



CITTA' DI ERCOLANO

(CITTA' METROPOLITANA DI NAPOLI)

COMUNE DI ERCOLANO (NA) - SETTORE PIANIFICAZIONE URBANISTICA - Corso Resina, 39 - 80056 Ercolano (NA) Tel. 081 7881223 - pec: protocollo.ercolano@legalmail.it

PIANO URBANISTICO COMUNALE

(L.R. 16 del 22/12/2004 e s.m.i. R.R. n°5 del 04/08/2011 e s.m.i.)

DISPOSIZIONI PROGRAMMATICHE - FASE OPERATIVA

(ex art.3. co.3 lett.b) L.R. 16/2004)

PUC

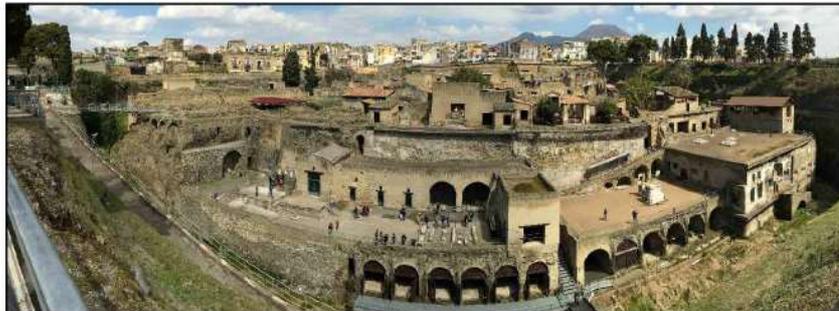
2024

avv. **Ciro Buonajuto**
Sindaco

ing. p.t. **Gioacchino Acampora**
Assessore all' Urbanistica

dott. **Michele Simeone**
Consigliere Delegato

1:10.000 1:7000 1:6000 1:5000 1:2000



RELAZIONE GEOLOGICA

PROGETTO URBANISTICO : SETTORE GESTIONE DEL TERRITORIO - SERVIZIO PIANIFICAZIONE URBANISTICA
SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE : STUDIO CASTIELLO PROJECTS S.R.L. (D.T. arch. Pio Castiello - collab. : arch. Pierfrancesco Rossi - pianific. Nicola Addabbo)
STUDIO GEO-SISMICO : dott. geol. Vincenzo BOSSO
PIANO ZONIZZAZIONE ACUSTICA : ing. Valerio D'ANNA
STUDIO AGRONOMICICO : dott. agr. Sergio FIORENZA
STUDIO REDAZIONE VIncA : prof. dott. agr. ANTONIO DI GENNARO

PROGETTO URBANISTICO

SETTORE GESTIONE DEL TERRITORIO - SERVIZIO PIANIFICAZIONE URBANISTICA
(Dirigente) (Responsabile Unico del Procedimento)
arch. **Olimpio DI MARTINO** ing. p.t. **Andrea COSTABILE**

SUPPORTO AL RUP
arch. **Agostino Di Lorenzo**

SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE
STUDIO CASTIELLO PROJECTS s.r.l.
(D.T. arch. Pio CASTIELLO)

Sommario

1. Introduzione	3
2. Modalità di svolgimento dell'incarico	5
3. Descrizione delle caratteristiche geologiche-strutturali generali regionali	7
3a Vulcanismo campano	10
3b Il complesso vulcanico Somma-Vesuvio	10
3c Storia eruttiva del Vesuvio	13
4. Cenni storici ed inquadramento climatico del territorio comunale	Errore. Il segnalibro non è definito.
5. Inquadramento geologico, vulcanologico, morfologico, idrogeologico ed idrologico del territorio comunale	Errore. Il segnalibro non è definito.
6. Rischio idrogeologico del territorio comunale	40
7. Descrizione dei caratteri sismici e tettonici dell'area	51
7a Pericolosità sismica di base	Errore. Il segnalibro non è definito.
7b Rischio maremoto	65
8. Rischio vulcanico	69
9. Caratteristiche geotecniche e sismiche dei terreni	73
10. Criteri e modalità di esecuzione delle carte tematiche	87
11. Stabilità geologica del territorio	125
12. Conclusioni	127

Allegati:

- Allegato 1 – Sondaggi, prove penetrometriche e sismiche, analisi e prove di laboratorio eseguite del dott. Geol. Vincenzo Bosso
- Allegato 2 - Prove CPT eseguite nell'ambito della redazione della Relazione geomorfologica sulla natura dei terreni del territorio di Ercolano (Na), con relativa mappa, redatta dal dott. geol. A. Velotti - Aprile 1982
- Allegato 3 - Sondaggi, prove penetrometriche e sismiche, analisi e prove di laboratorio eseguite del dott. R. Guarino, per lo Studio geologico del territorio comunale ai fini dell'adozione del P.U.C., nel 2011.
- Allegato 4 - Prove sismiche (MASW) eseguite del dott. R. Guarino, per lo Studio geologico del territorio comunale ai fini dell'adozione del P.U.C., nel 2011
- Allegato 5 - Schede punti di crisi
- Allegato 6 - Relazione sulla modellazione sismica del sito, redatta dalla GEOSEVI s.a.s di Fisciano (Sa)

Cartografia:

- Tavola 01 - Carta geolitologica;
- Tavola 02 - Carta delle coperture;
- Tavola 03 - Carta delle pendenze;
- Tavola 04 - Carta geomorfologica;
- Tavola 04a - Carta della stabilità;
- Tavola 04b - Carta delle aree instabili;
- Tavola 05 - Carta delle Perimetrazioni;
- Tavola 05a - Carta Pericolosità frane
- Tavola 05b - Carta Rischio frane
- Tavola 05c - Carta Pericolosità idraulica
- Tavola 05d - Carta Rischio Idraulico
- Tavola 05e - Carta Rischio fascia costiera
- Tavola 05f - Carta Pericolosità fascia costiera
- Tavola 05g - Carta Pericolosità inondazione da mareggiata
- Tavola 06 - Carta idrogeologica
- Tavola 06a - Carta isofreatiche di piena
- Tavola 06b - Carta isofreatiche di magra
- Tavola 06c - Carta isofreatiche falda episuferficiale
- Tavola 07 - Carta accelerazioni sismiche
- Tavola 08 - Carta zonazione
- Tavola 09 - Carta ubicazioni indagini P.U.C.
- Tavola 10a - Carta sezioni P.U.C.
- Tavola 10b - Carta sezioni P.U.C.
- Tavola 11 - Carta delle M.O.P.S

