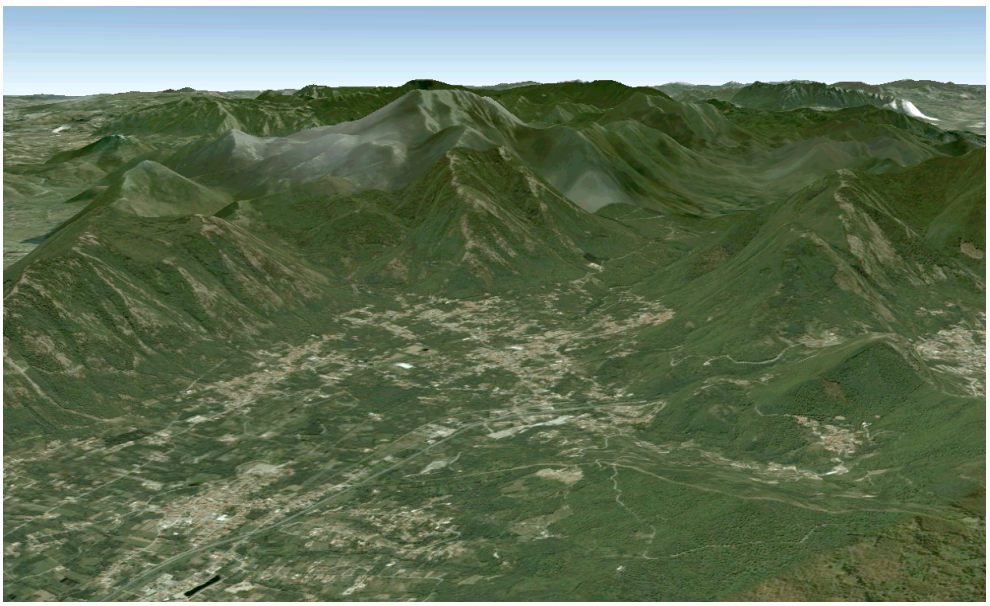
Comune di Serino

(provincia di Avellino)



Studio geologico del P.U.C. con adeguamento al P.A.I.

L.R. 9/1983 e s.m.i - D.P.R. 380/2001 - L.R. 16/2004 e s.m.i.

relazione	*Relazione Geologica*	scala:
		novembre 2022

Sindaco
avv. Vito Pelosi

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

I GEOLOGI

LUCA
GUARINO
12.03.2026
13:19:55
GMT+01:00

dr. Luca Guarino

Responsabile del Procedimento
arch. Valentina Gagliardo

dr. Giuseppe Gallo

IL CONSULENTE GEOLOGO

dr. Angelo Miranda

architetto
PIERRO
GIAMPIERO
ORDINE
ARCHITETTI
PPC PROV.
AVELLINO
92002930649
09.03.2026
12:29:23
GMT+01:00

SOMMARIO

1. Premessa _____ 1
2. Normativa di riferimento _____ 2
3. Posizione geografica del territorio _____ 3
4. Indagini di riferimento _____ 3
5. Inquadramento geotettonico generale _____ 4
6. Geologia del territorio comunale _____ 7
7. Assetto strutturale _____ 12
8. Inquadramento idrogeologico _____ 13
   8.1 complessi idrogeologici _____ 13
   8.2 idrografia e schema di circolazione idrica _____ 15
   8.3 caratteristiche climatiche _____ 19
   8.4 vulnerabilità dei corpi idrici _____ 20
9. Assetto morfologico _____ 21
10. Condizioni di stabilità e vincoli _____ 25
    10.1 evoluzione del paesaggio _____ 25
    10.2 classi di stabilità _____ 30
11. Caratteristiche geotecniche dei litotipi _____ 35
    11.1 successioni litoidi e semilitoidi dei rilievi montuosi e collinari _____ 35
    11.2 successioni essenzialmente terrose _____ 40
    11.3 successioni essenzialmente detritiche _____ 45
12. Caratteristiche sismiche dell'area _____ 46
    12.1 sismicità di base _____ 46
    12.2 zonazione sismica del territorio comunale – i livello – carta delle mops _____ 65
    12.3 risposta sismica di sito – iii livello _____ 72
13. Zonazione del territorio comunale e prescrizioni _____ 74
14. Conclusioni _____ 76

1. PREMESSA

L'Amministrazione Comunale di Serino (AV), dovendo adeguare il Piano Urbanistico Comunale (P.U.C.), ex Piano Regolatore Generale (P.R.G.), alle vigenti disposizioni di Legge, con _____d'Incarico n. _____del _____ha affidato agli scriventi, dottor geologo Luca Guarino e dottor geologo Giuseppe Gallo, la redazione dello "*Studio Geologico del Piano Urbanistico Comunale con adeguamento al PAI*". C.I.G.:_____

L'incarico si è basato su indagini eseguite nell'ambito comunale in differenti periodi, sia per la Pubblica Amministrazione e sia per privati cittadini, portando alla definizione delle caratteristiche geomorfologiche del territorio comunale e di quelle stratigrafiche, idrogeologiche, fisico-meccaniche e sismiche dei litotipi ivi presenti, ai sensi della L.R. n.9 del 7 gennaio 1983 e del D.P.R. 380/2001.

Lo studio è stato redatto con il supporto del dottor geologo Angelo Miranda, in qualità di consulente, in riferimento al lavoro svolto nel 2011 per la parte Geologica del P.U.C. che aveva ricevuto parere favorevole dagli Enti ma che non aveva proseguito il suo iter per la parte urbanistica.

In relazione alle finalità da perseguire, il presente lavoro si è svolto nelle seguenti fasi di progressivo approfondimento:

a) ricerca e studio della bibliografia specialistica, compresi gli studi eseguiti sul territorio per il vecchio P.R.G. ed i vari Piani Particolareggiati, con le relative indagini geognostiche, geotecniche e sismiche;

b) revisione e re-interpretazione delle indagini di cui al punto precedente;

c) rilievo di dettaglio dell'assetto litologico-strutturale, morfologico ed idrogeologico dell'area in esame;

d) analisi delle ortofoto disponibili sul web, cartografia tematica Shape dell'Autorità di Bacino ed analisi del territorio con supporto DTM del territorio;

e) omogenizzazione dei dati geologici e tecnici e loro interpretazione secondo le più aggiornate teorie e metodologie disponibili allo scopo di definire il modello geologico del comprensorio comunale;

f) individuazione, su questa base di conoscenze, di tutte le criticità geologiche del territorio, alla luce dei possibili scenari che possono verificarsi, evidenziando le aree a differente grado di risposta a tali criticità, cioè a diverso grado di stabilità anche in prospettiva sismica e con caratteristiche omogenee ai fini dell'uso ingegneristico e urbanistico.

Riguardo all'ultimo punto lo studio è stato armonizzato, a scala di maggior dettaglio, con il Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico riguardante il Rischio da Frana (PSAI-Rf) e di Pericolosità Idraulica redatto dall'Autorità di Bacino dei fiumi Liri, Garigliano e Volturno ed approvato per il Comune in esame ai sensi dell'art. 4, comma 1 della Legge 183/89.

Le carte tematiche allegate fuori testo sono le seguenti:

tavv. 1a/1b:	Carta dell'ubicazione indagini in sito	scala 1:5'000
tavv. 2a/2b/2c:	Carta geolitologico-strutturale	scala 1:5'000 - 1:15.000
tav. 3:	Sezioni geolitologiche;	scala 1:5'000 - 1:10'000
tavv. 4a/4b:	Carta geomorfologica	scala 1:5'000
tavv. 5a/5b:	Carta idrogeologica	scala 1:5'000

tavv. 6a/6b:	Carta delle coperture	scala 1:5'000
tav. 7	Carta delle Pendenze	scala 1:10'000
tavv. 8a/8b:	Carta della stabilità	scala 1:5'000
tavv. 9a/9b	Carta di sintesi	scala 1:10'000 – 1:5.000
tavv. 10:	Carta delle MOPS - microzonazione sismica I livello area urbana (studio redatto dal geol. Giuseppe Gallo, in corso di validazione)	scala 1:5'000

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Decreto Ministeriale Infr. 17.01.2018: Testo Unitario – *Norme Tecniche per le Costruzioni*;
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici: Circolare 11.02.2019 n. 7: Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 17.01.2018;
- Legge Regione Campania 07.01.1983 n. 9 "Norme per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico";
- Legge Regione Campania 22.12.2004, n. 16 *"Norme sul governo del territorio"* e s.m.i.;
- Ordine dei Geologi della Campania - Commissione Pericolosità Sismica: Deliberazione 181 del 24.01.2007: "Nuovi Strumenti per la Prevenzione del Rischio Sismico in Campania: Indirizzi Tecnici per la Pianificazione Geologica";
- Giunta Reg. Campania - Deliberazione n. 49 del 28.01.2010: "Atto di indirizzo per coordinare l'espletamento delle funzioni da parte degli Uffici del Genio Civile, per l'applicazione del capitolo 6.2.2 delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008";
- Giunta Reg. Campania - Deliberazione n. 834 dell'11.05.2007 dell'A.G.C. 16: "Norme tecniche e direttive riguardanti gli elaborati da allegare agli strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica, generale ed attuativa, come previsto dagli artt. 6 e 30 della L.R. n. 16 del 22.12.2004";
- Giunta Reg. Campania - Deliberazione n. 1701 del 28.10.2006 dell'A.G.C. 15: "Linee guida per la mitigazione del rischio sismico per le infrastrutture pubbliche e per il patrimonio edilizio pubblico e privato" - allegato A;
- Giunta Reg. Campania - Deliberazione n. 5447 del 07.11.2002 dell'A.G.C. 15: "Aggiornamento della classificazione sismica dei comuni della Regione Campania".
- Consiglio Superiore del Lavori Pubblici - Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007: Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale;
- Eurocodice 7.1 (1997): Progettazione geotecnica – parte I – Regole Generali – UNI;
- Eurocodice 7.2 (2002): Progettazione geotecnica – parte II – Progettazione assistita da prove di laboratorio – UNI;
- Eurocodice 7.3 (2002): Progettazione geotecnica – parte II – Progettazione assistita con prove in sito – UNI;
- Eurocodice 8 (1998 – stesura finale 2003) Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture – parte V – Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici;
- Autorità di Bacino Appennino Distretto Meridionale (ex Liri, Garigliano e Volturno): Progetto

di Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico riguardante il Rischio di frana (PSAI-Rf) - Norme di Attuazione.

- Microzonazione Sismica - Commissione tecnica per la microzonazione sismica (articolo 5, comma 7 dell'OPCM 13 novembre 2010, n. 3907)
- Piano Regionale Attività Estrattive Regione Campania - (P.R.A.E.) - giugno 2006

3. POSIZIONE GEOGRAFICA DEL TERRITORIO

Il territorio comunale di Serino è situato nella parte sud-occidentale della provincia di Avellino, alla distanza di circa 10 km dal capoluogo, lungo la strada E841 di raccordo autostradale Avellino – Salerno.

Esso si estende per circa 52 km^2 comprendendo aree di pianura, collinari e montane tra le quote 365 e 1806 mt s.l.m. Il centro abitato è edificato prettamente in pianura e aree pedemontane tra le quote 380 e 540 mt s.l.m. Confina a nord con il comune di S. Michele di Serino e S. Lucia di Serino, Cesinali, ad est con quelli di Volturara Irpina e Montella, a sud con Giffoni Valle Piana e ad ovest con quello di Solofra e Aiello del Sabato.

L'area in esame è cartografata nelle tavole n. 25 "Avellino" (quadrante 185 - I) e n. 33 "Salerno" (quadrante 185 - II) della Carta Topografia Programmatica della Regione Campania, in scala 1:25'000 e, più in dettaglio, nelle Carte Tecniche numeriche regionali nn. 449102, 449111, 449112, 449113, 449141, 449123, 449151, 449152, 449153, 449454, 449163, 449164, 467031, 467034, 467041 e 467034 in scala 1:5'000.

Nel sistema di riferimento Gauss-Boaga fuso est (Roma 40) l'area in esame si trova tra le coordinate chilometriche Nord 4515188 - 4525100 e le coordinate Est 2504822 - 2517945 corrispondenti circa ai valori del U.T.M. ED50 di longitudine 14°49'10" - 14°58'30" e di latitudine 40°47'20" - 40°52'40".

4. 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*

5. INQUADRAMENTO GEOTETTONICO GENERALE

Il territorio comunale Serino ricade lungo la 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 (tav. 2b).

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.

Il comune di Serino si inserisce in un tratto della catena con struttura a falde di ricoprimento neogenica, generatasi a partire dal Miocene inferiore-medio. La catena deriva dalla deformazione, strutturazione e scollamento di differenti domini meso-cenozoici 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" ed il "Flysch di Castelvetere", 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.

Attualmente, a scala regionale (tav. 2b), 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 dalla successione arenaceo conglomeratica-argillosa

torbiditica con intercalati olistoliti e brecce calcaree ascrivibile al Flysch di Castelvetere (Unità del Bacino Irpino), di età Langhiano Tortoniano inferiore, e dalla Formazione di Corleto Perticara di età Cretaceo superiore – Miocene inferiore 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.

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 calcarei e calcareo-dolomitici del gruppo M.te Pergola – M.te Vellizzano - M.te Faggeto – M.te Garofano, Tuoppo dell'Uovo e con il rilievo collinare di M.te Peluso, costituiti litologicamente da successioni marnoso-silico-argillose delle già citate Formazione di Castelvetere e di Corleto Perticara 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, lungo la valle fluviale e, lateralmente, fino alle creste dei suddetti rilievi montuosi calcarei e collinari, ricade il territorio comunale di Serino così come visibile nella tav. 2b.

6. GEOLOGIA DEL TERRITORIO COMUNALE

L'area occupata dal comune di Serino è caratterizzata dall'affioramento di terreni con differenti caratteristiche litologiche, appartenenti a successioni sedimentarie marine e continentali.

Il rilevamento geologico dell'area è stato integrato con la cartografia ufficiale esistente, in particolare con quella prodotta per l'adeguamento del P.R.G. del 2004 dal geol. G. Peluso in scala 1:5'000 e 1: 10'000, quella del Foglio 185 "Salerno" del Servizio Geologico d'Italia in scala 1:100'000 e quella, più recente, del Foglio 449 "Avellino" e Foglio 467 "Salerno" del Servizio Geologico d'Italia in scala 1:50'000, eseguita per il progetto CARG[1].

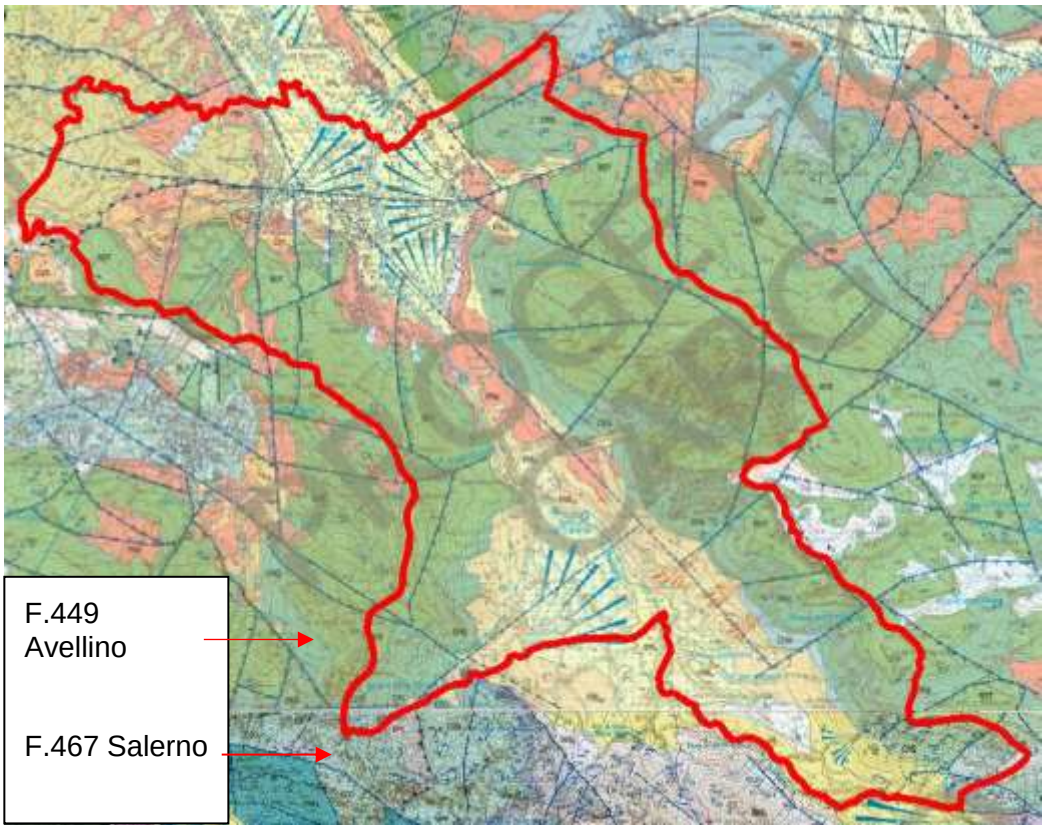


fig. 1 - carta geologica Progetto CARG in scala 1:50.000 del territorio comunale di Serino - F.449 Avellino e F.467 Salerno

Sono inoltre state considerate tutte le indagini in sito che hanno permesso di riconoscere e riportare nelle allegate tavv. 2a e 2b "Carta geoliltologico-strutturale" (in scala 1:5'000 e 2c intero territorio in scala 1:15'000) e tav. 3 "Sezioni geolitologiche", le seguenti Formazioni partendo da quelle più antiche alle più recenti:

- Successione carbonatica dei M.ti Lattari - M.ti Picentini;
- Formazione di Corleto Perticara;
- Formazione di Castelvetere;

[1] Progetto CARtografia Geologica avviato nel 1988 dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (I.S.P.R.A.)

- 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.

Secondo le più aggiornate conoscenza di geologia regionale, le coltri sedimentarie più recenti racchiuse dalle dorsali montuose circostanti, sono frutto di una specifica linea di evoluzione locale e costituiscono il cosiddetto "sintema di Serino".

