificate e talora massive, costituite da elementi essenzialmente di natura carbonatica.
- **Ccd**: calcari e calcari dolomitici. Nella parte medio-alta della successione affiorante si osservano cavità da dissoluzione e/o fratturazione con riempimenti costituiti da materiale bauxitico, depositi chimici e fango-siltitici (marmi di Vitulano).

Questa categoria è identificata nel 3% delle indagini ed è maggiormente presente nel settore nord del centro abitato, identificata dai massicci carbonatici. È caratterizzata da un sottosuolo costituito dai calcari della formazione **Ccd** e dalla parte cementata delle brecce della formazione **BR**, con velocità delle onde S maggiori di 800 m/s.

2. $V_{S,eq}$ compresa nell'intervallo 360 ÷ 800 m/s – **Categoria B** nella quale rientrano i terreni appartenenti a:

- **Lsa**: depositi essenzialmente limoso-argillosi, più o meno debolmente sabbiosi, con intercalazione di livelli sabbioso/limosi e ghiaioso/sabbiosi con clasti di natura prevalentemente carbonatica, di dimensioni da centimetriche a decimetriche, con matrice argillosa.

- **BR**: brecce calcaree da mediamente a ben cementate, stratificate e talora massive, costituite da elementi essenzialmente di natura carbonatica.
- **AR**: arenarie a grana medio fina con clasti di natura mista silico-calstici e calcareo-clastici, a luoghi ben stratificate. Sporadicamente sono intercalate da siltiti, argille e calcareniti.
- **Ccd**: calcari e calcari dolomitici. Nella parte medio-alta della successione affiorante si osservano cavità da dissoluzione e/o fratturazione con riempimenti costituiti da materiale bauxitico, depositi chimici e fango-siltitici (marmi di Vitulano).
- **AV**: formazione prevalentemente argillitica costituita da argille e marne varicolori, con pacchi di strati di asprigni, calcarei ed arenacei, sempre tettonizzati.

Questa categoria è identificata nel 40% delle indagini ed è maggiormente presente nel settore ad ovest e a sud del centro abitato. È caratterizzata da un sottosuolo costituito da spessori variabili, e con un massimo pari a circa 123 m (HV4), da materiali prevalentemente addensati della formazione **BR** e **AR** poggianti sui calcari della formazione **Ccd**, aventi velocità maggiori di 800 m/s, e i materiali consistenti della formazione **AV**, nel settore sud del territorio comunale.

3. $V_{S,eq}$ compresa nell'intervallo $180 \div 360$ m/s - **Categoria C** nella quale rientrano i terreni appartenenti a:

- **Lsa**: depositi essenzialmente limoso-argillosi, più o meno debolmente sabbiosi, con intercalazione di livelli sabbioso/limosi e ghiaioso/sabbiosi con clasti di natura prevalentemente carbonatica, di dimensioni da centimetriche a decimetriche, con matrice argillosa.
- **BR**: brecce calcaree da mediamente a ben cementate, stratificate e talora massive, costituite da elementi essenzialmente di natura carbonatica.
- **AR**: arenarie a grana medio fina con clasti di natura mista silico-clastici e calcareo-clastici, a luoghi ben stratificate. Sporadicamente sono intercalate da siltiti, argille e calcareniti.

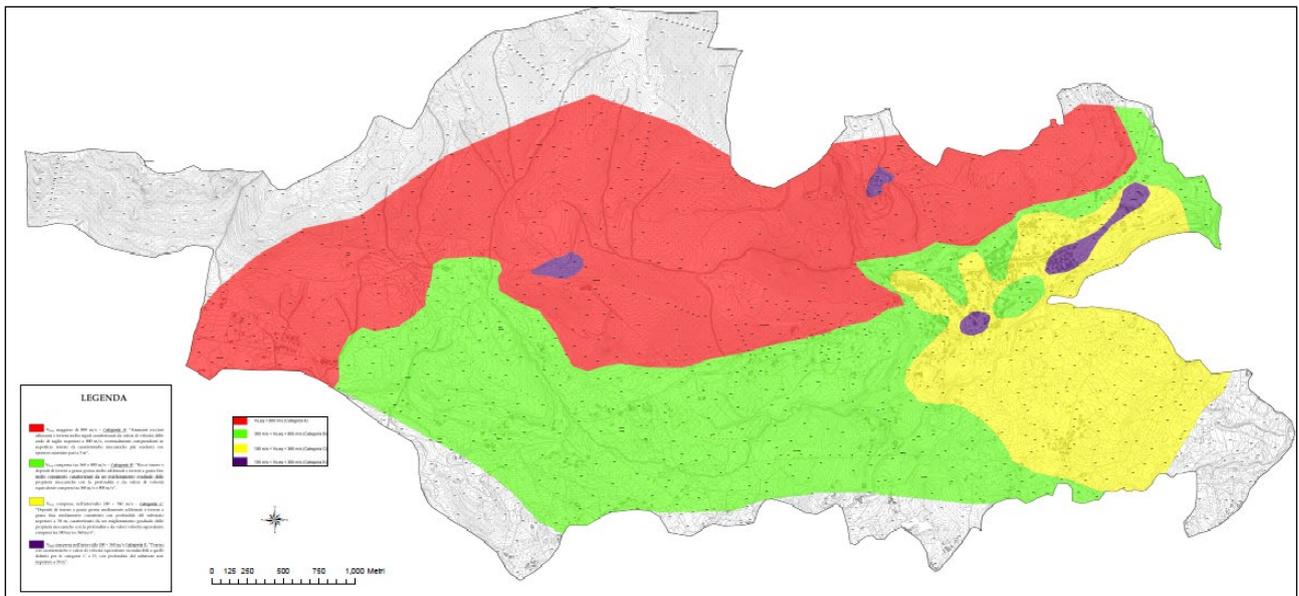
Questa categoria è identificata nel 37% delle indagini ed è maggiormente presente nella zona del centro abitato. È caratterizzata da un sottosuolo costituito da spessori variabili, con un massimo pari a circa 120 m (HV1), e da materiali prevalentemente rimaneggiati. Si tratta della parte più superficiale dei limi della formazione Lsa e delle parte sciolta delle brecce della formazione BR, o ancora della parte incoerente della formazione delle arenarie. Tutte queste litologie poggiano su terreni con velocità delle onde S maggiori di 800 m/s, appartenenti alla formazione delle brecce calcaree (**BR**) o della formazione delle arenarie AR, fino alle maggiori velocità dei calcari della formazione **Ccd**.

4. $V_{S,eq}$ compresa nell'intervallo $180 \div 360$ m/s – **Categoria E**, ovvero “Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelli definiti per le categorie C e D, con profondità del substrato non superiore a 30 m”, nella quale rientrano i terreni appartenenti a:

- **Lsa**: depositi essenzialmente limoso-argillosi, più o meno debolmente sabbiosi, con intercalazione di livelli sabbioso/limosi e ghiaioso/sabbiosi con clasti di natura prevalentemente carbonatica, di dimensioni da centimetriche a decimetriche, con matrice argillosa. Gli spessori variano da 4 m a 29 m.

La “stratigrafia tipo” di questo suolo è rappresentata da spessori da esigui a medi ($2 \div 10$ m) di sedimenti poco consistenti in genere costituiti da terreni agrari, detriti sciolti, poggianti su pacchi di materiali più consistenti appartenenti alla formazione **BR**, costituiti da brecce calcaree da mediamente a ben cementate, stratificate e talora massive, costituite da elementi essenzialmente di natura carbonatica, o ai calcari della formazione **Ccd**.

Questa categoria è identificata nel 20% delle indagini ed è maggiormente presente nella zona del centro abitato e nella zona di una cava di estrazione dei marmi di Vitulano (MASW17) e nella zona dei 4 Favi (MASW16), in cui a 14.4 m (MASW17) di profondità e a 4.5 m (MASW16) di profondità si intercettano i calcari della formazione **Ccd**.



■ $V_{s,eq}$ maggiore di 800 m/s - **Categoria A:** "Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m".

■ $V_{s,eq}$ compresa tra 360 e 800 m/s - **Categoria B:** "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento graduale delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s".

■ $V_{s,eq}$ compresa nell'intervallo 180 + 360 m/s - **Categoria C:** "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento graduale delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s".

■ $V_{s,eq}$ compresa nell'intervallo 180 + 360 m/s **Categoria E:** "Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelli definiti per le categorie C e D, con profondità del substrato non superiore a 30 m".

Figura 17: mappa della distribuzione delle $V_{s,eq}$ calcolate per i 30 siti, distinte per le 4 categorie di suolo identificate.

Mapa della distribuzione della PGA (Peak Ground Acceleration)

Il picco di accelerazione "PGA" (*Peak Ground Acceleration*), in frazioni di g, corrisponde al picco più alto (in valore assoluto) registrato per l'accelerazione e calcolato per la componente orizzontale del moto. È possibile correlare, in modo indicativo, l'accelerazione orizzontale con l'intensità macrosismica risentita. I valori sono stati espressi in frazioni (decimi) dell'accelerazione di gravità e sono stati

calcolati in modo puntuale nei 30 siti di misura. Mediante una procedura di contouring è stato possibile ricostruirne l'andamento sul territorio comunale.

I valori di PGA (Tabella 6) sono calcolati in campo libero e risentono degli effetti di amplificazione stratigrafica e topografica, nonché della determinazione, per ciascun punto della griglia di pericolosità, del valore di accelerazione atteso, così come descritto nei precedenti paragrafi. Per questo motivo, per ottenere un valore di PGA, su un suolo non rigido, è necessario conoscere:

- le coordinate del punto di interesse (latitudine, longitudine, elevazione)
- categoria di suolo
- categoria topografica
- posizione del sito lungo il pendio (nel caso di categoria topografica T2 e T3).

La mappa mostra che i valori massimi di PGA attesi sono localizzati nelle zone del centro abitato in corrispondenza delle aree ascrivibili alla categoria C ed alla categoria E. I due massimi localizzati in corrispondenza dei siti MASW16 e MASW17, che si trovano sui calcari della formazione *Ccd*, sono dovuti ad una amplificazione di tipo stratigrafico (entrambi hanno categoria E) ed una di tipo topografico. Nel caso del sito MASW17 (che insiste nella zona di una cava di marmi di Cautano), il valore più alto di accelerazione attesa, pari a 0.376g, è da mettere in relazione alla maggiore vicinanza alla sorgente sismogenetica ITIS005 – Tammaro Basin (Figura 8, Figura 9 e Figura 10).