1. Introduzione

Premesso che;

- con *Deliberazione di C.C. n 23 del 11/08/2020* è stato approvato il Piano Urbanistico Comunale (P.U.C.) strutturale, redatto dal Settore Pianificazione Urbanistica del Comune di Ercolano ed adottato con delibera di G.C. n. 373 del 15.11.2019 nonché integrato, in seguito alla valutazione delle osservazioni, con delibera di G.C. n. 62 del 11.02.2020;

- che la Legge Regionale della Campania n.16 del 22 dicembre 2004 con l'art. 4 comma 3 disciplina le modalità di attuazione della pianificazione definendo che la stessa si attua mediante disposizioni programmatiche tese a definire gli interventi di trasformazione fisica e funzionale del territorio;

- ai sensi del comma 6 dell'art.9 del Regolamento di Attuazione del Governo del Territorio della Giunta Regionale della Campania n.5 del 2011 la componente programmatica del P.U.C. si traduce in piano Operativo e lo stesso deve contenere ulteriori specificazioni di quanto indicato con la Pianificazione strutturale di cui al comma 3 dello stesso regolamento;

l'Amm.ne Comunale di Ercolano (Na), con Determina n° 389/2023 del 15/12/2023 (RCG n° 3309 del 20/12/2023) ha conferito allo scrivente dott. geol. Vincenzo Bosso, iscritto all'Albo dei geologi della Regione Campania al n. 536, l'incarico di supporto specialistico per la redazione della relazione geologica nell'ambito del P.U.C. – Parte Operativa la cui finalità, con i relativi allegati grafici normati dall'art. 12 della Legge Regionale n. 9/83 e di seguito elencati:

- *Carta Geolitologica;*
- *Carta della stabilità;*
- *Carta Idrogeologica;*
- *Carta della zonazione del territorio in prospettiva sismica;*

sono riportati nel disciplinare d'incarico n. 9 del 28/03/2024 – Rep/Settore VI – Gestione del territorio.

Nel redigere la presente relazione, rinforzata da una ulteriore serie di carte tematiche che si è ritenuto necessario predisporre ai fini di una più completa e dettagliata rappresentazione del territorio comunale, si sono perseguite le seguenti finalità:

- *Ricognizione e verifica dello stato attuale dell'ambiente geologico con individuazione delle criticità e degli elementi sensibili;*
- *Successiva definizione di aree omogenee aventi attitudini simili di risposta rispetto alle tematiche geolitologiche, morfologiche, idrogeologiche, sismiche e geo-ambientali;*

con lo scopo di consentire ai progettisti del P.U.C. di programmare un idoneo sviluppo urbanistico ottemperando, nel contempo, a quanto espressamente richiesto dalla norme tecniche di settore, di seguito elencate:

- ❖ Decreto Ministeriale Infrastrutture e Trasporti del 17.01.2018 - Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni;

- ❖ Circolare del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7;
Normativa sismica nazionale (O.P.C.M. 3274/03; O.P.C.M. 3431/05);
- ❖ Indirizzi e criteri generali per la Microzonazione sismica, GdL DPC/Regioni. Testo approvato dalla Conferenza dei Presidenti delle Regioni nella seduta del 13 novembre 2008;
- ❖ Contributi per l'aggiornamento degli Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica. Ingegneria Sismica, Anno XXVIII - n.2 - 2011.
Link:http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/aggiornamento_indirizzi_microzonazione_sismica.pdf;
- ❖ Commissione tecnica per la microzonazione sismica, 2015. Standard di rappresentazione e archiviazione informatica. a. Versione 4.0b. Roma, ottobre 2015. 122 pp. Link: http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/StandardMS_4_0b.pdf;
- ❖ Commissione tecnica per la microzonazione sismica, 2017. Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da Liquefazione (LQ). Dipartimento della protezione civile, Roma. Versione 1.0,
Link:http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/LG_Liq_v1_0.pdf;
- ❖ D.lgs. 152/06, Art. 94 - Disciplina delle aree di salvaguardia delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano;
- ❖ Normativa sismica regionale (L.R.9/83) aggiornata con l'art.10 della Legge regionale 28/12/2009 n.19;
- ❖ Legge Regionale 16/04;
- ❖ Manuale operativo del Regolamento 4 agosto 2011 n. 5 di attuazione della L.R. 16/2004 in materia di Governo del Territorio;
- ❖ Delibera di Giunta Regionale n° 5447 del 07.11.2002, che ha riclassificato il territorio comunale di Ercolano (Na), definendolo di II categoria sismica;
- ❖ Normativa difesa del suolo Distretto Idrografico Appennino Meridionale (Norme Attuazione PSAI ex Autorità di Bacino Regionale Campania Centrale - Delibera di Adozione del Comitato Istituzionale n.1 del 23/02/2015 - Aggiornamento 01/2024);
- ❖ Piano Gestione Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) approvato con Delibera n. 1 del Comitato Istituzionale Integrato il 03/03/2016 - II ciclo 2016-2021;
- ❖ Piano Stralcio per la Difesa delle Coste (PSDC) del Distretto Idrografico dell' Appennino Meridionale redatto dall'ex Autorità di Bacino Regionale Campania Centrale - Delibera di adozione n. 10 del 05/09/2012.

2. Modalità di svolgimento dell'incarico

Lo studio geologico è stato redatto eseguendo in sequenza diverse fasi operative consistenti in una serie di incontri con i tecnici incaricati della pianificazione, effettuazione di numerosi sopralluoghi in situ ed, infine, attraverso un'accurata raccolta di dati e/o informazioni di tipo geologico, geognostico e geofisico.

Per quest'ultima fase si è fatto riferimento:

- ai numerosi studi pubblici pregressi condotti sul territorio comunale ed a dati geognostici, geologici, geotecnici, geomorfologici, sismici ed idrogeologici provenienti da altri studi comunali e/o sovracomunali, revisionati criticamente con il rilevamento in situ o tramite la consultazione di numerose pubblicazioni scientifiche;
- a lavori svolti dallo scrivente nell'ambito della propria attività professionale sul territorio ercolanese su incarico della stessa Amm.ne Comunale, Enti pubblici e/o per conto di privati.

