Firmato digitalmente da
VITO PELOSI
CN = VITO PELOSI
C = IT

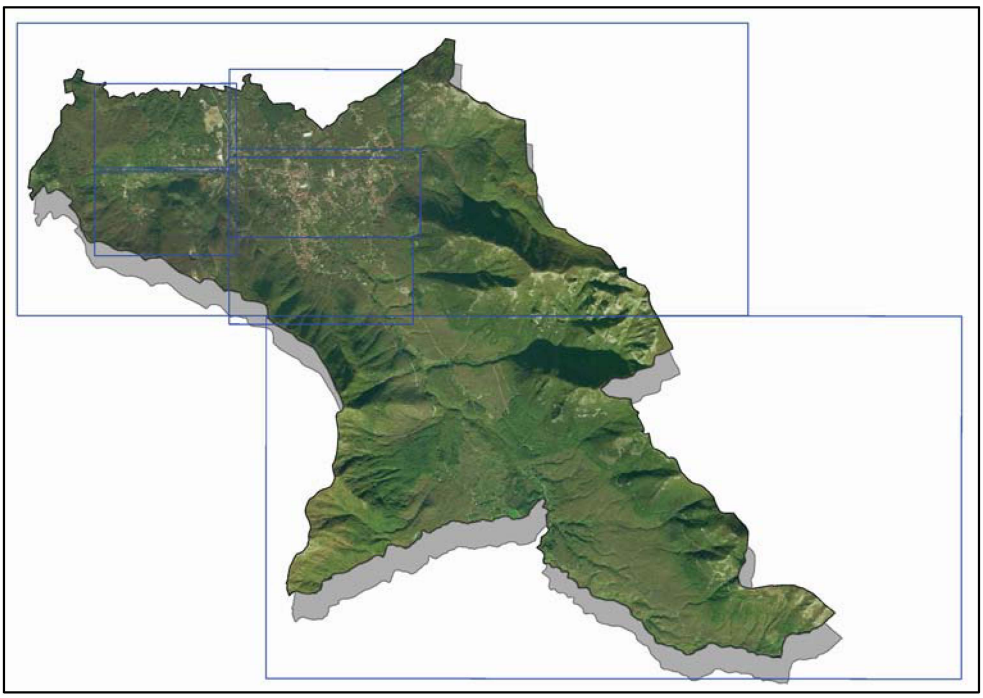
COMUNE DI SERINO

PROVINCIA DI AVELLINO

P.U.C.

PIANO URBANISTICO COMUNALE

L.R.n°16 del 22 dicembre 2004 BURC n.33del18/06/07



Serino 2026

Il Sindaco di Serino Avv. Vito Pelosi

Firmato digitalmente da
VITO PELOSI
CN = VITO PELOSI
C = IT

Consulenti:

Per l'uso agricolo Prof. Dott. Mario Spagnuolo - Avellino

Per l'idrologia Prof. Ing. Nunzio Romano - Università Federico II di Napoli

Per la selvicoltura Prof. Dott. Antonio Saracino - Università Federico II di Napoli

Per la legislazione urbanistica Prof. Dott. Sebastiano Conte - Ischia (NA)

Il Responsabile del Procedimento

Arch. Giampiero Pierro

PIERRO GIAMPIERO ORDINE ARCHITETTI PPC PROV. AVELLINO 92002930649 architetto 09.03.2026 10:13:57 GMT+01:00

Il Responsabile Ufficio VAS

ing. Vincenza Amoroso

Vincenza Amoroso 09.03.2026 12:19:36 GMT+01:00

UFFICIO DI PIANO: Arch. Giampiero Pierro- Gianfranco Guarino

SUPPORTO UFFICIO DI PIANO - Arch. Ing. Raffaella

Elaborato n. R3 RELAZIONE DI COMPATIBILITA'NTRA LE PREVISIONI DI PIANO E LE CONDIZIONI GEOMORFOLOGICHE DEI SUOLI

SOMMARIO

TITOLO I – DISPOSIZIONI GENERALI 3

.0.0. –ANALISI TERRITORIALE 3

B.1.0. DATI DI CARATTERE GENERALE 3

B 1.5 - Autorità di Bacino *6*

H.1.0. – CRITERI PROGETTUALI GENERALI 6

3.0 COMPATIBILITÀ TRA CONDIZIONI GEOTECNICHE E PREVISIONI URBANISTICHE 8

4.0 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE 8

8.0 CARTA GEOMORFOLOGICA 14

SETTORE MONTUOSO 15

SETTORE COLLINARE *15*

SETTORE PEDEMONTANO *16*

SETTORE SUBPIANEGGIANTE *17*

EVOLUZIONE DEL PAESAGGIO *17*

AMBITO MONTUOSO E PEDEMONTANO DEI RILIEVI CALCAREI 17

COLATE RAPIDE 18

FRANE DI CROLLO E RIBALTAMENTO 19

AMBITO COLLINARE DELLE FORMAZIONI ARENACEO-ARGILLOSE 19

AMBITO SUBPIANEGGIANTE DI PIANA ALLUVIONALE 20

9.0 FRANOSITA' NEL TERRITORIO COMUNALE - STABILITÀ DEI VERSANTI 20

AREE STABILI 21

AREE POTENZIALMENTE LIQUEFACIBILI 21

AREE POTENZIALMENTE INSTABILI 21

AREE MEDIAMENTE INSTABILI 22

AREE INSTABILI 22

10.0 ASPETTI IDRAULICI PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO DI ALLUVIONI (DIRETTIVA 2000/60/CE, D.L.VO 152/06, L.13 /09)) 23

11.0 INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOTECNICHE E GEOFISICHE 26

Indagini di profondità eseguite e già presenti 26

SUCCESSIONI LITOIDI E SEMILITOIDI DEI RILIEVI MONTUOSI E COLLINARI 27

SUCCESSIONI ESSENZIALMENTE TERROSE 32

prove in sito 34

SUCCESSIONI ESSENZIALMENTE DETRITICHE 36

13.0 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA 38

ASPETTI DINAMICO-STRUTTURALI E LEGISLATIVI 38

EFFETTI COSISMICI 46

peggioramento dell'instabilità dei versanti 47

liquefazione *49*

ZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE – I LIVELLO – CARTA DELLE MOPS 51

RISPOSTA SISMICA DI SITO – III LIVELLO 58

EFFETTI STRATIGRAFICI 59

EFFETTI TOPOGRAFICI 59

SPETTRI DI RISPOSTA ED AZIONI SISMICHE DI PROGETTO 59

ZONAZIONE DEL TERRITORIO COMUNALE 60

20.0 -SCHEMI TIPOLOGICI DELLE FONDAZIONI : 63

20.0 - CONCLUSIONI: VERIFICHE DI COMPATIBILITÀ 86

TITOLO I – DISPOSIZIONI GENERALI

La redazione di un piano costituisce sempre l'occasione di riflettere sulla città ed il territorio e sul suo futuro, da parte della società che lo abita.
Con riferimento specifico al Comune di Serino è importante precisare che il PUC con delibera di C.C. n. 44 del 16.12.2010 era stato adottato a seguito delle osservazioni dei cittadini, ma per motivazioni legate al parere espresso dalla Settore Tutela e Ambiente AGC 05 della Regione Campania , doveva addivenire ad una rimodulazione. A tal riguardo l'Amministrazione Comunale di Serino ha ritenuto opportuno provvedere alla stesura del PUC, perseguendo il procedimento messo in campo dalla nuova procedura definita dal Regolamento n. 5 del 2011 e dal relativo "Manuale operativo" che oltre a garantire una più ampia consultazione della popolazione induce ad uno snellimento del procedimento urbanistico.
In questa direzione sono stati redatti gli atti amministrativi di seguito elencati che hanno permesso di avviare il PUC, attraverso la adozione,in data 12/11/2019 Delibera di Giunta n. 153 Comunale, il Preliminare di Piano:

- delibera di Giunta Municipale n. 109 del 07/11/2017 vennero dati l'indirizzo politico per la costituzione dell'Ufficio di Piano per la redazione del Piano Urbanistico Comunale;
- delibera di Giunta Municipale n. 28 del 16/02/2018 si costituiva l'Ufficio per la Valutazione Ambientale Strategica (VAS);
- determina del Settore Tecnico n. 84 del 15/03/2018 si costituiva l'Ufficio di Piano con la individuazione dei soggetti interni all'Ente per la redazione del P.U.C.;

- in data 8 agosto 2019, prot. n. 7751, il prof. Citarella Francesco ha trasmesso le " Linee guida per la pianificazione strategica dello sviluppo sostenibile del Comune di Serino";
- delibera n. 122 del 13/09/2019 , la Giunta Municipale ha preso atto delle le " Linee guida per la pianificazione strategica dello sviluppo sostenibile del Comune di Serino" redatte dal prof. Citarella Francesco.

Mentre per le altre attività a corredo dello studio e analisi del PUC sono stati incaricati i seguenti professionisti:

- **La *"Carta dell'uso agricolo e delle attività colturali in atto"* è stata redatta con la consulenza, prima dalla Dott.ssa Agronomo Mario Spagnuolo; .**
- **Lo *"Studio geologico-tecnico"* ex L.R. n.9/83 e s.m.i. è stato redatto dai Dott.ri Geologi Luca Guarino e Giuseppe Gallo;**
- **Lo *"Studio per la Zonizzazione Acustica del territorio"* è stato redatto dall'ing. Giuseppe De Maio**

.0.0. –ANALISI TERRITORIALE

B.1.0. DATI DI CARATTERE GENERALE

Il territorio comunale di Serino ricade lungo il margine Nord-occidentale dei M.ti Picentini, compreso tra le valli del F. Calore e F. Sabato, confina a Nord con i comuni di S. Lucia di Serino e S. Michele di Serino, ad Est con i comuni di Aiello del Sabato e Solofra, ad Ovest con il comune di Volturara Irpina, a Sud con i comuni di Giffoni Valle Piana e Montella.

L'abitato, costituito da diversi agglomerati urbani, si sviluppa sulle due rive del F. Sabato e alle pendici dei versanti dei m.ti Picentini, rappresentati in sinistra orografica dal Monte Peluso e dal Monte Pergola, e in destra orografica dal massiccio del Terminio-Tuoro, al quale corrispondono le cime più alte del rilievo.

Altimetricamente il territorio passa da quota 350 metri circa s. l. m., in corrispondenza della parte più a Nord della piana del Sabato, agli oltre 1800 metri circa s.l.m. del Monte Terminio, mentre l'area urbanizzata è compresa tra la quota minima e una massima che non raggiunge i 500 metri s.l.m.



Dista dal capoluogo di provincia circa 10 Km ed è ad esso collegato dal raccordo autostradale Avellino Salerno.

Il comune di Serino fa parte:

Comunità Montana Serinese Solofrana,

della Regione Agraria n. 5 - Alto Sabato

del Consorzio dei servizi Sociali Ambito A6.

L'economia del territorio è ancora prevalentemente agricola, sebbene considerevole è la presenza anche di attività produttive industriali (Distretto industriale di Solofra, Area PIP Comunale), come rilevato anche dal PTR che ha individuato il territorio all'interno di un sistema territoriale di sviluppo a dominante rurale-manifatturiera.

Sul territorio comunale, infatti, risultano ben 168 attività industriali pari al 18,2% della forza lavoro occupata, 244 attività di servizio pari al 26,5% della forza lavoro occupata ,21 attività di servizio pari al 2,3% della forza lavoro occupata.

Il territorio, inoltre, ancora oggi è caratterizzato da elementi naturalistico-ambientali di particolare pregio quali i numerosi boschi che definiscono ecosistemi naturali particolarmente ricchi, che conseguentemente, sono rientrati nell'aree SIC-IT8040011 "Monte Terminio", SIC- IT8050027 "Monte Mai e Monte Manna", ZPS-IT8040021 "Picentini".

Di particolare interesse, inoltre, risultano i centri storici dove si mostrano numerose emergenze monumentali, preziosa testimonianza delle generazioni che ci hanno preceduto.

Notevoli, pertanto, sono le potenzialità turistiche del territorio legate alla fruizione del ricco patrimonio naturalistico-ambientale, nonché alla riscoperta dei piccoli centri storici che, assieme a tanti altri centri storici minori del nostro territorio, ancora ricchi di identità e di tradizioni, costituisce una valida alternativa alle più note mete turistiche regionali.

Considerate le notevoli potenzialità turistiche del territorio, negli ultimi anni grazie alle iniziative di sostegno all'economia rurale poste in essere dalla Regione Campania, anche nel territorio di Serino si è avuto un considerevole sviluppo di attività turistico-ricettive, in particolare agriturismi e ristori lungo la strada che porta al Terminio, nonché la diffusione di tante piccole aziende agricole dedite alla trasformazione e alla commercializzazione dei prodotti della terra e di prodotti tipici tradizionali del territorio (castagna) - turismo enogastronomico.

Il territorio comunale ricade nell'ambito di competenza dell'Appenino Meridionale ex Autorità di Bacino Liri-Garigliano -Volturno. Il comune di Serino è, per superficie territoriale, uno dei comuni più estesi della provincia di Avellino, suddiviso in 24 frazioni: San Giuseppe, San Biagio, Strada, Grimaldi, San Sossio, Troiani, Guanni, Casancino, Rivottoli, San Gaetano, Fontanelle, Laurano, Sala, Doganavecchia, Raiano, San Giacomo, Ponte, Ferrari, Cretazzo, Pescarole, Stazione, Canale, Toppole e Ogliara.

Si estende su una superficie di oltre 52,5 Kmq ed ha una popolazione di 7.113 (Istat- Censimento 2011).

Il territorio, è caratterizzato da elementi naturalistico-ambientali di particolare pregio quali, il fiume Sabato.

In sintesi:

Superficie Territoriale ..... 52,5 kmq (525 Ha)

Popolazione al 2019..... 7.010 ab.

Densità di Popolazione..... 126,53 ab/Kmq

Altitudine max ..... m 1788 s.l.m.

Altitudine min. .....m 358 s.l.m.

Altitudine centro..... m 364 s.l.m.

Classificazione sismica (Del. G.R.5447 del 07/11/2002) Classe 2 – Media sismicità

Nel progetto "Città del Serinese", del PTCP di Avellino, che si è basato sulla costruzione di una visione comune di strategie per lo sviluppo e per l'assetto del territorio rientra il Comune di Serino . Il Sistema territoriale di riferimento si estende, in prevalenza, su una depressione circondata dai monti. A sud est domina il gruppo del Terminio e a sud ovest il monte Faliesi. Da Serino ad Atripalda il fiume Sabato attraversa la prima delle due ampie valli del suo corso, ed in esso incontra i primi insediamenti industriali e attraversa i centri abitati di Serino, San Michele di Serino, dove capta le sorgenti "Acquaro- Pelosi. Il territorio comunale di Serino rientra nelle unità di paesaggio , del PTCP, 23_1 (San Michele di Serino, Santa Lucia di Serino, Serino). Le fasce collinari, che circondano la conca, sono caratterizzate da una morfologia dolce che ha consentito una distribuzione antropica, per lo più costituita da case sparse o da aggregati elementari.

B 1.5 - Autorità di Bacino

Il territorio comunale di Serino ricade nell'ambito territoriale di competenza dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale ex Autorità di Bacino dei fiumi Liri-Garigliano e Volturno, con sede in Caserta. Le attività edilizie e di trasformazione del territorio disciplinate dal PUC, pertanto, saranno attuate nel rispetto di quanto definito negli strumenti di pianificazione e difesa del suolo della stessa Autorità.

H.1.0. – CRITERI PROGETTUALI GENERALI

Il progetto di PUC è stato improntato, fin dalle fasi iniziali, al massimo coordinamento con gli indirizzi strategici delineati dal Piano Territoriale Regionale e dal Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Avellino, nel rispetto di quanto stabilito dalla L.R. n.16/2004 e dal Regolamento n.5 del 04/08/2011, circa la valutazione e le incidenze delle scelte di piano effettuate, con particolare riguardo al Paesaggio ed alla sua tutela .

Inoltre, le previsioni di Piano sono state elaborate in coerenza con le determinazioni dell'ex Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno, oggi Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appenino Meridionale, come contenute nel PSAI – Piano Stralcio Assetto Idrogeologico, Piano gestione rischio alluvioni, da essa redatto .

Il rapporto con la pianificazione sovraordinata è illustrato con maggior dettaglio nei relativi paragrafi di seguito riportati.

Per quanto riguarda l'assetto progettuale in dettaglio, il PUC tende fondamentalmente a rafforzare e completare le potenzialità del territorio attraverso il riordino dell'intero paesaggio territoriale, partendo da quanto è accaduto nel contempo, soprattutto da post terremoto del 1980, codificando e ordinando gli ambiti del tessuto urbano consolidato.

L'analisi preliminare del territorio, infatti, ha restituito una serie di condizioni originate dalla sostanziale assenza di un "piano-guida" che contemplasse e coordinasse la crescita e la strutturazione sia del paesaggio urbano che di quello extraurbano. Infatti, il Piano Regolatore Generale pregresso poteva delineare le direttrici di sviluppo edilizio nel Comune ma non poteva, per sua natura, gestire la complessità dei fattori che influiscono sulle dinamiche evolutive di una realtà territoriale.

A maggior ragione, non poteva lo stesso Piano controllare quei fattori che solo recentemente sono divenuti importantissimi all'interno di dette dinamiche, quali l'economia turistica e agrituristica, la riqualificazione degli ambiti urbani di formazione recente.

Il P.U.C. , partendo dal Documento strutturale e programmatico, redatto dal prof. Citarella, e posto a base degli incontri preliminari con le associazioni e gli enti e condiviso con l'Amm.ne Com.le di Serino, anche attraverso un lungo lavoro con il competente Ufficio di Piano a tal uopo costituito, ha perseguito in modo coerente le proposte di indirizzo strategico che hanno informato il disegno di Piano :

1. previsione di una fascia di rispetto fluviale per finalità di tutela ed utilizzo a scopo ricreativo del Parco fluviale;
2. limitata crescita residenziale, localizzata in nuovi ambiti di trasformazione residenziale, con saturazione di spazi vuoti nel costruito esistente;
3. definizione e diversificazioni delle aree agricole e di tutela;
4. sostenere uno sviluppo turistico-ricettivo a basso impatto e promozione dell'accoglienza di qualità;
5. previsione di crescita del comparto industriale commerciale legato alle mondo orto-frutticolo di qualità.

Nel presente P.U.C., quindi, l'individuazione di aree destinate ad un nuovo sviluppo residenziale è limitata e riguarda sostanzialmente il completamento del tessuto urbano esistente (Zona B2) e la sua integrazione con ambiti di nuova edificazione (Zona C) sempre a ridosso dei nuclei abitati.
Molta importanza viene data, quindi, alla riqualificazione e al riuso del patrimonio esistente, da completare secondo le modalità e le tipologie insediative in uso localmente e consolidatesi nel tempo, che hanno di fatto definito una forma urbana dalla quale non si può prescindere.
A fronte di tale impostazione generale, l'intervento nella Zona B è fondamentalmente orientato alla riqualificazione e completamento di tutta la fascia urbana sviluppatasi, per gradi e nel tempo, attorno alle frazioni di Serino, mirando ad un'idonea e coerente interrelazione pur nel rispetto delle tipologie e dei rapporti insediativi consolidati e lasciando ampi spazi all'integrazione delle funzioni miste ed extra-residenziali (commercio, servizi, terziario, ecc.). All'interno del tessuto urbano, sono state individuate aree , deputata ad accogliere la volumetria legittimamente prevista dalla ex Legge 219/81 (Zone B2.1). il Puc, al fine di favorire la delocalizzazione di edifici posti in aree ad alto rischio idrogeologico da frana e da alluvione, ha previsto la individuazione di una zona , in ambito urbano, dove è possibile delocalizzare le abitazioni che oggi ricadono in zone a rischio idraulico molto elevato (Ribottoli, Troiani, S.Sossio, San. Biagio, San Giacomo, Cuminaglie/Ponte) Zona C.2.
Di pari passo al riordino del paesaggio abitato, il PUC individua le necessarie dotazioni di servizi e attrezzature (Zone del tipo "F"), contemplando il soddisfacimento degli standard urbanistici di Legge, ancorché lasciando spazio all'iniziativa non solo pubblica, ma anche privata.
La potenzialità nel settore produttivo, viene idoneamente supportata ed incentivata con la previsione della Zona D dedicata sostanzialmente ad attività artigianali di piccola/media dimensione e legate alla economia locale, nonché ad attività turistiche, di servizio, socio assistenziali che si andranno ad insediare .
Per altro verso, la riqualificazione territoriale del "campo aperto" è stata proposta mediante una nuova e diversa configurazione del territorio agricolo, di fatto talvolta urbanizzato, anche per destinazioni non perfettamente in linea con il concetto di "ruralità", mirando principalmente alla salvaguardia del contesto naturale e seminaturale contenuto dalla zona collinare e alla zona di valle e lungo fiume Sabato.
Pertanto, accanto alla "Zona E1 – Agricola ordinaria" sono state individuate le aree agricole "Zona E2 – Agricola di tutela ambientale ", che mira alla salvaguardia del territorio collinare e di alta valenza ambientale, "Zona E3 – Agricola speciale di tutela del paesaggio fluviale" , laddove le specificità fisiche, ecosistemiche, naturalistiche, possano dispiegare le proprie potenzialità, senza particolari aggressioni.
Alla luce delle recenti azioni promosse dalla Regione Campania, sia sotto il profilo legislativo (L.R. n.17/2001), sia per quanto attiene alle azioni connesse all'attuazione dei finanziamenti Europei, Nazionali, Regionali, per l'attivazione di risorse pubbliche e private, la proposta di Piano Urbanistico Comunale sostanzia ed individua aree attrezzate a vocazione turistica ("Zona F7"), dove sono ammesse le seguenti destinazioni d'uso: parchi urbani e parchi territoriali, orti botanici, campi scouts, piste e attrezzature per giochi all'aperto e lo svago dei cittadini. In queste zone sono consentite costruzioni che abbiano esclusivamente funzione di integrare la destinazione specifica della zona, come attrezzature di gioco per bambini, chioschi, piccole foresterie, centri servizi e simili. Vista l'attitudine delle aree verdi pedemontane, lungo le pendici del Monte Terminio , di attrarre turisti per godersi gli spazi aperti nella natura, il PUC prevede delle aree attrezzate per pic-nic, piccoli chioschi e simili, recupero dell'edilizia rurale di pregio (Zona F7). Le aree di cui sopra hanno basso impatto urbanistico.
Il progetto di Piano, pertanto, si configura come progetto di riordino e codificazione dell'esistente, orientato alla riqualificazione e al recupero delle valenze paesaggistiche, ma anche allo sviluppo reso

possibile dalla duplice vocazione produttiva in senso stretto e turistica-rurale; si tratta, pertanto, di una impostazione di Piano multifunzionale, quale non poteva diversamente essere in un contesto così variegato.
Sul piano delle infrastrutture vengono previsti piccoli interventi di nuova realizzazione viaria, mentre particolare rilievo viene posto alla ristrutturazione e miglioramento della viabilità esistente e dei relativi sovra e sottoservizi fognari, idrici, elettrici.

3.0 COMPATIBILITÀ TRA CONDIZIONI GEOTECNICHE E PREVISIONI URBANISTICHE

Il presente progetto P.U.C. – Piano Urbanistico Comunale è stato coordinato con lo studio geologico – geomorfologico – geostatico – idrogeologico – geosismico, redatto, ai sensi della L. n° 64/1974, L.R. n° 9/1983, art. 89 DPR 380/01, nonché dagli aspetti tecnici disciplinati dal D. M. del Del 14/01/2018, dal Dott. Geol. Luca Guarino iscritto all'Albo Regionale dei Geologi della Regione Campania al n. 2507 e dal Dott. Geol. Giuseppe Gallo iscritto all'Albo Regionale dei Geologi della Regione Campania al n. 607, sottoscritti progettisti del P.U.C. hanno quindi redatto la verifica che segue, in modo da meglio specificare i rapporti geotecnici e geosismici, in termini di compatibilità, tra le caratteristiche geosismiche dei terreni e le previsioni di trasformazione del territorio.
Dall'analisi condotta dallo studio geologico integrativo e per la verifica del grado di sismicità del territorio di Serino, è stato eseguito lo studio, al fine di individuare le aree geologicamente significative per la zona, in riferimento alla ubicazione delle strutture sismo genetiche dell'Appennino Meridionale.

4.0 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

Il territorio comunale di Serino si inserisce in un tratto della catena appenninica con struttura a falde di ricoprimento neogenica, generatasi a partire dal Miocene inferiore-medio (Figg. 1-2).
Nell'ambito della catena montuosa corpi calcarei e flyschioidi si alternano in complessi assetti strutturali: infatti l'assetto strutturale in particolare del settore Irpino, è il frutto di una serie di eventi tettogenetici avvenuti in un periodo di tempo compreso tra il Miocene ed il Pliocene, che hanno portato allo smembramento ed all'accavallamento di unità paleogeografiche preesistenti o sinorogeniche.
Come ampiamente noto, lo studio delle unità tettoniche derivate consente di idealizzare la catena appenninica come una successione di falde embriciate, costituite prevalentemente da rocce calcareo-dolomitiche e depositi terrigeni in facies flyschioide. La messa in posto della catena si è completata con le intense fasi di sollevamento plio-pleistocenico che indusse, in particolare, l'ulteriore

smembramento delle strutture geologiche.

La catena deriva dalla deformazione, strutturazione e scollamento di differenti domini meso-cenozoici preesistenti che si erano interposti tra l'area cratonica africana e l'antico oceano della Tetide. In particolare, questi domini caratterizzavano un margine frammentato, soprattutto in termini crostali, ove si diversificavano domini di sedimentazione quali ambienti di mare basso, le piattaforme carbonatiche (Sud-Appenninica s.l. e Apula o Campano-Lucana e Abruzzese Laziale), con interposti bacini pelagici, ambienti di mare profondo (Bacino Lagonegrese o Lagonegrese-Molisano).

I primi domini si caratterizzavano per l'isolamento dalle aree continentali e costituivano ampie zone a sedimentazione esclusiva carbonatica. Durante il Paleogene e fino al Miocene inferiore nelle zone marginali ai domini neritici si deponevano sedimenti calcarenitici e calciruditici torbiditici, cui si intercalavano argille ed argille marnose rosse e verdi, calcilutiti e marne tipo "Scaglia" (Flysch Rosso).

Tra il Cretaceo superiore e il Paleogene, questi domini di sedimentazione costituivano i settori di retro paese della Catena delle Alpi, l'orogenesi Alpino-Hymalaiana interessa l'area appenninica solo a partire dal Miocene inferiore quando processi di subsidenza forzata portano gradualmente, da occidente ad oriente, il retropaese alpino a divenire avampaese appenninico e successivamente avanfossa.

Durante la tettogenesi si sono sviluppate differenti avanfosse sia per gli aspetti fisiografici sia per quelli strutturali e petrografici, testimoniate da depositi di sedimentazione sinorogeni con caratteri stratigrafico-sedimentari diversi. Tra queste, l'avanfossa miocenica conosciuta sotto il termine di "Bacino irpino" rappresenta un momento molto caratterizzante della sedimentazione sinorogena e quindi della evoluzione del sistema catena-avanfossa durante buona parte del Miocene.

Alcune successioni flyscioidi, ad esempio la "Formazione di Corleto Perticara", sono significative per la comprensione della conformazione del cuneo tettonico e della sua strutturazione. Il carattere regressivo delle successioni e il diacronismo delle facies indicano la progradazione del sistema catena-avanfossa verso gli attuali quadranti NE. La presenza di olistoliti calcarei e olistrostromi di argille policrome definiscono condizioni di acme della tettonica. Le discontinuità basali del tipo "unconforrnity" e presenza di facies con sedimenti grossolani e disorganizzati cannibalizzati dal substrato indicano una traslazione dello stesso durante la sedimentazione "piggy back basin". Successioni tipo Serra Palazzo rappresentano depositi di sedimentazione marginale rispetto al fronte della catena, mentre successioni esclusivamente calcaree indicano aree più esterne di raccordo tra l'avanfossa e l'avampaese apulo.

Con il Messiniano e il Pliocene si passa ad uno stadio differente della tettogenesi: il sistema catena-

avanfossa cambia conformazione e diviene più superficiale considerato che la sedimentazione è prevalente di mare basso. Le facies litologiche che hanno origine in questo contesto sono di tipo "molassico". Successivamente, durante la tettonica plio-quaternaria, con lo scemare dei regimi compressivi, prendono avvio le fasi surrettive della catena.

La reazione isostatica, che ha sempre accompagnato le fasi tettoniche, si risolve soprattutto con il Pleistocene con i maggiori rigetti: sollevamenti della catena differenziati a scala regionale e progradanti dall'area tirrenica a quella adriatica producendo disarticolazione e disequilibri, hanno favorito il passaggio alla continentalità di parte della catena sud-appenninica e quindi alla sedimentazione continentale.

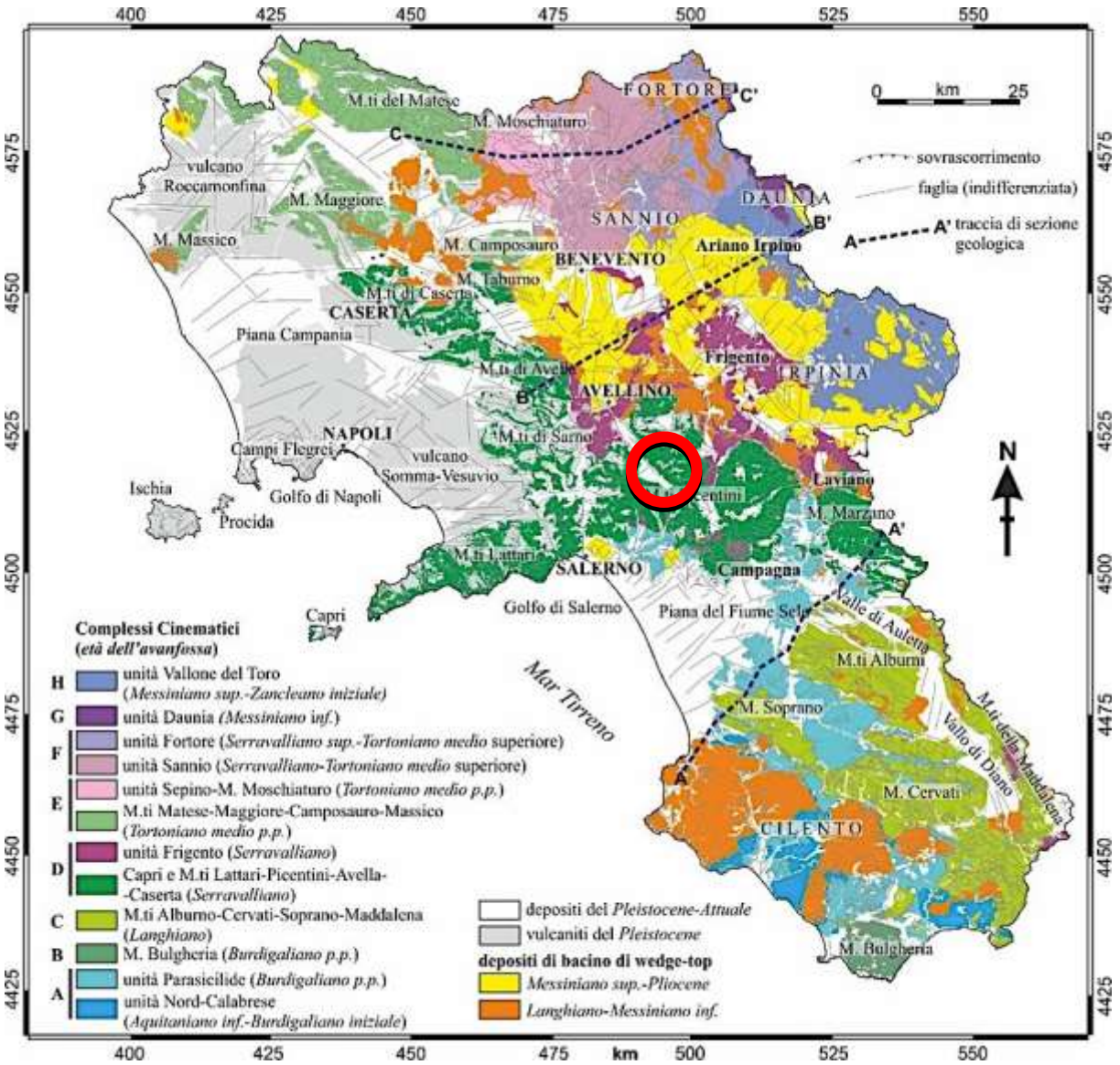


Figura 1 - Carta dei Complessi Cinematici della Campania (da "Carta Geologica della Campania – note illustrative" di S. Ciarcia e S. Vitale - 2018)

Più nel dettaglio l'area in esame ricade al margine della vallata del F. Sabato, al margine occidentale del massiccio carbonatico del Tuoro-Terminio, facente parte dei Monti Picentini, cioè una delle più estese unità morfo-strutturali dell'Appennino Campano Lucano, di età compresa tra il Trias superiore

ed il Cretaceo superiore, come illustrato nel seguente stralcio del Foglio 449 "Avellino" e del Foglio 467 "Salerno" della Carta Geologica d'Italia in scala 1: 50.000 (Fig. 4), a cura dell'ISPRA – Servizio Geologico d'Italia.



