



Comune di Carbonara di Nola

Città Metropolitana di Napoli

PIANO URBANISTICO COMUNALE

L.R. n. 16/2004 e s.m.i.

STUDIO GEOLOGICO TECNICO

L.R. n. 9/1983 e s.m.i.

RELAZIONE GEOLOGICA

Il tecnico incaricato
geol. Enrico Spagnuolo
firmato digitalmente

Progettista: ROGER & C. soc. coop. r.l.

R.U.P. : arch. Umberto Sibilla

R. Op. : ing. Ottavia Giacomaniello

Sindaco: Antonio Iannicelli

Ass. Urb. : Salvatore Maffettone

ELAB. N.

S G T

Dr. Enrico geol. Spagnuolo

✉ **C.so Vittorio Emanuele, 39 - 83100 Avellino**

☎ **(0825) 463087 e-mail: geologia.spagnuolo@gmail.com**



INDICE

1. Premessa	pag. 1
2. Inquadramento geografico	pag. 5
3. Inquadramento geologico – strutturale	pag. 6
4. Tettonica, faglie sismogenetiche e sisma del 23.11.1980	pag. 16
5. Inquadramento idrogeologico	pag. 24
6. Paleogeografia e liquefazione	pag. 29
7. Il Piano tralcio assetto idrogeologico	pag. 31
8. Caratteristiche geomorfologiche	pag. 35
9. Caratteristiche geotecniche dei terreni	pag. 43
10. Caratterizzazione sismica del territorio	pag. 49
11. Zonazione sismica (MPPS) e Geomorfologia	pag. 66
12. Conclusioni	pag. 79

Allegati

TAV. 1 - Carta ubicazioni indagini
TAV. 2 - Carta delle pendenze
TAV. 3 - Carta geologica
TAV. 4 - Carta delle coperture
TAV. 5 - Carta dei complessi idrogeologici
TAV. 6 - Carta geomorfologica finalizzata al rischio idrogeologico
TAV. 7 - Sezioni geologiche
TAV. 8 - Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica
Elab. Indagini Geognostiche



PREMESSA

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Carbonara di Nola è stato eseguito lo studio geologico tecnico dell'intero territorio comunale finalizzato all'aggiornamento ed adeguamento della cartografia geologica/geognostica/sismica annessa al P.U.C..

L'incarico affidato secondo apposita convenzione stipulata tra le parti interessate è stato effettuato in ottemperanza alla Legge Regionale n. 9 del 7-01-83 e all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/3/2003 e delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17.01.2018, che hanno introdotto un nuovo elemento metodologico nella stima della pericolosità sismica di base, la quale non risulta più associata alla zona sismica di appartenenza (criterio zona dipendente ex D.M. 14.09.2005), ma al valore di accelerazione massima orizzontale attesa su base probabilistica su uno specifico sito (criterio sito dipendente).

Lo studio geologico tecnico ha permesso di accertare e verificare le condizioni geologiche tecniche, geomorfologiche, idrogeologiche e di microzonazione sismica per consentire la determinazione dei principali fattori condizionanti la tutela, l'uso e le trasformazioni del territorio comunale. La complessa situazione geomorfologica, caratterizzata da ambienti geomorfologici differenti e dalla presenza di scenari di pericolosità caratterizzati da ambiti montani e pedemontani, ha richiesto, nel rispetto della normativa vigente, varie fasi di studio, al fine di inquadrare

correttamente tutta la pianificazione urbanistica e di individuare le azioni necessarie per un idoneo utilizzo del territorio. Lo studio, comunque, è stato espletato in tre fasi principali:

1° FASE: ANALISI E ACQUISIZIONE ELEMENTI BIBLIOGRAFICI

Ci si è serviti di tutti i principali studi geologici pregressi sia a scala regionale sia comunale:

A. articoli scientifici riguardanti la geologia, la geomorfologia, l'idrogeologia e la microzonazione sismica del territorio oggetto di studio;

B. analisi della cartografia geologica del Servizio Geologico Nazionale 1:100.000 e relative note illustrative del foglio n. 185 (Salerno) e di quella in fase di allestimento della stampa, disponibile sul web (Fg. 448 - Ercolano - scala 1:50.000);

C. acquisizione cartografia geologica/geognostica/sismica relativa agli studi pregressi realizzati sul territorio comunale, sia a supporto di strumenti di pianificazione che di studi per la mitigazione del rischio idrogeologico;

D. Acquisizione indagini geognostiche eseguite nel corso degli ultimi anni finalizzate alla progettazione e costruzione di opere pubbliche;

E. Acquisizione censimento frane dalle cartografie ufficiali dell'APAT – CARTA INVENTARIO DEI FENOMENI FRANOSI - Progetto IFFI, e CARTOGRAFIA TEMATICA DEL P.A.I. Autorità di Bacino Regionale del Sarno, successivamente confluita nell'Autorità di Bacino Campania Centrale, attualmente Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale;

F. Esame delle foto aeree storiche;

G. Rilievi di campagna di controllo e verifica delle situazioni geologiche e morfologiche.

Al termine di questa prima fase è stato possibile redigere un Modello Geologico - Tecnico - Evolutivo preliminare che è servito da base per la programmazione delle indagini geognostiche eseguite nelle fasi successive.

2° FASE: INDAGINI GEOGNOSTICHE

La prima fase di lavoro affrontata dal sottoscritto è stata di provvedere all'individuazione e raccolta dei dati geologici disponibili all'attuale. Si è pertanto richiesto all'Amministrazione Comunale di fornire copia dei lavori effettuati negli ultimi anni, in merito sia ad attività di

progettazione specifica che ad opere o lavori pubblici, nonché piani urbanistici particolareggiati e di settore, dai quali poter estrapolare informazioni utili alla generale ricostruzione delle dinamiche territoriali. Si è provveduto inoltre a richiedere alla stessa elaborati specifici inerenti opere idrauliche-forestali o comunque relative a studi e/o sistemazioni idrauliche dei torrenti presenti sul territorio di Carbonara. Si precisa che si è scelto, a garanzia dell'attendibilità, di far riferimento solo ed esclusivamente a dati pubblici. Sono dunque stati forniti gli elaborati e, nello specifico le indagini geognostiche effettuate, per:

- 1) Studio idrogeologico del territorio comunale con progetto esecutivo di un pozzo per ricerca e captazione di acqua potabile nell'area Villa Comunale (quota 146 mt. s.l.m.):
 - stratigrafia pozzo fino alla profondità di metri 150, con piezometrica a 130 metri dal p.c.;
- 2) Studio geologico ed indagini geognostiche finalizzate alla redazione del P.R.G. del 1983:
 - n. 21 sondaggi geognostici;
 - n. 15 prospezioni sismiche a rifrazione;
 - n. 20 prove di laboratorio.
- 3) Indagini geognostiche per l'aggiornamento della classificazione sismica dei Comuni della Regione Campania (Studio eseguito nel 2010):
 - n. 5 sondaggi geognostici eseguiti dalla Società De Riggi Trivellazioni;
 - n. 5 prove penetrometriche.
- 4) Indagini geognostiche per gli interventi di sistemazione idrogeologica del Comune di Carbonara di Nola (Indagini eseguite nel settembre 2014 dalla Società IGEM):
 - **n. 14** Sondaggi a carotaggio continuo, approfondito a quote diversificate;
 - **n. 40** Prove penetrometriche dinamiche in foro S.P.T. (Standard Penetration Test), eseguite a quote diversificate, durante l'esecuzione dei sondaggi;
 - **n. 23** Prelievi di campioni indisturbati di terreno. I campioni, prelevati con campionatore di tipo Shelby mediante sonda idraulica cingolata a rotazione, sono stati successivamente sottoposti a prove di Laboratorio Geotecnico;
 - **n. 10** Prove penetrometriche dinamiche DL030, approfondite a quote diversificate;

- **n. 103** Prove penetrometriche dinamiche super-pesanti DPSH, approfondite a quote diversificate;
- **n. 28** Indagini sismiche:
 - a) n. 13 Prospezioni Geofisiche Superficiali con metodologia d'Indagine Sismica a rifrazione e Tomografia Sismica;
 - b) n. 10 Prospezioni Geofisiche Superficiali di tipo Masw;
 - c) n. 05 Indagine Sismica in foro di tipo Down Hole.
- **n. 07** Prova di permeabilità in sito di tipo Lefranc a carico variabile.

Da questi elaborati sono stati prioritariamente estrapolati ed ubicati su cartografia scala 1:5.000 tutte le indagini geognostiche, per ottimizzare l'ubicazione delle indagini a farsi a corredo del presente lavoro. Tale ricostruzione bibliografica ha avuto altresì lo scopo di contribuire alla migliore identificazione anche della specifica tipologia di indagine (dirette – indirette) da avviare e, particolare di non minore rilevanza, di definire la maglia investigativa ove cioè, l'emergenza di particolarità o condizioni morfo-stratigrafiche lacunose, dovessero meglio essere esplicitate.

La campagna d'indagine eseguita è stata definita in funzione dell'estensione del territorio comunale, che è di solo 3,65 Km², di cui il 50% montano, ed in riferimento allo specifico obiettivo dello studio, così sono state eseguite n. 6 MASW. Tale decisione, chiaramente, è stata presa anche in considerazione della disponibilità economica dell'Amministrazione Comunale e dal fatto che dalle indagini già effettuate e disponibili è emersa una sufficiente e sostanziale uniformità dei dati stratigrafici, da far ritenere sufficienti, per le porzioni del territorio rimaste scoperte fino ad oggi, le 6 MASW. Bisogna, comunque, evidenziare che tutto quanto già realizzato, con riferimento alle indagini eseguite per il P.R.G, con relativo aggiornamento della Carta della Zonazione del territorio in prospettiva sismica, eseguito nel dicembre 2010, nonché, le indagini eseguite per la messa in sicurezza del territorio comunale, eseguite il giugno - agosto 2014, hanno consentito, insieme alle sei MASW eseguite nell'ottobre 2022, di valutare e caratterizzare lo spessore delle coltri e di dar luogo a tutti i tematismi richiesti dalla normativa vigente, per il presente lavoro. Trattasi, comunque, di uno studio di microzonazione di primo livello a supporto di una pianificazione territoriale **e non rappresenta un'indicazione di sito specifico**, che va invece verificato puntualmente prima di ogni opera a farsi, come richiesto dalla normativa.

3° FASE: ELABORATI FINALI E CARTOGRAFIA TEMATICA

L'elaborazione finale delle analisi effettuate ha permesso di redigere la seguente cartografia in scala 1:5.000 allegata:

- TAVOLA 1.0: Carta ubicazione indagini;
- TAVOLA 2.0: Carta delle pendenze;
- TAVOLA 3.0: Carta geolitologica;
- TAVOLA 4.0: Carta delle coperture;
- TAVOLA 5.0: Carta dei complessi idrogeologici;
- TAVOLA 6.0: Carta geomorfologica finalizzata al rischio frane;
- TAVOLA 7.0: Carta **Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica**;
- TAVOLA 8.0: Sezioni geologiche.

Relazione illustrativa finale con stratigrafie, grafici e tabulati relativi alle indagini geognostiche.

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il Comune di Carbonara di Nola è situato nell'entroterra nord-orientale di Napoli, a ridosso dell'area nolana, confina a nord con Liveri, a nord-est con Domicella ed a sud ovest con Palma Campania. Dista circa 34,8 km dal centro del capoluogo regionale, circa 46,3 km da Caserta e circa 36,9 km da Avellino. Presenta una superficie di circa 3,65 km² ed il suo territorio è caratterizzato per circa il 50% della sua estensione dalla presenza di rilievi montuosi nella parte a sud, in contrapposizione con la zona a nord del territorio comunale interamente pianeggiante. L'altitudine massima della porzione di territorio è 752 metri s.l.m.m. a sud (Monte S. Angelo), l'altitudine decresce fino a raggiungere i 58 metri s.l.m.m in corrispondenza del confine settentrionale.

Il territorio è attraversato da alcuni valloni di scarsa portata, che definiscono il confine comunale: il Vallone dell'Orticara, con il suo tributario di sinistra V.ne Muro, si snoda lungo il confine nord-est, mentre a sud-ovest corre il Vallone Pietro Coppola, entrambi si diramano

all'interno della parte urbanizzata e montana del comune. Si fa rilevare, comunque, che il tessuto urbano ed il fondovalle sono condizionati anche dai Valloni che si snodano inizialmente nei territori comunali di Domicella e Palma della Campania.

L'abitato di Carbonara di Nola con il centro urbano posizionato fra quota 130 - 176 mt. s.l.m.), come abbiamo riportato precedentemente ha una superficie $< 4,00 \text{ Km}^2$, con una popolazione di circa 2.500 abitanti, sorge al margine orientale delle pendici dei Monti Picentini, la piana risulta aperta, verso la piana di Nola e relativo Lagno di Quindici, che costituisce un vitale nodo del margine sud – orientale della Piana Campana, che fa da collegamento tra l'Appennino Campano, con il Monte S. Angelo (752 mt. s.l.m.), la Piana Campana ed il mar Mediterraneo. Sotto il profilo geografico, il comune ricade completamente nel foglio 185 della carta topografica italiana I.G.M., relativamente alla cartografia di dettaglio, necessaria e indispensabile per redigere lo studio in oggetto, il comune di Carbonara di Nola interessa alcuni fogli della Carta Tecnica Regionale, fogli su cui sono state redatte tutte le elaborazioni in oggetto, a loro volta inquadrare su n. 1 foglio in formato A0 in scala 1:5.000.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO - STRUTTURALE

L'evoluzione geologico-strutturale del territorio di Carbonara di Nola è chiaramente condizionata dall'estrema variabilità dei materiali litologici, dalle condizioni strutturali e dalla resistenza dei terreni, in particolare dalle asperità morfologiche della dorsale carbonatica, alle cui pendici, nella fascia pedemontana sorge il centro abitato e le principali frazioni, e dall'incisioni dei vari valloni, che scorrono nel fondovalle principale e drenano tutte le acque del versante settentrionale di Monte Sant'Angelo verso il territorio comunale di Domicella, Liveri e Marzano di Nola. E' evidente il condizionamento diretto ed indiretto della litologia sulle forme del rilievo: ai termini prevalentemente lapidei, tipo i membri carbonatici in s.l., più resistenti all'erosione, sono associati versanti a notevole acclività e/o scarpate a forte pendenza, nonché fenomeni di crolli, ribaltamenti e scorrimenti localizzati, anche in corrispondenza delle litologie meno competenti e più soggette alla degradazione superficiale, inoltre la presenza di coperture detritico eluviali conseguenti alla degradazione delle placche lapidee e all'apporto vulcanoclastico degli apparati

P.U.C. Carbonara di Nola (NA)

vulcanici Napoletani, comportano fenomenologie di frane rapide tipo colata di fango e/o colata detritica e detritica-alluvionale (flussi iperconcentrati).

Mentre, ove affiorano i litotipi prevalentemente detritici facilmente erodibili, sono associate pendenze meno pronunciate, nonché forme blande e svasate interrotte da impluvi più o meno incisi con scarsa franosità, tipo scorrimenti rotazionali (vedi carta dell'acclività e/o delle pendenze). Così i depositi di origine eluviale e/o colluviale, in uno ai corpi alluvionali hanno modellato pendii dolci a leggere ed ampie ondulazioni, con riempimento delle parti depresse, fino a raggiungere uno spessore anche delle decine e decine di metri nelle zone a quota inferiore. Dette pendici presentano pendenze mediamente inferiori ai 10° - 15° , ma alcuni tratti raggiungono e superano anche i 30° (segnatamente ciò si verifica ove è in atto una notevole attività erosiva da parte delle incisioni torrentizie che provengono dal versante carbonatico).

In definitiva l'evoluzione geomorfologica prevalente è di tipo erosionale, gravitativa e fluvio-torrentizia, differenziata per ambito geologico/morfologico di base.

Dalla legenda della carta geolitologica e delle coltri quaternarie si rileva che i litotipi sono stati inquadrati nell'ambito delle unità tettoniche, al fine di inserire l'area di interesse nel quadro evolutivo – geologico dell'Appennino Campano Lucano. Si tratta di una storia molto complessa, nell'arco di diverse decine e decine di milioni di anni, le cui fasi sono ricostruite a scala regionale soprattutto dai docenti dell'Università Federico II di Napoli: l'Appennino meridionale è un segmento del sistema orogenico circum-Mediterraneo, compreso tra l'Appennino centrale e l'Arco Calabro, la cui evoluzione tardo-miocenica e pliocenica si colloca in un contesto di tettonica post-collisionale, legato alla complessa interazione tra la zolla africana, la zolla europea e le altre microzolle interposte (ALVAREZ et alii, 1974; ROURE et alii, 1991; GUERRERA et alii, 1993). L'attuale assetto strutturale dell'Appennino meridionale è il risultato di eventi, compressivi, distensivi e trascorrenti, connessi alla subduzione e al successivo arretramento flessurale della microplacca apulo-adriatica, cui si accompagna, sul bordo interno della catena, a partire dal Tortoniano, l'estensione connessa all'apertura del bacino di retroarco tirrenico (SARTORI, 1989; PATACCA et alii, 1990). La propagazione spazio-temporale dell'onda di compressione estensione, iniziata a partire dai domini interni nel Miocene inferiore-medio, è proseguita fino al raggiungimento dell'attuale configurazione, che mostra la catena appenninica e l'avanfossa limitate dall'area tirrenica in distensione ad occidente e dall'avampaese apulo-adriatico poco deformato ad oriente.

Gli eventi compressivi sembrano essersi esauriti nel corso del Pleistocene (CINQUE et alii, 1993). E' da tener presente che in siffatte ricostruzioni, che, a differenza di quanto avviene nella matematica e nell'ingegneria sono tutt'altro che dimostrabili, i pareri nell'ambito di una stessa opinione possono essere divergenti anche su dettagli non insignificanti.

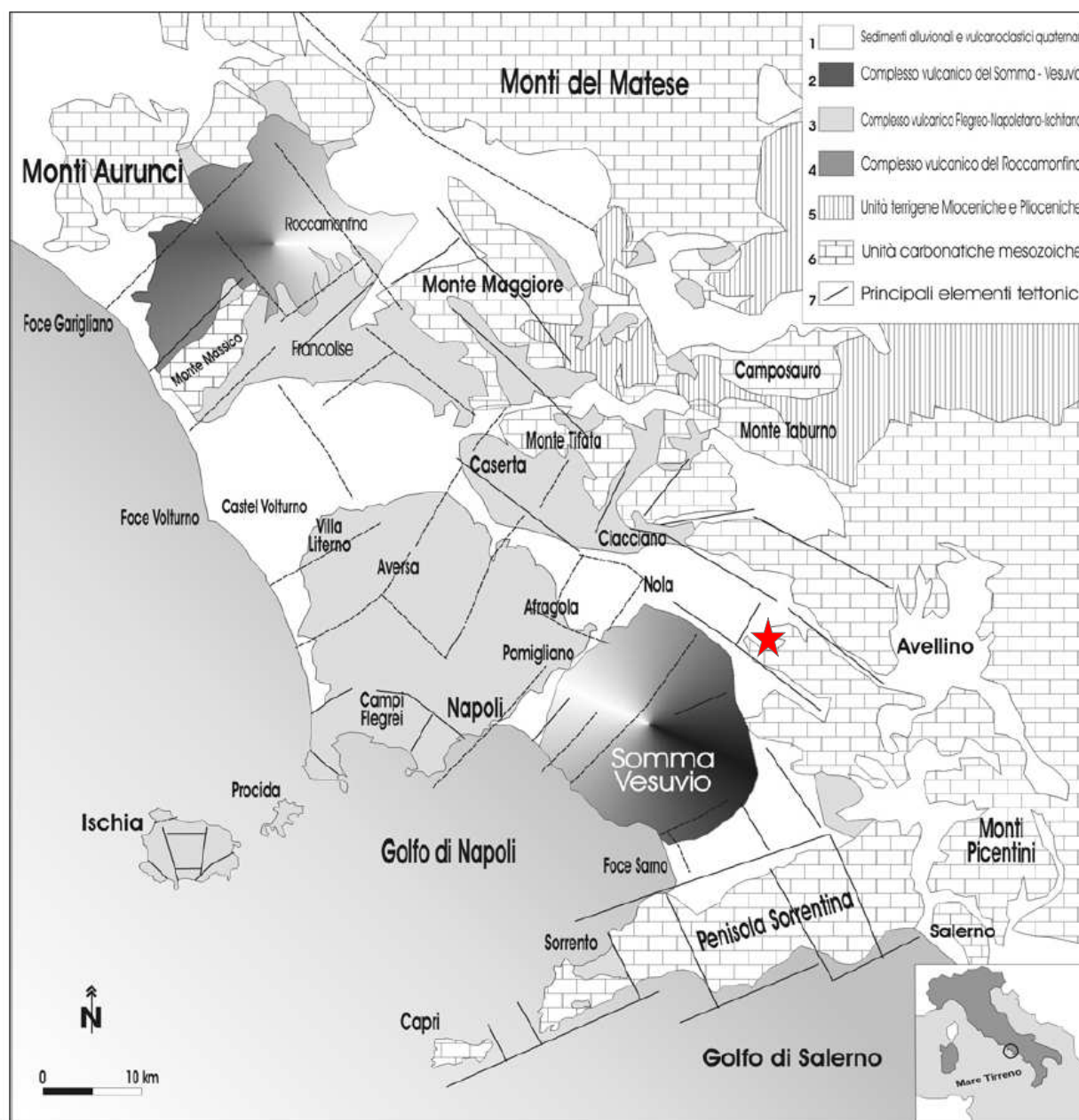


Fig. n. 1 - Schema geologico della Piana Campana, in bianco sono evidenziati i sedimenti alluvionali e vulcanoclastici quaternari, mentre con la stella rossa è individuato il Comune di Carbonara di Nola.

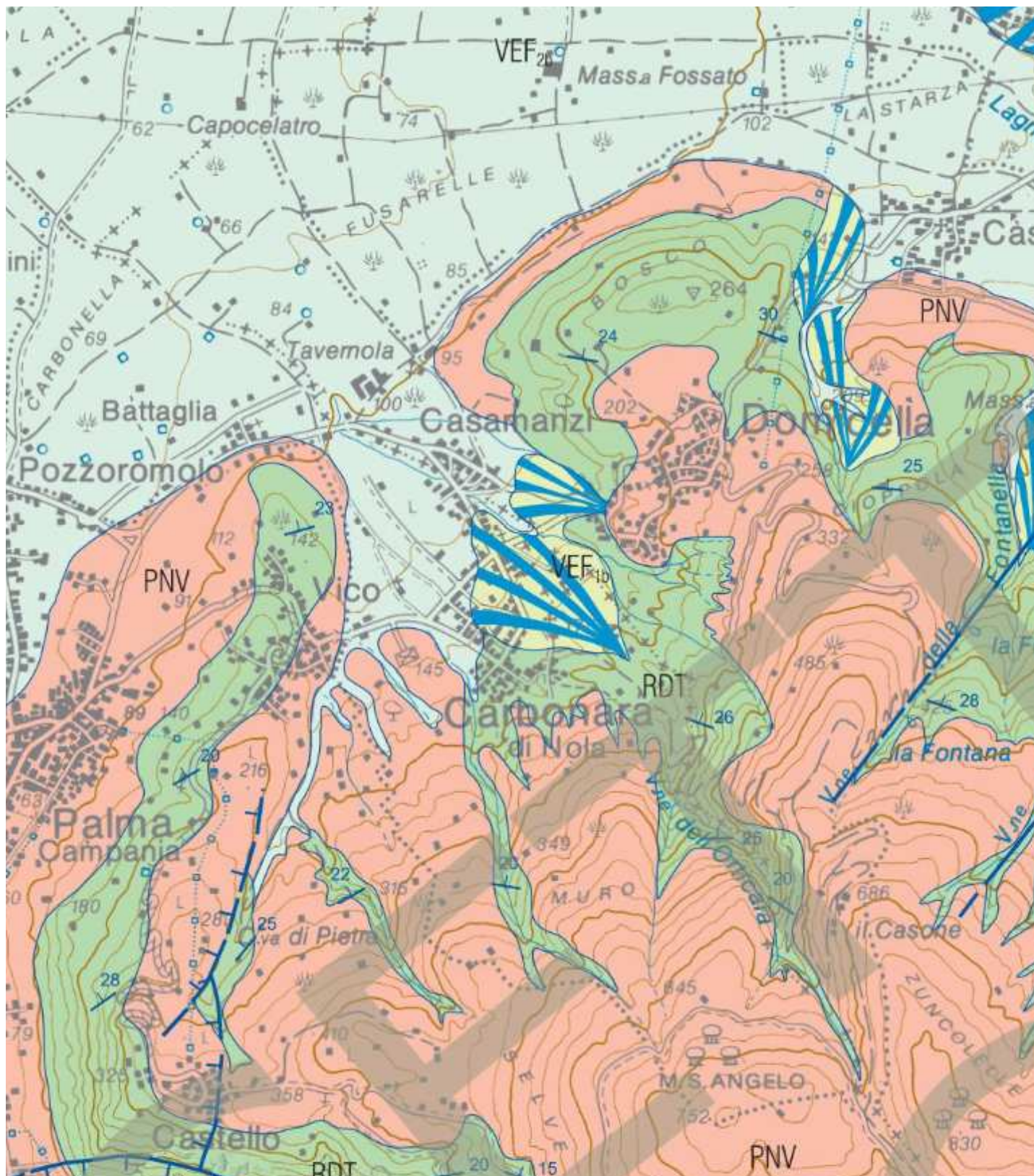


Fig. n. 2 Stralcio planimetrico della Carta Geologica d'Italia – Foglio 448 (Ercolano)

Il rilevamento svolto ha permesso di precisare meglio gli areali d'affioramento ed i loro rapporti di distribuzione. I terreni individuati nell'area presentano una struttura che ricorda il susseguirsi degli eventi tettonici che hanno portato alla formazione dell'Appennino Campano che, circa 200.000 anni fa, fu interessato da una fase tettonica che determinò rigetti d'alcune decine di metri. L'area in studio ricade ai margini della catena appenninica (margine occidentale della porzione irpina dell'appennino meridionale), a ridosso della Piana Campana che è costituita da una depressione strutturale posta sul margine Tirrenico dell'Appennino meridionale. Il "graben" si estende lungo la direzione NW-SE dal Monte Massico, a Nord, fino ai Monti Lattari, a sud; è aperto verso il Mar Tirreno ad occidente ed è delimitato ad est dai Monti di Caserta, dai Monti di Avella e dai Monti Sarno. Durante il Miocene l'area è stata interessata da spinte tangenziali che conseguentemente all'apertura del bacino tirrenico hanno dato vita alla Catena Appenninica.