I dati di cui sopra, si riferiscono, in particolare ai seguenti studi:

- 1) Relazione geologica sulle infiltrazioni d'acqua verificatesi nel Comune di Ercolano (Na), redatta dai Prof.ri Pinna e Casertano nel 1969:
Esecuzione di n. 17 sondaggi a c.c. di 20 m cd individuati con la simbologia: A3, A5, A6, A8, A9, A10, A11, A12, A113, B, C, D, E7, E10, F, G, I.;
- 2) Relazione geomorfologica sulla natura dei terreni del territorio di Ercolano (Na), con relativa mappa, redatta dal dott. geol. A. Velotti - Aprile 1982:
Esecuzione di n. 31 sondaggi (20 m) di cui 26 a c.c. (da S1 a S32 con S8bis e S18bis e n. 5 a carotaggio con carotiere a secco (S6, S9, S9bis, S15, S17);
Esecuzione di n. 9 Prove penetrometriche statiche (10 tonn) in prossimità dei sondaggi S6, S7, S9, S99bis, S10, S17, S22, S24, S26;
Analisi laboratorio su n. 19 campioni rimaneggiati (caratteristiche fisiche generali e classificazione dei terreni ed esecuzione di n. 3 prove di taglio diretto;
N. 22 prove sismiche a rifrazione.
- 3) Studio geologico-tecnico in prospettiva sismica del territorio comunale L.R. 09/83, redatto dal Prof. G. Rolandi - Febbraio 2004
Esecuzione di n. 4 sondaggi a c.c. di 20 m e n. 1 sondaggio a c.c. di 30 con prova DH.
- 4) Studio geologico del territorio comunale ai fini dell'adozione del P.U.C., redatto dal dott. geol. R. Guarino nel 2011:
Esecuzione N. 10 Sondaggi di profondità compresa tra i 23 e 30 m
Esecuzione di N. 50 Prove S.P.T.
Esecuzione N. 10 DH + N. 10 M.A.S.W.
Prove di laboratorio su N. 6 Campioni Indisturbati + N. 5 campioni di roccia (C.G. + Granulometria + 2 prove edometriche + 5 prove di taglio diretto + 5 prove compressione uniassiale sulle rocce)

- 5) Relazioni e/o studi geologici eseguiti dallo scrivente:
Esecuzione di n. 20 prove sismiche del tipo MASW;
Esecuzione di n. 67 sondaggi a c.c. a profondità comprese tra 15 e 35 m dal p.c.;
Esecuzione di n. 52 prove penetrometriche pesanti del tipo DPSH;
Esecuzione di n. 139 prove penetrometriche dinamiche del tipo SPT;
Esecuzione di n. 4 prove sismiche del tipo Down-Hole;
Esecuzione di n. 18 prove ed analisi di laboratorio su campioni di terreno e/o di Roccia;

sottolineando, relativamente ai punti 4 e 5, che l'ubicazione dei sondaggi, delle prove penetrometriche, sismiche e quant'altro sopra indicato sono riportate nella **Tavola 09** e che le indagini condotte a termine dallo scrivente sono indicate in legenda rispettivamente con i simboli **SBn** ed **MBn** e riportate nell'allegato 1.

Alla luce di quanto sopra, in considerazione dell'elevato numero di dati a disposizione, che ricoprono in maniera esaustiva l'intero territorio comunale, si è ritenuto opportuno, pertanto, limitare le indagini ex novo a solo n. 7 prove sismiche del tipo H.S.V.R. (*vedi relazione allegata al presente lavoro, costituendone parte integrante*) eseguite nelle immediate vicinanze di quelle realizzate dal sopra citato dott. geol. Rocco Guarino e rappresentate, in particolare:

- dalle Down-hole effettuate nei perfori **S₁₄**, **S₂₄** e **S₂₅**;
- dalle M.A.S.W. indicate rispettivamente come **MASW 8 – MASW 11 – MASW 17 e MASW 28**;

per adeguare, le stesse, alle più recenti NTC/18.

Infine, si è proceduto alla redazione/rielaborazione della Cartografia tematica, di seguito riportata:

- *Tavola 01 - Carta geolitologica;*
- *Tavola 02 - Carta delle coperture;*
- *Tavola 03 - Carta delle pendenze;*
- *Tavola 04 - Carta geomorfologica;*
- *Tavola 04a - Carta della stabilità;*
- *Tavola 04b - Carta delle aree instabili;*
- *Tavola 05 - Carta delle Perimetrazioni;*
- *Tavola 05a - Carta Pericolosità frane*
- *Tavola 05b - Carta Rischio frane*
- *Tavola 05c - Carta Pericolosità idraulica*
- *Tavola 05d - Carta Rischio Idraulico*
- *Tavola 05e - Carta Rischio fascia costiera*
- *Tavola 05f - Carta Pericolosità fascia costiera*
- *Tavola 05g - Carta Pericolosità inondazione da mareggiata*
- *Tavola 06 - Carta idrogeologica*
- *Tavola 06a - Carta isofreatiche di piena*
- *Tavola 06b - Carta isofreatiche di magra*
- *Tavola 06c - Carta isofreatiche falda epiperficiale*
- *Tavola 07 - Carta accelerazioni sismiche*

- *Tavola 08 - Carta zonazione*
- *Tavola 09 - Carta ubicazioni indagini P.U.C.*
- *Tavola 10a - Carta sezioni P.U.C.*
- *Tavola 10b - Carta sezioni P.U.C.*
- *Tavola 11 - Carta delle M.O.P.S;*

e alla redazione della presente relazione geologica.

Per la realizzazione delle carte tematiche sono state utilizzate le seguenti basi cartografiche:

- *Carte tecniche numeriche (C.T.R. 2011) Regione Campania in scala 1:5.000, Tavv. 448131, 448132, 448133, 448134, 448143, 448144, 466011 e 466014;*
- *DTM Foglio 448 Ercolano;*
- *Ortofoto e Foto satellitari da Google Earth;*

Inoltre sono state consultate e valutate le seguenti fonti geologiche e cartografiche:

- *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PSAI) del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale redatto dall'ex Autorità di Bacino Regionale Campania Centrale-Delibera di Adozione del Comitato Istituzionale n.1 del 23/02/2015;*
- *Piano Stralcio per la Difesa delle Coste (P.S.D.C.) del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale redatto dall'ex Autorità di Bacino Regionale Campania Centrale - Delibera di adozione n. 10 del 05/09/2012;*
- *Progetto IFFI - ISPRA 2014 (banca dati inventario fenomeni franosi d'Italia) per l'individuazione delle aree in frana;*
- *Progetto ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faults - Catalogo delle faglie capaci).*

3. Descrizione delle caratteristiche geologico-strutturali generali regionali.

La Regione Campania presenta un assetto geologico-strutturale molto complesso, legato strettamente agli eventi che hanno generato l'attuale configurazione della penisola italiana.