Figura 2 - Stralcio della "Carta geologica schematica dell'Appennino meridionale" (T. Pescatore, S. Di Nocera e altri – 2008). Legenda: 1) Depositi pliocenici e quaternari; 2) Depositi sino-rogenici miocenici; 3) Unità Sicilide e Liguride; 4) Unità della piattaforma carbonatica sud-appenninica; 5) Unità del Bacino Lagonegrese-Molisano; 6) Unità Apula.

Attualmente, a scala regionale, il gruppo montuoso è un alto strutturale in assetto monoclinalico complessivamente immergente verso Nord, potente circa 1500 mt. Esso possiede una pianta poligonale che si compone di blocchi variamente isolati il cui limite è rappresentato da famiglie di faglie ad orientazione appenninica ed antiappenninica (NW-SE e NE-SW), con direzione cioè conforme alla orientazione dei trend principali della tettonica regionale epigenetica inquadrabile cronologicamente nel Plio-Pleistocene. Queste discontinuità, che delimitano perimetralmente anche l'intero massiccio, sono quindi sintetiche e subordinate alle direttrici principali che hanno dissecato la catena neogenica durante la neotettonica distensiva recente.

A supporto dello sviluppo delle fasi tensili si individuano, come effetti, le incisioni dei depositi elastici alto-pliocenici e le numerose superfici di peneplanazione sospese a diverse altezze.

In direzione Nord-Ovest la struttura dei M.ti Picentini presenta dei ribassamenti a gradinata che si susseguono fino a determinare la depressione strutturale del F. Sabato e, poco più a Nord, della conca di Avellino, zone queste di massimo recapito relativo dei sedimenti recenti ed attuali. Le faglie, inoltre, mettono a contatto le successioni carbonatiche del massiccio e le unità terrigene sovrastanti

aggiungendo complicazioni all'originale rapporto tettonico tra le unità strutturali carbonatiche e quelle di bacino, entrambe di età meso-cenozoica. Al margine settentrionale ed occidentale della successione carbonatica sono infatti accostati rilievi collinari costituiti da una successione arenaceo congiomeratica-argillosa torbiditica con intercalati olistoliti e brecce calcaree ascrivibile al Flysch di Castelvetere (Unità del Bacino Irpino), di età Langhiano Tortoniano inferiore, e da successioni alto-mioceniche di mare relativamente profondo che in parte sono sottoposte e in parte suturano il fronte di sovrascorrimento del dominio dei massicci calcarei.

Poco più a Nord, nella depressione di Avellino sono presenti successioni calcareo elastiche, con livelli diasprigni, subordinatamente argillose, che si configurano come successioni di base scarpata-bacino noti con il termine di "Flysch rosso" auct. Questi terreni, che caratterizzano le porzioni sommitali dei rilievi collinari come klippen, si correlano regionalmente alle successioni di bordo esterno del Monte Marzano (al confine campano-lucano) o alla "Unità del Sannio" e in parte alla "Unità Sannitiche".

Sempre nella piana avellinese si differenziano rari terreni argilloso-sabbioso-conglomeratici di età pliocenica e i più diffusi terreni argilloso-siltosi-arenaceo-conglomeratici alto-miocenici. I primi rappresentano porzioni relitte della successione ciclica del bacino marino pliocenico della Valle Caudina correlato, a scala regionale, alla Unità di Ariano; i secondi costituiscono successioni di mare relativamente basso che spesso passano, mediante superfici di discontinuità laterali e verticali, a successioni francamente evaporitiche e/o post evaporitiche. Relativamente a queste ultime successioni è provata l'esistenza di ulteriori superfici di discontinuità a scala regionale e caratteri sedimentologici, stratigrafici e strutturali abbastanza diversificati che esprimono indirettamente momenti evolutivi differenti della costruzione del sistema catena-avanfossa di questo settore di catena rispetto a quanto classicamente detto in letteratura con il significato di Unità di Villamaina e Unità di Altavilla.

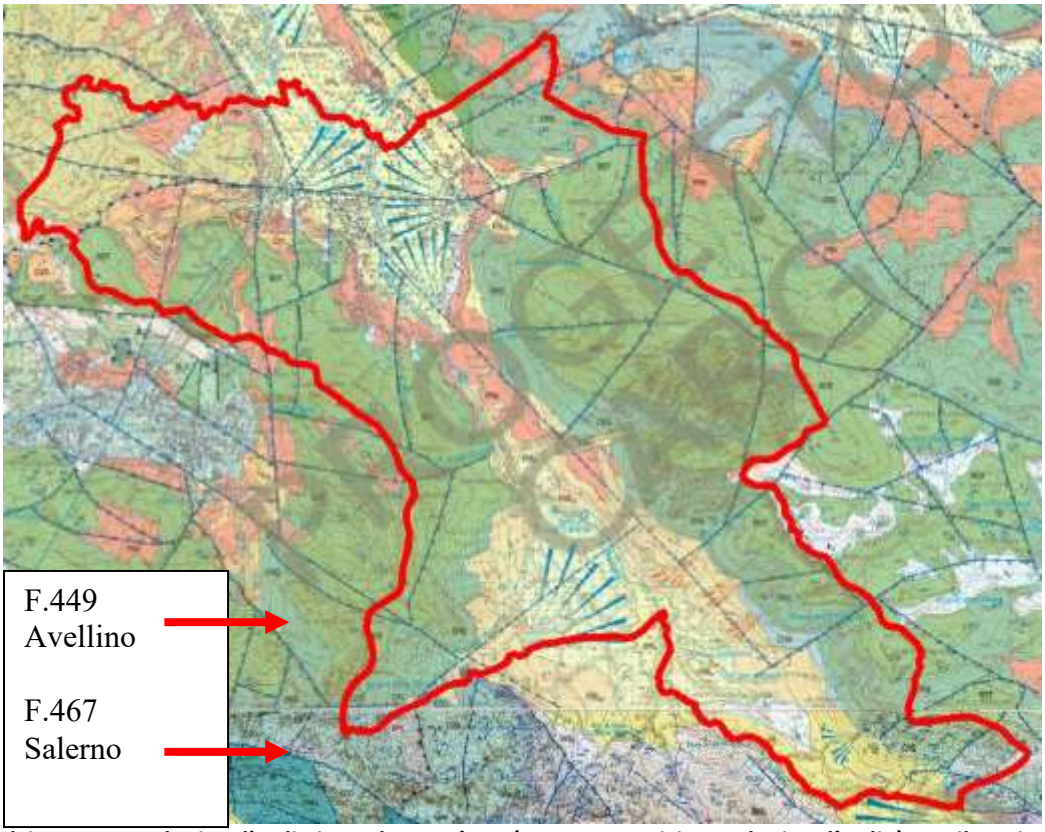


Figura 3 - Stralcio Carta Geologica d'Italia in scala 1: 50’000 (ISPRA – Servizio Geologico d’Italia) con il territorio comunale. Legenda:

- **Unità tettoniche della piattaforma appenninica:**

  DBS3 - dolomia superiore – membro delle dolomie bioclastiche laminate

  CPL1 - calcari a palaedosycladus – membro a lithiotis

  CCM - calcari con cladocoropsis e clypeina

  CRQ - calcari con requienie e gasteropodi

  RDT - calcari a radiolariti

- **Unità del Fortore-Groppa d’Anzi**

  CPA - Formazione di Corleto Perticara

- **Formazione di Castelvetere**

  CVT1- membro arenaceo-conglomeratico

- **Supersistema dell’alta valle del Sabato**

  TGC – tufo grigio campano o giallastro per zeolitizzazione

  FSBb – sistema di vallone Matrunolo – conglomerati in matrice di natura calcarea e/o vulcanoclastica

  FSBa3 – sistema di vallone Matrunolo – detrito di falda con clasti calcarei e matrice sabbiosa calcarea e piroclastica

  ERIa3 – sistema si Serino – brecce calcaree in matrice sabbioso-terrosa

  PNV – Unità Piano della Selva – depositi piroclastici da caduta

- **Depositi continentali quaternari:**

  b2 – coltre eluvio-colluviale – alternanza di livelli detritici-arenacei o pomicei in matrice piroclastica talora argillificata

b – deposito alluvionale – ghiaie poligeniche ed eterometriche in matrice sabbioso-limosa

Il sollevamento isostatico del Pleistocene da un lato, e la differente azione morfoselettiva quaternaria dall'altro, conferisce all'area in esame un paesaggio molto vario caratterizzato sia da pendici carbonatiche con frequenti irte scarpate, sia da orli di raccordo con aree pedemontane, sia da forme collinari e sia dalla piana alluvionale del F. Sabato.

Infatti la depressione strutturale del bacino idrografico del F. Sabato, che si dirama dalla conca di Avellino con direzione NW-SE, interrompe bruscamente sul lato occidentale la continuità litologica e morfologica della dorsale carbonatica. Questa è caratterizzata da versanti bordieri perimetrici, originati da faglie quaternarie a prevalente componente normale, lungo i quali sono evidenti i maggiori dislivelli topografici. Proseguendo verso Ovest, è presente un ambito subpianeggiante in cui i depositi pedemontani di fondovalle si legano con quelli alluvionali recenti del F. Sabato. Ancora verso Ovest la fascia detritica recente viene in contatto con i rilievi collinari del gruppo M.te Peluso-M.te Pergola, costituiti litologicamente da successioni marnoso-silico-argillose della già citata Formazione di Castelvetere e successioni prevalentemente calcareo-elastiche di ambiente di transizione scarpata-bacino.

Il corso del fiume Sabato e la maggior parte dei suoi tributari incidono i suddetti terreni quaternari, mio-pliocenici e talvolta i terreni argillosi multistratificati che costituiscono l'ossatura del sottosuolo dell'area collinare.

In questo contesto, tra piana alluvionale, fasce pedemontane e rilievi montuosi ricade il territorio comunale di Serino così come visibile nelle precedenti Figure 1-2-3.

8.0 CARTA GEOMORFOLOGICA

Dal punto di vista geomorfologico, considerando gli All.ti 4 - 7 e 8 ("Carta geomorfologica" - "Carta delle pendenze" – "Carta della stabilità"), nel territorio comunale di Serino può essere individuata:

- una parte montuosa calcarea che occupa il lato est e nord-est (M.te Terminio) e sud-ovest (M.te Pergola - M.te Vellizzano - M.te Faggeto - M.te Garofano - Tuoppo dell'Uovo);
- una parte collinare corrispondente al M.te Peluso nella parte nord-ovest;
- una parte pedemontana tra le due dorsali calcaree, in asse al F. Sabato;
- una parte quasi pianeggiante corrispondente alla parte settentrionale del fondovalle del F. Sabato.

SETTORE MONTUOSO

I rilevi calcarei sono caratterizzati da elevate acclività dei versanti con alternanze di dirupi e creste rocciose, strapiombi e profonde incisioni torrentizie che formano un paesaggio piuttosto contorto e variabile.

Come già detto precedentemente nella parte riguardante la litologia, l'elemento principale che modella l'ambiente calcareo è dato dalla tettonica del Quaternario che ha frammentato l'originaria piattaforma carbonatica con faglie e fratture subverticali, rialzando e facendo ruotare i vari settori in modo piuttosto differenziato.

L'evoluzione dei rilievi carbonatici è leggibile con un'analisi di dettaglio che mette in evidenza, nella parte superiore, un "paesaggio a paleosuperfici" tipico degli stessi contesti dell'appennino. Si tratta di spianate sommitali con varia estensione e di origine tettonico-carsica che rappresentano lembi di un'antica superficie morfologica di età Pleistocene inferiore, che è stata disarticolata in blocchi di ordine inferiore. Un esempio di paleosuperfici è dato dalla Piana del Dragone, che si riconosce nel comprensorio comunale con la spianata in località Le Mezzane, al confine con il comune di Volturara Irpina. Oltre a questa situazione, piccole spianate si riconoscono in vari punti del territorio sia sulla sommità dei rilievi (Piano Reola, Colla di Basso, Acqua del Cerchio, M.te Velizzano) e sia, talora, a mezza costa come per esempio a monte delle frazioni Canale e Fontanelle.

Intorno al "paesaggio a paleosuperfici" si sviluppa quello denominato "a versanti bordieri con valloni associati" che comprende in pratica tutti i versanti con elevata acclività variamente dissecati da valloni profondi ed incisioni. Questi elementi si sono sviluppati lungo faglie e fratture preesistenti dando luogo a reticoli idrografici di basso ordine gerarchico o, molto più spesso, costituiti da un solo ramo. Tra le maggiori incisioni si citano il Vallone dell'Orso, V.ne dei Lanzilli, V.ne Matrunolo (particolarmente incassato), V.ne dell'Olmo, V.ne di Boianico, V.ne dell'Asino, i due valloni a monte delle frazioni Raiano e Ferrari.

Le originarie scarpate di faglia che interessano I rilievi carbonatici hanno assunto la sagoma attuale tramite il modello della regressione rettilineo-parallela[1], articolata in differenti cicli di cui ancora sono visibili le tracce. In pratica la parte sommitale del versante rappresenta una scarpata formata dalla stessa faglia che ha generato il versante, successivamente arretrata verso l'attuale posizione e fossilizzato da coltri di origine vulcanica ed eluvio-colluviale. Questa situazione ha generato le tipiche "faccette triagolari" cartografate ed le porzioni di versante planare che si alternano alle incisioni.

I versanti presentano acclività con valori minimi di 30° che arrivano oltre i 60° e, lungo le scarpate più impervie, sfiorano la subverticalità.

Spesso i versanti presentano zone concave o leggermente concave che vengono fossilizzate da coltri detritico-terrose e che possono denotare antiche frane. Se presenti alla testata di impluvi, si tratta di "bacini di ordine 0" (ZOB) che possono rappresentare zone di innesco di frane di colata rapida.

Questo paesaggio relativamente maturo varia improvvisamente tra le località Cannella, il Salvatore, Carpino e Costa Friddo dove esso è particolarmente tormentato con la presenza di dirupi, gole, forme aspre ed irregolari, probabili specchi di faglie non arretrati e forme carsiche più o meno pronunciate, elementi questi che denotano un'immaturità morfologica di questo settore montuoso. Ciò è legato probabilmente a fasi tettoniche e carsiche localmente più intense e particolarmente diffuse.

Altro elemento che caratterizza un po' dovunque l'assetto morfologico dell'area è dato da porzioni di cornici di mofoselezione discontinue dovute alla maggiore frazione dolomitica e marnosa della roccia calcarea.

SETTORE COLLINARE

Le aree collinari che comprendono il M.te Peluso, a nord di M.te Pergola, sono caratterizzate dall'avere forme più morbide e smussate di quelle dei rilievi calcarei ai quali sono adiacenti. La

successione litologica in genere stratificata ha reagito in modo relativamente più plastico agli stress tettonici ed è maggiormente erodibile per cui le superfici di origine strutturale e le incisioni ed impluvi legati a faglie e fratture sono meno nette e definite.

Le curve di livello non si mantengono subparallele come nel caso dei calcari e determinano una serie di concavità diffuse ed irregolari separate da spartiacque rettilinei non molto pronunciati. Le acclività variano tra i 13° e 15° con punte di 20° in prossimità della vetta di M.te Peluso. Solo nella zona a valle della frazione Canale e ad ovest della frazione Ferrari il paesaggio assume forme poco più aspre a causa del carattere maggiormente litoide della formazione terrigena, con pendenze che raggiungono il valore massimo di 21°.

I reticoli idrografici, considerata la bassa permeabilità e la già citata maggiore erodibilità, non risulta molto sviluppato ed i singoli impluvi hanno in genere una forma slargata che in qualche caso tende leggermente più a forma di "V".

SETTORE PEDEMONTANO

L'area occupata dalle fasce pedemontane e vallive costituisce la parte centrale del territorio comunale, comprendendo tutti le frazioni del paese.

Lungo la base dei rilievi calcarei ed arenaceo-argillosi la fascia pedemontana di raccordo con il fondovalle è caratterizzata da forme deposizionali di tipo "talus" detritico-terroso, legate ai fenomeni di degradazione e dilavamento del versante, riconoscibili soprattutto nelle aree a valle delle "faccette triangolari" menzionate nel caso settore montuoso.

Morfologicamente il talus è in continuità eteropica con le coperture vulcanoclastiche che occupano le aree meno acclivi cosicché nelle parti prossime alle pendici calcaree i sedimenti depositati possiedono dimensioni maggiori di quelli via via più lontani per cui è possibile individuare una relativa gradazione in senso orizzontale dovuta alla diminuzione dell'energia di deposizione e testimoniata indirettamente dalla pendenza del talus che tende a decrescere leggermente da monte verso valle. Si passa così da valori di acclività di 10°-15° nelle zone topograficamente più alte a valori di 6°- 8° nelle zone distali.

Queste aree deposizionali sono interrotte, allo sbocco dei vari valloni ed incisioni, da accumuli di conoidi detritico-alluvionali, recenti e antichi, con spessori talora anche di decine di metri. In misura più evidente rispetto al caso precedente, anche nei cumuli di conoide è evidente una classazione granulometrica in senso orizzontale, a partire dalla zona apicale verso le zone distali, che si traduce in una diminuzione graduale di pendenza. I valori di acclività sono dello stesso ordine di grandezza di quelli citati nel caso del talus e delle coperture piroclastiche. Se ubicati l'uno accanto all'altro, i conoidi si "fondono" con rapporti eteropici (conoidi anastomizzati).

La loro superficie non presenta in genere incisioni idriche ad eccezione di quelli che interessano la frazione S. Sossio e Ribottoli, dove comunque gli alvei sono appena approfonditi; negli altri casi i corsi d'acqua hanno scavato il loro alveo solo lateralmente al corpo sedimentario, come ampiamente conferma la casistica nella letteratura specialistica in materia. È il caso del conoide del Vallone dei Lanzilli e del Vallone Matrunolo dove le incisioni laterali sono molto approfondite, mentre nel caso dei conoidi di Vallone dell'Olmo, di quelli della località Villanova e Pianella, di quello ad ovest della frazione Raiano l'incisione è più modesta. Il grosso conoide di Vallone Tornola-Vallone del Puzzillo appare invece delimitato da entrambi i lati da modesti alvei fluviali.

A valle dei conoidi e dei talus pedemontani la successione di alluvioni antiche sottostanti è profondamente incisa dal F. Sabato formando una profonda forra che attraversa tutto il territorio comunale fino a quasi la frazione Fontanelle. La forra raggiunge la massima altezza ai piedi del conoide del vallone matrunolo (quasi 50 mt) mentre solitamente si mantiene sui 30-35 mt fino a diminuire verso nord e verso sud. Le acclività delle pareti oscillano tra 20° e 35°.

SETTORE SUBPIANEGGIANTE

La porzione subpianeggiante è situata a nord del territorio comunale dove la valle del F. Sabato si slarga notevolmente tra i rilievi calcarei ad est e quelli terrigeni ad ovest, ambedue con relativa fascia pedemontana. Essa accoglie la maggior parte del territorio urbanizzato (frazione Sala con le zone a nord di essa meno antropizzate) edificato sulla cospicua coltre di terreni recenti principalmente alluvionali del F. Sabato che hanno colmato le depressioni preesistenti.

Le quote del piano di campagna oscillano dai 380 ai 400 s.l.m. con pendenze dell'ordine di 1,5°-2° per cui il corso fluviale principale assume un assetto meandriforme.

EVOLUZIONE DEL PAESAGGIO

I diversi ambiti morfologici sono soggetti a naturali forme di evoluzione che tendono continuamente al raggiungimento di condizioni di equilibrio con l'ambiente circostante man mano che le condizioni al contorno variano. In tal modo le forme in rilievo tendono ad appiattirsi grazie ai vari tipi di erosione (lineare, areale, carsica) ed a frane di varia tipologia mentre le aree di fondovalle vengono colmate in modo differenziato dalle coltri di erosione variamente rimaneggiate. In questi processi i corsi d'acqua svolgono un ruolo molto importante con la loro azione di erosione, trasporto e deposizione.

Nel territorio in esame un ruolo importante è dato dalla franosità che rappresenta fonte di pericolo, oltre che per l'uomo, anche per le varie strutture ed infrastrutture concentrate nella parte abitata e per le vie di comunicazione.

Alla luce dei suddetti studi vengono analizzati i vari ambiti morfolitologici distinguendo i vari tipi di dissesti che da essi possono innescarsi. Come è stato osservato dalle cartografie il territorio di Serino è contraddistinto da una notevole percentuale di aree cartografate a Rischio Molto Elevato (R4), soprattutto sui rilievi di origine calcareo-dolomitica con copertura piroclastica ed alla base dei rilievi in corrispondenza di incisioni vallive che interessano l'abitato. Tra le frazioni maggiormente esposte a tale pericolo ci sono quelle di Ribottoli, Troiani, S.Sossio-S.Biagio, San Giacomo-Sala e Ponte. contornato da aree di possibile ampliamento di fenomeni franosi o di primo innesco.

Nel settore nord-ovest del territorio comunale, nella frazione Canale e aree limitrofe, invece a causa della natura litologica del versante è possibile osservare ad aree di Media Attenzione (A2) e Rischio Medio (R2).

Oltre alle su citate aree del Piano Stralcio redatto, l'Autorità di Bacino ha effettuato una perimetrazione delle aree prossime al Fiume Sabato identificando tre distinte aree di pericolosità crescente verso le sponde dello stesso.

AMBITO MONTUOSO E PEDEMONTANO DEI RILIEVI CALCAREI

A causa delle significative pendenze dei versanti montuosi, con i vari morfotipi che li caratterizzano (valloni, forre, scarpate ecc…), e della presenza di coperture detritico-piroclastiche, i versanti montuosi sono soggetti ad una significativa dinamica evolutiva accelerata dalla complessità strutturale, dalle alte quote (energia di rilievo), dall'azione idrica superficiale, dal crioclastismo e termoclastismo agente sulle rocce in affioramento, dal carsismo che agisce in sotterraneo indebolendo l'ammasso roccioso.

Le coltri detritiche e piroclastiche recenti, che ricoprono con vari spessori le pendici montuose, tendono ad accumularsi specialmente sulle porzioni di versanti relativamente meno ripide, in posizioni di equilibrio momentaneo, come al di sopra delle cornici di morfoselezione o di scarpate strutturali, e nelle concavità presenti sulla testata dei reticoli idrografici (*hollows* o *ZOB* – vedi capitolo 9).

Quando però le condizioni di equilibrio variano, per esempio in seguito a prolungati ed intensi eventi meteorici o per sismi a grossa energia, questi accumuli incoerenti scivolano a valle cercando un nuovo equilibrio. È questa l'origine:

- delle frane di tipo colata rapida, in terra e/o detrito, che denudano le porzioni di versante sia planare che incanalato, in molti casi partendo da semplici scivolamenti nell'ambito di discontinuità planari esistenti nell'ambito del substrato roccioso o delle coperture piroclastiche;
- delle sporadiche frane di crollo e ribaltamento che si innescano in aree molto acclivi coinvolgendo le aree a valle.

Considerate le forti acclività presenti, i fenomeni di instabilità che si generano in questo modo sono molto veloci e pertanto distruttivi per ciò che incontrano sul loro percorso.

COLATE RAPIDE

Le frane di colata rapida coinvolgono coltri incoerenti detritico-terrose e piroclastiche che ammantano sia i versanti planari che quelli variamente incisi da impluvi e valloni, con o meno copertura vegetale. In base al contesto morfologico del versante esse hanno diversi meccanismi d'innesco, di propagazione e di invasione nelle aree a valle, comportando differenti situazioni di rischio dei beni esposti.

Un evento franoso storico risalente al 1805 ha riguardato la frazione Ribottoli con la morte di 77 persone e gravi danni ai fabbricati, un altro evento franoso di entità significativa si è verificato nel 1993 in località Tornola ed ha causato una vittima. Altre frane di entità molto minore sono riferibili agli intensi periodi piovosi dei giorni 9 e 10 novembre del 2010 (tavv. 6a e 6b).

Vengono distinte:

- colate del tipo *valanghe di detrito;*
- colate del tipo *scorrimenti/colate di detrito;*
- colate del tipo *torrenti di detrito.*

- *colate del tipo valanghe di detrito*

Le *valanghe di detrito (debris avalanches)* sono caratterizzate da a comportamento simile ad una valanga che, partendo da un piccolo distacco, si allargano gradualmente verso valle assumendo una tipica forma triangolare.

Queste frane si originano prettamente su versanti a faccetta triangolare, planari o poco incisi, aventi pendenze rilevanti, secondo la letteratura in genere superiori ai 40° anche se sono state riscontrati eventi franosi anche per acclività minori. Infatti nell'area in esame molte faccette triagolari sono prive di rischio o rientrano in zona C1 anche se alcune di esse sono ritenute pericolose per questo tipo di colata e classificate Rpa/Apa: è il caso, in destra orografica, della faccetta ubicata subito a sud del V.ne Matrunolo e delle due faccette del versante ovest del M.te Falascosa e, in destra orografica, le due del versante est del M.te Garofano, quella subito a nord del V.ne dell'Asino, quella in loc. Puzzillo e Acqua della Tornola.

Gli scivolamenti a valanga possiedono una notevole velocità e uno scarso potere di invasione delle aree a valle poiché l'energia viene dissipata lungo la superficie attraversata dal cumulo di frana.

- *colate del tipo scorrimenti/colate di detrito*

Le frane del tipo *scorrimenti/colate di detrito (soil slip-debris flow)* sono movimenti composti che partono nell'ambito della coltre detritico-terrosa come un semplice scivolamento superficiale lungo superfici di discontinuità più o meno definite. Queste ultime possono essere rappresentate da orizzonti prettamente pomicei o cineritici argillificati, oppure dall'interfaccia calcare-copertura. Dopo la prima fase di scorrimento le frane evolvono a colamento lungo il versante a causa dell'elevato tenore idrico.

Queste frane si originano lateralmente rispetto alle incisioni principali, in genere lungo impluvi minori a monte dei quali la porzione di versante concavo (*hollow* o *bacino di ordine zero - zob*) è sede sia di copertura incoerente non ancora intaccata da significativa erosione idrica e sia da concentrazione idrica durante eventi meteorici intensi. Entrambi questi fattori sono chiaramente sfavorevoli per la stabilità. La pendenza limite per questi movimenti sono di 25°-27°.

Rappresentano la maggior parte delle frane classificate come R4 o A4 che possono innescarsi lungo le incisioni minori dei rilievi calcarei, coinvolgendo anche porzioni adiacenti di versante.

Tra i centri abitati minacciati da questo tipo di dissesto si citano le aree *R4* di Ribottoli, quella prossima al fiume compresa tra le loc. Sala e S. Sossio, quella in corrispondenza della loc. Troiani. Altre zone R4 sono Vallone Vigne, Molino, Macchie, Vallone dei Canteri, Vallone Luce, Piano di Cerro, Vallone dell'Asino, Vallone Matrunolo e l'ampia area impervia di Costa Friddo-Cannella-Carpino a monte di esso, l'ampio versante di Vallone di Boianico-il Bosco-Puzzillo e tutti i bacini presenti dalla loc. Acqua Calda verso sud.

- *colate del tipo torrenti di detrito*

I torrenti di detrito *(debris terrent)* sono movimenti di massa con un forte carattere impulsivo che percorrono il fondo delle strette incisioni dei rilievi, inglobando i depositi sedimentari qui presenti, la vegetazione anche di alto fusto nonché eventuali materiali franati dai fianchi del vallone stesso, cioè gli altri cumuli di frana di crollo/scorrimento e di scorrimento/colamento accumulati sul fondo della forra.

Questo cumulo di frana, delimitato dai fianchi dell'incisione che fungono da guida, acquista un'elevata energia tale da percorrere grosse distanze da quando esso fuoriesce dal vallone ed invade il conoide sottostante. Il potere distruttivo è perciò legato alla pendenza e alla fluidità del cumulo.

Tra i valloni che possono generare torrenti di detrito citiamo il Vallone dell'Orso, quello adiacente in prossimità della loc. Casino, Vallone dei Lanzilli, Vallone Matrunolo, Vallone dell'Asino, tutti aventi acclività compatibile per questo tipo di frane.

FRANE DI CROLLO E RIBALTAMENTO

Queste frane si innescano, in modo sporadico rispetto ai precedenti tipi di frane, dove le pareti calcaree sono subverticali e fratturate e pertanto sono soggette al periodico distacco, con ciclo stagionale, di massi anche di notevoli dimensioni. Il meccanismo avviene perché le discontinuità tendono ad allargarsi per fenomeni crioclastici, dovuti all'espansione del ghiaccio che si forma tra le fessure, e per i naturali processi di degradazione chimico-fisici della roccia stessa.

Il materiale che si distacca all'improvviso precipita e/o scorre coinvolgendo rocce e terreno sottostante e ricadendo in aree dove può arrestarsi per la scarsa acclività presente oppure può innescare altri tipi di frane. La superficie calcarea messa a nudo dalle frane di crollo/scorrimento è relativamente più integra e stabile.

Le aree soggette a questo tipo di frane sono quelle impervie di Costa Friddo-Cannella-Carpino a monte del Vallone Matrunolo.

AMBITO COLLINARE DELLE FORMAZIONI ARENACEO-ARGILLOSE

L'evoluzione delle formazioni terrigene, che contengono sempre una certa frazione argillosa o comunque plastica, si esplica attraverso lo spostamento di masse instabili e con l'approfondimento delle linee di impluvio, fenomeni questi strettamente correlati.

Le frane che si innescano possono essere di diversa tipologia, dagli scorrimenti rotazionali e traslativi ai colamenti fino a quelle complesse che riguardano diversi meccanismi per un unico movimento di massa. La velocità di queste masse instabili è quasi sempre lenta.