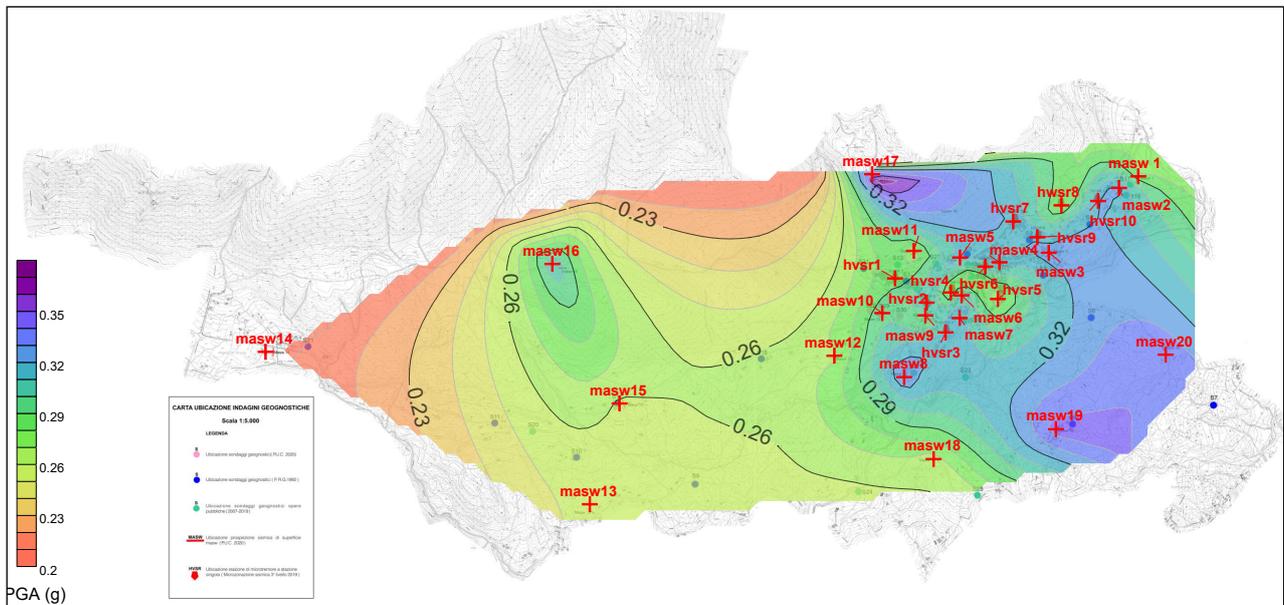


Figura 18: mappa della distribuzione della PGA calcolata per i 30 siti. I valori di PGA a lato sono in frazioni di g.

Mappa della distribuzione del top del basamento sismico

Utilizzando le indagini sismiche realizzate nel corso della microzonazione sismica di livello 3 (Rapporti spettrali HVSR) e le indagini sismiche MASW realizzate per il presente piano è stato possibile ricostruire l'andamento del top del basamento sismico (Bedrock, $V_s > 800$ m/s). In relazione al bedrock sismico in alcuni casi sono stati utilizzati valori inferiori a 800 m/s (ovvero 700 m/s) perché presente un contrasto di velocità in profondità, potenzialmente responsabile di amplificazione sismica.

Tabella 7: determinazione del Bedrock per ciascun sito investigato.

Sito di indagine	Presenza di Bedrock sismico	Profondità bedrock sismico
HVSR1	SI	102
HVSR2	SI	60
HVSR3	SI	78
HVSR4	SI	123
HVSR5	SI	21
HVSR6	SI	113
HVSR7	NO	>100
HVSR8	SI	21
HVSR9	SI	45
HVSR10	NO	>100
MASW1	NO	>30
MASW2	SI	19.2
MASW3	SI	24.6
MASW4	NO	>30
MASW5	NO	>30
MASW6	NO	>30
MASW7	SI	19.6
MASW8	SI	29.85
MASW9	NO	>30
MASW10	NO	>30
MASW11	SI	7.52

MASW12	SI	9.55
MASW13	NO	>30
MASW14	SI	2
MASW15	NO	>30
MASW16	SI	4.5
MASW17	SI	14.4
MASW18	SI	30
MASW19	NO	>30
MASW20	NO	>30

La distribuzione del top del bedrock sismico (Figura19), derivata dal contouring dei siti di indagine riportati in Tabella 7, evidenzia che in corrispondenza del centro abitato si verifica un generale approfondimento del substrato (fino a circa 120 m di profondità nel sito HVSR4). Questo approfondimento si trova in corrispondenza della zona di contatto tettonico tra i calcari della formazione del Ccd, le brecce (BR) e i terreni di copertura (Lsa).

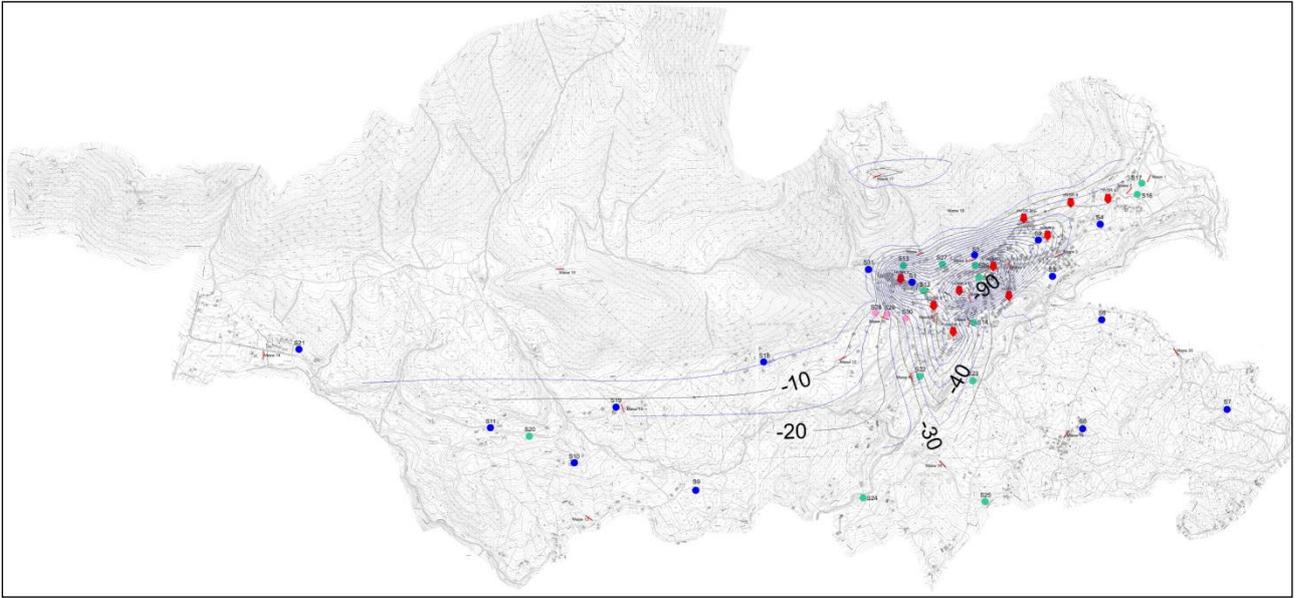


Figura 19: andamento del top del bedrock sismico ($V_s > 700$ m/s).

Carta della Zonazione del territorio in Prospettiva Sismica “CZPS”

Le informazioni acquisite (rilevamento di campagna, cartografia ufficiale, le cartografie allegare allo studio di Microzonazione sismica di Livello 3, redatto dai Geol. Quarantiello, Boscaino et al., tutte le informazioni stratigrafiche e geofisiche presenti sul territorio comunale) hanno permesso di realizzare la “**Carta della Zonazione del territorio in Prospettiva Sismica**”(CZPS) (Allegato n° 9).

Nel 2018 è stato realizzato e ancora in corso di approvazione, lo studio di Microzonazione Sismica di Livello 3, relativo al solo centro abitato del comune di Cautano, per il quale è stato utilizzato un numero di indagini sostanzialmente inferiore a quello utilizzato per la redazione del presente PUC. Pertanto, data la maggiore distribuzione areale dei dati utilizzati nel PUC, la maggiore densità di

indagini nell'area del centro urbano e disponendo di un data base più ricco di informazioni, i limiti delle varie zone suscettibili di amplificazioni nella cartografia allegata allo studio di Livello 3 e nella CZPS risultano differenti.

Nella carta CZPS le microzone suscettibili di amplificazione sono state classificate in 3 categorie:

- a) *Zone stabili;*
- b) *Zone stabili suscettibili di amplificazione locali;*
- c) *Zone instabili unicamente per instabilità di versante.*

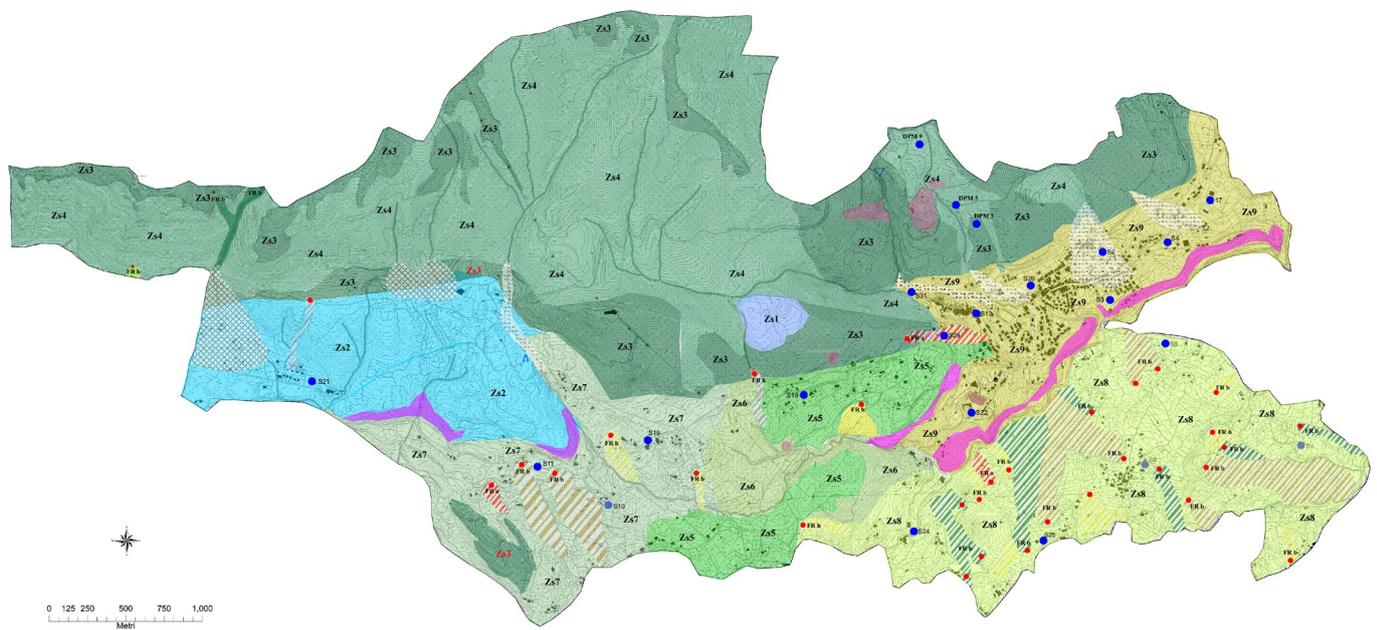


Figura 20: mappa della zonazione del territorio in prospettiva sismica (CZPS).