Al suo interno è possibile distinguere un settore a morfologia collinare e/o montuoso, rappresentato dalla catena appenninica, ed un settore costiero caratterizzato dalla presenza di ampie depressioni strutturali occupate attualmente da piane alluvionali (*Piana Campana e Piana del Sele*).

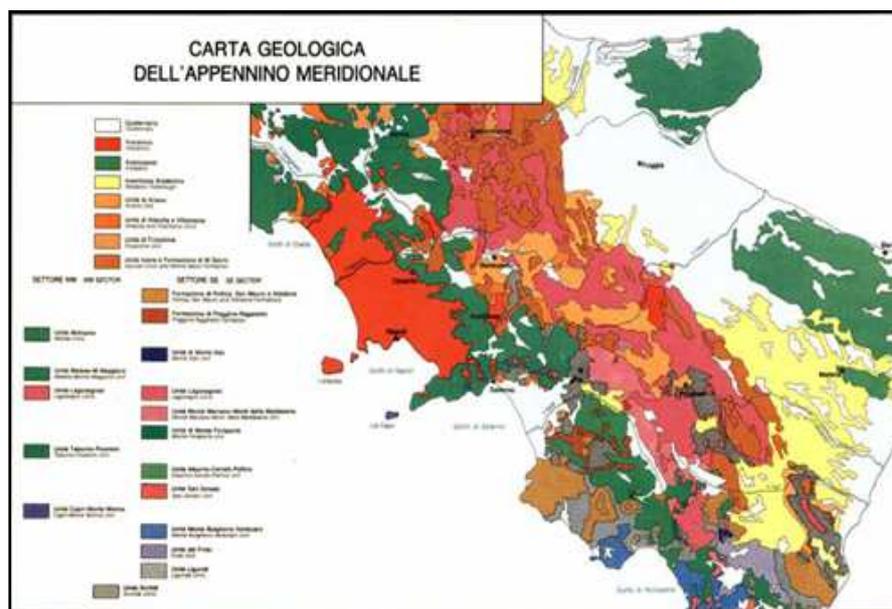


Fig. 1: Carta Geologica dell'Appennino Meridionale (AA.VV., Congresso S.G.I., Sorrento 1988)

In particolare, la Piana Campana, rappresenta un grande graben all'interno del quale si sono accumulati potenti depositi continentali, marini e vulcanici. I bordi della struttura sono ben individuati da faglie dirette quaternarie, orientate SO e NO-SE, poste ai bordi della pianura stessa, che hanno determinato, in almeno due fasi (nel Quaternario), rigetti verticali complessivi intorno ai 5.000 m, con graduale sprofondamento delle rocce carbonatiche, appartenenti a due distinte unità sovrapposte affioranti tutto intorno al graben, al di sotto di elevati spessori di depositi alluvionali e vulcanici quaternari. Nelle rocce carbonatiche, in particolare, sono ben visibili anche strutture mioceniche, connesse ai fenomeni di sovrascorrimento, che hanno orientamento W-E, costituite da una serie di monoclinali immergenti a Nord e delimitate a Sud da faglie dirette.

In tali rilievi carbonatici, che costituiscono l'ossatura principale della dorsale appenninica, l'affioramento di litotipi competenti e molto resistenti all'erosione, determina la presenza di un paesaggio aspro, caratterizzato da versanti alquanto acclivi, dove il controllo esercitato dalla tettonica, si esplica essenzialmente nel loro sviluppo rettilineo, nel tipico assetto del rilievo a gradinata, con settori tabulari raccordati da scarpate di faglia, nella creazione di grandi dislivelli lungo i piani delle principali linee di faglia, per rigetto verticale o per erosione selettiva, nei confronti di litologie a differenti caratteristiche meccaniche. Inoltre, la base dei versanti, con scarpate di maggiore altezza, è frequentemente interessata dalla presenza di talus detritici di disfacimento meccanico del rilievo, o da conoidi fluvio-torrentizie, situate allo sbocco delle principali valli trasversali al rilievo stesso. Infine, ad iniziare dal Pleistocene medio, al bordo esterno della catena e nella Piana Campana, lungo i punti di complesso incrocio

delle faglie attive, iniziano a manifestarsi intensi fenomeni vulcanici, di diversa tipologia ed età, rappresentati inizialmente dall'apparato del Roccamonfina, situato all'interno della depressione del Garigliano, nel periodo compreso tra 630 e 50 Ka e, a seguire, dagli apparati vulcanici antistanti la piana, quelli dell'area flegrea e del complesso Somma-Vesuvio che, nel loro insieme, hanno contribuito a modellare il paesaggio conferendogli l'assetto morfologico attuale.

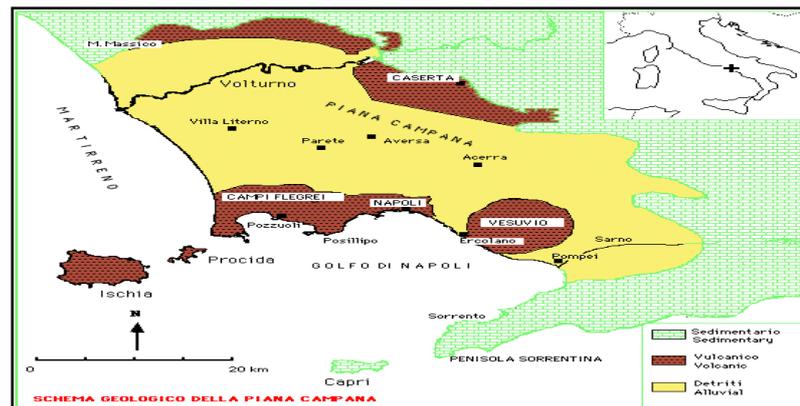


Fig. 2: Schema geologico della Piana Campana

L'attività dei Campi Flegrei, particolare, si è sviluppata in un periodo che va da 50 ka al presente mentre quella del Somma-Vesuvio, invece, ha un'età inferiore a quella dell' Ignimbrite Campana (circa 33 ka), come è messo in evidenza dai dati dei sondaggi e dall'età (25 ka) dei più antichi depositi affioranti. I due complessi vulcanici presentano differenze sostanziali legate alle caratteristiche chimiche e ai volumi di magma emessi.