Successione carbonatica dei M.ti Lattari - M.ti Picentini (C1, C2 e C3)

La grossa morfostruttura dei M.ti Lattari – M.ti Picentini facente parte della piattaforma carbonatica appenninica "interna" viene suddivisa, nell'area in esame, in tre unità minori di formazione marina, in continuità stratigrafica:

Unità C3: rappresenta la parte stratigraficamente più bassa ed antica che affiora nella parte sud-est del territorio comunale, in destra orografica del F. Sabato, dalla località Panicare – Varco del Faggio verso sud. Questa unità è formata da calcari e calcari dolomitici grigi, biancastri o avana alternati a dolomie cristalline grigie laminate, più frequenti nella parte alta, con spessore stimato dalla letteratura di 400 mt ed età compresa tra il Giurassico superiore e Cretaceo inferiore.

Unità C2: sovrapposta alla precedente, questa unità è presente lungo tutta la parte bassa dei rilievi in destra orografica del F. Sabato e, in sinistra orografica, dalla località Puzzillo fino a Tuppo dell'Uovo. È formata da dolomie cristalline grigie alternate a calcari avana e grigi, con alla base livelli conglomeratici in matrice marnosa verdastra. Lo spessore indicato è di 600 mt e l'età è attribuita al Cretaceo inferiore.

Unità C1: costituisce la maggior parte dei rilievi carbonatici presenti in zona e comprende una successione di calcari e calcari dolomitici grigio chiaro, biancastri o avana con frequenti intercalazioni di dolomie grigie e calcari clastici. Lo spessore stimato è di 400 mt e l'età è del Cretaceo superiore.

La successione carbonatica, secondo i dati di letteratura, forma il substrato profondo dell'area (compresa la piana del F. Sabato) dall'estremo punto sud fino a quasi la frazione Fontanelle e da qui è presente solo in destra orografica del corso d'acqua, ribassato per faglia rispetto alla parte in sinistra orografica.

Formazione di Corleto Perticara (FL2)

La Formazione di Corleto Perticara, facente parte della più vasta Unità del Fortore – Groppa d'Anzi, comprende litotipi flyscoidi collinari che nella porzione nord-occidentale del territorio comunale formano il rilievo collinare di M.te Peluso e le aree a nord di esso fino agli abitati di Avellino e Cesinali.

Si tratta di una successione di calcari marnosi e marne calcaree giallognole, bianche, grigie e verde chiaro, che si alternano a calcilutiti bianche, marne sfaldabili bianche e rosa con laminazione piano-parallela, argille e argille marnose laminate verde, grigio scuro e marrone. Gli spessori degli strati variano da pochi centimetri a uno a più decimetri.

Questa successione litologica mostra tipici caratteri di complessità litostrutturale con la presenza di litotipi litoidi e coerenti in alternanza, soggetti ad un disturbo tettonico testimoniato da una elevata fratturazione degli strati lapidei. Infatti il limite inferiore è di tipo tettonico, come sarà specificato nel capitolo 7 in quanto la Formazione è accavallata per sovrascorrimento su quella di Castelvetere.

Lo spessore stimato è di 450 mt circa e l'età è compresa tra il Cretacico superiore ed il Miocene inferiore.

Formazione di Castelvetere (FL1)

La Formazione di Castelvetere, tipica di ambiente marino, è presente nell'area in esame con un membro arenaceo-conglomeratico di età Miocenica che è frapposto, sempre nella parte nord-ovest dell'area in esame, tra la suddetta Formazione di Corleto Perticara ed i rilievi calcarei a sud di essa.

Litologicamente essa consiste in una successione di arenarie quarzoso-feldspatiche e quarzoso-litiche e subordinatamente micacee a grana medio-grossa intercalate con calcari, calcari marnosi con screziature siltose o siltoso sabbiose giallastre e verdastre. Sono pure presenti livelli di conglomerati poligenici ed orizzonti più plastici formati da argille e siltiti grigie e grigio scuro a struttura piano-parallela. Gli strati hanno spessore variabile da uno a più decimetri ed i tagli più significativi hanno consentito di accertare, come nella precedente formazione, un notevole disturbo tettonico testimoniato da una elevata fratturazione degli strati lapidei.

Lo spessore della Formazione, stimato dai dati di letteratura, è di 150 mt e l'età è attribuita al Miocene.

Deposito alluvionale antico del F. Sabato (ALL2)

La fascia di alluvioni antiche del F. Sabato si estende tra le due dorsali calcaree della vallata del corso d'acqua ed è ricoperta da coltri detritiche ed alluvionali più recenti. Pertanto affiora solo lungo grosse incisioni che il F. Sabato ha scavato in tale accumulo sedimentario partendo quasi all'altezza della località Fontanelle verso sud.

Questo deposito è formato da ghiaie eterometriche calcareo-marnose ed arenacee alternate a strati e banchi di limi sabbiosi ed argillosi, con spessore massimo di una cinquantina di metri. L'età è attribuita al Pleistocene sup. – Olocene.

Talus pedemontano (SA, GH)

Alla base dei vari rilievi presenti nel territorio comunale si estende una fascia detritico-terrosa pedemontana del Quaternario la cui composizione rispecchia quella dei litotipi da cui ha origine.

Ai piedi del M.te Peluso e dell'area arenaceo-argillosa, presso la località Pescarole, il talus (SA) è costituito da misture variabili di sabbie ed argille con radi frammenti litoidi angolari arenacei, calcarenitici e marnosi. Sono anche presenti sedimenti di origine vulcanoclastica rielaborati. A queste quote si sono infatti accumulate le coltri eluvio-colluviali dilavate ed erose ad opera delle acque di ruscellamento che talvolta hanno provocato intensi fenomeni di alterazione dei sedimenti vulcanici, variandone le caratteristiche fisico-chimiche. Il fenomeno di argillificazione dei termini più fini è un esempio di alterazione spinta.

Nelle parti più profonde del deposito può trovarsi detrito eterometrico arenaceo, marnoso e calcarenitico in matrice limo argillosa, proveniente dal disfacimento meccanico e chimico delle formazioni del substrato.

Questa copertura pedemontana si è formata successivamente e a spese dei sedimenti presenti nelle parti più alte del versante. Essa, poggiante in discordanza sui termini litologici delle sottostanti formazione terrigene, possiede spessori che da qualche metro tendono ad aumentare verso il piede del versante fino a valori massimi di una decina di metri nella porzione settentrionale del territorio comunale.

Alla base dei rilievi calcarei, invece, il talus pedemontano (GH) comprende brecce calcaree eterometriche, talora legate da cementazione spatica secondaria e con una certa matrice terrosa, alternate a livelli terrosi piroclastici in quantità variabile. Nell'ambito di questo deposito si osserva una certa gradazione orizzontale in quanto il diametro medio delle brecce è maggiore in prossimità dei rilievi (alcuni decimetri) e tende a diminuire allontanandosi da essi, verso il centro della piana. Contemporaneamente sia i livelli terrosi piroclastici che la matrice fine, piuttosto scarsa nelle zone più elevate, tendono a prevalere in quelle più distali.

Lo spessore massimo stimato è di qualche decina di metri.

Depositi di conoide (CO1, CO2)

I depositi di conoide, di età Olocene, sono localizzati allo sbocco dei valloni ed impluvi dei rilievi calcarei, dove cioè si accumulano i sedimenti trasportati da eventi alluvionali più o meno iperconcentrati oppure flussi franosi. Gli accumuli sedimentari che derivano da questi eventi hanno una tipica forma a ventaglio che tende a slargarsi e ad adeguarsi alla morfologia del luogo. Partendo da nord verso sud ed in destra orografica, i conoidi sono presenti in località Troiani (qui abbastanza ridotto), S. Sossio, zona campo sportivo a valle della località Boschetto (dove si ha la fusione di alcuni conoidi molto ravvicinati), in località Carpine, Valle Calda, a valle della loc. Panicare ed in corrispondenza del Vallone dell'Olmo-Varco del Faggio-Vallone dei Cuponi (conoidi fusi insieme), tra la loc. Pianella e Serra Longa.

In sinistra orografica del F. Sabato una serie di conoidi coalescenti (fusi) vengono segnalati poco ad est della loc. Ferrari, in loc. Raiano, in loc. Fontanelle-Ribottoli ed infine in loc. Maggese-Puzzillo-Valleverde.

I depositi di conoide (CO1) sono formati, nella parte apicale (più alta prossima ai valloni), da detrito calcareo arrotondato con matrice terrosa piroclastica variabile e, nella parte distale, da piroclastiti limo-sabbiose con pomici disperse.

Il grosso conoide in loc. Maggese-Puzzillo-Valleverde (CO2) è caratterizzato dall'essere composto da conglomerati calcarei ben arrotondati, talora massivi, con matrice terrosa piroclastica variabile, caratteristiche queste che lo differenziano dagli altri conoidi di cui sopra. Lo spessore massimo è dell'ordine di qualche o alcune decine di metri.

Copertura piroclastica (PIR1, PIR2)

Tale copertura, con età molto recente (Olocene) e che occupa zone poco acclivi, è stata differenziata in PIR1 e PIR2.

La prima si ritrova a copertura delle paleosuperfici e spianate carsiche dei rilievi calcarei ed è formata da cineriti da caduta in giacitura primaria con livelli di pomici e minuscole scorie inglobate. Esempi significativi di queste coperture sono presenti sui versanti orientali del comune in località Le Mezzane, Piano Reola, Colle di Basso mentre sui versanti occidentali tra le località Toppola e Turci. Lo spessore è dell'ordine di qualche decina di metri.

La copertura PIR2 è presente nel vasto fondovalle circostante il F. Sabato, a nord del territorio comunale, tra le località Pescarole, S. Sossio e Sala e, sempre sul fondovalle più a sud, nelle località Porcole, Cerreto, S. Croce e Villanova.

Litologicamente è formata da cineriti grigie, giallastre e brune con livelli di pomici e

minuscole scorie inglobate, generalmente da caduta in giacitura primaria oppure poco rimaneggiata\argillificata nei pressi dei rilievi calcarei, con spessore variabile tra i 3 e 6 m.

La deposizione di questi litotipi è dovuta a processi di trasporto aereo durante le differenti fasi parossistiche quaternarie dei centri vulcanici campani, avvenute durante l'Olocene, ed alla loro successiva caduta (fall) nell'area di studio, nonché su buona parte del territorio campano. Sulle aree suborizzontali queste coltri vulcanoclastiche possono essere considerate in giacitura primaria mentre nei pressi dei rilievi i sedimenti hanno subito una certa rielaborazione secondaria, costituendo coltri dilavate ad opera degli agenti atmosferici.

In tutta l'area della conca di Avellino questi litotipi sono riferibili ad almeno quattro diverse eruzioni vulcaniche del Somma-Vesuvio:

- piroclastiti dell'eruzione di Sarno di 17'000 anni fa;
- livelli dell'eruzione di Ottaviano di circa 8'000 anni fa;
- livelli cineritici e pomicei della eruzione di Avellino di 3'500 anni fa;
- cineriti e sabbie vulcaniche dell'evento del 472 d.C.

La copertura piroclastica dei calcari presenta spessori che variano da alcuni decimetri fino a spessori di 3-5 m, cartografata nelle tavv. 6a e 6b "Carta delle Coperture" che ha dato risalto alle coltri superficiali.

Da alcuni sondaggi disponibili risulta anche la presenza di tufo terroso riferibile dell'Ignimbrite Campana (ignimbrite trachifonolitica), cioè a depositi piroclastici più antichi dell'eruzione Flegrea (37'000-35'000 anni fa) che occupa le porzioni vallive più depresse del Fiume Sabato. Il tufo forma livelli discontinui dello spessore di pochi metri, inglobati nelle successioni piroclastiche, che sono stati individuati nell'area pianeggiante sia in destra che in sinistra orografica del F. Sabato (frazioni S. Sossio, S. Biagio, Ponte, Ferrari).

I corpi relitti di ignimbrite campana rappresentano una roccia formata da una massa cineritica grigio scuro cementata con pomici, lapilli e scorie per fenomeni di auto-metamorfismo. Le parti più alterate per zeolitizzazione assumono un colore giallastro. In origine la massa tufacea ricopriva con molta probabilità le aree poco inclinate ma, essendo una roccia abbastanza erodibile, è stata completamente erosa oppure ricoperta da sedimenti più recenti.

Alluvioni recenti ed attuali del F. Sabato (ALL1)

Le alluvioni recenti e attuali del Fiume Sabato affiorano lungo l'alveo del corso d'acqua con spessori massimi dell'ordine di una decina di metri ed estensione relativamente modesta.

I depositi sono costituiti da materiale sedimentario derivante dall'azione di trasporto e deposizione del fiume, ossia da sequenze limoso sabbiose di colore giallastro e grigio, da ghiaie sciolte da sub-angolari a sub-arrotondate di natura principalmente calcarea e calcarenitica, subordinatamente arenacea e marnosa.

I diversi litotipi sono presenti talora in banchi anche di significativa potenza ma i rapporti geometrici sono fortemente eteropici in quanto legati localmente alle fasi di sedimentazione connesse a periodi di piena o di magra del corso d'acqua. Infatti si tratta di sedimenti che, trasportati dalle acque fluviali aventi in quel momento una data energia, vengono depositati quando per una serie di motivi tale energia e la relativa capacità di trasporto diminuisce. Ciò avviene soprattutto dopo periodi di piena o nelle aree meandrizzate o di sovralluvionamento, presenti nella parte del centro abitato e nell'estrema parte meridionale del territorio comunale.

Le alluvioni recenti poggiano in discordanza sulle alluvioni antiche mentre lateralmente talora sono in contatto eteropico con i depositi detritico-piroclastici eluvio-colluviali di versante.

7. ASSETTO STRUTTURALE

L'assetto strutturale dell'area, descritto nel suo complesso nel capitolo 5, è legato alla tettonica compressiva mio-pliocenica ed a quella distensiva del quaternario.

La fase compressiva ha prodotto l'impilamento di diversi domini paleogeografici, in particolare delle coltri terrigene di bacino su aree di piattaforma carbonatica, con un raccorciamento globale dei domini paleogeografici. Nell'area in esame è evidente il sovrascorrimento delle coltri terrigene dell'Unità del Fortore – Groppa d'Anzi (Unità irpine), rappresentate dalla Formazione di Corleto Perticara, sui terreni della Formazione di Castelvetere e sui rilievi carbonatici della piattaforma interna. Questa fase, datata fine Miocene (Messiniano) ha praticamente esaurito la tettonica compressiva di questa porzione di Appennino, comportando significativi effetti deformativi essenzialmente plastici specialmente sulle formazioni terrigene di Corleto Perticara e Castelvetere.

La successiva fase tettonica distensiva, iniziata dal Pliocene inferiore, si è esplicata attraverso faglie subverticali organizzate in famiglie con andamento appenninico (NW-SE) ed antiappenninico (NE-SW). Le prime sono responsabili della grossa depressione valliva del F. Sabato (entro cui sorge l'abitato di Serino) che separa la struttura monoclinalica calcarea del M.te Terminio ad est e quella calcareo-marnosa-conglomeratica di M.te Peluso e quella anch'essa calcarea del gruppo M.te Pergola - M.te Vellizzano - M.te Faggeto - M.te Garofano - Tuoppo dell'Uovo ad ovest. Inoltre un'altra faglia principale perpendicolare alle suddette delimita, sul lato orientale della valle del F. Sabato, il M.te Faggeto a nord ed il massiccio del Terminio a sud, aventi giaciture degli strati opposte, mentre sul lato opposto le litologie terrigene del M.te Peluso a nord dal resto della dorsale calcarea a sud.

In questo contesto il substrato profondo dell'area e della piana del F. Sabato, secondo i dati di letteratura, è costituito dalle successioni calcaree dall'estremo punto sud fino a quasi la frazione Fontanelle. Da qui verso nord solo in destra orografica del corso d'acqua, corrispondente grosso modo ad una delle faglie che corre lungo l'asse della piana stessa, il substrato resta calcareo e tende ad approfondirsi sotto una copertura alluvionale. In sinistra orografica il substrato è costituito dalle formazioni terrigene affioranti (F. di Corleto Perticara e di Castelvetere) che invece si approfondiscono poco sotto le alluvioni della piana e, subito dopo l'area sorgentizia Pelosi, tendono leggermente a sollevarsi determinando la formazione di una depressione sotterranea, come si vedrà meglio nel successivo capitolo 8 dedicato all'idrogeologia. In questo settore di piana, quindi, lo spessore delle coltri alluvionali è minore. Molto probabilmente le suddette formazioni terrigene poggiano su un substrato profondo calcareo.

Le altre discontinuità tettoniche con direzione antiappenninica hanno inciso gli stessi rilievi calcarei ed il versante del M.te Peluso, nella parte settentrionale del territorio comunale, determinando una serie di valloni a sviluppo abbastanza rettilineo, talora a linea spezzata, lungo i quali si è successivamente impostato il sistema idrografico di questo settore vallivo (tavv. 2a, 4a e 4b).

In seguito a queste fasi l'intera struttura del massiccio Terminio-Tuoro costituisce un Horst di forma pressoché quadrangolare costituito da rocce calcaree e delimitato da una serie di faglie dirette che lo smembrano in più parti, separandolo quasi completamente (con ribassamenti tipo Graben) nella valle del F. Sabato e nella Piana del Dragone, dove i termini carbonatici risultano ricoperti da terreni prevalentemente argillosi ed alluvionali di notevole spessore (oltre 300 mt).

Il quadro strutturale si presenta dunque complesso, a causa della sovrapposizione di più sistemi di faglie connesse alle diverse fasi tettoniche succedutesi. La storia geologico-strutturale dell'area si risente a scala più di dettaglio nei litotipi presenti che sono caratterizzati

sempre da un certo grado di fratturazione dipendente dalla litologia e dallo spessore degli strati. Pertanto le deformazioni, in relazione alla differente competenza dei materiali, sono prevalentemente di tipo fragile nell'ambito delle dorsali carbonatiche mentre sono sia di tipo duttile che fragile nel caso delle formazioni terrigene.

Gli effetti della tettonica del quaternario sono rappresentati dalla formazione delle diverse coltri detritico-terrose che ammantano il fondo della vallata, come illustrato nel capitolo 6, e che poggiano in discordanza sul substrato profondo (bedrock) che, come illustrato precedentemente, è per la maggior parte costituito dalla sequenza calcareo-dolomitica dei rilievi tranne che nel settore nord-ovest dove sono presenti le formazioni terrigene.

La seguente carta illustra le faglie attive sia del periodo Pleistocene medio-superiore (in rosso) e sia nell'Olocene (in giallo) le quali non hanno interessato direttamente il territorio in esame (in nero).