LEGENDA

ZONE SISMICHE OMOGENEE E CLASSI DI SUOLO

ZONE STABILI

ZS1

La zona indicata con la sigla ZS1 è costituita da terreni caratterizzati da V_s eq maggiori di 800 m/s (Suolo di tipo A), con pendenze medie minori di 15° , o con rapporto h/H minore di 0,1.

SUBSTRATO affiorante Lapideo Stratificato $J_v = 8-9$

Dal punto di vista geologico si tratta di calcari e calcari dolomitici (Ccd). Nella parte alta della successione si osservano cavità da dissoluzione e/o fratturazione con riempimenti policonici costituiti da materiale basaltico. Lo spessore supera i 700 metri.

ZS2

La zona indicata con la sigla ZS2 è costituita da terreni caratterizzati da V_s eq maggiori di 800 m/s (Suolo di tipo A), con pendenze medie minori di 15° , o con rapporto h/H minore di 0,1.

SUBSTRATO affiorante Granulare cementato Stratificato

Dal punto di vista geologico si tratta di breccie da mediamente a ben cementate, stratificate e talora massive, costituite da elementi essenzialmente di natura carbonatica (Br). Lo spessore si aggira attorno ai 50 metri.

Calcari e calcari dolomitici (Ccd). Nella parte alta della successione si osservano cavità da dissoluzione e/o fratturazione con riempimenti policonici costituiti da materiale basaltico. Lo spessore supera i 700 metri.

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

Zs3

La zona indicata con la sigla Zs3 è costituita da terreni caratterizzati da V_s eq maggiori di 800 m/s (Suolo di tipo A), con pendenze medie maggiori di 15° , in categoria topografica T3 e T2 e con rapporto h/H maggiore di 0,1, per cui sono possibili fenomeni di amplificazione topografica.

SUBSTRATO affiorante Lapideo Stratificato $J_v = 8-9$

Dal punto di vista geologico si tratta di calcari e calcari dolomitici (Ccd). Nella parte alta della successione si osservano cavità da dissoluzione e/o fratturazione con riempimenti policonici costituiti da materiale basaltico. Lo spessore supera i 700 metri.

Zs4

La zona indicata con la sigla Zs4 è costituita da terreni caratterizzati da V_s eq comprese tra 180 m/s e 360 m/s di (Suolo di tipo E), con pendenze medie maggiori di 15° , in categoria topografica T3 e con rapporto h/H maggiore di 0,5, per cui sono possibili fenomeni di amplificazione topografica e stratigrafica.

TERRENI DI COPERTURA
Limo argilloso con piroclastiti moderatamente o poco consistente spessore massimo 5 metri

SUBSTRATO Lapideo Stratificato $J_v = 8-9$

Dal punto di vista geologico si tratta di calcari e calcari dolomitici (Ccd). Nella parte alta della successione si osservano cavità da dissoluzione e/o fratturazione con riempimenti policonici costituiti da materiale basaltico. Lo spessore supera i 700 metri.

Zs5

La zona indicata con la sigla Zs5 è costituita da terreni caratterizzati da V_s eq comprese tra 360 m/s e 800 m/s di (Suolo di tipo B), con pendenze medie minori di 15° , o con rapporto h/H minore di 0,1.

TERRENI DI COPERTURA
Limo argilloso con piroclastiti moderatamente o poco consistente spessore massimo minore di 5 metri

SUBSTRATO Granulare cementato Stratificato

Dal punto di vista geologico si tratta di breccie da mediamente a ben cementate, stratificate e talora massive, costituite da elementi essenzialmente di natura carbonatica (Br). Lo spessore si aggira attorno ai 50 metri.

Arenarie a grana media-fine con clasti calcarei e silicei, molto addensate con interstrati marnosi. Lo spessore si aggira attorno ai 100 metri.

Zs6

La zona indicata con la sigla Zs6 è costituita da terreni caratterizzati da V_s eq comprese tra 360 m/s e 800 m/s di (Suolo di tipo B), con pendenze medie maggiori di 15° , o con rapporto h/H minore di 0,1 per cui sono possibili fenomeni di amplificazione topografica.

TERRENI DI COPERTURA
Limo argilloso con piroclastiti moderatamente o poco consistente spessore massimo minore di 5 metri

SUBSTRATO Granulare cementato Stratificato

Dal punto di vista geologico si tratta di breccie da mediamente a ben cementate, stratificate e talora massive, costituite da elementi essenzialmente di natura carbonatica (Br). Lo spessore si aggira attorno ai 50 metri.

Arenarie a grana media-fine con clasti calcarei e silicei, molto addensate con interstrati marnosi. Lo spessore si aggira attorno ai 100 metri.

Zs7

La zona indicata con la sigla Zs7 è costituita da terreni caratterizzati da V_s eq comprese tra 360 m/s e 800 m/s di (Suolo di tipo B), con pendenze medie maggiori di 15° , o con rapporto h/H minore di 0,5 per cui sono possibili fenomeni di amplificazione topografica.

TERRENI DI COPERTURA
Limo argilloso con piroclastiti moderatamente o poco consistente spessore massimo minore di 5 metri

SUBSTRATO Granulare cementato Stratificato

Dal punto di vista geologico si tratta di breccie da mediamente a ben cementate, stratificate e talora massive, costituite da elementi essenzialmente di natura carbonatica (Br). Lo spessore si aggira attorno ai 50 metri.

Arenarie a grana media-fine con clasti calcarei e silicei, molto addensate con interstrati marnosi. Lo spessore si aggira attorno ai 100 metri.

Zs8

La zona in dista con la sigla Zs8 è costituita da terreni caratterizzati da V_s eq comprese tra 180 m/s e 360 m/s di (Suolo di tipo C), con pendenze medie minori di 15° per cui sono possibili fenomeni di amplificazione stratigrafica.

TERRENI DI COPERTURA
Limo argilloso con piroclastiti moderatamente o poco consistente spessore massimo 8 metri

SUBSTRATO Lapideo Stratificato

Arenarie a grana media-fine con clasti calcarei e silicei, molto addensate con interstrati marnosi. Lo spessore si aggira attorno ai 100 metri.

Zs9

La zona indicata con la sigla Zs9 è costituita da terreni caratterizzati da V_s eq comprese tra 180 m/s e 360 m/s di (Suolo di tipo C), con pendenze medie minori di 15° per cui sono possibili solo fenomeni di amplificazione stratigrafica.

TERRENI DI COPERTURA
Limo argilloso con piroclastiti moderatamente o poco consistente spessore massimo 15 metri

SUBSTRATO Granulare cementato Stratificato

Dal punto di vista geologico si tratta di breccie da mediamente a ben cementate, stratificate e talora massive, costituite da elementi essenzialmente di natura carbonatica (Br). Lo spessore si aggira attorno ai 50 metri.

Arenarie a grana media-fine con clasti calcarei e silicei, molto addensate con interstrati marnosi. Lo spessore si aggira attorno ai 100 metri.

ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITA'

Instabilità di versante

- Frana attiva (a) movimento complesso
- Frana quiescente (b) movimento rotazionale traslativo
- Frana quiescente (b) movimento complesso
- Frana quiescente (b) movimento colamento lento
- Frana quiescente (b) movimento non determinato
- Area di cava attiva e/o dismessa movimento da crollo

Forme di superficie

- Conoide alluvionale
- Area di probabile alluvionamento come da (PSDA e PGMA-DAM)
- Area alluvionata da evento del 14 e 15 ottobre 2015
- Orlo di scarpata morfologica > di 20 metri

● Ubicazione sondaggio

Le amplificazioni per la categoria *b* sono di tipo stratigrafico e topografico. L'amplificazione di tipo stragrafico è determinata dalla categoria di suolo (suoli Tipo B, di Tipo C e di Tipo E). L'amplificazione di tipo topografico è legata alla morfologia di tipo collinare-montuoso ed è rappresentata dalla categoria **T2** e **T3**. Per questa categoria è importante la posizione “sito specifica”, stimata dal rapporto h/H (dove h si riferisce alla quota sito lungo il versante mentre H identifica la quota massima del versante) così come riportato in **Errore**. **L'origine riferimento non è stata trovata..**

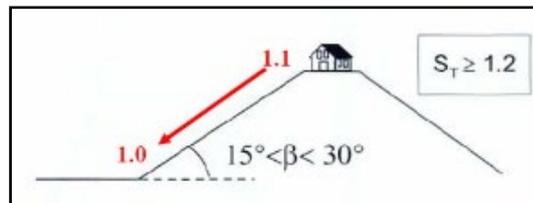


Figura 21: schema per la determinazione della amplificazione topografica relativa alla categoria T3 e T2.

Per quanto riguarda la categoria *c* le microzone individuano modificazioni permanenti del terreno a seguito di evento sismico (frane attive) o possibili modificazioni a seguito di evento sismico (frane quiescenti).

Zone Stabili



La zona indicata con la sigla **Zs1** è costituita da terreni caratterizzati da $V_{S,eq}$ maggiori di 800 m/s (**Suolo di Tipo A**), con pendenze medie generalmente minori di 15° , o con rapporto h/H minore di 0.1. Questa zona

è caratterizzata dal substrato lapideo stratificato affiorante, con $J_v = 8-9$. Dal punto di vista geologico si tratta di calcari e calcari dolomitici (Ccd). Nella parte alta della successione si osservano cavità da dissoluzione e/o fratturazione con riempimenti policromi costituiti da materiale bauxitico. Lo spessore supera i 700 metri.