Il primo è caratterizzato da rocce trachitiche i cui volumi sono $>100 \text{ km}^3$, il secondo da rocce prevalentemente della serie leucitica con volumi $< 20 \text{ km}^3$. I prodotti dell'attività effusiva ed esplosiva del Somma-Vesuvio sono distribuiti per la maggior parte tutt'intorno al vulcano nella zona sud-orientale della Piana Campana, mentre i prodotti dell'attività esplosiva flegrea sono concentrati principalmente nei Campi Flegrei e, limitatamente ai prodotti di alcune eruzioni (*Tufo Giallo Napoletano* e *Ignimbrite Campana*), sono distribuiti, a partire dall'area urbana di Napoli, in tutta la Piana Campana.

I prodotti dell'attività vulcanica flegrea e vesuviana più recente mantellano e quindi mascherano, quelli più antichi che raramente vengono alla luce se non alla base dei rilievi, ad opere di tagli per cave, o al centro della piana di base di alcune cave o fossa per cui, se consideriamo l'intensa urbanizzazione che caratterizza quest'area, la ricostruzione della dinamica degli eventi vulcanici esplosivi e della loro origine e distribuzione areale è possibile solo mediante lo studio di alcune perforazioni profonde come quelle eseguite nell'area dei Campi Flegrei e del Vesuvio dall'AGIP mentre, l'analisi della distribuzione di singole unità vulcaniche in ambienti

pianeggianti come quelli su descritti, è possibile unicamente attraverso l'utilizzo di stratigrafie ottenute da sondaggi meccanici eseguiti per diversi scopi (geognostico, ricerca idrica, ecc.).

3.a Vulcanesimo Campano

Alla luce di quanto sopra, considerata la particolare rilevanza che in questo studio rivestono le unità piroclastiche che hanno colmato l'originaria depressione strutturale della Piana Campana, ci si sofferma sulle principali caratteristiche delle stesse, ponendo particolare attenzione alla sintesi delle conoscenze circa la storia eruttiva di uno dei due distretti rappresentato, per il territorio oggetto della presente relazione, dal complesso vulcanico del Somma-Vesuvio.

3.b Il Complesso vulcanico Somma-Vesuvio

Il Somma-Vesuvio, è un strato-vulcano di medie dimensioni che raggiunge un'altezza massima di 1.281 m s.l.m., caratterizzato da un cratere profondo circa 300 metri, con una circonferenza ed un diametro, rispettivamente di 1500 e 500 metri, distante circa 6 km dalla città.

Esso è costituito dal più vecchio vulcano del M.te Somma, la cui parte sommitale sprofondò generando una caldera, e dal più recente vulcano del Vesuvio, cresciuto all'interno di quest'ultima. L'immagine della (Fig.3), mostra la ricostruzione qualitativa del profilo originario dell'antico vulcano del Somma (*in rosso basato sul lavoro di CIONI et alii, 1999*).



Fig. 3: Complesso vulcanico Somma - Vesuvio

Le analisi geotecniche, effettuate fino a profondità di poco inferiori ai 2000 m grazie al pozzo di Trecase scavato dall'AGIP, hanno mostrato che l'attività vulcanica della zona risale a circa 400.000 anni fa (*paleo Monte Somma*). L'edificio vulcanico attuale poggia su una formazione di tufo grigio campano prodotta dalla più potente eruzione esplosiva avvenuta in Campania, e databile a circa 37.000 - 40.000 anni fa.

La maggior parte del vulcano è stata costruita durante gli ultimi 20.000 anni dalla sovrapposizione dei prodotti di eruzioni dette "**pliniane**" e "**sub pliniane**", che sono avvenute con periodi di ritorno variabili in un

ordine compreso fra 100 anni e varie centinaia di anni. Durante i suddetti 20.000 anni, si sono verificate almeno 7 violente eruzioni pliniane, molte delle quali separate da secoli di quiescenza, che hanno smantellato a più riprese la porzione sommitale del M.te Somma, generando la vasta caldera in cui ha preso posto il Gran Cono ed i prodotti eruttivi degli ultimi 2000 anni. L' eruzione pliniana più recente e famosa si è verificata, come già indicato, nel 79 d.C. con gli effetti sopra ricordati.

Prospetto delle eruzioni pliniane e subpliniane del Somma-Vesuvio

Nome dell'eruzione	VEI	Età (anni)	Data (a.C. - d.C.)
<i>Codola</i>	5	Circa 25.000	Circa 23.000 a.C.
<i>Pomici di Base</i>	5	Circa 17.000	Circa 15.000 a.C.
<i>Pomici Verdoline</i>	4	Circa 15.500	Circa 13.500 a.C.
<i>Mercato</i>	5	Circa 7.900	Circa 6.000 a.C.
<i>Avellino</i>	5	Circa 3.750	Circa 1750 a.C.
<i>Pompei</i>	5	1938	79 d.C.
<i>Pollena</i>	4	1545	472 d.C.
<i>512</i>	4	1505	512 d.C.
<i>1631</i>	4	386	1631 d.C.

Dopo tale eruzione si sono verificati due fenomeni subpliniani nel 472 d.C. e nel 512 d.C.. Tali eruzioni sembrano essere la manifestazione di apertura di un ciclo eruttivo, della durata di alcuni secoli, che termina poi in un periodo di riposo. I depositi eruttivi delle eruzioni minori avutesi negli ultimi 2000 anni, risultano essersi messi in posto prevalentemente ad ovest e a sud del vulcano, dove il bordo calderico risulta essere più ribassato e, di conseguenza, consente il facile trabocco lavico e la messa in posto preferenziale dei flussi piroclastici di minore portata (Fig. 4).