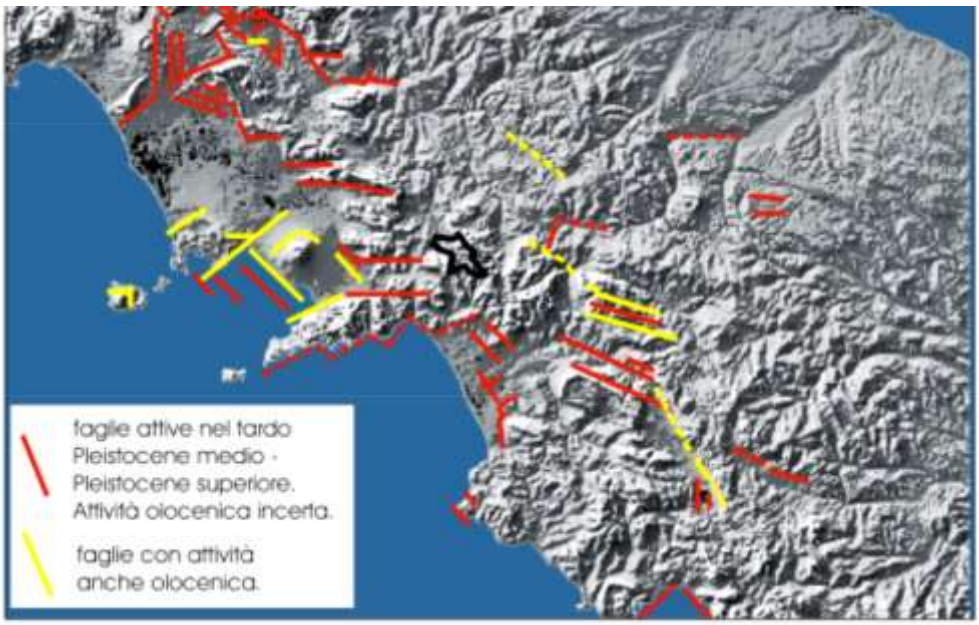


fig. 2 - carta delle faglie tardo-quaternarie dell'Appennino Meridionale (Prog. 5.1.2 "invenventario delle faglie attive e dei terremoti ad esse associabili" - UR Università di Napoli - Resp. A. Cinque a cura di A. Ascione e A. Cinque -1998)

8. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

8.1 COMPLESSI IDROGEOLOGICI

L'inquadramento idrogeologico del comprensorio comunale si è basato su un rilevamento di dettaglio opportunamente integrato con la cartografia esistente in materia, in particolare con quella prodotta per l'adeguamento del P.R.G. del 2004 dal geol. G. Peluso in scala 1:5'000 e 1: 10'000, con la "Carta idrogeologica della provincia di Avellino" redatta dall'Alto Calore Servizi S.p.a. in scala 1:100'000 e la "Carta della vulnerabilità all'inquinamento del Massiccio carbonatico Terminio-Tuoro" prodotta dallo stesso Ente in scala 1:25'000.

Le formazioni presenti nell'area comunale di Serino posseggono caratteristiche di permeabilità alquanto variabili in funzione della natura litologico-strutturale e granulometrica.

Una prima distinzione viene fatta tra le rocce calcareo-dolomitiche dei maggiori rilievi, tra le successioni arenaceo-conglomeratico-argillose delle Formazioni di Corleto Perticara e Castelvetere e tra le coltri detritico-terrose presenti sul fondo della piana del F. Sabato.

Pertanto nelle allegate tavv. 5a e 5b "Carta idrogeologica" vengono distinti i seguenti complessi e le loro caratteristiche:

- Complesso calcareo;
- Complesso arenaceo-conglomeratico-argilloso;
- Complesso detritico pedemontano;
- Complesso detritico-alluvionale;
- Complesso detritico-piroclastico;
- Compesso alluvionale attuale.

Complesso calcareo

Fanno parte di questa importantissima idrostruttura il massiccio Terminio-Tuoro ed altri rilievi carbonatici che circondano la valle del F. Sabato.

La roccia calcarea, variamente fratturata, subisce l'azione delle acque pluviali ricche di anidride carbonica dissolvendosi parzialmente specialmente lungo le linee di discontinuità. Si formano in tal modo circuiti di condotti carsici abbastanza complessi che determinano l'elevata permeabilità del calcare *per fessurazione e carsismo* e che condizionano in modo marcato il deflusso idrico sotterraneo all'interno dei rilievi calcarei. Gli orizzonti dolomitici e marnosi che si alternano nei rilievi in modo comunque subordinato sono relativamente meno permeabili ma, a causa delle famiglie di faglie e fratture che dissecano i massicci, hanno un ruolo abbastanza trascurabile sull'idrodinamica sotterranea.

Complesso terrigeno di M.te Peluso

Le successioni terrigene delle Formazioni di Corleto Perticara e di Castelvetere, caratterizzate dall'alternanza di strati arenacei, calcarenitici, conglomeratici, marnosi ed argillosi, possiedono complessivamente una ridotta permeabilità secondaria per porosità e fratturazione.

Essa svolge un ruolo di tamponamento da nord dell'idrostruttura carbonatica che termina con il M.te Pergola.

A scala locale, in virtù delle variazioni di litologia, la permeabilità è soggetta a variazioni anche significative in presenza di orizzonti prettamente argillosi o limo-sabbiosi abbastanza impermeabili oppure di interstrati litoidi fratturati che, anche se separati dalle lamine argillose impermeabili, permettono l'ingresso delle acque nel fitto reticolo di fratture della successione litologica e lo sviluppo di un debole deflusso idrico sotterraneo. La presenza in superficie di coltri detritiche di alterazione favoriscono il ristagno, l'imbibizione e la penetrazione entro le discontinuità delle acque di circolazione. Proprio in corrispondenza di interstrati litoidi possono determinarsi stillicidi stagionali di scarsissima estensione e potenzialità.

Dove la successione affiora, si instaura una debole rete di filtrazione diretta verso la base dei versanti anche entro la parte più alterata ed allentata per decompressione.

Complesso detritico pedemontano

Questo complesso comprende la porzione apicale sia dei conoidi e sia del talus dei

rilievi calcarei costituite da detrito e brecce calcaree eterometriche, talora massive e con cementazione spatica secondaria, in matrice terrosa piroclastica piuttosto ridotta.

Tale composizione granulometrica comporta una permeabilità per porosità da media a medio-alta che, tuttavia può ridursi localmente dove la matrice fine è più abbondante.

Complesso detritico-alluvionale

Il complesso in questione include la potente successione di alluvioni antiche del F. Sabato, caratterizzata da ghiaie eterometriche calcareo-marnose ed arenacee alternate a strati e banchi di limi sabbiosi ed argillosi. Si riscontrano in questo caso variazioni marcate di granulometria che nel complesso comportano una permeabilità per porosità da media a scarsa.

Complesso detritico-piroclastico

Vengono incluse in questo complesso sia le coltri piroclastiche presenti sul fondovalle e sui rilievi, a copertura delle paleosuperfici e spianate carsiche, sia la parte distale dei conoidi e del talus dei rilievi calcarei, sia il talus dei rilievi arenaceo-argillosi.

In questo caso, infatti, la prevalente matrice cineritica o comunque fine determina una permeabilità per porosità nel complesso medio-bassa che localmente può ridursi ulteriormente in presenza di argillificazione. Al contrario, i sottili livelli pomicei contenuti nelle coperture piroclastiche possiedono una permeabilità elevata per porosità.

Complesso alluvionale attuale

Le alluvioni recenti e attuali del F. Sabato, costituite da sabbie e ghiaie calcaree da subangolari a subarrotondate in matrice terrosa grigia, possiedono anch'esse variazioni locali di permeabilità legate alla granulometria del deposito. Quest'ultima, infatti, varia puntualmente sia orizzontalmente che verticalmente in relazione alla granulometria puntuale ed alla geometria del deposito. Per questo motivo la permeabilità primaria, per porosità, varia da media a scarsa.

8.2 IDROGRAFIA E SCHEMA DI CIRCOLAZIONE IDRICA

Il territorio comunale di Serino rientra in un bacino idrografico in cui scorrono il F. Sabato ed, in sinistra idrografica, il F. Ponte Fraito (o torrente Barre).

Fiume Sabato

Il F. Sabato, il cui fondovalle alluvionale si allunga in direzione SSE-NNW (lungo direttrici tettoniche), rappresenta uno dei principali corsi d'acqua a livello regionale. Partendo da sud il suo alveo si presenta dapprima abbastanza meandrizzato fino all'altezza della località Valle Calda e poi assume un andamento più regolare in quanto si approfondisce per erosione nel manto alluvionale antico per diverse decine di metri. Presso la località Fontanelle tali alluvioni scompaiono e l'alveo riprende una forma abbastanza meandrizzata attraversando la frazione Sala.

Il suo regime idrologico è perenne con portate che si riducono notevolmente nei periodi di magra specialmente in vicinanza dei gruppi sorgentizi Acquaro e Pelosi, poco più a nord del

territorio comunale. Al contrario nei periodi di piena si sono registrate occasionali fenomeni di straripamento nell'adiacente territorio comunale di S. Michele di Serino.

L'alveo del F. Sabato riceve una serie di affluenti sia in destra che in sinistra orografica, tutti a carattere stagionale in quanto legati a prolungati ed intensi periodi piovosi. Tra questi si citano, in destra orografica il Vallone Cuponi, V.ne dell'Olmo, V.ne Matrunolo (il maggiore tributario), V.ne dei Canteri, V.ne dei Lanzilli, il corso d'acqua che si origina dal bacino di V.ne dell'Orso-V.ne Vigne. In destra orografica sono presenti il V.ne del Puzzillo, V.ne di Boianico, V.ne dell'Asino, V.ne Luce.

Il fondovalle del F. Sabato è adiacente alla grossa idrostruttura del M.te Terminio - M.te Tuoro, avente un'estensione di circa 75 Kmq, che, costituita prevalentemente da calcari e limitatamente da calcari dolomitici, dolomie e marne, è per gran parte circondata da terreni da poco permeabili ad impermeabili. Questi ultimi affiorano in superficie nel settore settentrionale ed orientale e sono sottoposti, nel settore meridionale, ad una potente coltre di depositi alluvionali quaternari nella valle del F. Sabato. Il contatto sepolto con le formazioni circostanti avviene grazie a direttrici tettoniche come le faglie dirette su cui è impostato il deflusso dei fiumi Calore e Sabato, rispettivamente ad est e ovest.

Le acque meteoriche, in condizioni di piovosità non eccezionale, vengono assorbite dai rilievi al cui interno la circolazione idrica sotterranea è condizionata dalla fitta maglia di fratture e faglie legate alla tettonica distensiva (orientate prevalentemente secondo le direzioni ONO-ESE e NNE-SSO), dalle discontinuità tettoniche di natura compressiva (orientate prevalentemente secondo la direzione E-O) e dallo sviluppato sistema carsico.

La distribuzione altimetrica delle principali emergenze delle acque sotterranee e l'assetto geologico-strutturale del massiccio ha permesso il riconoscimento di più bacini sotterranei, i cui limiti però non sono attualmente univocamente definiti.

Un grosso spartiacque sotterraneo, impostato su lineamenti tettonici paralleli a quelli della piana del F. Sabato, divide infatti settori diversi del massiccio montuoso aventi differenti direzioni di deflusso. Per la parte centro-meridionale dell'idrostruttura, che include il grosso bacino endoreico della Piana del Dragone ed il relativo importante inghiottitoio, il recapito sotterraneo è diretto verso est (sorgenti di Cassano Irpino). Il margine occidentale del massiccio, con forma allungata secondo la valle adiacente, alimenta nei depositi alluvionali le sorgenti di Acquaro - Pelosi ed Urcuoli aventi una portata di 2 m^3/sec in media. Nella parte settentrionale del massiccio le direzioni di deflusso sono dirette verso ovest (sorgenti di Sorbo Serpico e S. Stefano del Sole).

All'interno del massiccio, sono presenti, inoltre, numerosi altri recapiti di portata generalmente contenuta ed a regime estremamente variabile.

In sinistra orografica del F. Sabato il deflusso idrico sotterraneo dei rilievi calcarei del gruppo M.te Pergola - M.te Vellizzano - M.te Faggeto - M.te Garofano - Tuoppo dell'Uovo è diretto verso ovest in direzione della piana di Montoro.

Nel contesto appena delineato appare chiaro che il territorio comunale riceve alimentazione idrica sotterranea dai rilievi calcarei che bordano la piana alluvionale centrale attraverso la loro fitta rete di faglie e fratture lungo le quali si sono impostati i circuiti carsici principali. Ciò avviene sia in destra orografica del F. Sabato dove il deflusso generale dei calcari è diretto verso la piana stessa (da est verso ovest) e sia, in misura minore, in sinistra orografica dove il deflusso prevalente si allontana in direzione opposta.

Lungo i versanti dei massicci calcarei sono presenti anche una serie di sorgenti di alta quota, a carattere perenne, la cui origine è sempre dovuta a circuiti carsici abbinati ad incroci di discontinuità tettoniche della roccia. Il loro regime idrologico è strettamente legato agli eventi pluviometrici intensi e prolungati con grosse escursioni di portata.

In destra orografica è presente, a monte della loc. Varco del Faggio, la sorgente "Acqua

delle Panicare" a quota 930 mt, un'altra sorgente a quota 980 nell'ambito del Vallone dell'Orso e una terza a quota 750 mt in loc. Fontana presso il Vallone delle Vigne.

In sinistra orografica l'unica sorgente d'alta quota si trova nell'estrema parte meridionale del territorio comunale, in loc. Acqua di Tornola, alla quota di 820 mt. Tali sorgenti, delle quali solo l'ultima è captata, possiedono una portata media inferiore ai 10 l/s.

Alla base dei versanti calcarei i travasi idrici diretti verso il corso d'acqua principale attraversano il Complesso detritico pedemontano, il Complesso detritico-alluvionale e quello alluvionale attuale, i cui contatti sono mascherati dalle coltri detritiche e piroclastiche presenti (Complesso detritico-piroclastico).

Nell'ambito di questi diversi complessi, ove affioranti, vengono ritrovate risorgenze definite "per limite di permeabilità indefinito" o "per limite di permeabilità definito". La loro origine è legata a variazioni di permeabilità locale che rallentano il deflusso sotterraneo facendolo emergere dal piano di campagna. Un'altra causa è data dalle profonde incisioni nelle alluvioni antiche, ad opera del F. Sabato, nelle quali le acque scorrono su livelli suborizzontali poco permeabili che affiorano dalle pareti erose.

In destra orografica del F. Sabato due di queste sorgenti sono presenti nella parte bassa del Vallone dell'Olmo, un'altra presso la loc. Carpine, un'altra in loc. Cerreto, un'altra nella parte basale del Vallone dei Canteri. Infine in località Molino, poco ad est della fraz. S. Sossio vi è infine la sorgente del torrente Savana, a carattere stagionale. In sinistra orografica una è ubicata nel Vallone Puzzillo, un'altra in loc. Fontana del Lontro.

Il F. Sabato che riceve queste acque, scorrendo in posizione molto depressa rispetto alle alluvioni circostanti, a sua volta alimenta per tutto il tratto di interesse le alluvioni poste a maggiore profondità, come indicato anche dalla "Carta della vulnerabilità all'inquinamento dell'acquifero carbonatico del Terminio-Tuoro" (Celico et alii, 1994).

Fiume Ponte Fraito o Torrente Barre

Il F. Ponte Fraito, di entità molto minore rispetto a quella del F. Sabato, nasce dalle pendici orientali del M.te Peluso e scorre lungo il bordo occidentale della piana fino a confluire nel F. Sabato al limite settentrionale del comprensorio di S. Michele di Serino, in corrispondenza del ponte ferroviario. Il corso d'acqua è alimentato sia dal ruscellamento superficiale che coinvolge la quasi totalità delle precipitazioni e si sviluppa nella rete di impluvi presenti e sia dalla più esigua aliquota idrica che filtra nella porzione più superficiale ed alterata del complesso. Questi travasi sotterranei alla base del versante del M.te Peluso sono mascherati dalla coltre pedemontana e talora, in presenza di irregolarità litologiche e morfologiche locali, possono venire a giorno sotto forma di piccole sorgenti stagionali o comunque momentanee.

Le uniche sorgenti visibili di una certa entità che alimentano il corso d'acqua sono quella a monte della frazione Canale, definita "per limite di permeabilità indefinito" o anche "per limite di permeabilità definito" dove la fuoriuscita delle acque sotterranee e dovuta alla presenza del Complesso terrigeno scarsamente permeabile che tampona lateralmente i calcari e tale contatto è mascherato dal Complesso detritico pedemontano. Un'altra sorgente temporanea è stata cartografata nella frazione Raiano dove c'è il contatto tra Complesso terrigeno poco permeabile e copertura detritico-piroclastica relativamente più permeabile.

Pertanto, a causa della sua posizione addossata alla base del rilievo e depressa, proprio in questo tratto il F. Ponte Fraito riceve alimentazione sia in sinistra orografica e sia in destra orografica dalla falda della piana ivi presente.

Il regime idrografico del tratto subpianeggiante del corso d'acqua a carattere perenne ma con portate idriche ed escursioni sensibilmente minori rispetto al vicino F. Sabato. Il suo alveo ha

subito storicamente modifiche antropiche ed è stato rettificato con l'effetto di cancellare i meandri e i canali anastomizzati un tempo presenti.

Nel contesto finora descritto la piana alluvionale che si slarga notevolmente verso nord a partire dalla frazione Fontanelle, come già anticipato nel capitolo 7, è caratterizzata da una circolazione idrica a falde sovrapposte, talora in contatto in dipendenza di locali variazioni stratigrafiche. Secondo la letteratura si riscontrano almeno due falde la più superficiale delle quali entro i primi 30 mt di profondità mentre la profonda, con caratteri di falda artesiana confinata, verso i 60 mt.

La falda più superficiale è drenata verso il più piccolo F. Ponte Fraito probabilmente grazie a paleoalvei e/o alla maggiore permeabilità dei litotipi alluvionali circostanti tale corso d'acqua. In questo tratto di piana, in base a misurazioni effettuate su pozzi, tale falda viene rinvenuta a profondità minore di 15 mt dal piano di campagna mentre in tutto il territorio comunale, escludendo la sottile fascia di alluvioni attuali del F. Sabato, essa si trova a profondità maggiori.