La zona indicata con la sigla **Zs2** è costituita da terreni caratterizzati da $V_{S,eq}$ maggiori di 800 m/s (Suolo di Tipo A), con pendenze medie generalmente minori di 15° , o con rapporto h/H minore di 0.1. Questa zona è caratterizzata dal substrato granulare cementato stratificato affiorante, con $J_v = 8-9$. Dal punto di vista geologico si tratta di breccie da mediamente a ben cementate, stratificate e talora massive, costituite da elementi essenzialmente di natura carbonatica (Br). Lo spessore si aggira attorno ai 50 metri.

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



La zona indicata con la sigla **Zs3** è costituita da terreni caratterizzati da $V_{S,eq}$ maggiori di 800 m/s (Suolo di Tipo A). Quest'area si presenta generalmente con pendenze maggiori di 15° , con categoria topografica T3 e T2 e con rapporto h/H maggiore di 0.1 per cui sono possibili fenomeni di amplificazione topografica. Questa zona è caratterizzata dal substrato lapideo stratificato affiorante, con $J_v = 8-9$. Dal punto di vista geologico si

tratta di calcari e calcari dolomitici (Ccd). Nella parte alta della successione si osservano cavità da dissoluzione e/o fratturazione con riempimenti policromi costituiti da materiale bauxitico. Lo spessore supera i 700 metri.



La zona indicata con la sigla **Zs4** è costituita da terreni caratterizzati da $V_{S,eq}$ comprese tra 180 m/s e 360 m/s (Suolo di Tipo E). Quest'area si presenta generalmente con pendenze maggiori di 15°, con categoria topografica T3 e con rapporto h/H maggiore di 0.5 per cui sono possibili fenomeni di amplificazione stratigrafica e topografica. I terreni di copertura sono costituiti da Limo argilloso con piroclastiti moderatamente o poco consistente spessore massimo pari a 5 metri. Questa zona è caratterizzata dal substrato lapideo affiorante, con $J_v = 8-9$. Dal punto di vista geologico si tratta di calcari e calcari dolomitici (Ccd). Nella parte alta della successione si osservano cavità da dissoluzione e/o fratturazione con riempimenti policromi costituiti da materiale bauxitico. Lo spessore supera i 700 metri.



La zona indicata con la sigla **Zs5** è costituita da terreni caratterizzati da $V_{S,eq}$ comprese tra 360 m/s e 800 m/s (Suolo di Tipo B). Quest'area si presenta generalmente con pendenze minori di 15° o con rapporto h/H minore di 0.1, per cui sono possibili solo fenomeni di amplificazione

stratigrafica. I terreni di copertura sono costituiti da Limo argilloso con piroclastiti moderatamente o poco consistente spessore massimo pari a 5 metri. Questa zona è caratterizzata dal substrato granulare cementato stratificato. Dal punto di vista geologico si tratta di breccie da mediamente a ben cementate, stratificate e talora massive, costituite da elementi essenzialmente di natura carbonatica (Br). Lo spessore si aggira attorno ai 50 metri. Al di sotto si rinvengono Arenarie a grana media-fine con clasti calcarei e silicei, molto addensata con interstrati marnosi . Lo spessore si aggira attorno ai 100 metri.



La zona indicata con la sigla **Zs6** è costituita da terreni caratterizzati da $V_{S,eq}$ comprese tra 360 m/s e 800 m/s (Suolo di Tipo B). Quest'area si presenta generalmente con pendenze maggiori di 15° o con rapporto h/H maggiore di 0.1, per cui sono possibili solo fenomeni di amplificazione stratigrafica e topografica. I terreni di copertura sono costituiti da Limo argilloso con piroclastiti moderatamente o poco consistente spessore massimo pari a 5 metri. Questa zona è caratterizzata dal substrato granulare cementato stratificato. Dal punto di vista geologico si tratta di breccie da mediamente a ben cementate, stratificate e talora massive, costituite da elementi essenzialmente di natura carbonatica (Br). Lo spessore si aggira attorno ai 50 metri. Al di sotto si rinvengono Arenarie a grana media-fine

con clasti calcarei e silicei, molto addensata con interstrati marnosi . Lo spessore si aggira attorno ai 100 metri.



La zona indicata con la sigla **Zs7** è costituita da terreni caratterizzati da $V_{S,eq}$ comprese tra 360 m/s e 800 m/s (Suolo di Tipo B). Quest'area si presenta generalmente con pendenze maggiori di 15° o con rapporto h/H maggiore di 0.5, per cui sono possibili fenomeni di amplificazione stratigrafica e topografica. I terreni di copertura sono costituiti da Limo argilloso con piroclastiti moderatamente o poco consistente spessore massimo pari a 5 metri. Questa zona è caratterizzata dalla presenza del substrato granulare cementato stratificato e del substrato lapideo stratificato. Dal punto di vista geologico si tratta di breccie da mediamente a ben cementate, stratificate e talora massive, costituite da elementi essenzialmente di natura carbonatica (Br). Lo spessore si aggira attorno ai 50 metri. Arenarie a grana media-fine con clasti calcarei e silicei, molto addensata con interstrati marnosi . Lo spessore si aggira attorno ai 100 metri.



La zona indicata con la sigla **Zs8** è costituita da terreni caratterizzati da $V_{S,eq}$ comprese tra 180 m/s e 360 m/s (Suolo di Tipo C). Quest'area si presenta generalmente con pendenze minori di 15°, per cui sono possibili solo fenomeni di amplificazione stratigrafica. I terreni di copertura sono

costituita da Limo argilloso con piroclastiti moderatamente o poco consistente spessore massimo pari a 8 metri. Questa zona è caratterizzata dal substrato lapideo stratificato. Dal punto di vista geologico si tratta di Arenarie a grana media-fine con clasti calcarei e silicei, molto addensata con interstrati marnosi. Lo spessore si aggira attorno ai 100 metri.



La zona indicata con la sigla **Zs9** è costituita da terreni caratterizzati da $V_{S,eq}$ comprese tra 189 m/s e 360 m/s (Suolo di Tipo C). Quest'area si presenta generalmente con pendenze minori di 15° o con rapporto h/H minore di 0.1, per cui sono possibili solo fenomeni di amplificazione stratigrafica. I terreni di copertura sono costituiti da Limo argilloso con piroclastiti moderatamente o poco consistente spessore massimo pari a 15 metri. Questa zona è caratterizzata dal substrato granulare cementato stratificato. Dal punto di vista geologico si tratta di brecce da mediamente a ben cementate, stratificate e talora massive, costituite da elementi essenzialmente di natura carbonatica (Br). Lo spessore si aggira attorno ai 50 metri. Al di sotto si rinvengono Arenarie a grana media-fine con clasti calcarei e silicei, molto addensata con interstrati marnosi. Lo spessore si aggira attorno ai 100 metri.

Zone suscettibili di instabilità

Nella zona indicata con la sigla **Fra** sono campite le frane di tipo attivo mentre nella zona con la sigla **FRb** sono campite le frane quiescenti e stabilizzate.

La carta è stata completata riportando le più significative forme di superficie includendo la presenza di orli di scarpata, le aree alluvionate e/o alluvionabili e le aree di conoidi.

Zone suscettibili di liquefazione

Per liquefazione di un terreno s'intende il quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio con l'assunzione de lcomportamento meccanico caratteristico dei liquidi. I fenomeni di liquefazione interessano in genere depositi sabbiosi saturi e dipendono principalmente da: proprietà geotecniche dei terreni, caratteristiche delle vibrazioni sismiche e loro durata, genesi e storia geologica dei terreni.

Un terreno incoerente saturo, in assenza di sollecitazioni sismiche è soggetto alla pressione litostatica, dovuta al peso dei sedimenti sovrastanti. Durante una sollecitazione sismica vengono indotte nel terreno delle sollecitazioni cicliche di taglio, dovute alla propagazione delle onde sismiche verso la superficie, mentre la pressione litostatica resta costante.

Nel terreno si possono generare fenomeni di liquefazione se la scossa sismica produce un numero di cicli tale da far sì che la pressione interstiziale uguagli la pressione di confinamento. Nei depositi la pressione di confinamento aumenta con la profondità, mentre l'ampiezza dello sforzo di taglio indotto dal sisma diminuisce. La

resistenza alla liquefazione quindi è maggiore con la profondità. Maggiore è la durata di un terremoto più alta è la possibilità che si arrivi (maggior numero di cicli) alla liquefazione. Inoltre, maggiore è l'ampiezza della vibrazione e della deformazione indotta e minore è il numero di cicli necessari per giungere a tale condizione.

La probabilità che un deposito raggiunga le condizioni per la liquefazione dipende anche dallo stato di addensamento, dalla composizione granulometrica, dalle condizioni di drenaggio, dalla storia delle sollecitazioni sismiche e dall'età del deposito stesso. Tanto minore è il grado di addensamento del materiale (elevato indice dei vuoti e bassa densità relativa) tanto maggiore è la probabilità che, a parità di altre condizioni, un deposito raggiunga lo stato di liquefazione.

Le NTC richiedono una verifica alla suscettibilità di liquefazione dei terreni del sito sul quale insiste la progettazione di un manufatto.

Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione.

Come riportato nel DM 2018 la verifica alla liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- 1 - eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
- 2 - accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di $0,1g$;

- 3 - profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- 4 - densità relativa $DR > 50\%$ o nei quali $N > 2z$, dove N è il numero di colpi della prova penetrometrica standard (S.P.T.) e z la profondità in metri;
- 5 - distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 4.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 4.2(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

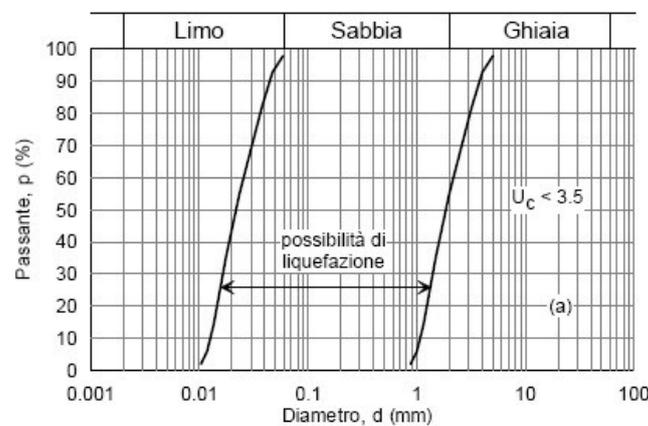


Figura 4.1(a) DM2018

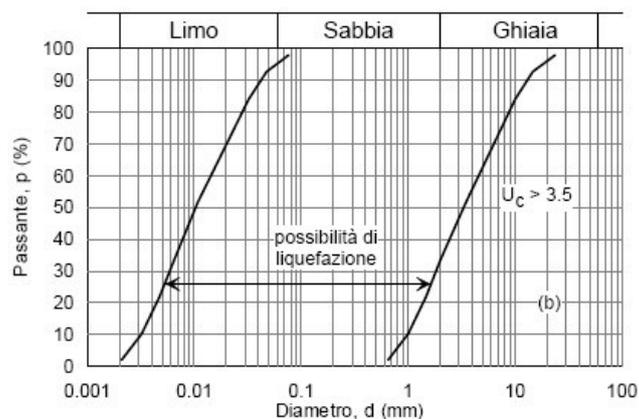


Figura 4.2(b) DM2018

I terreni potenzialmente interessati ad una verifica di massima alla liquefazione per il territorio di Cautano sono: le coperture limoso- sabbioso-argillose con presenza di

piroclastici (**Lsa**) che ricoprono tutto il centro urbano e zone limitrofe e l'unità flyschioide arenacea e pelitica (**Ar**), presente in destra idrografica del Torrente Jenga in contrada Sala e in località Maione.