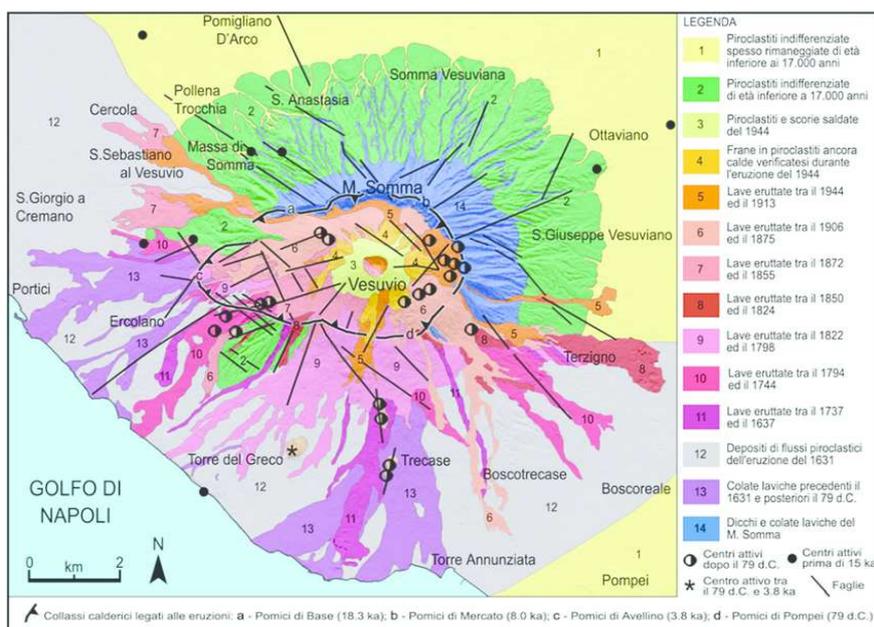


Fig. 4 Geologia vesuviana: in rosso il confine comunale di Ercolano; le tonalità di rosa e viola indicano i depositi eruttivi degli ultimi 2000 anni; il verde ed il blu i depositi eruttivi che hanno costruito il Monte Somma.

L'ultimo ciclo eruttivo si apre con la grande eruzione subpliniana del 1631 d.C., già ricordata, che ha provocato migliaia di vittime e ingenti danni al territorio. Dal 1631 al 1944 il Vesuvio ha avuto un'attività persistente e ciclica, ma di modesta entità; nel 1944 il Vesuvio ha fornito l'ultima eruzione, che ha chiuso il suddetto ciclo (Fig. 5 - Fig. 6). Da allora perdura una fase di quiescenza che non presenta segnali premonitori di risveglio a breve.

Elenco delle eruzioni effusive ed esplosive minori dell'ultimo ciclo eruttivo

Data (anno)	Tipo	Note
1694	Effusiva	Lava verso Torre del Greco
1698	Effusiva-esplosiva	Caduta di ceneri
1707	Effusiva-esplosiva	//
1737	Effusiva-esplosiva	Lava a Torre del Greco, ceneri e lahar
1760	Effusiva-esplosiva	Bocca laterale e lava verso Torre Annunziata
1767	Effusiva-esplosiva	Lava verso Torre Annunziata e San Giorgio
1779	Esplosiva	Ceneri verso Ottaviano
1794	Effusiva-esplosiva	Bocca laterale, lava invade Torre del Greco
1822	Effusiva-esplosiva	Lava verso Boscotrecase e Torre del Greco
1834	Effusiva-esplosiva	Lava verso Poggiomarino
1850	Effusiva-esplosiva	//
1855	Effusiva	Lava invade S. Sebastiano e Massa
1861	Effusiva-esplosiva	Bocche laterali nei pressi di Torre del Greco
1868	Effusiva	//
1872	Esplosiva	Lave invadono San Sebastiano e Massa
1906	Esplosiva	Forte attività esplosiva, lava verso T. Annunziata
1929	Effusiva	Lava verso Terzigno
1944	Effusiva-esplosiva	Lava invade San Sebastiano e Massa

Fig. 5

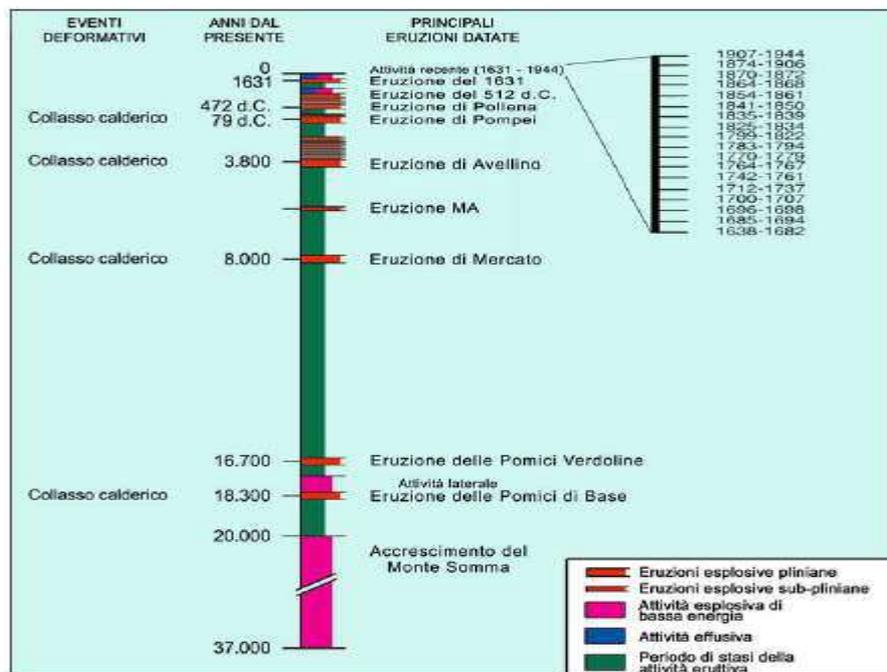


Fig. 6 - Cronogramma delle eruzioni vesuviane

3.c Storia eruttiva di dettaglio del Somma-Vesuvio

La storia eruttiva più recente del vulcano inizia dopo la grande eruzione dell'Ignimbrite Campana ed è a partire da questo momento che possiamo seguire le varie tappe della sua evoluzione, che lo porteranno ad assumere, via via nel tempo, quella caratteristica forma bicuspidata, famosa in tutto il mondo.