Dal Pliocene in poi, la regione è stata sede di un'intensa tettonica verticale da cui sono derivati poi i rilievi carbonatici (Ippolito *et alii*, 1973). L'assetto strutturale che ne è derivato è rappresentato da zone di alto strutturale coincidenti con i massicci carbonatici a cui si contrappone la piana campana ribassata con strutture a gradinata da faglie dirette di elevato rigetto (Aprile & Ortolani, 1979). Le principali linee tettoniche derivate sono orientate secondo la direzione appenninica (NW- SE), ed antiappenninica (NE – SW) e in parte E-W e N-S (Cinque *et alii*, 1987).

A partire dal Pleistocene superiore, nel sopracitato graben peritirrenico ha avuto origine il vulcanismo ischitano, flegreo e vesuviano (Capaldi *et alii*, 1985) impostatosi in corrispondenza delle strutture tettoniche distensive e in prossimità dei massimi abbassamenti del substrato.

I prodotti vulcanici prevalentemente potassici di tutti questi distretti si sono impostati nella piana con spessori di migliaia di metri intervallati da strati alluvionali e marini. L'area all'interno della quale ricade la piana campana comprende l'apparato vulcanico del Somma – Vesuvio e la piana stessa delimitata a Nord dai Monti Avella, ad est dai monti di Sarno, a Sud dai Monti Lattari ed a Nord-est dal fiume Sebeto. L'edificio vulcanico, in senso stricto, si trova in corrispondenza di più faglie ad andamento appenninico ed anti – appenninico. E' un vulcano strato la cui attività eruttiva si è differenziata nel tempo sia per il chimismo sia per la natura dei prodotti eruttati (Di Girolamo, 1968); i prodotti peculiari della fase pliniana come pomici, lapilli e scorie, sono stati alternati da colate laviche che hanno caratterizzato le principali fasi effusive.

Litologicamente questi rilievi sono costituiti dalle potenti successioni carbonatiche mesozoiche riconducibili alle unità della Piattaforma Campano – Lucana e della Piattaforma Abruzzese – Campana, sovrapposte tettonicamente (Pescatore & Sgroso, 1973). I rilievi montuosi sono caratterizzati da una tipica successione stratigrafica di piattaforma con dolomie triassiche alla base, calcari e calcari dolomitici giurassici e calcari bioclastici cretaci. Questi complessi sono disposti in più blocchi monoclinatici diversamente ruotati e dislocati dalla tettonica miocenica e da quella, più recente, plio – pleistocenica e degradano verso la piana sotto l'edificio vulcanico. L'attuale assetto geologico – strutturale dell'area è riconducibile alla dislocazione di una potente successione mesozoica (circa 3000 metri di spessore) con a tetto, talora, una copertura miopliocenica costituita prevalentemente da depositi clastici e terrigeni (alcune centinaia di migliaia di metri di spessore) il tutto affiorante nei rilievi che delimitano, a est ed a sud, la piana.

La successione carbonatica è ribassata da importanti discontinuità tettoniche verso il centro della piana dove è ricoperta da rilevanti spessori di depositi sedimentari e vulcanici quaternari (Aprile & Ortolani, 1979). Infatti l'abitato di Carbonara, insiste praticamente su un blocco ribassato, strutturato a gradoni, ricoperto successivamente da piroclastiti, accumuli detritici e di ritrasporto quaternario a spessore estremamente variabile che formano delle conoidi di deiezione, la cui attività è fortemente ridotta a causa della presenza di canali naturali e/o artificiali.

Nell'area in studio, relativamente al territorio amministrativo di Carbonara di Nola si osserva la presenza di terreni, sia di origine marina sia di origine continentale, di età compresa fra il Cretacico inferiore ed il Quaternario; per tale area, sono state descritte schematicamente le principali unità tettoniche presenti e distinte nei seguenti complessi litologici:

Depositi continentali quaternari in formazione e/o formati

VEF_{2b} - Subsintema dell'Agro Nocerino Sarnese

(deposito di piana di esondazione) – OLOCENE

Il subsintema dell'Agro Nocerino Sarnese interessa il tetto del sottostante subsintema di Scanzano e la superficie topografica attuale, includendo i depositi piroclastici distali e medio distali del Somma-Vesuvio e dei Campi Flegrei, i depositi vulcano clastici presenti nella piana e i sistemi di conoide alluvionale, e i depositi dell'unità di Piano delle Selve. Trattasi dei depositi alluvionali recenti ed attuali di fondovalle: terreni fluitati e rimaneggiati di origine

prevalentemente piroclastica, frammenti a sedimenti lacustri fini e lenti ghiaiose-ciottolose di trasporto per sovra alluvionamento da parte delle acque fluviali torrentizie, con giacitura sub orizzontali. A differenza dei terreni ascrivibili al subsistema di Scanzano, gli elementi lapidei sono più arrotondati, presentano una pezzatura più omogenea e delle intercalazioni limo sabbiose, frutto del trasporto e della fluitazione delle sequenze piroclastiche e deidetri di falda. La differenziazione dei due subsistema spesso è difficile, i terreni alluvionali in senso stretto sono poco distinguibili dai terreni delle conoidi alluvionali e delle piroclastiti rimaneggiate, anche perchè la zona di affioramento è quasi tutta urbanizzata ed edificata. In definitiva, poiché presentano sostanzialmente le stesse caratteristiche dei terreni successivi, non si è ritenuto fondamentale arrivare a stabilire con esattezza i limiti di passaggio fra i due litotipi, perchè esso avviene in zone a morfologia dolce, non interessate da movimenti franosi e/o suscettibili di franosità in s.s..

PNV - Unità Piano delle Selve (depositi da caduta) - OLOCENE

Trattasi di depositi costituiti da materiali sciolti di origine vulcanica costituiti da un'alternanza irregolare di ceneri, lapilli e pomici, che assumono un ruolo importante poiché ricoprono in maniera continua il substrato. Sono riferibili, per la maggior parte, all'attività del Somma-Vesuvio, in particolare all'eruzione avvenuta 17.000 anni e successive. Le nubi eruttate, dalle stime eseguite da ricercatori italiani e stranieri, hanno raggiunto anche un'altezza di circa 17 km, conseguentemente hanno distribuito i prodotti piroclastici su di una superficie di diverse centinaia di chilometri quadrati. Al suo interno sono presenti i depositi di eruzioni flegree (principalmente Agnano e Monte Spina) e vesuviane (Mercato, Avellino, Pollena e 1631). Lo spessore dell'unità è fortemente controllato dagli assi di dispersione delle eruzioni esplosive sopra elencate. Cronologicamente è posteriore alle unità del Pleistocene superiore (D_I V_{ITO} *et alii*, 1998a) ed è ancora in evoluzione.

I depositi detritico-colluviali di questa unità sono caratterizzati da sabbie e sabbie-limose con abbondante materiale vulcanoclastico e subordinati clasti carbonatici a volte della taglia dei blocchi. Sono presenti anche paleosuoli con orizzonti ricchi in materia organica di colore scuro. I livelli piroclastici più frequenti sono ascrivibili a Mercato ed Avellino.

La deposizione delle piroclastiti, quasi sempre è stata immediatamente incalzata da attività erosiva, di dilavamento e di trasporto solido che hanno rimescolato e quindi ridepositato i prodotti piroclastici, fino al punto che verso le zone di valle risultano difficilmente distinguibili dal litotipo alluvionale. Secondo l'habitus sedimentario possono essere classificate come piroclastiti in sede e piroclastiti rimaneggiate per trasporto trattivo e /o per trasporto di massa. Oltre l'evoluzione fisica i prodotti in

P.U.C. Carbonara di Nola (NA)

parola hanno subito un processo più o meno spinto di caolinizzazione della massa, ciò è avvenuto segnatamente ove vi è stata una maggiore circolazione e presenza di acqua. La distribuzione di questo materiale si presenta estremamente variabile, come si evince dai punti di indagine riportati sia nella carta ubicazione indagini che in quella delle coperture, tale approfondimento eseguito dalla Società I.GE.M. srl, con consulente e direttore dei lavori il geologo Carmine Negri Cerciello, nella campagna del giugno - agosto 2014, consiste di n. 10 sondaggi geognostici (All'interno dei fori di sondaggio e durante la fase di carotaggio, sono state realizzate n. 30 prove penetrometriche dinamiche S.P.T. e sono stati prelevati 16 campioni), di n. 104 prove penetrometriche dinamiche (n.94 DPSH e n.10 DL030), secondo le raccomandazioni A.G.I., atte a definire un valore medio della copertura e per meglio comprendere i parametri geotecnici dei depositi presenti sulle pendici carbonatiche di Carbonara di Nola.

VEF_{1b} – Subsintema di Scanzano

(depositi alluvionali e di conoide alluvionale) – PLEIST. S. (39 – 12,4 ka)

Il subsintema Scanzano comprende i depositi alluvionali di piana e di conoide, le litologie presenti sono essenzialmente due, una dominata da materiale carbonatico e l'altra da materiale piroclastico. I depositi, formati da clasti poco arrotondati, sono prevalentemente clasto-sostenuti e possono essere privi di matrice o con una matrice variabile nel contenuto di materiale piroclastico. La superficie sommitale di questi depositi si raccorda senza soluzioni di continuità con i depositi dei conoidi alluvionali. Tra i conoidi alluvionali una particolare tipologia è rappresentata da conoidi formati dalla mobilitazione e accumulo di grosse quantità di materiale vulcanoclastico.

I conoidi di deiezione oggi ancora attivi in alcune zone del territorio comunale, sono a prevalente componente carbonatoclastica, sono formati prevalentemente da depositi ghiaiosi carbonatici clasto sostenuti, con o senza matrice originati da flussi trattivi. Quando presente la matrice è spesso ricca di materiale vulcanoclastico.

Tra i conoidi meno estesi che formano fasce coalescenti al piede dei versanti montuosi sono, invece, frequenti i depositi a matrice sostenuta, con matrice ricca in materiale vulcanico sia cineritico che pomiceo e variabile quantità di clasti carbonatici (*debris flows*). Tali depositi possono poggiare su paleosuoli poco sviluppati o, in alcuni casi, direttamente sulle ghiaie.

Così nel subsintema di Scanzano ritroviamo una sequenza di depositi affioranti con una certa continuità, relativa alle seguenti eruzioni: “Pomici di Base” (eruzione di Sarno) avvenuta circa

18.000 anni fa; “Pomici Verdoline”, avvenuta circa 15.000 anni fa; “Mercato” (nota anche come eruzione di Ottaviano) avvenuta circa 8.000 anni fa, “Avellino” avvenuta circa 3.700 anni fa. I prodotti più recenti sono quelli del 1631 e dell'eruzione di Pollena (472 d.C.). Alla sequenza sono intercalate, i depositi da caduta delle eruzioni della caldera dei Campi Flegrei di Pomici Principali (età 10.370 anni dal presente) e di Agnano-Monte Spina (età 4.100 anni dal presente), e i depositi lavici del Somma (età compresa tra i 36000 e 14000 anni) mentre a letto della stessa, ritroviamo l'Ignimbrite Campana di età di circa 39.000 anni. I vari livelli attribuibili alle singole eruzioni sono di norma separati da paleosuoli generalmente ben sviluppati e maturi che a loro volta sfumano in depositi più grossolani in cui il rimaneggiamento e la rideposizione è prevalente rispetto alla sola umificazione.

I depositi che più frequentemente costituiscono le successioni piroclastiche superficiali sono relativi alle eruzioni di Pollena ed Avellino, i prodotti riferibili alle altre eruzioni affiorano con minore continuità soprattutto per effetto dei processi erosionali che li hanno interessati o a causa dell'originario esiguo spessore (Vedi foto sottostante, scattata il 7 ottobre 2022 lungo il trincerone a ridosso di Via Roma, in occasione dei lavori di *Sistemazione idrogeologica del reticolo idrografico*).



Unità della Piattaforma Appenninica (unità esterne)

Successione Monti Picentini

RDT - Calcari a Radiolitidi – CENOMANIANO - SANTONIANO

I calcari a radiolitidi affiorano in modo diffuso lungo il margine orientale della Piana Campana e rappresentano la porzione a giorno dei rilievi carbonatici, la successione è costituita da calcari e calcari dolomitici di colore grigio chiaro o bianco, in strati di spessore da 10 cm ad 1 - 2 metri, occasionalmente sono presenti calcilutiti nerastre, frequentemente laminate e/o in strati sottili. È ampiamente coperta da terreni vulcanoclastici dell'Unità di Piano delle Selve ed è visibile per- tanto solo nelle incisioni vallive. Lo spessore della successione è stimato in 600 m., ambiente di piattaforma interna, con bassa energia e a luoghi con circolazione ristretta, con facies lagunari, passaggio stratigrafico superiore con i termini da caduta vulcanoclastici (PNV) o brecce (b2), chiaramente il limite inferiore è stratigrafico con CRQ (La foto sottostante è stata scattata lungo la sponda destra del Vallone Orticaia).



TETTONICA, FAGLIE SISMOGENETICHE E SISMA DEL 1980

Nell'ambito dei terreni esaminati, i caratteri stratigrafici delle successioni ed i rapporti geometrici ricostruiti sul terreno, nonché le osservazioni compiute nel contesto regionale, hanno evidenziato la presenza di due principali unità tettoniche alquanto deformate ed impilate con vergenza orientale a partire dal Miocene superiore. Tali unità risultano sovrastate da diverse successioni bacinali sinorogene, di età supra-miocenica e pliocenica, accumulate in depositi di tipo *thrust-top* e separate da superfici di inconformità sia a carattere regionale che locale. Le associazioni di sovrascorrimenti e di pieghe-faglie a componente inversa costituiscono le principali tipologie di rapporti tra le due unità tettoniche, e si sviluppano, al di fuori dell'area esaminata, per alcuni chilometri secondo orientamenti appenninici. In tali strutture risiedono mesostrutture sia plicative che di taglio ma anche forme più evolute come retroscorrimenti (*back-thrusts*).

Il settore in studio, in uno a quello irpino della catena appenninica, è stato interessato da un'evoluzione tettonica contrazionale polifasica con evidenze (*thrust*, pieghe, faglie inverse, ecc.) di una o più fasi deformative che coinvolgono i depositi alto miocenici-infrapliocenici, restituendo così un quadro cinematico che ne vincola i movimenti successivamente al Pliocene medio. Al momento non si hanno dati per chiarire la corretta cronologia e il numero di eventi deformativi a scala locale, se non in termini di evoluzione tettono-sedimentaria dei depocentri sedimentari tipo *piggy-back basin* (ogni nuova sequenza sinorogenica risulta preceduta e seguita da un evento deformativo) e di cronologia relativa dei piegamenti, meglio osservabile a scala regionale.

Nello stadio evolutivo Plio/Quaternario si perviene allo sradicamento delle strutture e delle unità tettoniche e alla loro sovrapposizione ai depositi pliocenici dell'avanfossa bradanica, come discende dall'interpretazione di profili sismici a riflessione e dalle perforazioni per ricerche di idrocarburi. Le **faglie** (certe o presunte), cartografate nel margine occidentale della catena, sono lineamenti strutturali legati alle vicende tettoniche del territorio. Per quanto riguarda la loro ubicazione questa è stata ricavata soprattutto dallo studio delle ortofoto e dei morfoblocchi ricostruiti, integrate da alcune evidenze di campo. Oltre a ciò si è tenuto conto dei dati bibliografici pubblicati in merito, l'orientazione prevalente NNO-SSE risente delle vicine faglie "Monti di Sarno, lunga 22 Km (77)", "Monti Lattari nord, 23 Km (82)", "Irpinia, 30 Km (78)" e "S. Vito, 9 Km (83), che sono importanti faglie che condizionano l'Appennino Irpino - Salernitano, con "slip/rate" verticali compresi tra 0.1-1 mm/a, come si evince dall'allegato stralcio planimetrico frutto del

progetto 5.1.2 “Inventario delle faglie attive e dei terremoti ad esse associabili” eseguito da F. Galadini², C. Meletti³, E. Vittori.

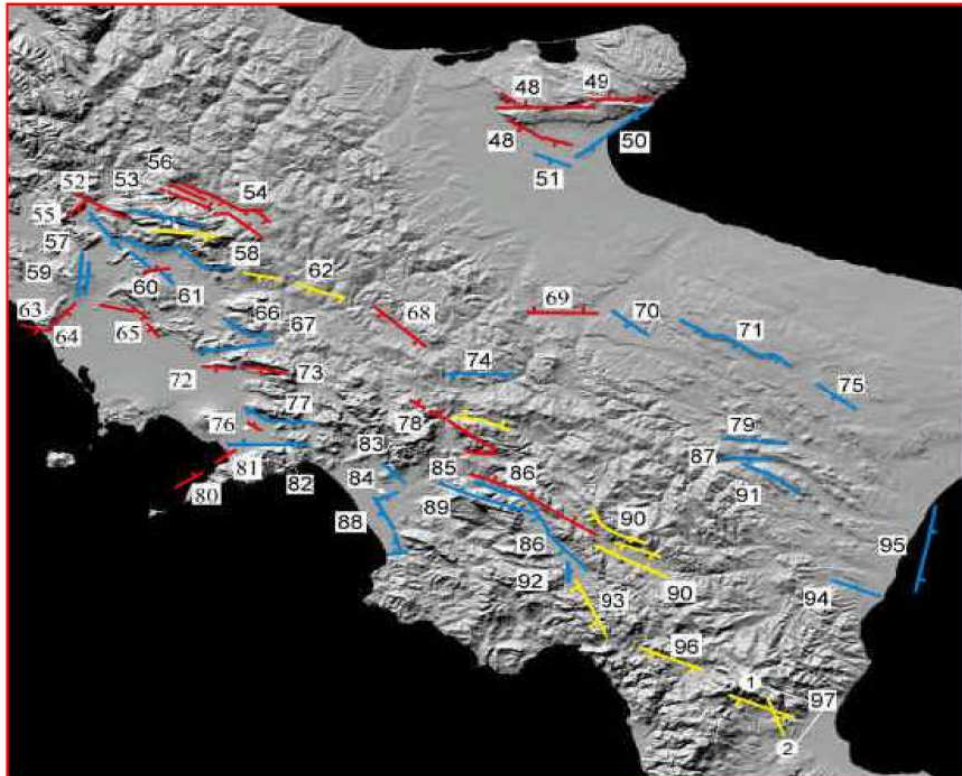


Fig. n. 3 Carta delle faglie attive dell'Appennino meridionale (elementi geologici di superficie)

I passaggi litologici, riportati nella carta geolitologica, possono subire degli spostamenti in quanto spesso i passaggi reali sono mascherati da una coltre di terreni eluviali e/o colluviali costituenti il prodotto dell'alterazione chimico meccanica superficiale (lo spessore è mediamente di circa 3,00 – 5,00 metri, mentre nelle aree di concavità morfologica e di piedimonte raggiunge valori anche di decine di metri). In altri casi, le formazioni confinano fra di loro per eteropia di facies, cioè sono caratterizzate da passaggi gradualmente e molto sfumati, spesso difficilmente riconoscibili e cartografabili, in questi casi è stato possibile individuare solo un limite indicativo.

Analizzando la catena appenninica da un punto di vista sismico, dal margine costiero tirrenico a quello adriatico, in senso ortogonale alle principali strutture tettoniche presenti emerge un quadro generale in cui sono presenti tre aree a differente mobilità verticale. Nella fattispecie, procedendo da SW verso NE, troviamo:

1. L'area compresa tra la costa tirrenica e il margine dei rilievi carbonatici, caratterizzata da fasi di abbassamento nel Pliocene inferiore (o inferiore – medio) seguite nel Pleistocene inferiore da **P.U.C. Carbonara di Nola (NA)**

sollevamento o stabilità; ed aree di limitata estensione con sollevamento quasi continuo nel Pliocene e nel Quaternario, inoltre sono presenti altre aree caratterizzate da abbassamento fino al Pliocene medio o superiore seguito da sollevamento o stabilità e abbassamento prevalente (con fasi di stabilità) nel Pliocene e nel Quaternario, localmente con fasi di sollevamento nel Pliocene. Così, la formazione della Piana Campana è il risultato della interazione tra due processi deformativi di importanza regionale: (a) la migrazione verso est della deformazione compressiva connessa con l'avanzamento del fronte della catena e (b) la migrazione verso sud-est della distensione associata all'apertura del Tirreno meridionale (PATACCA & SCANDONE, 1989). L'apertura del Tirreno meridionale ha prodotto, a partire dal Pleistocene inferiore, un sistema di estensione non coassiale caratterizzato da faglie oblique con componenti di movimento a direzione NO-SE/NNO-SSE (OLDOW *et alii*, 1993). Questo sistema di faglie, che delimita il margine orientale della Piana Campana, ha dislocato gli accavallamenti del margine interno della catena appenninica. La presenza di terrazzi marini pleistocenici sugli alti strutturali che delimitano il lato orientale della Piana Campana fanno ritenere che la piana si sia formata per sollevamento del margine interno dell'Appennino (CINQUE *et alii*, 1993). Tale sollevamento è probabilmente dovuto al riaggiustamento isostatico seguito alla cessazione dei processi collisionali nell'area peritirrenica e alla migrazione verso est dei fronti di accavallamento (HYPPOLITE *et alii*, 1994). Il settore centrale della Piana Campana, che è interessato da una struttura litosferica orientata est-ovest (FERRUCCI *et alii*, 1989), è stato sede, a partire da almeno mezzo milione di anni fa, di una intensa attività vulcanica a carattere prevalentemente alcalino potassico (Campi Flegrei, Ischia, Somma-Vesuvio). I prodotti di tale attività formano gran parte del riempimento della Piana Campana. Dati sismici a riflessione hanno messo in evidenza che sia il basamento carbonatico sia la sovrastante successione sedimentaria e vulcanica sono tagliati da faglie oblique a direzione NO-SE/NNO-SSE, da faglie normali a direzione E-O/ONO-ESE e da faglie orientate NE-SO (BRUNO *et alii*, 1998). I primi due sistemi di discontinuità strutturale affiorano con continuità lungo il margine orientale del settore meridionale della Piana Campana (BONARDI *et alii*, 1988). In particolare, il sistema parallelo all'asse della catena, orientato NO-SE/NNO-SSE, è interrotto da depressioni strutturali delimitate da faglie a direzione E-O/ONO-ESE. Depressioni strutturali delimitate da faglie di analoga orientazione sono presenti anche all'interno della piana, in particolare a nord del Somma-Vesuvio (es. depressione di Acerra; CASSANO & LA TORRE, 1987; BRUNO *et alii*, 1998).

La geologia tardo pliocenica e quaternaria dell'area della Piana Campana è il risultato di una serie di eventi succedutisi nel tempo e iniziati con la fase distensiva che ha provocato lo svilupparsi del Graben Campano, databile con certezza a partire almeno dal Pleistocene Inferiore (Fig. 4).