Per i primi le verifiche alla liquefazione sono omesse in quanto non è stata riscontrata falda acquifera nei primi 15 metri dal piano campagna, le prove di laboratorio sui campioni analizzati stabiliscono un fuso granulometrico esterno alla zona di liquefazione indicata dalla normativa e siamo in presenza di terreni dotati di coesione.

Da ciò si deduce che mancano le condizioni per cui il fenomeno possa manifestarsi.

Per i terreni del flysch arenaceo anche se, le prove S.P.T. effettuate durante i sondaggi e utilizzate per ricavare informazioni dal sottosuolo, evidenziano nella loro elaborazione una densità relativa $D_r > 50\%$, e riscontrano un numero di colpi N sempre maggiore del doppio della profondità di esecuzione della prova, lo scrivente ha verificato per essi la suscettibilità alla liquefazione, in considerazione della presenza di una falda acquifera a carattere stagionale, con piezometrica posta tra i 4-5 metri dal p.c.

Le verifiche sono state elaborate con il metodo semplificato di **Seed ed Idris**, si riferiscono alle prove S.P.T. come da grafico allegato e considerano la falda nei primi 3 metri dal piano campagna con evento sismico.

Dal calcolo del fattore di sicurezza degli elaborati prodotti ed allegati, si evince che non sono presenti strati di terreno suscettibili di liquefazione.

SONDAGGIO	PROFONDITA'	N colpi
S 6	3.00 m	8-12-16
	8.00 m	12-15-18
S 7	4.00 m	9-10-13
	9.00 m	RIFIUTO
S 8	3.00 m	9-10-15
	9.00 m	RIFIUTO
S 10	2.00 m	7-9-13
	8.00 m	12-15-18
S 11	3.00 m	8-13-14
S 23	5.00 m	10-14-18
	12.00 m	RIFIUTO
S 24	3.00 m	7-10-12

	Strato (n)	Prof. Strato (m)	Nspt	Tipo	Gamma	Gamma	Fi	Cu	Mod.	Mod. Elastico	Mod.	Mod. di	Vel.
					(t/m ³)	Saturo (t/m ³)	(°)	(Kg/cm ²)	Edometrico (Kg/cm ²)	Poisson	taglio G (Kg/cm ²)	Onde di taglio m/s	
S.6	1	3,5	25,93	coerente/Coesi	2,09	2,5	27,41	0,99	80,72	204,64	0,3	913,53	133,5
	2	8,5	30,56	coerente/Coesi	2,04	2,45	26,51	1,14	74,25	188,89	0,31	844,04	165,8
S.7	1	4,5	21,3	coerente/Coesi	2,02	2,42	26,09	0,82	71,21	181,49	0,31	810,07	135,5
S.8	1	3,5	23,15	coerente/Coesi	2,05	2,46	26,61	0,89	75,02	190,75	0,31	852,41	130,9
S.10	1	2,5	20,37	coerente/Coesi	2	2,4	25,82	0,79	69,31	176,86	0,31	788,37	119,8
	2	8,5	30,56	coerente/Coesi	2,14	2,5	28,73	1,14	90,23	227,79	0,29	1010	171,5
S.11	1	3,5	25	coerente/Coesi	2,08	2,5	27,14	0,95	78,82	200,01	0,3	893,45	132,6
S.24	1	3,5	20,37	coerente/Coesi	2	2,4	25,82	0,79	69,31	176,86	0,31	788,37	128
	2	8,8	50	coerente/Coesi	2,24	2,5	34,29	1,75	130,17	325,02	0,25	1364,59	191,1
S.23	1	5,5	29,63	coerente/Coesi	2,13	2,5	28,47	1,11	88,33	223,16	0,3	991,19	149,2

VERIFICHE ALLA LIQUEFAZIONE CON S.P.T. METRI 3.00 E 8.00 SONDAGGIO S6

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE			
(da prove dinamiche SPT)			
Metodo semplificato			
Metodo di Seed e Idris (1982)			
PARAMETRI:			
γ	=	2,09	g/cm ³
σ_{vo}	=	0,63	kg/cm ²
σ_{ver}	=	0,63	kg/cm ²
profondità delle prove	=	300	cm
N_{6SPT}	=	26	
profondità fonda	=	300	cm
γ_{H_2O}	=	1	g/cm ³
Pressione neutra	=	0,000	kg/cm ²
z	=	3	m
FORMULE:			
Na	=	$(N_{6SPT} \cdot (1,7/(\sigma_{ver} + 0,7)) + N_0)$	33,30821402
N_f	=	0	
R	=	Na/60	0,370091267
T	=	$0,65 \cdot ((a_{max}/g) \cdot (\sigma_{ver}/\sigma_{ver})) \cdot r_d$	0,2172625
a_{max}/g	=	0,35	
r_d	=	0,955	
1,3	≤	Fa=R/T	1,703429105
Sabbie sature			
Verificate F _s			
<small>Software Freeware distribuito da geologi.it</small> Studio Geologico Dott. Sebastiano Giovanni Monaco Via Torrente Trapani n. 13 - MESSINA (ME) - 98121 - E mail: sg.monaco@libero.it - Tel: 3394103820			

R= Resistenza al taglio mobilizzata
T= Sforzo di taglio indotto dal sisma
 σ_{50} = Diametro della curva granulometrica corrispondente al passante al 50%

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE			
(da prove dinamiche SPT)			
Metodo semplificato			
Metodo di Seed e Idris (1982)			
PARAMETRI:			
γ	=	2,04	g/cm ³
σ_{vo}	=	1,63	kg/cm ²
σ_{ver}	=	1,13	kg/cm ²
profondità delle prove	=	800	cm
N_{6SPT}	=	31	
profondità fonda	=	300	cm
γ_{H_2O}	=	1	g/cm ³
Pressione neutra	=	0,500	kg/cm ²
z	=	8	m
FORMULE:			
Na	=	$(N_{6SPT} \cdot (1,7/(\sigma_{ver} + 0,7)) + N_0)$	34,76637555
N_f	=	6	
R	=	Na/60	0,386293062
T	=	$0,65 \cdot ((a_{max}/g) \cdot (\sigma_{ver}/\sigma_{ver})) \cdot r_d$	0,288627562
a_{max}/g	=	0,35	
r_d	=	0,88	
1,3	≤	Fa=R/T	1,338378379
Sabbie sature			
Verificate F _s			
<small>Software Freeware distribuito da geologi.it</small> Studio Geologico Dott. Sebastiano Giovanni Monaco Via Torrente Trapani n. 13 - MESSINA (ME) - 98121 - E mail: sg.monaco@libero.it - Tel: 3394103820			

R= Resistenza al taglio mobilizzata
T= Sforzo di taglio indotto dal sisma
 σ_{50} = Diametro della curva granulometrica corrispondente al passante al 50%

VERIFICHE ALLA LIQUEFAZIONE CON S.P.T. METRI 4.00 E 9.00SONDAGGIO S 7

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (da prove dinamiche SPT)			
Metodo semplificato			
Metodo di Seed e Idris (1982)			
PARAMETRI:			
γ	=	2,02	g/cm ³
σ_{vo}	=	0,81	kg/cm ²
σ_{or}	=	0,71	kg/cm ²
profondità della prova	=	400	cm
N_{SPT}	=	21	
profondità falda	=	300	cm
γ_{H_2O}	=	1	g/cm ³
Pressione neutra	=	0,100	kg/cm ²
z	=	4	m
FORMULE:			
N_a	=	$(N_{SPT} * (1,7 * (\sigma_{or} + 0,7)) + N_s)$	
N_a	=	23,35511364	Na
N_t	=	4	
R	=	$N_a * 0,0000$	0,326167929 R
T	=	$0,65 * ((a_{max}/g) * (\sigma_{or}/\sigma_{vo})) * T_d$	0,244054802 T
a_{max}/g	=	0,35	
T_d	=	0,94	
1,3	≤	$F_8 = R/T$ Sabbie sature	1,336453642 Verificato F1
<small>Software freeware distribuito da geologi.it Studio Geologico Dott. Sebastiano Giovanni Monaco Via Torrente Trapani n. 13 - MESSINA (ME) - 98121 - E mail: sg.monaco@libero.it - Tel: 3394103920</small>			

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (da prove dinamiche SPT)			
Metodo semplificato			
Metodo di Seed e Idris (1982)			
PARAMETRI:			
γ	=	2,02	g/cm ³
σ_{vo}	=	1,82	kg/cm ²
σ_{or}	=	1,22	kg/cm ²
profondità della prova	=	900	cm
N_{SPT}	=	51	
profondità falda	=	300	cm
γ_{H_2O}	=	1	g/cm ³
Pressione neutra	=	0,600	kg/cm ²
z	=	9	m
FORMULE:			
N_a	=	$(N_{SPT} * (1,7 * (\sigma_{or} + 0,7)) + N_s)$	
N_a	=	49,20333681	Na
N_t	=	4	
R	=	$N_a * 0,0000$	0,546703742 R
T	=	$0,65 * ((a_{max}/g) * (\sigma_{or}/\sigma_{vo})) * T_d$	0,293727155 T
a_{max}/g	=	0,35	
T_d	=	0,865	
1,3	≤	$F_8 = R/T$ Sabbie sature	1,861263873 Verificato F1
<small>Software freeware distribuito da geologi.it Studio Geologico Dott. Sebastiano Giovanni Monaco Via Torrente Trapani n. 13 - MESSINA (ME) - 98121 - E mail: sg.monaco@libero.it - Tel: 3394103920</small>			