In qualche caso, in presenza di dirupi abbastanza acclivi, possono innescarsi anche limitate frane di crollo o ribaltamento che però avvengono in tempi rapidissimi. L'approfondimento delle linee di impluvio, dovuto alla maggiore erodibilità, crea il presupposto per le suddette instabilità.

In combinazione con l'erosione idrica che comporta l'approfondimento degli alvei, l'evoluzione del paesaggio avviene prevalentemente per frane complesse di scorrimento/colamento che si sviluppano entro le concavità morfologiche poco incise che circondano la cima del M.te Peluso. Si tratta di frane quiescenti, con media intensità massima attesa, dovute allo scorrimento della parte alterata del substrato argilloso-calcareo-marnoso, con spostamenti abbastanza modesti. In molti casi il fenomeno è circoscritto ed il cumulo è visibile dal passaggio concavità-convessità del versante e dalle incisioni laterali dello stesso cumulo.

Questi dissesti comportano basse intensità di rischio (aree definite C1) oppure medio rischio/attenzione (R2/A2) specialmente lungo alcuni tratti della strada Ferrari-Canale dove le acclività locali sono relativamente maggiori.

AMBITO SUBPIANEGGIANTE DI PIANA ALLUVIONALE

L'evoluzione geomorfologica dell'area pianeggiante è prettamente condizionata dalla normale dinamica fluviale principalmente del F. Sabato. Infatti nel tratto terminale meandriforme del corso d'acqua, dove sono quasi assenti opere laterali di contenimento rigide agiscono i fenomeni di erosione e deposizione dei sedimenti, rispettivamente nella parte esterna ed interna delle anse, che variano nel tempo la forma del fiume stesso in relazione alla sua energia e alla portata liquida e solida.

In seguito a piene idrologiche stagionali si sono quasi mai verificati eventi di sovralluvionamento ma solo fenomeni di modesta erosione delle sponde.

Il torrente Savana invece, proveniente dal Vallone dell'Orso ed affluente in destra del F. Sabato, anche se di entità minore ha causato in diverse occasioni delle esondazioni dovute alle grosse portate idriche stagionali e alla presenza di locali restringimenti e tombature dell'alveo in particolare in prossimità del campo sportivo alla frazione S. Biagio.

9.0 FRANOSITA' NEL TERRITORIO COMUNALE - STABILITÀ DEI VERSANTI

L'osservazione delle caratteristiche geomorfologiche dell'area, ed in particolare quelle relative agli eventi di instabilità presenti lungo i versanti, sia essi attivi sia essi del recente passato, consentono di procedere a valutazioni la stabilità dei pendii stessi, anche in ottemperanza dell'articolo 11 della Legge Regionale n. 9 del 7/1/1983. In tale ottica é stato realizzato l'All.to 9 "Carta della stabilità" che è basata sugli Allegati 2-4-5-6-7 (carte primitive).

Le valutazioni sulle aree instabili e/o suscettibili sono state poi integrate da rilievi di dettaglio e da modellazioni atte a verificare le possibili evoluzioni future. Sono state quindi definite le seguenti classi, delle quali si riportano di seguito note sintetiche:

- Aree stabili;
- Aree potenzialmente liquefacibili;
- Aree potenzialmente instabili;
- Aree mediamente instabili;
- Aree instabili;

AREE STABILI

Sono stabili le aree dove non sussistono segni di franosità in atto, passati e potenziali, cioè dove gli assetti geologici e morfologici garantiscono l'assenza di fattori predisponenti. Sono inoltre stabili quelle zone non soggette ad erosione o deposizione accelerata del suolo.

Ricadono in tale classe:

- le aree di piana alluvionale in sinistra orografica del F. Sabato che comprendono le frazioni Raiano, Sala e quella settentrionale di Fontanelle;
- le aree pedemontane sempre in sinistra orografica del F. Sabato come il pianoro di località Porcole, la parte meridionale della fraz. Ferrari, la loc. Dogana Vecchia;
- porzioni limitate sia di aree collinari e montuose in corrispondenza di crinali (cima di M.te Peluso, Colle di Basso), sia di linee di spartiacque e pianori a mezza costa (fraz. Canale) e sia di versanti planari, talora corrispondenti a "faccette triangolari". Qui sia la bassa pendenza e sia le condizioni litologiche, morfologiche, idrogeologiche e geomeccaniche offrono garanzia di stabilità delle rocce del substrato e delle coltri detritico-terrose di copertura.

AREE POTENZIALMENTE LIQUEFACIBILI

Queste aree comprendono la parte pianeggiante nord e nord-ovest del territorio comunale, tra le sorgenti Pelosi ed il torrente Ponte Fraito, dove la falda idrica si trova a profondità minore di 15 mt dal piano di campagna.

In situazioni statiche esse sono completamente stabili dal punto di vista morfologico e abbastanza sicure da eventi alluvionali, da erosione o deposizione accelerata del suolo.

Tuttavia, in caso di forti terremoti, i litotipi del sottosuolo possono presentare una predisposizione per fenomeni di liquefazione degli orizzonti sabbioso-limosi in falda, con deformazioni permanenti del piano di campagna.

Il potenziale di liquefazione necessariamente deve essere verificato localmente a causa delle frequenti variazioni litologiche latero/verticali tramite indagini in sito e/o di laboratorio. Successivamente, se necessario, potranno essere progettati interventi di compattazione del sottosuolo o prescrizioni che impongano l'uso di fondazioni profonde per i fabbricati.

AREE POTENZIALMENTE INSTABILI

Sono da considerarsi potenzialmente instabili quelle aree ove non sussistono significativi segni di instabilità ma ove gli assetti geologici e morfologici evidenziano possibilità di coinvolgimento in eventi franosi a varia intensità.

Rientrano in tale classe:

- le zone di pendio ubicate generalmente lungo la maggior parte degli impluvi e nelle concavità morfologiche nelle quali sussistono segni morfologici di modesti movimenti avvenuti nel passato più o meno recente o che inducono ad una certa cautela nella utilizzazione del suolo;
- aree definite dall'Autorità di Bacino come a "di possibile ampliamento dei fenomeni franosi cartografati all'interno o di innesco di fenomeni di primo distacco - C1".

Queste aree sono diffuse principalmente su gran parte di Toppo Devola, sui versanti occidentali di Colla di Basso, a monte della frazione Ribottoli, su parte di M.te Garofano e di M.te Peluso.

In esse gli interventi antropici e in particolare le variazioni topografiche, possono provocare fenomeni deformativi o instabilità proporzionali per estensione all'entità dell'intervento. Pertanto, qualora si dovesse rendere necessario il loro impiego per la realizzazione di strutture pubbliche e private, si dovranno eseguire approfondite indagini geologico tecniche e verifiche di stabilità con particolare riguardo:

- alle Norme di Attuazione per il Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico Rischio di Frana (P.S.A.I. - rf) dell'Autorità di Bacino dei fiumi Liri-Garigliano e Volturno, con apposito Studio di Compatibilità Idrogeologico di cui art. 17 delle Norme di Attuazione;
- all'applicazione del D.M. Infr. 17/01/18 e s.m.i.

AREE MEDIAMENTE INSTABILI

Le aree mediamente instabili comprendono:

- le frane lente (scorrimenti e complesse) in successioni litologiche arenaceo-argillose, avvenute nel passato più o meno recente, giudicate quiescenti attive dalla letteratura (Progetto I.F.F.I.) e dal rilevamento, le quali non hanno subito riattivazioni negli ultimi cicli stagionali ma che potrebbero subire riattivazioni totali o parziali;
- aree definite dall'Autorità di Bacino come a "Media Attenzione - A2" e a "Rischio medio - R2";
- porzioni di versante che bordano frane attive e quiescenti, le quali, in base alle caratteristiche morfologiche presenti, possono essere coinvolte per retrogressione, allargamento ed avanzamento delle instabilità;
- porzioni di versante planare e concavità con evidenze morfologiche di equilibrio piuttosto critico e con un certo disordine topografico che possono evolvere facilmente in frane lente.

La costruzione e gli interventi in genere sono subordinati al non aggravamento delle condizioni di stabilità del pendio, alla garanzia di sicurezza determinata dal fatto che l'opera sia progettata ed eseguita in misura adeguata al rischio dell'area**.** Come nel caso delle Aree potenzialmente instabili l'uso di tali aree inoltre è subordinato:

- alle Norme di Attuazione per il Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico Rischio di Frana (P.S.A.I. – Rf) e Pericolosità Idraulica F. Sabato, dell'Autorità di Bacino dei fiumi Liri-Garigliano e Volturno, con apposito Studio di Compatibilità Idrogeologico di cui art. 17 delle Norme di Attuazione;
- all'applicazione del D.M. Infr. 17/01/18 e s.m.i.

AREE INSTABILI

Rientrano in tale classe le aree morfologicamente attive (conoidi, alvei, versanti) in cui la trasformazione ed evoluzione geomorfologica avviene per eventi compulsivi generalmente molto veloci:

- le aree in cui sono state individuate frane attive dalla letteratura (Progetto I.F.F.I.) e dal rilevamento;
- le aree definite dall'Autorità di Bacino come "ad alta attenzione - A4", "a rischio molto elevato - R4" e "ad attenzione/rischio potenzialmente alti" (Apa / Rpa);
- le aree ad elevata pendenza, ricoperte da significative coltri incoerenti, ubicate lungo incisioni e valloni dei rilievi calcarei o su versanti planari, da cui possono innescarsi frane di alta intensità da colata rapida o scorrimento-colata rapida, colate lente o flussi idrici iperconcentrati;
- le porzioni di versante subverticali o ad elevatissima pendenza sede di sporadiche frane di crollo e/o ribaltamento;
- il fondo dei valloni e delle incisioni da cui possono innescarsi torrenti di detrito o interessati dal transito di flussi franosi e/o alluvionali variamente concentrati,
- i bordi dei pianori poco inclinati, con coperture incoerenti significative, a ridosso di versanti sensibilmente più acclivi e/o scarpate di morfo-selezione;

- le aree pedemontane, di conoide e vallive dove, in base alle evidenze e condizioni morfologiche, è previsto con alta probabilità il transito e la deposizione dei cumuli di frana;
- in generale aree in frana delle quali, non essendo sufficientemente sicuro lo stato di attività, inducono ad estrema prudenza.

In base a quanto detto, in destra orografica da nord verso sud, le maggiori di esse sono ubicate in corrispondenza della frazione Troiani (edificata proprio sul conoide di base), lungo varie concavità del Vallone dell'Orso compreso l'ampio conoide presso la frazione Sala, in località Macchie-Sambuco, in località Fazzatora lungo il Vallone dei Canteri, nell'ampio versante meridionale di Colla di Basso (Cannella - Costa Friddo - Acqua del Cerchio - Carpino con il relativo Vallone Matrunolo), in località Cerritiello - il Cerchio - Ripe, sul versante occidentale di M.te Forcella e M.te Felascosa ed in tutte le incisioni a sud di essi. In sinistra orografica le aree definite instabili sono presenti in misura minore in varie parti dei versanti del M.te Peluso, nelle frazioni Ribottoli e Fontanelle compreso il versante a monte di esse, in località Piano di Cerro, sul versante orientale e sud-orientale del M.te Garofano.

Al riguardo si fa notare che le frazioni Troiani, Ribottoli ed in parte Fontanelle sono edificate molto probabilmente su conoidi attivi\quiescenti costituiti da cumuli di frana sovrapposti.

Facendo sempre riferimento alle Norme di Attuazione per il P.S.A.I.– rf dell'Autorità di Bacino, in queste zone sono fortemente arginati gli interventi antropici che tendono alla significativa trasformazione dello stato dei luoghi sotto l'aspetto morfologico, idrogeologico, infrastrutturale ed edilizio. Gli interventi che ricadono nelle eccezioni sono descritti nell' art.3 delle N.T.A., opportunamente supportate da uno studio di compatibilità idrogeologica adeguata alla scala di progetto, secondo l'art.17 delle su citate Norme.

Per le aree instabili, mediamente instabili e potenzialmente instabili non si è ritenuto opportuno eseguire verifiche analitiche di stabilità per il motivo illustrato di seguito.

Le frane del tipo colata rapida, che sono quelle nettamente più numerose ed insidiose per l'alta velocità, si verificano in determinati contesti geologici (pendii in roccia con coperture incoerenti) che normalmente sono stabili o abbastanza stabili. Infatti le coltri incoerenti vulcaniche riescono a mantenersi anche su forti inclinazioni grazie ai legami di suzione tra le particelle (pressioni neutre negative) e raggiungono condizioni di disequilibrio principalmente per la forte imbibizione delle coperture in seguito ad eventi meteorici intensi e prolungati che azzerano i legami di suzione. Pertanto risulta abbastanza azzardato cercare di ricostruire in laboratorio le stesse condizioni presenti in sito e solo in qualche punto del versante, cioè il complesso regime di variazioni delle pressioni neutre nelle coltri di suolo e negli ammassi rocciosi sottostanti in seguito ai deflussi sub-superficiali che si instaurano durante gli eventi piovosi. Le normali variazioni di granulometria e della geometria dei vari orizzonti presenti nelle coltri piroclastiche (andosuoli, pomici, parte argillificata) incidono fortemente sul regime di tensioni (positive e negative) per cui la stabilità delle frane di colata rapida viene molto spesso affrontata, anche dalle Autorità di Bacino, per via morfologica (come è stato fatto nel presente lavoro) e/o per via idraulica.

In definitive una modellazione numerica dell'ambito di innesco e scorrimento di una colata rapida rischia di fornire valutazioni errate sulle condizioni di stabilità. Pertanto la stabilità deve essere opportunamente relazionata al contesto in cui si opera e deve essere effettuata in un contorno significativo dell'area di intervento.

10.0 ASPETTI IDRAULICI Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (Direttiva 2000/60/CE, D.L.vo 152/06, L.13 /09))

Nell'ambito del Piano Di Gestione Del Rischio Alluvioni (PGRA) – Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale, adottato in data 17 dicembre 2015 ed approvato in data 3 marzo 2016 dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Liri – Garigliano e Volturno integrato con i componenti designati

dalle Regioni ricadenti nel distretto, le aree del territorio comunale di Serino limitrofe al corso d'acqua del fiume Sabato sono state classificate come:

- *Area a pericolosità elevata – P3;*
- *Area a pericolosità media – P2;*
- *Area a pericolosità bassa – P1*

Per queste aree, ai sensi dell'art. 65, comma 7, del D.Lgs. 152/2006, sono state adottate dal Comitato Istituzione ***Misure di Salvaguardia.***

Nel PGRA per il Distretto Idrografico le Autorità di Bacino hanno provveduto:

• alla definizione e mappatura delle aree inondabili:

- *aree con elevata probabilità di accadimento (30 ≤ T ≤ 50) →P3 (pericolosità elevata).*
- *aree con media probabilità di accadimento (100 ≤ T ≤ 200) →P2 (pericolosità media).*
- *aree con bassa probabilità di accadimento (200 ≤ T ≤ 500) →P1 (pericolosità bassa).*

3.2 Misure di salvaguardia

Art.1 - Ambito territoriale

L'ambito territoriale di applicazione delle presenti misure di salvaguardia è costituito da tutte le aree di pericolosità di alluvione perimetrate all'interno del Distretto dell'Appennino Meridionale così come risultanti dalle relative mappe, ad esclusione di quelle già mappate all'interno dei PAI adottati e/o approvati dalle rispettive Autorità di Bacino.

Art.2 - Aree pericolosità elevata P3

Nelle aree di pericolosità elevata P3 sono consentiti esclusivamente gli interventi idraulici volti alla messa in sicurezza delle aree a rischio, approvati dall'Autorità idraulica competente, tali da migliorare significativamente le condizioni di funzionalità idraulica, da non aumentare il rischio di inondazione a valle e da non pregiudicare la possibile attuazione di una sistemazione idraulica definitiva.

Sono altresì consentiti i seguenti interventi a condizione che essi non aumentino il livello di rischio comportando significativo ostacolo al deflusso o riduzione apprezzabile della capacità di invaso delle aree stesse e non precludano la possibilità di eliminare le cause che determinano le condizioni di rischio:

• l'attività di demolizione senza ricostruzione;

• gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 3 del D.P.R. 381/2001, senza aumento di superficie o volume, sempreché gli interventi siano volti ad eliminare la vulnerabilità dell'edificio;

• la manutenzione, l'ampliamento o la ristrutturazione delle infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico riferiti a servizi essenziali e non delocalizzabili, nonché la realizzazione di nuove infrastrutture parimenti essenziali, purché non concorrano ad incrementare il carico insediativo e siano eliminate le cause che determinano le condizioni di rischio, e siano stati approvati i piani degli interventi d'emergenza di protezione civile.

I progetti relativi agli interventi ed alle realizzazioni in queste aree devono conseguire il preventivo nulla osta dell'Autorità idraulica competente.

Art. 3 - Aree pericolosità media P2

Nelle aree di pericolosità media P2 sono consentiti esclusivamente, previo nulla osta della competente Autorità idraulica:

• interventi di cui al precedente art.1 nonché quelli di ristrutturazione edilizia, a condizione che gli stessi non aumentino il livello di rischio e non comportino significativo ostacolo o riduzione apprezzabile della capacità di invaso delle aree stesse ovvero che le superfici destinate ad uso abitativo o comunque ad uso economicamente rilevante siano realizzate a quote compatibili con la piena di riferimento;

• interventi di ampliamento degli edifici esistenti unicamente per motivate necessità di adeguamento igienico-sanitario, purché siano compatibili con le condizioni di rischio che gravano sull'area. A tal fine i progetti dovranno essere corredati da un adeguato studio di compatibilità idraulica;

• manufatti che non siano qualificabili quali volumi edilizi purché siano compatibili con le condizioni di rischio che gravano sull'area. A tal fine i progetti dovranno essere corredati da un adeguato studio di compatibilità idraulica.

Art. 4 - Aree pericolosità bassa P1

Nelle aree di pericolosità bassa P1 tutti gli interventi consentiti dalle norme urbanistiche vigenti devono essere attuati previo nulla osta dell'Autorità idraulica competente.

Art. 5 - Programmi di previsione e prevenzione

In tutte le aree di pericolosità di alluvione perimetrate all'interno del Distretto dell'Appennino Meridionale occorre assicurare un adeguato grado di sicurezza alle popolazioni e ai luoghi di riferimento, mediante la predisposizione prioritaria, ai sensi della legge 225/92 e s.m.i., di Programmi di previsione e prevenzione, assicurando l'informazione e la partecipazione pubblica.
Nelle medesime aree occorre istituire Presidi Territoriali ed assicurare un corretto uso della risorsa suolo, non consentendo le trasformabilità incompatibili.

Gli Enti locali, gli altri organismi pubblici nonché le aziende pubbliche, ciascuno relativamente al territorio e all'ambito delle proprie competenze, sono tenute a trasmettere su richiesta dell'Autorità di Bacino una relazione illustrante lo stato di tali zone nonché le azioni di controllo svolte.

Art. 6 - Contenuti degli studi di compatibilità idraulica

I contenuti degli studi di compatibilità idraulica da allegare ai progetti degli interventi di cui ai precedenti articoli sono quelli definiti dalle Norme di Attuazione del Piano Stralcio di Difesa dalle Alluvioni (PSDA) - Bacino Volturno dell'Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno approvato con D.P.C.M. del 21/11/2001 (G. U. del 19/02/02, n. 42).
Le nuove opere di attraversamento interferenti con la rete idrografica devono essere progettate secondo i criteri di cui all'Allegato C delle Norme di Attuazione del PSDA.

11.0 INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOTECNICHE E GEOFISICHE

Indagini di profondità eseguite e già presenti

Nel Comune di Serino è già stato eseguito nel 1984 e nel 2001-2002 uno studio geologico-tecnico, da parte del dott. geol. Gerardo Peluso, finalizzato alla redazione del Piano Regolatore Generale e successiva integrazione, con la realizzazione di una serie di indagini in sito e di laboratorio. Inoltre sono state rese disponibili altre indagini a corredo di precedenti lavori per conto dell'Ente comunale e di privati (All.to 1).
Di seguito si riporta l'elenco completo delle indagini di riferimento:

- *PRG 1984*
- *PRG 2001-2002*
- *Adeguamento strada d'interesse locale di collegamento S.P."S.Rocco" e della S.P. per loc.tà Turci "Cupa Cirino" – 2005*
- *Progetto definitivo delle opere di urbanizzazione primaria del P.I.P. sito alla località Pescarole - 2005*
- *Indagine geognostica 2011 per adeguamento PUC (iter procedurale non completato)*
- *Lavori comunali e privati eseguiti dal consulente geologo Angelo Miranda utilizzati anche nello studio di Microzonazione sismica di 1 livello (dottor geologo Giuseppe Gallo) 2020*
- *Ampliamento loculi cimiteriali - 2011*
- *Lavori di realizzazione incubatori per imprese e artigiani, completamento e potenziamento strade interne di accesso all'area P.I.P. in loc.tà Pescarole - 2015*
- *Messa in sicurezza della strada turistica del Monte Terminio ex SS574 – 1°stralcio funzionale 2020*
- *Lavori di messa in sicurezza della strada turistica comunale Pianella – 2021*

- *Adeguamento antisismico ed efficientamento energetico della Scuola Elementare della Frazione Ferrari – 2021*
- *Messa in sicurezza da rischio idrogeologico del Vallone Canale-Satrano - 2022*
- *Progetto risanamento idrogeologico del Torrente Savana – 2022*
- *Progettazione definitiva ed esecutiva dei lavori di Risanamento Idrogeologico ed ambientale dei Valloni in loc.tà Cumminaglie – 2022*
- *Messa in sicurezza da rischio idrogeologico del Vallone Troiani a protezione dell'abitato della fra.ne Troiani – 2022*
- *Riqualificazione e recupero urbano di Piazza Cicarelli – 2022*

I dati in possesso hanno permesso agli scriventi redattori del piano per la componente Geologica di definire gli assetti litostratigrafici del territorio comunale di Serino, suddiviso per successioni:

- Successione carbonatica dei M.ti Lattari - M.ti Picentini;
- Formazione di Corleto Perticara;
- Formazione di Castelvetere;
- Deposito alluvionale antico del F. Sabato;
- Talus pedemontano dei rilievi arenaceo-argillosi;
- Talus pedemontano dei rilievi calcarei;
- Depositi di conoide;
- Copertura piroclastica;
- Alluvioni recenti ed attuali del F. Sabato.

SUCCESSIONI LITOIDI E SEMILITOIDI DEI RILIEVI MONTUOSI E COLLINARI

I litotipi affioranti per la gran parte del territorio comunale e costituenti il substrato, cioè quelli calcarei e calcareo-dolomitici (litotipi C1, C2, C3 delle tavv. 2a e 2b "Carta geolitologico-strutturale) e quelli arenacei, calcarenitici e marnoso-argillosi dell'area circostanti il M.te Peluso (formazioni terrigene FL1 e FL2) appartengono al campo delle "rocce". In questo caso le metodologie di caratterizzazione geotecnica si basano essenzialmente sull'assetto strutturale delle successioni, sulla valutazione dei dati sismici, sui dati della letteratura specialistica e non sulle proprietà del singolo elemento lapideo.

Successione calcarea

Le sequenze calcaree e calcareo-dolomitiche C1, C2 e C3, ben cementate e in strati piuttosto spessi, possono essere definite più correttamente come "roccia coerente stratificata", in qualche caso come "roccia coerente massiccia".

Il calcare rappresenta una roccia litoide con ottima cementazione, buone caratteristiche tecniche e comportamento fragile peggiorato dalla presenza di linee di fratture che interessano l'intero ammasso anche in profondità. Anche la resistenza alla compressione e agli sforzi di taglio risulta notevole, così come sono pressoché inesistenti le deformazioni per carichi di normale entità.

L'elemento che ne regola profondamente il comportamento sotto stress è l'assetto strutturale e giaciturale, cioè il grado di deformazione subito nelle ere geologiche il quale si manifesta con famiglie di faglie e fratture lungo le quali possono essere avvenuti scorrimenti delle porzioni di roccia a contatto, frantumazione della roccia stessa oppure azione di dissoluzione idrica (carsismo).

Gli elementi strutturali di tali ammassi rocciosi sono riferiti alle caratteristiche delle discontinuità presenti che rappresentano un fattore peggiorativo delle proprietà geomeccaniche della roccia:

- la giacitura, cioè direzione, immersione ed inclinazione delle superfici planari (superfici di strato e faglie e fratture);
- la spaziatura di quelle parallele o subparallele;
- la loro persistenza intesa come rapporto tra estensione reale delle superfici e l'area complessiva sulla quale esse si sviluppano;
- la scabrezza delle superfici di roccia a contatto lungo tali discontinuità;
- il loro grado di alterazione;
- la loro apertura;
- la presenza o meno di materiale di riempimento;
- la permeabilità lungo di esse, dipendente dall'apertura e riempimento;
- l'intensità del grado di fratturazione dipendente dall'indice numerico R.Q.D.[2], dalla densità delle discontinuità e dalle dimensioni e forma del "blocco elementare" di roccia intatto;
- la resistenza a compressione del blocco elementare di roccia intatto.

È chiaro che le caratteristiche geotecniche, dipendenti da numerosi fattori talora difficilmente quantizzabili, variano molto da zona a zona (si pensi solo all'intensità del grado di fratturazione). In linea di massima si presenta la seguente parametrizzazione geotecnica media *nominale* (il cui significato è chiarito all'inizio del presente capitolo) avente valore puramente indicativo:

Peso unità di volume	20-21 kN/m^3
Angolo di resistenza al taglio	32° - 33°
Resistenza a compressione	30 – 50 MPa

tabella 1 - Roccia calcarea-dolomitica alterata/fessurata

Peso unità di volume	23-26 kN/m^3
Angolo di resistenza al taglio	35° - 36°
Resistenza a compressione	100 – 180 MPa

tabella 2 - Roccia calcarea integra

Le deduzioni sulle caratteristiche tecniche si possono ottenere attraverso osservazioni puntuali su affioramenti e su carote estratte dalle perforazioni.

Successioni arenaceo-argillose

Le successioni FL1 e FL2 presenti in corrispondenza del M.te Peluso rientrano nel campo delle "rocce coerenti con sottili interstrati di roccia semicoerente o pseudocoerente" oppure, quando la frazione litoide è minore, nel campo delle "rocce coerenti e pseudocoerenti in strati alternati". Anche nelle suddette litologie, come nel caso dei calcari, l'elemento che ne regola profondamente il comportamento sotto stress è l'assetto giaciturale e quello strutturale, cioè il grado di deformazione subito nelle ere geologiche che si manifesta con famiglie di faglie e fratture oppure con piegamenti, tendenzialmente più spinte lungo la zona di accavallamento tettonico presente a sud del M.te Peluso (vedi tavv. 2a "Carta litologico-strutturale").

Le azioni tettoniche subite dalle successioni terrigene hanno profondamente influenzato lo stato fisico e geomeccanico delle successioni a carattere semilapideo in cui i livelli rocciosi sono alternati a strati argillosi o marnosi a comportamento plastico.

[2] l'indice R.Q.D. (Rock Quality Designation) è il rapporto tra la somma delle carote di lunghezza maggiore di 10 cm in un tratto perforato di un metro

Gli effetti si manifestano in modo determinante sui comportamenti di tali litotipi che acquistano una struttura spesso scagliosa, specie nelle vicinanze delle discontinuità strutturali. Le argille si suddividono, allo stato asciutto, in frammenti angolosi di dimensione variabili secondo le superfici di taglio e scorrimento con una certa fissilità e la tipica lucentezza dei materiali argillosi che hanno subito scorrimento. Pertanto devono essere valutate le caratteristiche della parte semicoerente che molte volte è quella che maggiormente incide sul comportamento totale della successione, essendo in questo caso presente una complessità di ordine litologico dovuta alla frequente alternanza di litotipi pelitici e lapidei.

Di conseguenza in queste successioni litologiche *"strutturalmente complesse"* l'insieme di queste situazioni produce ridotte resistenze degli ammassi e spiccata anisotropia e la definizione dei comportamenti geomeccanici non può prescindere dall'analisi delle condizioni geostrutturali su affioramenti o su carote estratte dalle perforazioni, ricorrendo ai metodi classificativi geomeccanici. L'intensa fratturazione dei depositi arenaceo-argillosi, indotta dalle azioni tettoniche, favoriscono l'alterazione dei depositi ed induce significativi decrementi delle resistenze degli ammassi, per cui solo le locali osservazioni potranno accertare lo stato degli ammassi stessi.

In base a quanto detto, è chiaro che le caratteristiche delle successioni litoidi e semilitoidi, dipendenti da numerosi fattori talora difficilmente quantizzabili, variano molto da zona a zona per cui il range di valori è molto dispersivo.