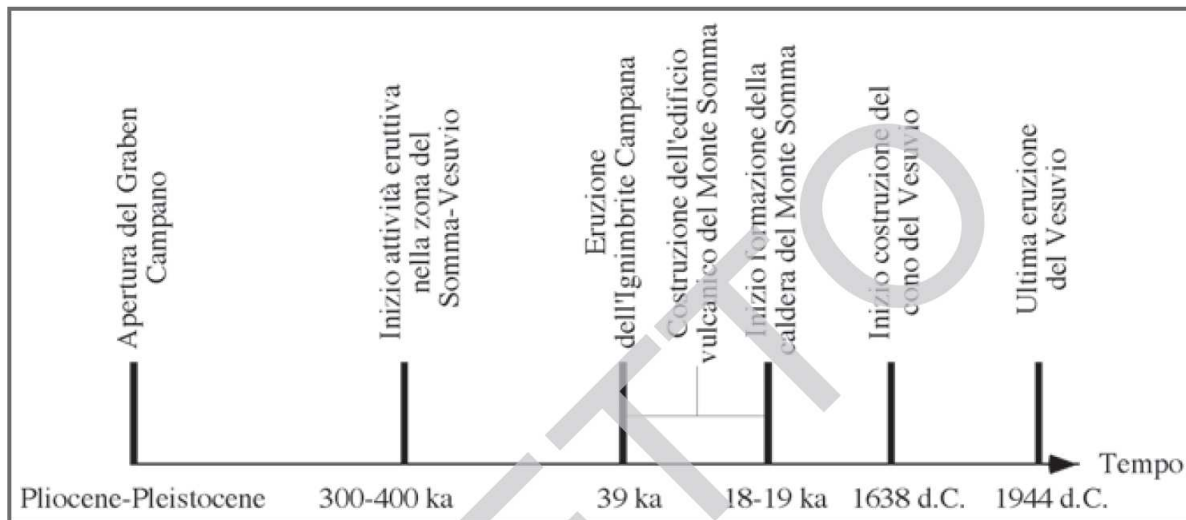


Fig. n. 4 - Schema cronologico dei principali eventi vulcanici che hanno caratterizzato l'area in esame dall'apertura del Graben Campano ad oggi (tratto dalle note illustrative della C.G.I. Foglio Ercolano)

Successivamente nell'area si è imposta un'attività vulcanica che ha dato origine agli apparati di Ischia, Procida, Campi Flegrei e Somma-Vesuvio. In particolare l'inizio dell'attività magmatica del Somma-Vesuvio può essere fatta risalire a circa 300-400 ka in base a datazioni K/Ar eseguite su minerali di lave campionate a profondità di circa 1200 m al di sotto dell'apparato vulcanico durante il carotaggio del pozzo geotermico di Trecase 1 (SANTACROCE, 1987; BERNASCONI *et alii*, 1981). Tale intervallo temporale è stato confermato da recenti datazioni, eseguite su campioni, provenienti dallo stesso pozzo, di lave campionate a 726-728 e 1221-1224 m di profondità, che hanno dato età di 318 ± 26 e 373 ± 22 ka rispettivamente (BROCCHINI *et alii*, 2001). In affioramento, i depositi pleistocenici più antichi sono quelli dell'Unità di Cannello, costituiti da sabbie marine di spiaggia affioranti lungo gran parte della collina di Cannello, e attribuibili alla fase di stazionamento alto del livello del mare durante il Tirreniano (circa 120 ka). L'emersione della piana nel suo complesso può essere messa in relazione con la deposizione dei prodotti dell'eruzione flegrea dell'Ignimbrite Campana, presenti nell'area esaminata con spessori superiori anche a 50 m e databili a circa 39 ka (DE VIVO *et alii*, 2001; Fig. 4). La costruzione dell'edificio vulcanico del Monte Somma si sviluppa successivamente a questo evento parossistico, in quanto i depositi dell'Ignimbrite Campana si trovano sempre al di sotto dei depositi lavici nei numerosi sondaggi geognostici effettuati nell'area in esame.

2. L'area compresa tra il margine orientale dell'area precedente ed i fronti orientali della catena, caratterizzata da sollevamento quasi continuo nel Pliocene e nel Quaternario; all'interno di questo settore sarebbero inoltre presenti aree di limitata estensione corrispondenti ai bacini tettonici sviluppatisi durante il Pliocene e il Quaternario o solamente durante il Quaternario. In particolare la dorsale di Sarno - Quindici, dove affiora l'Unità tettonica dei Monti Lattari- Picentini, che ospita la parte alta del territorio comunale di Carbonara di Nola, presenta una tipica struttura monoclinale, molto regolare, con immersioni pressochè costanti tra N e N 30° E, con inclinazioni comprese tra 15° e 30°. La dorsale presenta un tipico andamento appenninico, essendo delimitata da due faglie ad alto angolo orientate NO-SE, sepolte sotto i terreni recenti della Piana del Sarno e del Vallo di Lauro. Detta dorsale è inoltre tagliata da numerose faglie ad alto angolo, con rigetti da decine fino a centinaia di metri. Tra queste, oltre alle famiglie di faglie con andamento appenninico ed antiappenninico, quantitativamente prevalenti, sono riconoscibili gruppi di faglie orientate N-S ed E-O. Tutti questi sistemi di faglie sono stati osservati anche nella penisola sorrentina, dove l'Unità tettonica dei Monti Lattari-Picentini affiora in tutto il suo sviluppo stratigrafico, dal Triassico Superiore al Miocene medio.

3. L'area compresa tra il margine orientale dell'area precedente e la costa adriatica, caratterizzata ad occidente da fasi di abbassamento prevalente fino al Pliocene medio seguite da sollevamento e ad oriente da fasi di abbassamento fino al Pleistocene inferiore seguite da sollevamento.

Detti movimenti, chiaramente, si accentuano in occasione dei forti terremoti, che avvengono quando lo sforzo accumulato in tempi lunghissimi all'interno della crosta terrestre, causato dal moto delle placche che costituiscono lo strato più superficiale della Terra, supera la soglia di resistenza alla rottura delle rocce, che costituiscono tali placche. La rottura avviene lungo un piano, detto piano di faglia, e l'energia immagazzinata nella crosta viene istantaneamente rilasciata. Parte di questa energia viene spesa per generare le onde sismiche responsabili dello scuotimento del terreno, e quindi dei danni prodotti dall'evento, mentre il resto viene speso per deformare in modo permanente il paesaggio circostante: vale a dire che un evento sismico è in grado di innalzare o abbassare, così come spostare orizzontalmente, un punto della superficie terrestre. Poichè un evento sismico deforma ovviamente anche la zona circostante la faglia sismogenetica, esso è in grado di alterare lo stato di sforzo delle porzioni di crosta adiacenti. In questo modo un terremoto trasmette informazioni alle faglie attive circostanti, potremmo definire questo processo come il modo in cui le faglie comunicano tra di loro. Questa percentuale di sforzo aggiunto dal terremoto (lo possiamo definire correttamente sforzo indotto) si somma allo sforzo tettonico che con continuità carica le

faglie sismogenetiche che già esistono (note o non note che siano) in una certa porzione di crosta. La possibilità di stabilire se una faglia sismogenetica è prossima al raggiungimento delle condizioni di innesco della frattura dipende dalla conoscenza dell'energia totale accumulata nel tempo, ed eventualmente di quella aggiunta dai terremoti avvenuti in precedenza, e dalla conoscenza delle caratteristiche delle rocce della zona di faglia.

I processi geodinamici (moto delle placche, di microplacche o cunei) sono responsabili degli accumuli di energia nella crosta terrestre. Siccome questi processi sono studiati solo tramite ricostruzioni cinematiche, vale a dire che non definiscono le quantità di energia in gioco ma solo le direzioni di movimento relativo delle placche, è impossibile, almeno allo stato delle conoscenze attuali, stabilire il valore assoluto dell'energia accumulata. In altre parole, non conosciamo il livello di sforzo totale che agisce su una faglia in un preciso istante di tempo. I ricercatori dell'Istituto Nazionale di Geofisica hanno stimato, attraverso modellazioni numeriche e tecniche teoriche complesse, che lo scambio di energia tra gli eventi superficiali e quello profondo è più di 30 volte inferiore all'energia trasferita tra gli eventi crostali (nei primi 8 km di profondità). Queste misure ci portano a concludere che le perturbazioni allo stato di sforzo delle faglie crostali da parte di eventi profondi sono trascurabili. Infine, queste valutazioni ci permettono di sottolineare che solo analisi a posteriori ci consentono di stabilire l'entità di questi fenomeni. L'impossibilità di conseguire la previsione di un evento catastrofico come il terremoto non riduce il valore della ricerca. Lo stabilire dove un terremoto può colpire e quale sarà la massima energia liberata sono requisiti fondamentali per proteggersi e convivere con un fenomeno naturale che di sicuro avverrà nuovamente nel futuro. Fornire gli strumenti necessari per la pianificazione delle opere di prevenzione è lo scopo principale, per questo motivo il lavoro di ricerca continua con la stessa importanza anche fuori i periodi di emergenza dettati da crisi sismiche.

Inoltre, a causa dell'impossibilità di eseguire misure dirette sul comportamento delle rocce sepolte a 10-20 km di profondità, non siamo in grado di conoscere a priori il comportamento meccanico di una faglia: vale a dire non siamo in grado di stabilire con quale modalità la faglia sismogenetica rilascerà l'energia ricevuta. Si tenga presente, inoltre, che i sismologi studiano processi che si ripetono su scale di tempo lunghissime (dell'ordine dei secoli o di millenni): non deve quindi stupire se oggi noi conosciamo la posizione e la geometria solo di un limitato numero di faglie sismogenetiche che hanno manifestato la propria attività solo in tempi relativamente recenti. Queste considerazioni ci portano a concludere che il comportamento meccanico delle faglie

sismogenetiche può essere ricostruito solo a posteriori. Appare chiaro che qualsiasi tentativo di stabilire un rapporto di causa ed effetto tra eventi sismici deve essere il risultato di valutazioni scientifiche serie eseguite con metodi fisici che includano considerazioni sulle energie in gioco e sui processi di rilascio dell'energia sismica.

Terremoto dell'Irpinia – 23 novembre 1980

Gli Appennini, come riportato precedentemente, sono una catena montuosa a pieghe e sovrascorrimenti sviluppatasi in seguito ai movimenti relativi delle placche Africa, Adria e Europa. Il loro settore meridionale consiste di un sistema doppio di rocce carbonatiche mesozoiche e terziarie sovrascorse, ricoperto a sua volta da una spessa pila di falde derivanti da ambienti deposizionali di piattaforma o di bacino. A partire dal Neogene e durante il Quaternario, l'accrescimento della catena è stato guidato da:

- 1) subduzione di litosfera ionica in direzione ovest;
- 2) ritiro progressivo della cerniera dell'avanarco adriatico;
- 3) contemporanea estensione del bacino tirrenico di retroarco.

Secondo molti autori, il piegamento appenninico ha migrato verso est., nel suo settore settentrionale è stato ricoperto da sedimenti marini dell'inizio del Pleistocene; nel settore meridionale questi stessi sedimenti hanno subito una deformazione compressionale. A partire da 0.7 – 0.5 Ma fa, anche a causa dello spostamento verso NNO e della rotazione della placca Adria, la catena ha subito una estensione in direzione NE-SO, con le massime deformazioni, i terremoti e i sistemi di faglie dirette soprattutto concentrati lungo l'asse della catena.

Il 23 novembre 1980 un forte terremoto ($M_s = 6.9$) colpì una zona dell'Appennino Campano - Lucano seminando morte e distruzione, i cui effetti si sono fatti sentire anche nella Piana Campana e nel territorio di Carbonara di Nola. L'evento sismico è stato studiato utilizzando tutti i dati disponibili, allo scopo di conoscere le caratteristiche fisiche e geometriche delle faglie responsabili. Esso è stato caratterizzato da tre distinti fenomeni di rottura lungo differenti segmenti di faglia succedutisi in circa 40 secondi. La rottura si è propagata dall'ipocentro interessando segmenti di faglia lungo i Monti Marzano, Carpineta e Cervialto. Dopo circa 20 secondi la rottura 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, dopo 40 secondi, è localizzato a NE del primo segmento. Le

repliche del terremoto si sono distribuite lungo tutta la lunghezza di faglia ed hanno interessato un esteso volume focale compreso tra le quattro faglie coinvolte. La frattura ha raggiunto la superficie terrestre generando una scarpata di faglia ben visibile per circa 35 km.

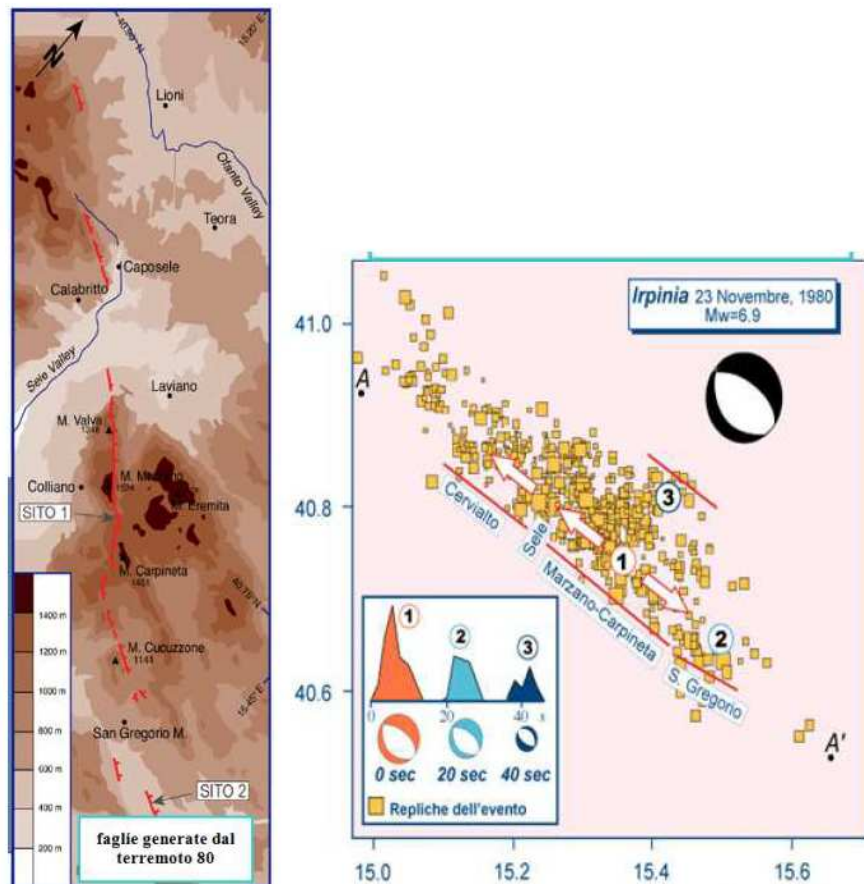


Fig. n. 5 - Terremoto dell'Irpinia del 1980: segmenti di faglie lungo i quali sono avvenute le rotture e repliche degli eventi sismici

Le registrazioni delle repliche dell'evento hanno permesso di studiare l'andamento della velocità di propagazione delle onde sismiche nella zona circostante la faglia sismogenetica. I risultati di questi studi hanno messo in evidenza una struttura crostale molto eterogenea come dimostrato dalle variazioni della velocità delle onde P mostrata a differenti profondità.

Studi di paleosismologia eseguiti mediante l'escavazione di trincee lungo la scarpata di faglia hanno consentito il riconoscimento e la datazione dei forti terremoti predecessori del 1980, avvenuti sulla faglia irpina. Questi risultati dimostrano che la faglia responsabile del terremoto dell'Irpinia ha generato in passato terremoti simili a quello del 1980 e che tali eventi, così severi, si

succedono nel tempo con una certa frequenza. La successione di rotture che si sono susseguite durante il terremoto del 1980 suggerisce l'esistenza di forti fenomeni di interazione tra i diversi segmenti di faglia. Una misura del grado di interazione tra le faglie è data dalle variazioni del loro stato di sforzo misurate mediante il parametro di Coulomb. Lo stato di sforzo di una faglia sismogenetica può essere interpretato come la quantità di energia accumulata precedentemente al terremoto: maggiore è lo sforzo accumulato, più prossima è la faglia al raggiungimento delle condizioni necessarie all'innescio della rottura.

Le variazioni dello sforzo elastico nella zona circostante la faglia sismogenetica influenzano la distribuzione spaziale delle repliche: le faglie sismogenetiche adiacenti risentono delle perturbazioni dello stato di sforzo causate dal terremoto e quindi possono influenzare le probabilità che si verifichino forti terremoti lungo tali segmenti di faglia. In altre parole, un forte terremoto altera le probabilità di occorrenza di altri terremoti nelle zone circostanti la faglia sismogenetica.

INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

L'assetto idrogeologico dell'area è una diretta conseguenza delle litologie affioranti e dei principali lineamenti strutturali i Monti di Carbonara di Nola, alimentano la falda profonda della Piana Campana, che in parte risulta captata ed alimenta i pozzi a servizio degli opifici e delle aziende agricole, con piezometrica a circa 20 - 25 mt. s.l.m.: il grosso della riserva, quindi della falda principale, alimenta, mediante travasi idrici sotterranei, l'acquifero piroclastico-alluvionale dell'alta valle della Piana Campana.

Dal punto di vista del chimismo, trattasi in generale, di acque tipiche di facies bicarbonatica-alcalina-terrosa chiaramente influenzate dalla natura della roccia che funge da serbatoio, hanno temperature mediamente di 13° - 15° C.

L'intero territorio comunale, è solcato da una serie di incisioni, che dalla fascia carbonatica montuosa, attraversano il centro urbano e vanno ad alimentare i vari Valloni, nella porzione medio alta l'idrografia è impostata sulla roccia carbonatica, mentre nella zona urbana, questa risulta approfondita all'interno dei termini detritici/alluvionali meno competenti del substrato calcareo.

Spesso l'idrografia principale, risulta interrotta e/o canalizzata con opere antropiche anche di notevoli dimensioni, sono in effetti presenti significativi tombamenti proprio nel centro cittadino, che richiedono una costante manutenzione e un continuo monitoraggio, in quanto in caso di precipitazioni intense e prolungate, sono suscettibili di intasamento, tali tratti incombono su grandi aree urbanizzate e abitate. Una parte delle acque piovane che precipitano nell'area in studio è smaltita per ruscellamento superficiale attraverso una rete idrografica caratterizzata da una serie di valloni, rii e torrenti aventi un regime prevalentemente torrentizio, essi confluiscono nel fondovalle principale, attraverso una vasca di sedimentazione ed assorbimento, nella quale confluiscono indirettamente e direttamente i vari alvei e canali del sistema idrografico, la stessa occupa parte del territorio di Domicella. Comunque, un'aliquota importante si infiltra nella zona dei carbonati, che come noto in letteratura presentano elevati coefficienti di infiltrazione potenziale (C.I.P. 70-90%).

I litotipi permeabili della piana, oltre ad essere alimentati dall'infiltrazione diretta delle piogge, ricevono anche apporti laterali (dai versanti settentrionali dei Picentini - monte Sant'Angelo), rappresentando dei veri e propri acquiferi con flussi sotterranei importanti, la cui direzione principale è riportata nella tavola dei Complessi Idrogeologici, dove tra l'altro sono riportate anche le principali piezometriche riferite al complesso idrogeologico profondo (Vedi fig. n. 6). I limiti idrogeologici sono rappresentati dalla presenza delle ampie fasce detritiche che bordano le rocce calcaree dei Monti Picentini, i rilievi carbonatici risultano dislocati tettonicamente, e pertanto nell'area di piana si rinviene un substrato profondo anche oltre 300 - 400 m. dal p.c., a tetto del quale, a profondità variabili (25 - 40 m.) si rinviene la piezometrica.

La falda idrica circolante nei depositi piroclastici e detritico-alluvionali di copertura, risulta molto disarticolata, e in alcuni casi assente, i rapporti di interscambio tra quest'ultima ed i corsi d'acqua principali sono limitati, nella fascia pianeggiante è ipotizzabile la presenza di flussi diretti dall'alto verso il basso, tuttavia la presenza delle placche e/o lenti arenaceo-argillose possono impedire e/o ostacolare tale fenomeno. Le acque dei pozzi presenti nella sequenza detritico-piroclastica, sono considerate acque bicarbonatiche-calciche tendenti alle bicarbonato-solfatocalciche, questo per la presenza dei travasi che provengono dalle idrostrutture carbonatiche oltre ai fenomeni di lisciviazione dei depositi vulcanoclastici che colmano le aree di piana.

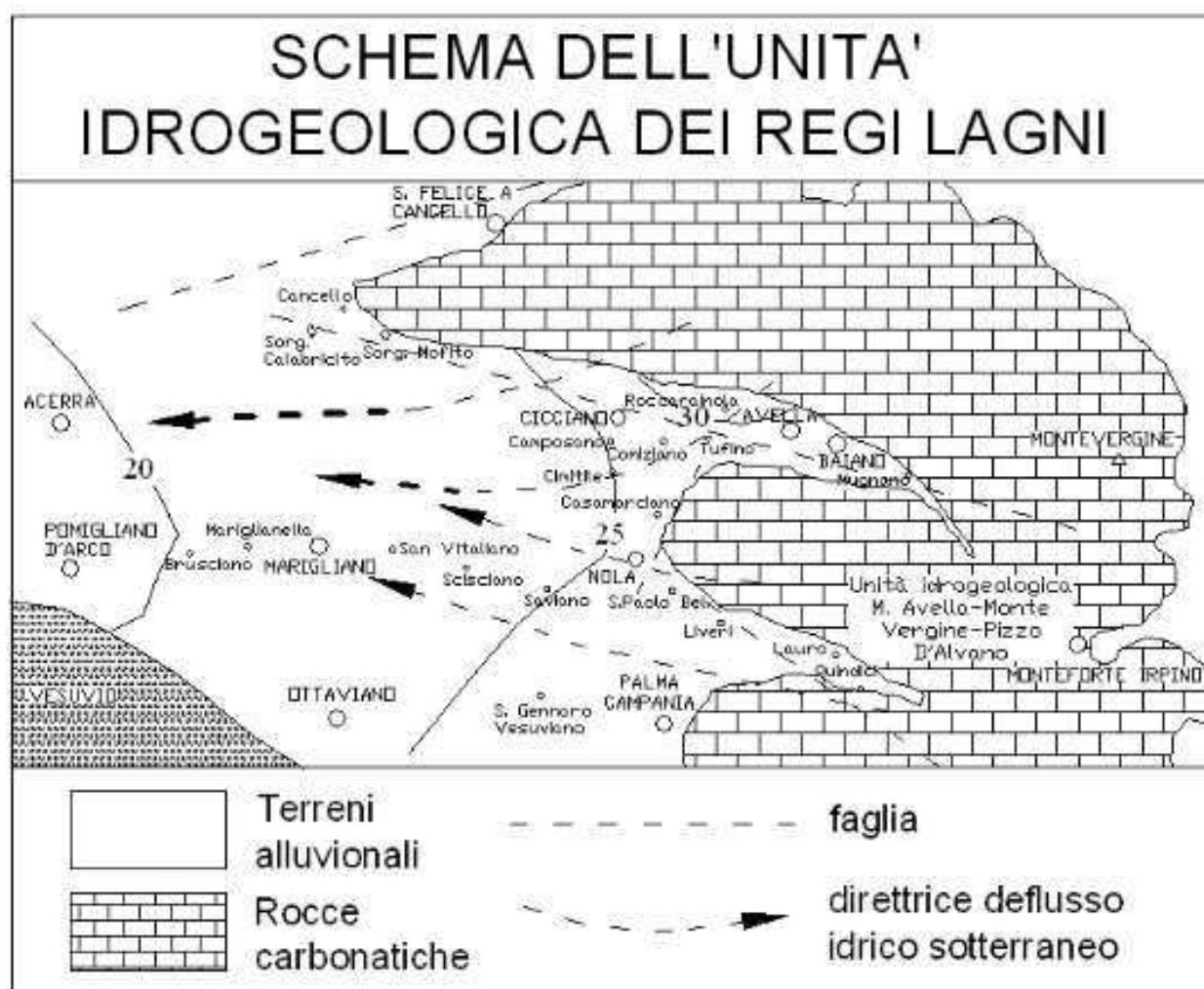


Fig. n. 6 - Schema di circolazione sotterranea (Civita 1973)

Dal punto di vista della vulnerabilità, chiaramente i rilievi carbonatici, sia in presenza di copertura vulcanoclastica e detritica e sia in assenza sono caratterizzati, come anche la zona di piana, da un grado di vulnerabilità all'inquinamento, connesso con l'infiltrazione efficace diretta, elevato, a differenza delle aree di fascia pedemontana dove l'aumento degli spessori dei depositi detritici e vulcanoclastici presentano spessori maggiori (anche decine di metri) e pertanto tale vulnerabilità tende a ridursi, localmente fino a valori bassi e quindi vi è anche la presenza di un suolo che funge da contrasto sia sull'infiltrazione che sulla percolazione in falda di eventuali inquinanti presenti in superficie. Chiaramente, le aree con presenza di litologie, piroclastiti argillificate e significativi spessori di Ignimbrite campana sono caratterizzate da gradi di

vulnerabilità inferiori, variabili da medio a bassi, per le caratteristiche meno permeabili dei litotipi prevalenti che li costituiscono (C.I.P. <50%).