VERIFICHE ALLA LIQUEFAZIONE CON S.P.T. METRI 3.00 E 9.00SONDAGGIO S8

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (da prove dinamiche SPT)			
Metodo semplificato			
Metodo di Seed e Idris (1982)			
PARAMETRI:			
γ	=	2,05	g/cm ³
σ_{vo}	=	0,62	kg/cm ²
σ_{ov}	=	0,62	kg/cm ²
profondità della prova	=	300	cm
N_{SPT}	=	23	
profondità fonda	=	300	cm
γ_{H_2O}	=	1	g/cm ³
Pressione neutra	=	0,000	kg/cm ²
z	=	3	m
		R	Resistenza al taglio mobilizzata
		T	Sforzo di taglio indotto dal sisma
		d_{50}	Diametro della curva granulometrica corrispondente al passante al 50%
FORMULE:		RISULTATI:	
N_a	=	$(N_{SPT})^{1,7} / (\sigma_{ov} + 0,7) + N_s$	= 29,7338403
N_t	=	0	
R	=	$N_a / 90$	= 0,330376003
T	=	$0,65 \cdot [(a_{max}/g) \cdot (\sigma_{ov} / \sigma_{ov})] \cdot r_d$	= 0,2172625
a_{max}/g	=	0,35	
r_d	=	0,955	
1,3	≤	$F_s = R/T$ Sabbie sature	= 1,520630585 Verificato F_s
Software FreeWare distribuito da geologi.it® Studio Geologico Dott. Sebastiano Giovanni Monaco Via Torrente Trapani n. 13 - MESSINA (ME) - 98121 - E mail: sg.monaco@libero.it - Tel: 3394103920			

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (da prove dinamiche SPT)			
Metodo semplificato			
Metodo di Seed e Idris (1982)			
PARAMETRI:			
γ	=	2,05	g/cm ³
σ_{vo}	=	1,85	kg/cm ²
σ_{ov}	=	1,25	kg/cm ²
profondità della prova	=	300	cm
N_{SPT}	=	51	
profondità fonda	=	300	cm
γ_{H_2O}	=	1	g/cm ³
Pressione neutra	=	0,600	kg/cm ²
z	=	9	m
		R	Resistenza al taglio mobilizzata
		T	Sforzo di taglio indotto dal sisma
		d_{50}	Diametro della curva granulometrica corrispondente al passante al 50%
FORMULE:		RISULTATI:	
N_a	=	$(N_{SPT})^{1,7} / (\sigma_{ov} + 0,7) + N_s$	= 44,57583548
N_t	=	0	
R	=	$N_a / 90$	= 0,495287061
T	=	$0,65 \cdot [(a_{max}/g) \cdot (\sigma_{ov} / \sigma_{ov})] \cdot r_d$	= 0,291624849
a_{max}/g	=	0,35	
r_d	=	0,865	
1,3	≤	$F_s = R/T$ Sabbie sature	= 1,698370567 Verificato F_s
Software FreeWare distribuito da geologi.it® Studio Geologico Dott. Sebastiano Giovanni Monaco Via Torrente Trapani n. 13 - MESSINA (ME) - 98121 - E mail: sg.monaco@libero.it - Tel: 3394103920			

VERIFICHE ALLA LIQUEFAZIONE CON S.P.T. METRI 2.00 E 8.00SONDAGGIO S10

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (da prove dinamiche SPT)			
Metodo semplificato			
Metodo di Seed e Idris (1982)			
PARAMETRI			
γ	=	2,14	g/cm ³
σ_{vd}	=	1,71	kg/cm ²
$\sigma_{v\sigma}$	=	1,21	kg/cm ²
profondità della prova	=	800	cm
N_{SPT}	=	31	
profondità fonda	=	300	cm
γ_{H_2O}	=	1	g/cm ³
Pressione neutra	=	0,500	kg/cm ²
z	=	8	m
		$R=$	Resistenza al taglio mobilata
		$T=$	Sforzo di taglio indotto dal sisma
		$d_{50}=$	Diametro della curva granulometrica corrispondente al passante al 50%
FORMULE		RISULTATI	
N_a	=	$(N_{SPT} \cdot (1,7/(\sigma_{v\sigma} + 0,7))) + N_d$	= 33,56276151
N_f	=	6	
R	=	$N_a^{0,90}$	= 0,372919572
T	=	$0,65 \cdot ((\sigma_{v\sigma}/g)^{0,5} \cdot (\sigma_{v\sigma}/\sigma_{v\sigma}))^{1,7} \cdot r_d$	= 0,282790759
$\sigma_{v\sigma}/g$	=	0,35	
r_d	=	0,88	
1,3	≤	$F_s = R/T$ Sabbie sature	= 1,318712017
Verificato F5			
Software FreeWare distribuito da geologi.it Studio Geologico Dott. Sebastiano Giovanni Monaco Via Torrente Trapani n. 13 - MESSINA (ME) - 98121 - E mail: sg.monaco@libero.it - Tel: 3394103820			

VERIFICHE ALLA LIQUEFAZIONE CON S.P.T. METRI 3.00 SONDAGGIO S11

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (da prove dinamiche SPT)			
Metodo semplificato			
Metodo di Seed e Idris (1982)			
PARAMETRI			
γ	=	2,08	g/cm ³
σ_{vd}	=	0,62	kg/cm ²
$\sigma_{v\sigma}$	=	0,62	kg/cm ²
profondità della prova	=	300	cm
N_{SPT}	=	25	
profondità fonda	=	300	cm
γ_{H_2O}	=	1	g/cm ³
Pressione neutra	=	0,000	kg/cm ²
z	=	3	m
		$R=$	Resistenza al taglio mobilata
		$T=$	Sforzo di taglio indotto dal sisma
		$d_{50}=$	Diametro della curva granulometrica corrispondente al passante al 50%
FORMULE		RISULTATI	
N_a	=	$(N_{SPT} \cdot (1,7/(\sigma_{v\sigma} + 0,7))) + N_d$	= 32,09963789
N_f	=	0	
R	=	$N_a^{0,90}$	= 0,35666331
T	=	$0,65 \cdot ((\sigma_{v\sigma}/g)^{0,5} \cdot (\sigma_{v\sigma}/\sigma_{v\sigma}))^{1,7} \cdot r_d$	= 0,2172625
$\sigma_{v\sigma}/g$	=	0,35	
r_d	=	0,955	
1,3	≤	$F_s = R/T$ Sabbie sature	= 1,641623887
Verificato F5			
Software FreeWare distribuito da geologi.it Studio Geologico Dott. Sebastiano Giovanni Monaco Via Torrente Trapani n. 13 - MESSINA (ME) - 98121 - E mail: sg.monaco@libero.it - Tel: 3394103820			

VERIFICHE ALLA LIQUEFAZIONE CON S.P.T. METRI 5.00 SONDAGGIO S23

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE									
(da prove dinamiche SPT)									
Metodo semplificato									
Metodo di Seed e Idris (1982)									
PARAMETRI:									
γ	= 2,13	g/cm ³	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">R=</td> <td>Resistenza al taglio mobilata</td> </tr> <tr> <td>T=</td> <td>Sforzo di taglio indotto dal sisma</td> </tr> <tr> <td>D₅₀=</td> <td>Diametro della curva granulometrica corrispondente al passante al 50%</td> </tr> </table>	R=	Resistenza al taglio mobilata	T=	Sforzo di taglio indotto dal sisma	D ₅₀ =	Diametro della curva granulometrica corrispondente al passante al 50%
R=	Resistenza al taglio mobilata								
T=	Sforzo di taglio indotto dal sisma								
D ₅₀ =	Diametro della curva granulometrica corrispondente al passante al 50%								
σ _{vd}	= 1,07	kg/cm ²							
σ _{vd'}	= 0,87	kg/cm ²							
profondità della prova	= 500	cm							
N _{SPT}	= 27								
profondità fonda	= 300	cm							
γ H ₂ O	= 1	g/cm ³							
Pressione neutra	= 0,200	kg/cm ²							
z	= 5	m							
FORMULE:		RISULTATI:							
Na	= (N _{SPT} ^{1,7} /(1,7/(σ _{vd} +0,7)))+N _s	= 30,32907348	Na						
<table border="1" style="width: 80%; margin: auto;"> <tr> <td style="width: 10%;">N_y</td> <td style="width: 10%;">=</td> <td style="width: 80%;">1</td> </tr> </table>		N _y	=	1					
N _y	=	1							
R	= Na ^{0,9}	= 0,335369705	R						
T	= 0,65 ² [(a _{max} /g) ² (σ _{vd} /σ _{vd'})] ^{1,4} r _d	= 0,259093569	T						
<table border="1" style="width: 80%; margin: auto;"> <tr> <td>a_{max}/g</td> <td>=</td> <td>0,35</td> </tr> <tr> <td>r_d</td> <td>=</td> <td>0,925</td> </tr> </table>		a _{max} /g	=	0,35	r _d	=	0,925		
a _{max} /g	=	0,35							
r _d	=	0,925							
1,3	≤ F _s =R/T	Sabbie sature	= 1,300548656 Verificato F _s						
Software FreeWare distribuito da geologi.it Studio Geologico Dott. Sebastiano Giovanni Monaco Via Torrente Trapani n. 13 - MESSINA (ME) - 98121 - E mail: sg.monaco@libero.it - Tel: 3394103820									