Sempre in questo tratto di piana il substrato calcareo tende ad approfondirsi facendo inspessire la copertura alluvionale e, a causa di una delle faglie che corrono lungo l'asse della valle del F. Sabato, viene ribassato notevolmente verso ovest dove è sottoposto alle successioni terrigene impermeabili affioranti in sinistra orografica. Queste a loro volta costituiscono il substrato che si approfondisce sotto le alluvioni della piana e poi tende leggermente a sollevarsi nel territorio comunale di S. Michele di Serino, formando un bacino impermeabile sotterraneo colmato dalle coperture alluvionali porose della piana. In tale depressione, nel punto più settentrionale del comprensorio comunale, ha origine l'importantissima area sorgentizia Pelosi formata da dodici punti di captazione che nel complesso forniscono una portata media di circa 800 l/s. Subito ad est della faglia, che rappresenta un grosso gradino, la sequenza alluvionale aumenta di molto lo spessore poggiando direttamente sui calcari.

A testimonianza della grande quantità di polle sorgive si riporta, in forma tabellare, le sorgenti utilizzate a scopo potabile ed identificate nella Carta Idrogeologica della Provincia di Avellino:

Corso d'acqua	*Sorgente*	*Località*	*Quota (s.l.m.)*	*Q.media (l/sec)*
Sabato	Acquaro - Pelosi *	Sorgenti Pelosi	380	1000.00
V.ne dell'Orso	Fontana	Fontana	700	< 1,00
V.ne dell'Orso	Monte Fontana	Monte Fontana	490	< 1,00
V.ne dell'Orso	Acqua dell'Abete	Sambuco	850	< 1,00
Sabato	Canale	Strada Provinciale	525	< 1,00
V.ne Luce	Acqua dell' Ufito	Ribottoli	430	1.00
V.ne dei Canteri	Canteri	Piano di Cerro	447	< 1,00
V.ne Carpico	Acque del Cerchio	Carpino	1500	< 1,00
V.ne Matrunolo	Cannelle	Carpino	850	1.00
Sabato	Frestola	Frestola	510	< 1,00
Sabato	Fontana del Lontro	Carpino	530	< 1,00
Sabato	Fontana del Carpine	Carpino	530	< 1,00
Sabato	Cerretiello	S.S. n° 574	540	< 1,00
Sabato	Vallecalda	Vallecalda	570	1.00
V.ne dell'Olmo	Acqua di Panicare o Bocche	Varco del Faggio	850	1.00
Sabato	Villanova	Villanova	580	< 1,00

V.ne Puzzillo	Rocco	Rocco	780	< 1,00
V.ne dell'Olmo	Fontana dell'Olmo	Villanova	599	< 1,00
Sabato	Tornola*	La Tornola	830	3.00
Sabato	Sorg.te delle Golve	Piano di Cerasole	586	< 1,00

tabella 1 - elenco sorgenti per il territorio comunale di Serino - fonte: Carta idrogeologica della Provincia di Avellino

8.3 CARATTERISTICHE CLIMATICHE

Dal punto di vista climatico l'area comunale di Serino, come d'altronde tutta la valle del Sabato, è caratterizzato da un regime pluviometrico di tipo "marittimo", distinto in un periodo di piena tra ottobre e marzo ed uno di magra tra aprile e settembre. I dati registrati nel corso dell'ultimo secolo ai pluviometri di Serino - sorg. Pelosi (374 m.s.1.m.) - Serino - sorg. Urciuoli (351 m.) - Avellino (370 m.), considerati per la piana, restituiscono un valore di piovosità media annua pari a circa 1300 mm, con in media 100 giorni piovosi l'anno. Per l'area dei versanti, che arriva a quote prossime ai 1800 metri, è stato considerato il pluviometro di Montevergine (1287 m) che risulta il più prossimo tra i pluviometri in quota (Carta delle Isoiete di Precipitazione annua media, Ministero dei Lavori Pubblici - Servizio Idrografico di Stato).

In particolare si sono analizzati i dati del trentennio 1921-1950, disponibili per i pluviometri di Avellino e Serino - sorg. Urciuoli - che su un lungo periodo forniscono una media di piovosità annua pari rispettivamente a 1335 mm e 1292 mm, e Montevergine per le aree montane, per il quale la media della piovosità annua arriva a circa 2100 mm.

Gli stessi pluviometri, oltre quello di Serino - sorg. Pelosi, con un numero di anni di osservazione minore, mostrano sostanzialmente lo stesso andamento sia considerando i dati mensili che l'andamento di un anno idrologico relativi alla seconda metà del nostro secolo. I valori medi annui sul triennio 86-87-88, notoriamente poco piovoso mostrano comunque per il pluviometro di Avellino rispettivamente l'intervallo di valori 1090-1086 mm che non si discostano dal trend generale di piovosità della Valle del Sabato.

Le caratteristiche climatiche di Serino vengono descritte in forma sintetica nella figura che segue facendo riferimento agli ultimi trent'anni.

La tabella fa riferimento ad un periodo compreso tra il 1991 e il 2021, con determinazione delle temperature, precipitazioni, umidità e giorni di pioggia.

Osservando le precipitazioni, in scala mensile per il periodo 1991-2021, è possibile notare come le precipitazioni, espresse in mm, si intensifichino nel periodo da ottobre ad aprile, con un minimo di 114 mm sino ad un massimo di 175mm.

	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Medie Temperatura (°C)	4.4	4.6	7.4	10.7	14.7	19.2	21.9	22.3	17.6	14	9.6	5.6
Temperatura minima (°C)	1.4	1.2	3.5	6.3	10	14.2	17	17.5	13.6	10.3	6.4	2.6
Temperatura massima (°C)	7.6	8.2	11.5	15.1	19.1	23.8	26.8	27.3	21.8	17.9	13	8.8
Precipitazioni (mm)	121	114	116	114	86	42	28	32	92	134	175	144
Umidità(%)	83%	79%	77%	74%	72%	66%	60%	60%	70%	77%	81%	83%
Giorni di pioggia (g.)	9	9	9	10	7	5	4	4	8	8	9	10
Ore di sole (ore)	4.6	5.1	6.5	8.2	9.7	11.4	11.7	11.1	8.7	7.1	5.6	4.8

fig. 3 - schema climatico di Serino - periodo 1991-2021

8.4 VULNERABILITÀ DEI CORPI IDRICI

L'area sorgentizia di Pelosi, ubicata nella parte valliva del territorio comunale e captate dall'Azienda Risorse Idriche di Napoli, rappresentano un'importante fonte di approvvigionamento idropotabile.

Queste sorgenti drenano le acque di un vasto bacino, costituendo una risorsa considerevole che presenta, tuttavia, diverse problematiche connesse al suo utilizzo e al contesto territoriale. Le sorgenti, infatti, sono ubicate all'incirca al centro della valle del Sabato, entro coltre alluvionale del corso d'acqua ed a poca distanza da quest'ultimo. Pertanto, pur essendo legate alla falda di base del massiccio carbonatico che è il substrato profondo della piana, hanno profondi rapporti sia con la falda superficiale presente nei depositi alluvionali, sia con il corso d'acqua stesso. Le sorgenti, inoltre, sono ubicate all'interno del contesto urbano in continua espansione abitativa e in un'area caratterizzata da un intenso uso agricolo; ciò contribuisce a rendere ancora più problematica l'utilizzazione della risorsa, in quanto soggetta a rischio di inquinamento legato a tutti gli elementi ora citati.

Risulta perciò necessario valutare la vulnerabilità della falda, o delle falde, sia in rapporto ai caratteri intrinseci degli acquiferi, sia per quanto riguarda la presenza di attività antropiche che possono comportare rischio di inquinamento agli stessi. Ciò è essenziale per definire dei criteri di salvaguardia delle falde idriche, che si concretizzano, sostanzialmente, nell'individuazione di aree cosiddette di "tutela assoluta" e di "rispetto", in cui sono prescritte limitazioni d'uso del territorio, secondo il nuovo D. Lgs. 152/99 che ha modificato il D.P.R. del 24 maggio 1988 n. 236.

La problematica, nella sua interezza, comprende aspetti la cui complessità non è affrontabile nel presente lavoro ma è importante, in ogni modo, affermare alcuni punti importanti. Al riguardo si è fatto riferimento a studi di ricerca condotti sull'area in esame quali la "Carta della vulnerabilità all'inquinamento del massiccio carbonatico del Terminio-Tuoro" (Celico et alii, 1994) e più recentemente, la "Delimitazione ragionata delle aree di salvaguardia delle sorgenti di Serino (Avellino-Italia)" di Libera Esposito del 2001.

Da tali elaborati, che definiscono sia i criteri per la valutazione della vulnerabilità degli acquiferi (ed in modo particolare delle sorgenti), sia le aree di salvaguardia delle stesse, si evince l'importante funzione dell'acquifero costituito dal materasso alluvionale della piana. Esso infatti sicuramente alimenta le sorgenti e rappresenta chiaramente un fattore di vulnerabilità elevata per la falda, oltre che per le stesse sorgenti, in quanto dotato di una permeabilità abbastanza elevata, per cui può permettere la propagazione di eventuali sostanze inquinanti.

L'acquifero costituito dai depositi detritici e alluvionali dalla piana del Sabato, chiaramente di tipo poroso, è condizionato dalla presenza di livelli di argille o di piroclastiti argillificate, intercalati nella successione dei depositi, che agiscono da tampone permettendo l'individuazione di una falda anche superficiale. Poiché i depositi alluvionali sono tipicamente discontinui, i livelli tampone possono presentarsi discontinui determinando la situazione, caratteristica per questo tipo di acquiferi, della circolazione idrica per "falde sovrapposte" che localmente sono tra loro interagenti.

Dai dati acquisiti nella campagna di indagini non è stato possibile verificare la presenza di più falde ma i livelli idrici trovati nelle perforazioni sono stati ricondotti ad un'unica falda superficiale, nell'acquifero compreso nei primi 30 metri di profondità. Pertanto il subalveo alluvionale del F. Sabato e le alluvioni poste a quota più bassa dell'alveo fluviale, che vengono alimentate dal corso d'acqua, hanno la possibilità di ricevere anche eventuali inquinanti disciolti.

La falda si attesta sempre ad una profondità, superiore o prossima ai 15 metri dal piano di campagna, tranne che per alcune aree, come riportato più sopra.

Successivamente alle su citate norme, la Regione Campania ha redatto con l'art.21 del D.Lgs. 152/2006 il Piano di Tutela delle Acque (P.T.A.), aggiornato all'anno 2019 e con relative Norme Tecniche di Attuazione (N.T.A.), "*mediante il quale sono stati individuati gli obiettivi di qualità ambientale dei corpi idrici regionali, compresi quelli a specifica destinazione e le azioni volte a garantirne il relativo conseguimento o mantenimento, nonché le misure di tutela qualitativa e quantitativa, tra loro integrate e coordinate, a scala di bacino idrografico*".

9. ASSETTO MORFOLOGICO

Lo studio geomorfologico del territorio è stato realizzato mediante l'analisi della cartografia in scala 1:5'000, integrata dall'esame delle foto aeree, fornite dall'Amministrazione comunale, e completata dall'utilizzo della cartografia in formato shape redatte dall'Autorità di Bacino per il PAI. Il tutto chiaramente è servito come base per i successivi controlli diretti, in campagna, che hanno permesso di verificare le situazioni non ben evidenziate in foto e/o di confermare quelle più evidenti.

Questa operazione ha portato alla realizzazione della Carta Geomorfologica (tavv. 4a - 4b), in cui sono riportati gli elementi salienti del territorio, con particolare attenzione alle forme sia erosionali sia deposizionali più significative per quanto attiene alla valutazione della pericolosità da rischio frana. Detta carta ha portato in primo luogo a ricostruire la storia dell'evoluzione morfologica del paesaggio di Serino, quindi ad individuare i fenomeni avvenuti in passato, e che potrebbero avvenire in futuro.

L'attuale assetto morfologico del territorio è il risultato della complessa evoluzione morfologica svolta tra il tardo pleistocene e l'attuale, con differenziazione della sagoma dei rilievi in funzione degli assestamenti neotettonici e della sovrapposizione degli apporti detritici e delle coltri vulcanoclastiche, legate all'intensa attività eruttiva del distretto vulcanico dei Campi Flegrei e del Somma-Vesuvio.

Il modellamento del rilievo in ambiente subaereo è stato particolarmente intenso e legato alle ultime oscillazioni climatiche pleistoceniche, con ulteriori fasi erosionali-deposizionali sviluppate anche nell'olocene e fino all'attuale. La notevole differenza di resistenza all'erosione del substrato carbonatico e dei materiali di copertura detritica e piroclastica, hanno determinato situazioni morfo-evolutive non semplici, articolate in ripiani morfologici, fondovalle sovralluvionati e depositi di piede di versante con distribuzione irregolare e variabile da punto a punto.

Nel territorio comunale di Serino può essere individuata **(**tavv. 6a - 6b - 10):

- 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[2], 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.

[2] secondo il modello di Lehmann - 1933 (cliff recession) e Young - 1972 (slope replacement): recessioni di pareti e parallela sostituzione con un pendio di trasporto-sostituzione

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.

AREA DI CAVA

Il Comune di Serino rientra all'interno del Piano Regionale delle Attività Estrattive (P.R.A.E.) della Regione Campania per una porzione di territorio a confine con il Comune di Solofra; difatti viene identificata un'area di riserva estrattiva avente come ***ID S40AV.***

Il P.R.A.E. regolamenta e disciplina l'esercizio dell'attività estrattiva come definita dall'art.1 della L.R. n°54 del 1985 e s.m.i. , la ricomposizione ambientale e ove possibile la riqualificazione ambientale delle cave abusive, abbandonate e dismesse nel territorio regionale.

L'area di cava che insiste sul territorio comunale di Serino viene denominata CAVA TURCI, ed identificata dal P.R.A.E. con le seguenti sigle ed ID:

- AC.A.4
- APA.A.3
- ID CAVA 64099/01 Serino

Le sigle riportate definiscono gli ambiti e le attività possibili secondo le Norme di Attuazione del P.R.A.E. della Regione Campania.

1)AC.A.4 – area di crisi che si caratterizzano per la presenza di tutte o in parte dei seguenti parametri:

- ✓ La particolare concentrazione di cave attive e non attive in aree delimitate
- ✓ Estesa modifica del territorio
- ✓ L'impatto ambientale paesaggistico medio/alto
- ✓ Sviluppo in settori del territorio ove ricadono vincoli
- ✓ Vicinanza di centri storici o di beni storici, artistici e monumentali

2)APA.A.3 – aree di particolare attenzione ambientale: rientra all'interno della più vasta categoria delle aree di crisi, e viene così definita " Le aree di crisi sono altresì, caratterizzate dalla presenza, al loro interno, di cave inattive in prevalenza abbandonate; per la qual cosa, limitandosi l'impatto al solo aspetto paesaggistico si è convenuto definirle aree di Particolare Attenzione Ambientale (APA). Per tali aree, e per le cave in essa ubicate, è prevista la priorità d'individuazione, nell'ambito del programma di interventi per le cave abbandonate (Cfr. Cap. 8.3 NTA PRAE).

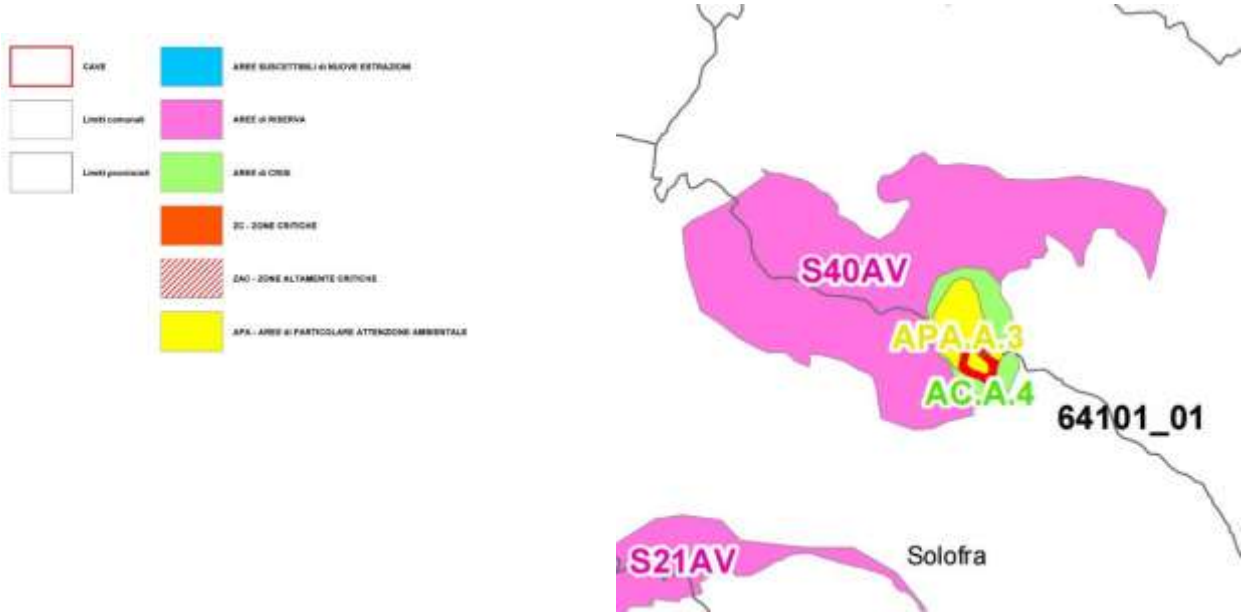


fig. 4 stralcio Tavola 8-Av Aree perimetrate dal PRAE

Per quanto sopra esposto e facendo riferimento alle Norme di Attuazione del P.R.A.E. Testo Coordinato – Regione Campania, l'area di cava sarà disciplinata dagli artt. 27 (aree di crisi AC) e 30 (area di particolare attenzione APA).

Inoltre per l'area di cava denominata Turci, in passato è stata interessata da stoccaggio per rifiuti solidi urbani (RSU) durante l'emergenza rifiuti avutasi in Campania nel 1994. A seguito del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri, il Comune di Serino identificò il piazzale di cava come area di stoccaggio temporaneo dei rifiuti, operando un'impermeabilizzazione provvisoria. Allo stato attuale, i rifiuti solidi urbani non sono stati smaltiti dal sito e né sono state effettuate opere di bonifica, pertanto in fase di ripristino ambientale, dovranno essere predisposte opere di bonifica del sito dai rifiuti e uno studio appropriato sull'eventuale infiltrazione di percolato in profondità per appurare se vi siano stati eventuali inquinamenti della falda.