L'assetto idrogeologico del territorio in studio è caratterizzato da almeno da due unità idrogeologiche principali, dipendenti dal tipo e grado di permeabilità, dalla posizione strutturale e stratigrafica, dalla estensione e dal tipo di alimentazione:

Complessi Quaternari

(depositi alluvionali, detriti di falda, vulcanoclastiti e conoidi)

Il complesso quaternario, come detto in precedenza risulta quello più superficiale, caratterizzato da un'elevata estensione e da un regime idrogeologico variabile da punto a punto, il grado di permeabilità è MEDIO - ALTO, essenzialmente per POROSITA'. Ricadono in tale complesso, quello costituito dai depositi alluvionali, trattasi di alluvioni attuali e recenti presenti in prossimità degli attuali torrenti e valloni, a luoghi terrazzati, a granulometria ghiaiosa-sabbiosa e con elementi calcarei, provenienti dall'erosione dei litotipi a monte, la matrice è prevalentemente sabbiosa-limosa, frammisti a litotipi vulcanoclastici, localmente conoidi alluvionali recenti. I termini vulcanoclastici, invece diffusamente presenti su tutto il territorio, sono di chiara origine vesuviana, trattasi di limi a luoghi limi-sabbiosi, incoerenti (ceneri, lapilli e pomici minute), hanno una permeabilità MEDIA, per POROSITA'.

L'acquifero contenuto nei detriti di falda e di conoide è collocato sopra i terreni carbonatici, questo maschera quasi sempre il contatto e costituisce il primo impermeabile relativo rispetto ai carbonati, la sua estensione maggiore è presente nella porzione medio alta del territorio, a monte e nel centro abitato. La placca detritica è caratterizzata da una permeabilità relativa ELEVATA per POROSITA', recepisce le acque sia per infiltrazione diretta che per infiltrazione secondaria. Il valore del coefficiente di permeabilità è ampiamente variabile. La piezometrica della falda freatica risulta alquanto profonda, è influenzata dall'eterogeneità litologica dell'acquifero, della superficie topografica e di trasferimento verso la piana, trattasi di depositi detritici a luoghi anche cementati e interessati da tettonica recente, nella porzione medio-bassa, verso il centro abitato sono interdigitati ai fenomeni di conoide antica e recente, meno cementati e con marcato carattere detritico-alluvionale.

Mentre i terreni alluvionali di fondovalle in cui si alternano livelli di buona permeabilità (materiali ghiaiosi e sabbiosi) a livelli di scarsa permeabilità (materiale limoso e in subordine argilloso) si creano delle effimere falde acquifere spesso sovrapposte.

Complesso Carbonatico

(successione calcare)

I termini *carbonatici* dei Monti di Picentini rappresentano il principale acquifero, infatti questi sono caratterizzati da una buona infiltrazione efficace e relativa circolazione sotterranea, che alimenta importanti sorgenti e pozzi.

Queste unità sono caratterizzate da una ELEVATA permeabilità per FESSURAZIONE e CARSISMO, con assorbimento variabile a seconda della fratturazione e della presenza di copertura più o meno significativa. La permeabilità relativa, nell'ambito dello stesso complesso, varia tra la parte superficiale, più fratturata e carsificata, e quella inferiore; le intercalazioni impermeabili presenti, talvolta, influiscono sulla circolazione idrica e danno luogo a modeste manifestazioni sorgive alimentate da falde sospese (sorgenti minori in quota).

Le dolomie di base e/o i calcari meno fratturati rappresentano il substrato relativamente impermeabile che sostiene il flusso delle acque che circolano nei calcari sovrastanti e che tendono ad affiorare prevalentemente come sorgenti per soglia (tettonica e/o stratigrafica): nella fascia pedemontana del territorio in studio non sono state rilevate emergenze idriche.

La carta idrogeologica, redatta in scala 1:5.000, mostra chiaramente come la circolazione idrica a grande scala è condizionata dalla differenza di permeabilità tra i complessi prevalentemente carbonatici a monte e quei complessi quaternari e terrigeni, caratterizzati complessivamente da una permeabilità inferiore, tant'è che quest'ultimi si comportano da tampone relativo e le acque che naturalmente e superficialmente scorrono secondo l'idrografia dei M.ti Picentini, in sotterranea hanno una direttrice prevalente Sud – Nord Ovest. La mancanza di un netto salto di permeabilità tra le differenti formazioni, impedisce lo sviluppo di una soglia di permeabilità ben definita da cui possono aver origine fenomeni sorgentizi. La circolazione idrogeologica è così circoscritta a fenomeni di travaso sotterraneo tra i calcari, i materiali piroclastici e le alluvioni di fondovalle, anche se è prevedibile che il travaso maggiore si abbia verso sud, verso la Piana del Sarno.

In questi terreni, nel 1987 a seguito di uno studio idrogeologico del dottor Luigi Iazzetta, nella Villa Comunale, è stato realizzato un pozzo¹ per alimentare il serbatoio idrico a servizio dell'abitato di Carbonara di Nola, sito a monte del centro urbano. Con i lavori di costruzione del pozzo ed a seguito del monitoraggio della falda idrica nei pozzi a Nord Ovest ed a Nord del centro abitato di Carbonara di Nola è emerso che la falda freatica in generale ricade a metri 35 – 40 s.l.m., con delle escursioni freatiche alquanto modeste. Così, tutte le indagini eseguite negli anni, il rilevamento idrogeologico, le notizie ricavate intorno ai pozzi realizzati e la letteratura Autorevole hanno consentito di stabilire che nell'area in parola non esiste un basamento impermeabile che delimita il bacino imbrifero, trattasi di un bacino laterale che contribuisce, insieme ad altri, all'alimentazione delle grosse falde idriche della piana campana.

PALEOGEOGRAFIA E LIQUEFAZIONE

La ricostruzione paleogeografica del sottosuolo, la cui attendibilità è strettamente correlata alla rarefazione dei punti di controllo, effettuata attraverso uno studio geomorfologico di dettaglio, tarato dalla bibliografia locale ed il patrimonio storico delle indagini geognostiche eseguite sul territorio individua, la presenza di modeste aree dotate di probabilità di liquefazione, in quanto la propensione dei sedimenti alla densificazione/liquefazione è maggiore.

La carta geolitologica e quella della microzonazione riporta il contesto paleogeografico ricostruito sulla scorta delle prove effettuate ed anche di nuove acquisizioni nella banca dati di sottosuolo, utilizzata per l'elaborazione del PUC. L'area prossima al fondovalle principale, con potenzialità alla liquefazione, all'indagine diretta è risultata priva di sedimenti granulari dotati delle caratteristiche di tessitura (sabbie pulite), potenza (maggiore di almeno 1 metro), profondità (minori di 15 metri dal piano campagna) tali da essere considerati nel campo della liquefacibilità. Inoltre non sono state rilevate falde idriche nei primi 15,00 metri né presenze di un'attività fluviale locale imputabile ad altri paleoalvei e/o altri siti interessati da possibile variazione di volume dei sedimenti in presenza di impulsi sismici (ciclici) che potrebbero riflettere i loro effetti in superficie.

¹ E' stato dismesso, non alimenta più il serbato idrico a servizio di Carbonara di Nola.

Resta inteso che tali indagini sono puntuali e pertanto l'approfondimento si rende necessario ogni qualvolta venga utilizzato territorio che ricade nelle aree alluvionali antiche e storiche del territorio comunale, che possono essere localmente suscettibili di liquefazione. Tutti i sondaggi eseguiti in prossimità dei valloni in generale hanno evidenziato livelli assimilabili a fenomenologie alluvionali e falda idrica assente, comunque le colonne stratigrafiche mostrano sempre alternanze di limi, sabbie e ghiaie a luoghi anche cementate, localmente poggianti su tufo grigio e presenza di paleosuoli anche a grosse profondità, comunque non sono state individuate sabbie monogranulari, come si evince anche dalle prove granulometriche eseguite su alcuni dei campioni indisturbati prelevati. La suscettibilità alla liquefazione dei sedimenti rappresenta un parametro importante da valutare nella cartografia di pericolosità sismica in particolare nelle zone di piana alluvionale, anche a piccola scala.

Per questo motivo dovrà essere verificata, tale possibilità con molta attenzione, anche in occasione delle analisi geologiche degli eventuali PUA ed in occasione dell'insediamento dei singoli manufatti, come d'altronde richiesto dalla normativa vigente.

Molti Autori hanno evidenziato una correlazione positiva tra età e tipo di deposito alluvionale continentale, riguardo la propensione alla liquefazione:

1. Youd e Perkins, 1978 – hanno composto una tabella che sintetizza i dati raccolti durante terremoti “strong motion” dell’area di S. Diego (California), da cui risulta che i sedimenti deposti da corsi d’acqua (piana alluvionale di esondazione, canale fluviale, delta fluviali, estuari) dimostrano una probabilità di liquefazione da alta a molto alta se di età minore di 500 anni o Olocenica, gli stessi depositi se di età pleistocenica o pre-pleistocenica hanno invece una “bassa” probabilità di liquefarsi. Cioè, l’osservazione dimostra che sono solamente i sedimenti di deposizione recente (olocene) e recentissima (meno di 500 anni) a presentare un’alta pericolosità per la liquefazione;
2. Mori et Al, 1978 – dimostrano che la suscettibilità alla liquefazione decresce nei sedimenti di età maggiore di 500 anni, con scarti anche molto alti (maggiori del 50%). Tolno, 1975 dimostra l’incremento di densità secca (stato di addensamento) del sedimento in relazione all’aumento di vetustà (dall’Olocene al terziario);
3. Iwasaki et Al, 1982 – dimostra per terremoti giapponesi la correlazione diretta tra probabilità di liquefazione e letti di fiumi recenti e antichi;

4. CNR, 1983 – ripropone la correlazione diretta tra sedimenti fluviali e deltizi continentali ed età del deposito (i più recenti sono più suscettibili alla liquefazione).

In conclusione la letteratura geologica, ormai ben consolidata e verificata, indica che le maggiori probabilità di liquefazione si hanno nei sedimenti granulari saturi recenti e recentissimi.

Ciò significa che gli alvei abbandonati e sepolti dei torrenti/valloni o dei tratti in prossimità del fondovalle possono costituire fonte di pericolo di liquefazione (e pertanto vanno verificati) anche per sismi di magnitudo medio - alto come quelli previsti per il territorio di Carbonara di Nola.

In conclusione, l'insieme delle prove e delle analisi effettuate mostra un quadro coerente di risultati, che ipotizza la non liquefacibilità dei sedimenti saturi compresi nell'intervallo di 15 metri di profondità dal p.c, sottoposti ad impulsi ciclici sismici. Solamente le informazioni stratigrafiche e paleogeografiche non risolvono la questione, pertanto le sabbie, qualora presenti e prevalenti, che non sono state campionate e studiate e la loro verifica a liquefazione è delegata all'esecuzione dei PUA e/o dei singoli interventi, segnatamente nella piana alluvionaria, come riportato nella Carta delle MOPS.

IL PIANO STRALCIO ASSETTO IDROGEOLOGICO

Come è noto, il comune di Carbonara di Nola, afferente ai bacini idrografici del Regi Lagni, che sfociano verso il mar Tirreno, come tutta la conca meridionale dei Picentini e dell'Irno, ricade nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino Regionale Campania Centrale². Infatti, nelle more del riordino normativo del settore della difesa del suolo e della conseguente riorganizzazione in ambito regionale, la Regione Campania, con Decreto del Presidente della Giunta Regionale

² Successivamente il Decreto del Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare n. 294 del 25 ottobre 2016, pubblicato sulla G.U. n. 27 del 02/02/2017 - ha disposto la soppressione delle Autorità di bacino ex legge 183/89 a decorrere dal 17 febbraio 2017. Il nuovo Distretto idrografico dell'Appennino Meridionale comprende i bacini nazionali, interregionali e regionali: Liri Garigliano, Volturno, Sele, Sinni e Noce, Bradano, Saccione, Fortore e Biferno, Ofanto, Lao, Trigno, bacini della Campania, bacini della Puglia, bacini della Basilicata, bacini della Calabria, bacini del Molise .

(Dpgr) n. 143 del 15 maggio 2012, pubblicato sul Bollettino ufficiale della Regione Campania (Burc) n. 33 del 21 maggio 2012), in attuazione dell'art.52, comma 3., lett. e), della Lr 1/2012, ha disposto l'incorporazione dell'Autorità di Bacino (AdiB) Regionale della Campania Nord - Occidentale nell' A di B Regionale del Sarno, denominandola: A di B Regionale della Campania Centrale.

Il Piano stralcio per l'assetto idrogeologico (Psai) dell'A di B Campania Centrale è stato adottato dal Comitato Istituzionale con Delibera n.1 del 23 febbraio 2015 (Burc n.20 del 23 marzo 2015) a seguito dei lavori della Conferenza Programmatica alla quale hanno partecipato i Comuni e le Province interessate, ai sensi della normativa vigente in materia. Il PSAI, riferito all'intero territorio di competenza, è frutto del lavoro di omogenizzazione tra i PSAI delle ex A di B Sarno e A di B Nord Occidentale della Campania. Il Piano sostituisce i previgenti PSAI dei territori interessati. Il Comune di Carbonara di Nola è interessato da tutti i livelli della pericolosità e di rischio da frane. In particolare le aree interessate sono situate a Sud del territorio comunale, comprendenti in massima parte la zona montana ed in misura minore le aree ad ovest del centro urbano (Figura 7, Figura 8).

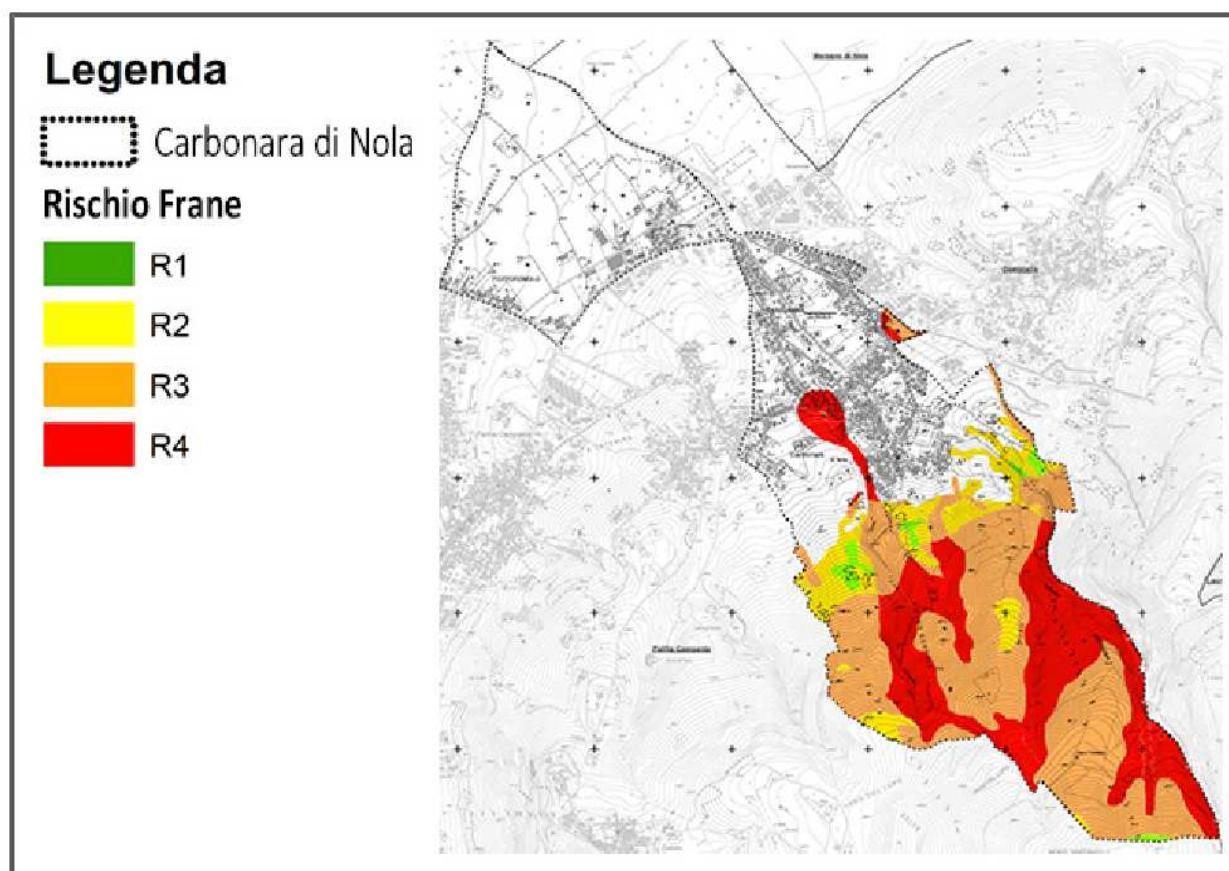
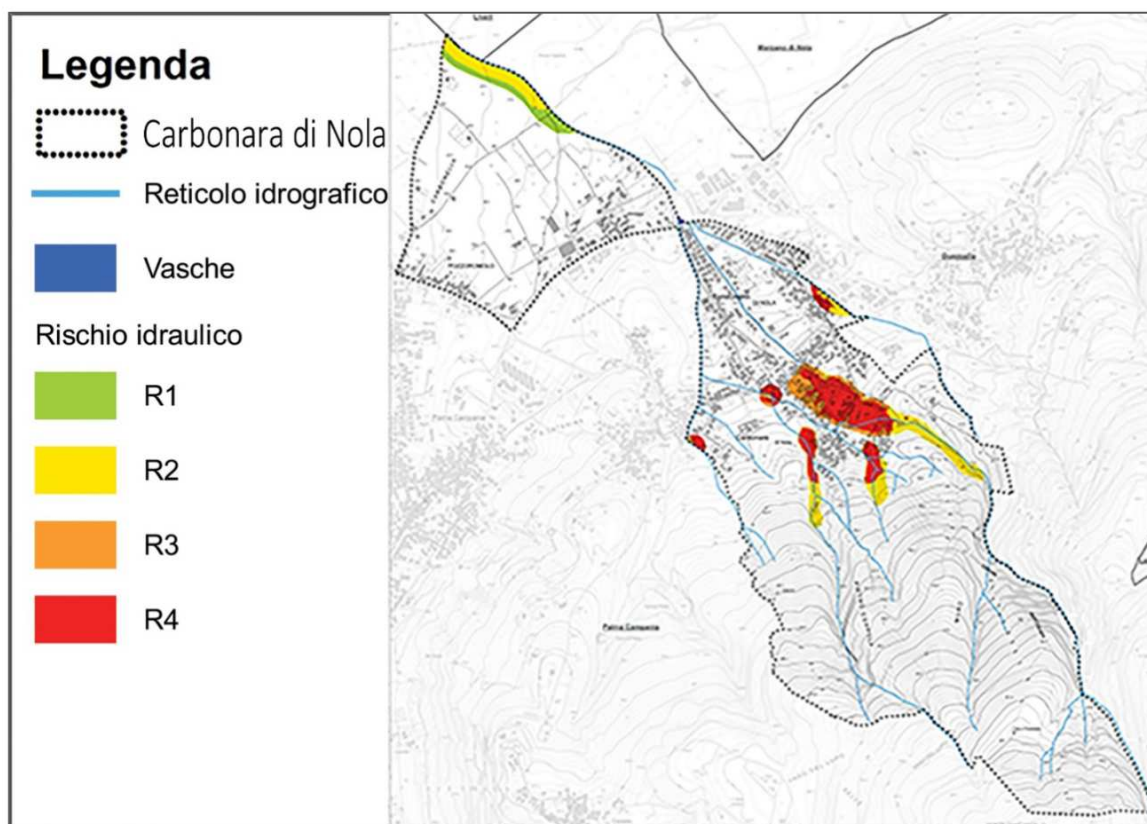


Fig. n. 7 - Aree interessate da rischio da frana del Piano stralcio per l'assetto idrogeologico

(fonte: elaborazione su dati PSAI dell'A di B Campania Centrale).



**Fig. n. 8 - Aree interessate da rischio idraulico del Piano stralcio per l'assetto idrogeologico
(fonte: elaborazione su dati PSAI dell'A di B Campania Centrale).**

Il Piano Stralcio adottato, sulla base delle osservazioni prodotte dagli enti locali, ha le seguenti finalità:

- individua le aree a rischio idrogeologico molto elevato, elevato, medio e moderato, ne determina la perimetrazione, stabilisce le relative prescrizioni;
- delimita le aree di pericolo idrogeologico quali oggetto di azioni organiche per prevenire la formazione e l'estensione di condizioni di rischio;
- indica gli strumenti per assicurare coerenza tra la pianificazione stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico e la pianificazione territoriale della Regione Campania, anche a scala provinciale e comunale;

d) individua le tipologie e la programmazione degli interventi di mitigazione o eliminazione delle condizioni di rischio e delle relative priorità, a completamento ed integrazione dei sistemi di difesa esistenti.

In tutte le aree perimetrate con situazioni di rischio o di pericolo il piano persegue, alla scala di bacino, in particolare gli obiettivi di:

a) prevedere e disciplinare vincoli e limitazioni d'uso del suolo, le attività e gli interventi antropici consentiti, le prescrizioni e le azioni di prevenzione nelle diverse tipologie di aree a rischio e di pericolo, nei casi più delicati subordinatamente ai risultati di appositi studi di compatibilità idraulica o idrogeologica;

b) stabilire norme per il corretto uso del territorio e delle risorse naturali nonché per l'esercizio compatibile delle attività umane a maggior impatto sull'equilibrio idrogeologico del bacino;

c) dettare disposizioni per l'adeguamento della strumentazione urbanistico-territoriale, con la costituzione di vincoli, prescrizioni e destinazioni d'uso del suolo in relazione ai diversi gradi di *rischio*;

d) conseguire condizioni accettabili di sicurezza idraulica e geologica del territorio mediante la programmazione degli interventi non strutturali ed interventi strutturali e la definizione delle esigenze di manutenzione, completamento ed integrazione dei sistemi di difesa esistenti;

e) programmare la sistemazione, la difesa e la regolazione dei corsi d'acqua, anche attraverso la moderazione delle piene e la manutenzione delle opere, adottando modalità di intervento che privilegino la conservazione ed il recupero delle caratteristiche naturali del territorio;

f) programmare altresì la sistemazione dei versanti e delle aree instabili a protezione degli abitati e delle infrastrutture, adottando modalità di intervento che privilegino la conservazione ed il recupero delle caratteristiche naturali del territorio;

g) definire le necessità di manutenzione delle opere in funzione del grado di sicurezza compatibile e del rispettivo livello di efficienza ed efficacia;

h) indicare le necessarie attività di prevenzione, di allerta e di monitoraggio dello stato dei dissesti.

Il Piano, come abbiamo riportato, è suddiviso in due tipologie di rischio prevalente, il RISCHIO IDRAULICO e il RISCHIO DA FRANA, relativamente al rischio da frana la pianificazione

prevede quattro classi di Pericolosità e relativo Rischio da Molto Elevato (P4/R4) a Moderato (P1/R1), per i quali esistono delle norme specifiche che definiscono gli interventi ammissibili e le modalità autorizzative.

In particolare, ...nelle aree a rischio da frana continuano a svolgersi le attività antropiche ed economiche esistenti alla data di adozione/approvazione del Piano Stralcio osservando le cautele e le prescrizioni disposte dalle Norme di Attuazione, a condizione che siano adottati i Piani di Emergenza e di Protezione Civile redatti ai sensi della L. 100/2012.... nelle stesse aree sono consentiti esclusivamente i nuovi interventi indicati dalle medesime norme nel rispetto delle condizioni e delle prescrizioni generali stabilite, anche laddove necessario nello studio di compatibilità geologica a farsi.

Per ogni ulteriore dettaglio, si rimanda alle documentazioni ufficiali del Piano Stralcio, redatte e pubblicate dall'Autorità di Bacino Campania Centrale.

CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

CARTA ACCLIVITA' DEI VERSANTI, DELL'ENERGIA DI RILIEVO E DELLA STABILITA'

L'attuale assetto morfologico e strutturale dei versanti che ospitano il Comune di Carbonara di Nola è il risultato della complessa evoluzione svolta tra il tardo pleistocene e l'attuale, con differenziazione della sagoma dei litotipi in funzione degli assestamenti neotettonici e della sovrapposizione delle coltri vulcanoclastiche, legate all'intensa attività eruttiva dei distretti vulcanici napoletani. 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 fino all'attualità. La notevole differenza di resistenza all'erosione, tra il substrato carbonatico ed i materiali di copertura piroclastici e detritici, ha determinato situazioni morfoevolutive non semplici, articolate in ripiani morfologici secondari, scarpate fluviali, terrazzi e fondovalle sovralluvionato, con conoidi antiche e recenti con distribuzione irregolare e variabile da punto a punto.

Tali evidenze sono visibili nella carta geomorfologica, dove sono riportate le fenomenologie più antiche, con depositi alluvionali a differente granulometria che poggiano in modo discordante sul substrato locale e risultano interdigitati ai prodotti vulcanoclastici recenti; gli ultimi alluvionamenti sono invece visibili lungo i valloni secondari che hanno in parte reinciso le vecchie conoidi o il substrato di base andando a sedimentare i vari cicli alluvionali sia in alveo che nelle aree prossime, questi si presentano meno cementati rispetto alle alluvioni antiche presenti nella valle principale.

I versanti carbonatici, presentano pendenze costanti con profili rettilinei, localmente, in particolar modo lungo i valloni e le concavità, sono ricoperti dalle piroclastiti prima citate (vedi carta ubicazione indagini). Queste, soggette a movimenti lungo i versanti, formano coltri colluviali di spessore variabile che generalmente raggiungono la base dei rilievi, dove si alternano a esigui depositi di coniche e falde detritiche con spessori di decine di metri. Tali depositi, costituiti da alternanze di livelli di clasti grossolani calcarei a spigoli vivi in matrice piroclastica limoso-sabbiosa e di piroclastici rimaneggiate, presentano diversi gradi di pedogenizzazione.