I pochi dati di laboratorio relativi a campioni indisturbati prelevati nella parte argillosa particolarmente satura (molle) e priva di elementi lapidei, in genere alla sommità della successione litologica "tipica" devono essere adoperati con estrema cautela perché di fatto non rappresentano il comportamento dell'intero ammasso. È questo il caso dei campioni S5C1 del P.R.G. del 2004 e S6C2 del PIP Pescarole, entrambi prelevati nella parte superficiale alterata delle formazioni in esame, i cui dati *nominali* (il cui significato è chiarito all'inizio del presente capitolo) sono i seguenti:

campione	S5C1 - P.R.G. 2004	S6C2 - PIP Pescarole
profondità	3,0 - 3,4 mt	8,5 – 9,0 mt
definizione granulometrica AGI	limo con argilla con sabbia	sabbia con limo debolm. arg.
peso volume naturale	γ_n = 1,8 g/cm^3 = 18 kN/m^3	γ_n = 2,1 g/cm^3 = 21 kN/m^3
peso volume secco	γ_d = 1,4 g/cm^3 = 14 kN/m^3	γ_d = 1,9 g/cm^3 = 19 kN/m^3
contenuto d'acqua	w = 25,7 %	w = 11,0 %
porosità	n = 47,7 %	n = 31,5 %
indice dei vuoti	e = 0,91 %	e = 0,46 %
grado di saturazione	S_r = 75,9 %	S_r = 65,8 %
angolo di resistenza al taglio	φ' = 24°	–––––––
coesione	c' = 27,3 kPa	–––––––
coesione non drenata	–––––––	c_u = 176 kPa
limite liquido/plastico	LL = 46 % - LP = 12 %	–––––––
indice di plasticità/di consistenza	I_p = 34 - I_c = 0,22	–––––––

tabella 3 - indagini di riferimento per l'area PIP Pescarole - settore Nord-ovest del Comune di Serino

Presso la frazione Canale di Serino, le indagini geognostiche effettuate per il progetto di risanamento idrogeologico del Versante Canale-Satrano (2021-2022) hanno identificata la seguente successione stratigrafica:

profondità	*litologia*
0.0-1.10	Massicciata stradale e terreno di riporto

1.10-5.50	Limi e sabbie da sciolte a poco addensate con ghiaia di natura calcarea
5.50-8.70	Formazione areanaceo-conglomeratica con intercalazioni di argille brunastre

tabella 4 - successione stratigrafica sondaggio - Via Solimene - Frazione Canale di Serino

Per la determinazione delle caratteristiche meccaniche del litotipo areanaceo-conglomeratico con intercalazioni di argille brunastre, sono state effettuate delle compressioni monoassiali e successivamente tramite correlazione di Hoek e Brown del 2002 sono stati definiti i seguenti parametri:

litotipo	*Peso unità di volume γ (KN/m³)*	*Angolo attrito φ*	*Coesione c (MPa)*
Arenaria grigiastra	25.15	26.14	0.933
Conglomerato poligenico	23.53	22.28	0.549

tabella 5 - parametri geotecnici sondaggio Canale-Satrano Via Solimene

Di seguito vengono anche indicati i parametri geotecnici scaturiti da campioni prelevati da sondaggi geognostici per i lavori di "Adeguamento sismico della Scuola Elementare alla Frazione Ferrari":

campione	S1C1	S1C2	S2C1	S2C2
profondità	2,0-2,5 mt	7,0-7,5 mt	2,5-3,0 mt	6,0-6,5 mt
definizione granulometrica AGI	Limo con argilla e sabbia deb. ghiaioso	Limo con ghiaia sabbioso deb. argilloso	Limo con ghiaia sabbioso deb. argilloso	Limo con argilla ghiaioso deb. sabbioso
peso volume naturale (kN/m^3)	20.74	19.34	20.91	20.25
angolo di resistenza al taglio (φ')	18.16°	26.90°	28.05°	24.73°
coesione c' (kPa)	18.41	27.08	9.81	22.52
modulo edometrico E_d (tra 100-200 kPa)	4962	4256	6243	5235

tabella 6 - parametri geotecnici campioni Adeguamento sismico Scuola Elementare fraz. Ferrari

Prove di laboratorio su campioni prelevato nell'area PIP Pescarole durante le campagne geognostiche del 2004-2005 e 2015, caratterizzante la formazione argillosa:

campione	S1C1	S1C2	S2C2
profondità	6,0 - 6,4 mt	6,0-6,4 mt	20,6-21,0
definizione granulometrica AGI	Limo argilloso	Limo arg. ghiaioso	Limo con sabbia
peso volume naturale (kN/m^3)	18	26,40	26,47
angolo di resistenza al taglio (φ')	23,39°	24,40°	26,45°
coesione c' (kPa)	21,68	15,71	12,96
coesione non drenata c_u (kN/m^2)	78,9	65	72,1
modulo edometrico (carico a 196,13 kN/m^2)	6286	4330	4715

tabella 7 - parametri geotecnici campioni campagna geognostica PIP Pescarole 2015

Campione	Prof. (mt)	Descrizione AGI	Peso di volume Naturale kN/m^3	Angolo di attrito φ'	Coesione kPa	Modulo Edometrico (tra 100 e 250 kN/m^2)	Coesione non drenata C_u
S3C1	8.80-9.30	Limo arg. sabb. e ghiaioso	19.81	24°	29,42	9180.98	-
S4C1	3.50-4.00	Limo con ghiaia arg. deb sabb.	19.71	21°	19.61	5242.63	-
S6C2	8.50-9.00	Sabbia con limo deb. argillosa	20.49	-	-	10495.07	172.59
S8C2	7.00-7.50	Limo con sabbia deb ghiaioso	16.76	29°	0	-	-
S9C1	4.00-4.50	Limo con argilla	18.53	18	10.78	4533.61	-

tabella 8 - parametri geotecnici campagna geognostica PIP Pescarole 2004-2005

Le prove S.P.T. eseguite in tali litotipi, anche se indicate per terreni sciolti incoerenti, mostrano un elevato stato di consolidazione, caratteristico per questo tipo di formazioni quando non alterate. Infatti i seguenti risultati confermano la durezza a compressione dovuta specialmente alla frazione litoide e pseudo-litoide:

Sondaggio	prof. S.P.T. (mt)	N	$N_{S.P.T.}$	litologia	falda	pressione litost. σ' (kPa)	N_1
S5	3,5	Rif	Rif	calcari marnosi	no	53	Rif
S6	3	10-18-24	42	marne e argille	no	45	65,68
S14	7	11-Rif	Rif.	marne e argille	no	105	Rif

tabella 9 - prove SPT eseguite in foro campagna geognostica PRG 2002

Sondaggio	prof. S.P.T. (mt)	N	$N_{S.P.T.}$	litologia	falda	pressione litost. σ' (kPa)	N_1
S1	13	32-Rif	Rif	argilla marnosa	no	195	Rif
S2	10	18-22-31	53	argilla marnosa	no	150	42,23
S3	3	16-11-Rif	Rif	argilla con lapidei	no	45	Rif
S3	6	25-Rif	Rif	argilla con lapidei	no	90	Rif
S3	7,5	29-Rif	Rif	argilla con lapidei	no	113	Rif
S3	15	40-Rif	Rif	argilla con lapidei	no	225	Rif
S3	18	Rif	Rif	argilla con lapidei	no	270	Rif
S3	22	40-Rif	Rif	argilla con lapidei	no	330	Rif
S7	25	Rif	Rif	argilla con lapidei	no	375	Rif
S8	10	9-10-9	19	argilla marnosa	no	150	15,14
S8	15	9-10-9	19	argilla marnosa	no	225	12,07
S8	18	9-10-9	19	argilla marnosa	no	270	10,89
S10	11	26-Rif	Rif	argilla con lapidei	no	165	Rif
S10	14	35-Rif	Rif	argilla marnosa	no	210	Rif

tabella - 10 prove SPT eseguite in foro - indagini certificate (D.G.R. 49/2010) effettuate per privati dal dr geologo Angelo Miranda

Sondaggio	n. prova S.P.T.	Quota (mt)	NS.P.T. (N1-N2-N3)	N_{SPT}

S1	1 2	2.50-2.95 7.50-7.95	> 50 (6 cm) 8-10-13	Rif. 23
S2	1 2 3	7.00-7.45 9.50-9.95 12.50-12.95	8-10-13 22-26-28 38- >50 (4 cm)	23 54 Rif.

tabella 11 - prove SPT sondaggi Scuola Elementare Ferrari

Sondaggio	prof. S.P.T.	N	$N_{S.P.T.}$	litologia	falda
S9	5,30	7-11-15	26	Limo con argilla	no

tabella 12 - prova SPT indagine geognostica 2004-2005 PIP Pescarole

SUCCESSIONI ESSENZIALMENTE TERROSE

Le coltri sedimentarie composte da misture di limi, sabbie ed, in misura minore, argilla inglobano i litotipi definiti nella Carta geolitologico-strutturale come SA, PIR1 e PIR2 nonché la parte distale dei litotipi ALL1, ALL2, GH, CO1 e CO2.

Sui sedimenti più fini è stato possibile il campionamento indisturbato e l'esecuzione di analisi e prove di laboratorio per la definizione dei parametri geotecnici mentre sulla componente più grossolana sono state eseguite valutazioni in base alle prove penetrometriche S.P.T. e alle velocità sismiche, tenendo conto anche dei dati della letteratura specialistica.

Di seguito si riportano i dati derivanti dalle analisi di laboratorio sui campioni prelevati durante le indagini geognostiche eseguite dall'Amministrazione Comunale di Serino nell'ambito del precedente procedimento per il PUC eseguito in data 2011 (iter procedurale non completato – parte geologica e delle indagini con parere favorevole degli Enti competenti) che hanno consentito di determinare i seguenti parametri geotecnici:

campione	S1C1	S2C1
profondità (mt)	3,0 - 3,5 mt	3,5 - 4,0 mt
definizione granulometrica AGI	limo con sabbia debolm. argilloso	limo con sabbia
peso volume naturale γ_n (kN/m^3)	16,03	14,95
peso volume secco γ_d (kN/m^3)	10,11	9,17
contenuto d'acqua w (%)	58,45	63,29
porosità n (%)	59,91	60,85
indice dei vuoti e	1,494	1,555
grado di saturazione S_r (%)	98,71	95,24
angolo di resistenza al taglio φ'	30°	30°
coesione c' (kPa)	17,99	11,57
modulo edometrico E_{ed} (kPa) - 100-200 kPa	5137	3357

tabella 13 - parametri geotecnici campagna geognostica per Adeguamento PUC 2011

Parametri geotecnici ricavati dalle prove di laboratorio effettuate su campioni prelevati in pozzetto per il lavoro di "Risanamento idrogeologico del Torrente Savana". Si tratta di piroclastiti a grana medio-fine caratteristici dell'area, costituenti la matrice dei depositi pedemontani.

campione	C1
profondità (mt)	1,5 mt

definizione granulometrica AGI	Sabbia Limosa
peso volume naturale n (kN/m3)	16.57
angolo di resistenza al taglio φ'	26.9°
coesione c' (kPa)	2.5

tabella 14 - parametri campione C1 prelevato in pozzetto - Risanamento Idrogeologico T. Savana

Di seguito vengono elencati i parametri di indagini eseguite per diverso lavori comunali:

campione	S1C1	S1C2
profondità (mt)	3,6 – 4,2 mt	12,5 - 13,1 mt
definizione granulometrica AGI	limo sabbioso argilloso marrone scuro di probabile origine vulcanica	limo argilloso sabbioso di colore da marrone scuro grigiastro a marrone
peso volume naturale γ (kN/m^3)	15,49	16,75
angolo di resistenza al taglio (φ')	-	28°
coesione c' (kPa)	-	9
modulo edometrico E_{ed} tra 100-200 kPa	-	9197

tabella 15 - parametri geotecnici prove laboratorio ampliamento cimitero 2011

campione	S6C1	S8C1	S11C1
profondità (mt)	4,60 – 5,10 mt	5,10-5,60	3,00 - 3,50 mt
definizione granulometrica AGI	Limo con argilla sabbioso	Limo con argilla deb sabbioso	Sabbia con limo
peso volume naturale γ (kN/m3)	15.78	15.59	17.45
angolo di resistenza al taglio (φ')	24	26	24
coesione c' (kPa)	7	9.8	0
modulo edometrico E_d (tra 100-250 kPa)	4308.06	6116.40	737.46

tabella 16 - prove di laboratorio indagine geognostica 2004-2005 PIP Pescarole

campione	*S2C1*
profondità (mt)	2,00 – 2,50 mt
definizione granulometrica AGI	Limo argilloso con sabbioso
peso volume naturale n (kN/m3)	16.18
angolo di resistenza al taglio φ'	25.6°
coesione c' (kPa)	12.1

tabella 17 - prove di laboratorio S2C1 strada Pianella - PLP Group

Questi parametri sono stati confrontati con quelli della precedente campagna di indagine del 2004 per il P.R.G. (vedi tabella seguente) che, mostra un'accettabile vicinanza dei risultati tenendo conto della prevedibile variabilità litologica e geotecnica esistente nell'ambito della vasta piana alluvionale in cui è edificato il centro abitato. Pertanto anche questi valori nominali possono essere ritenuti rappresentativi dei litotipi terrosi in oggetto.

Schema riassuntivo dei risultati geotecnici della campagna di indagine del precedente studio a corredo del P.R.G. 2004 e del PIP in loc. Pescarole (campioni con asterisco) nei litotipi piroclastico terrosi															
campione indisturbato	**S1 C1**	**S2 C1**	**S3 C1**	**S4 C1**	**S7 C1**	**S7 C2**	**S8 C1**	**S11 C1**	**S13 C1**	**S6 * C1**	**S8 * C1**	**S8 * C2**			
prof. mt	3,0-3,4	3,0-3,4	6,0-6,5	3,0-3,5	4,5-5,0	8,5-9,0	4,2-4,6	4,0-4,5	3,0-3,4	4,6-5,1	5,1-5,6	7,0-7,5			
definiz. granulom. AGI	limo sabbioso argilloso	limo sabbioso argilloso	limo sabbioso argilloso	limo con sabbia	sabbia con limo	sabbia con limo	limo argilloso sabbioso	limo con sabbia argilloso	limo con sabbia	limo con sabbia argilloso	limo con arg. deb. sabbioso	limo con sabbia deb. gh.			
peso vol. nat. γ_n (g/cm^3)	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,5	1,6	1,5	1,5	1,6	1,6	1,7			
peso vol. secco γ_d (g/cm^3)	1,2	1,2	1,1	1,2	1,2	1,1	1,2	1,1	1,1	0,97	0,98	1,14			
contenuto d'acqua *w* (%)	35,5	37,5	39,3	28,8	43,7	48,6	37,1	31,5	34,8	65,7	61,5	49,9			
porosità *n* (%)	54,3	54,3	56,0	51,8	54,3	54,3	56,0	51,8	47,7	64,1	63,7	57,4			
indice dei vuoti *e*	1,19	1,19	1,27	1,08	1,31	1,40	1,23	1,27	1,17	1,79	1,75	1,35			
grado di saturaz. S_r (%)	79,1	80,9	78,5	69,5	86,3	87,5	78,1	64,7	74,2	99,5	95,1	99,1			
limite liquido *LL* (%)	56	52	58	----	57	----	48	56	----	----	----	----			
limite plastico *LP* (%)	45	42	40	----	41	----	41	38	----	----	----	----			
indice di plasticità I_p	11	10	18	----	16	----	7	18	----	----	----	----			
indice di consist. I_c	1,56	1,29	1,05	----	1,17	----	1,28	0,95	----	----	----	----			
angolo taglio φ'	27°	27°	26°	27°	27	26	26	26	28	24	26	29			
coesione dren. *c'* (kPa)	15,0	11,3	17,1	23,0	12,3	15,8	13,0	15,0	11,0	8,0	10,0	0,0			

prove in sito

L'elaborazione delle prove penetrometriche eseguite in tali litotipi sia nella presente campagna di indagine, sia in quella per il P.R.G. del 2004 e sia per lavori privati porta ai seguenti risultati:

Sondaggio	prof. S.P.T. (mt)	N	$N_{S.P.T.}$	litologia	falda	pressione litost. σ' (kPa)	N_1
S1	11,5	8-13-32	45	limo con clasti	no	173	33,16
S1	24	2-2-2	4	limo argilloso	no	360	1,95

S2	4	2-2-6	8	limo argilloso	no	60	10,65
S2	7	2-1-2	3	limo sabbioso	no	105	2,92
S2	10	7-4-2	6	pomici	no	150	4,78
S2	18	3-2-5	7	limo argilloso	no	270	4,01

tabella 18 - prove SPT eseguite in foro per Adeguamento PUC 2011

Sondaggio	prof. S.P.T. (kPa)	N	$N_{S.P.T.}$	litologia	falda	pressione litost. σ' (kPa)	N_1
S2	7,4	6-5-8	13	limo-argilloso	no	111	12,26
S3	6,5	5-6-8	14	limo argilloso	no	98	14,20
S4	3,5	2-3-4	7	limo argilloso	no	53	10,04
S7	5	3-3-3	6	limo sabbioso	no	75	7,05
S7	9	1-2-5	7	limo sabbioso	no	135	5,92
S7	12	6-7-9	16	limo sabbioso	no	180	11,51
S8	4,8	7-6-4	10	limo sabbioso	no	72	12,02
S9	3	1-1-2	3	limo sabbioso	no	45	4,69
S9	5,5	7-8-10	18	tufo alterato	no	83	20,05
S9	8,5	7-8-8	16	limo argilloso	no	128	13,96
S11	4,5	1-5-7	12	limo-argilloso	no	68	14,95
S11	7	6-7-8	15	sabbia	no	105	14,60
S13	3,5	3-6-10	16	sabbia-limosa	no	53	22,95
S13	4,5	2-5-7	12	limo argilloso	no	68	14,95
S13	6,5	4-5-7	12	limo argilloso	no	98	12,17
S13	9,5	4-5-7	12	limo argilloso	no	143	9,84
S13	12	3-3-4	7	limo argilloso	no	180	5,04
S13	15	5-8-11	19	limo-sabb-arg.	no	225	12,07
S14	1,2	6-5-9	14	limo con clasti	no	18	36,57
S14	4,2	8-8-7	15	limo con clasti	no	63	19,43
S15	5,5	5-5-7	12	limo-sabbioso	no	83	13,36
S15	9	7-4-10	14	limo argilloso	no	135	11,83
S16	3	3-4-4	8	limo argilloso	no	45	12,51
S16	7,1	5-3-5	8	tufo alterato	no	107	7,72
S16	12,5	4-3-8	11	limo argilloso	no	188	7,74

tabella 19 prove SPT eseguite nella campagna geognostica PRG 2002

Sondaggio	prof. S.P.T. (mt)	N	$N_{S.P.T.}$	litologia	falda	pressione lit. σ' (kPa)	N_1
S4	4,5	2-3-6	9	limo sabbioso	no	68	11,22
S5	4,5	5-5-8	13	sabbia-limosa	no	68	16,20
S5	7,5	9-13-15	28	tufo alterato	no	113	26,21
S5	16,5	5-7-11	18	limo argilloso	SI	248	10,84
S5	20	11-15-17	32	limo argilloso	SI	300	17,30
S6	2,3	8-5-5	10	sabbia-limosa	no	35	18,15
S6	9	7-11-15	26	limo argilloso	no	135	21,98
S6	15	5-6-7	13	limo	SI	225	8,26
S7	4,5	7-9-11	20	limo argilloso	no	68	24,92
S7	11,5	3-4-5	9	limo-sabbioso	no	173	6,63
S8	3,5	3-3-5	8	limo-sabbioso	no	53	11,48
S8	6,5	8-11-19	30	argilla limosa	no	98	30,43

S9	3,2	4-9-10	19	sabbia-limosa	no	48	28,66
S9	5,5	7-10-11	21	sabbia-limosa	no	83	23,39
S9	9	10-12-13	25	sabbia-limosa	no	135	21,13
S9	12	28-Rif	Rif	tufo alterato	no	180	Rif
S10	1,5	2-2-3	5	riporto terroso	no	23	11,53
S10	3	4-4-5	9	riporto terroso	no	45	14,07
S11	1,7	4-6-7	13	limo sabbioso	no	26	27,94
S11	3	3-4-4	8	limo sabbioso	no	45	12,51
S11	7	6-7-7	14	tufo alterato	no	105	13,62
S11	9	5-8-8	16	tufo alterato	no	135	13,52
S1 cim	4	1-2-2	4	limo argilloso	no	60	5,32
S1 cim	9	1-2-2	4	limo argilloso	no	135	3,38
S1 cim	15	1-1-1	2	sabbia argillosa	no	225	1,27
S1 cim	26,3	9-15-16	26	limo argilloso	no	395	12,06
S2 cim	5	5-5-5	10	limo-sabbioso	no	75	11,75
S2cim	11,5	2-5-8	13	limo-sabbioso	no	173	9,58

tabella 20 - prove SPT eseguite in foro dal dottor geologo Angelo Miranda per committenti privati e per l'amministrazione comunale (Cimitero)

Indagini lavori comunali:

Sondaggio	prof. S.P.T.	N	$N_{S.P.T.}$	litologia	falda
S3 via cupa Cirino	3,0	1-1-2	3	Sabbia-limosa-ghiaosa	no
	6,0	1-2-2	4	Sabbia-limosa	
	9,0	4-7-9	16	Sabbia-limosa	
	12,0	3-3-4	7	Sabbia-limosa	
	15,60	5-9-13	22	Sabbia fine	

tabella 21 - prova SPT sondaggio S3 via cupa Cirino

Sondaggio	prof. S.P.T.	N	$N_{S.P.T.}$	litologia	falda
S8	5,60	5-6-7	13	Limo con argilla deb sabbioso	no

tabella 22 - prova SPT indagine geognostica 2004-2005 PIP Pescarole

Sondaggio	prof. S.P.T.	N	$N_{S.P.T.}$	litologia	falda
S2 pianella	2,50	9-9-15	24	Limo sabbioso argillso	no

tabella 23 - prova SPT sondaggio S2 strada Pianella

Tali terreni di regola sono da considerarsi "normalmente consolidati" anche se sono possibili comportamenti di leggera "sovraconsolidazione" per fenomeni di essiccamento e filtrazione.

SUCCESSIONI ESSENZIALMENTE DETRITICHE

La parte prossimale e più vicina ai rilievi dei litotipi GH, CO1 e CO2 sono formate per la maggior parte da ghiaie talora molto grosse in matrice terrosa, così come i litotipi ALL1 e ALL2 caratterizzati dall'alternanza di livelli ghiaiosi e terrosi o da passaggi laterali graduali tra le due fasce granulometriche.

Nelle ghiaie, in cui non è possibile il campionamento indisturbato, sono state eseguite le seguenti prove penetrometriche S.P.T.:

Sondaggio	prof. S.P.T. (mt)	N	$N_{S.P.T.}$	litologia	falda	pressione litost. σ' (kPa)	N_1
S1	3,5	2-7-8	15	ghiaia calc.	no	53	21,52
S1	6,4	13-17-29	46	ghiaia calc.	no	96	47,06
S1	17	Rif	Rif	ghiaia calc.	no	255	Rif

tabella 24 - prove SPT eseguite in foro dal dr geologo Angelo Miranda per l'Adeguamento PUC 2011

Sondaggio	prof. S.P.T. (mt)	N	$N_{S.P.T.}$	litologia	falda	pressione litost. σ' (kPa)	N_1
S16	16,5	7-11-15	26	calcare sabb.	no	2,48	15,65

tabella 25 - indagini eseguite per il P.R.G. 2002

Sondaggio	prof. S.P.T. (mt)	N	$N_{S.P.T.}$	litologia	falda	pressione litost. σ' (kPa)	N_1
S2	3	6-6-6	12	detrito calcareo	no	0,45	18,77
S2	7	4-6-10	16	detrito calcareo	no	1,05	15,57
S4	6	16-14-7	21	ghiaia calcarea	no	0,90	22,28
S4	9	10-17-8	25	ghiaia calcarea	no	1,35	21,13
S7	15	11-17-21	38	ghiaia calcarea	no	2,25	24,13
S7	21	18-35-Rif	Rif	ghiaia calcarea	no	3,15	Rif
S1 cim	30	7-16-18	34	sabbia ghiaiosa	no	4,50	14,45
S2 cim	16,5	9-12-12	24	ghiaia calcarea	no	2,48	14,45
S2 cim	21	8-14-16	30	ghiaia calcarea	no	3,15	15,78
S2 cim	24	4-7-12	19	ghiaia calcarea	no	3,60	9,27
S2 cim	30	12-18-21	39	ghiaia calcarea	no	4,50	16,80

tabella 26 - prove SPT eseguite in foro dal dottor geologo Angelo Miranda per committenti privati e per l'amministrazione comunale (Cimitero)

Sondaggio	prof. S.P.T.	N	$N_{S.P.T.}$	litologia	falda
S1 via cupa Cirino	3,0	11-24-38	62	ghiaia calcarea	no

tabella 27 - prova SPT sondaggio S1 via cupa Cirino

Sondaggio	prof. S.P.T.	N	$N_{S.P.T.}$	litologia	falda
S1 Pianella	2,0	12-21-12	33	ghiaia calc.	no

tabella 28 - prova SPT sondaggio S1 strada Pianella

Come altri principali parametri geotecnici ***nominali*** possono essere proposti i seguenti valori indicativi tratti dalla letteratura e dall'esperienza dei sottoscritti in grossi cantieri:

γ_n *= 18 - 24 kN/m³*	peso dell'unità di volume
E_{ed} *> 10'000 – 15'000 kPa*	modulo edometrico per bassi livelli di carico

13.0 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA

ASPETTI DINAMICO-STRUTTURALI E LEGISLATIVI

Lo studio della sismicità del territorio si fonda sulla raccolta critica e sull'interpretazione di tutte le informazioni esistenti in letteratura a livello di "area vasta" per cui i risultati sono approssimativi e quindi utili solo per ottenere indicazioni di larga massima per valutare la distribuzione sul territorio della risposta sismica locale.

Le registrazioni dei sismi riguardano la variazione delle accelerazioni del suolo nel tempo, con particolari grafici detti "accelerogrammi", e la variazione delle accelerazioni con la frequenza delle onde con i cosiddetti "spettri di risposta elastica". Come si vedrà meglio in seguito, su ogni litotipo sismico si può definire una curva che inviluppa tutti i possibili spettri di risposta e che viene superata solo occasionalmente. La misura dell'energia rilasciata negli eventi sismici fornisce il valore della magnitudo *M* mentre precedentemente i terremoti venivano invece caratterizzati dai danni prodotti sul territorio, adottando scale di misura non oggettive, per esempio la MCS, derivata dalla classica "Mercalli", ma certamente molto diffuse anche per la ricostruzione sismica temporale di un'area.

A partire dal D.M. 7/3/1981 il territorio italiano è stato diviso in macrozone sismiche, a comportamento omogeneo, ed il Comune di Serino è stato incluso nella macrozona di *II categoria*, con grado di sismicità *S = 9* e coefficiente di intensità sismica *C = 0,07* (D.P.C.M. G.U. 29.5.1981 n. 146). Il coefficiente *C* rappresentava la massima accelerazione, espressa in termini di accelerazione di gravità *"g"*, alla quale i manufatti dovevano rispondere elasticamente.

Dopo aver sperimentato l'inadeguatezza di questa zonizzazione in seguito ai più recenti sismi, tra cui quello del 23/11/1980 in Irpinia, con il D.L. 112/1998, art. 94, le Regioni hanno avuto il compito di aggiornare le zone sismiche attraverso un riesame critico del territorio e ciò ha portato all'adeguamento della Classificazione Sismica dei Comuni della Campania (Delibera di G. R. n. 5447 del 7/11/2002). Il Comune di Serino viene pertanto inserito nella 2ª Zona sismica di "medio livello di pericolosità", corrispondente alla vecchia II categoria. Nei comuni inseriti in questa zona in passato si sono avuti danni rilevanti a causa di terremoti abbastanza forti.

Il successivo aggiornamento della classificazione, delegata alle regioni dall'O.P.C.M. n°3274/03, lascia il comune di Serino in 2ª Zona sismica. Con tale Ordinanza sono state introdotte nuove norme per la riclassificazione delle zone a rischio sismico e dei relativi criteri costruttivi, da eseguirsi da parte delle Regioni, descrivendo le nuove procedure per l'assegnazione dei fattori di amplificazione sismica locale. I criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone vengono specificati nel successivo O.P.C.M. n. 3519 del 28/04/2006.

Le recenti ricerche da parte dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (I.N.G.V.) hanno elaborato la Zonazione Sismogenetica ZS9 (AA. VV., 2004), visualizzata nella *"Mappa della pericolosità sismica del territorio nazionale"* di cui all'Allegato 1b dell'O.P.C.M. 28/04/2006, per cui questo settore dell'Appennino è stato suddiviso in diverse fascie (ZS) a comportamento sismogenetico costante. La principale di esse, denominata "927" segue l'andamento della catena appenninica (NW-SE), congiungendo Sannio, Irpinia e Basilicata (Fig. 8).

Trasversalmente ad essa sono state individuate:

- sul bordo tirrenico la fascia “928”, con direzione quasi ENE-WSW, che coinvolge anche l'area vulcanica napoletana lungo la direttrice Vesuvio-Ischia-Campi Flegrei;
- sul margine adriatico la fascia trasversale “924” che interessa il promontorio garganico e, parallele alla prima, le fasce “925” e “926” che arrivano rispettivamente in Puglia e Basilicata.

Più in dettaglio le varie fasce della Zonazione Sismogenetica ZS9 scaturiscono da una fitta maglia di punti intervallati di 0,05° per ognuno dei quali è calcolata l’accelerazione massima al bedrock (substrato rigido) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, com’è visibile dalla seguente figura in cui è evidenziato il territorio comunale di S. Michele di Serino.

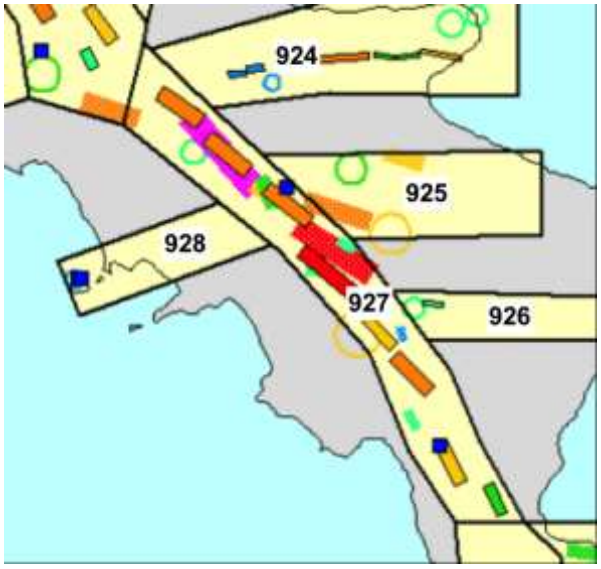


Figura 4 - stralcio della Mappa della pericolosità sismica del territorio nazionale

Le fasce sismogenetiche che compongono la zona principale "927", comprende a nord-ovest la zona del Sannio-Matese e a sud-est la zona Irpina. L’area Sannio-Matese, che si estende tra il Molise e Campania includendo le città di Isernia, Campobasso e Benevento, risulta particolarmente importante in quanto storicamente ha originato terremoti fortemente distruttivi. Si tratta di eventi sismici con intensità I > X° MCS che sono stati intervallati da lunghi periodi di quiescenza e da sequenze sismiche di bassa energia. Attualmente sono assenti terremoti ad alta energia (Scarpa e Zollo, 1985) ed il lungo periodo di quiescenza che segue l’evento del 1805 rende quest’area ad alta pericolosità sismica. Secondo uno studio eseguito da Milano et alii (1999), la sismicità rilevata tra il 1997-98 è stata caratterizzata dalla presenza della più intensa sequenza sismica di bassa energia verificatasi negli ultimi 20 anni. La sequenza ha avuto origine lungo il versante orientale del massiccio del Matese ed è stata caratterizzata dall’alternanza di periodi di intensa attività, spesso a sciami, e periodi di relativa tranquillità. Dal Marzo 1997 al Marzo 1998 sono state registrate circa 4000 eventi con magnitudo M > 0.8 ma solo 25 eventi hanno avuto magnitudo M > 3.0. L’evento più energetico si è verificato il 19/3/97 con M = 4.1.

Anche l’Irpinia rappresenta una delle zone sismogenetiche più importanti dell’Appennino Meridionale. Il terremoto del 23/11/1980 è stato studiato in dettaglio utilizzando tutti i dati disponibili che hanno permesso di conoscere le caratteristiche fisiche e geometriche delle faglie responsabili. Questo sisma è stato caratterizzato da tre distinti fenomeni di rottura lungo differenti segmenti di faglia succedutesi in circa 40 secondi. La rottura si è propagata dall’ipocentro interessando segmenti di faglia lungo i Monti Marzano, Carpineta e Cervialto (vedi figura a lato) e, dopo circa 20 secondi, si è propagata verso SE in direzione della Piana di San Gregorio. L’ultimo segmento di faglia ad essere stato interessato dal processo di rottura è localizzato a NE del primo segmento.