10. CONDIZIONI DI STABILITÀ E VINCOLI

10.1 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.

Lo studio e l'individuazione delle frane presenti nel territorio comunale è stato basato sull'interpretazione di foto aeree e della cartografia disponibile, sul rilevamento di campagna,

sulla ricerca della franosità "storica" dell'area e sui dati del Progetto I.F.F.I. (Inventario dei Fenomeni Franosi d'Italia). Tale Progetto, istituito e coordinato dall'A.P.A.T. (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici), ha avuto quale fine la realizzazione, in collaborazione con le Amministrazioni Regionali, di un censimento dei fenomeni franosi in Italia a partire dal 2002. Il Gruppo di Lavoro, nel corso del suo mandato, ha realizzato una intensa attività di ricerca, acquisizione, omogeneizzare e rappresentare su carta in scala 1:25'000 di tutti i dati disponibili circa il dissesto idrogeologico rappresentato in regione estrapolandolo da un'ampia varietà di fonti fra cui:

- Autorità di Bacino Distretto Appennino Meridionale (ex Liri, Garigliano e Volturno);
- Commissariato straordinario frane emergenza 96-97 e 98;
- archivi frane significative disponibili presso vari Enti regionali e territoriali;
- fogli CARG;
- cartografia tematica vettoriale shp.

Alla consueta rappresentazione cartografica dei fenomeni franosi inventariati è collegato un data-base specialistico indispensabile per la gestione del patrimonio informativo di ogni singolo evento in termini di raccolta dei dati, divulgazione e aggiornamento degli stessi.

I dati dell'Autorità di Bacino dei Fiumi Liri, Garigliano e Volturno si riferiscono al Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico riguardante il Rischio di frana (PSAI-Rf), 2015 e Pericolosità Idraulica.

La "Carta degli scenari di rischio", che distingue aree a differente grado di rischio con valore di pianificazione territoriale, è accompagnata da Norme di Attuazione che disciplinano gli interventi sul territorio compatibili con il grado di rischio presente, basandosi sui criteri di "incolumità della popolazione, danno incombente, organica sistemazione" (L. 183/89, art. 31, lettera c).

Gli elaborati del progetto I.F.F.I. e dell'Autorità di Bacino, scaturiti da studi e metodologie altamente specialistiche, vengono recepiti nel presente lavoro che, per le sue finalità, non può adeguatamente e nel dettaglio affrontare le situazioni di stabilità di ogni versante del comprensorio comunale, essendo differenti anche le metodologie di indagine.

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.

Inoltre visionando la cartografia redatta per il Progetto IFFI (progetto che ha avuto la sua nascita nel periodo post eventi alluvionali del 1998 che hanno colpito diversi Comuni della Provincia di Avellino-Salerno e Caserta) è stato possibile riconoscere diversi eventi, per lo più quiescenti e identificati come colamento rapido, mentre nel settore nord-occidentale anche in funzione della natura litologica sono stati identificati eventi da colamento lento anch'essi

quiescenti. La presenza sui versanti, inoltre, di aree con spessore di copertura piroclastica variabile in funzione dell'esposizione del versante ed altri fattori, fa sì che diffusamente negli anni passati si siano verificati eventi alluvionali connessi principalmente a flussi iperconcentrati, spesso incanalati.

A causa della elevata pericolosità a cui il territorio comunale di Serino è esposto, nel corso del tempo, sono state effettuate opere per la mitigazione del rischio idrogeologico, con interventi puntuali, spesso sufficienti per contenere piccoli apporti idrici e terrigeni, che però non trovano riscontro nella corretta e sana manutenzione del territorio. In tal senso è bene ribadire che le opere di mitigazione risultano insufficienti se l'opera dell'uomo continua imperterrita ad utilizzare le incisioni come ricovero di materiali di risulta.

Un aiuto in tal senso viene dato dalla copertura arbustiva, per lo più castagneti, che unitamente alle opere di terrazzamento antropico dei proprietari terrieri trova un valido alleato nel contrastare eventuali fenomeni di innesco e/o amplificazione dei fenomeni franosi con altezze compatibili con l'inclinazione del versante.

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 (tav. 5a).

10.2 CLASSI DI STABILITÀ

Pur ponendo alla base di questa parte del lavoro la zonazione fatta dall'Autorità di Bacino dei fiumi Liri, Garigliano e Volturno, cioè la "Carta degli scenari di rischio" relativa al Progetto di Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico riguardante il Rischio di frana (PSAI-Rf e Pericolosità Idraulica inerente al F.Sabato), la stabilità è stata valutata sulla base delle osservazioni delle caratteristiche geomorfologiche dell'area e degli eventi franosi presenti lungo i versanti, sia essi attivi che quiescenti, nonché dagli eventi alluvionali inerenti il Fiume Sabato.

L'evento "frana" è inteso come elemento inserito nel contesto dell'evoluzione morfologica a breve e medio termine (epoca sub-attuale e storica) dei gruppi montuosi ai cui piedi sorge il Comune di Serino. Tali versanti sono stati interessati da cicli erosionali - deposizionali avvenuti in un clima analogo a quello attuale, su elementi del rilievo che già avevano subito una evoluzione morfologica tale da definire sagome del sistema crinale-versante-fondovalle simili alle attuali.

Questa interpretazione del territorio ha permesso di mettere in evidenza:

- sia gli elementi fondamentali del rilievo riferendosi alla composizione ed integrazione con le forme denudazionali, per differenziare queste dalle forme deposizionali legate agli elementi di basso ordine gerarchico del reticolo idrografico
- sia la presenza di situazioni "tipo" con caratteri morfologici specifici che convalidano la corrispondenza con frane di colata di fango e detrito avvenute nel passato più recente.

Con l'integrazione dei dati geologici e geomorfologici si è cercato di individuare la corrispondenza tra zone di distacco delle frane riconoscibili, con verifica della esistenza di "coperture" mobilizzabili e le aree di transito ed accumulo dei materiali coinvolti. Nei casi in cui sono risultate chiare, solo le zone di accumulo, è stata verificata la corrispondenza tra tali zone e l'ubicazione delle porzioni di territorio più a monte soggette ad innesco di frane. Il rilevamento geomorfologico e geologico e le indagini eseguite finalizzate a queste problematiche, hanno

infine permesso anche di distinguere il diverso grado di maturità morfologica del versante in oggetto, portando a definire un differente grado di suscettibilità e quindi di pericolosità.

Gli indicatori guida che hanno permesso di classificare un'area suscettibile a dissesti idrogeologici con apporti detritico-piroclastici e nella quale sono state riscontrate evidenze di eventi analoghi sulla scorta dei rilievi di campagna, sono essenzialmente rappresentati da zone con coperture detritico-piroclastiche, nel cui ambito sono state riscontrate evidenze morfologiche di genesi gravitative legate a movimenti tipo colata di età recente, storica e antica. Laddove non è stato possibile rinvenire lungo il versante le evidenze morfologiche di fenomeni di frana di colata rapida di fango si sono considerate le evidenze morfologiche di accumulo *(conoidi),* attualmente attive\quiescenti, come traccia di eventi avvenuti nel passato.

La mancanza di indicatori guida quali essenzialmente le evidenze di fenomeni di dissesti, e la presenza di una copertura detritico - piroclastica discontinua con spessori esigui hanno portato a considerare settori del versante come aree non suscettibili a fenomeni di dissesto.

Incrociando i fattori “acclività”, “spessore delle coperture”, “litologia di base” e “vicinanza del reticolo idrografico”, oltre la presenza di eventi avvenuti nel recente passato o in epoca storica, ha permesso di riscontrare una buona corrispondenza tra le diverse zone a suscettibilità di frana e zonazione dell’Autorità di Bacino.

Sono state inoltre considerate non suscettibili quelle aree di fondovalle, sufficientemente lontane da versanti e prive di zone di accumulo gravitativo, così come la parte centrale delle spianate sommitali dei rilievi, escludendo i bordi che, al contrario, sono potenziali zone di distacco al di sopra dei “versanti bordieri” e dei “valloni ad essi associati”.

I conoidi caratterizzati da profonde incisioni sono da ritenersi normalmente inattivi in quanto sottoposti a cicli di erosione lungo l’alveo torrentizio in cui transitano eventuali flussi detritici ed alluvionali. Questa positiva situazione deve ovviamente tenere conto della situazione di equilibrio dei versanti a monte e delle coltri incoerenti qui depositate.

Per quanto concerne la pericolosità idraulica identificata dalla competente Autorità di Bacino, essa fa riferimento a 3 distinte aree a differente pericolosità crescente verso l’ambito fluviale (P1, P2, P3).

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 di stabilità che sono state associate con quelle di Rischio/Attenzione dell’Autorità di Bacino e visualizzate nelle tavv. 8a e 8b “Carta della stabilità”:

- 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.

11. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI LITOTIPI

Nel territorio comunale di Serino affiorano differenti litologie caratterizzate, per la loro natura, grado di cementazione ed alterazione, disturbo strutturale, da diversi parametri geologico-tecnici che ne governano il comportamento.

Una suddivisione di base viene fatta tra successioni litologiche litoidi e semi-litoidi che formano l'ossatura dei rilievi e successioni detritico-terrose che ricoprono i rilievi stessi e le aree di fondovalle.

I valori che seguono sono raggruppati in intervalli ***nominali*** che, ai fini applicativi, dovranno essere trasformati in ***valori caratteristici*** (n_k) dalla normativa vigente (par. 2.5.2 D.M. 17.01.2018). Tali valori caratteristici, in coerenza con gli Eurocodici, corrispondono ad un frattile pari al 95% della popolazione dei valori massimi e, secondo l'approccio statistico, saranno prossimi (par. C6.2.2 della circolare 617 del 2/2/09):

- ai valori nominali medi (5º percentile della media dei valori) in condizioni di compensazione areale e strutturale;
- ai valori nominali minimi (5º percentile della distribuzione del campione) in condizioni di non compensazione.

In modo approssimativo tali valori si potranno ottenere da una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato (par. 6.2.2 D.M. 17.01.2018– C.S.LL.PP.: Istruzione per l'applicazione delle NTC).

11.1 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.[3], 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 2 - 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 3 - 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"

[3] 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

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.

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 4 - 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 5 - 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 6 - 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/m³)	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 7 - 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 8 - 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 9 - 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 10 - 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 - 11 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 12 - 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 13 - prova SPT indagine geognostica 2004-2005 PIP Pescarole

11.2 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 14 - 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 15 - 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 16 - 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 17 - 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 18 - 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														
S8 * C2	7,0-7,5	limo con sabbia	1,7	1,14	49,9	57,4	1,35	99,1	---	---	---	---	29	0,0
S8 * C1	5,1-5,6	limo con arg. deb.	1,6	0,98	61,5	63,7	1,75	95,1	---	---	---	---	26	10,0
S6 * C1	4,6-5,1	limo con sabbia	1,6	0,97	65,7	64,1	1,79	99,5	---	---	---	---	24	8,0
S13 C1	3,0-3,4	limo con sabbia	1,5	1,1	34,8	47,7	1,17	74,2	---	---	---	---	28	11,0
S11 C1	4,0-4,5	limo con sabbia	1,5	1,1	31,5	51,8	1,27	64,7	56	38	18	0,95	26	15,0
S8 C1	4,2-4,6	limo argilloso	1,6	1,2	37,1	56,0	1,23	78,1	48	41	7	1,28	26	13,0
S7 C2	8,5-9,0	sabbia con limo	1,5	1,1	48,6	54,3	1,40	87,5	---	---	---	---	26	15,8
S7 C1	4,5-5,0	sabbia con limo	1,6	1,2	43,7	54,3	1,31	86,3	57	41	16	1,17	27	12,3
S4 C1	3,0-3,5	limo con sabbia	1,6	1,2	28,8	51,8	1,08	69,5	---	---	---	---	27°	23,0

campione indisturbato	prof. mt	definiz. granulom. AGI	peso vol. nat. γ_n (g/cm^3)	peso vol. secco γ_d (g/cm^3)	contenuto d'acqua *w* (%)	porosità *n* (%)	indice dei vuoti *e*	grado di saturaz. S_r (%)	limite liquido *LL* (%)	limite plastico *LP* (%)	indice di plasticità I_p	indice di consist. I_c	angolo taglio φ'	coesione dren. c' (kPa)
S1 C1	3,0-3,4	limo sabbioso	1,6	1,2	35,5	54,3	1,19	79,1	56	45	11	1,56	27°	15,0
S2 C1	3,0-3,4	limo sabbioso	1,6	1,2	37,5	54,3	1,19	80,9	52	42	10	1,29	27°	11,3
S3 C1	6,0-6,5	limo sabbioso	1,6	1,1	39,3	56,0	1,27	78,5	58	40	18	1,05	26°	17,1

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 19 - 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 20 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 21 - 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	3,0	1-1-2	3	Sabbia-limosa-ghiaosa	no
	6,0	1-2-2	4	Sabbia-limosa	

via cupa Cirino	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 22 - 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 23 - 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 24 - 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.

11.3 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 25 - 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 26 - 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 27 - 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 28 - 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 29 - 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

12. CARATTERISTICHE SISMICHE DELL'AREA

12.1 SISMICITÀ DI BASE

ASPETTI DINAMICO-STRUTTURALI E LEGISLATIVI

I terremoti sono eventi naturali che provocando onde elastiche nel terreno, cioè uno spostamento sia orizzontale che verticale del suolo causando danni più o meno gravi specialmente al patrimonio edilizio.

Lo studio della sismicità di base 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.

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 Serino.

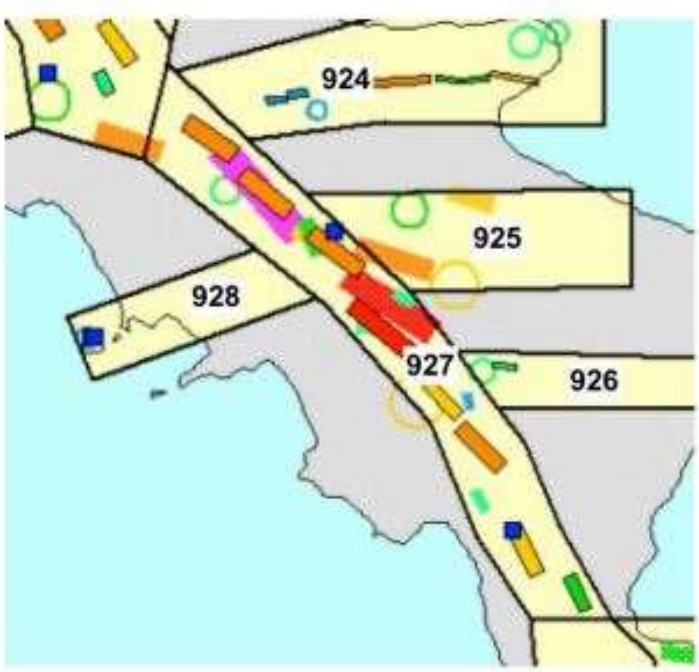


fig. 5 - zonazione sismogenetica appennino meridionale

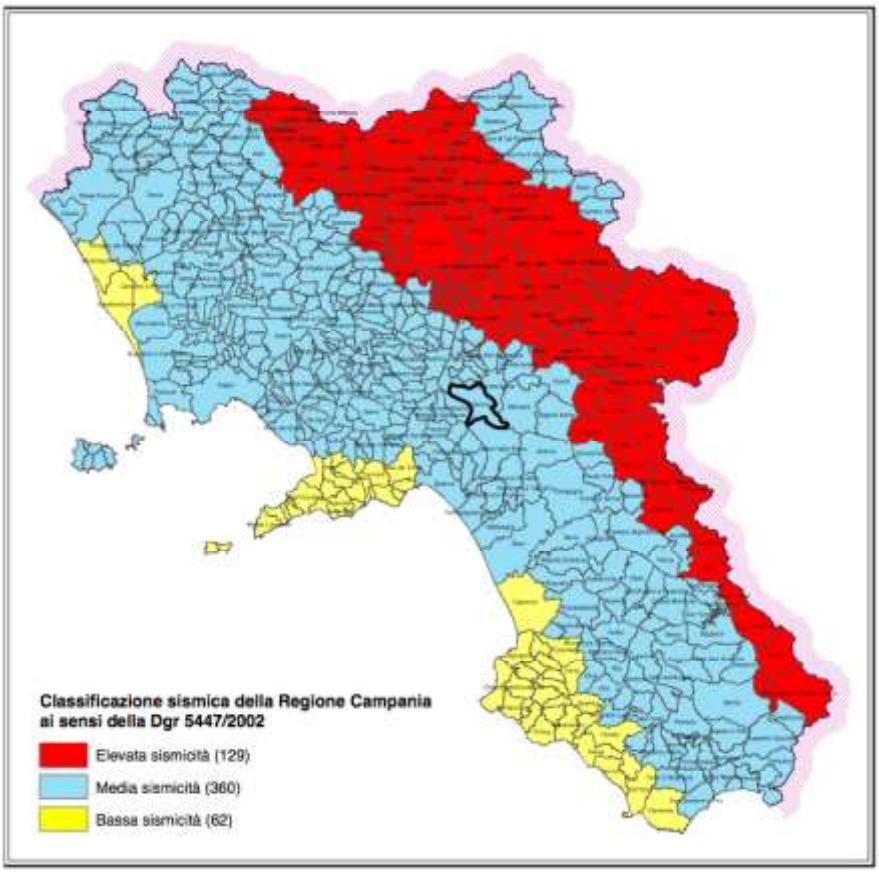


fig. 6 - classificazione sismica Campania DGR 5447/2002

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.

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.

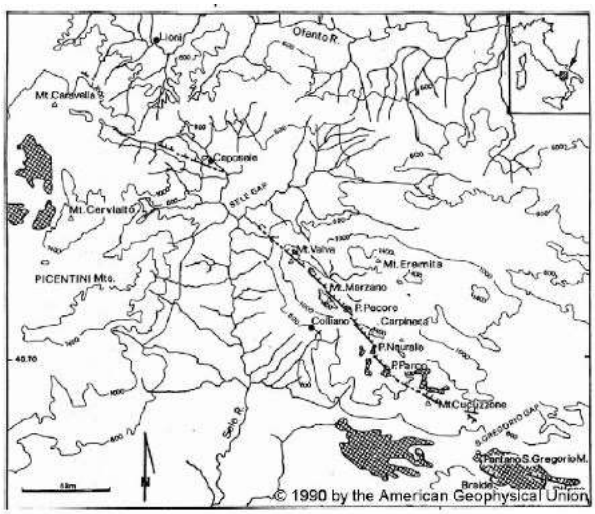


fig. 7 - schema sintetico di paleosismicità

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 (in viola nella figura seguente) si trova sufficientemente distante dalle fasce sismogenetiche che generano terremoti, com’è visibile nella seguente figura.



fig. 8 - 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.