La morfologia del territorio del comune di Carbonara di Nola è stata influenzata in maniera diretta dalla complessa evoluzione geologica già descritta nei paragrafi precedenti; in particolar modo le ultime centinaia di migliaia di anni sono stati caratterizzati dalla morfogenesi esercitata dalle incisioni torrentizie. Come ampiamente accennato dal punto di vista geomorfologico si distinguono sulla scorta delle caratteristiche geologiche e dell'assetto strutturale prima descritto, che hanno condizionato e che condizionano l'evoluzione morfologica almeno 2 ambienti morfodinamici principali che portano a definire differenti Unità Territoriali, tali ambienti con caratteristiche morfoevolutive differenti presuppongono anche scenari di pericolosità e rischio differenti:

- rilievi carbonatici con coperture detritiche sciolte;
- area collinare e/o di raccordo con il fondovalle di versante fuvio-denudazionale caratterizzata da materiali a comportamento "complesso";

Pertanto alla luce di tali considerazioni si è preferito distinguere i due ambiti al fine di meglio far comprendere le differenze di evoluzione e i relativi scenari.

Così, come risulta dai rilievi geologici e morfologici, e come riportato nel PAI redatto dall'AdB Campania Centrale, i versanti carbonatici e d'intorni sono soggetti a fenomeni con intensità "Alta" in funzione della velocità massima attesa che varia da "rapida ad estremamente

rapida”, quali le colate rapide di fango e/o detrito (anche flussi iperconcentrati) che evolvono nel tratto terminale a fenomeni alluvionali in senso lato. Tali tipologie di fenomeni sono caratterizzate da distacco improvviso che evolvono, subito dopo il distacco, in colate caratterizzate da elevata velocità. Le colate trovano recapito lungo direttrici morfologicamente riconoscibili quali solchi vallivi o torrentizi. La massa in movimento tende ad aumentare di volume lungo il percorso per i fenomeni erosivi che hanno luogo lungo l'alveo o sulle pareti del canale di flusso. L'accumulo dei materiali mobilizzati assume spesso un aspetto di conoide e si colloca nei solchi vallivi di maggior ordine gerarchico, ovvero al bordo dei rilievi nelle aree pedemontane, con sovrapposizione dei depositi di frana ai materiali detritico-alluvionali. L'analisi del territorio, a grande scala ha consentito di identificare i caratteri principali dei potenziali indicatori di rischio, consentendo di razionalizzare il rapporto tra queste, la distribuzione delle coperture vulcanoclastiche sul substrato carbonatico e le principali caratteristiche morfologiche del territorio.

Per ciascuna delle "condizioni tipo" si è verificato che i fenomeni possono verificarsi in condizioni climatiche attuali, in connessione con andamenti pluviometrici critici, purché siano soddisfatte le condizioni di:

- esistenza di depositi piroclastici nelle aree sorgenti
- condizioni morfologiche idonee per il distacco
- condizioni idrogeologiche sfavorevoli

Tali circostanze sono ampiamente riportate dall' AdB, sia in termini metodologici che come risultanze dei rilievi eseguiti, nei vari elaborati di base che hanno contribuito alla perimetrazione delle varie classi di pericolosità e rischio, che insistono nella zona pedemontana e non solo di Carbonara di Nola. L'effettiva pericolosità della fascia pedemontana, salvo quanto previsto dal PSAI, caratterizzata dal riconoscimento geologico e morfologico di numerose conoidi detritico-fangose recenti e attuali, nelle fasi di progettazione esecutiva degli interventi, va verificata, sulla base geomorfologica disponibile con rilievi di dettaglio delle coperture e realizzazione di un DTM in scala adeguata, oltre che con l'uso di metodi analitici (con schematizzazione degli elementi urbani presenti quali strade, muri e edifici), quali analisi di stabilità e relativa propagazione in loco lungo le massime pendenze, rappresentative di sezioni ritenute geomorfologicamente significative. Tale approccio, consente, prima di qualsiasi intervento, di meglio comprendere i rapporti tra le coperture, le pendenze in gioco e i rapporti con le unità morfologiche di riferimento, portando a

definire i corretti gradi di pericolosità e pertanto di adeguare le scelte progettuali alla reale situazione riscontrata.

Il rilievo di campagna e la fotointerpretazione, integrata dalle indagini geognostiche eseguite hanno consentito quindi di redigere la carta geomorfologica e dei principali morfotipi finalizzati alla comprensione degli scenari di rischio e delle relative problematiche geologico-applicative, utili ai fini della pianificazione a scala comunale. La carta morfologica delle “forme significative” è stata redatta tenendo conto della specificità delle problematiche affrontate e pertanto è stato utilizzato l’indirizzo della delimitazione “ad aree” delle zone interessate da ciascun processo. Le tipologie potenziali individuate, sono del tipo scorrimento-colata rapida di fango e/o detrito incanalata, che trovano il loro innesco in presenza di copertura, principalmente nelle aree di Zero Order Basin o lungo i valloni (detrito).

Tali tipologie potenziali riscontrate, trattasi di frane che si sviluppano su versanti intagliati trasversalmente da piccoli impluvi; esse dopo un primo tratto di scorrimento sul versante, si incanalano nell’impluvio trasversale al versante percorrendolo fino a valle, dove creano danni a persone e cose, queste aree sono quindi da considerarsi a pericolosità maggiore. Da un punto di vista morfologico le frane a scorrimento - colata incanalate presentano una forma stretta ed allungata, così come sono state potenzialmente individuate nella carta Geomorfologia (aree di ZOB, canale/transito e conoide), con innesco, transito e recapito.

Per quanto riguarda la copertura piroclastica sul versante calcareo (che è stata meglio dettagliata per tipologia e spessori, grazie ai numerosi dati raccolti in campagna e alle prove penetrometriche e sismiche eseguite), presente lungo il versante, si ritiene che da sola non rappresenti un elemento limitante ai fini della stabilità. Di seguito si riportano una serie di considerazioni sull’evoluzione dinamica degli ambiti morfologici suscettibili a franare, con particolare riferimento a quelli soggetti a fenomeni rapidi.

Dal punto di vista geomorfologico, come già accennato in precedenza, si distinguono, sulla scorta delle caratteristiche geologiche e dell’assetto strutturale prima descritto, differenti ambienti morfodinamici principali, con caratteristiche morfoevolutive diverse e relativi scenari di franosità, in particolare per i versanti carbonatici si può ipotizzare la presenza di un modello costituito da un rilievo carbonatico con coperture vulcanoclastiche sciolte. Così come già risulta dagli elaborati del Piano Stralcio in scala 1:5.000 la porzione investigata del territorio di Carbonara è caratterizzata da

un ambiente carbonatico con fenomenologie in atto prevalentemente di tipo colata rapida di fango e/o di detrito, aventi una velocità attesa variabile da alta a molto elevata. Relativamente ai flussi detritici e detritici fangosi, essendo tali problematiche di difficile lettura e spesso soggette a svariate interpretazioni, soprattutto ai fini della pianificazione del territorio, si è ritenuto opportuno nell'ambito di studi relativi alla suscettibilità e al rischio, di acquisire tutte le informazioni, i dati e gli studi più recenti sull'area campana inerenti al tema delle colate detritiche fangose e di assumerne criticamente i contenuti, sia sotto l'aspetto metodologico che operativo. Il recepimento delle indicazioni metodologiche contenute nei vari studi territoriali ha permesso e permetterà di approfondire le conoscenze delle problematiche dell'area di Carbonara, anche attraverso la definizione di ulteriori fattori di controllo della stabilità territoriale. A tal fine sono stati eseguiti rilievi geomorfologici lungo tutti i versanti, di tipo puntuale, indispensabili per ottimizzare la lettura e l'analisi territoriale a supporto di scelte e di proposte di assetto del territorio.

Il rilevamento morfologico di dettaglio, eseguito con lettura ed interpretazione di aereofoto stereoscopiche di diversa data e con estesi controlli sul territorio, integrato con le indagini geognostiche, ha confermato le caratteristiche evolutive "di fondo" dell'area, costituita dallo sviluppo, a partire da un'epoca morfologicamente recente, di una fase erosionale-deposizionale con produzione di una massa ingente di materiale detritico calcareo e la successiva migrazione dei depositi di materiale piroclastico e/o detritico verso l'area valliva e verso la zona pedemontana, secondo meccanismi di genesi gravitativa ancora attivi e con modalità di tipo diverso.

Le condizioni litostrutturali e le caratteristiche geologiche mostrano la vocazione dell'area a fenomeni di tipo frana di colata rapida di fango e/o detrito ma anche a modesti smottamenti; tali dissesti, aventi velocità attesa da media ad elevata, possono avere differenti inneschi in funzione dell'unità morfologica nella quale sono prodotti, pertanto si è realizzata la carta Geomorfologica ad ambiti chiusi. Il versante semplice, probabilmente originario, è interrotto da diversi fattori strutturali e da motivi litostratigrafici, come la presenza dei livelli più resistenti, la fascia pedemontana, di raccordo con le aree abitate, così come già detto in precedenza, è caratterizzata dalla migrazione dei materiali di accumulo legati ai fenomeni di degradazione e dilavamento del versante. In essa sono riconoscibili le relative zone di invasione, quelle relative ai margini esterni, provenienti dai lembi residui carbonatici; tali zone risultano essere interrotte da fenomeni gravitativi di tipo conoide detritico-alluvionale e detritico/fangose antiche e recenti. Sono riconoscibili diverse conoidi detritico e/o detritico-fangose, di età storica e recente, per quanto concerne le forme di accumulo

lungo i versanti, che costituiscono le aree di possibile alimentazione per i flussi di colate rapide essenzialmente detritiche, si riscontra una notevole diffusione con un'elevata variabilità delle superfici impegnate e degli spessori riconoscibili. Tali ambiti morfologici, definibili di versante planare, possono produrre fenomenologie simili a quelle incanalate ma con un'evoluzione nella zona di piedimonte differente e sicuramente meno disastrosa in termini di areale interessato.

La condizione indispensabile affinché si verifichino colate detritico e/o di detrito e fango è la presenza di materiale detritico, con particolari caratteristiche geomeccaniche, in posizione instabile o predisposto ad instabilità in aree di versante o di conca morfologica, con una determinata pendenza del substrato. Il percorso seguito dalla massa instabile fluida è prevedibile perché legato alla presenza di canali, incisioni, vallette colluviali, vallette sospese e concavità morfologiche con differente grado di leggibilità. La massa di fango viene così convogliata ai canali ed impluvi preesistenti inseriti nella morfologia locale, trascinando con sé tutti i depositi presenti ai margini del canalone. In assenza di tracce o "evidenze morfologiche dirette" di frane di colata, il riferimento morfologico viene fornito dai depositi di conoide detritico-fangose rinvenute in affioramento nel tratto terminale delle aste influenti nella valle principale o nel tratto terminale dei valloni. I depositi citati rappresentano, infatti, l'elemento morfologico di riferimento, perché il deposito dimostra che in un passato relativamente recente si sono verificati fenomeni di colata rapida di detrito e fango. In assenza di tracce o elementi morfologici diretti ed indiretti la possibilità di risalire a danni o eventi che hanno interessato alcune aree è affidata alla registrazione storica dell'evento.

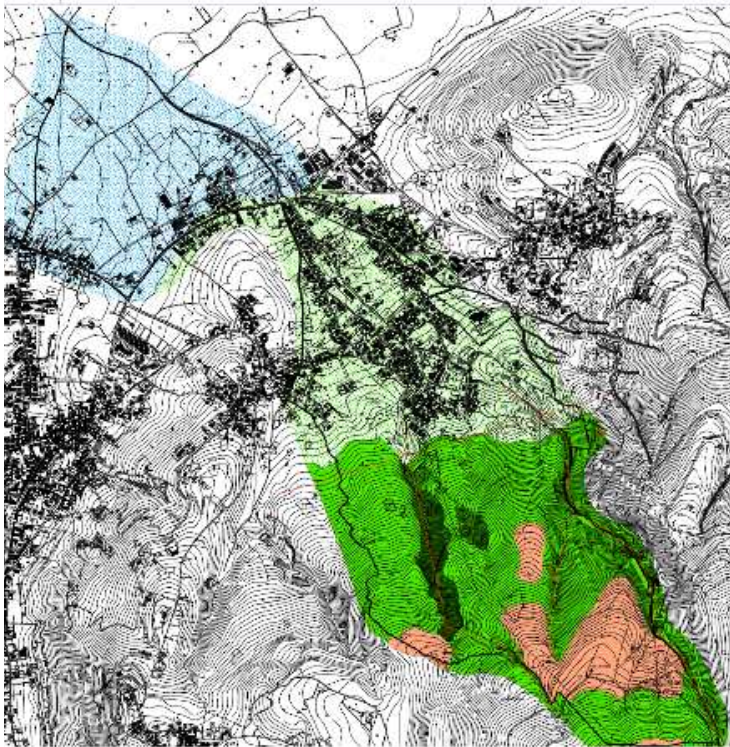
Alla luce di tali considerazioni, sono state riconosciute e cartografate (carta geomorfologica) le principali forme del rilievo e delle zone di accumulo dei depositi recenti, distinguendo gli elementi significativi per i fenomeni di trasporto detritico - fangoso, talora con deflusso incanalato, tipici delle aree con depositi piroclastici e/o detritici in copertura sul substrato carbonatico.

Pertanto, al fine di provvedere ad aggiornare le informazioni relative al tematismo della stabilità e della franosità, anche in funzione degli elaborati dei Piani Stralcio per l'Assetto Idrogeologico delle Autorità di Bacino, si è proceduto come primo alla redazione della Carta Geomorfologica finalizzata al rischio idrogeologico, grazie alla quale si ha una facile lettura della suscettibilità da frana dell'intero territorio. Il metodo ha previsto l'allestimento di carte tematiche di base (Carta geologica, Carta degli spessori delle coperture piroclastiche, Carta idrogeologica, Carta delle acclività, Carta Inventario dei fenomeni franosi – Progetto IFFI). In ognuna di esse sono

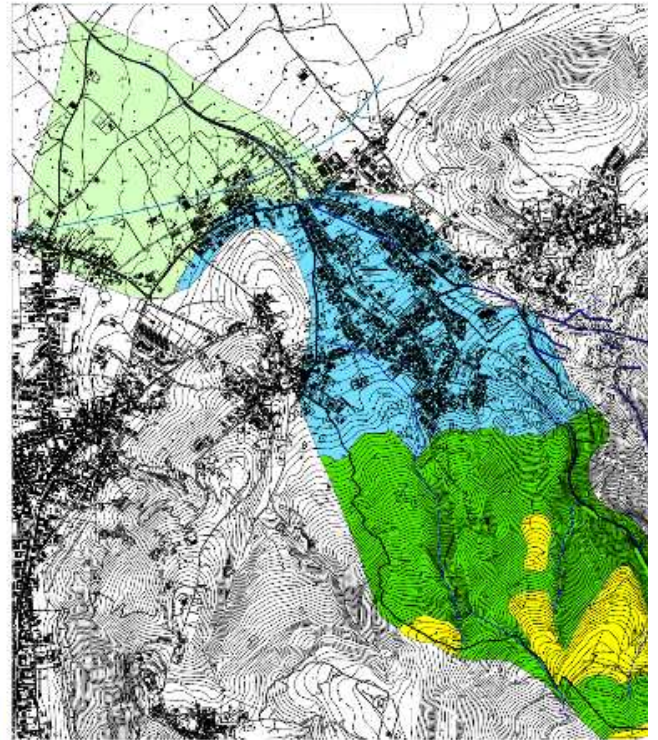
C.so Vittorio Emanuele, 39 - 83100 Avellino

geologo Enrico Spagnuolo
geologia.spagnuolo@gmail.com

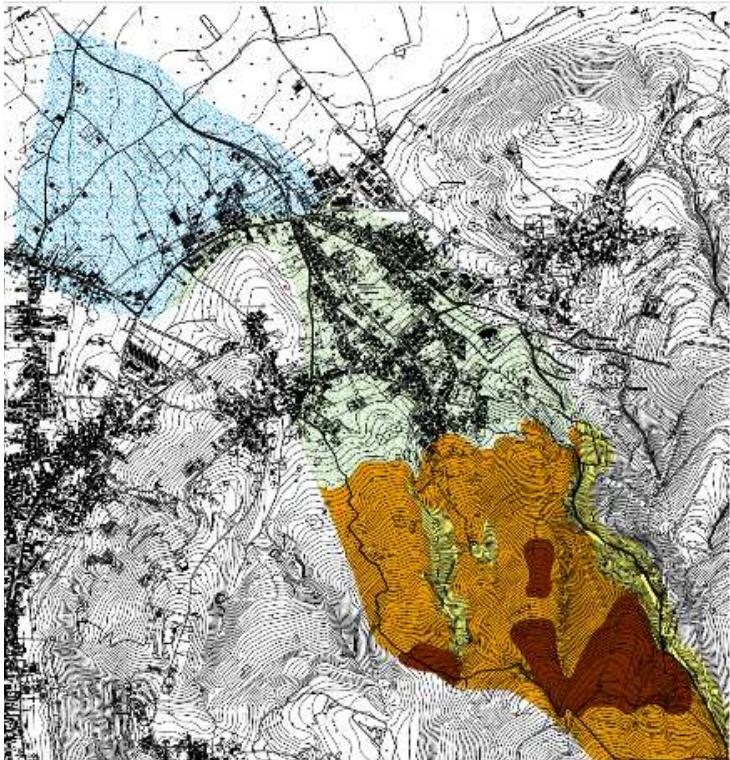
rappresentati i fattori ritenuti significativi all'innesco di colate rapide di fango e/o movimenti franosi in generale.



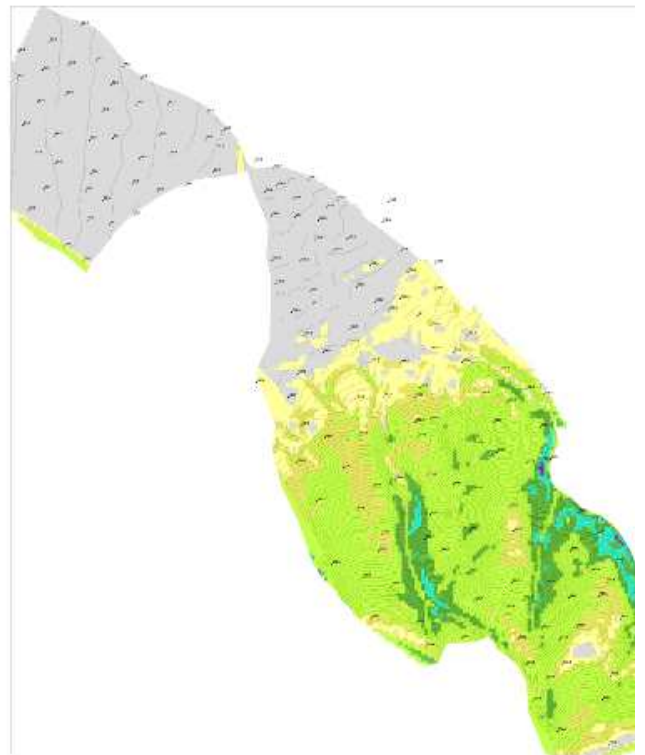
a) carta geologica



b) carta idrogeologica



c) carta degli spessori delle coperture piroclastiche



d) carta delle acclività

P.U.C. Carbonara di Nola (NA)

STUDIO GEOLOGICO-TECNICO

Nella fase successiva all'elaborazione dei tematismi di cui sopra, sono stati cartografati tutti quei fattori geo-morfologici ritenuti di maggiore criticità. Effettuate queste valutazioni si è quindi proceduto alla definizione di classi di pericolosità in funzione delle forme rilevate e cioè :

AREA STABILE:

1. superfici pianeggianti e sub pianeggianti
2. crinale
3. conoidi inattive

AREE A BASSA INSTABILITÀ POTENZIALE:

1. versanti regolari ed incisi
2. forme di accumulo e talus
3. conoidi quiescenti

AREA AD ALTA INSTABILITÀ POTENZIALE PER CONDIZIONI LITOSTRATIGRAFICHE MORFOLOGICHE ED EROSIONE:

1. alvei incanalati (compreso strade alveo) e fossi
2. pendenze maggiori di 45°/50° in rocce carbonatiche (calcari e dolomie);
3. pendenze superiori a 30° in terreni detritici (depositi di conoide antica e recente, e coperture piroclastiche);
4. forme ricavate dalla analisi geomorfologica e fotointerpretazione: Hollow, tracce di frana, conoidi attivi, ecc...

AREA DI POTENZIALE INVASIONE PER FRANA DA COLATA RAPIDA DI FANGO E/O PER EVENTI ALLUVIONALI

(colore rosso): aree di invasione congruenti con le aree individuate dall'Autorità di Bacino.

L'elaborato prodotto con la metodologia di cui sopra costituisce il riferimento per ubicare gli areali a suscettibilità nulla o molto bassa e quelli a suscettibilità molto alta, questi ultimi sono congruenti con quelli individuati dall'Autorità di Bacino.

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

La caratterizzazione geotecnica dei terreni è stata eseguita tenendo conto, chiaramente, delle varie campagne geognostiche eseguite sul territorio comunale di Carbonara di Nola, per ovvi motivi si è dato maggiore peso all'ultima campagna geognostica eseguita nel 2014 in occasione dei lavori per la sistemazione idrogeologica del reticolo idrografico del Comune di Carbonara di Nola, che sostanzialmente hanno interessato l'intero territorio comunale (Vedi Carta Ubicazione Indagini). Detta campagna di indagini è stata eseguita dalla Società I.G.E.M. Srl di San Prisco (CE), nel corso della quale sono state eseguite le seguenti indagini:

N. 14 - Sondaggi a carotaggio continuo, approfondito a quote diversificate, le cui Coordinate Geografiche sono riportate nell'allegato alla presente;

N. 40 - Prove penetrometriche dinamiche in foro S.P.T. (Standard Penetration Test), eseguite a quote diversificate, durante l'esecuzione dei sondaggi;

N. 23 - Prelievi di campioni indisturbati di terreno. I campioni, prelevati con campionatore di tipo Shelby mediante sonda idraulica cingolata a rotazione, sono stati successivamente sottoposti a prove di Laboratorio Geotecnico, i cui risultati sono riportati nei certificati allegati;

N. 10 - Prove penetrometriche dinamiche DL030, approfondite a quote diversificate;

N. 103 - Prove penetrometriche dinamiche super-pesanti DPSH, approfondite a quote diversificate;

N. 28 - Indagini sismiche:

N. 13 - Prospezioni Geofisiche Superficiali con metodologia d'Indagine Sismica a rifrazione e Tomografia Sismica;

N. 10 - Prospezioni Geofisiche Superficiali di tipo Masw;

N. 05 - Indagine Sismica in foro di tipo Down Hole.

N. 07 - Prova di permeabilità in sito di tipo Lefranc a carico variabile.

Tutti i risultati, desunti dalle indagini effettuate, compreso le indagini eseguite in occasione degli altri studi si riportano in allegato a corredo del presente fascicolo e ne costituiscono parte integrante. E' stato rilevato, inoltre, che le normali metodologie di analisi su campioni per la misura diretta dei parametri fisici non sono applicabili su alcuni dei litotipi presenti nell'area, mentre per

altri danno valori di incerta affidabilità. Inoltre l'estrapolazione del dato puntiforme di laboratorio all'intero complesso è in molti casi non attendibile. Nei terreni a componente litoide, ghiaiosi e detritici, infatti, sono praticamente impossibili sia il prelievo di campioni indisturbati, sia la determinazione di f' e c' mediante prove di laboratorio, sia la misura di densità relativa a causa della cementazione e dell'esistenza di ciottoli con diametri anche elevati presenti in percentuale variabile da punto a punto. Come si evince dai campioni prelevati e dalle litologie stratigrafiche interessate da tali prelievi, è stata data maggiore enfasi ai termini superficiali, che sono di maggiore interesse e ricadenti in parte nel centro abitato e in parte nelle potenziali future zone di pianificazione territoriale.

Complesso geotecnico quaternario

(brecce - talus detritico - conoidi detritiche antiche e recenti, deposito di piana di esondazione)

Litologicamente tali litotipi risultano alquanto eterogenei ed eterometrici, provengono dal disfacimento dei rilievi limitrofi e dai cicli erosionali deposizionali dei principali valloni, si presentano con spessori variabili anche fino a decine di metri. In questi litotipi non è possibile eseguire delle prove di laboratorio in s.s., comunque al fine di caratterizzarli, si sono eseguite correlazioni ai dati sismici e alle prove S.P.T. che hanno interessato tali litotipi. Si è inoltre osservato, che a secondo del grado di cementazione (conoidi e detrito/brecce antiche risultano pi cementate) vi è una variabilità delle onde sismiche, connessa alla presenza o meno dei livelli limo – sabbiosi ed alla presenza di percentuale di matrice fina rispetto ai clasti ciottolosi; oltre i primi metri di profondità si è rilevato un generale aumento della velocità dell'onda sismica, circostanza che evidenzia un progressivo miglioramento delle caratteristiche di resistenza dei terreni.