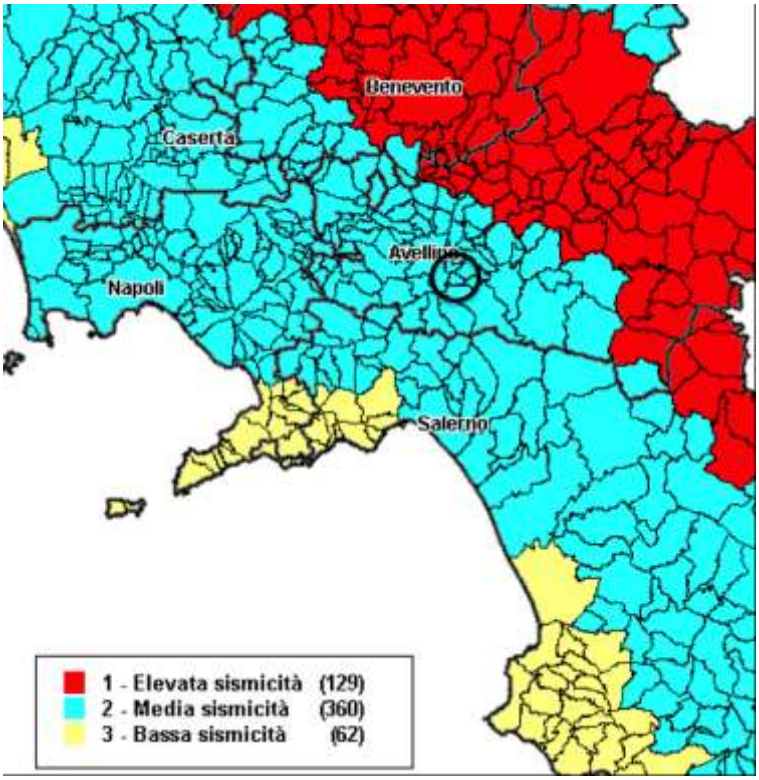


Figura 5 - aggiornamento della Classificazione Sismica dei Comuni della Campania (D.G.R. 5447/02)

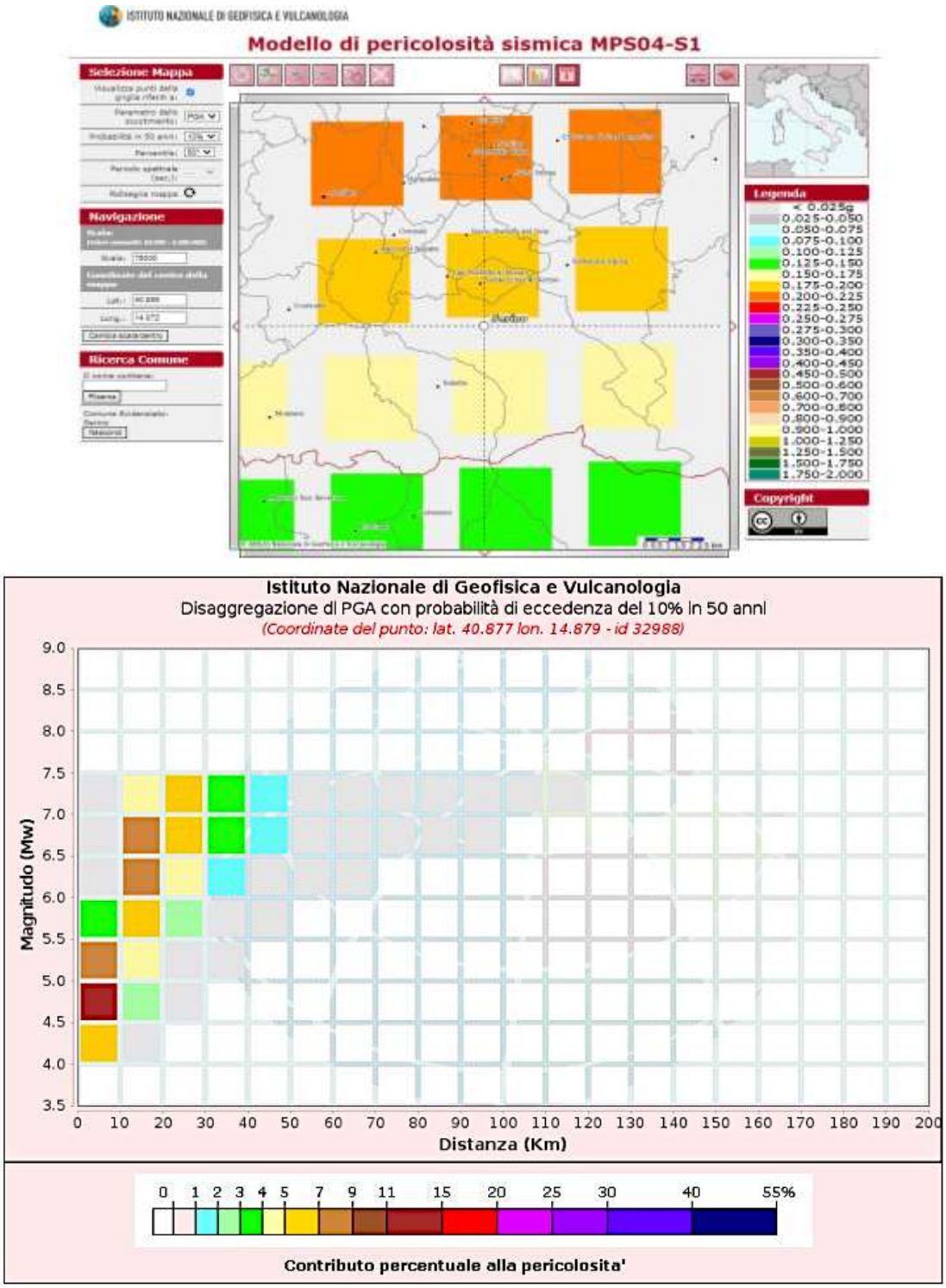


Figura 6 – mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale e valori di disaggregazione PGA

Studi di paleosismologia hanno dimostrano che la faglia responsabile del terremoto dell'Irpinia ha generato in passato terremoti simili a quello del 1980 e che tali eventi si succedono con frequenza di circa 2000 anni. La successione di rotture che si sono susseguite mostra l'interazione fra i diversi segmenti di faglia, in modo tale che un forte terremoto alteri le probabilità di occorrenza di altri terremoti nelle zone circostanti la faglia sismogenetica. Inoltre questo sisma ha riattivato faglie trascorrenti sinistre facenti parte di fasce sismogenetiche trasversali, producendo un amplificazione dell'energia sismica a livello locale.

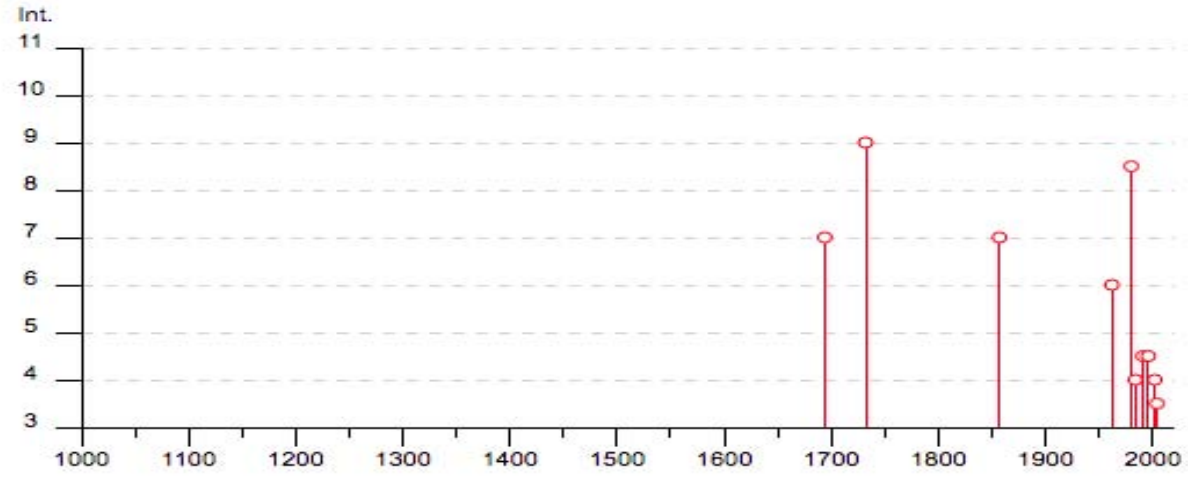
Le fascie sismogenetiche trasversali all'asse appenninico comprendono le faglie trascorrenti di tipo sinistro, con carattere anche di culminazioni e depressioni assiali di grosse pieghe a livello regionale, delle direttrici Fortore-Vulture, Benevento-Buonalbergo, Sorrento-Manfredonia (o Paroline-Grottaminarda), Bagnoli Irpino-Torrente Callaggio, Trinitapoli-Paestum (o S. Fele-Vulture) e Sapri-Nocara (vedi tav. 2a "Carta geolitologico-strutturale").
In questo contesto l'area in esame ricade, a rigore, nella fascia "928", ad una decina di km di distanza dalla fascia principale "927", rientrando pertanto nel cosiddetto "bordo morbido" entro il quale si produce uno smussamento nella distribuzione della pericolosità sismica. La presenza di questa fascia di transizione, che determina differenze meno accentuate tra le diverse ZS, è dovuta al fatto che i loro confini sono frutto di compromesso tra numerosi parametri sismici per cui sono affetti da un certo margine di sicurezza.
Nella fascia "928" i sismi si sviluppano con meccanismo di fagliazione diretta e profondità ipocentrali che sono comprese nei primi 5 km specialmente verso il bordo tirrenico. La vicina fascia sismogenetica principale "927", che con la sua attività condiziona notevolmente la sismicità dell'area in esame, è caratterizzata dal massiccio rilascio di energia sismica lungo faglie subverticali dovute alla distensione generalizzata della catena montuosa nel corso degli ultimi 700'000 anni. Le profondità ipocentrali sono qui comprese tra gli 8 e 12 km mentre è pari a 10 km la profondità "efficace" in corrispondenza della quale si ha il massimo rilascio di energia sismica. Pertanto gli eventi sismici che interessano l'area in esame, quasi a cavallo tra le due fasce, assumono le caratteristiche proprie di quella principale "927".
Inoltre il territorio di Serino si trova sufficientemente distante dalle fasce sismogenetiche che generano terremoti, com'è visibile nella Fig. 11.
Dalla foto sono anche visibili le faglie attive (in rosso, nella parte destra) in questo settore della catena che delimitano a SW le fasce sismogenetiche certe formando l'allineamento Irpinia 1 ÷ 7 con direzione NW-SE. L'estremo NW di questo allineamento, talora discontinuo lungo la direttrice M.te Caravella – Caposele – M.te Valva – M.te Marzano – M.te Cucuzzone (vedi figura seguente), è proprio il punto più vicino al territorio comunale di Serino e dista circa 19 km in direzione ENE.
La distanza del territorio comunale da faglie attive è confermata anche dai risultati del Progetto 5.1.2 "Inventario delle faglie attive e dei terremoti ad esse associabili" (1998) del Gruppo Nazionale Difesa Terremoti (GNDT). Infatti nel **capitolo 12** sono visibili le faglie attive sia del periodo Pleistocene medio-superiore e sia nell'Olocene le quali non hanno interessato direttamente il territorio in esame.
La ricerca dei terremoti massimi attesi nella zona di Serino, proprio per la sua ubicazione all'interno di un complicato contesto sismogenetico, tiene conto delle relazioni esistenti fra tempi di ritorno, magnitudo dei terremoti e distanza epicentrale e caratteristiche della sorgente sismogenetica da cui essi provengono.
I tempi di ritorno (*T*) dei terremoti in una determinata zona sono proporzionali al contenuto energetico con cui arrivano gli stessi, cioè i sismi che si verificano dopo lunghi tempi di ritorno sono molto violenti rispetto a quelli che si succedono dopo brevi tempi di ritorno.



Figura 7: fasce sismogenetiche certe (in arancio) e fasce sismogenetiche tuttora dibattute dell'Appennino Campano-Lucano (in blu) - figura tratta dal "Database of Individual Seismogenic Sources" (DISS) dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

L'intensità dei terremoti storici e l'ubicazione della loro sorgente è contenuta nel *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani* - versione 2015 (CPTI15), a cura dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). Il catalogo DBMI15 (database macrosismico utilizzato per la compilazione del suddetto catalogo CPTI15) indica i maggiori eventi sismici verificatisi nel territorio comunale di Serino specificando, come da grafico e tabella seguente:

- l'intensità macrosismica MCS al sito in esame (Int);
- la distanza epicentro-zona in esame in km (R);
- il numero di osservazioni fatte (N_{MDP}) in merito alla caratterizzazione del sisma;
- l'intensità massima MCS (I_0);
- la Magnitudo-momento del sisma (M_w);



Seismic history of Serino (Sala) - [40.853, 14.873]

Is	Anno Me Gi Or	Area epicentrale	R	nMDP	Io	Mw
Is	Anno Me Gi Or	Area epicentrale	R	nMDP	Io	Mw
6-7	1688/06/05 - 15:30	Sannio	50	216	11	6.72
8	1694/09/08 - 11:40	Irpinia-Basilicata	35	253	10-11	6.87
7-8	1732/11/29 - 07:40	Irpinia	26	168	10-11	6.61
8	1805/07/26 - 21	Molise	77	223	10	6.57
7	1857/12/16 - 21:15	Basilicata	89	337	10-11	6.96
5-6	1905/03/14 - 19:16	BENEVENTANO	9	94	6-7	4.96
3-4	1905/11/26	IRPINIA	31	136	7	5.32
5-6	1910/06/07 - 02:04	Irpinia-Basilicata	41	376	8-9	5.87
6-7	1930/07/23 - 00:08	Irpinia	43	509	10	6.72
8	1980/11/23 - 18:34	Irpinia-Basilicata	29	1317	10	6.89
4	1984/05/07 - 17:49	Appennino abruzzese	109	912	8	5.93
4	1990/05/05 - 07:21	POTENTINO	29	1374	7	5.84
4	1991/05/26 - 12:25	POTENTINO	72	597	7	5.22
5	1996/04/03 - 13:04	IRPINIA	31	557	6	4.92
3	1997/03/19 - 23:10	MATESE	53	284	6	4.59

Is: intensità macrosismica MCS di sito; **R**: distanza epicentro-zona in esame in Km; **nMDP**: numero di osservazioni fatte in merito alla caratterizzazione sismca; $\mathbf{I_0}$: intensità massima; **Mw**: magnitudo momento sisma.

La "pericolosità sismica di base" costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche rispetto alle quali si possono valutare i diversi "stati limite" introdotti nelle stesse NTC 2018. Infatti l'attuale testo vigente conferma definitivamente la distribuzione *puntuale* della pericolosità sismica rispetto a quella classica *zonale*. L'azione sismica di riferimento è definita per ogni sito sulla base alla sua posizione nell'ambito degli stessi nodi su cui sono state condotte le stime di pericolosità sismica da parte di I.N.G.V.

In base alla presente normativa si parte dal suddetto reticolo di riferimento georeferenziato in cui è posto il territorio comunale (Tabella 1 dell'Allegato "B" delle NTC 2018), formato dai nodi di cui all'Allegato "A" delle NTC 2018, elencati di seguito:



I parametri relativi a tali nodi sono i seguenti:

ID nodo		**32987**	**32988**	**32989**	**33209**	**33210**	**33211**	**33212**	**33431**	**33432**	**33433**	**33434**
Longitudine (°)		14,813	14.879	14,945	14,812	14,878	14,944	15,010	14,811	14,877	14,943	15,009
Latitudine (°)		40,877	40,877	40,876	40,827	40,827	40,826	40,825	40,777	40,777	40,776	40,775
$T_R = 30$	a_g	0,051	0,052	0,052	0,047	0,048	0,048	0,050	0,044	0,044	0,045	0,046
	F_0	2,34	2,34	2,35	2,34	2,34	2,35	2,37	2,36	2,36	2,38	2,39
	T^*_0	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
$T_R = 50$	a_g	0, 066	0,067	0,068	0,060	0,060	0,061	0,063	0,055	0,056	0,057	0,058
	F_0	2,35	2,35	2,34	2,38	2,38	2,38	2,38	2,36	2,36	2,39	2,42
	T^*_0	0,31	0,31	0,31	0,32	0,32	0,31	0,31	0,32	0,32	0,32	0,32
$T_R = 72$	a_g	0,079	0,079	0,080	0,071	0,072	0,073	0,075	0,065	0,065	0,066	0,069
	F_0	2,36	2,37	2,37	2,38	2,38	2,38	2,39	2,40	2,39	2,41	2,43
	T^*_0	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,34	0,34	0,34	0,34
$T_R = 101$	a_g	0,093	0,093	0,095	0,082	0,083	0,085	0,088	0,074	0,075	0,077	0,079
	F_0	2,37	2,38	2,38	2,41	2,41	2,41	2,41	2,43	2,42	2,44	2,46
	T^*_0	0,34	0,34	0,34	0,35	0,35	0,35	0,34	0,35	0,35	0,35	0,35
$T_R = 140$	a_g	0,011	0,109	0,110	0,095	0,095	0,097	0,102	0,084	0,085	0,088	0,091
	F_0	2,38	2,39	2,39	2,42	2,43	2,42	2,43	2,46	2,46	2,45	2,47
	T^*_0	0,35	0,35	0,35	0,36	0,36	0,36	0,35	0,36	0,37	0,37	0,36
$T_R =$	a_g	0,127	0,128	0,130	0,110	0,111	0,113	0,119	0,097	0,098	0,101	0,106
	F_0	2,38	2,39	2,39	2,44	2,45	2,43	2,44	2,48	2,48	2,47	2,43

	T^*_0	0,36	0,36	0,36	0,37	0,37	0,37	0,37	0,38	0,38	0,38	0,40
$T_R = 475$	a_g	0,181	0,184	0,187	0,153	0,154	0,159	0,173	0,131	0,134	0,139	0,148
	F_0	2,39	2,41	2,38	2,44	2,45	2,43	2,40	2,51	2,50	2,49	2,49
	T^*_0	0,37	0,38	0,40	0,41	0,42	0,42	0,42	0,42	0,43	0,43	0,43
$T_R = 975$	a_g	0,236	0,241	0,250	0,196	0,199	0,204	0,235	0,165	0,168	0,176	0,194
	F_0	2,43	2,39	2,40	2,47	2,47	2,51	2,40	2,54	2,55	2,56	2,53
	T^*_0	0,38	0,41	0,42	0,42	0,43	0,43	0,43	0,44	0,45	0,45	0,45
$T_R = 2475$	a_g	0,313	0,321	0,348	0,258	0,259	0,280	0,336	0,210	0,217	0,232	0,274
	F_0	2,48	2,51	2,44	2,54	2,59	2,55	2,37	2,66	2,69	2,65	2,51
	T^*_0	0,41	0,42	0,43	0,44	0,45	0,45	0,44	0,46	0,47	0,50	0,46

Con i parametri relativi a tali nodi (a_g, F_0, T^*_0) vengono ricavati, nell'ambito di ogni maglia quadrangolare, quelli intermedi come media pesata dei valori dei quattro vertici della maglia stessa, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici, attraverso l'espressione:

$$p_i = \frac{\sum p_i / d_i}{\sum 1 / d_i}$$

dove *"p_i"* è il generico parametro e *"d_i"* la distanza del punto in esame dal vertice della suddetta maglia.

Si ribadisce che i parametri puntuali ottenuti con questa procedura sono validi in condizioni di campo libero, su sito di riferimento rigido (di categoria A) e con superficie topografica orizzontale.

EFFETTI COSISMICI

I terremoti, oltre all'effetto immediato di scuotimento del suolo con relativa produzione o meno di danni, alterano le condizioni statiche delle aree già in delicate condizioni, cioè possono variare in senso negativo le situazioni di equilibrio morfologico presenti nel territorio.
Questi effetti si risentono sia immediatamente dopo il sisma che successivamente e, considerate le condizioni geologiche presenti nell'area in studio, prevedono:

- Il possibile peggioramento dell'instabilità dei versanti;
- il possibile verificarsi di fenomeni di liquefazione nei terreni sabbioso-limosi di fondovalle del F. Sabato con falda idrica abbastanza superficiale.

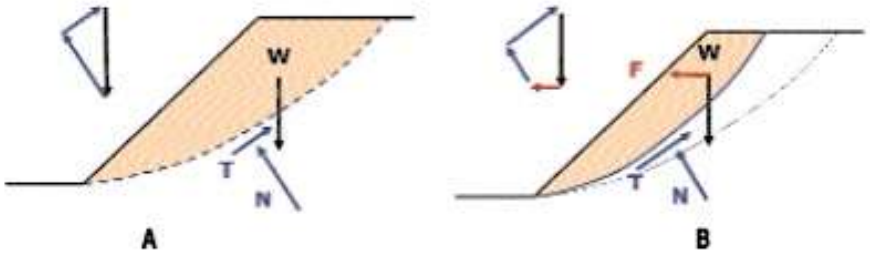
In effetti il terreno, in assenza di sollecitazioni sismiche, è soggetto soltanto alla pressione litostatica ed a quella di confinamento, dovuta al peso dei sedimenti sovrastanti e posti lateralmente. Durante l'evento sismico vengono indotte nel terreno delle sollecitazioni cicliche di taglio, dovute alla propagazione delle onde sismiche verso la superficie, che cambiano ripetutamente verso ed ampiezza. Queste oscillazioni fanno aumentare la pressione neutra "*u*" dei terreni, dovuta al rapido spostamento di flussi idrici, facendo diminuire la resistenza degli stessi agli sforzi di taglio , secondo la nota legge di Coulomb.

peggioramento dell'instabilità dei versanti

Lo scuotimento sismico può provocare in pendio l'ulteriore movimento delle frane attive, il possibile risveglio delle frane quiescenti e l'innesco di nuove frane in quelle aree particolarmente sensibili per motivi geolitologici e morfologici. Quindi, alla scala di valutazione del presente studio, sia le aree definite "instabili" che quelle “moderatamente instabili” e "potenzialmente instabili" potrebbero essere soggette a fenomeni di instabilità in seguito a terremoti violenti.
Le condizioni di equilibrio possono venire compromesse principalmente per due fattori:

- incremento temporaneo delle azioni instabilizzanti, costituite dalle forze d’inerzia indotte dal sisma sul volume di terreno o roccia, variabili nel tempo, in direzione e verso lungo il pendio, ed eventualmente amplificate per effetto della stratigrafia e delle irregolarità topografiche;
- riduzione delle caratteristiche di resistenza al taglio (o trazione) del terreno (o roccia), per effetto sia della degradazione ciclica dello scheletro solido (o dei giunti), sia della generazione ed accumulo di sovrapressioni interstiziali.

La combinazione delle diverse concause tende a produrre effetti dannosi di carattere sia immediato che differito nel tempo, come testimoniano numerosi casi di instabilità post-sismica di pendii in terreni fini saturi. I danni causati all’ambiente fisico sono tipicamente associabili a frane tanto più ingenti quanto più elevato è il contenuto energetico del sisma.
Il volume di sottosuolo instabile in condizioni sismiche è quello preesistente, per frane attive o quiescenti, mentre per quelle di primo innesco è in genere più superficiale rispetto alle condizioni statiche (F. Vinale - Indirizzi per studi di microzonazione sismica - 2008).



Meccanismi di instabilità in condizioni statiche (A) e sismiche (B).

La riattivazione di frane quiescenti e la ripresa o accelerazione del movimento di frane attive sono simili per cinematismo alle frane innescate da cause non sismiche e sono pertanto riferibili al criterio di classificazione dei movimenti di versante proposto da Varnes (1978), in cui le frane sono distinte in base alla natura dei materiali (rocce o terreni), al tipo di movimento (crolli, ribaltamenti, scorrimenti, colate, espansioni laterali) e in base della velocità del movimento (da estremamente lente a estremamente veloci).
Per le frane di primo distacco è più diffuso il sistema di classificazione proposto da Keefer (1984) che in base all’analisi di casi osservati a seguito di svariati eventi sismici, ha riconosciuto tre diverse categorie di meccanismo:

- CATEGORIA I: crolli e scorrimenti in roccia fratturata e/o allentata ed in pendii acclivi, ad alta velocità, con disgregazione della massa di frana: sono queste le frane tipicamente indotte da scosse anche di breve durata ed elevata frequenza, caratteristiche di terremoti deboli (*weak motion*);
- CATEGORIA II: scorrimenti rotazionali o traslativi e colate lente in litotipi prevalentemente argillosi, in pendii da moderata acclività: questi dissesti possono essere attivati solo da scuotimenti di maggiore energia e durata (*strong motion*);
- CATEGORIA III: colate rapide di terreno causate da meccanismi di fluidificazione che si verificano

più raramente.

Dall'analisi statistica delle tre diverse classi di meccanismo, Keefer & Wilson (1989) hanno ricavato altrettante curve di correlazione tra magnitudo dell'evento *M* e distanza della frana *R*, al di sotto delle quali le frane stesse sono attivate o riattivate dai sismi.

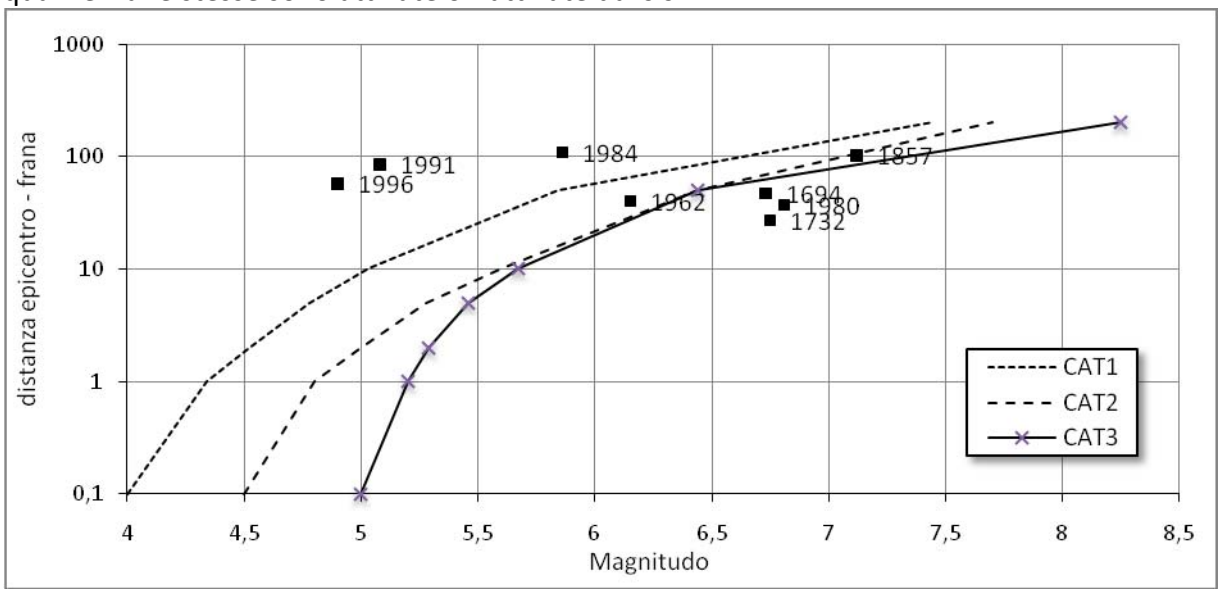


Figura 8: relazione tra magnitudo dell'evento sismico M e distanza della frana R ai fini dell'attivazione e riattivazione di frane (Keefer & Wilson - 1989).

Posizionando nel grafico di Fig. 12 gli eventi maggiori del catalogo sismico DBMI15 risulta che solo i maggiori sismi (del 1694, 1732, 1857, 1962 e 1980), risentiti nel territorio in esame con intensità macrosismica compresa tra VI-IX grado MCS, hanno potuto provocare frane di Categoria 2 (scorrimenti, colate lente e rare colate rapide). Le frane che possono essersi attivate o riattivate sono quelle che interessano in alcuni punti i versanti del M.te Peluso, a cinematica intermittente e lenta (a bassa intensità) e pertanto non impulsive.

In realtà storicamente non si hanno notizie di frane prodotte da eventi sismici ed almeno quello del 1980, dai numerosi studi eseguiti all'indomani dello stesso, non ha causato fenomeni di riattivazione (D'Elia et alii, 1985), come da tabella seguente:

Tab. 3: Frane conseguenti al sisma dell'Irpinia del 1980: ritardo dell'innesco rispetto al sisma (da D'Elia et al., 1985)

Tipo Frana	Località	Terreni	S	I	Ritardo		
					n	h	g
Crolli	Valva	Calcari	-	9	*		
	Raia	Calcari	-	9	*		
	Colliano	Calcari	-	9	*		
	Balvano	Calcari e dolomie	-	8	*		
Scorrimenti	S. Giorgio la Molara I	Arenarie ed argille	3.0	6			*
	T. Sauro	Argille varicolori	1.9	6			*
	Andretta	Argille e conglomerati	0.8	8		*	
	Torella dei Lombardi	Arenarie, argille marnose e calcareniti	0.5	8		*	*
	Calitri	Argille plioceniche e Varicolori	0.3	8		*	
	S. Giorgio la Molara II	Calcareniti ed argille	0.3	6		*	
	S. Angelo dei Lombardi	Argille e conglomerati	0.3	10			
	Caposele	Arenarie	.08	9			
	S. Fele	Argille e marne	-	7		*	
Colate	Senerchia	Detriti, argille Varicolori	1.0	8		*	
	Buoninventre	Marne ed argille	0.9	9		*	
	Calitri	Argille plioceniche e Varicolori	0.2	8			*

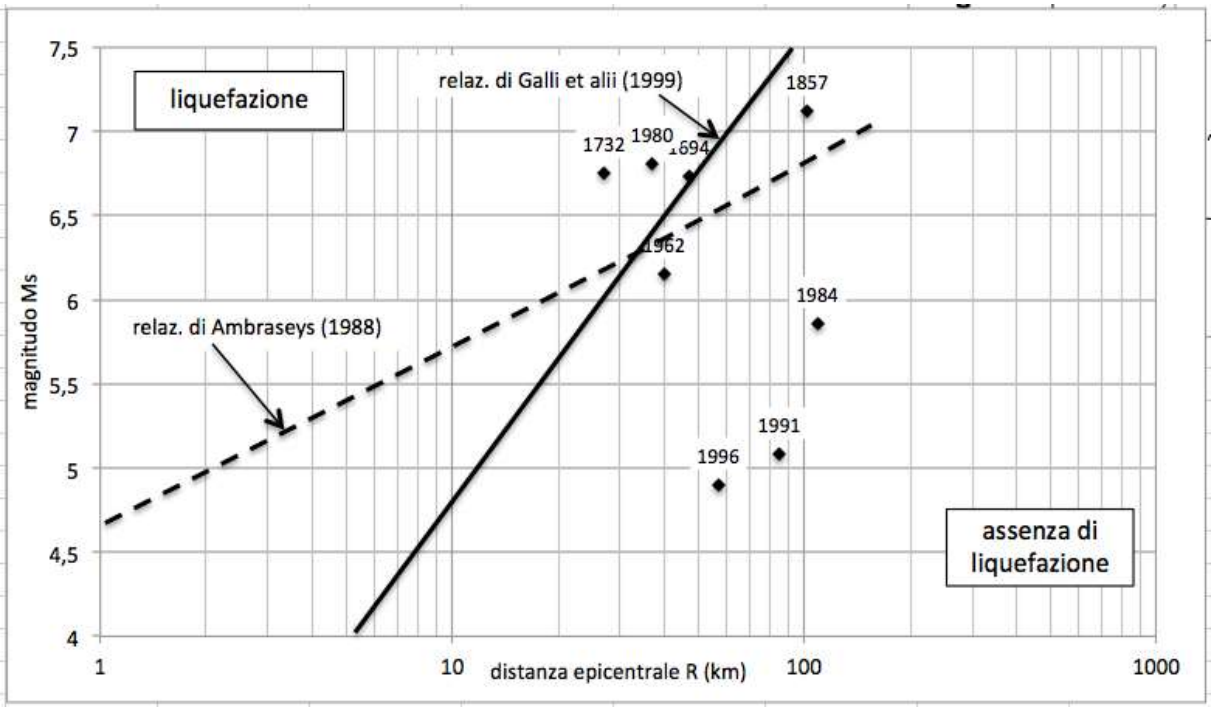
Legenda: S = superficie della frana in kmq; I = Intensità sismica in MKS; n=nessun ritardo; h = poche ore di ritardo; g = pochi giorni di ritardo.