VERIFICHE ALLA LIQUEFAZIONE CON S.P.T. METRI 3.00 E 12.00SONDAGGIO S24

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE									
(da prove dinamiche SPT)									
Metodo semplificato									
Metodo di Seed e Idris (1982)									
PARAMETRI:									
γ	= 2	g/cm ³	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">R=</td> <td>Resistenza al taglio mobilata</td> </tr> <tr> <td>T=</td> <td>Sforzo di taglio indotto dal sisma</td> </tr> <tr> <td>D₅₀=</td> <td>Diametro della curva granulometrica corrispondente al passante al 50%</td> </tr> </table>	R=	Resistenza al taglio mobilata	T=	Sforzo di taglio indotto dal sisma	D ₅₀ =	Diametro della curva granulometrica corrispondente al passante al 50%
R=	Resistenza al taglio mobilata								
T=	Sforzo di taglio indotto dal sisma								
D ₅₀ =	Diametro della curva granulometrica corrispondente al passante al 50%								
σ _{vd}	= 0,60	kg/cm ²							
σ _{vd'}	= 0,60	kg/cm ²							
profondità della prova	= 300	cm							
N _{SPT}	= 20								
profondità fonda	= 300	cm							
γ H ₂ O	= 1	g/cm ³							
Pressione neutra	= 0,000	kg/cm ²							
z	= 3	m							
FORMULE:		RISULTATI:							
Na	= (N _{SPT} ^{1,7} /(1,7/(σ _{vd} +0,7)))+N _s	= 26,15384615	Na						
<table border="1" style="width: 80%; margin: auto;"> <tr> <td style="width: 10%;">N_y</td> <td style="width: 10%;">=</td> <td style="width: 80%;">0</td> </tr> </table>		N _y	=	0					
N _y	=	0							
R	= Na ^{0,9}	= 0,290598291	R						
T	= 0,65 ² [(a _{max} /g) ² (σ _{vd} /σ _{vd'})] ^{1,4} r _d	= 0,2172625	T						
<table border="1" style="width: 80%; margin: auto;"> <tr> <td>a_{max}/g</td> <td>=</td> <td>0,35</td> </tr> <tr> <td>r_d</td> <td>=</td> <td>0,955</td> </tr> </table>		a _{max} /g	=	0,35	r _d	=	0,955		
a _{max} /g	=	0,35							
r _d	=	0,955							
1,3	≤ F _s =R/T	Sabbie sature	= 1,337544632 Verificato F _s						
Software FreeWare distribuito da geologi.it Studio Geologico Dott. Sebastiano Giovanni Monaco Via Torrente Trapani n. 13 - MESSINA (ME) - 98121 - E mail: sg.monaco@libero.it - Tel: 3394103820									

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE					
(da prove dinamiche SPT)					
Metodo semplificato					
Metodo di Seed e Idris (1982)					
PARAMETRI					
γ	=	2,24	g/cm ³		
σ_{vo}	=	0,03	kg/cm ²		
$\sigma_{v'}$	=	0,03	kg/cm ²		
profondità della prova	=	12	cm		
N_{60SPT}	=	51			
profondità fonda	=	300	cm		
γ_{H_2O}	=	1	g/cm ³		
Pressione neutra	=	0,000	kg/cm ²		
z	=	0,12	m		
				R=	Resistenza al taglio mobilata
				T=	Sforzo di taglio indotto dal sisma
				d_{50}	Diametro della curva granulometrica corrispondente al passante al 50%
FORMULE:			RISULTATI:		
N_a	=	$(N_{60SPT} \cdot (1,7/(\sigma_{v'}/\sigma_{vo})) + N_s)$	=	119,2769095	N_a
N_r	=	0			
R	=	$N_a/90$	=	1,325298995	R
T	=	$0,65 \cdot (a_{max}/g) \cdot (\sigma_{v'}/\sigma_{vo}) \cdot r_d$	=	0,2270905	T
a_{max}/g	=	0,35			
r_d	=	0,9982			
1,3	≤	$F_0 = R/T$	Sabbie sature	=	5,835594878
					Verificate F_1
<small>Software Freeware distribuito da geologi.it</small> Studio Geologico Dott. Sebastiano Giovanni Monaco Via Torrente Trepani n. 13 - MESSINA (ME) - 98121 - E mail: sg.monaco@libero.it - Tel: 3394103820					

11.0 –TAVOLA G9a CARTA DELLE FREQUENZE NATURALI DEL TERRENO (CENTRO URBANO Scala 1 : 2.500

(risposta alla nota del 24/02/2022 protocollo 0103282, riunione presso il Genio Civile di Benevento del 07/03/2022)

La tecnica HVSR permette in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito. Successivamente, come ulteriore sviluppo, la stima del parametro normativo Vs30 attraverso un processo di inversione del problema iniziale. Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se queste sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate. Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x, y, z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore ai 20 minuti. Si esegue un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del succitato progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "long", che sono sincronizzate fra le tracce. Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei

con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione. Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier.

Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o lisciamento secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee.

Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing. Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito. L'ulteriore ipotesi che questo rapporto spettrale possa ritenersi una buona approssimazione dell'ellitticità del modo fondamentale della propagazione delle onde di Rayleigh, permette di confrontare questi due al fine di ottenere una

stima del profilo stratigrafico. Tale procedura, detta di inversione, consente di definire il profilo sostanzialmente in termini di spessore e velocità delle onde di taglio. Avendo quindi una stima del profilo della velocità delle onde di taglio, è possibile valutarne il parametro normativo V_{s30} .

Nel corso dello studio realizzato sono state eseguite n° 10 prove HVSR. Con i valori ottenuti e valutando per ogni prova le frequenze di picco e l'ampiezza, è stata redatta la carta delle frequenze naturali del terreno per il solo centro urbano.

12.0 – TAVOLA G 10 CARTA DI SINTESI

Scala 1 : 5.000

(risposta alla nota del 24/02/2022 protocollo 0103282, riunione presso il Genio Civile di Benevento del 07/03/2022)

Lo studio geolitologico, geomorfologico, idrogeologico e geosismico del territorio di Cautano, ha consentito di avere un quadro generale completo, per elaborare la carta di **Sintesi (Tav. G10)**, di utilizzo del territorio ai fini dello sviluppo urbanistico.

Essa deriva dalla sovrapposizione degli elaborati di base (carta geologica, geomorfologica, idrogeologica, della stabilità dei versanti, di microzonazione sismica ecc.) e dalla caratterizzazione geotecnica dei terreni.

E' in pratica il risultato della valutazione mediata di tutti gli elementi studiati, in sintesi, del rischio geologico del territorio comunale.

Tale cartografia riassuntiva restituisce le indicazioni necessarie al pianificatore per effettuare le dovute scelte urbanistiche nel rispetto delle problematiche geologiche intrinseche del territorio.

Il territorio è stato suddiviso in tre classi di pericolosità o di suscettibilità d'uso, riconoscendo in esse otto zone con caratteristiche geomorfologiche e sismiche simili.

Di seguito vengono riassunte le varie aree di suscettibilità con le relative zone:

12.1 Aree con suscettività d'uso non condizionata (ZONA 1)

Priva di difficoltà morfologiche, con caratteristiche stratigrafiche e geotecniche buone, con versanti stabili ed acclività degli stessi minore di 15°. Caratterizzata da zone sismiche omogenee **Zs1 e Zs2 con suoli di tipo A con rapporto h/H minore di 0.1**. Libera da vincoli idrogeologici (PSAI-RF) e (PGRA-DAM) dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale.

La zona 1 è geologicamente idonea allo sviluppo del tessuto urbanistico, gli interventi sia pubblici che privati sono consentiti nel rispetto delle prescrizioni dei vari Decreti Ministeriali e Circolari del CSLL.PP.

12.2 Aree con suscettività d'uso non condizionata (ZONA 2)

Priva di difficoltà morfologiche, con caratteristiche stratigrafiche e geotecniche buone, con versanti stabili ed acclività degli stessi minore di 15°. Caratterizzata da zone sismiche omogenee **Zs8 e Zs9 con suoli di tipo C per cui sono possibili fenomeni di amplificazione stratigrafica**.

Libera da vincoli idrogeologici (PSAI-RF) e (PGRA-DAM) dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale. La zona 2 che racchiude il centro urbano, le zone limitrofe ad esso nonché la contrada Sala, è geologicamente idonea allo sviluppo del tessuto urbanistico, gli interventi sia pubblici che privati sono consentiti nel rispetto delle prescrizioni dei vari Decreti Ministeriali e Circolari del CSLL.PP.

12.3 Aree con suscettività d'uso parzialmente condizionata (ZONA 3)

Con locali difficoltà morfologiche, con caratteristiche stratigrafiche e geotecniche buone, con versanti a media stabilità per l'elevata acclività superiore ai 15°. Caratterizzata da zona sismica omogenea **Zs3 con suolo di tipo A in categoria topografica T3 e T2 e con rapporto h/H di 0.1 per cui sono possibili fenomeni di amplificazione topografica.** Libera da vincoli idrogeologici (PSAI-RF) e (PGRADAM) dell' Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale. La zona 3 che rappresenta aree montane, è geologicamente idonea, ma vincolata per il suo utilizzo alla realizzazione d'indagini puntuali e di dettaglio, per acquisire una maggiore conoscenza geologico-tecnica dell'area e del suo intorno.

12.4 Aree con suscettività d'uso parzialmente condizionata (Zona 4)

Con locali difficoltà morfologiche, con caratteristiche stratigrafiche e geotecniche buone, con versanti a media stabilità per l'elevata acclività superiore ai 15°. Caratterizzata da zona sismica omogenea **Zs4 con suolo di tipo E in categoria topografica T3 e con rapporto h/H maggiore di 0.5 per cui sono possibili fenomeni di amplificazione topografica e stratigrafica.**

Libera da vincoli idrogeologici (PSAI-RF) e (PGRADAM) dell' Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale.

La zona 4 che rappresenta aree montane è geologicamente idonea, ma vincolata per il suo utilizzo alla realizzazione d'indagini puntuali e di dettaglio. per acquisire una maggiore conoscenza geologico-tecnica dell'area e del suo intorno.

12.5 Aree con suscettività d'uso parzialmente condizionata (Zona 5)

Con caratteristiche morfologiche, stratigrafiche e geotecniche discrete, con versanti a media stabilità con acclività inferiore ai 15°.

Caratterizzata da zone sismiche **omogenee Zs5, Zs6, Zs7 con suolo di tipo B con locali fenomeni di amplificazione topografica.**

Libera da vincoli idrogeologici (PSAI-RF) e (PGRA-DAM) dell' Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale.

La zona 5 che rappresenta le aree pedemontane, è geologicamente idonea, ma vincolata per il suo utilizzo alla realizzazione d'indagini puntuali e di dettaglio, per acquisire una maggiore conoscenza geologico-tecnica dell'area e del suo intorno.

12.6 Aree con suscettività d'uso parzialmente condizionata (Zona 6)

Con caratteristiche morfologiche, stratigrafiche e geotecniche discrete, con versanti a media stabilità con acclività inferiore ai 15°.

Caratterizzata da zona sismica **omogenea Zs8 con suolo di tipo C per cui sono possibili fenomeni di amplificazione stratigrafica.**

Libera da vincoli idrogeologici (PSAI-RF) e (PGRA-DAM) dell' Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale.

La zona 6 che rappresenta le aree in destra idrografica del Torrente Ienga, è geologicamente idonea, ma vincolata per il suo utilizzo alla realizzazione d'indagini

puntuali e di dettaglio, per acquisire una maggiore conoscenza geologico-tecnica dell'area e del suo intorno.