I valori elevati riscontrati indicherebbero un notevole grado di addensamento, anche se la presenza di blocchi grandi può aver contenuto la penetrazione alterando, così, localmente i dati delle indagini che rientrano pur sempre in indagini di tipo indirette. In ogni caso oltre i primi metri, il litotipo presenta un buono stato di addensamento ($D_r = 0,4 - 0,6$) ed angoli di attrito variabile fino a $33^\circ - 35^\circ$, le S.P.T. hanno fatto registrare spesso il rifiuto.

PNV - (depositi da caduta - vulcanoclastiti e tufo grigio)

I depositi piroclastici in questione, derivanti dall'attività vulcanica delle ultime migliaia di anni, ricoprono la maggior parte dei rilievi del territorio carbonarese con una coltre stratificata di materiali essenzialmente granulari, ma con granulometria molto differenziata (ceneri e pomici). Dal

punto di vista meccanico i fenomeni di erosione e trasporto succedutisi hanno determinato fasi di scarico tensionale-ricomprensione nei depositi di versante (dovuti a fenomeni di frana e di deposizione a seguito delle eruzioni) e compressione-rimaneggiamento in quelli pedemontani (per effetto dei fenomeni di frana o erosione e trasporto-accumulo). I terreni di copertura, ad esclusione di quelli antropici, come già detto, sono tutti di origine vulcanica a luoghi rimaneggiati, caratterizzati da una alternanza di limi, sabbie e pomici, in particolare la disposizione di tali materiali è più o meno clinostratificata rispetto all'andamento principale del sottostante substrato. In effetti tutti i sondaggi mostrano sotto il terreno vegetale eluviale con spessore variabile, la presenza di terreni vulcanoclastici prevalentemente limosi di colore bruno con intervalli di pomici minute anche con spessori centimetrici. Per quanto concerne tali materiali, granulometricamente risultano essere prevalentemente limi-sabbiosi e/o sabbie-limose a luoghi debolmente ghiaiose, l'esperienza delle numerose prove eseguite, oltre a quelle realizzate sul territorio e i dati di letteratura, restituiscono valori di γ mediamente pari a 14-16 KN/m³ con contenuti di acqua anche del 70-80%, angoli di attrito interno mediamente bassi da 21° - 23°, quando il litotipo risulta rimaneggiato, ma raggiunge anche i 30° laddove la successione è ancora in posto, la pseudo-coesione è da considerarsi nulla anche se alcune prove danno valori fino a 10 Kpa, inoltre generalmente tali litotipi risultano fortemente compressibili con moduli edometrici mediamente pari a 2500-3000 Kpa in intervalli di pressione tra 1 e 2 KPa.

Relativamente al tufo grigio, l'utilizzo di dati relative a prove S.P.T. è confortata dalle numerose esperienze personali e dalla vasta bibliografia specializzata, infatti, anche se tali prove sono per lo più indicate per terreni granulari incoerenti, trovano applicazione anche in caso di "rocce tenere" litificate che hanno una resistenza alla penetrazione del tutto simile alle "terre sciolte". Dalle analisi di laboratorio eseguite su campioni in parte tufacei è risultato un peso dell'unità di volume mediamente pari a 14-15 KN/m³, trattasi granulometricamente di sabbia e limo, mediamente porosi (circa 60%) ma con elevata saturazione (circa 80%). Per tale motivo, nelle elaborazioni dei valori di NSPT, il tufo viene considerato a coesione nulla; anche se nella realtà possiede valori anche prossimi a 10-100 Kpa. La determinazione delle caratteristiche meccaniche è stata effettuata, mediante l'elaborazione dei valori di NSPT, relativi ai pochi intervalli investigati, questi presentano una variabilità dei valori che evidenzia che il valore nullo della coesione è giustificato ed è a vantaggio della sicurezza allorquando viene utilizzato nei calcoli geotecnici. Il banco di tufo non ha caratteristiche di resistenza omogenee ma, piuttosto, legati al diverso grado di

litificazione locale della massa, è possibile adottare valori di D_r (TERZAGHI E PECK) compresi tra 0,4 e 0,8 il che fa definire il tufo grigio come un “terreno addensato”, le correlazioni di MEYERHOF e WEBB portano, rispettivamente, a valori di ϕ' compresi tra 30° e 38° ed a valori di E variabili con un minimo di 5000 Kpa, coerentemente con i dati presenti in letteratura.

Complesso geotecnico carbonatico

I rilievi eseguiti, anche nell'aree montane, hanno permesso di individuare le principali caratteristiche tecniche dell'ammasso roccioso costituito da calcari e dolomie bianche e grigie, le quali sono state tarate, vista l'estensione del territorio e la forte variabilità dello stesso, con dati noti e presenti in “letteratura” ed in altri lavori, poichè i terreni in studio, principalmente quelli più esterni, si presentano con un grado di fratturazione ed alterazione variabile.

A verifica, comunque, dei dati prelevati dalla letteratura e da altri lavori sono state consultate le stratigrafie dei sondaggi geognostici che in alcuni casi hanno interessato la formazione, al fine di stabilire il Rock Quality Designation (indice di qualità). Chiaramente, le normali metodologie di analisi su campioni per la misura diretta dei parametri fisici non sono applicabili ed inoltre l'estrapolazione del dato puntiforme di laboratorio all'intero complesso non è attendibile. Pertanto i dati considerati, verranno utilizzati per la determinazione della qualità dell'ammasso roccioso, esprimibile attraverso appositi indici che hanno lo scopo di permettere una valutazione preliminare delle caratteristiche meccaniche della roccia, resta inteso che i valori di seguito utilizzati sono valori medi applicabili all'intera formazione a grande scala, è chiaro che solo un rilievo di dettaglio dell'ammasso può individuare le reali caratteristiche del sito investigato.

Diverse sono le classificazioni tecniche note in letteratura, le più importanti delle quali sono quelle di Bieniawski (1973-1979 e successive modifiche) e di Barton (1979). Ognuna di esse fornisce un valore numerico derivato dalla somma di indici parziali stimati attraverso la valutazione qualitativa o quantitativa dei parametri e delle condizioni viste in precedenza.

Classificazione dell'ammasso roccioso

CLASSIFICAZIONE DI BARTON (SISTEMA Q)

Sviluppata nel 1974 al Norwegian Geotechnical Institute essenzialmente per l'applicazione in campo sotterraneo, negli ultimi anni è stata estesa a diversi campi e di recente, nel 2002, lo stesso Barton ha proceduto ad una revisione totale del sistema.

Il valore di Q si calcola da:

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF}$$

In cui i vari indici sono:

- RQD (Rock Quality Designation), che tiene conto della suddivisione della massa rocciosa
- J_n (Joint Set Number), che dipende dal numero di famiglie di giunti presenti nell'ammasso roccioso
- J_r (Joint Roughness Number), che dipende dalla rugosità della famiglia più sfavorevole
- J_a (Joint Alteration Number), che dipende dal grado di alterazione delle fratture, dallo spessore e dalla natura del riempimento, e che viene ugualmente determinato sulla famiglia più sfavorevole
- J_w (Joint Water Number), che dipende dalle condizioni idrogeologiche SRF (Stress Reduction Factor), che è funzione dello stato tensionale in rocce massive o dal disturbo tettonico.

Di recente Q è stato normalizzato nei confronti della resistenza a compressione monoassiale della roccia:

$$Q_c = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF} \times \frac{\sigma_c}{100}$$

Le tabelle che seguono indicano i coefficienti numerici che vengono assegnati ai vari parametri in funzione di dati medi di letteratura.

CALCOLO DEI PARAMETRI DELLA CLASSIFICAZIONE DI BARTON

Input dati per la definizione di **Q**

- lunghezza totale del tratto di carota in cui si effettuano le misure (L_t)
- somma delle lunghezze degli spezzoni di carota > 100 mm (L_c)

C.so Vittorio Emanuele, 39 - 83100 Avellino

- serie di discontinuità principali
- spaziatura media della famiglia principale
- giunti scabri o irregolari, ondulati
- giunti leggermente alterati o con spalmature di materiale non plastico
- acqua assente o scarsa, localmente
- singole zone di debolezza con argilla o roccia chimicamente disgregata

Risultati per la definizione di Q

Parametri

RQD	Jn	Jr	Ja	Jw	SRF
60	4	3	2	1	5

Indice Q e classe di ammasso roccioso

Indice Q	Classe	Descrizione
4/5	V	Mediocre

Indice Q normalizzato nei confronti della resistenza alla compressione uniassiale della roccia

Resistenza alla compressione uniassiale (MPa)	Indice Qc
50/80	3 - 4

Caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso

Componente attrattiva (°)	Componente coesiva CC (MPa)	Modulo Deformazione Statico (Gpa)
50°	1,5 - 2	10 - 15

Chiaramente, i dati indicati, sono significativi per studi a grande scala, come quelli di pianificazione territoriale, dell'ammasso roccioso carbonatico presente, localmente pertanto, per definire un corretto dimensionamento delle opere e una precisa caratterizzazione, risulta necessario un rilievo geomeccanico specifico, in quanto le numerose fratture e giunti presenti, in particolar modo nella porzione più esterna, potrebbe portare a situazioni puntuali con valori differenti, anche minori rispetto alla classificazione a scala di pianificazione eseguita. Si prescrive, comunque, in fase di realizzazione di Piani Esecutivi o di esecuzione di opere private di verificare puntualmente le caratteristiche geotecniche dei terreni, per meglio definire i parametri di portanza e la profondità di posa o ancoraggio delle fondazioni, come prescritto al punto 6.2.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 17/01/2018).

CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

CARTA DELLA MICROZONAZIONE DEL TERRITORIO IN PROSPETTIVA SISMICA

Le indagini geofisiche esistenti sul territorio e realizzate negli anni passati, prevalentemente con prospezioni di tipo rifrazione (basate essenzialmente sulla velocità delle onde P), correlate direttamente con le resistenze penetrometriche e con i sondaggi geognostici, sono state integrate, con le prove, eseguite dalla Società I.G.E.M. Srl e quelle eseguite nell'ottobre 2022 per il P.U.C. dal sottoscritto insieme al geologo Luca Guarino necessarie per la definizione della velocità delle onde S nei primi 30 metri e più, queste sono:

- a) N. 13 Prospezioni Geofisiche Superficiali con metodologia di indagine sismica a Rifrazione e Tomografia Sismica;
- N. 5 DOWN HOLE, che realizzate nei fori di sondaggio hanno permesso sulla base della stratigrafica di ricostruire i passaggi sismostratigrafici e i relativi contrasti di impedenza tra i litotipi superficiali e quelli profondi;
- N. 16 stendimenti sismici di tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) che hanno permesso di rilevare le velocità di trasmissione nel sottosuolo delle onde sismiche longitudinali (onde primarie) V_p e delle onde sismiche trasversali (onde secondarie) V_s , queste ultime utili sia

per l'individuazione delle categorie di suolo dei terreni presenti sul territorio comunale attraverso l'analisi del Vseq, sia per la microzonazione in prospettiva sismica.

Nel complesso, queste hanno permesso di fornire una prima caratterizzazione sismica, utile come strumento di pianificazione, dei terreni affioranti nel territorio comunale di Carbonara di Nola, nonché di determinare i parametri dinamici caratteristici che sono stati associati ai sismostrati individuati.

La **classificazione sismica** del territorio nazionale ha introdotto **normative tecniche** specifiche per le costruzioni di edifici, ponti ed altre opere in aree geografiche caratterizzate dal medesimo rischio sismico. In basso è riportata la **zona sismica** per il territorio di Carbonara di Nola, indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale della Campania n. 5447 del 7.11.2002

Zona sismica 2	Zona con pericolosità sismica media dove possono verificarsi forti terremoti.
-----------------------	--

I criteri per l'aggiornamento della mappa di **pericolosità sismica** sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'**accelerazione orizzontale massima** (a_g) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

<i>Zona sismica</i>	<i>Descrizione</i>	<i>accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [a_g]</i>	<i>accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche) [a_g]</i>	<i>numero comuni con territori ricadenti nella zona (*)</i>
1	Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti.	$a_g > 0,25 \text{ g}$	0,35 g	703
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	$0,15 < a_g \leq 0,25 \text{ g}$	0,25 g	2.224
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	$0,05 < a_g \leq 0,15 \text{ g}$	0,15 g	3.002
4	E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.	$a_g \leq 0,05 \text{ g}$	0,05 g	1.982

In particolare, con l'entrata in vigore del su citato D.M., la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido viene definita mediante un approccio “sito dipendente” e non più tramite un criterio “zona dipendente”. Ciò comporta delle non trascurabili differenze nel calcolo dell'accelerazione sismica di base rispetto alle precedenti normative. Per microzonazione sismica si intende l'individuazione, nell'area investigata, di varie zone aventi caratteristiche di omogeneità, mediante caratterizzazioni quantitative e semi - quantitative delle risposte dinamiche locali. Il quadro normativo, in tema di Pianificazione Urbanistica e Costruzioni ha subito, negli ultimi anni, un travagliato processo evolutivo nell'adeguamento alla norma europea di riferimento (Eurocodice 8). Tale adeguamento è partito con l'Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri del 20 marzo 2003 n. 3274, successivamente modificata dal Testo Unico sulle Costruzioni 14/09/2005, poi integralmente sostituito dall'ultimo D.M. Infrastrutture emanato il 14/01/2008 e quindi dal D.M. 17.01.2018. Tutte le normative citate fanno riferimento, ai fini della valutazione dell'azione sismica di progetto, alla definizione del quadro morfologico e stratigrafico che contribuisce alla ricostruzione della “pericolosità sismica di base ” del sito di costruzione. Nella nuova normativa per valutare se un'opera strutturale è sicura bisogna far riferimento a degli stati limite che possono verificarsi durante un determinato periodo di riferimento della stessa opera. Quindi per poter stimare l'azione sismica, che dovrà essere utilizzata nelle verifiche agli stati limite o nella progettazione, bisognerà stabilire:

- in primo luogo la vita nominale dell'opera, che congiuntamente alla classe d'uso, permette di determinare quel periodo di riferimento;
- una volta definito il periodo di riferimento e i diversi stati limite da considerare, una volta definite le relative probabilità di superamento, è possibile stabilire il periodo di ritorno associato a ciascun stato limite;
- a questo punto è possibile definire la pericolosità sismica di base per il sito interessato alla realizzazione dell'opera, facendo riferimento agli studi condotti sul territorio nazionale dal Gruppo di Lavoro 2004 nell'ambito della convenzione-progetto S1 DPC-INGV 2004-2006 e i cui risultati sono stati promulgati mediante l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) 3519/2006. Nelle NTC18 il periodo di riferimento, che non può essere inferiore a 35 anni, è dato dalla seguente relazione: $V_R = V_N \times C_U$ (2.1)

dove: V_R = periodo di riferimento V_N = vita nominale C_U = coefficiente d'uso

La vita nominale di un'opera strutturale V_N , secondo le NTC18, è definita come il numero di anni nel quale la struttura, purchè soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata e viene definita attraverso tre diversi valori, a seconda dell'importanza dell'opera e perciò delle esigenze di durabilità:

- $V_N \leq 10$ anni per le opere provvisorie, provvisionali e le strutture in fase costruttiva che però abbiano una durata di progetto ≥ 2 anni.
- $V_N \geq 50$ anni per le opere ordinarie, ponti, infrastrutture e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale.
- $V_N \geq 100$ anni per grandi opere, ponti, infrastrutture e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso. Le NTC18 prevedono quattro classi d'uso a ciascuna delle quali è associato un valore del coefficiente d'uso:

- Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli. $C_U = 0.7$;
- Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti. $C_U = 1.0$;
- Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso. $C_U = 1.5$;
- Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie, ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di

acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica. $CU = 2.0$.

Una volta ottenuti V_N e C_U , è possibile calcolare il periodo di riferimento V_R .

Le NTC18 prendono in considerazione 4 possibili stati limite (SL) individuati facendo riferimento alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti: due sono stati limite di esercizio (SLE) e due sono stati limite ultimi (SLU). Uno stato limite è una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per la quale è stata progettata. Più in particolare le opere e le varie tipologie strutturali devono essere dotate di capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (sicurezza nei confronti di SLE) e di capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e di dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone o comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera (sicurezza nei confronti di SLU).

Gli stati limite di esercizio sono:

- Stato Limite di Operatività (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- Stato Limite di Danno (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

· Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le NTC18, in presenza di azioni sismiche, richiedono le verifiche allo SLO solo per gli elementi non strutturali e per gli impianti di strutture di classi d'uso III e IV (NTC18, punto 7.1). Lo SLO si utilizza anche come riferimento progettuale per quelle opere che devono restare operative durante e subito dopo il terremoto. Le verifiche allo SLC sono, invece, richieste solo per le costruzioni o ponti con isolamento e/o dissipazione (NTC18, punto 7.10).

Ad ogni stato limite è associata una probabilità di superamento PVR (tabella), ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento V_R , si verifichi almeno un evento sismico ($n \geq 1$) di ag prefissata (ag = accelerazione orizzontale massima del suolo) avente frequenza media annua di ricorrenza $\lambda = 1/TR$ (TR = periodo di ritorno).

stati limite e rispettive probabilità di superamento, periodo di riferimento V_R

Stati limite			PVR
Stati limite di esercizio	Stato limite di operatività	SLO	81%
	Stato limite di danno	SLD	63%
Stati limite ultimi	Stato limite di salvaguardia della vita	SLV	10%
	Stato limite di prevenzione del collasso	SLC	5%

Fissati V_R e PVR associata ad ogni stato limite, è possibile calcolare il periodo di ritorno dell'azione sismica TR , espresso in anni, mediante l'espressione riportata nell'Allegato A delle NTC18:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} \quad (3.1)$$

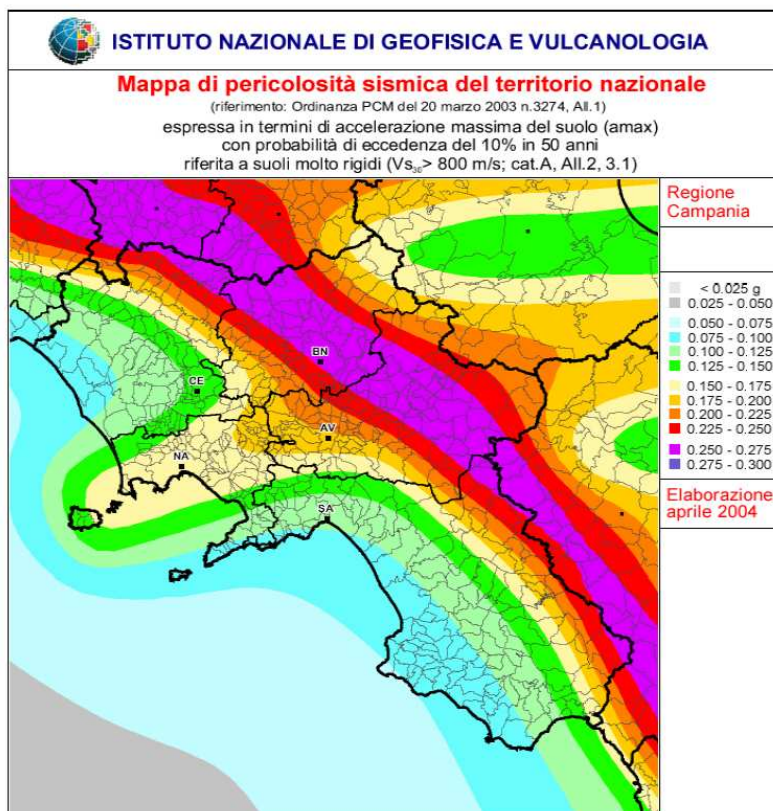
Tale relazione tra PVR (probabilità) e TR (statistica) risulta biunivoca poiché utilizza la distribuzione discreta Poissoniana.

stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento VR

Stati limite			T_R
Stati limite di esercizio	Stato limite di operatività	SLO	30
	Stato limite di danno	SLD	50
Stati limite ultimi	Stato limite di salvaguardia della vita	SLV	475
	Stato limite di prevenzione del collasso	SLC	975

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse per una determinata probabilità di superamento, si può ritenere definita quando vengono designati un'accelerazione orizzontale massima (a_g) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale.

Per poter definire la pericolosità sismica di base le NTC18 si rifanno ad una procedura basata sui risultati disponibili dalla mappa della pericolosità sismica realizzata dall'INGV, che per la Campania è rappresentata dallo stralcio di seguito allegato.



Secondo le NTC18 le forme spettrali sono definite per 9 differenti periodi di ritorno TR (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni) a partire dai valori dei seguenti parametri riferiti a terreno rigido orizzontale, cioè valutati in condizioni ideali di sito, definiti nell'Allegato A alle NTC18:

- a_g = accelerazione orizzontale massima;
- F_o = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I tre parametri si ricavano per il 50° percentile ed attribuendo a:

- a_g , il valore previsto dalla pericolosità sismica S1
- F_o e T_C^* i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previsto dalle NTC18 scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica S1 (il minimo è ottenuto ai minimi quadrati, su valori normalizzati).

I valori di questi parametri vengono forniti in una tabella contenuta nell'Allegato B delle NTC18, per i 10751 punti di un reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio nazionale, identificati dalle coordinate geografiche longitudine e latitudine, per diversi periodi di ritorno e per ogni nodo del reticolo che viene identificato da un ID.

Qualora la pericolosità sismica del sito sul reticolo di riferimento non consideri il periodo di ritorno TR corrispondente alla VR e PVR fissate, il valore del generico parametro p ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione, a partire dai dati relativi ai tempi di ritorno previsti nella pericolosità di base, utilizzando l'espressione presente nell'Allegato A alle NTC18.

PERICOLOSITA' SISMICA DI SITO

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Per la singola opera o per il singolo sistema geotecnico la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A, definito al § 3.2.2).

I coefficienti sismici orizzontale K_h e verticale K_v dipendono del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi e del tipo di opera da calcolare. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno (TR) dell'evento sismico che è valutato come segue: $TR = -VR/\ln(1-PVR)$

Con VR vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso VR non può essere inferiore a 35 anni.

Nel caso di stabilità dei pendii i coefficienti K_h e K_v sono così determinati:

$$K_h = \beta_s \times (a_{max}/g)$$

$$K_v = 1 + 0,5 \times K_h$$

con β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

I valori di β_s sono riportati nella tabella seguente:

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

L'accelerazione di picco a_{max} è valutata mediante un'analisi di risposta sismica locale, ovvero come:

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_s \cdot S_T \cdot a_g$$

dove:

- S è il coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_s) e dell'amplificazione topografica (S_T), di cui al paragrafo 3.2.3.2;

· a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Se $\alpha \times \beta \leq 0,2$ deve assumersi $k_h = 0,2 \times a_{max}/g$.

ZONAZIONE SISMOGENETICA E STORIA SISMICA

Negli ultimi anni, e fino al 2002, la zonazione sismogenetica ZS4, ha rappresentato il punto di riferimento per la maggior parte delle valutazioni di pericolosità sismica nell'area italiana, gli sviluppi più recenti delle conoscenze in materia di sismogenesi hanno evidenziato alcune inconsistenze di tale modello che hanno portato a disegnare una nuova zonazione denominata ZS9.

Le zone sismogenetiche sono state individuate dal Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, la più recente zonazione è quella definita dalla sigla ZS9 del 2004, la zonazione ZS9, riportata in Figura, è costituita da 42 zone sorgente i cui limiti possono essere indicati in colore nero o blu, i limiti neri si riferiscono a limiti il cui tracciamento dipende esclusivamente da informazioni tettoniche o geologiche, i limiti blu si riferiscono invece a suddivisioni di zone con uguale stile deformativo ma con diverse caratteristiche della sismicità (per esempio diversa magnitudo massima rilasciata ecc).

Per ognuna delle zone sismogenetiche, è stato possibile definire la distribuzione della magnitudo FM(m), determinata da una relazione tra il numero di eventi e l'intensità (o magnitudo) denominata relazione di ricorrenza, questa è in genere rappresentata dalla relazione di Gutenberg-Richter.