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 16 km in direzione ENE (vedi figura precedente).

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 7 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.

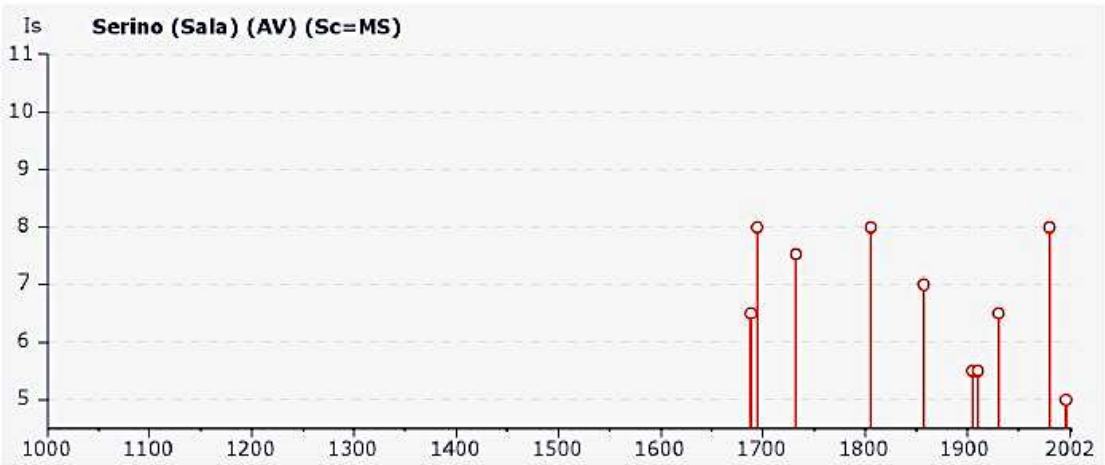
La ricerca dei terremoti massimi attesi nella zona di Serino, proprio per la sua ubicazione all'interno di un complicato contesto sismogenetico, tiene conto delle relazioni esistenti fra tempi di ritorno, magnitudo dei terremoti e distanza epicentrale e caratteristiche della sorgente sismogenetica da 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.

L'intensità dei terremoti storici e l'ubicazione della loro sorgente è contenuta nel *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani* - versione 2004 (CPTI04), a cura dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). Nel raggio di 100 km da Serino si sono verificati 85 terremoti tra l'anno 217 a.C. ed il 2002 con intensità ipocentrale I_o compresa tra il VI°-XI° MCS e magnitudo M_w compresa tra 5,01-6,96.

In modo più sintetico il catalogo DBMI04 (database macrosismico utilizzato per la compilazione del suddetto catalogo CPTI04) 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 (I_s);
- la distanza epicentro-zona in esame in km (R);
- il numero di osservazioni fatte (N_p) in merito alla caratterizzazione del sisma;
- l'intensità massima MCS (I_x);
- la Magnitudo-momento del sisma (M_w);



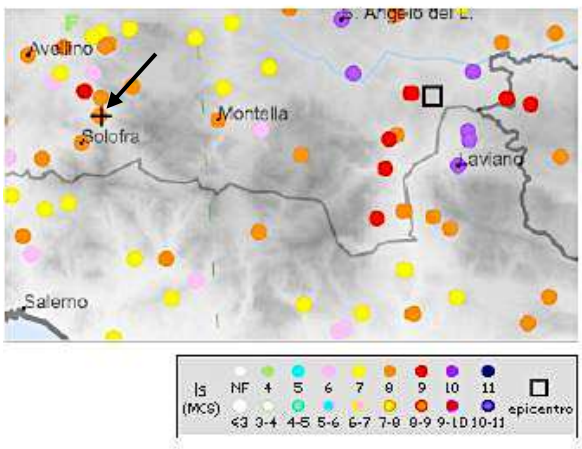
Seismic history of Serino (Sala) - [40.853, 14.873]						
Is	Anno Me Gi Or	Area epicentrale	R	nMDP	Io	Mw
Is	Anno Me Gi Or	Area epicentrale	R	nMDP	Io	Mw

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

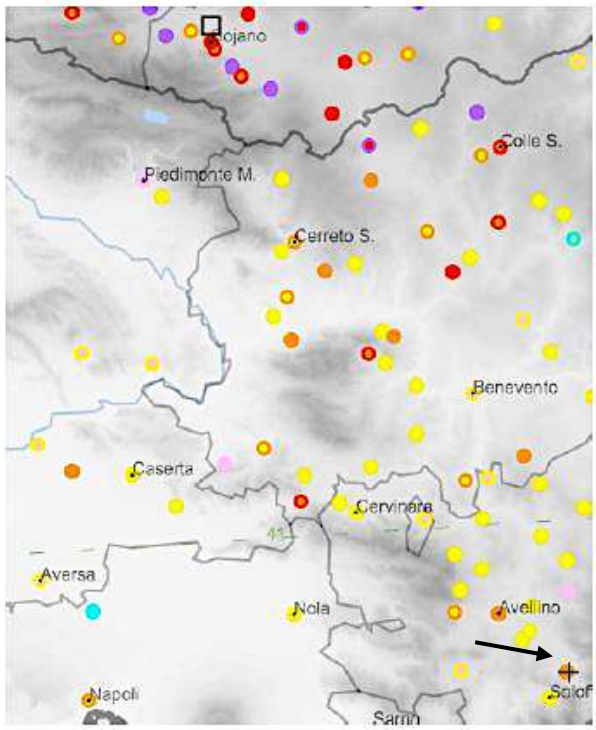
Is: intensità macrosismica MCS di sito; **R**: distanza epicentro-zona in esame in Km; **nMDP**: numero di osservazioni fatte in merito alla caratterizzazione sismca; **I_0**: intensità massima; **Mw**: magnitudo momento sisma.

tabella 30 - sismicità storica per il territorio di Serino

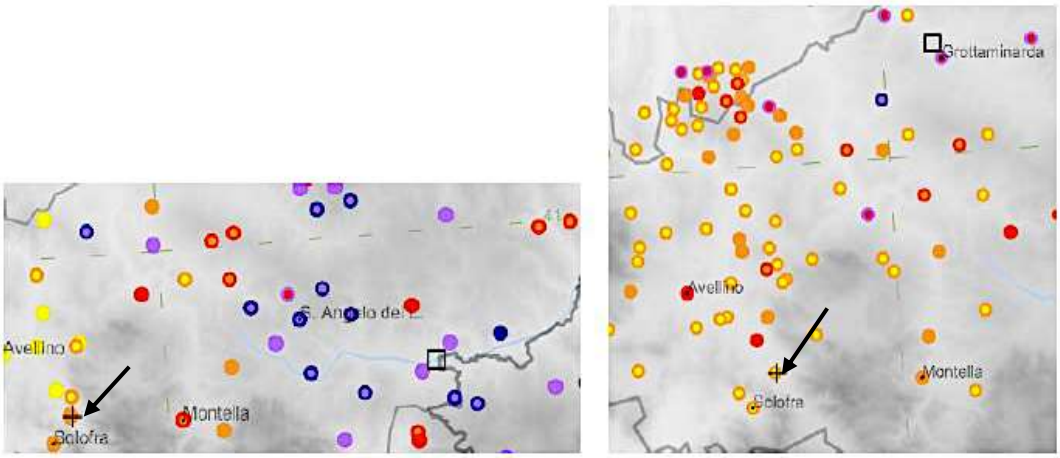
Di seguito si espongono le mappe di intensità relative ai maggiori eventi tenendo presente che l'epicentro del sisma è indicato dal quadrato nero e Serino dalla freccia:



a - terremoto del 23.11.1980 I_s = 8 MCS



b - terremoto del 26.07.1805 I_s = 8 MCS



c - terremoto del 08.09.1694 I_s = 8 MCS *d - terremoto del 08.09.1694 I_s = 7-8 MCS*

fig. 9 (a, b, c, d) - mappe di intensità relative ai maggiori eventi

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 2008. Infatti l’attuale testo vigente recepisce pienamente le novità normative introdotte con l’O.P.C.M. 3274/03 e le affina ulteriormente in quanto 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.

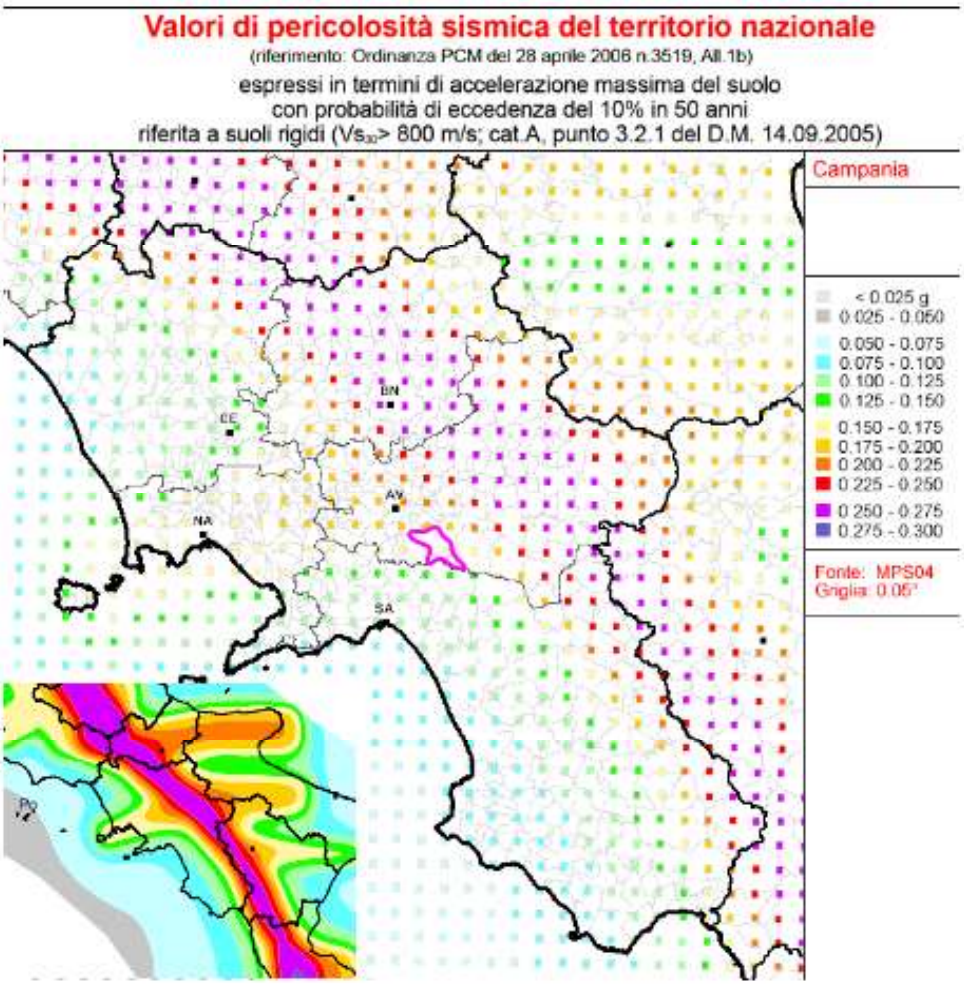


fig. 10 - valori di pericolosità sismica

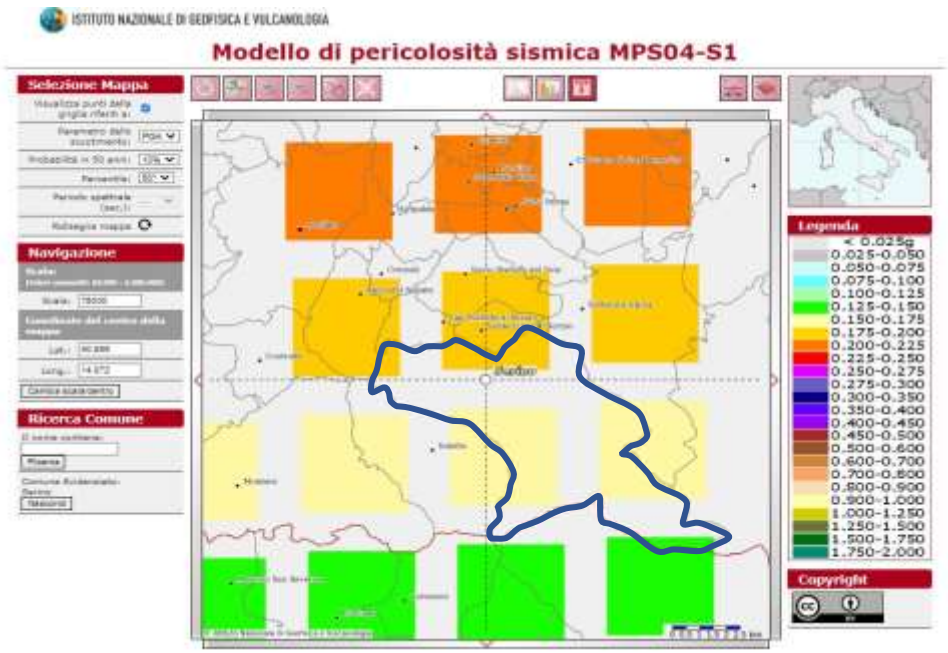


fig. 11 – ingrandimento della precedente Carta di Pericolosità sismica per il comune di Serino

La suddetta mappa di pericolosità sismica è calcolata tenendo conto della distribuzione delle a_{max} definita come a_g con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (tempo di ritorno di 475 anni) consultabile sul portale online del sito dell'INGV. Da essa emerge che il territorio comunale di Serino è compreso tra i valori di a_g 0.15-0.175 (per il settore meridionale) e tra valori di a_g 0.175 – 0.20 (per il settore settentrionale). In esame è stata considerata la cella settentrionale (punto 32988) avente a_g tra 0.175 – 0.20.

I valori ottenuti di a_g si riferiscono alla Pericolosità sismica di base dovuta cioè alle caratteristiche sismologiche dell'area (tipo, dimensioni e profondità delle sorgenti sismiche, energia e frequenza dei terremoti). Nella mappa si possono ricavare, per una certa area e in un determinato periodo di ritorno dell'evento sismico, i valori corrispondenti a prefissate probabilità di eccedenza dell'accelerazione e degli altri parametri che descrivono lo scuotimento prodotto dal terremoto (intensità, ordinate spettrali) in condizioni di suolo rigido affiorante e senza irregolarità morfologiche.

Con il criterio di disaggregazione è possibile valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito. La disaggregazione bidimensionale in magnitudo e distanza (M-R) permette di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M. Espresso in altri termini, il processo di disaggregazione in M-R fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso.

Analogamente alla disaggregazione in M-R è possibile definire la disaggregazione tridimensionale in M-R-ε dove ε rappresenta il numero di deviazioni standard per cui lo scuotimento (logaritmico) devia dal valore mediano predetto da una data legge di attenuazione dati M ed R.

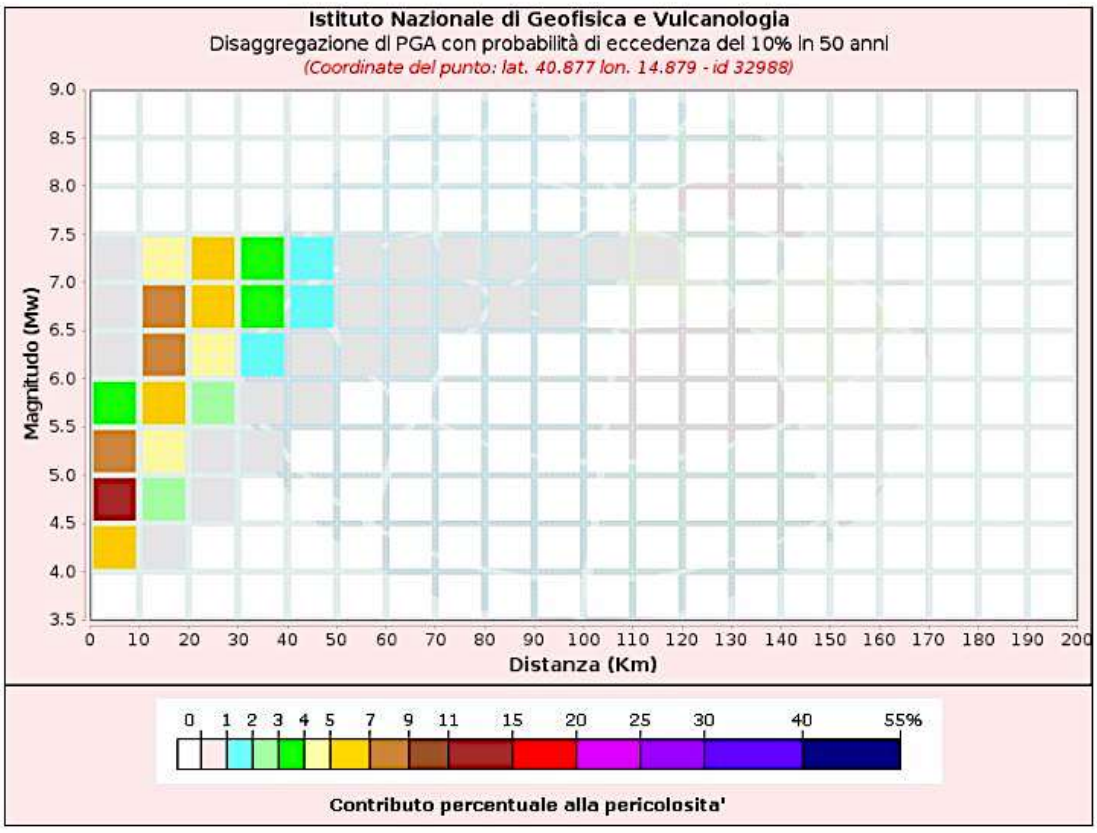


fig. 12 grafico di disaggregazione del valore di accelerazione sismica

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.96	17.3	1.11

fig. 13 valori medi Magnitudo - Distanza - Epsilon

In funzione della pericolosità di base e facendo riferimento alle NTC 2018 vigenti, è possibile definire l'azione sismica di progetto in funzione dei diversi stati limite. In riferimento alle NTC 2018, le stesse definiscono le azioni sismiche di progetto, sulle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, partendo dalla "pericolosità sismica di base", unitamente alle caratteristiche geomorfologiche e stratigrafiche del sito che determinano la risposta sismica locale.

Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento PVR nel periodo di riferimento VR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $*T_C$ valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

In base alla presente normativa tali parametri sono riferiti ad un reticolo di punti georeferenziati in cui è posto il territorio comunale (Tabella 1 dell'Allegato B del D.M. 14/01/2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n.29), formato dai nodi visualizzati nella seguente foto satellitare:



fig. 14 - nodi relativi al territorio comunale di Serino

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
$T_R = 201$	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

*tabella 31 - quadro sinottico dei nodi per il comune di Serino e i coefficienti ag, Fo e T*o per diversi periodi di ritorno*

I valori di a_g, F_0 e T^*_0 relativi al sito in esame vengono ricavati, nell'ambito di ogni maglia quadrangolare di nodi, 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.

Per la definizione dell'azione sismica di progetto, deve essere condotta specifica analisi secondo il capitolo 7.11.3 delle N.T.C. 2018. In alternativa è possibile definire con un approccio semplificato, se chiaramente note le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei suoli, le categorie di suolo secondo la tabella 3.2.II che tiene conto della propagazione delle onde di taglio V_s.

La classificazione del sottosuolo viene definita dalla seguente espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con:

- Hi: spessore dell'i-esimo strato;
- $V_{s,i}$: velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- N: numero di strati;
- H: profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 mt, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro V_{S30}, ottenuto ponendo H = 30 mt nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite nella seguente tabella:

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

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

tabella 32 - Categorie di sottosuolo - Tab.3.2.II - NTC 2018

Un'ulteriore valutazione che deve essere effettuata è la scelta della categoria topografica del sito. Per configurazioni complesse è necessario disporre specifiche analisi di risposta sismica locale, per configurazioni semplici invece si può adottare la seguente classificazione (tab. 3.2.III delle N.T.C. 2018):

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

tabella 33 - Categorie Topografiche - Tab.3.2.III NTC 2018

A tali categorie topografiche corrispondono altrettanti Fattori di Amplificazione S_T che, rifacendosi a particolari condizioni morfologiche, vengono definiti anche in base all'ubicazione dell'opera, secondo la seguente tabella:

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

tabella 34 - correlazione Categoria Topografica-Fattore di Amplificazione St - NTC 2018

Il fattore di amplificazione S_e che viene utilizzato nel calcolo dello spettro di risposta elastico, come indicato al punto 3.2.3. del D.M., combina anche una componente dipendente dalla classe di suolo presente nel sito in esame (S_S).

La stessa Classe di suolo condiziona anche il calcolo del Periodo T_C corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante nello spettro di risposta sismica, che in uno con il fattore S_S viene così computato:

Categoria di sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40\ F_0\ a_g/g \leq 1,20$	$1,10*(T_C) - 0,20$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60\ F_0\ a_g/g \leq 1,50$	$1,05*(T_C) - 0,33$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50\ F_0\ a_g/g \leq 1,80$	$1,25*(T_C) - 0,50$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10\ F_0\ a_g/g \leq 1,60$	$1,15*(T_C) - 0,40$

tabella 35 - valori di S_s e C_c per categoria di Suolo - NTC 2018

Le N.T.C. 2018 in effetti separano la progettazione di un'opera, che richiede la valutazione degli effetti sismici nel sito specifico di costruzione, dall'aspetto della pianificazione che invece riguarda aree omogenee più o meno estese a seconda del livello di pianificazione.

Rimane, tuttavia, analogo il criterio di valutazione dell'azione sismica anche nel campo della pianificazione. Si parte, infatti, dalla pericolosità di base e si apportano ad essa le opportune correzioni che tengono conto delle effettive caratteristiche litostratigrafiche e morfologiche dell'area analizzata, che influiscono sulla propagazione dell'impulso sismico, al fine di giungere ad un livello di pericolosità sismica locale per zone omogenee di territorio.

Si perviene in tal modo ad una zonazione che individua, nell'ambito del territorio di studio, aree omogenee a comportamento sismico diverso tra loro utili alle scelte di uso del territorio in sede di pianificazione. Gli studi di pianificazione che portano alla zonazione per aree omogenee di pericolosità sismica locale si definiscono studi di microzonazione sismica.

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 τ, 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 "mediamente 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).

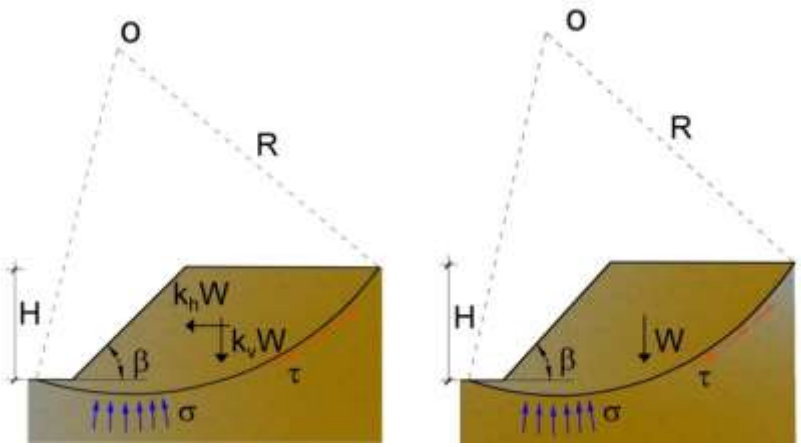


fig. 15 - rappresentazione schematica degli effetti cosismici sul peggioramento della stabilità dei versanti

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 quail le frane stesse sono attivate o riattivate dai sismi. Posizionando nel seguente grafico (Figura 3) gli eventi maggiori del catalogo sismico DBMI04 risulta che:

- buona parte dei sismi che hanno interessato il territorio comunale di Serino (del 1688, 1694, 1732, 1805, 1857, 1910, 1930, 1980, 1990), risentiti nel territorio in esame con intensità macrosismica minima = IV grado MCS, hanno potuto provocare frane di Categoria 1 (crolli e scorrimenti in roccia);

- solo i maggiori sismi (del 1688, 1694, 1732, 1857, 1930, 1980), risentiti nel territorio in esame con intensità macrosismica minima = VI grado MCS, hanno potuto provocare frane di Categoria 2 (scorrimenti, colate lente e rare colate rapide).

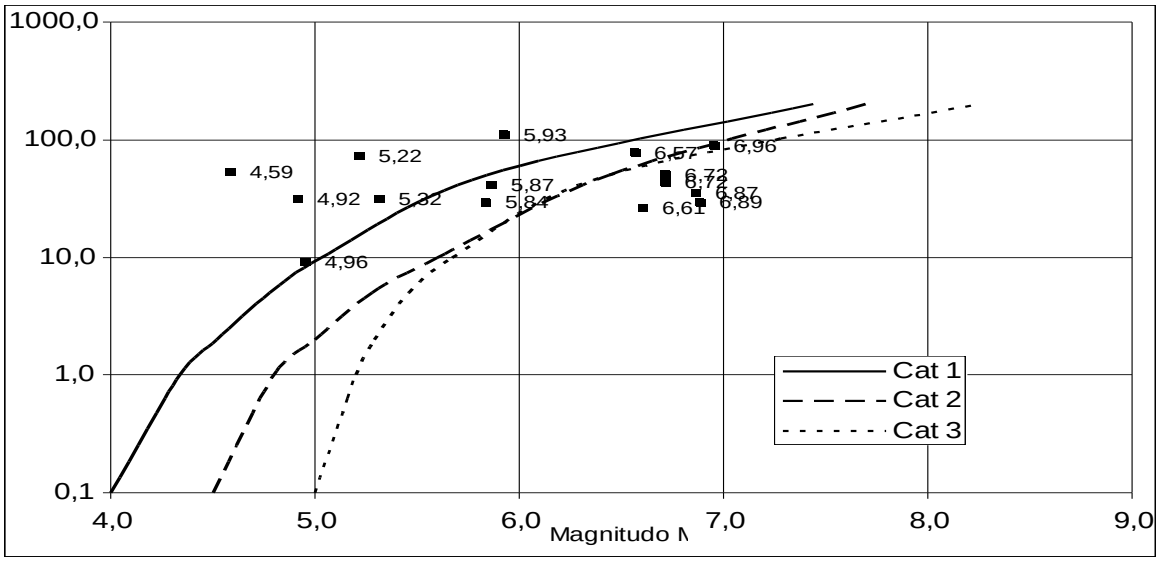


fig. 16 - relazione tra magnitudo dell'evento sismico M e distanza della frana R ai fini dell'attivazione e riattivazione di frane (Keefer & Wilson - 1989).

Anche il seguente grafico di correlazione indica risultati analoghi in quanto i sismi del 1688, 1694, 1732, 1805, 1857, 1905, 1930, 1980 e 1990 hanno potuto causare fenomeni di instabilità dei versanti non distruttiva.

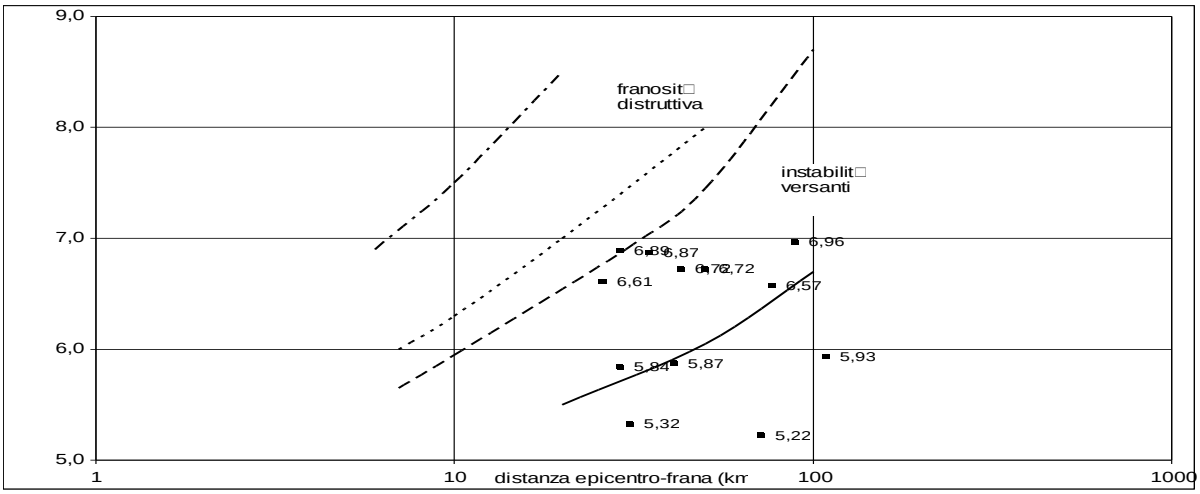


fig. 17 - relazione tra magnitudo dell'evento sismico M e distanza della frana R ai fini dell'attivazione e riattivazione di frane (Int. Geot. Ass., TC4, 1999).

Relativamente al territorio comunale di Serino, 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. Non si escludono anche possibili crolli e scorrimenti in calcare che possono essersi innescati nei contesti calcarei più critici tra le località Cannella, Costa Friddo, Carpino, in area ben lontana dal centro abitato.

In realtà storicamente non si hanno notizie di frane prodotte da eventi sismici ed almeno quello del 1980, in base ai numerosi studi eseguiti all'indomani dello stesso, non ha causato

fenomeni di riattivazione (D'Elia et alii, 1985), come da tabella seguente:

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.

fig. 18 sintesi delle frane conseguenti al sisma dell'Irpinia del 1980 - ritardo dell'innesco rispetto al sisma

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) o crolli in alta montagna, mentre frane del tipo colata rapida sono abbastanza rare. Inoltre tali potenziali dissesti non riguarderebbero il centro abitato.

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 le piane inondate hanno una "liquefazione possibile".
- Altri studi (Ambraseys - 1988 e Galli et alii [4] - 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 *= 8 MCS*), quelli del 1930 e 1688 (I_s *= 7 MCS)* nonché quello del 1905 (I_s *= 5-6 MCS).* In quest'ultimo caso la ridottissima distanza dell'epicentro (9 km) ha avuto un ruolo fondamentale (fig. 18).

Anche 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, non ha segnalato nell'area in esame fenomeni di liquefazione mentre nel vicino comune di S. Michele di Serino sono stati segnalati almeno tre fenomeni contenuti nel Catalogo dei fenomeni di liquefazione tra il 1117 e il 1999[5].

Al fine di poter discriminare anche se nelle linee generali questo potenziale rischio nei terreni della piana, sono stati considerati criticamente i precedenti studi eseguiti e le condizioni litologico-tecniche e idrogeologiche del sottosuolo. Questi elementi portano ad ipotizzare che fenomeni di liquefazione potrebbero potenzialmente verificarsi unicamente nella parte NW del fondovalle alluvionale, ubicato tra il cimitero ed il F. Sabato, dove sono presenti depositi alluvionali con falda a profondità minore di 15 mt.

L'esame delle stratigrafie dei sondaggi che qui ricadono, tra cui quelli eseguiti per il vecchio P.R.G. del 1984 (S128, S129), per l'ampliamento del cimitero (S12, S13) e per lavori privati nel rispetto della D.G.R. 49/2010 (S2, S6, S7 e S10) mostra la presenza di limi e sabbie con discreto grado di compattazione (N_{SPT} > 10), talora intervallate da livelli di ghiaia. Tali condizioni 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.

Quindi la suddetta area, suborizzontale e completamente stabile in situazioni statiche, può presentare una predisposizione alla liquefazione degli orizzonti sabbioso-limosi in falda, con deformazioni permanenti del piano di campagna, in seguito a forti terremoti. Perciò l'area potenzialmente a rischio è stata segnalata nella "Carta della stabilità" (7a).

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

[5] "Liquefazione Storica. Un catalogo nazionale" (Galli, P., Meloni, F., 1993 - Quat. Ital. J. Quat. Sci. 6, e Historical liquefaction in Italy: relationship between epicentral distance and seismic parameters. European Geophysical Society XXIIII General Assembly Natural Hazards NH3, The Hague, Netherlands - Galli, P., Meloni, F., Rossi, A., 1999.

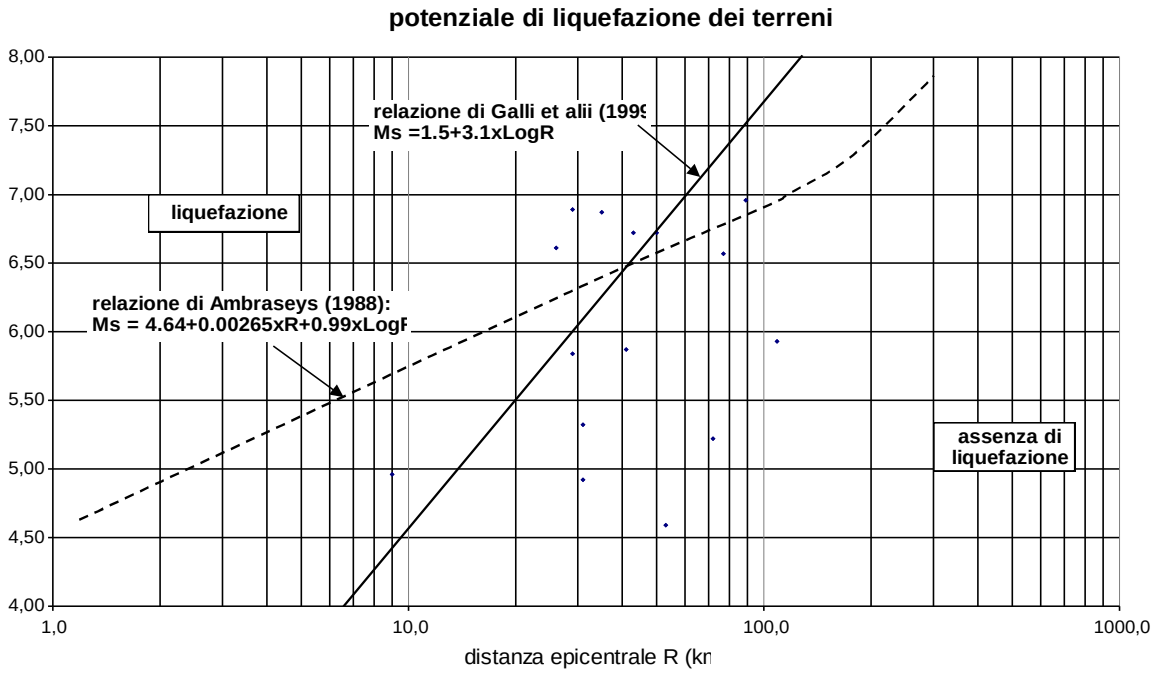


fig. 19 - potenziale di liquefazione dei terreni in funzione della distanza epicentrale R

12.2 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.

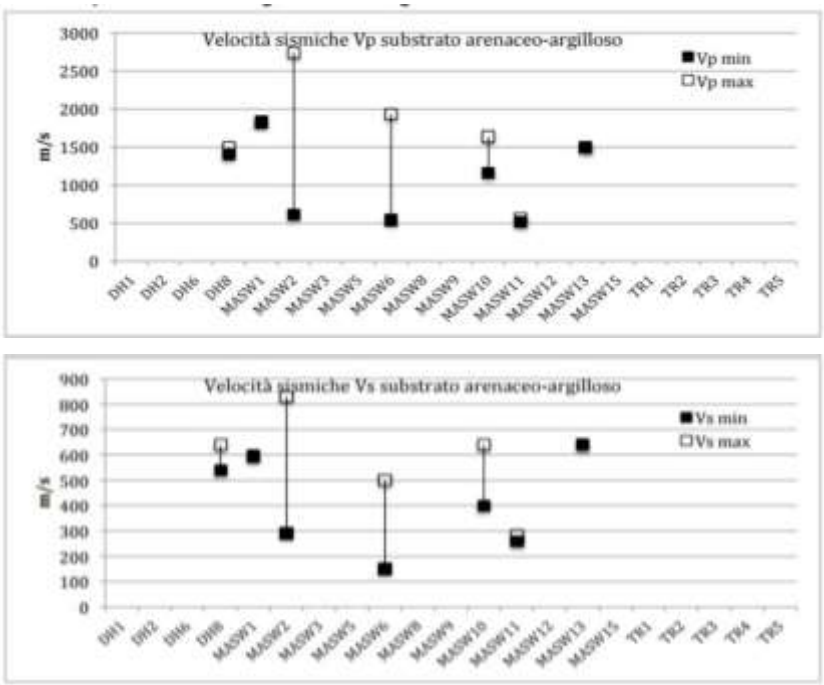


fig. 20 - comparazione velocità indagini sismiche di riferimento da MS1

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. 21 - 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 36 - 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.