12.7 Aree con suscettività d'uso molto condizionata e/o instabili (Zona 7)

Con caratteristiche morfologiche, stratigrafiche e geotecniche scadenti, con versanti interessati da processi gravitativi, da scarpate con notevole rigetto e cave a cielo aperto.

Caratterizzata da zone sismiche **omogenee Zs8 e Zs9 con suolo di tipo C per cui sono possibili fenomeni di amplificazione stratigrafica e topografica.**

Con vincoli idrogeologici (PSAI-RF) e (PGRA-DAM) dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale.

L'eventuale utilizzo delle aree della zona 7 è vincolato ad indagini puntuali ed allo studio di risanamento idrogeomorfologico di dettaglio e/o a dettagliati studi di ripermetrazione in concerto con la struttura tecnica operativa dell'Autorità.

Si dovrà, pertanto, escludere detta zona da eventuali espansioni urbanistiche in mancanza di idonee opere di sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Cautelativamente, quindi, visto che eventuali interventi antropici, legati alla modifica dei terreni, possono generare dissesti anche agli immobili confinanti, si dovrà procedere in questa zona con prudenza e cautela, eseguendo tutto quanto risulti necessario per delineare un modello geotecnico del sottosuolo il più aderente alla realtà. Per eventuali interventi sull'edificato già esistente dovranno essere fornite tutte le indicazioni per la progettazione di opere di difesa e per la sistemazione

idrogeologica al fine di scongiurare eventuali effetti negativi sull'edificato stesso. Potranno essere, inoltre, predisposti idonei sistemi di monitoraggio geologico che permettono di tenere sotto controllo l'evoluzione dei fenomeni in atto o indotti dall'urbanizzato.

12.8 Aree con suscettività d'uso molto condizionata e/o instabili (Zona 8)

Cartografata dall'Autorità di Bacino Distrettuale come aree rosse R4 ed A4 (PSAI-RF) e come aree di conoide dal Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale (PGRA-DAM).

Il loro utilizzo è subordinato a dettagliati studi di ripermetrazione in concerto con la struttura tecnica operativa dell'Autorità.

13.0 - CONCLUSIONI

I risultati scaturiti dal presente studio, condotto in conformità alle prescrizioni della LR9/83 per gli strumenti urbanistici e alle vigenti disposizioni in materia di microzonazione sismica del territorio comunale, basata sui nuovi indirizzi e criteri dettati dalle linee guida del Dipartimento di Protezione Civile Nazionale, sono rappresentati negli elaborati cartografici tematici le cui informazioni rappresentano un utile strumento nelle scelte di pianificazione e sviluppo urbanistico del territorio comunale.

Dagli elaborati cartografici di sintesi si evince come il territorio comunale sia caratterizzato da differenti criticità, in ragione delle condizioni litologiche e morfologiche a contorno, e come esse siano differenzialmente distribuite nell'ambito del comprensorio. Tutti gli elaborati cartografici sono stati riveduti e trattati in ambiente GIS, facendo presente che sono state introdotte nuove cartografie in riferimento agli aspetti sismici in accordo con quanto previsto dalle citate linee guida del DPCN. Le cartografie unitamente ai report e alla relazione geologica sono archiviati su supporto digitale e forniti all'amministrazione.

Si ritiene utile riportare gli aspetti salienti scaturiti dal presente studio con particolare riferimento alle condizioni di stabilità in relazione alla pericolosità idrogeologica e alle caratteristiche di sismicità e degli effetti di sito attesi. Per questi ultimi si

ribadisce che trattasi di una valutazione meramente qualitativa che necessita di opportuni livelli di approfondimento in specifici studi di microzonazione sismica.

ZONA MONTANA E PEDEMONTANA: rappresenta il settore nord e nord occidentale del territorio caratterizzato dall'affioramento verso quote elevate dei termini calcareo dolomitici fratturati e alterati, localmente ricoperti da spessori variabili, che aumentano verso quote più basse, di depositi piroclastici e detritico - piroclastici. La morfologia si presenta piuttosto articolata, con versanti aperti ed incisi, con elementi morfologici quali ad esempio scarpate subverticali, strapiombi a quote elevate che predispongono a locali instabilità. Tali settori sono infatti considerati **aree instabili** riconoscendo elementi predisponenti la genesi di fenomeni franosi a cinematiso rapido quali frane di crollo e colate rapide detritico fangose o flussi iperconcentrati. che potrebbero impattare con gli insediamenti abitativi della località Prata, che sorgono su conoidi alluvionali posti allo sbocco delle incisioni torrentizie.

Dal punto di vista sismico i fenomeni attesi sono riconducibili a fenomeni di amplificazione topografica e/o stratigrafica (**zone stabili suscettibili di amplificazioni locali**).

Nelle fasce di alta montagna infatti la presenza di elementi morfologici quali creste scarpate verticali possono dar luogo a fenomeni di amplificazione topografica e favorire l'innescio di instabilità localizzate quali ad esempio frane di crollo laddove i termini litoidi carbonatici risultano particolarmente alterati e fratturati. Nel settore

pedemontano invece il particolare assetto stratigrafico di materiali di copertura (detritico piroclastico) poggiante su substrato carbonatico potrebbe favorire fenomeni di amplificazione stratigrafica derivanti dal differente comportamento sismico delle coperture su substrato. Per tali aree, fermo restando quanto riportato nella cartografia del (PSAI-RF) e (PGRA-DAM) e prescritto nelle norme di attuazione dell'Autorità di Bacino competente, sarebbe certamente opportuno prevedere interventi di miglioramento delle condizioni idraulico-forestali, con particolare attenzione ad interventi di regimazione delle acque meteoriche, alla verifica delle condizioni delle incisioni torrentizie e laddove necessario ad interventi di sgombero e pulizia degli impluvi. **ZONA COLLINARE** si identifica con la porzione di territorio in destra idrografica del Torrente Ienga località Sala. E' sede dell'affioramento di termini ascrivibili alla Formazione Argilloso Marnoso Arenacea che rappresenta il substrato locale. I terreni di copertura sono rappresentati da depositi detritico-piroclastici in cui la frazione argillosa è spesso presente, e da materiali derivanti dal disfacimento del sottostante substrato argilloso arenaceo- argilloso marnoso, in cui la frazione argillosa è prevalente. La morfologia è quella tipica di aree collinari con deboli pendenze comprese tra 10 e i 20 gradi, tuttavia il paesaggio è caratterizzato da un'alternanza di ondulazioni e contropendenze che sono riconducibili a fenomeni gravitativi diffusi, ampi e lenti. Tale settore è classificato come **Area stabile** in corrispondenza dell'abitato di contrada Sala e nell'area a nord est, mentre per la restante parte area a **media stabilità**, per l'azione combinata tra l'assetto morfologico e le caratteristiche litologiche e geomeccaniche , con particolare riferimento

all'elevata compressibilità dei terreni che si rinvencono nella parte episupeficiale del sottosuolo; i terreni argillosi sono suscettibili a fenomeni di instabilità dovuti soprattutto ad accumuli idrici nelle coltri superficiali dove innescano una circolazione idrica effimera alimentata dalle precipitazioni meteoriche.

Con la presenza di acqua tali coperture tendono ad allentarsi e mobilitarsi dando origine a fenomeni franosi a cinematismo lento del tipo scorrimenti rotazionali lenti o colate lente che in qualche caso hanno coinvolto gli insediamenti abitativi, con lesioni sia sulla sede stradale che ai manufatti esistenti. Tali porzioni di territorio sono infatti classificate come **aree instabili** riferendosi alla presenza di fenomeni gravitativi lenti il cui stato risulta attivo come derivato dal censimento dei fenomeni franosi -Progetto IFFI .

Per quanto attiene le risposte ad eventi sismici tale settore è stato classificato come **area di attenzione**, per fenomeni di amplificazione stratigrafica legati all'assetto stratigrafico locale (terreni morbidi su substrato litoide o pseudolitoide) ed effetti sismici riferiti alle instabilità di versante sia in aree con fenomenologie attive sia in aree con fenomenologie quiescenti.

Nelle aree a media stabilità, fermo restando tutte le prescrizioni previste dalla norma di attuazione dell'Autorità di Bacino competente, per eventuali interventi progettuali sarà necessario accertare le caratteristiche geomeccaniche dei litotipi interessati dal cosiddetto "volume significativo" dell'opera in modo da poter stabilire il tipo di fondazione più idoneo al caso in esame ed il suo relativo piano di posa. Inoltre

un'attenta valutazione dovrà essere posta alle problematiche di ordine idrogeologico legate alla circolazione o infiltrazione di acqua nel sottosuolo , alla presenza di locali accumuli idrici e pianificare in tal modo eventuali opere di drenaggio e smaltimento dei flussi idrici intercettati. Una particolare attenzione va posta naturalmente alla regimazione delle acque meteoriche. E' necessario ipotizzare adeguate previsioni delle portate in caso di precipitazione di forte intensità e verificare l'idoneità idraulica nei tratti interessati al recapito degli flussi idrici. Sarebbe opportune prevedere idonei e periodici interventi di manutenzione sulla rete scolante esistente e di prevedere la realizzazione di opere quali fossi , cunette stradali lungo la viabilità minore qualora ne risultasse sprovvista.

ZONA DEL FONDOVALLE rappresenta la porzione di territorio che interessa il centro abitato ed aree di possibile espansione, caratterizzato da superfici pianeggianti e sub-pianeggianti di depositi alluvionali di piana (ghiaie e sabbie limose) e depositi vulcanici (piroclastiti) ; lo spessore medio risulta >20m. Tali aree sono state considerate come **Aree stabili** in riferimento alle condizioni morfologiche in quanto non presentano elementi sfavorevoli ad eventuali interventi edificatori.

Dal punto di vista sismico il settore considerato risulta cartografato come **area stabile suscettibile di amplificazione locale** legata al particolare assetto stratigrafico per la presenza di coperture potenti di depositi alluvionali poggiati su depositi litoidi o pseudolitoidi che potrebbero favorire fenomeni di amplificazione di tipo stratigrafico.

In tali aree si dovrà in ogni caso ottemperare alle vigenti disposizioni legislative in materia di costruzioni con particolare attenzione alla caratterizzazione stratigrafica geotecnica e geofisica dei terreni di fondazione, alla presenza di eventuali falde che possano interferire con la quota del piano fondale.

In conclusione, per tutto quanto sopra esposto lo studio redatto ed i relativi elaborati cartografici sono finalizzati ad indirizzare al meglio le scelte delle aree da utilizzare a cura dell'urbanista incaricato.

TANTO DOVEVASI