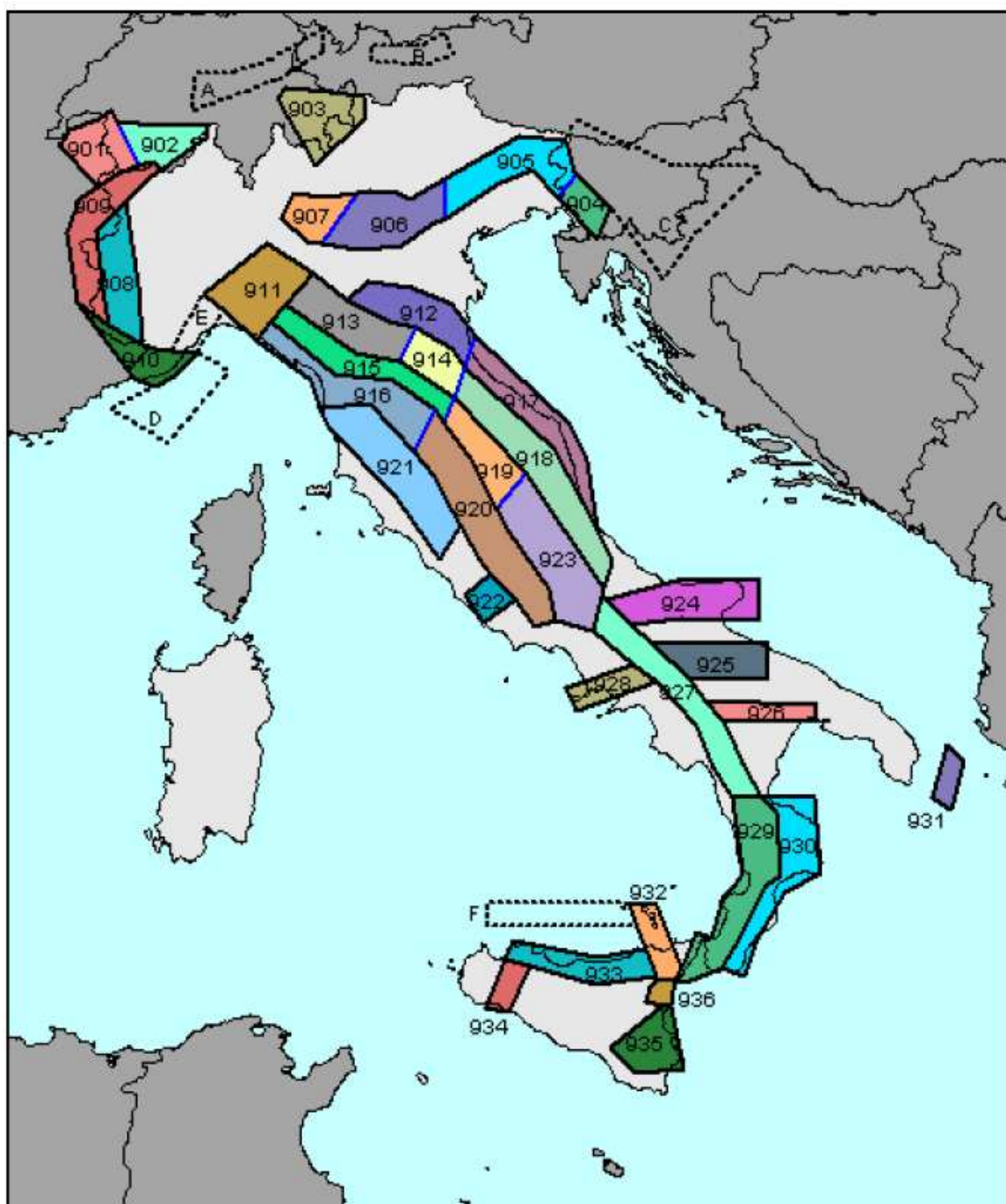


Fig. n. 10 - Zonazione sismogenetica ZS9 che ha sostituito quella vecchia ZS4

Sulla base di un modello che rappresenti la variazione dell'intensità macrosismica con la distanza dall'epicentro, generalmente è possibile affermare che gli effetti del terremoto diminuiscono allontanandosi dall'area epicentrale, tuttavia, in presenza di particolari condizioni geologiche e morfologiche (condizioni locali) si possono avere fenomeni di amplificazione difficilmente rappresentabili attraverso un modello matematico.

Si è stabilita quindi una relazione che meglio riproduca gli effetti realmente osservati in occasione di eventi sismici del passato, la variazione di intensità macrosismica è fornita tramite una relazione di attenuazione della PGA (Peak Ground Acceleration, accelerazione di picco al suolo) funzione della magnitudo M e della distanza del sito in esame dalla sorgente sismica; in letteratura sono disponibili molte relazioni di attenuazione (il compendio di Douglas del 2004 ne annovera oltre 160), il metodo di scelta della giusta relazione in genere si basa sulla scelta della relazione che è stata elaborata sulla base dei dati riguardanti la regione oggetto di studio. Le relazioni di attenuazione usate più frequentemente sono, in Europa, quella di Ambraseys e, in Italia, quelle di Trento e di Sabetta - Pugliese. Per il territorio di Carbonara di Nola, è possibile assumere, accelerazioni al suolo (g), funzione della Magnitudo e della distanza dalle due sorgenti sismogenetiche più prossime al comune la 927 (Sannio – Irpinia - Basilicata) la 928 che racchiude l'area vulcanica del distretto Ischia – Vesuvio – Campi Flegrei.

Così, secondo il rapporto conclusivo del gruppo di lavoro per la redazione della Mappa di Pericolosità Sismica, la zona **927** include l'area caratterizzata dal massimo rilascio di energia legata alla distensione generalizzata che, a partire da ca. 0.7 Ma, ha interessato l'Appennino meridionale (es. Patacca et al., 1990). Tale zona comprende tutte le precedenti zone di ZS4 coincidenti con il settore assiale della catena, fino al confine calabro-lucano (massiccio del Pollino). Quest'ultimo settore (zona 64 in ZS4) non è caratterizzato dalla forte sismicità propria di altre aree incluse nella zona-sorgente **927**. Dalle analisi paleosismologiche emerge tuttavia un potenziale sismogenetico confrontabile con quello dell'Irpinia e della Val d'Agri (Michetti et al., 1997; Cinti et al., 1997). La zona 57 di ZS4, corrispondente alla fascia costiera tirrenica, è stata in gran parte cancellata. La parte rimanente è rappresentata nella zona **928**. Infatti si ritiene che, in caso di zonazione della fascia tirrenica, la sismicità non sarebbe tale da consentire una definizione affidabile dei tassi di sismicità. Peraltro, il contributo che verrebbe alla PGA sarebbe del tutto trascurabile rispetto agli effetti che su questa stessa zona verrebbero dall'attivazione di sorgenti nella zona **927**. Per valutare in maniera cautelativa la pericolosità sismica dell'area napoletana si è

invece deciso di estendere verso l'Appennino la zona 56 di ZS4, modificata in **928** nella presente proposta. Tale zona include così parte dei terremoti che prima ricadevano nella zona 57.

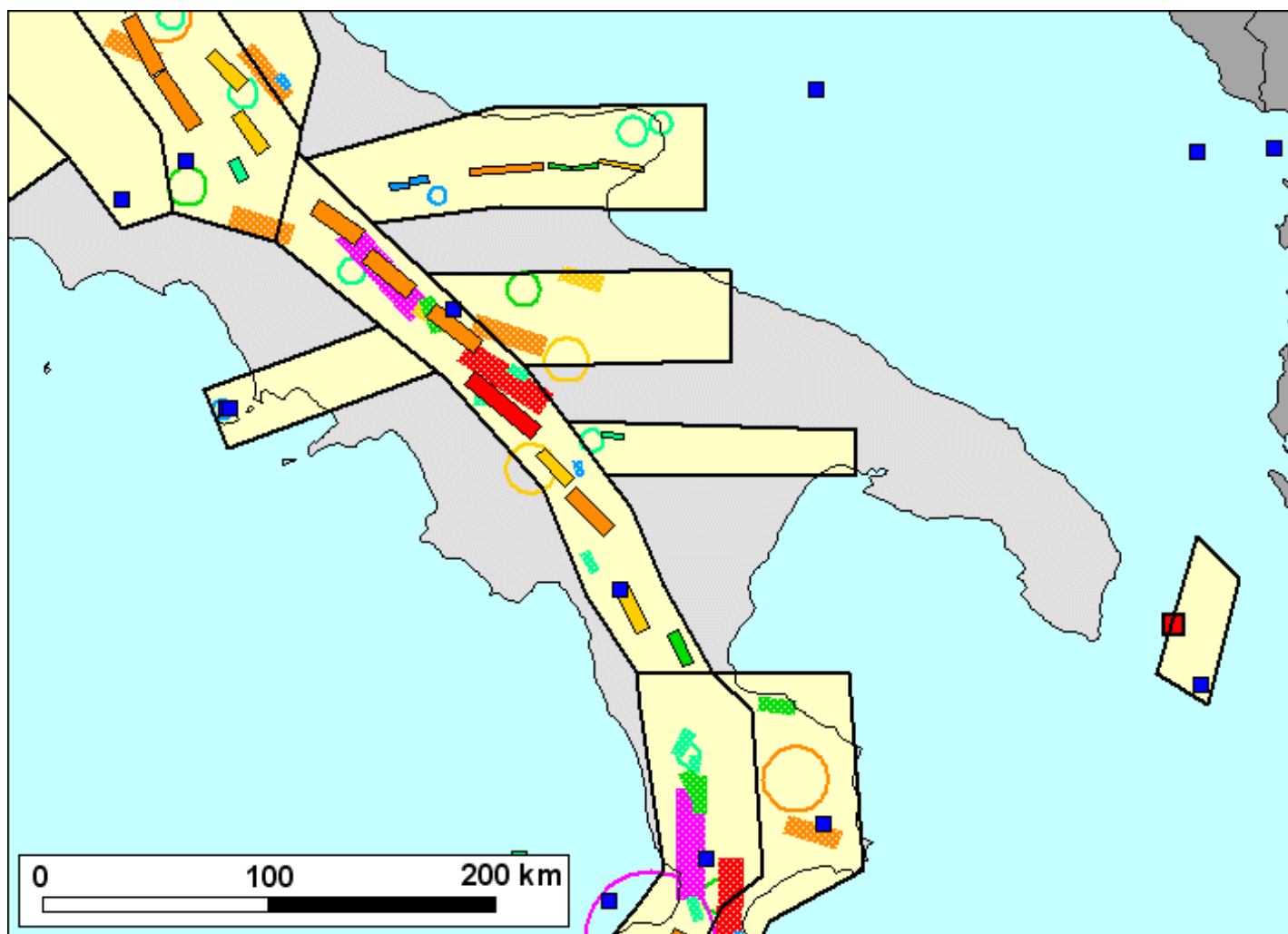


Figura 11 - Zonazione sismogenetica ZS9 per l'Appennino meridionale e l'avampaese apulo (bordi in nero) a confronto con la distribuzione delle sorgenti sismogenetiche contenute nel database DISS 2.0.

Di seguito sono riportati gli eventi sismici più significativi che hanno interessato l'area in studio, tratti dal catalogo parametrico dei terremoti italiani (Gruppo CPTI – ING – GNDT – SGA – SSN:Bologna 1999)

Anno	mese	giorno	ora	min	Località	Io	A/g	Lat	Lon	M	dist epic.
346					Sannio	9	0,0628	41,38	14,43	6	83
375					Benevento	9	0,1019	41,13	14,78	6	51
848	6				Sannio	9	0,0512	41,48	14,27	6	102
989	10	25			Irpinia	9	0,0854	41,02	15,17	6	61
1293	9	4			Sannio	8,5	0,1484	41,3	14,55	5,9	32
1315	12	3	9	30	Italia centrale	9	0,0285	42	13,97	6	183
1349	9	9	9		Lazio merid.- Molise	10	0,0804	41,48	14,07	6,62	109
1456	12	5			Molise	10	0,1510	41,302	14,711	6,96	77
1456	12	5			Beneventano	10	0,1620	41,15	14,867	6,6	53
1517	3	17			Ariano Irpino	8	0,0606	41,15	15,08	5,57	60
1561	8	19	14	10	Vallo di Diano	9,5	0,0712	40,52	15,48	6,36	99
1688	6	5	15	30	Sannio	11	0,1340	41,28	14,57	6,72	71
1694	9	8	11	40	Irpinia-Basilicata	10,5	0,1255	40,88	15,35	6,87	86
1702	3	14	5		Beneventano-	9,5	0,1414	41,12	14,98	6,32	48
1732	11	29	7	40	Irpinia	10,5	0,1697	41,08	15,05	6,61	51
1805	7	26	21		Molise	10	0,0808	41,5	14,47	6,57	104
1853	4	9	12	45	Irpinia	9	0,0715	40,82	15,22	5,9	67
1910	6	7	2	4	Irpinia-Basilicata	8,5	0,0493	40,9	15,42	5,87	95
1930	7	23	0	8	Irpinia	10	0,1046	41,05	15,37	6,72	91
1962	8	21	18	19	Irpinia	9	0,1195	41,13	14,97	6,19	51
1980	11	23	18	34	Irpinia-Basilicata	10	0,1443	40,85	15,28	6,89	76

Pertanto in funzione della zona di interesse e dei seguenti elementi progettuali, che vanno definiti dal progettista dell'opera a farsi:

Vita nominale (V_n): [anni]

Classe d'uso:

Coefficiente d'uso (C_u):

Periodo di riferimento (V_r): [anni]

è possibile calcolare la Pericolosità Sismica di Sito (coefficienti sismici, spettri di risposta elastici e quelli di progetto), che è anche funzione delle eventuali amplificazioni stratigrafiche (SS) e topografiche (ST), che come detto in precedenza vanno ricavate, caso per caso con la realizzazione di indagini dirette e di sito e non possono essere ricavate da quelle della carta di microzonazione sismica; che come detto in precedenza e come meglio definito nel paragrafo successivo rappresenta uno strumento di riferimento solo a scala di pianificazione e non di singolo intervento, come tra l'altro richiesto dalle norme vigenti in materia.

Risultati ottenuti dalle prospezioni sismiche:

Le **down-hole**, eseguite dall'Impresa di sondaggi I.G.E.M. Srl, per i lavori di sistemazione idrogeologica del reticolo idrografico, nei fori di sondaggio S1; S3; S5; S6 e S7, appositamente condizionati con un tubo in PVC, hanno riportato i seguenti parametri elastici:

FORO S1**MODELLO STRATIGRAFICO E PARAMETRI ELASTICI**

	Spessore	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Coeff. di poisson σ	Peso/Volume γ (g/cm ³)	Modulo di Young (Kg/cm ²) E	Modulo di Taglio G (Kg/cm ²)	Modulo compressibilità volumetrica K (Kg/cm ²)
Primo strato	3.00	511.90	171.30	0.44	2.00	1687	587	4458
Secondo strato	6.00	912.14	262.25	0.45	2.00	4003	1376	14806
Terzo strato	3.00	291.88	152.35	0.31	2.00	1219	464	1085
Quarto Strato	10.00	1116.81	427.94	0.41	2.00	10358	3663	20062

FORO S3**MODELLO STRATIGRAFICO E PARAMETRI ELASTICI**

	Spessore	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Coeff. di poisson σ	Peso/Volume γ (g/cm ³)	Modulo di Young (Kg/cm ²) E	Modulo di Taglio G (Kg/cm ²)	Modulo compressibilità volumetrica K (Kg/cm ²)
Primo strato	3.00	388.97	109.06	0.46	2.00	693	238	2709
Secondo strato	5.00	604.46	223.75	0.42	2.00	2845	1001	5972
Terzo strato	5.00	589.68	261.07	0.38	2.00	3757	1363	5137
Quarto Strato	3.00	1520.46	570.60	0.42	2.00	18461	6509	37557
Quinto Strato	3.00	1940.69	454.47	0.47	2.00	12153	4131	69618
Sesto Strato	11.00	1741.53	763.80	0.38	2.00	32224	11668	45102

FORO S5**MODELLO STRATIGRAFICO E PARAMETRI ELASTICI**

	Spessore	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Coeff. di poisson σ	Peso/Volume γ (g/cm ³)	Modulo di Young (Kg/cm ²) E	Modulo di Taglio G (Kg/cm ²)	Modulo compressibilità volumetrica K (Kg/cm ²)
Primo strato	3.00	391.49	189.67	0.35	2.00	1938	719	2106
Secondo strato	8.00	1068.11	223.96	0.48	2.00	2963	1003	21479
Terzo strato	4.00	363.29	192.60	0.30	2.00	1936	742	1650
Quarto Strato	4.00	347.59	213.65	0.20	2.00	2184	913	1199
Quinto Strato	11.00	1448.25	606.92	0.39	2.00	20532	7367	32126

FORO S6**MODELLO STRATIGRAFICO E PARAMETRI ELASTICI**

	Spessore	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Coeff. di poisson σ	Peso/Volume γ (g/cm ³)	Modulo di Young (Kg/cm ²) E	Modulo di Taglio G (Kg/cm ²)	Modulo compressibilità volumetrica K (Kg/cm ²)
Primo strato	3.00	331.89	205.48	0.19	2.00	2008	844	1077
Secondo strato	8.00	1011.87	573.92	0.26	2.00	16639	6588	11694
Terzo strato	4.00	1676.40	493.86	0.45	2.00	14170	4878	49702
Quarto Strato	8.00	1449.84	638.73	0.38	2.00	22513	8159	31162
Quinto Strato	7.00	1429.96	775.26	0.29	2.00	31058	12021	24868

FORO S7**MODELLO STRATIGRAFICO E PARAMETRI ELASTICI**

	Spessore	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Coeff. di poisson σ	Peso/Volume γ (g/cm ³)	Modulo di Young (Kg/cm ²) E	Modulo di Taglio G (Kg/cm ²)	Modulo compressibilità volumetrica K (Kg/cm ²)
Primo strato	5.00	577.23	222.57	0.41	2.00	2799	991	5343
Secondo strato	4.00	1274.77	262.84	0.48	2.00	4084	1382	30659
Terzo strato	4.00	1253.21	536.28	0.39	2.00	15966	5752	23742
Quarto Strato	9.00	1062.48	360.63	0.43	2.00	7465	2601	19109
Quinto Strato	8.00	890.59	424.53	0.35	2.00	9754	3604	11057

Le **MASW**, eseguite rispettivamente dall'Impresa di sondaggi I.GE.M. Srl, per i lavori di sistemazione idrogeologica del reticolo idrografico, e dal geologo Luca Guarino, hanno riportato le seguenti Categorie di Suolo:

MASW	Vseq	Categoria di Suolo
SS 1	277	C
SS 2	321	C
SS 3	243	C
SS 4	306	C
SS 7	433	B
SS 8	590	B
SS 9	462	B
SS 10	306	C
SS 11	196	C
SS 12	305	C
M 1		
M 2		
M 3		
M 4		
M 5		
M 6		

I risultati ottenuti, sostanzialmente, confermano, l'assetto geologico e geomorfologico dell'area investigata, infatti, le categorie di suolo ottenute sono la "B" e la "C". I suoli C, affiorano prevalentemente nell'area di Glacis sub-pianeggiante e sui conoidi alluvionali a composizione maggiormente sabbioso limoso, nelle zone apicali e in subordine distali. I suoli B invece, li

troviamo alla base dei versanti, nella fascia di raccordo tra la piana e il pendio, su litotipi principalmente detritici. Tali categorie di suolo, sono confermate anche dalle down-hole realizzate.

ZONAZIONE SISMICA (MOPS) E GEOMORFOLOGICA

Secondo quanto esposto nei paragrafi precedenti, tenendo conto di tutte le considerazioni descritte e definite in funzione delle caratteristiche geologiche e sismiche, è stato possibile suddividere il territorio in “zone” che, per caratteristiche morfoevolutive, sismiche e geotecniche, mostrano il maggior grado di omogeneità. Nel ribadire l’incertezza dei limiti della zonazione (eterogeneità areale e verticale), si raccomanda l’accertamento in sito delle condizioni tipiche delle zone d’appartenenza. La carta della zonazione sismica riporta, a tale scopo, una sintesi della zonazione geolitologica e geomorfologica, al fine di permettere un’adeguata previsione di indagini di dettaglio in funzione dell’importanza delle strutture da realizzare e degli obiettivi che s’intenderà perseguire nell’utilizzazione del territorio. Risulta evidente, che per le aree ricadenti, in zone con vincoli sovracomunali con valore sovraordinato, in particolare per le aree perimetrate a rischio e pericolosità sia da frana che idraulico nell’ambito del PSAI redatto dall’ Autorità di Bacino, si deve fare riferimento, relativamente alle zone omogenee e alla pianificazione prevista nel PUC, alle relative Norme di Attuazione e laddove sono consentiti gli interventi, a quelle di salvaguardia emanate a corredo dello stesso PSAI.

Relativamente agli aspetti sismici e di microzonazione, per le possibili classi di suolo individuate in sito, e in funzione delle caratteristiche morfologiche dei siti analizzati legati al contributo morfologico dell’amplificazione sismica, il valore relativo all’amplificazione sismica locale da adottare nei successivi calcoli dello spettro elastico locale di progetto, varia in funzione della tipologia dell’opera, della classe di utilizzo e quindi dello stato limite di progetto (funzione del tempo di ritorno). Sulla base delle tipologie previste nel piano, e sulla scorta delle possibili classi d’uso dei successivi interventi a farsi, l’Amplificazione Sismica Locale, su sottosuolo di categoria A, B, ecc. e categoria topografica T1,T2, ecc., tende a variare in funzione dello stato limite considerato, questa chiaramente andrà verificata con ulteriori indagini specifiche in sito, sismiche e

geologiche come richiesto dalle nuove norme tecniche vigenti (DM218 e s.m.i.). Pertanto, valutati i parametri spettrali a_g , F_0 e T^*c per il sito di progetto (approccio “sito-dipendente”), corretti per il calcolo del periodo di ritorno necessario, incrementati per l’amplificazione stratigrafica e topografica e sulla base della classe d’uso della costruzione, sarà possibile definire gli spettri orizzontali e verticali, necessari per la stima dell’azione sismica di progetto delle singole opere a farsi. Le indagini specifiche eseguite, integrate con le indagini sismiche esistenti e realizzate nel corso degli anni, ha permesso di redigere la carta in prospettiva sismica classificando i suoli secondo la nuova normativa tecnica vigente e nel rispetto della norma regionale 9/83. Nello specifico, le risultanze dei parametri sismici integrati con i rilievi geomorfologici e di stabilità del territorio, hanno permesso di definire le prescrizioni e le raccomandazioni per la zona classificata, anche in accordo con quanto indicato dalla Regione Campania – A.G.C. LL.PP. – Settore Geologico Regionale, nelle Linee Guida finalizzate alla mitigazione del Rischio sismico - Indagini ed Analisi Geologiche, Geofisiche e Geotecniche – Zonazione Sismica.

Pertanto, la carta in prospettiva sismica che riporta la microzonazione dell'intero territorio comunale in scala 1:5.000, in funzione delle attività e/o infrastrutture previste ha consentito di giungere all'obiettivo finale di definire la suscettibilità:

- alla amplificazione del segnale sismico
- alla liquefazione
- alla instabilità dei pendii naturali

L’approccio utilizzato, integrazione dei dati geolitologici, geomorfologici e dei dati sismici di campagna, ha quindi permesso la redazione di una carta in scala 1:5.000 che rispetta anche quanto previsto dalla normativa regionale 9/83 che riporta la “categoria di suolo media della Microzona” e quindi il relativo fattore di incremento da applicare, nelle varie Microzone o Sottozone individuate. E’ da sottolineare che, nello spirito della normativa, tale suddivisione del territorio rappresenta una sottozonazione sismica a carattere ancora generale, a livello cioè di pianificazione del territorio e non può, né vuole, rappresentare una specifica e corretta identificazione della categoria di terreno presente nell’immediato sottosuolo di uno specifico sito.

I valori di “ V_{seq} ” determinati nei punti di rilevamento (vedi carta ubicazione indagini) sono stati infatti estrapolati nelle diverse aree sulla base anche della litologia affiorante e, come è ben comprensibile, possono solo essere rappresentativi di situazioni non particolari, ma generali, come è

appunto negli obiettivi di una Microzonazione in prospettiva sismica di un territorio Comunale o di una porzione di esso. La delimitazione delle aree omogenee dal punto di vista sismico, è stata basata sulle caratteristiche e sui limiti della litologia affiorante e dei “morfotipi”, desunti dalle varie carte tematiche, e successivamente, in base ai detti valori di velocità sismica V_{seq} , è stata redatta una carta delle microzone omogenee, come prevista dalle linee guide della Protezione Civile Nazionale – Carta di Livello 1.

Così per una stima della vulnerabilità territoriale o locale, oltre ad applicare un coefficiente di amplificazione sensibile agli effetti topografici, si è tenuto conto delle diverse situazioni geologico-geomorfologiche, litologiche e strutturali del territorio comunale. A questo proposito, nella figura sottostante è stato riportato un generico scenario geologico-strutturale tale da indurre un’amplificazione naturale delle sollecitazioni sismiche e causare anche fenomeni di pericolosità e/o instabilità.