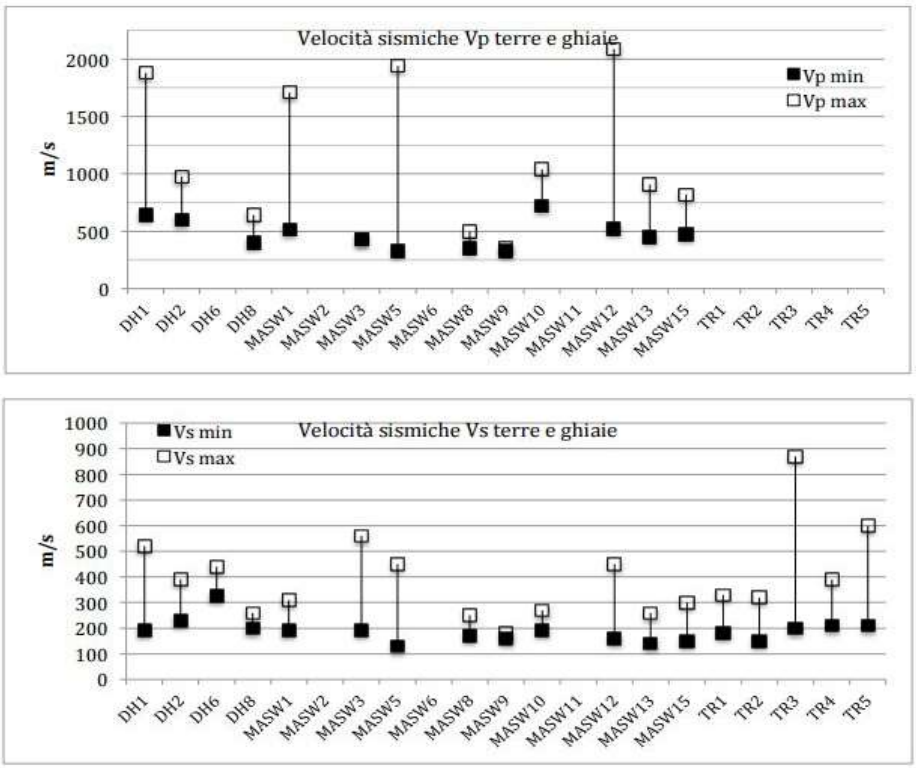


fig. 22 - comparazione velocità indagini sismiche di riferimento MS1

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. 23 - 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. 24 - 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 37 - 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 38 - 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. 25 - 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 39 - 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

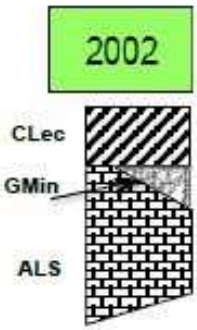
- Zona 1 – codice 2001- depositi di versante ghiaioso-terrosi



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.

ZONE DI ATTENZIONE PER LE INSTABILITÀ

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.

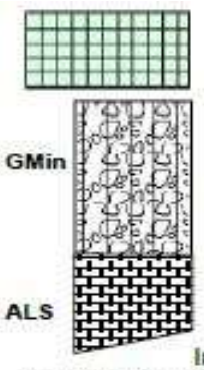
- ZONA 2 – frana di colata lenta quiescente – codice 30232032 -Le frane quiescenti che si sviluppano con il solo meccanismo di colata lenta sono molto poche nel territorio comunale e di ridotte estensioni. La maggiore di esse parte dal versante settentrionale del M.te Vellizzano ed arriva fino alla linea 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)



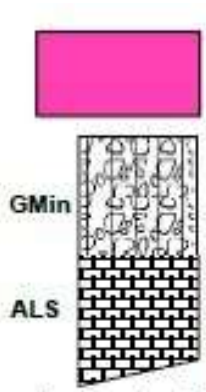
La Zona di Attenzione ZA_{LQ}, individuata con i criteri di cui alle "Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da fenomeni di Liquefazione (LQ) – versione 1.0 – a cura del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale, si trova nella parte settentrionale del territorio comunale 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.

12.3 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, 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 e 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 S_e dello *Spettro di risposta elastico in accelerazione* (par. 3.2.3 delle NTC 2008).

Come già detto precedentemente, lo *Spettro*, relativo alle componenti orizzontale e verticale delle azioni sismiche, rappresenta una curva che, inviluppando curve accelerometriche sperimentali, illustra come varia l'azione sismica S_e nei confronti del periodo T considerato. L'intera forma spettrale si ottiene considerando anche le caratteristiche prestazionali delle strutture considerate ed i vari Stati Limite.

13. ZONAZIONE DEL TERRITORIO COMUNALE E PRESCRIZIONI

Lo studio effettuato per il territorio comunale di Serino, ha portato alla definizione di aree a diversa stabilità, sovrapponendo le diverse carte redatte per il presente studio. Ci si è basati principalmente sugli aspetti geomorfologici, geologici, di stabilità in funzione del piano stralcio redatto dall'Autorità di Bacino per l'assetto idrogeologico del territorio ed alla carta delle pendenze. 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" (Allegati 9a e 9b, relativi rispettivamente all'intero territorio comunale e alla sola area urbanizzata – settore Nord).

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.

14. CONCLUSIONI

L'insieme degli approfondimenti effettuati con questo studio ha consentito di ricostruire con sufficiente dettaglio la modellazione litologica, strutturale, morfologica ed idrogeologica dell'area del Comune di Serino. Inoltre i vari litotipi del sottosuolo sono stati caratterizzati dal punto di vista geotecnico e sismico, tenendo conto anche dell'esame critico dei risultati di laboratorio e di indagini in sito effettuate in passato per altri lavori.

I dati esaminati con le relative problematiche emerse vengono di seguito riassunti nei punti salienti, rimandando al testo per una trattazione più esaustiva e particolareggiata:

- Il territorio comunale di Serino occupa nella parte centrale il fondovalle alluvionale del F. Sabato, dove è edificato il centro abitato, ed in parte i rilievi calcarei circostanti del M.te Terminio e del gruppo M.te Pergola - M.te Vellizzano - M.te Faggeto - M.te Garofano, nonché il rilievo collinare del M.te Peluso di natura calcareo-marnosa-conglomeratica (tavv. 2a-2b-3);

- L'assetto strutturale dell'area è profondamente legato alle fasi tettoniche del Quaternario ed il substrato profondo è formato dai calcari variamente dislocati tranne che nella parte nord-ovest dove sono presenti le successioni del M.te Peluso, accavallate tra loro per sovrascorrimento ed in contatto tettonico con i rilievi calcarei (tavv. 2a-2b-3).

- Quasi tutta l'area in esame, ma soprattutto il fondovalle e le aree pedemontane sono ricoperte da coltri detritico-terrose di varia natura e di età relativamente recente attribuibili a fenomeni alluvionali, eluvio-colluviali e vulcanici, con spessori che variano da qualche metro nel caso delle piroclastiti che ricoprono i rilievi calcarei fino a molte decine di metri nel caso delle alluvioni antiche del F. Sabato (tavv. 6a-6b).

- Dal punto di vista idrogeologico le formazioni hanno permeabilità molto diverse sia nel grado che nel tipo: elevata per fratturazione e carsismo nei calcari, medio-bassa per porosità nelle coltri di copertura e molto bassa nelle successioni calcareo-marnose-conglomeratiche del M.te Peluso. Ciò condiziona le direzioni di deflusso idrico sotterraneo ed è la causa delle diverse sorgenti presenti sulle pendici montuose e sul fondovalle (tavv. 5a-5b). L'area subpianeggiante nella parte settentrionale del territorio è il recapito finale

delle acque sotterranee delle coltri detritico-terrose della piana, captate dal gruppo sorgivo Pelosi.

- Le caratteristiche geotecniche delle formazioni presenti sono molto varie.

  Quelle dei calcari, generalmente molto buone, tendono a ridursi per il grado di fratturazione/alterazione presente mentre quelle delle successioni calcareo-marnose-conglomeratiche, nel complesso medio-buone, risentono delle deformazioni tettoniche subite, della complessità strutturale e, in superficie, del grado di alterazione specialmente della parte fine e di quella più superficiale a contatto con gli agenti esogeni.

  Le coltri marcatamente detritiche pedemontane, talora grossolane, possiedono proprietà tipiche delle successioni incoerenti, con buoni parametri di resistenza incrementati talora da una debole cementazione secondaria. Le coperture terroso-piroclastiche, contenenti a volte orizzonti di tufo alterato, possiedono caratteristiche tecniche da buone a mediocri, talora piuttosto scadenti in relazione alla giovane età e allo stato di addensamento.

  Ai fini operativi i parametri geotecnici sono stati presentati come *valori nominali* che, in relazione alle NTC 2018 dovranno essere opportunamente trasformati in *valori caratteristici* e poi *di progetto*.

- L'evoluzione morfologica del territorio si esplica soprattutto con la movimentazione delle coltri detritico-piroclastiche a copertura dei rilievi calcarei, che generano principalmente colate rapide detritico-fangose e/o flussi iperconcentrati, caratterizzati da notevole velocità e in alcuni casi anche da un elevato potere distruttivo in funzione del loro bacini.

  I versanti arenaceo-argillosi sono soggetti, specie nelle concavità morfologiche, a fenomeni di alterazione e decompressione che ne modificano in modo sostanziale le caratteristiche comportamentali con frane lente a cinematica intermittente (tavv. 4a-4b).

  Nell'area di pianura compresa tra le sorgenti Pelosi ed il M.te Peluso, dove la falda idrica rientra nei primi 15 metri di profondità, sono potenzialmente possibili fenomeni di liquefazione dei terreni incoerenti da valutare localmente attraverso opportune verifiche così come prevede l'NTC 2108 e/o EC 8.

  Questi eventi conducono a diversi scenari di evoluzione e condizionano fortemente la stabilità geomorfologica che è stata definita attraverso classi di pericolosità che inglobano anche i dati di letteratura aggiornati (Progetto I.F.F.I.) e la zonazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico riguardante il rischio frana dell'Autorità di Bacino Appennino Distretto Meridionale - ex Liri, Garigliano e Volturno (tavv. 8a-8b).

  Al riguardo eventuali studi di maggior dettaglio potrebbero meglio definire il grado di pericolosità delle porzioni del territorio maggiormente urbanizzate o per le quali esiste uno specifico interesse.

- Per la caratterizzazione sismica del territorio comunale, è stato preso in esame lo studio di Microzonazione sismica di I livello effettuata nel 2020 dal dottor Giuseppe Gallo (anche attuale coredattore del piano urbanistico comunale). Lo studio ha portato alla definizione di diverse aree con diverse caratteristiche di stabilità in funzione delle indagini geognostiche esistenti per l'intero territorio comunale di Serino. Se pur nel presente studio sono state individuate, visionate e considerate nuove indagini, le stesse non hanno alterato lo studio di MS di I livello redatto, ma hanno ampiamente confermato la suddivisione del territorio in funzione delle microzone omogenee in prospettiva sismica.

  Si precisa inoltre che lo studio di Microzonazione sismica di I livello considerato, con il procedimento per la validazione ancora in corso, è stato preso come riferimento e

comparato con i risultati del presente lavoro, ma non ha subito nessun modifica da parte degli scriventi.

- In seguito alla suddivisione del territorio comunale in sottozone con caratteri omogenei dal punto di vista morfologico, litologico-tecnico, di stabilità e di risposta nei confronti delle azioni sismiche, la "Carta di sintesi" finale ha permesso di formulare giudizi motivati di idoneità nei confronti dell'utilizzo delle aree sotto l'aspetto urbanistico (tavv. 9a-9b).

  Le prescrizioni che accompagnano ogni classe di idoneità tengono conto dell'attuale assetto geologico e dei possibili scenari di stabilità che possono verificarsi con diversa probabilità.

  In ogni caso gli interventi devono tener conto delle Norme di Attuazione del PSAI-rf dell'Autorità di Bacino competente e della normativa tecnica vigente (D.M. Infr. 17.01.2018 e s.m.i.)

Serino, novembre 2022

i geologi
dott. geologo Luca Guarino
dott. geologo Giuseppe Gallo
Consulente: dott. geologo Angelo Miranda

BIBLIOGRAFIA CONSULTATA

AGI - Geotechnical Engineering in Italy . ISSMFE, 1985.

AUGUSTI G., BORRI A., CRESPELLANI T., (1985)- Dinamic maps and seismic risk reduction. Proc mi. Conf. on Reconstruction. Restoration and Urban Planning ofTowns and regions in Seisrnic Prone Area, Scopje, pp. 67-76.

AUGUSTI G., BORRI A., CRESPELLANI T., (1988)- Dinanìic maps and seismic risk reduction. Proc mt. Conf. on Reconstruction, Proc. 9 WCEE, Tokyo, (7) , pp. 587-892.

CELICO P. AQUINO S. PISCOPO V. ESPOSITO L.,(2000)- Problematiche idrogeologiche connesse con i fenomeni di instabilità delle coltri piroclastiche della dorsale cli Pizzo D' Alvano. Quaderni di Geologia Applicata, 7-Pitagora Editrice Bologna.

CENTAMORE E., CHIOCCHINI U., JACOBACCI A., LANARI G., SANTAGATI 0., (1970) - Gcologia della zona nord - occidentale del F° 187 "Melfi", Boll .,Serv., geolog. Et., v. 91, pp. 113-148, Roma.

CHERUBINI C., GIASI C.I., GUADAGNO F.M.: Prohahilistic approaches of slope stability in a typical geomorphological setting of Southern Italy. Risk and Reliahility in ground Engineering; T. Thelford,1993, London.

COTECCHIA V. Grouncl deformation and slope stability produced hy the earthquake of 23 November 1980 in Cam and Basilicata. Geol. Appl. ed Idrog. 1986.

CROSTELLA A. & VEZZANI L. (1964) - La geologia dell'Appennino Foggiano, Boll. Soc. Geol. It., 83, 12 1-142.

CRUDEN D.M. & VARNES D.J. (1996) - Landsfide Types ancl Processes. In Turner A.K. & Schuster R.L. (ecis.) "Landslides: Investigation and Mitigation". Sp. Rep. 247, Transportation Research Boarcl, National Research Council, National Academy Press, Washington D.C., USA, 36-75.

D'ARGENIO B., PESCATORE T., SCANDONE P. (1975) - Structural pattern of the Campania-Lucania Apennines.

Da: OGNIBEN L., PAI M., PRATURLON A. (ed.), "Siructural model of Italy", Quaderni de "La ricerca scientifica", 90, 3 13-327, C.N.R. Roma.

DAZZARO L. & RAPISARDI L. (1984) - Nuovi dati stratigrafici, tettonici e paleogeografici della parte settentrionale dell'Appennino Dauno. Boll. Soc. Geol. It., 103, 3 13-327.

DE CASTRO C., MONCHARMONT M. P, PESCATORE T., SGROSSO 1. TORRE M. Depositi flhiOcenici e pliocenici ad est del Taburno (Campania). Att. Soc. Nat. 1969.

DEL PRETE M. Colamenti in Frane e territorio cd. Vallario A. Liguori Napoli.

DEL PRETE M., FAVIA E., MODUGNO L. Movimenti franosi nella formazione delle Crete nere lungo il versante lucano del Pollino. CNR, 1990

DEL PRETE M., GUADAGNO F.M. : Ohservation on landslides in typical flysch sequences of Southern Apennines (Italy). Proc. Viti Int.Conf. on Lanclslicles, Losanna 1; Balkema 1988, Rotterdam.

FIORILLO F., GUADAGNO F. M., AQUINO S., DE BLASIO A. (2001)- Il ruolo dell'acqua nell'innesco dei fenomeni d'instabilità superficialie l'esempio di Cervinara (AV) del dicembre 1999. L' acqua - Rivista della Associazione Idrotecnica Italiana - n 2.

FIORELLO F., GUADAGNO F. M., AQUINO S.,.DE BLASIO A.- The December (1999) Cervinara landslides: further debris fiows in the piroclastic deposits of Campania. - Bull. Geol. Eng. Geology, 60, 171-184.

GALLO G. (2020) - Microzonazione Sismica Livello 1 del Comune di Serino (2020) – Relazione illustrativa e cartografie

GUADAGNO F. M. Some geothecnical properties of Miocene Blue Clays in Campania (Southern Italy). Proc. VIII Congress IAEG Amsterdam; Balkema, 1990, Rotterdam

HUTCHINSON J.N. Generai Report: Morphological and geotechnical parameters of Iandslide iii relatioiì Io geology and hydrology. Landslide, Ed. Bonnard, Balkema, 1988

MANFREDINI M. (1986) — Explanatory notes on the schematic geologica! niap of Southern Italy hetween 400 and 41°21' Lat N.- International Association of Engineering Geology. Map produced in association with 'International Symposium on "Engineering geology prohlems in seismic areas" Bari, Italy.

MIGLJANO G. et alii, (1988)- La sequenza sismica del 1997-98 nel Sannio-Matese: informazioni sul campo di stress. Atti del XVII Conv. Naz. C.N.R. ROMA.

MOSTARDIN! F. & MERLIN! S. (1986) - Appennino centro meridionale, sezioni geologiche e proposta di modello strutturale. Mcm. Soc. Geol. It., 35, 177-202.

OGNIBEN L. (1969) - Schema introduttivo alla geologia del confine calabro-lucano. Mcm. Soc. Geul. li., 8, 453-763.

SELLI R. (1962) — Il Paleogene nel quadro della geologia dell'italia meridionale. Mcm. Soc. Geol. It .,3, 738- 789.

SCARPA R. ZOLLE) A. (1985) Seismic quiescenze in the southern Appennines, Italy earthquahe predict research.

VARNES D.J. (1978) Slope movinient types and proeess. Special report National Academy of Science.

VARNES D.J., CRUDEN D. M. (1996) - Landslicles inves!igations mitigate Special Report, 247 T.A.B. Washington VSA.

INGV – Modello di Pericolosità sismica MPS04-S1