Pertanto il rischio di riattivazione o innesco di frane in seguito a forti terremoti si presenta abbastanza modesto riferendosi a potenziali eventi di bassa intensità (frane lente sulle pendici del M.te Peluso), mentre frane del tipo colata rapida sono abbastanza rare. Per questo motivo si è ritenuto opportuno non eseguire verifiche analitiche di stabilità.

liquefazione

I fenomeni di liquefazione, tramite i quali i litotipi incoerenti assumono il comportamento di un fluido viscoso, si formano quando la scossa sismica produce un numero di vibrazioni (cicli) tale che la pressione interstiziale uguaglia quella di confinamento, cioè quando la pressione dell'acqua interstiziale è pari a quella dei terreni sovrastanti.
In terremoti di elevata magnitudo è sufficiente un numero ridotto di cicli di carico, cioè una breve durata, per produrre la liquefazione del deposito poiché ad ogni ciclo è associata una sollecitazione dinamica di maggiore intensità. In terremoti di minore magnitudo lo stesso effetto lo si ottiene con un numero superiore di cicli di carico.
In definitiva una elevata magnitudo del sisma e una lunga durata dello stesso rendono più probabile l'iniziarsi della liquefazione in un deposito sabbioso saturo.
Inoltre la resistenza alla liquefazione aumenta con la profondità poiché la pressione di confinamento aumenta mentre l'ampiezza dello sforzo di taglio del sisma diminuisce. Quindi è unanimemente accertato dagli studiosi che dopo i 15 mt di profondità il fenomeno di liquefazione diventa abbastanza improbabile. Tale fenomeno può avvenire più volte nello stesso sito che, quindi, deve essere considerato di potenziale rischio per il futuro.
Per una prima stima della suscettibilità alla liquefazione della piana che rientra nel territorio comunale sono utili alcuni studi a carattere generale pubblicati nel Manuale di microzonazione sismica (Int. Geot. Ass., TC4, 1999).

- Uno studio generale condotto in Giappone (Iwasaki et al., 1982) conclude, sulla base di semplici elementi litologici e morfologici, che letti di fiume, piane inondate, colmate e paludi e hanno una suscettibilità "alta" alla liquefazione.
- Gli studi di Ambraseys - 1988 e Galli et alii [3] – 1999 (quest'ultimo più attinente alla realtà italiana) hanno permesso di individuare, nella suddetta serie storica dei terremoti, quelli con potenziale di liquefazione attraverso relazioni empiriche tra magnitudo M_s del sisma e distanza R del sito dall'epicentro. Infatti dal grafico seguente è visibile come possono aver provocato liquefazione i sismi risentiti nel territorio in esame con maggiore intensità e cioè quelli del 1980, 1694 e 1732 (I_s *= 7-9 MCS*), probabilmente anche quello del 1857 (I_s *= 7 MCS*) e del 1962 (I_s *= 6 MCS*).



A riprova della validità del suddetto diagramma va detto che l'elaborato di "Microzonazione sismica preliminare" del *"Progetto Finalizzato Geodinamica"* del C.N.R., realizzato nel settembre 1983 all'indomani dei sismi del 1980-81, considera in parte l'area nord-ovest del territorio come potenzialmente liquefacibile.

In questa fase è stata considerata anche la *Microzonazione Sismica di 1º livello redatta dal geol. Giuseppe Gallo nel 2020 (vedi Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica MOPS).*
La presenza, nelle stratigrafie dei sondaggi che ricadono nell'area nord-ovest confermano il potenziale rischio di liquefazione ma, poiché questa zona è caratterizzata da eterogeneità sia sedimentologiche che di addensamento, l'individuazione di lenti o banchi realmente liquefacibili avrebbe richiesto una frequenza di indagini elevatissima, improponibile per scopi di pianificazione generale ma necessaria per studi di maggior dettaglio.

L'effettiva pericolosità dovrà essere verificata in ogni caso, alla scala di maggior dettaglio, con indagini in sito e/o di laboratorio utilizzando metodologie di calcolo aggiornate e più dettagliate,

[3] "New empirical relationships between magnitude and distance for liquefaction" - *Servizio Sismico Nazionale, Roma.*

secondo le più recenti conoscenze. Successivamente, se necessario, potranno essere progettati interventi di compattazione del sottosuolo o prescrizioni per l'uso edilizio delle aree.

Si ricorda che i fattori predisponenti al rischio di liquefazione sono contenuti nel paragrafo 7.11.3.4 delle NTC del 2018 e nella legislazione regionale di cui al capitolo 2, secondo i quali la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;

profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;

depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata (N1)60 > 30 oppure qc1N > 180 dove (N1)60 è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (S.P.T.) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc1N è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (C.P.T.) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

distribuzione granulometrica esterna ai fusi nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc < 3,5 o nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc > 3,5.

ZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE – I LIVELLO – CARTA DELLE MOPS

Il territorio di Serino, come ampiamente descritto nei paragrafi precedenti, è caratterizzato da differenti litotipi, ognuno dei quali ha un differente comportamento elastico.

Caratterizzazione dei litotipi calcareo-dolomitici e calcarei

Per la determinazione delle velocità delle onde V_s dei litotipi calcarei e calcareo-dolomitici vengono considerate le indagini effettuate nel contesto montano, principalmente nell'area sommitale di Canale di Serino e in una porzione di versante della frazione Ponte.

Le indagini condotte hanno portato alla definizione dei seguenti parametri, sia per la formazione nella sua parte alterata che nella parte integra:

- roccia alterata: γ = 2.0 - 2.2 kN/m^3 V_S = 976-984 m/s
- roccia integra: γ = 2.3 kN/m^3 V_S = 1110-1372 m/s
- roccia integra (da dati bibliografici): γ = 2.3-2,6 kN/m^3 V_S = 1200-3000 m/s

Per la determinazione delle caratteristiche sismiche delle varie successioni identificate nel corso della presente relazione, si farà riferimento alle indagini contenute nel lavoro redatto dal collega geologo Giuseppe Gallo, inerente lo studio della Microzonazione Sismica di primo livello (MS1) da lui condotta nel 2020. Inoltre verranno considerate le indagini effettuate dopo tale studio, comparando i risultati ottenuti con lo studio effettuato per la MS1.

Successione arenaceo-conglomeratica-argillosa

Le indagini sismiche che riguardano i litotipi in oggetto mostrano valori molto variabili dipendenti dalla litologia locale e dal grado di tettonizzazione ed alterazione.

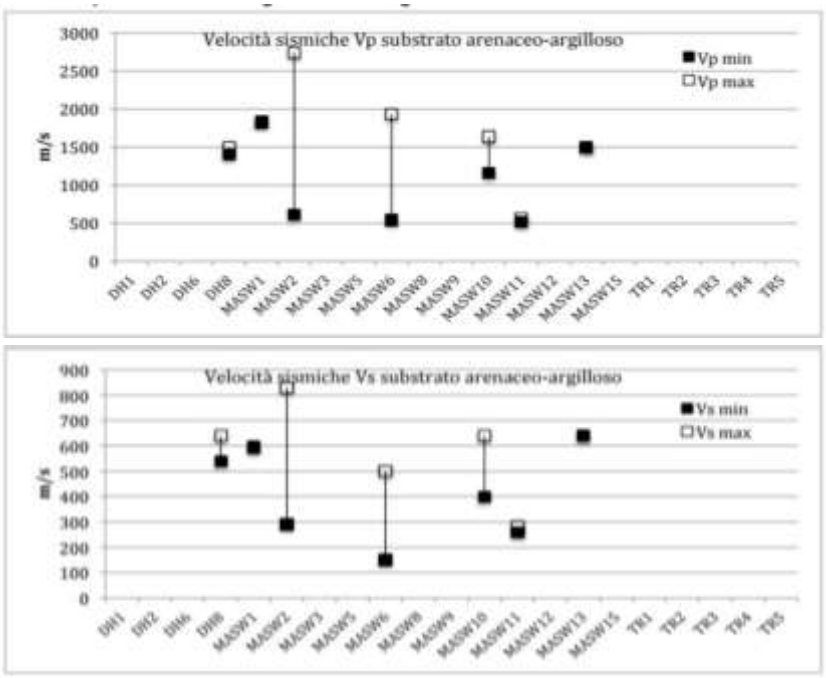


fig. 1 - comparazione velocità indagini sismiche di riferimento da MS1

γ = 1,9-2,4 t/m^3	peso dell'unità di volume;
φ' = 25°-34°	angolo di resistenza al taglio;
c' = 0,9-2,9 MPa	coesione;
G = 500 – 3000 MPa	modulo di taglio;
R.Q.D. = 0-30%	recupero percentuale modificato (parte litoide arenacea);
V_p = 500 – 2500 m/s	velocità onde di compressione;
V_s = 200 – 700 m/s	velocità onde di taglio.

fig. 2 - parametri indagini sismiche da MS1

Unitamente alle indagini sopra elencate durante la campagna geognostica eseguita in data 2021 per il risanamento idrogeologico del Versante Canale-Satrano (I° e II° stralcio), PIP Pescarole 2015 e Scuola Ferrari, sono state eseguite delle prove sismiche masw che hanno determinato le seguenti velocità V_S:

Id prova	*$V_{S\ min}$ (m/s)*	*$V_{S\ max}$ (m/s)*	*γ (kN/m^3)*
M3 Canale Satrano I° stralcio	149	1052	17.6-21.5
M3 Canale Satrano I° stralcio	235	1154	18.6-22.5
M1 Canale Satrano II° stralcio	498	1487	20.6-22.5
PIP Pescarole 2015	612	763	-
Scuola Ferrari	407	1923	17.6-23.5

tabella 29 - parametri V_S lavori 2004-2022

Successioni sedimentarie

Tali successioni, su cui si articola in gran parte il tessuto urbano di Serino, sono caratterizzate da sedimenti fini come limi ed argille e da sedimenti grossolani, come sabbie e ghiaie, influenzati nella loro composizione granulometrica dalla genesi e dal trasporto.

I materiali cosiddetti fini sono per lo più coperture di natura piroclastica, con percentuali di limo-argilla e sabbia variabili tra di loro, spesso rimaneggiati per processi deposizionali e/o gravitativi

successivi, che costituiscono la maggior parte dei sedimenti che ricoprono le formazioni litoidi e semi litoidi.

I materiali grossolani, per lo più a forte componente sabbioso e ghiaioso, si rinvengono nell'area di fondovalle a volte con livelli di limi e argille presenti in matrice o come livelli singoli deposizionali soprattutto nella parte nord del territorio, al cui centro scorre il Fiume Sabato.

Di seguito si riportano le indagini geofisiche di riferimento, utilizzate per il lavoro di MS1 unitamente alle indagini non considerate e/o successive allo studio effettuato.

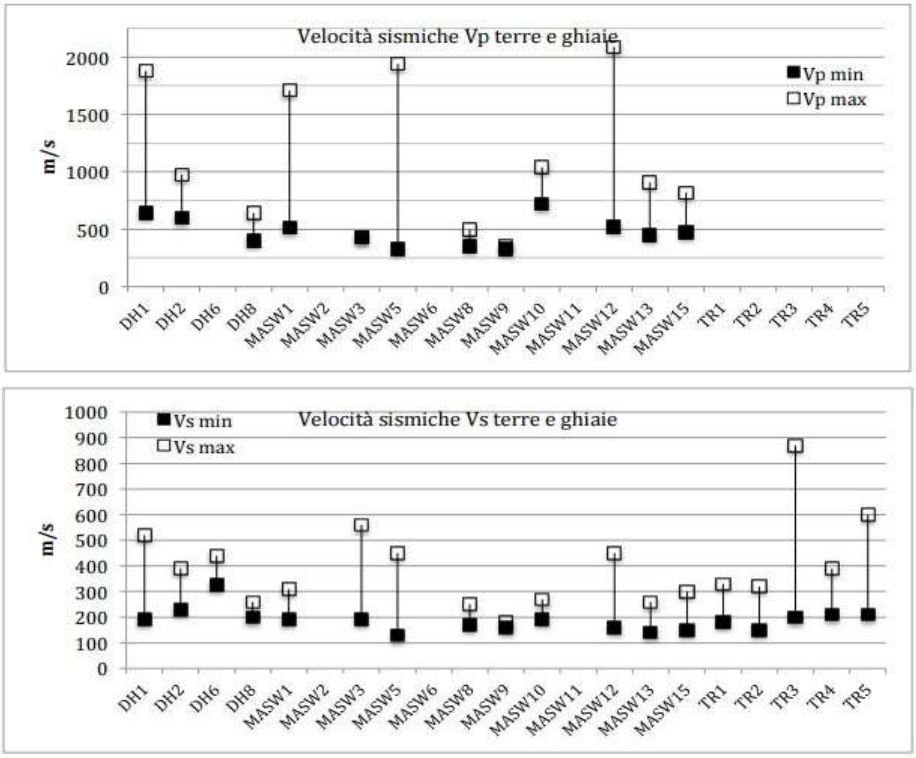


fig. 3 - comparazione velocità indagini sismiche di riferimento MS1

termini ghiaiosi: principali parametri geotecnico-sismici	
γ = 18-23 kN/m^3	peso dell'unità di volume;
φ' = 32°-35°	angolo di resistenza al taglio;
c' = 0 kPa	coesione;
E_{ed} > 7 MPa	modulo edometrico per bassi livelli di carico;
V_p = 1000 – 2000 m/s	velocità onde di compressione;
V_s = 400 – 900 m/s	velocità onde di taglio.

fig. 4 - parametri terreni ghiaiosi – MS1

termini terrosi: principali parametri geotecnico-sismici	
γ = 14-16 kN/m^3	peso dell'unità di volume;
φ' = 26°-31°	angolo di resistenza al taglio;
c' = 11-17 kPa	coesione drenata (litotipi prevalentemente argillosi);
E_{ed} > 3 MPa	modulo edometrico per bassi livelli di carico;
V_p = 330 –800 m/s	velocità onde di compressione;
V_s = 150 – 400 m/s	velocità onde di taglio.

fig. 5 - parametri terreni terrosi - MS1

Indagini successive e/o non comprese all'interno della MS1 – termini ghiaiosi

Id prova	*$V_{S\ min}$ (m/s)*	*$V_{S\ max}$ (m/s)*	*γ (kN/m^3)*
DH1 Ampliamento Cimitero 2011	150	850	16-22
M1 Ampliamento Cimitero 2011	100	800	16.6-21.5
M1 Versante Troiani	160	390	15.6-19.1
M4 Versante Troiani	110	236	15.6-17.9

tabella 30 - parametri V_S lavori 2004-2022

Indagini successive e/o non comprese all'interno della MS1 – termini terrosi

Id prova	*$V_{S\ min}$ (m/s)*	*$V_{S\ max}$ (m/s)*	*γ (kN/m^3)*
M1 Versante Cumminaglie	82.44	569.37	14.7-17.7
M2 Versante Cumminaglie	128.1	545.55	14.7-17.7
M3 Versante Cumminaglie	74.63	376.98	14.7-16.7
M5 Versante Cumminaglie	129.46	485.07	14.7-18.6
M1 ex SS574 Termino	193	496	16.2-18.6
M2 Versante Troiani	180	315	16.9-19.1
M3 Versante Troiani	168	310	15.7-18.6
M1 Piazza Cicarelli	139	566	13.7-17.7
M2 Piazza Cicarelli	142	584	11.8-17.7
M1Strada Pianella	319	752	19.6-20.6
M2 Strada Pianella	324	767	19.6-21.6

tabella 31 - parametri V_S lavori 2004-2022

Indagini sismiche con metodologia HVSR

Le indagini eseguite con tale tecnica permettono di definire la Frequenza di risonanza del sottosuolo in corrispondenza delle varie discontinuità litologico-tecniche presenti.

Di seguito si riportano le indagini relative al lavoro di MS1 e indagini eseguite successivamente.

HVSR	*località*	*frequenza fondamentale*	*frequenza secondaria*
Tr1	*Loc. S. Biagio*	*3,34 Hz*	*7,37 Hz*
Tr2	*Loc. S. Sossio*	*3,75 Hz*	*15,26 Hz*
Tr3	*Loc. Boschetto*	*6,84 Hz*	*2,78 Hz*
Tr4	*S.P. 117 presso sorgenti Pelosi*	*2,28 Hz*	*7,62 Hz*
Tr5	*Via S. Pescatore – loc. Dogana Vecchia*	*4,38 Hz*	-----

fig. 6 - indagini di riferimento HVSR - MS1

Id prova	*Frequenza fondamentale (Hz)*
H1 ex SS574	5.45
H2 ex SS574	0.5
H1 Bacino Savana	3.3
H2 Bacino Savana	3.3
H3 Bacino Savana	2.9

tabella 32 - valori di Frequenza indagini HVSR lavori 2004-2022

Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica – MOPS

Lo studio redatto per la microzonazione sismica del territorio nel 2020 (Tav. 10a/10b), ha portato alla definizione delle microzone omogenee in prospettiva sismica, identificando sul territorio le:

- zone stabili
- zone stabili suscettibili di amplificazioni
- zone di Attenzione (ZA)

Di seguito si farà un elenco sintetico delle zone distinte per codici e sigle (vedi carta MOPS allegata).

ZONE STABILI

- LPS - Substrato di calcari stratificati variamente fratturati che bordano la parte orientale e sud-occidentale del centro abitato (loc. Fontanelle) con spessori di parecchie decine di mt - Codice 1011
- AL - Substrato arenaceo-argilloso stratificato che forma il M.te Peluso e che affiora in modo subordinato presso località Fontanelle, in contatto tettonico con il substrato calcareo. Gli spessori sono di molte decine di mt in corrispondenza del M.te Peluso e si riducono in modo indefinito nelle zone di contatto tettonico - Codice 1041

ZONE SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

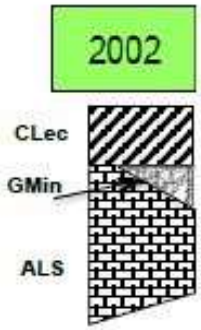
- Zona 1 – codice 2001- depositi di versante ghiaioso-terrosi



ZONA 1

GM – Depositi di versante ghiaioso-terrosi a struttura eterogenea e stratoide che ammantano la base orientale del rilievo calcareo di loc. Fontanelle (ambiente deposizionale **fd**) e che costituiscono la parte nord-ovest, relativamente stabile, del conoide presente il loc. Ribottoli e del piccolo conoide a nord della loc. Fontan ruelle (ambiente deposizionale **cz**).
Questi affioramenti poggiano in discordanza, sul lato monte, sui rilievi calcarei adiacenti (LPS) mentre verso valle sono in contatto eteropico con le coperture sedimentarie della Zona 3 (GMin).
Gli spessori massimi sono di diversi mt e tendono a ridursi nelle parti più a monte.

- Zona 2 – codice 2002 – depositi eluvio colluviali



ZONA 2

CL – Depositi eluvio-colluviali prevalentemente argillosi e limosi, subordinatamente sabbiosi con minuscoli frammenti lapidei, situati il località Raiano e provenienti per la quasi totalità dagli affioramenti arenaceo-argillosi presso la località Fontanelle. In minima parte provengono da una depressione morfologica del versante orientale del M.te Peluso.

I litotipi della Zona 2 poggiano sul lato monte, in discordanza, sui rilievi arenaceo-argillosi adiacenti (ALS) mentre verso valle sono in contatto eteropico con le coperture sedimentarie della Zona 3 (GMin) con spessori massimi di diversi mt che tendono a ridursi nelle parti più a monte.

- Zona 3 – codice 2003 - copertura alluvionale del F. Sabato



ZONA 3

GMin – Copertura alluvionale della valle del F. Sabato, formata da successioni terroso-ghiaiose in contatto eteropico, con presenza di tufi terrosi nella parte nord della vallata. Gli spessori aumentano allontanandosi dalle pendici del M.te Peluso, da 5 a poco più di 20 mt circa, e tendono ad aumentare ulteriormente verso l'alveo del F. Sabato raggiungendo approssimativamente i 40 mt. Nella parte orientale della valle tali spessori sono maggiori di 30 mt.

La successione alluvionale molto probabilmente poggia in discordanza sul substrato arenaceo-argilloso ALS.

<u>ZONE DI ATTENZIONE PER LE INSTABILITÀ</u>

Zona di attenzione per frana dei versanti:

- ZONA 1 – areale suscettibile di possibili frane con tipologia ed attività non definita – codice 30452054 -Si tratta di aree che circondano solitamente frane ben definite e che, pertanto, sono soggette alla possibile espansione dei dissesti esistenti o all'innesco di nuove frane con caratteristiche ipotizzabili. Rappresentano le Zone di Attenzione con maggiore estensione che riguardano la maggior parte del centro abitato e, più in generale, la parte centro settentrionale del territorio comunale ed estese porzioni della parte meridionale dello stesso.

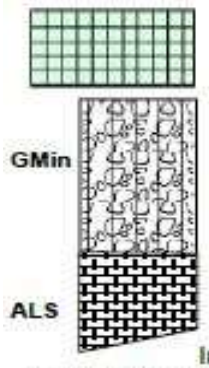
- ZONA 2 – frana di colata lenta quiescente – codice 30232032 -Le frane quiescenti che si sviluppano con il solo meccanismo di colata lenta sono molto poche nel territorio comunale e di ridotte estensioni. La maggiore di esse parte dal versante settentrionale del M.te Vellizzano ed arriva fino alla linea ferroviaria sottostante, in località Raiano. Secondo i dati raccolti la frana interessa la copertura detritico-terrosa situata alla base del rilievo.

- ZONA 3 – frana complessa quiescente – codice 30242042 - Le frane complesse vengono definite tali se sono presenti diverse tipologiedi movimento, nel caso in questione scorrimento-colamento. Nell'ambito dell'area urbanizzata si sviluppano poco a nord delle frazioni Ferrari e Canale, oltreche ancora più a nord su alcuni versanti concavi del M.te Peluso, interessando le sottilicoltri di copertura eluvio-colluviali e la parte più superficiale ed alterata del substrato arenaceo-argilloso. Altre frane con meccanismo simile sono presenti lontane da centri abitati sulleampie coltri pedemontane delle dorsali montuose calcaree adiacenti poste più a sud e sud-est del territorio comunale.

- ZONA 4 – frana di colata rapida attiva – codice 30132031 - Le colate rapide attive si sviluppano diffusamente lungo tutti i rilievi calcarei dell'area in esame, coinvolgendo la copertura terrosa e detritica presente specialmente negli impluvi più o meno accentuati. Il veloce spostamento viene favorito dall'alto tenore idrico dei terreni interessati. Nell'ambito dell'area urbanizzata queste frane si innescano ad alta quota sui versanti orientali della vallata del F. Sabato, giungendo alla frazione Troiani e, attraversando la frazione S. Sossio, fino al corso d'acqua (fraz. S. Giacomo). Un altro fenomeno di minore entità interessala fraz. S. Biagio. Nel resto del territorio comunale vaste aree interessate da colate rapide attive si riscontrano nel settore meridionale, diffondendosi sugli ampi conoidi qui presenti e sulle coltri detritiche pedemontane.

- ZONA 5 – frana complessa attiva – codice 30142041 - Questo tipo di frana interessa la frazione Ribottoli partendo dalle pendici del M.te Vellizzano, nella parte meridionale del centro abitato. Altri fenomeni simili si arrestano poco a monte della frazione S. Sossio. Nel resto del territorio comunale vaste aree interessate da colate rapide attive sono presenti ad alta quota del M.te Terminio, immettendosi più a valle lungo il Vallone Matrunolo, e nel settore meridionale.

Zona di attenzione per probabile liquefazione del sottosuolo (ZALQ)



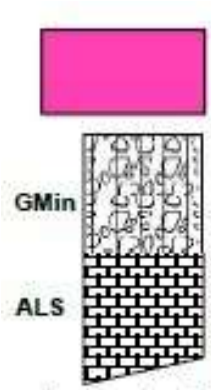
La Zona di Attenzione ZA_{LQ}, individuata con i criteri di cui alle "Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da fenomeni di Liquefazione (LQ) – versione 1.0 – a cura del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale, si trova nella parte settentrionale del territorio comunale dove l'alveo poco inciso del F. Sabato comporta una ridotta profondità della falda idrica ed un suo graduale ed apparente approfondimento allontanandosi dall'alveo stesso poiché in realtà il piano di campagna tende ad innalzarsi.

Pertanto la Zona di Attenzione ZA_{LQ} parte dalla frazione S. Giacomo seguendo il corso d'acqua principale verso nord per poi deviare ad ovest lungo i confini del territorio comunale. Essa interessa quasi esclusivamente l'Unità litologico-tecnica GMin avente spessore di alcune decine di metri.

In base alle stratigrafie esaminate, sono potenzialmente liquefacibili i primi 10 mt circa di sottosuolo limo-sabbioso o ghiaioso-sabbioso, naturalmente saturo, che poggia su ghiaie più compatte e, più in basso, sul substrato arenaceo-argilloso ALS.

Per le incertezze insite nella reale valutazione del potenziale di liquefacibilità del sottosuolo, la Zona ZA_{LQ} è stata definita come "non definita" in quanto ad attività e tipologia.

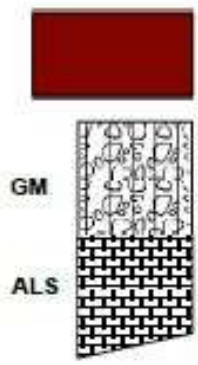
Zona di attenzione per probabile faglie attive e capaci (ZAFAC)



Per la faglia attiva e capace che interessa direttamente l'area di studio, contrassegnata con il n. 1 (vedi Cap. 2.3 e Fig. 11), si è fatto riferimento alle "Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da Faglie Attive e capaci (FAC)" - versione 1.0 – a cura del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale.

La faglia ha direzione NW-SE passando per il cimitero comunale, per le località Raiano e Sala ed infine per la base dei rilievi calcarei che bordano a NE la piana del F. Sabato. Presso la loc. Raiano essa è traslata di 160 mt circa da un altro lineamento che la disseca trasversalmente. Di senseguenza la Zona di attenzione ZA_{FAC} è a cavallo dell'elemento lineare come una fascia di larghezza 400 mt. Essa transita quasi interamente sull'Unità litologico-tecnica GMin (avente spessore di alcune decine di metri fino a meno di 10 mt) ed in minima parte su CLec, con spessore stimato in diversi metri. Entrambe le Unità poggiano sul substrato arenaceo-argilloso ALS.

Zone di attenzione per sovrapposizione dei suddetti fattori di rischio (ZAID)



La suddetta Zona di Attenzione ZA_{FAC}, dopo aver attraversato il F. Sabato, prosegue in direzione SE su Zona di Attenzione ZA_{FR} denominata "ZONA 1 – Areale suscettibile di possibili frane con tipologia ed attività non definita", con Codice 30452054.

Si tratta di un'area instabile che è identificata dall'Autorità di Bacino con la sigla C1: Area di possibile ampliamento dei fenomeni franosi cartografati all'interno o di fenomeni di primo distacco.

La fascia ZAFAC transita sulle Unità litologico-tecniche GMin (piana alluvionale), GMcz (conoidi) e in misura minore GMfd (falde detritiche), con spessore di alcune decine di metri. Il substrato è rappresentato dalle Formazioni arenaceo-argillose ALS.

Sulla scorta delle indagini integrative utilizzate per il presente studio, la valutazione delle suddette aree MOPS ha comunque lasciato inalterato la carta della microzonazione sismica redatta nel 2020.

RISPOSTA SISMICA DI SITO – III LIVELLO

La valutazione della Risposta Sismica Locale (RSL) dipende da:

- EFFETTI STRATIGRAFICI, cioè le modifiche che il moto sismico subisce propagandosi in direzione prevalentemente verticale dal bedrock verso la superficie;
- EFFETTI TOPOGRAFICI, cioè modifiche del moto sismico causate da fenomeni di focalizzazione delle onde in corrispondenza di particolari morfologie.

Le condizioni locali, costituenti il cosiddetto "Effetto di Sito", sono rappresentate da morfologie superficiali e sepolte, dalle variazioni litologiche e tecniche dei terreni, da discontinuità laterali, fattori questi che sono all'origine delle amplificazioni delle vibrazioni del terreno e sono correlate alla distribuzione del danno durante terremoti distruttivi, come evidenziato da molti ricercatori (Crespellani, 1999; Lanzo – A.G.I., 2005; Madiai e Rampello – A.G.I., 2005).

EFFETTI STRATIGRAFICI

L'effetto locale di amplificazione sismica nell'area in esame, caratterizzata da variazioni laterali di facies e di spessore nell'ambito delle alluvioni della piana, è rappresentato dalla trasformazione delle onde di volume (P e S) in onde superficiali dal loro intrappolamento entro l'interfaccia degli strati superficiali (Bard, 1988). Questo fenomeno conduce a fenomeni di risonanza il cui effetto più chiaro è l'aumento della durata del segnale sismico in quanto le onde intrappolate viaggiano da una parte all'altra all'interno dei sedimenti, subendo riflessioni multiple e modificazioni nella forma ed ampiezza del segnale elastico, fino ad attenuarsi. Per le onde superficiali l'incremento della durata delle perturbazioni è tanto maggiore quanto è pronunciato il contrasto di impedenza (rigidità) tra sedimenti e bedrock. In pratica gli strati litologici più superficiali operano sia da filtro che da amplificatore delle vibrazioni sismiche locali.

EFFETTI TOPOGRAFICI

Oltre alle condizioni del sottosuolo, è nota l'influenza della topografia sul segnale sismico, con effetti che sono stati osservati nei terremoti del Friuli nel 1976 (Bramanti et elii, 1980) e dell'irpinia nel 1980 (Siro, 1982; Rippa e Vinale, 1983) ed in altri sismi avvenuti all'estero. Infatti alla sommità dei rilievi si producono, in genere, amplificazioni su zone in rilievo dovute alla focalizzazione delle onde sismiche in prossimità di creste e crinali a causa della riflessione sulla superficie topografica. Allo stesso modo possono verificarsi deamplificazioni del moto sismico in valli e zone concave.
Negli ultimi anni sono stati realizzati degli studi parametrici (Geli et alii, 1988; Bard, 1994; Alvarez, 1999) i quali mettono in evidenza che:

- il moto sismico (accelerazione di picco media) tende a crescere lungo i fianchi dei pendii verso la sommità (effetto cresta);
- l'amplificazione alla sommità del rilievo è condizionata dalle sue caratteristiche geometriche in quanto si verificano fenomeni di focalizzazione quando la lunghezza dell'onda incidente è compatibile con la semilarghezza della base del rilievo, cioè quanto più è minore il fattore di forma L/H, dove L la larghezza e H è l'altezza del rilievo;
- lungo i fianchi di un rilievo si producono rapide variazioni del moto, sia in ampiezza che in frequenza, per l'interazione tra le onde incidenti e quelle rifratte che possono produrre marcati movimenti differenziati.

Nel territorio comunale di Serino, in base allo studio eseguito ed a alla vasta bibliografia scientifica, sono previsti, in generale, aumenti delle azioni sismiche sulle aree più acclivi della fascia pedemontana e sulle pendici dei rilievi, da valutare localmente in base alla morfologia dei siti.
I suddetti effetti di amplificazione legati alla stratigrafia e topografia devono essere tenuti presenti nella progettazione antisismica e provocano un incremento delle azioni sismiche Se dello Spettro di risposta elastico in accelerazione.