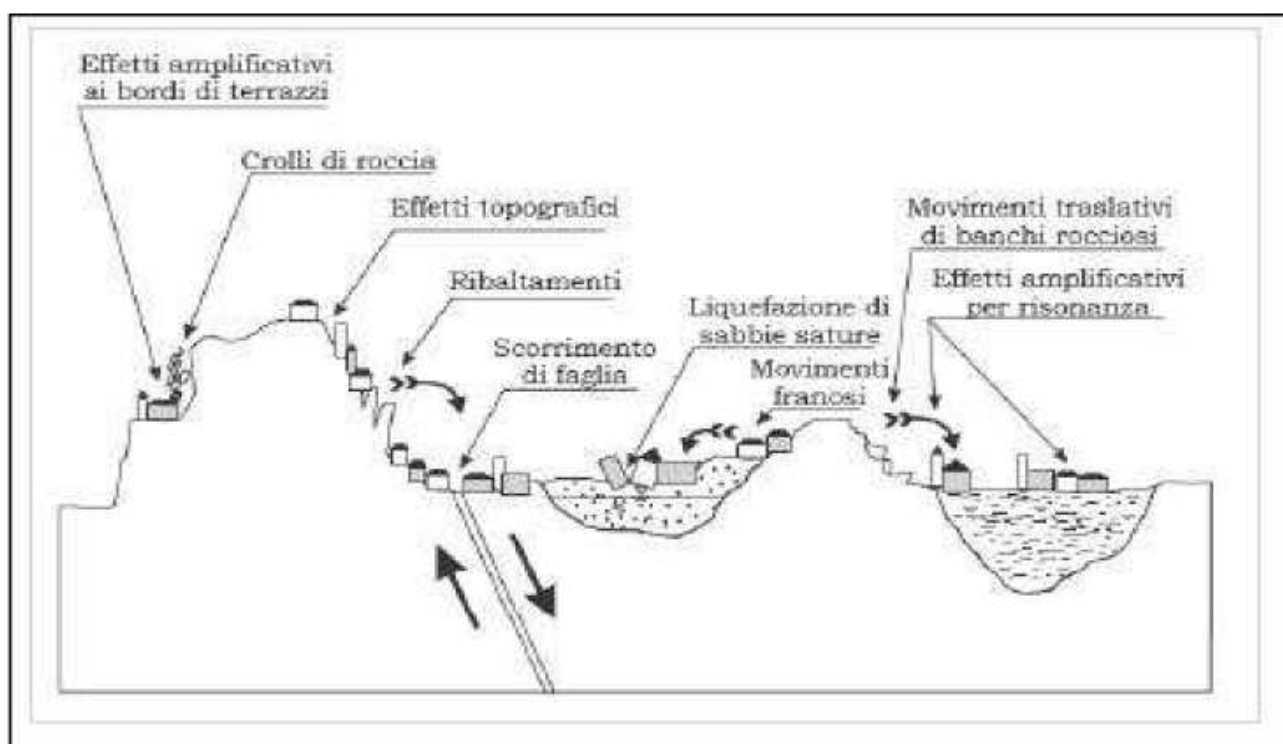


Figura 12 - Differenti scenari di “Pericolosità” locale (Crespellani, 1999)

Tutto ciò ha portato alla suddivisione del territorio in 4 zone + 2 sottozone, come riportato nella **Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica** e coerentemente con quanto definito dalla pubblicazione indirizzi e criteri per la microzonazione sismica – Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dipartimento della Protezione Civile – cap. 2.3. Procedura per la stesura delle M.O.P.S. di livello 1, si fa presente che nel territorio comunale di Carbonara di Nola non si sono riscontrate zone stabili con assenza di amplificazioni topografiche e stratigrafiche. Pertanto, ai fini delle destinazioni previste dal Piano Urbanistico Comunale, gli interventi, sia di nuova costruzione che di recupero e consolidamento strutturale di quelli esistenti, sono da considerarsi compatibili con il rischio sismico presente e rilevato nell'area, sempre che ci si attenga alle raccomandazioni e alle prescrizioni legate alla microzona individuata, ad eccezione di quelle classificate come ZONE INSTABILI (o meglio ancora a quelle classificate a pericolosità e rischio elevato e molto elevato nel PSAI P3/R3 e P4/R4), per le quali solo a seguito di approfondimenti è possibile stabilire la loro utilizzazione, anche in funzione di interventi di mitigazione sismica e/o idrogeologica. Resta inteso che, in sede successiva, durante le varie fasi progettuali definite dalla L. 109/94, deve essere effettuata la determinazione attenta delle caratteristiche del terreno della singola opera a farsi, secondo le procedure di valutazione della risposta sismica del sito e sulla base di indagini che permettano una corretta valutazione del modello geolitologico e sismico del sottosuolo interessato dalle fondazioni e dalla realizzazione delle opere a farsi. Tra l'altro, i terreni potenzialmente interessati dalle opere di fondazione, non essendo riconducibili a situazioni tipo di "grave pericolosità sismica" non sono pertanto da escludere quali siti di costruzioni, resta chiaro che, sarà necessario e indispensabile uno studio di Risposta Sismica Locale con procedure di indagine e di analisi di maggiore dettaglio così come d'altro canto prevede la normativa sismica oggi in vigore.

In definitiva, quindi si sono individuate le zone sismiche omogenee, le cui norme di attuazione sono riportate nel paragrafo successivo – PERICOLOSITA' SISMICA a cui si rimanda per maggiori dettagli. Inoltre, al fine di ottemperare a quanto previsto dalla nuova normativa si è provveduto, in questa fase di microzonazione, a indicare le amplificazioni di sito delle aree in funzione del tipo di suolo e della categoria topografica, indicando come suolo di partenza ad incremento uno quello di tipo "A" e considerando le possibili tipologie di opere e la relativa classe di utilizzo. La dipendenza dello spettro di risposta elastico dalle caratteristiche geosismiche o comunque dinamiche dei terreni di fondazione, sembrerebbe aver superato i problemi di genericità e di scarsa attenzione alle problematiche geolitologiche, geosismiche e geotecniche, che pur

tantissima e preponderante influenza hanno sulla Risposta di Sito, riscontrati nelle leggi antisismiche precedenti. E' da sottolineare, infatti, che già la precedente normativa in materia della Regione Campania (L.R. 9/83 art.14 e seg.) prevedeva, per le indagini a scopo antisismico in un sito ove era ubicata o doveva esser ubicata una costruzione, la valutazione sperimentale delle caratteristiche sismiche dei terreni fino ad una profondità di 20-40 metri. Ciò evidentemente allo scopo di procedere, utilizzando tale dato, alla modulazione della funzione di risposta $R(T)$ che la legge definiva specificamente in Ampiezza, R , ed in Periodo, T , per il basamento rigido, e di individuare così i periodi per i quali si sarebbero potute avere particolari amplificazioni del segnale sismico in superficie in presenza di terreni di copertura non rigidi.

La Microzonazione sismica deve tener conto di quanto espressamente citato nella su indicata legge regionale 9/83 relativamente alla programmazione dell'uso del territorio ed ai Piani Regolatori Generali (Piani Urbanistici Comunali) e nella più recente normativa della Regione Campania (Delibera n. 5447 G. R. Campania del 07/11/2002; Delibera n. 248 G. R. Campania del 24/01/2003; Delibera n. 334 G. R. Campania del 31/01/2003; Delibera n. 816 G. R. Campania del 10-6-2004) riguardante la zonazione del territorio in prospettiva sismica, ma essere anche congrua ed omogenea con quanto previsto dalla Ordinanza 3274 e dalle Nuove Norme Tecniche relativamente alle costruzioni ed ai relativi siti. I valori di incremento assegnati alle singole "Microzone" individuate possono quindi essere anche essi resi congrui con quanto disposto dalla normativa vigente, considerando soltanto i fattori di incremento del livello massimo raggiunto dallo spettro elastico relativo alle varie Categorie di suolo rispetto a quello riferito alla Categoria di suolo A. Ovviamente non si vuole qui definire la specifica forma spettrale che caratterizza il sito (cosa che si farà successivamente in sede di valutazione della Risposta Sismica di Sito), ma solo dare una valutazione generale del livello massimo dell'amplificazione dell'evento sismico che si avrà nella sottozona individuata rispetto a quello che si avrà nelle altre sottozone ove affiori il basamento o in ogni caso affiori un mezzo rigido. L'uso del territorio, oltre a far riferimento a quanto previsto dalla carta della microzonazione sismica, deve considerare i caratteri geologici e geomorfologici di ogni singolo morfotipo riportato nella carta geomorfologica e le implicazioni tecniche che lo stesso ha rispetto al suo utilizzo, in poche parole una visione di uso razionale e corretto del territorio non può prescindere dagli aspetti evolutivi delle forme geologiche che lo compongono, anche nel rispetto di quanto previsto nel PSAI. Pertanto la compatibilità urbanistica, oltre a considerare quanto riportato nel paragrafo PERICOLOSITA' SISMICA, deve considerare anche l'effetto che ogni singolo intervento attua sul sistema morfoevolutivo naturale, quindi alle norme di attuazione sismiche

P.U.C. Carbonara di Nola (NA)

vanno integrate, oltre a quelle contenute nel PSAI, quelle riportate nel paragrafo PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA, norme a cui bisogna attenersi per ogni intervento a farsi.

PERICOLOSITA' SISMICA (MOPS)

La sintesi di tutte le informazioni derivanti dallo studio di MS di livello 1 ha consentito di valutare le condizioni di pericolosità sismica del territorio comunale studiato secondo i seguenti gradi di pericolosità.

PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE MEDIA

Aree stabili suscettibili di amplificazioni locali topografiche e stratigrafiche dove l'edificazione è consentita ad esclusione di quelle aree a pericolosità/rischio riportate e normate dall'Autorità di Bacino competente nel relativo Piano Assetto Idrogeologico.

Nelle zone stabili suscettibili di amplificazione locali che sono caratterizzate da contrasti di impedenza sismica tra coperture e substrato, deve essere realizzata una campagna di indagini geofisica (ad esempio profili sismici a riflessione/rifrazione, prove sismiche in foro, profili MASW) e geotecniche (ad esempio sondaggi geognostici) che definisca spessori, geometrie e velocità sismiche dei litotipi sepolti al fine di valutare l'entità del contrasto di rigidità sismica dei terreni tra coperture e bedrock sismico. In presenza di zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse, deve essere realizzata una campagna di indagini geofisiche di superficie che definisca geometrie e velocità sismiche dei litotipi posti a contatto al fine di valutare l'entità del contrasto di rigidità sismica, è opportuno che tale ricostruzione sia tarata mediante indagini geognostiche dirette.

In tali aree edificabili risulta importante il riconoscimento delle frequenze di risonanza principali dei terreni in sito, che permettono di indicare le tipologie edilizie che potranno subire la massima amplificazione del moto del suolo per effetto della doppia risonanza. E' noto che la frequenza di risonanza di un edificio è governata principalmente dall'altezza e può essere pertanto calcolata, e poiché la frequenza fondamentale di risonanza del terreno è anch'essa facilmente calcolabile attraverso idonea prova HVSR, si può ricavare una relazione tra il numero di piani dell'edificio e la frequenza propria dei terreni in sito, che è funzione del loro spessore. Pertanto

risulta fondamentale la misura in sito di tali parametri al fine di stabilire un'altezza del fabbricato compatibile con le frequenze di risonanza del sito.

Nelle aree di piedimonte, di raccordo con i versanti (talus, conoidi detritiche e colluviali, ecc.), per quanto attiene alla caratterizzazione geofisica, è preferibile l'utilizzo di prove geofisiche di superficie capaci di effettuare una ricostruzione bidimensionale del sottosuolo orientate in direzione del maggior approfondimento del substrato geologico e/o sismico. A questa area a PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE MEDIA appartengono n. 4 zone diversificate tra di loro in funzione del tipo di amplificazione topografica (da verificare caso per caso con un adeguato rilievo topografico) e di amplificazione stratigrafica, che a scala comunale sono state così suddivise:

ZONA 1a

Aree suscettibili ad amplificazione topografica ossia aree con presenza di ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, localizzate in limitate aree lungo i versanti carbonatici, con bancate significative e in assenza di alterazioni e/o fratturazioni significative, dove è possibile localmente raggiungere velocità delle $V_{seq} > 800$ m/sec. - **Cat. suolo A.** Dette aree comprendono anche gli ammassi rocciosi con spessori di copertura fino ai 2,00 metri, che sono facilmente asportabili.

ZONA "1b"

Aree suscettibili ad amplificazione stratigrafica e topografica ossia aree con presenza di ammassi rocciosi sub - affioranti o terreni molto rigidi, localizzate in limitate aree lungo i versanti carbonatici, con spessore delle coperture 2 - 5,00 metri, dove è possibile localmente raggiungere velocità delle $V_{seq} > 800$ m/sec..

- 1) **Cat. Suolo A (con asportazione totale della copertura piroclastica)**
- 2) **Cat. Suolo E (senza asportazione totale della copertura piroclastica)**

ZONA “1c”

Aree suscettibili ad amplificazione stratigrafica e topografica ossia aree con presenza di ammassi rocciosi o terreni molto rigidi, localizzate in limitate aree lungo i versanti carbonatici, con spessore delle coperture piroclastiche (PNV) > 5,00 metri. - **Cat. Suolo E**

ZONA “2”

Aree suscettibili ad amplificazione stratigrafica e topografica ossia rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti con velocità $360 < V_{seq} < 800$ m/sec. - **Cat. Suolo B**

ZONA “3”

Aree suscettibili ad amplificazione stratigrafica e topografica ossia depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con velocità $180 < V_{seq} < 360$ m/sec. - **Cat. Suolo C**

ZONA “4”

Area di piana, caratterizzata da terreni in parte di origine fluvio-alluvionale, recenti e antichi, vanno realizzate adeguate indagini geognostiche e geotecniche finalizzate al calcolo del coefficiente di sicurezza relativo alla possibilità di liquefazione dei terreni, in presenza di sabbie monodimensionali (ricadenti nei fusi granulometrici previsti dal DM 2018 in funzione del coefficiente di uniformità U_c). Gli approfondimenti previsti, qualora si intenda utilizzare procedure di verifica semplificate, comprendono in genere indagini convenzionali in sito (sondaggi, SPT, CPT) e analisi di laboratorio (curve granulometriche, limiti di Atterberg, ecc.). Nel caso di opere di particolare importanza, si consiglia fortemente l'utilizzo di prove di laboratorio per la caratterizzazione dinamica in prossimità della rottura (prove triassiali cicliche di liquefazione e altre eventuali prove non standard finalizzate all'effettuazione di analisi dinamiche). Trattasi di aree suscettibili ad amplificazione stratigrafica ossia depositi di terreni a grana piccola

mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con velocità $180 < V_{seq} < 360$ m/sec. - **Cat. Suolo C** e/o con $100 < V_{seq} < 180$ m/sec. - **Cat. Suolo D**.

Si ribadisce, comunque, che le categorie di sottosuolo e quindi le amplificazioni stratigrafiche come anche quelle topografiche, sono a scala di pianificazione e pertanto non vanno utilizzate come dato per la progettazione di qualunque tipologia di intervento, per il quale si necessita di specifiche indagini in sito sismiche, come d'altronde previsto dalla normativa.

PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA

Di seguito sono riportate le indicazioni geologico-tecniche a cui fare riferimento per un corretto uso del territorio in funzione della sua naturale morfoevoluzione, precisando inoltre, che le stesse di seguito fornite, a scala di piano comunale, sono di rango inferiore, e quindi sono applicabili solo laddove l'intervento a farsi risulta compatibile con la pericolosità sismica dell'area e con le norme di attuazione del PSAI dell'Autorità di Bacino Regionale Centrale della Campania.

Pertanto il territorio è stato suddiviso in quattro categorie a differente grado di suscettibilità morfoevolutiva, ognuna delle categorie raggruppa i morfotipi presenti sulla tavola geomorfologica finalizzata al rischio idrogeologico, a cui si rimanda, in base alla loro storia geologica e alla loro pericolosità evolutiva.

Unità morfologiche e forme associate di genesi complessa

-  Crinale, crinale molto serrato
-  superficie a debole pendenza
-  ripiano intermedio
-  Piana alluvionale

Idrografia

-  alveo fluviale o torrentizio
-  terrazzo fluviale recente

Forme a controllo litostrutturale

-  versante strutturale - faccetta triangolare
-  versante fluvio denudazionale di bacino imbrifero di basso ordine gerarchico
-  versante o scarpata di degradazione soggetta a crollo (con ipotetiche traettorie)

Forme fluviali e di versante dovute al dilavamento (erosione e depositi)

-  aree eluvio-colluviali in concavità morfologiche -zob
-  vallecola o fosso in approfondimento
-  vallecola colluviale
-  conoide colluviale
-  conoide detritico alluvionale attivo
-  conoide detritico alluvionale inattivo
-  Settore di glacis alluvio-colluviale interessato da diffusi fenomeni di deiezione
-  Conoide alluvionale quiescente
-  Conoide alluvionale quiescente, reinciso
-  Superficie di erosione carsica e/o fluvio-denudazionale

ELEVATA

1. Alveo fluviale o torrentizio
2. Vallecola o fosso in approfondimento
3. Terrazzo fluviale recente
4. Forme di versante dovute alla gravità (franosità recente e antica)
5. Conoidi detritico alluvionale attivo e quiescente
6. Aree eluvio-colluviali in concavità morfologica - Zero Order Basin

Aree ad elevata evoluzione morfologica per le quali qualunque intervento richiede uno studio geomorfologico di dettaglio, basato su indagini geognostiche finalizzate alla comprensione dello stato di attività del morfotipo interessato e di quelli significativi che influenzano l'area di studio o meglio ancora, per le Zero Order Basin e per le cornici di morfo selezione soggette a crolli, l'influenza che queste hanno sulle zone presenti immediatamente a valle (zone di transito e possibile accumulo, pertanto impatto sull'urbanizzato esistente e/o di progetto). Per i morfotipi, afferenti a problematiche di tipo alluvionale in s.l. (1-2-3), va considerata la possibilità che su un determinato periodo di ritorno, l'area possa essere interessata da fenomeni alluvionali, detritico alluvionali o erosivi. Per le aree antropicamente modificate, con presenza di riporti significativi, l'uso del territorio è subordinato alla verifica di tali materiali e dei rapporti stratigrafici con i terreni naturali, le opere vanno realizzate con un grado di sicurezza rapportato alla problematica riscontrata a seguito di studi di dettaglio. Per le aree con caratteristiche morfologiche legate a genesi gravitativa, avvenute in ambiente prevalentemente terrigeno (4), gli interventi sono consentiti solo a seguito di studi di dettaglio preliminari (finalizzati alla comprensione del fenomeno e del suo stato di attività o delle possibili interferenze/compatibilità con la destinazione/intervento finale del sito), solo laddove risulta dallo studio di dettaglio, indispensabile, l'uso del territorio è subordinato alla realizzazione di adeguate opere di mitigazione, queste ultime, vanno realizzate e collaudate prima di qualunque intervento a farsi e sempre nel rispetto delle norme sovracomunali di Bacino (realizzando opportune compatibilità idrogeologiche, quando, le norme del PSAI AdB Campania Centrale lo richiedono). Per le aree pedemontane di conoide e le relative zone di alimentazione (5 - 6), visto la presenza nelle aree montane di coperture detritiche e piroclastiche ancora significative, lo studio va esteso a tutta la possibile zona di alimentazione presente a monte (vallone, zob e bacino imbrifero) con l'ausilio di modellazioni numeriche, anche per quelle zone non perimetrate dal PSAI a

pericolosità/rischio Elevato e/o Molto Elevato. Per la determinazione della suscettività all'innesco si consiglia un approccio metodologico basato sull'integrazione tra i classici metodi della geomorfologia e geologia applicata con i modelli distribuiti di stabilità (es. tipo SINMAP, Pack et al. 1998 e/o SHALSTAB, Montgomery & Dietrich 1998). Per la verifica della suscettività al transito ed invasione è possibile, verificare se eventi di neoformazione ripercorrono o vadano oltre le forme geomorfologiche (conoide) avvenute e riconosciute, attraverso l'utilizzo di metodologie semiquantitative (tipo es. angle of reach) lungo settori pedemontani omogenei, e con modelli fisicamente basati (es. Flow-2D, Trent-2D, ecc.) nelle aree di bacino con canali mono e pluricorsuali.

MEDIO-ALTA

- Conoide alluvionale quiescente e detritico alluvionale inattivo
- Fianco di reincisione di conoide
- Glacis alluvio – colluviale interessato da diffusi fenomeni di deiezione
- Versante fluvio_denudazionale di bacino imbrifero

Aree con possibile evoluzione morfologica medio-alta, per le quali qualunque intervento, richiede uno studio di compatibilità geomorfologica che dimostri, sulla base di indagini geognostiche di dettaglio, che l'intervento a farsi non è soggetto a fenomeni di instabilità nell'arco del periodo di riferimento delle opere a farsi (vita nominale dell'insediamento). Per le aree di conoide e di talus, lo studio va esteso a tutta la possibile zona di alimentazione presente a monte (vallone, zob e bacino imbrifero) anche con l'ausilio di modellazioni numeriche come per le aree a suscettibilità morfoevolutiveelevata.

MEDIO - BASSA

- Rilievo isolato e ripiano intermedio montuoso
- Glacis d'accumulo

- Conoide colluviale
- Vallecola colluviale
- Versante litostrutturale – faccetta triangolare
- Piana alluvionale
- Conoide alluvionale inattivo

Aree con evoluzione morfologica medio-bassa, caratterizzate da cicli evolutivi continui, spesso impercettibili, che in caso di utilizzo antropico potrebbero evolvere a situazione di pericolosità, pertanto per tali aree si ritiene necessario lo studio della stabilità prima e dopo l'opera, basato su dati e indagini specifiche e di dettaglio, in ottemperanza alle norme tecniche vigenti, al fine di dimostrare la stabilità globale del manufatto a farsi nel contesto morfoevolutivo presente e futuro, per le aree di piana prossime all'idrografia superficiale vanno eseguite anche verifiche relative a possibili fenomeni di esondazione in funzione dei tempi di ritorno.

BASSA

- Crinale, crinale molto serrato e superficie a bassa pendenza
- Ripiano intermedio

Aree ad elevata maturità morfologica, spesso a debole pendenza, caratterizzate da una bassa evoluzione in atto e/o potenziale, per le quali gli interventi a farsi sono subordinati alle norme tecniche vigenti in materia e allo studio delle aree di possibile influenza, immediatamente a monte per quanto concerne i ripiani intermedi o a valle relativamente alle zone di crinale.

CONCLUSIONI

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Carbonara di Nola, è stato redatto lo studio geologico di supporto al redigendo P.U.C., condotto sull'intera superficie del territorio mediante rilievi, raccolta di dati, misurazioni, verifiche tecniche specifiche ed una campagna geognostica-sismica. Sono state affrontate le tematiche territoriali attinenti l'assetto geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico sia nell'ottica di costituire una prima e complessiva caratterizzazione di riferimento e di base per eventuali sviluppi di approfondimenti specifici, che dovessero essere intrapresi nell'ambito comunale, sia sotto il profilo di costituire il presupposto di indirizzo nello sviluppo dell'azione urbanistica che di gestione della risorsa territoriale.

Quanto effettuato ha seguito i riferimenti normativi nazionali e regionali attualmente vigenti nel settore della pianificazione urbanistica con riferimento agli aspetti territoriali esaminati; nello sviluppo della azione di studio è peraltro stato tenuto conto, raccordandosi in modo organico, degli strumenti conoscitivi e valutativi attinenti il P.T.C. provinciale e le cartografie del P.I.T. regionale, talora acquisendo da essi utili dati che sono venuti a far parte integrante di quanto redatto a scala di P.U.C., talora confrontandosi con essi e, seguendone gli indirizzi, sviluppando rilievi, analisi e verifiche in approfondimento e dettaglio per giungere ad una caratterizzazione territoriale ritenuta adeguata agli scopi pianificatori.

Nello sviluppo dell'analisi territoriale relativa alle condizioni di pericolosità per motivi alluvionali e di stabilità geomorfologica, è stato tenuto conto delle documentazioni e normative redatte dall'Autorità di Bacino Regionale Centrale della Campania.

Il quadro di sintesi delle problematiche territoriali è stato effettuato redigendo le Carte delle MOPS, in scala 1:5.000, per l'intero territorio comunale, la carta presenta diversi scenari di pericolosità sismica locale che tiene in considerazione sia le problematiche di amplificazione sismica che quelle legate alla morfoevoluzione del territorio, facendo riferimento ai morfotipi omogenei individuati. Resta inteso, che sussiste comunque l'obbligo di eseguire approfondimenti di 3° livello in fase di pianificazione esecutiva (PUA, ecc.) e/o di progettazione edilizia, in tutti gli ambiti. Il presente studio, costituisce uno strumento per la pianificazione territoriale, e non può essere utilizzato per i singoli interventi che dovranno essere analizzati puntualmente mediante indagini geologiche specifiche programmate secondo le precisazioni contenute nelle N.T.A. del PSAI e secondo le indicazioni dei D.M. L.L.P.P. 11/03/88 e ss.mm.ii. (DM 17/01/2018).

C.so Vittorio Emanuele, 39 - 83100 Avellino

geologo Enrico Spagnuolo
geologia.spagnuolo@gmail.com

Così, lo studio relativo alla pericolosità sismica locale evidenzia come l'intero territorio comunale sia soggetto a fenomeni di amplificazione locale generati dalle caratteristiche litologiche dei terreni presenti e dalla loro possibile evoluzione, anche in presenza di interventi antropici. Per tale ragione, qualsiasi trasformazione d'uso del suolo legata alla realizzazione di opere strategiche e rilevanti dovrà essere preventivamente accompagnata da una valutazione della pericolosità sismica locale di 3° livello finalizzata a definire l'azione sismica di progetto.

Carbonara di Nola, novembre 2022

Il Tecnico Incaricato

geologo Enrico Spagnuolo

firmato digitalmente