Dopo le grandi eruzioni ignimbritiche riprese, infatti, nella stessa area, l'antica attività vulcanica, a carattere prevalentemente effusivo, che, in poco più di 10.000 anni, portò alla formazione di un nuovo vulcano, alto circa 2.000 m, a forma conica con un'ampia base dal diametro di circa 16 km.

All'attività dal cratere centrale si associarono anche un'attività *eccentrica*, dai fianchi del vulcano, ed un'attività *subterminale*, nelle zone basali dello stesso vulcano.

Circa 25.000 anni fa si ebbe una prima consistente eruzione esplosiva, i cui prodotti si deposero verso SE, in direzione di Salerno (*eruzione di Codola*), sovrapponendosi a quelli dell'Ignimbrite Campana.

Per un certo periodo di tempo, probabilmente, il vulcano ritornò al suo vecchio tipo di attività effusiva ma, circa 17.000 anni fa, prese l'avvio una nuova fase a carattere fortemente esplosivo, che produsse almeno tre eruzioni cosiddette *pliniane*: eruzioni di *Sarno* (17.000 anni), *Novelle* (15.000 anni), *Ottaviano* (8.000 anni).

Nei periodi che separano queste eruzioni non si ebbe un ritorno all'attività effusiva, vale a dire che, in circa 9.000 anni di attività, il vulcano diede solamente eruzioni esplosive di tipo pliniano, che fecero diminuire drasticamente la sua altezza, non potendosi ricostruire le parti dell'edificio smantellatesi durante le eruzioni esplosive.

Circa 3.500 anni fa si verificò una quinta eruzione pliniana, nota con il nome di *eruzione di Avellino* perché i suoi prodotti esplosivi sono giunti fino in questa località, ubicata a circa 40 km dal centro eruttivo.

Questa eruzione si segnala per un fatto importante: è, infatti, la prima delle pliniane del Somma a mostrare una notevole interazione *magma - acqua* verso la fase finale.

Quando si verifica una tale fenomenologia fuoriescono dal cratere dei velocissimi flussi, essenzialmente costituiti da magma solidificato e frammentato e da vapore e gas (*base surge*), che discendono dal vulcano con la velocità di un uragano, espandendosi a grande distanza; nel caso dell'eruzione di Avellino i prodotti di questa fase si diressero verso Nord, giungendo fino ad Afragola, e verso Sud, fino al mare. L'enorme produzione di vapore originò, probabilmente, una sovrappressione tale da sventrare verso Ovest il vulcano, già decapitato dalle precedenti eruzioni, facendogli assumere la forma di una caldera, in particolare di una *Caldera Avalanche*.

Il vulcano calderizzato continuò ancora la sua attività, in maniera non parossistica, debolmente esplosiva, per altri 800 anni, durante i quali si

ebbero tre fasi eruttive; l'ultima terminò 2.700 anni fa circa. Seguì, poi, un periodo di riposo che ebbe termine, dopo circa 700 anni, con la famosa eruzione del 79 d.C.

Questo tipo di eruzioni meno energetiche, che si concludono con un periodo di riposo e che si collocano tra due eruzioni pliniane, vengono chiamate di tipo *interpliniano*; nella fattispecie, l'attività successiva all'eruzione pliniana di Avellino viene indicata come *attività interpliniana protostorica*.

Tra il 79 ed il 472 d.C., epoca, quest'ultima, in cui si verificò un nuovo parossismo pliniano, si ebbero delle deboli eruzioni esplosive che costituiscono l'*attività interpliniana storica antica*.

Anche in questo lasso di tempo le cronache ci dicono che non si era formato alcun cono vulcanico all'interno della caldera del Somma:

«*Totus mons formam habet amphiteatri. Culmina montis eius multas arbore habente vitesque, ipse interior ambitus igni permittitur.*» (Cassio Dione, *Historiae Romanae*, LXVI – 21-25).

«*Distat mons Neapoli stadiis 70 obversus illi a septentrione. Admodum praeruptus Est: imus quidem eius ambitus grata nemorum opacitate blanditur; superior vero praecipitiis, summaque horret asperitate. In medio fere vertice hiatus apparet tam altus, ut ad imas montis radices pervadere videatur. Si quis ibi audeat intro despicerere huic ignem videre licet: cuius fiamma alias in se volvitur, nemini incolarum molesta.*» (Procopio da Cesarea, *De Bello Gotico*, II, 4).

[*"Il monte dista 70 stadi* a Sud di Napoli. È molto scosceso: la sua parte bassa è allietata dalla fresca ombra dei boschi; quella alta, invece, è spaventosa per i burroni e la grandissima asperità. Al centro della sommità c'è un abisso così profondo che sembra giungere alle profonde radici del monte. Se si osasse guardare dall'alto già si potrebbe vedere il fuoco. La sua fiamma si arrotola su per sé stessa e non è assolutamente rovinosa per gli abitanti".*]

Dopo circa 200 anni di riposo, ci fu l'eruzione pliniana del 472 d.C., anch'essa portatrice di enormi distruzioni e devastazioni nella regione del vulcano e, ancora una volta, è difficile far coincidere la nascita di un vulcano all'interno della caldera con questa violenta eruzione.

Dopo l'eruzione del 472 d.C., iniziò, nel 512 d.C., una lunga fase eruttiva di tipo interpliniano, nota come *attività interpliniana medioevale*, che terminò nel 1139.

Durante questi 700 anni, l'attività effusiva ebbe un carattere predominante, come testimoniato da numerose cronache; nel 1036, ad esempio, l'Anonimo Cassinese scriveva:

«*Sexto Kal. Febr. Mons Vesuvius eructavit incendium ita ut usque ad mare discurreret.*»

[*"Nel sesto giorno delle Calende di Febbraio il Vesuvio eruttò un incendio (lava) tale che defluì fino al mare."*]

* 1 stadio = 180 metri; 180 metri x 70 stadi = 13.300 metri

Solo attraverso questo tipo di attività prolungata nel tempo si poteva costruire un nuovo edificio vulcanico all'interno della caldera del Somma ed originare, in tal modo, una morfologia bicuspidata, come appare attualmente se si osserva il complesso vulcanico da Ovest.