SPETTRI DI RISPOSTA ED AZIONI SISMICHE DI PROGETTO

La definizione delle azioni sismiche di progetto è indispensabile ai fini edilizi per assicurare che, in caso di terremoto, sia protetta la vita umana, siano limitati i danni e rimangano funzionanti le strutture essenziali agli interventi di protezione civile. La protezione di edifici ed infrastrutture dagli effetti dell'azione dei terremoti deve essere esplicata secondo due specifiche direzioni:

- prevedere gli effetti più significativi del sisma quali amplificazioni locali ed effetti cosismici (frane e liquefazioni);
- garantire la progettazione di strutture sufficientemente sicure rispetto alle forze dinamiche

orizzontali indotte dall'evento sismico.

La sicurezza nei confronti della stabilità, definita come "Stato limite ultimo – SLU" prevede che le strutture degli edifici, pur subendo danni di grave entità in seguito a sismi con elevato periodo di ritorno, devono mantenere una residua resistenza e rigidezza nei confronti delle forze orizzontali e l'intera capacità portante nei confronti dei carichi verticali. Nei confronti dello "Stato limite del danno – SLD", prodotto da terremoti con un più basso periodo di ritorno, per semplicità viene considerato lo stesso spettro di risposta ma accelerazione al suolo ridotta.
Ciò è rappresentato analiticamente da uno *Spettro di risposta elastica in accelerazione* della componente orizzontale e verticale delle azioni sismiche, tipico per cui ogni Categoria Sismica. Lo *Spettro di Risposta elastica in accelerazione* rappresenta una curva che, inviluppando curve accelerometriche sperimentali, illustra come varia l'accelerazione sismica S_e nei confronti del periodo *T* considerato. La parte iniziale dello Spettro dipende dal coefficiente *"S"* che si ricava dalle suddette componenti stratigrafiche e morfologiche del sito in esame.
L'intera forma spettrale si ottiene considerando anche le caratteristiche prestazionali del fabbricato, e cioè, come di seguito esplicitato:

Stati Limite		P_{VR}	V_R
Stati Limiti di Esercizio SLE	Stato Limite di Operatività SLO	81%	30 anni
	Stato Limite di Danno SLD	63%	50 anni
Stati Limiti Ultimi SLU	Stato Limite di salvaguardia della Vita SLV	10%	475 anni
	Stato Limite di prevenzione del Collasso SLC	5%	975 anni

dove: V_R = periodo di riferimento per la costruzione in anni;
P_{VR} = probabilità di superamento nel periodo V_R.
nonché: Vita nominale, Classe d'uso, Coefficiente d'uso e Periodo di riferimento.
Per i vari Stati Limite considerati dalla Normativa vengono in tal modo prodotti altrettanti Spettri sui quali si deve basare la progettazione strutturale delle opere edilizie

ZONAZIONE DEL TERRITORIO COMUNALE

In base a quanto detto finora il territorio comunale di Serino è stato suddiviso in aree con caratteristiche uniformi dal punto di vista litologico-tecnico, morfologico, di stabilità e sismico. Ciò è stato possibile con tecniche di *overlay mapping*, cioè con l'incrocio delle diverse carte tematiche considerate, permettendo la redazione della "Carta di sintesi" (All. 9).
Le varie sottozone identificate saranno utili per la pianificazione territoriale ai fini urbanistici e vengono di seguito illustrate nel dettaglio.

Sulla base delle sovrapposizioni effettuate, è stata effettuata una definizione del territorio suddiviso in:

- Ambiti favorevoli
- Ambiti mediamente favorevoli
- Ambiti potenzialmente sfavorevoli

- Ambiti mediamente sfavorevoli
- Ambiti sfavorevoli

In merito alla stabilità dei vari ambiti identificati, in funzione della natura litologica dei suoli riscontrati, alle condizioni geomorfologiche e idrogeologiche del territorio, vige la verifica puntuale delle condizioni geotecniche e sismiche del sito, nonché la verifica del potenziale di liquefazione secondo le NTC 2018. Ove necessario, sarà necessaria la verifica puntuale sulla stabilità del versante quando si è in condizioni geomorfologiche tali da ritenersi propedeutica per il corretto svolgimento del progetto da realizzare.

AMBITI FAVOREVOLI

AF: Gli ambiti identificati come favorevoli sono caratterizzati da aree a bassa pendenza, principalmente ubicate nella piana in destra e sinistra idraulica del Fiume Sabato (area urbanizzata - settore nord), dove il livello di rischio e pericolosità risulta nullo e/o basso, sia per il rischio frana che rischio idraulico.

Se pur l'ambito viene identificato come favorevole, particolare attenzione va data alla verifica della presenza o meno di falda e/o falde idriche sovrapposte durante le fasi di indagini atte al riconoscimento del potenziale di liquefazione.

AMBITI MEDIAMENTE FAVOREVOLI

AMF: Gli ambiti mediamente favorevoli ricadono lungo le fasce distali pedemontane, di raccordo con aree subpianeggianti, nell'area nord dell'abitato di Serino, caratterizzata da pendenze deboli, non superiori ai 15°, ricadenti in ambito topografico T1.

AMF1: ambiti mediamente favorevoli ma che risultano soggette ad un grado di approfondimento maggiore, soprattutto in funzione delle pendenze variabili tra i 10° e 25°, con possibile cambio della condizione topografica da T1 a T2, soprattutto lungo i fianchi dei crinali. Tali aree sono state identificate maggiormente nel settore nord-ovest del territorio, dove si ha un cambio litologico rispetto all'ambito AMF.

Se pur l'ambito viene identificato come mediamente, favorevole particolare attenzione va data alla verifica della presenza o meno di falda e/o falde idriche sovrapposte durante le fasi di indagini atte al riconoscimento del potenziale di liquefazione, nonché alla verifica della stabilità del pendio (in maniera puntuale) nel caso vi siano particolari condizioni geomorfologiche e/o di categoria topografica prossima e/o superiore a T2.

AMBITI POTENZIALMENTE SFAVOREVOLI

APS: Tali ambiti sono ubicati principalmente nelle aree a ridosso tra la piana ed i versanti, dove si riscontra una rottura di pendenza (intesa intorno ai 15° di inclinazione) e dove la stabilità di sito (da verificare sempre in maniera puntuale) è soggetta alla presenza o meno di maggiore copertura sui versanti con il possibile ampliamento e/o passaggio di fenomeni franosi (flussi iperconcentrati e/o debris flow). La pendenza è variabile e caratterizzata dalla presenza di aree a forte instabilità come da Piano Stralcio dell'Autorità di Bacino.

Nel settore nord-ovest del territorio comunale di Serino, gli ambiti identificati come potenzialmente sfavorevoli sono stati cartografati principalmente in funzione della loro natura litologica.

Se pur l'ambito viene identificato come potenzialmente sfavorevole, oltre alle verifiche dei parametri geotecnici e sismici è fortemente consigliata la compatibilità geomorfologica delle opere progettuali e particolare attenzione va data alla verifica della presenza o meno di falda e/o falde idriche sovrapposte durante le fasi di indagini atte al riconoscimento del potenziale di liquefazione.

AMBITI MEDIAMENTE SFAVOREVOLI

AMS: Ambiti in cui si raccomanda una progettazione geotecnica e sismica basata su indagini appropriate atte a definire la stabilità e potenziale di liquefazione di sito. Tra gli ambiti mediamente sfavorevoli vengono annoverate le aree identificate dall'Autorità di Bacino come A2 (area di media attenzione) e R2 (area a rischio idrogeologico medio) e una fascia a contorno del Fiume Sabato identificata dall'Autorità di Bacino come rischio idraulico medio P2.

Oltre a tali aree, gli ambiti mediamente sfavorevoli sono stati posizionati a contorno delle aree R4 (rischio da frana molto elevato), Rpa (rischio potenzialmente alto) e Apa (area di attenzione potenzialmente alta) come buffer di sicurezza.

N.B: nella definizione degli ambiti sfavorevoli per le area di maggiore pericolosità alluvionale e rischio da frana comprendente la frazione di Ribottoli e del bacino del torrente Savana, sono state inserite delle fasce identificate come mediamente sfavorevoli, in funzione della considerazione delle tipologie di eventi che possono verificarsi (esondazione del F. Sabato per la parte idraulica e flussi iperconcentrati e colate detritico fangose per il rischio frana).

In tali ambiti è altresì indispensabile uno studio di compatibilità idrogeologica secondo le N.T.A. del PSAI-Rf emanate dall'Autorità di Bacino Distretto Appennino Meridionale (ex Liri Garigliano e Volturno).

AMBITI SFAVOREVOLI

AS: Ambiti in cui i livelli di pericolosità e/o rischio da Frana ed Idraulico sono molto elevati e, secondo i piani stralcio della competente Autorità di Bacino, risultano caratterizzati:

- da aree R4 (rischio da frana molto elevato), Rpa (rischio potenzialmente alto) e Apa (area di attenzione potenzialmente alta) per rischio frana
- da aree P3 (Pericolosità Elevata) per rischio Idraulico.

In tali ambiti è possibile realizzare opere secondo le vigenti disposizioni riferite agli artt. 3, 4 e 5 delle N.T.A. del PSAI-rf, unitamente ad uno studio di compatibilità idrogeologica adeguato al livello di progettazione.

20.0 -SCHEMI TIPOLOGICI DELLE FONDAZIONI :

- ***Classificazione geologica – limo con sabbia deb. argilloso***

Verifica in tensioni efficaci

$$qlim = c' \cdot Nc \cdot sc \cdot dc \cdot ic \cdot bc \cdot gc + q \cdot Nq \cdot sq \cdot dq \cdot iq \cdot bq \cdot gq + 0{,}5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N\gamma \cdot s\gamma \cdot d\gamma \cdot i\gamma \cdot b\gamma \cdot g\gamma$$

D = Profondità del piano di appoggio

e_B = Eccentricità in direzione B (e_B = Mb/N)

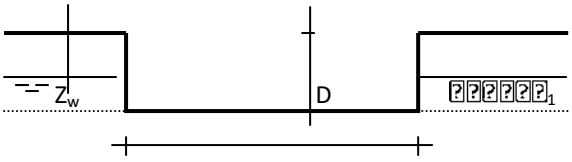
e_L = Eccentricità in direzione L (e_L = Ml/N) (per fondazione nastriforme e_L = 0; L* = L)

B* = Larghezza fittizia della fondazione (B* = B - 2*e_B)

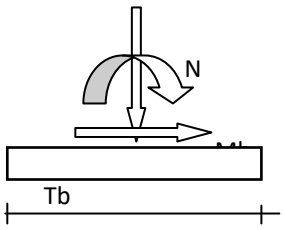
L* = Lunghezza fittizia della fondazione (L* = L - 2*e_L)

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

			coefficienti parziali			
		azioni	proprietà del terreno		resistenze	
Metodo di calcolo		permanenti	temporanee variabili	tan φ'	c'	qlim	scorr
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	1,30	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00
	A2+M2+R2	1,00	1,30	1,25	1,25	1,80	1,00
	SISMA	1,00	1,00	1,25	1,25	1,80	1,00
	A1+M1+R3	1,30	1,50	1,00	1,00	2,30	1,10
	SISMA	1,00	1,00	1,00	1,00	2,30	1,10
Tensioni Ammissibili		1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	3,00
Definiti dal Progettista		1,35	1,50	1,00	1,00	1,40	1,00

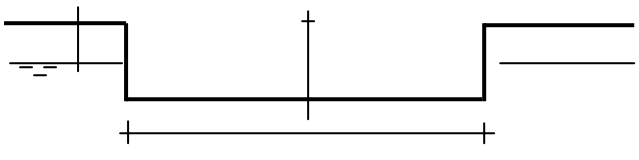


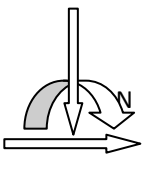
B



B

φ, c', γ'

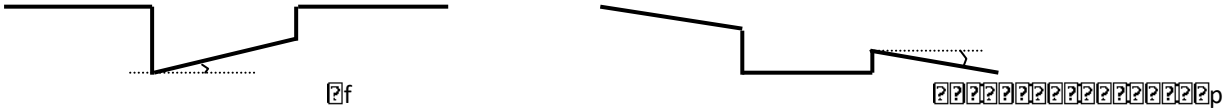






(Per fondazione nastriforme L = 100 m)

B	=	1,20	(m)
L	=	6,50	(m)
D	=	1,30	(m)



f = 0,00 (°)

p = 0,00 (°)

AZIONI

	valori di input permanenti	valori di input temporanee	Valori di calcolo
N [kN]	350,00	420,00	896,00
Mb [kNm]	20,00	120,00	176,00
Ml [kNm]	75,00	150,00	270,00
Tb [kN]	35,00	40,00	87,00
Tl [kN]	95,00	50,00	160,00
H [kN]	101,24	64,03	182,12

Peso unità di volume del terreno

$_1$ = 14,66 (kN/mc)

= 14,66 (kN/mc)

Valori caratteristici di resistenza del terreno

c' = 18,00 (kN/mq)

' = 30,64 (°)

Valori di progetto

c' = 14,40 (kN/mq)

' = 25,36 (°)

Profondità della falda

Zw = 30,00 (m)

e_B = 0,20 (m)

e_L = 0,30 (m)

B* = 0,81 (m)

L* = 5,90 (m)

q : sovraccarico alla profondità D

q = 19,06 (kN/mq)

: peso di volume del terreno di fondazione

= 14,66 (kN/mc)

Nc, Nq, N : <u>coefficienti di capacità portante</u>

$Nq = \tan^2(45 + \phi'/2) * e^{(\pi * tg\phi')}$

Nq = 11,07

$Nc = (Nq - 1)/\tan\phi'$

Nc = 21,25

$N\gamma = 2*(Nq + 1)*\tan\phi'$

$N\gamma$ = 11,44

s_c, s_q, s_γ : <u>fattori di forma</u>

$s_c = 1 + B*Nq / (L* Nc)$

s_c = 1,07

$s_q = 1 + B*\tan\phi' / L*$

s_q = 1,06

$s_\gamma = 1 - 0,4*B* / L*$

s_γ = 0,95

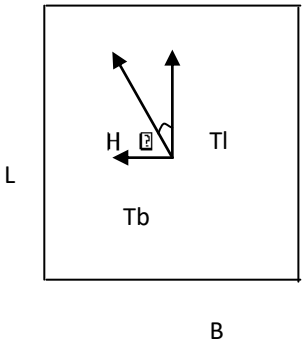
i_c, i_q, i_γ : <u>fattori di inclinazione del carico</u>

$m_b = (2 + B* / L*) / (1 + B* / L*)$ = 1,88 $\theta = \text{arctg}(Tb/Tl)$ = 28,54 (°)

$m_l = (2 + L* / B*) / (1 + L* / B*)$ = 1,12 m = 1,29 (-)

$i_q = (1 - H/(N + B*L* c' \cot g\phi'))^m$

(m=2 nel caso di fondazione nastriforme e $m=(m_b \sin^2\theta + m_l \cos^2\theta)$ in tutti gli altri casi)



i_q = 0,78

$i_c = i_q - (1 - i_q)/(Nq - 1)$

i_c = 0,76

$i_\gamma = (1 - H/(N + B*L* c' \cot g\phi'))^{(m+1)}$

i_γ = 0,64

d_c, d_q, d_γ : <u>fattori di profondità del piano di appoggio</u>

per $D/B^* \leq 1$; $d_q = 1 + 2\ D \tan\phi' (1 - \text{sen}\phi')^2 / B^*$

per D/B*> 1; $d_q = 1 + (2 \tan\phi' (1 - \text{sen}\phi')^2) * \arctan (D / B^*)$

$d_q =$ 1,31

$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan\phi')$

$d_c =$ 1,35

$d_\gamma = 1$

$d_\gamma =$ 1,00

b_c, b_q, b_γ : <u>fattori di inclinazione base della fondazione</u>

$b_q = (1 - \alpha_f \tan\phi')^2$ $\alpha_f + \alpha_p =$ 0,00 $\alpha_f + \alpha_p < 45°$

$b_q =$ 1,00

$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan\phi')$

$b_c =$ 1,00

$b_\gamma = b_q$

$b_\gamma =$ 1,00

g_c, g_q, g_γ : <u>fattori di inclinazione piano di campagna</u>

$g_q = (1 - \tan\alpha_p)^2$ $\alpha_f + \alpha_p =$ 0,00 $\alpha_f + \alpha_p < 45°$

$g_q =$ 1,00

$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan\phi')$

$g_c =$ 1,00

$g_\gamma = g_q$

$g_\gamma =$ 1,00

<u>Carico limite unitario</u>

$\mathbf{q_{lim}} =$ 605,68 (kN/m^2)

<u>Pressione massima agente</u>

$q = N / B^* L^*$

$\mathbf{q} =$ 188,24 (kN/m^2)

Verifica di sicurezza capacità portante

q_{lim} / γ_R = 336,49 **≥** **q =** 188,24 (kN/m^2)

VERIFICA A SCORRIMENTO

Carico agente

Hd = 182,12 (kN)

Azione Resistente

Sd = N tan(ϕ') + c' B* L*

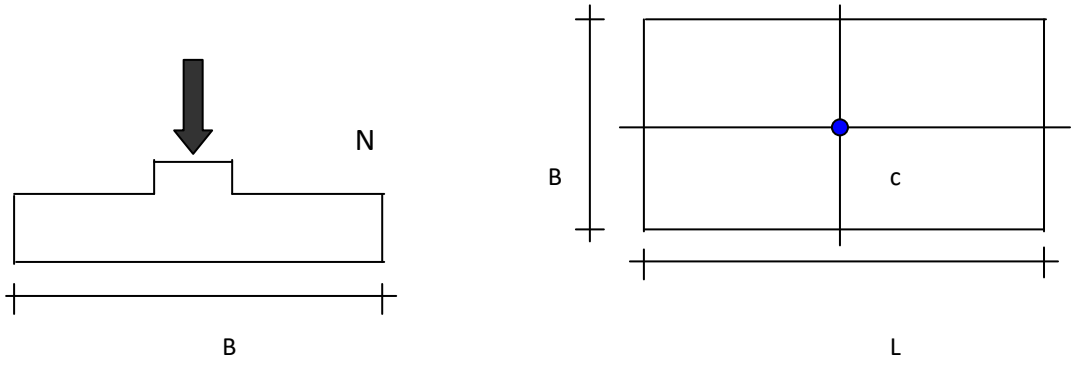
Sd = 493,13 (kN)

Verifica di sicurezza allo scorrimento

Sd / γ_R = 493,13 **≥** **Hd =** 182,12 (kN)

CEDIMENTI DI UNA FONDAZIONE RETTANGOLARE

LAVORO:



Formulazione Teorica (H.G. Poulos, E.H. Davis; 1974)

σz_i = $(q/2\pi)*(\tan^{-1}((L/2)(B/2))/(zR_3))+((L/2)(B/2)z)/R_3)(1/R_1^2+1/R_2^2))$

σx_i = $(q/2\pi)*(\tan^{-1}((L/2)(B/2))/(zR_3))-((L/2)(B/2)z)/R_3R_1^2))$

σy_i = $(q/2\pi)*(\tan^{-1}((L/2)(B/2))/(zR_3))-((L/2)(B/2)z)/R_3R_2^2))$

$R1 = ((L/2)^2+z^2)^{0.5}$

$R2 = ((B/2)^2+z^2)^{0.5}$

$R3 = ((L/2)^2+(B/2)^2+z^2)^{0.5}$

$\Delta_{tot} = \Delta\Delta\Delta = \Delta\Delta\Delta\Delta\Delta\Delta\Delta zi\Delta\Delta\Delta\Delta i\Delta\Delta\Delta xi+\Delta\Delta yi\}\}\Delta zi/Ei\}$

DATI DI INPUT:

B = 1,20 (m) (Larghezza della Fondazione)

L = 6,50 (m) (Lunghezza della Fondazione)

N = 896 (kN) (Carico Verticale Agente)

q = 114,87 (kN/mq) (Pressione Agente (q = N/(B*L)))

ns = 1 (-) (numero strati) (massimo 6)

Strato	**Litologia**	**Spessore**	**da z_i**	**a z_{i+1}**	**Δzi**	**E**	**ν**	**Δci**
(-)	(-)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kN/m^2)	(-)	(cm)
1		30,00	0,0	30,0	5,0	5403	0,50	**3,47**
-		0,00	0,0	0,0	2,0	0	0,00	-
-		0,00	0,0	0,0	1,0	0	0,00	-
-		0,00	0,0	0,0	1,0	0	0,00	-
-		0,00	0,0	0,0	1,0	0	0,00	-
-		0,00	0,0	0,0	1,0	0	0,00	-

Δ_{ctot} = 3,47 (cm)

z	**Δzi**	**Terreno**	**R1**	**R2**	**R3**	**$\Delta\Delta$zi**	**$\Delta\Delta$xi**	**$\Delta\Delta$yi**	**E**	**ν**	**Δi**	**$\Delta\Delta$i**
(m)	(m)	(-)	(-)	(-)	(-)	(kN/m^2)	(kN/m^2)	(kN/m^2)	(kN/m^2)	(-)	(cm)	(cm)
0,00	5,0	1							5403	0,50		
5,00	5,0	1	4,10	2,57	4,14	24,99	1,75	-6,15	5403	0,50	2,52	2,52
10,00	5,0	1	8,17	7,52	8,20	5,42	-0,20	-0,29	5403	0,50	0,52	3,04
15,00	5,0	1	12,92	12,51	12,93	2,15	-0,10	-0,11	5403	0,50	0,21	3,25
20,00	5,0	1	17,80	17,51	17,81	1,13	-0,05	-0,06	5403	0,50	0,11	3,36
25,00	5,0	1	22,73	22,51	22,74	0,69	-0,03	-0,03	5403	0,50	0,07	3,43
30,00	5,0	1	27,69	27,51	27,70	0,47	-0,02	-0,02	5403	0,50	0,05	3,47

z	**Δzi**	**Terreno**	**R1**	**R2**	**R3**	**$\Delta\Delta$zi**	**$\Delta\Delta$xi**	**$\Delta\Delta$yi**	**E**	**ν**	**Δi**	**$\Delta\Delta$i**
(m)	(m)	(-)	(-)	(-)	(-)	(kN/m^2)	(kN/m^2)	(kN/m^2)	(kN/m^2)	(-)	(cm)	(cm)

- ***Classificazione geologica piroclastiti sciolte -***

Fondazioni Dirette
Verifica in tensioni efficaci

qlim = c'·Nc·sc·dc·ic·bc·gc + q·Nq·sq·dq·iq·bq·gq + 0,5·□·B·N□·s□·d□·i□·b□·g□

D = Profondità del piano di appoggio

e_B = Eccentricità in direzione B (e_B = Mb/N)

e_L = Eccentricità in direzione L (e_L = Ml/N) (per fondazione nastriforme e_L = 0; L* = L)

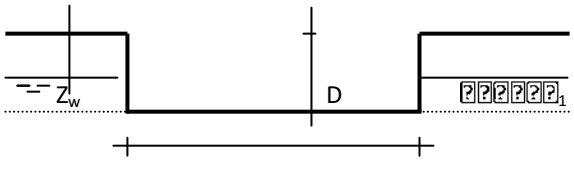
B* = Larghezza fittizia della fondazione (B* = B - 2*e_B)

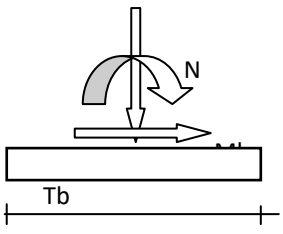
L* = Lunghezza fittizia della fondazione (L* = L - 2*e_L)

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

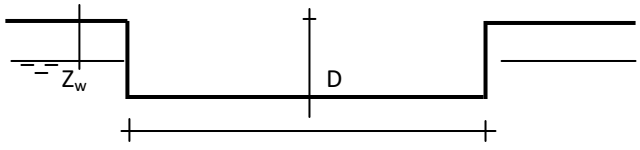
coefficienti parziali

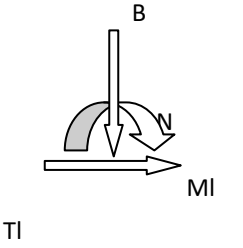
Metodo di calcolo		azioni		proprietà del terreno		resistenze	
		permanenti	temporanee variabili	tan □'	c'	qlim	scorr
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	1,30	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00
	A2+M2+R2	1,00	1,30	1,25	1,25	1,80	1,00
	SISMA	1,00	1,00	1,25	1,25	1,80	1,00
	A1+M1+R3	1,30	1,50	1,00	1,00	2,30	1,10
	SISMA	1,00	1,00	1,00	1,00	2,30	1,10
Tensioni Ammissibili		1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	3,00
Definiti dal Progettista		1,35	1,50	1,00	1,00	1,40	1,00

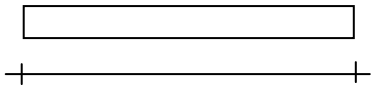




□, c',□□'



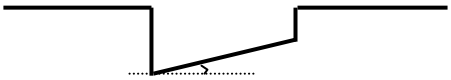




L L

(Per fondazione nastriforme L = 100 m)

B	=	1,50	(m)
L	=	6,50	(m)
D	=	3,00	(m)



f



p

f = 0,00 (°) p = 0,00 (°)

AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	500,00	420,00	1046,00
Mb [kNm]	30,00	120,00	186,00
Ml [kNm]	120,00	150,00	315,00
Tb [kN]	40,00	40,00	92,00
Tl [kN]	140,00	50,00	205,00
H [kN]	145,60	64,03	224,70

Peso unità di volume del terreno

γ_1 = 14,05 (kN/mc)
γ = 14,05 (kN/mc)

Valori caratteristici di resistenza del terreno

c' = 0,75 (kN/mq)
ϕ' = 35,20 (°)

Valori di progetto

c' = 0,60 (kN/mq)
ϕ' = 29,44 (°)

Profondità della falda

Zw = 30,00 (m)

e_B = 0,18 (m) B* = 1,14 (m)
e_L = 0,30 (m) L* = 5,90 (m)

q : sovraccarico alla profondità D

q = 42,15 (kN/mq)

γ : peso di volume del terreno di fondazione

γ = 14,05 (kN/mc)

Nc, Nq, Nγ : <u>coefficienti di capacità portante</u>

$N_q = \tan^2(45 + \phi'/2) * e^{(\pi * \tg\phi')}$

$N_q =$ 17,27

$N_c = (N_q - 1)/\tan\phi'$

$N_c =$ 28,83

$N_\gamma = 2*(N_q + 1)*\tan\phi'$

$N_\gamma =$ 20,62

s_c, s_q, s_γ : <u>fattori di forma</u>

$s_c = 1 + B*N_q / (L* N_c)$

$s_c =$ 1,12

$s_q = 1 + B*\tan\phi' / L*$

$s_q =$ 1,11

$s_\gamma = 1 - 0,4*B* / L*$

$s_\gamma =$ 0,92

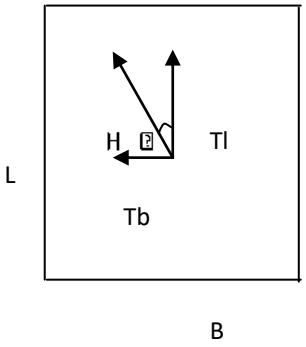
i_c, i_q, i_γ : <u>fattori di inclinazione del carico</u>

$m_b = (2 + B* / L*) / (1 + B* / L*)$ = 1,84 $\theta = \text{arctg}(Tb/Tl)$ = 24,17 (°)

$m_l = (2 + L* / B*) / (1 + L* / B*)$ = 1,16 m = 1,28 (-)

$i_q = (1 - H/(N + B*L* c' \cotg\phi'))^m$

(m=2 nel caso di fondazione nastriforme e $m=(m_b \sin^2\theta + m_l \cos^2\theta)$ in tutti gli altri casi)



$i_q =$ 0,74

$i_c = i_q - (1 - i_q)/(N_q - 1)$

$i_c =$ 0,72

$i_\gamma = (1 - H/(N + B*L* c' \cotg\phi'))^{(m+1)}$

$i_\gamma =$ 0,58

d_c, d_q, d_γ : <u>fattori di profondità del piano di appoggio</u>

per $D/B* \leq 1$; $d_q = 1 + 2\, D \tan\phi' (1 - \text{sen}\phi')^2 / B*$

per $D/B* > 1$; $d_q = 1 + (2 \tan\phi' (1 - \text{sen}\phi')^2) * \arctan (D / B*)$

d_q = 1,35

$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan\phi')$

d_c = 1,37

$d_\gamma = 1$

d_γ = 1,00

b_c, b_q, b_γ : <u>fattori di inclinazione base della fondazione</u>

$b_q = (1 - \alpha_f \tan\phi')^2$ $\alpha_f + \alpha_p$ = 0,00 $\alpha_f + \alpha_p < 45°$

b_q = 1,00

$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan\phi')$

b_c = 1,00

$b_\gamma = b_q$

b_γ = 1,00

g_c, g_q, g_γ : <u>fattori di inclinazione piano di campagna</u>

$g_q = (1 - \tan\alpha_p)^2$ $\alpha_f + \alpha_p$ = 0,00 $\alpha_f + \alpha_p < 45°$

g_q = 1,00

$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan\phi')$

g_c = 1,00

$g_\gamma = g_q$

g_γ = 1,00

<u>Carico limite unitario</u>

$\mathbf{q_{lim}}$ = 911,67 (kN/m^2)

<u>Pressione massima agente</u>

$q = N / B^* L^*$

q = 154,98 (kN/m^2)

<u>Verifica di sicurezza capacità portante</u>

q_{lim} / γ_R = 506,48 **≥** **q =** 154,98 (kN/m^2)

VERIFICA A SCORRIMENTO

Carico agente

Hd = 224,70 (kN)

Azione Resistente

Sd = N tan(φ') + c' B* L*

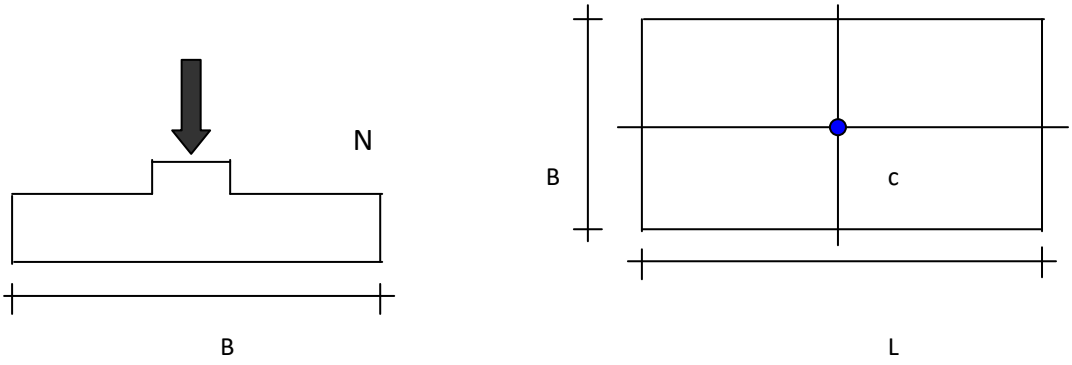
Sd = 594,35 (kN)

Verifica di sicurezza allo scorrimento

Sd / γ_R = 594,35 **≥** **Hd =** 224,70 (kN)

CEDIMENTI DI UNA FONDAZIONE RETTANGOLARE

LAVORO:



Formulazione Teorica (H.G. Poulos, E.H. Davis; 1974)

$\Delta\sigma_{zi}$ = $(q/2\pi)*(\tan^{-1}((L/2)(B/2))/(zR_3))+((L/2)(B/2)z)/R_3)(1/R_1^2+1/R_2^2))$

$\Delta\sigma_{xi}$ = $(q/2\pi)*(\tan^{-1}((L/2)(B/2))/(zR_3))-((L/2)(B/2)z)/R_3R_1^2))$

$\Delta\sigma_{yi}$ = $(q/2\pi)*(\tan^{-1}((L/2)(B/2))/(zR_3))-((L/2)(B/2)z)/R_3R_2^2))$

$R1 = ((L/2)^2+z^2)^{0.5}$

$R2 = ((B/2)^2+z^2)^{0.5}$

$R3 = ((L/2)^2+(B/2)^2+z^2)^{0.5}$

ε_{tot} = ε_{cc} = $\sum_{i=1}^{n}(\sigma_{zi}-\frac{\nu}{1-\nu}(\sigma_{xi}+\sigma_{yi}))\Delta z_i/E_i$

DATI DI INPUT:

B = 1,50 (m) (Larghezza della Fondazione)

L = 6,50 (m) (Lunghezza della Fondazione)

N = 1046 (kN) (Carico Verticale Agente)

q = 107,28 (kN/mq) (Pressione Agente (q = N/(B*L)))

ns = 1 (-) (numero strati) (massimo 6)

Strato	Litologia	Spessore	da z_i	a z_{i+1}	Δz_i	E	ν	ε_{ci}
(-)	(-)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kN/m^2)	(-)	(cm)
1		30,00	0,0	30,0	5,0	5581	0,50	**3,84**
-		0,00	0,0	0,0	2,0	0	0,00	-
-		0,00	0,0	0,0	1,0	0	0,00	-
-		0,00	0,0	0,0	1,0	0	0,00	-
-		0,00	0,0	0,0	1,0	0	0,00	-
-		0,00	0,0	0,0	1,0	0	0,00	-

ε_{ctot} = **3,84 (cm)**

z	Δz_i	Terreno	R1	R2	R3	$\Delta\sigma z_i$	$\Delta\sigma x_i$	$\Delta\sigma y_i$	E	ν	ε_i	$\Delta\varepsilon_i$
(m)	(m)	(-)	(-)	(-)	(-)	(kN/m^2)	(kN/m^2)	(kN/m^2)	(kN/m^2)	(-)	(cm)	(cm)
0,00	5,0	1							5581	0,50		
5,00	5,0	1	4,10	2,61	4,17	28,55	2,01	-6,70	5581	0,50	2,77	2,77
10,00	5,0	1	8,17	7,54	8,21	6,31	-0,23	-0,33	5581	0,50	0,59	3,36
15,00	5,0	1	12,92	12,52	12,94	2,50	-0,11	-0,13	5581	0,50	0,24	3,59
20,00	5,0	1	17,80	17,52	17,82	1,32	-0,06	-0,07	5581	0,50	0,12	3,72
25,00	5,0	1	22,73	22,51	22,75	0,81	-0,04	-0,04	5581	0,50	0,08	3,79
30,00	5,0	1	27,69	27,51	27,70	0,54	-0,03	-0,03	5581	0,50	0,05	3,84

z	Δz_i	Terreno	R1	R2	R3	$\Delta\sigma z_i$	$\Delta\sigma x_i$	$\Delta\sigma y_i$	E	ν	ε_i	$\Delta\varepsilon_i$
(m)	(m)	(-)	(-)	(-)	(-)	(kN/m^2)	(kN/m^2)	(kN/m^2)	(kN/m^2)	(-)	(cm)	(cm)

- ***<u>Classificazione geologica – limo con sabbia deb. Argilloso ghiaioso</u>***

<u>Fondazioni Dirette</u>
<u>Verifica in tensioni efficaci</u>

$$q_{lim} = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + 0{,}5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$$

D = Profondità del piano di appoggio

e_B = Eccentricità in direzione B (e_B = Mb/N)

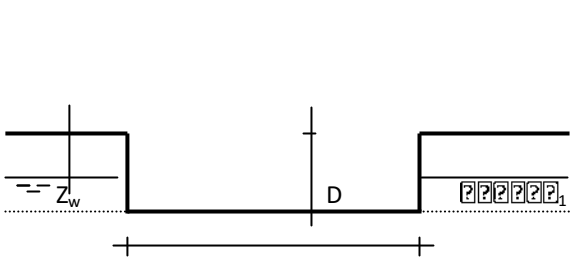
e_L = Eccentricità in direzione L (e_L = Ml/N) (per fondazione nastriforme e_L = 0; L* = L)

B* = Larghezza fittizia della fondazione (B* = B - 2*e_B)

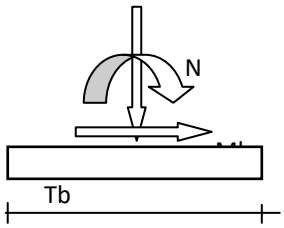
L* = Lunghezza fittizia della fondazione (L* = L - 2*e_L)

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

			coefficienti parziali					
			azioni		proprietà del terreno		resistenze	
Metodo di calcolo			permanenti	temporanee variabili	tan φ'	c'	qlim	scorr
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	○	1,30	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00
	A2+M2+R2	◉	1,00	1,30	1,25	1,25	1,80	1,00
	SISMA	○	1,00	1,00	1,25	1,25	1,80	1,00
	A1+M1+R3	○	1,30	1,50	1,00	1,00	2,30	1,10
	SISMA	○	1,00	1,00	1,00	1,00	2,30	1,10
Tensioni Ammissibili		○	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	3,00
Definiti dal Progettista			1,35	1,50	1,00	1,00	1,40	1,00

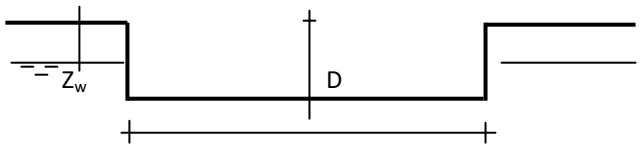


B

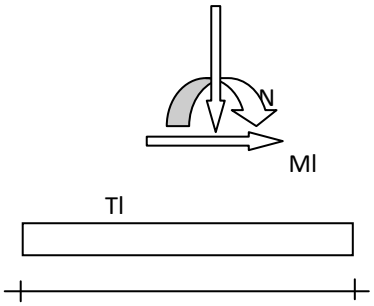


B

φ, c',φ'



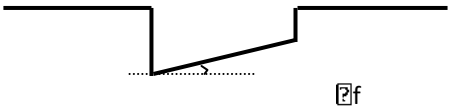
L



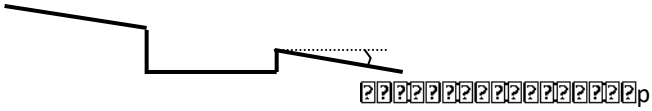
L

(Per fondazione nastriforme L = 100 m)

B	=	1,20	(m)
L	=	6,50	(m)
D	=	3,00	(m)



f



p

f = 0,00 (°)

p = 0,00 (°)

AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	250,00	420,00	796,00
Mb [kNm]	15,00	120,00	171,00
Ml [kNm]	60,00	150,00	255,00
Tb [kN]	20,00	40,00	72,00
Tl [kN]	70,00	50,00	135,00
H [kN]	72,80	64,03	153,00

Peso unità di volume del terreno

γ_1 = 15,75 (kN/mc)

γ = 15,75 (kN/mc)

Valori caratteristici di resistenza del terreno

c' = 11,29 (kN/mq)

φ' = 32,74 (°)

Valori di progetto

c' = 9,03 (kN/mq)

φ' = 27,22 (°)

Profondità della falda

Zw = 30,00 (m)

e_B = 0,21 (m)

e_L = 0,32 (m)

B* = 0,77 (m)

L* = 5,86 (m)

q : sovraccarico alla profondità D

q = 47,25 (kN/mq)

γ : peso di volume del terreno di fondazione

γ = 15,75 (kN/mc)

Nc, Nq, Nγ : <u>coefficienti di capacità portante</u>

$Nq = \tan^2(45 + \varphi'/2) * e^{(\pi * tg\varphi')}$

Nq = 13,52

$Nc = (Nq - 1)/\tan\varphi'$

Nc = 24,34

$N_\gamma = 2*(Nq + 1)*\tan\gamma'$

N_γ = 14,94

s_c, s_q, s_γ : <u>fattori di forma</u>

$s_c = 1 + B*Nq / (L* Nc)$

s_c = 1,07

$s_q = 1 + B*\tan\gamma' / L*$

s_q = 1,07

$s_\gamma = 1 - 0,4*B* / L*$

s_γ = 0,95

i_c, i_q, i_γ : <u>fattori di inclinazione del carico</u>

$m_b = (2 + B* / L*) / (1 + B* / L*)$ = 1,88

$m_l = (2 + L* / B*) / (1 + L* / B*)$ = 1,12

$\theta = \text{arctg}(Tb/Tl)$ = 28,07 (°)

m = 1,29 (-)

(m=2 nel caso di fondazione nastriforme e $m=(m_b \sin^2\theta + m_l \cos^2\theta)$ in tutti gli altri casi)

$i_q = (1 - H/(N + B*L* c' \cot g\gamma'))^m$

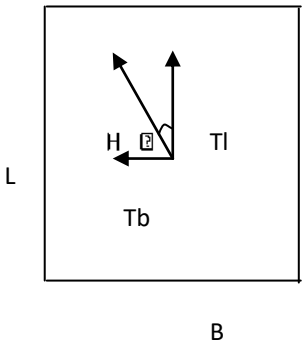
i_q = 0,78

$i_c = i_q - (1 - i_q)/(Nq - 1)$

i_c = 0,76

$i_\gamma = (1 - H/(N + B*L* c' \cot g\gamma'))^{(m+1)}$

i_γ = 0,64



d_c, d_q, d_γ : <u>fattori di profondità del piano di appoggio</u>

per $D/B* \leq 1$; $d_q = 1 + 2\ D \tan\gamma' (1 - \text{sen}\gamma')^2 / B*$
per $D/B* > 1$; $d_q = 1 + (2 \tan\gamma' (1 - \text{sen}\gamma')^2) * \arctan (D / B*)$

d_q = 1,40

$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan\gamma')$

d_c = 1,43

$d_\gamma = 1$

$d_\gamma =$ 1,00

b_c, b_q, b_γ : <u>fattori di inclinazione base della fondazione</u>

$b_q = (1 - \alpha_f \tan\phi')^2$ $\alpha_f + \alpha_p =$ 0,00 $\alpha_f + \alpha_p < 45°$

$b_q =$ 1,00

$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan\phi')$

$b_c =$ 1,00

$b_\gamma = b_q$

$b_\gamma =$ 1,00

g_c, g_q, g_γ : <u>fattori di inclinazione piano di campagna</u>

$g_q = (1 - \tan\alpha_p)^2$ $\alpha_f + \alpha_p =$ 0,00 $\alpha_f + \alpha_p < 45°$

$g_q =$ 1,00

$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan\phi')$

$g_c =$ 1,00

$g_\gamma = g_q$

$g_\gamma =$ 1,00

<u>Carico limite unitario</u>

$\mathbf{q_{lim}} =$ 1058,60 (kN/m^2)

<u>Pressione massima agente</u>

$q = N / B^* L^*$

$\mathbf{q} =$ 176,35 (kN/m^2)

<u>Verifica di sicurezza capacità portante</u>

$\mathbf{q_{lim} / \gamma_R} =$ 588,11 **≥** **q =** 176,35 (kN/m^2)

<u>VERIFICA A SCORRIMENTO</u>

Carico agente

Hd = 153,00 (kN)

Azione Resistente

Sd = N tan(□') + c' B* L*

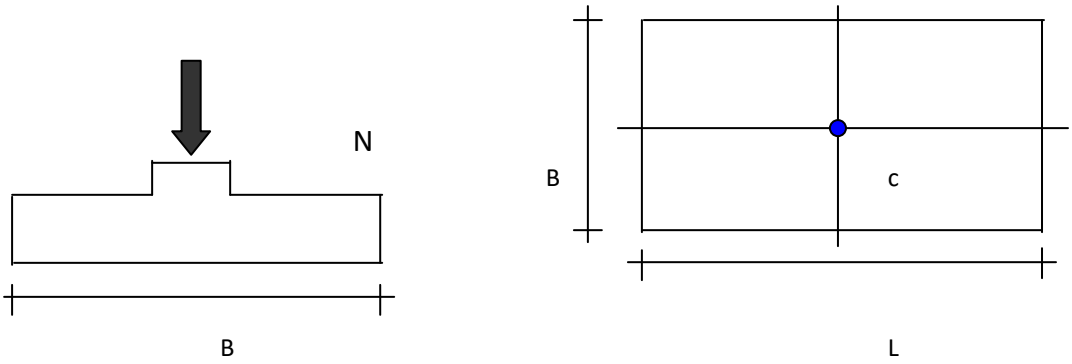
Sd = 450,21 (kN)

Verifica di sicurezza allo scorrimento

Sd / □$_R$ = 450,21 **≥** **Hd =** 153,00 (kN)

CEDIMENTI DI UNA FONDAZIONE RETTANGOLARE

LAVORO:



Formulazione Teorica (H.G. Poulos, E.H. Davis; 1974)

□□zi = $(q/2□)*(\tan^{-1}((L/2)(B/2))/(zR_3))+((L/2)(B/2)z)/R_3)(1/R_1^2+1/R_2^2))$

□□xi = $(q/2□)*(\tan^{-1}((L/2)(B/2))/(zR_3))-((L/2)(B/2)z)/R_3R_1^2))$

□□yi = $(q/2□)*(\tan^{-1}((L/2)(B/2))/(zR_3))-((L/2)(B/2)z)/R_3R_2^2))$

$R1 = ((L/2)^2+z^2)^{0.5}$

$R2 = ((B/2)^2+z^2)^{0.5}$

$R3 = ((L/2)^2+(B/2)^2+z^2)^{0.5}$

□$_{tot}$ = □□□ = □□□□□□□zi□□□□i□□□xi+□□yi}}□zi/Ei}

DATI DI INPUT:

B = 1,50 (m) (Larghezza della Fondazione)

L = 6,50 (m) (Lunghezza della Fondazione)

N = 1106 (kN) (Carico Verticale Agente)

q = 113,44 (kN/mq) (Pressione Agente (q = N/(B*L)))

ns = 1 (-) (numero strati) (massimo 6)

Strato	**Litologia**	**Spessore**	**da z_i**	**a z_{i+1}**	**Δz_i**	**E**	**ν**	**Δc_i**
(-)	(-)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kN/m^2)	(-)	(cm)
1	ARGILLA LIMOSA	30,00	0,0	30,0	5,0	5500	0,50	**4,12**
-		0,00	0,0	0,0	2,0	0	0,00	-
-		0,00	0,0	0,0	1,0	0	0,00	-
-		0,00	0,0	0,0	1,0	0	0,00	-
-		0,00	0,0	0,0	1,0	0	0,00	-
-		0,00	0,0	0,0	1,0	0	0,00	-

Δ_{ctot} = 4,12 (cm)

z	**Δz_i**	**Terreno**	**R1**	**R2**	**R3**	**$\Delta\Delta z_i$**	**$\Delta\Delta x_i$**	**$\Delta\Delta y_i$**	**E**	**ν**	**Δ_i**	**$\Delta\Delta_i$**
(m)	(m)	(-)	(-)	(-)	(-)	(kN/m^2)	(kN/m^2)	(kN/m^2)	(kN/m^2)	(-)	(cm)	(cm)
0,00	5,0	1							5500	0,50		
5,00	5,0	1	4,10	2,61	4,17	30,18	2,13	-7,09	5500	0,50	2,97	2,97
10,00	5,0	1	8,17	7,54	8,21	6,67	-0,24	-0,35	5500	0,50	0,63	3,60
15,00	5,0	1	12,92	12,52	12,94	2,65	-0,12	-0,14	5500	0,50	0,25	3,86
20,00	5,0	1	17,80	17,52	17,82	1,39	-0,07	-0,07	5500	0,50	0,13	3,99
25,00	5,0	1	22,73	22,51	22,75	0,85	-0,04	-0,04	5500	0,50	0,08	4,07
30,00	5,0	1	27,69	27,51	27,70	0,57	-0,03	-0,03	5500	0,50	0,05	4,12

z	**Δz_i**	**Terreno**	**R1**	**R2**	**R3**	**$\Delta\Delta z_i$**	**$\Delta\Delta x_i$**	**$\Delta\Delta y_i$**	**E**	**ν**	**Δ_i**	**$\Delta\Delta_i$**
(m)	(m)	(-)	(-)	(-)	(-)	(kN/m^2)	(kN/m^2)	(kN/m^2)	(kN/m^2)	(-)	(cm)	(cm)

- ***<u>Classificazione geologica – limo con sabbia .</u>***

<u>Fondazioni Dirette</u>
<u>Verifica in tensioni efficaci</u>

$$q_{lim} = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + 0{,}5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$$

D = Profondità del piano di appoggio

e_B = Eccentricità in direzione B (e_B = Mb/N)

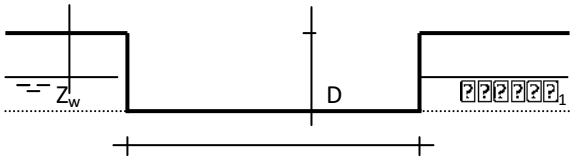
e_L = Eccentricità in direzione L (e_L = Ml/N) (per fondazione nastriforme e_L = 0; L* = L)

B* = Larghezza fittizia della fondazione (B* = B - 2*e_B)

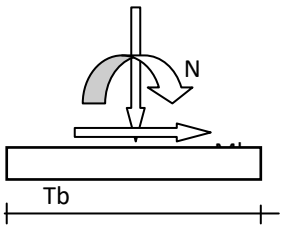
L* = Lunghezza fittizia della fondazione (L* = L - 2*e_L)

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

			coefficienti parziali					
			azioni		proprietà del terreno		resistenze	
Metodo di calcolo			permanenti	temporanee variabili	tan ϕ'	c'	qlim	scorr
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	○	1,30	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00
	A2+M2+R2	◉	1,00	1,30	1,25	1,25	1,80	1,00
	SISMA	○	1,00	1,00	1,25	1,25	1,80	1,00
	A1+M1+R3	○	1,30	1,50	1,00	1,00	2,30	1,10
	SISMA	○	1,00	1,00	1,00	1,00	2,30	1,10
Tensioni Ammissibili		○	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	3,00
Definiti dal Progettista			1,35	1,50	1,00	1,00	1,40	1,00

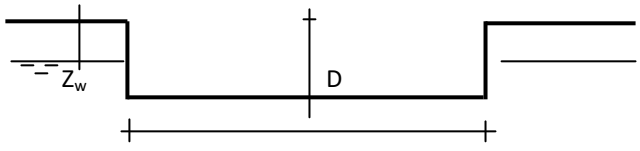


B

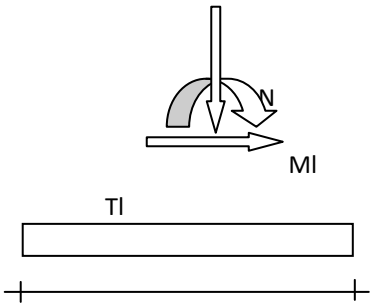


B

ϕ, c', ϕ'



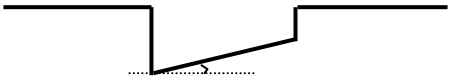
L



L

(Per fondazione nastriforme L = 100 m)

B	=	1,20	(m)
L	=	6,50	(m)
D	=	3,00	(m)



f



p

f = 0,00 (°)

p = 0,00 (°)

AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	250,00	420,00	796,00
Mb [kNm]	15,00	120,00	171,00
Ml [kNm]	60,00	150,00	255,00
Tb [kN]	20,00	40,00	72,00
Tl [kN]	70,00	50,00	135,00
H [kN]	72,80	64,03	153,00

Peso unità di volume del terreno

γ_1 = 14,66 (kN/mc)

γ = 14,66 (kN/mc)

Valori caratteristici di resistenza del terreno

c' = 13,63 (kN/mq)

φ' = 30,64 (°)

Valori di progetto

c' = 10,90 (kN/mq)

φ' = 25,36 (°)

Profondità della falda

Zw = 30,00 (m)

e_B = 0,21 (m)

e_L = 0,32 (m)

B* = 0,77 (m)

L* = 5,86 (m)

q : sovraccarico alla profondità D

q = 43,98 (kN/mq)

γ : peso di volume del terreno di fondazione

γ = 14,66 (kN/mc)

Nc, Nq, Nγ : <u>coefficienti di capacità portante</u>

$Nq = \tan^2(45 + \varphi'/2) * e^{(\pi * \tan\varphi')}$

Nq = 11,07

$Nc = (Nq - 1)/\tan\varphi'$

Nc = 21,25

$N_\gamma = 2*(Nq + 1)*\tan\varphi'$

$N_\gamma =$ 11,44

s_c, s_q, s_γ : <u>fattori di forma</u>

$s_c = 1 + B*Nq / (L* Nc)$

$s_c =$ 1,07

$s_q = 1 + B*\tan\varphi' / L*$

$s_q =$ 1,06

$s_\gamma = 1 - 0,4*B* / L*$

$s_\gamma =$ 0,95

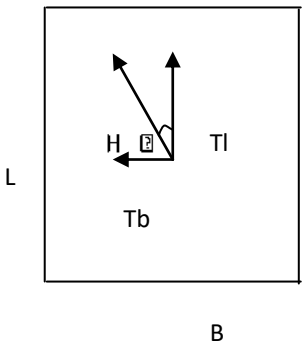
i_c, i_q, i_γ : <u>fattori di inclinazione del carico</u>

$m_b = (2 + B* / L*) / (1 + B* / L*)$ = 1,88 $\theta = \text{arctg}(Tb/Tl)$ = 28,07 (°)

$m_l = (2 + L* / B*) / (1 + L* / B*)$ = 1,12 m = 1,29 (-)

$i_q = (1 - H/(N + B*L* c' \cot g\varphi'))^m$

(m=2 nel caso di fondazione nastriforme e $m=(m_b \sin^2\theta + m_l \cos^2\theta)$ in tutti gli altri casi)



$i_q =$ 0,79

$i_c = i_q - (1 - i_q)/(Nq - 1)$

$i_c =$ 0,77

$i_\gamma = (1 - H/(N + B*L* c' \cot g\varphi'))^{(m+1)}$

$i_\gamma =$ 0,65

d_c, d_q, d_γ : <u>fattori di profondità del piano di appoggio</u>

per $D/B* \leq 1$; $d_q = 1 + 2 D \tan\varphi' (1 - \text{sen}\varphi')^2 / B*$
per $D/B* > 1$; $d_q = 1 + (2 \tan\varphi' (1 - \text{sen}\varphi')^2) * \arctan (D / B*)$

$d_q =$ 1,41

$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan\varphi')$

$d_c =$ 1,45

$d_\gamma = 1$

d_γ = 1,00

b_c, b_q, b_γ : <u>fattori di inclinazione base della fondazione</u>

$b_q = (1 - \alpha_f \tan\phi')^2$ $\alpha_f + \alpha_p$ = 0,00 $\alpha_f + \alpha_p < 45°$

b_q = 1,00

$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan\phi')$

b_c = 1,00

$b_\gamma = b_q$

b_γ = 1,00

g_c, g_q, g_γ : <u>fattori di inclinazione piano di campagna</u>

$g_q = (1 - \tan\alpha_p)^2$ $\alpha_f + \alpha_p$ = 0,00 $\alpha_f + \alpha_p < 45°$

g_q = 1,00

$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan\phi')$

g_c = 1,00

$g_\gamma = g_q$

g_γ = 1,00

<u>Carico limite unitario</u>

$\mathbf{q_{lim}}$ = 888,00 (kN/m^2)

<u>Pressione massima agente</u>

q = N / B* L*

q = 176,35 (kN/m^2)

<u>Verifica di sicurezza capacità portante</u>

$\mathbf{q_{lim} / \gamma_R}$ = 493,34 **≥** **q =** 176,35 (kN/m^2)

<u>VERIFICA A SCORRIMENTO</u>

<u>Carico agente</u>

Hd = 153,00 (kN)

Azione Resistente

Sd = N tan(□') + c' B* L*

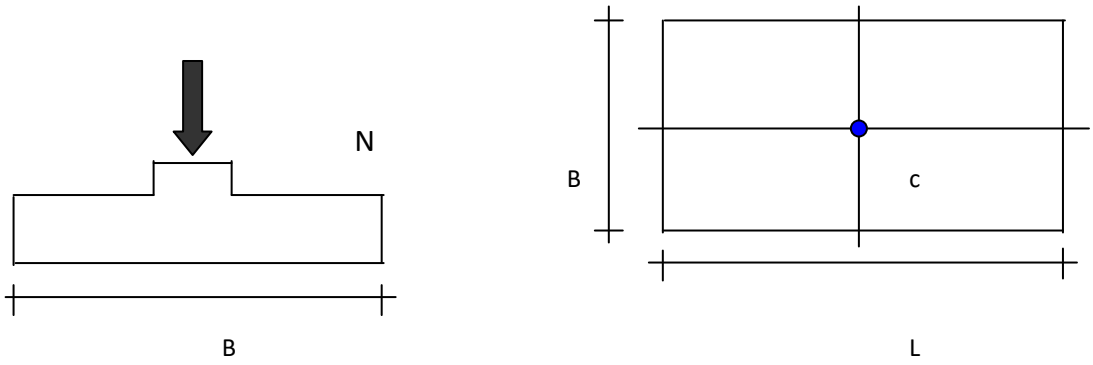
Sd = 426,42 (kN)

Verifica di sicurezza allo scorrimento

Sd / □$_R$ = 426,42 **≥** **Hd =** 153,00 (kN)

CEDIMENTI DI UNA FONDAZIONE RETTANGOLARE

LAVORO:



Formulazione Teorica (H.G. Poulos, E.H. Davis; 1974)

□□zi = $(q/2□)*(\tan^{-1}((L/2)(B/2))/(zR_3))+((L/2)(B/2)z)/R_3)(1/R_1^2+1/R_2^2))$

□□xi = $(q/2□)*(\tan^{-1}((L/2)(B/2))/(zR_3))-((L/2)(B/2)z)/R_3R_1^2))$

□□yi = $(q/2□)*(\tan^{-1}((L/2)(B/2))/(zR_3))-((L/2)(B/2)z)/R_3R_2^2))$

$R1 = ((L/2)^2+z^2)^{0.5}$

$R2 = ((B/2)^2+z^2)^{0.5}$

$R3 = ((L/2)^2+(B/2)^2+z^2)^{0.5}$

□$_{tot}$ = □□□ = □□□□□□□zi□□□□i□□□xi+□□yi}}□zi/Ei}

DATI DI INPUT:

B =	1,50	(m)	(Larghezza della Fondazione)
L =	6,50	(m)	(Lunghezza della Fondazione)
N =	1106	(kN)	(Carico Verticale Agente)

q = 113,44 (kN/mq) (Pressione Agente (q = N/(B*L)))

ns = 1 (-) (numero strati) (massimo 6)

Strato	Litologia	Spessore	da z_i	a z_{i+1}	Δz_i	E	ν	Δc_i
(-)	(-)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kN/m^2)	(-)	(cm)
1	limo argilloso	30,00	0,0	30,0	5,0	3370	0,50	**6,73**
-		0,00	0,0	0,0	2,0	0	0,00	-
-		0,00	0,0	0,0	1,0	0	0,00	-
-		0,00	0,0	0,0	1,0	0	0,00	-
-		0,00	0,0	0,0	1,0	0	0,00	-
-		0,00	0,0	0,0	1,0	0	0,00	-

Δ_{ctot} = 6,73 (cm)

z	Δz_i	Terreno	R1	R2	R3	$\Delta\Delta z_i$	$\Delta\Delta x_i$	$\Delta\Delta y_i$	E	ν	Δ_i	$\Delta\Delta_i$
(m)	(m)	(-)	(-)	(-)	(-)	(kN/m^2)	(kN/m^2)	(kN/m^2)	(kN/m^2)	(-)	(cm)	(cm)
0,00	5,0	1							3370	0,50		
5,00	5,0	1	4,10	2,61	4,17	30,18	2,13	-7,09	3370	0,50	4,85	4,85
10,00	5,0	1	8,17	7,54	8,21	6,67	-0,24	-0,35	3370	0,50	1,03	5,88
15,00	5,0	1	12,92	12,52	12,94	2,65	-0,12	-0,14	3370	0,50	0,41	6,29
20,00	5,0	1	17,80	17,52	17,82	1,39	-0,07	-0,07	3370	0,50	0,22	6,51
25,00	5,0	1	22,73	22,51	22,75	0,85	-0,04	-0,04	3370	0,50	0,13	6,64
30,00	5,0	1	27,69	27,51	27,70	0,57	-0,03	-0,03	3370	0,50	0,09	6,73

z	Δz_i	Terreno	R1	R2	R3	$\Delta\Delta z_i$	$\Delta\Delta x_i$	$\Delta\Delta y_i$	E	ν	Δ_i	$\Delta\Delta_i$
(m)	(m)	(-)	(-)	(-)	(-)	(kN/m^2)	(kN/m^2)	(kN/m^2)	(kN/m^2)	(-)	(cm)	(cm)

20.0 - CONCLUSIONI: VERIFICHE DI COMPATIBILITÀ

Alla luce di quanto contenuto nel presente studio, dalle risultanze dello studio geologico effettuato dal Dr. Geol. Luca Guarino e Giuseppe Gallo , e di quanto rappresentato nei relativi elaborati cartografici allegati al P.U.C., in particolare alla tavola CP 7 (ZONIZZAZIONE URBANISTICA/ ZONIZZAZIONE SISMICA MOPS), compare una sostanziale compatibilità tra le scelte operate dal Piano, e le condizioni geotecniche e sismiche descritte dallo studio geologico.

L'ambito di studio ha riguardato le aree, per le quali è consentita la trasformazione urbanistica ed edilizia limitatamente al perimetro dell'ambito P.U.C. – Piano Urbanistico Comunale, aree peraltro già in parte edificate ed urbanizzate.

Particolare attenzione è stata dedicata alle aree con elevata pericolosità incluse in ambiti territoriali compresi in classe R4 – A4 in base alla zonizzazione del Piano dell'Autorità di Bacino e lo studio di fattibilità geologica, con la conseguente applicazione di gravi limitazioni alla utilizzazione delle stesse, dovendosi evitare l'aggravamento delle condizioni di rischio. Il PUC per i lotti liberi ha disposto la totale inedificabilità.

Riguardo i sondaggi presi in esame che, peraltro, anche se non coprono tutta l'estensione del progetto di Piano, sono stati scelti quelli maggiormente significativi nell'ambito della ipotesi di trasformazione del territorio.

I valori di carico limite e conseguente carico ammissibile sono compatibili con le tipologie edilizie insediate ed insediabili nelle aree oggetto di studio; i calcoli effettuati sono stati rivolti a tipologie di fondazioni superficiali; in ogni caso tutte le attività che comunque per particolari esigenze costruttive è sempre possibile fare ricorso a fondazioni profonde.

Tanto innanzi significato, si precisa che resta in generale l'obbligo di effettuare ulteriori indagini geologiche specifiche per ciascun intervento o costruzione da realizzarsi, tenendo coerentemente conto delle conclusioni dell'Indagine Geologica allegata al Piano.