Dopo il 1139 vi furono circa 500 anni di inattività, fino a quando, nel 1631, si verificò, questa volta dal Cono Vesuviano, l'ultima delle eruzioni a carattere pliniano, che fece più di 6.000 vittime tra una popolazione che non fu in grado di cogliere i segnali precursori dell'eruzione, avendo ormai perso la memoria storica del vulcano durante i 500 anni di inattività.

Nel 1649 iniziò un lungo periodo di attività effusiva, debolmente esplosiva, che va sotto il nome di *attività interpliniana storica recente*. Di essa si hanno numerosissime cronache che hanno permesso di definire dettagliatamente la sua particolare ciclicità eruttiva, nota come *ciclicità vesuviana*.

In circa 300 anni si sono verificati 17 *cicli vesuviani* intervallati da un periodo di riposo che oscilla dai 7 ai 30 anni. Ciascun ciclo è chiuso da una *fase parossistica* a carattere effusivo subterminale (1760) o misto, effusivo-esplosivo (1872-1906, 1944).

L'ultimo ciclo vesuviano iniziò 7 anni dopo l'eruzione del 1906 e si concluse con la fase parossistica del 1944, che concluse anche quest'ultima attività interpliniana.

4. Cenni storici ed inquadramento climatico del territorio comunale.

Ercolano, città campana antichissima, probabilmente fondata dagli Osci, fu conquistata da Roma nel corso delle guerre Sannitiche e ne rimase fedele, tranne per un breve periodo di guerre sociali.

A fine Repubblica-inizio Impero, raggiunse una grande prosperità, estendendosi ed arricchendosi grazie ai commerci, ma anche ad alcune residenze importanti quali una villa appartenente alla casa imperiale, un'altra alla famiglia di Calpurnio Piso, ecc...; nell'anno 63 d.C subì un terribile terremoto e soprattutto, nel 79 d.C, fu completamente distrutta dalla grande eruzione Vesuviana descritta da Plinio il giovane (*interessò anche Pompei ed altre località meno celebri*).

A fine Impero-tardo Medioevo, interrati i resti romani per via di suddetta calamità, sorsero nel territorio i due minori centri abitativi di Portici e Resina (*quest'ultimo solo molto più tardi riprese l'attuale ed antico nome di Ercolano*).

L'epoca medievale fu assai dura per gli abitanti del territorio per via della dominazione feudale; nell'era successiva l'area fu flagellata dall'eruzione del Vesuvio del 1631, che costituì il più parossistico evento eruttivo del millennio, causando oltre 4000 morti. Nel 1699 Ercolano, Portici e Torre del Greco si liberarono del giogo feudale, stringendo tra loro un patto di alleanza. L'inizio del 1700 segue l'arrivo di Carlo III di Borbone (1734) che, costruendo il Palazzo Reale a Portici, indusse molte famiglie

aristocratiche ad edificare le proprie Ville, in particolare nella fascia a valle dell'antico abitato, nel frattempo estesosi e diventato densamente popoloso. Complessivamente, tra S. Giovanni e Torre del Greco, vennero edificate, negli anni, ben 121 Ville Vesuviane, fino a costituire quella fascia che fu denominata il "*Miglio d'oro*".

A partire dagli inizi del 1700, a seguito di alcuni importanti ritrovamenti di epoca romana a seguito dello scavo di un pozzo per la captazione d'acqua, iniziò un'attività di scavo nell'antica area.

Tali scavi, succedutisi a periodi successivi dal 1800, diedero luogo ai cosiddetti "scavi nuovi" fino ad una sistematica scoperta e riordinamento dell'attuale area archeologica che occupa una superficie di circa 5 Ha (altri ritrovamenti separati sono presenti sul territorio).

Infine, dal primo novecento ebbe luogo l'urbanizzazione contemporanea che occupa un'ampia fascia attorno all'antica città, fino alla linea delle antiche ville (Corso Resina) con edifici a vari piani strutturati in cemento armato (per la maggior parte). Negli ultimi decenni, infine, si ebbe un'edificazione invasiva della pericolosa fascia pedemontana del Vesuvio, costituita prevalentemente a quartieri residenziali. Va riportata, come precedentemente ricordato, la realizzazione del Parco Nazionale del Vesuvio (giugno 1995), che occupa una superficie di 8.482 ettari ed interessa il territorio di 13 Comuni alle falde del vulcano.

Ad Ercolano il Parco si estende da una fascia centrale su quota 450 m s.l.m., collocata a valle del Vecchio Osservatorio Vesuviano, fino alle sue quote più elevate. Le finalità del Parco, oltre che paesaggistiche ed ambientali, interessano gli equilibri idraulici ed idrogeologici del territorio vulcanico.

Il territorio ercolanese è mappato sulla carta topografica I.G.M., serie 25 (scala 1:25.000), nel Foglio 466, Tavoletta III "*Ercolano*", e marginalmente IV "*Torre del Greco*" e ricade nel foglio n. 184 "*Isola d'Ischia-Napoli*", della Carta Geologica a scala 1:100.000 e nella Carta Geologica 1:50.000 del progetto C.A.R.G. (*Foglio 448 "Ercolano"*).

La fisionomia del paesaggio, che risulta condizionata dall'incombente presenza del rilievo vulcanico del Somma-Vesuvio, mostra acclività che, in linea generale, vanno decrescendo procedendo da oriente verso occidente dove si concentra maggiormente l'aggregato urbanizzato realizzato (Fig. 7).

In particolare, nell'area pedemontana ed in quella sub pianeggiante prospiciente la fascia costiera, articolata in piccole spiagge a tasca (*pocket beaches*) e rade rocciose, sono allocate il centro storico e beni culturali rilevanti, costituiti dall'area archeologica di epoca romana, l'antica "*Herculaneum*" ed il complesso di ville settecentesche ed ottocentesche che fanno parte del "*Miglio D'Oro*".

Città di Ercolano	Dati territoriali
Superficie	19.50 km ²
Latitudine	40° 48' 21"
Longitudine	14° 21' 10"
Altitudine	da 0 a 1281 m s.l.m. (centro città 44 m s.l.m.)
Confine Nord	Comuni di Massa di Somma, Pollena Trocchia, Sant'Anastasia, Somma Vesuviana e San Sebastiano al Vesuvio
Confine Ovest	Comuni di Portici e San Giorgio a Cremano
Confine Sud	Comune di Torre del Greco
Confine Est	Comune di Ottaviano

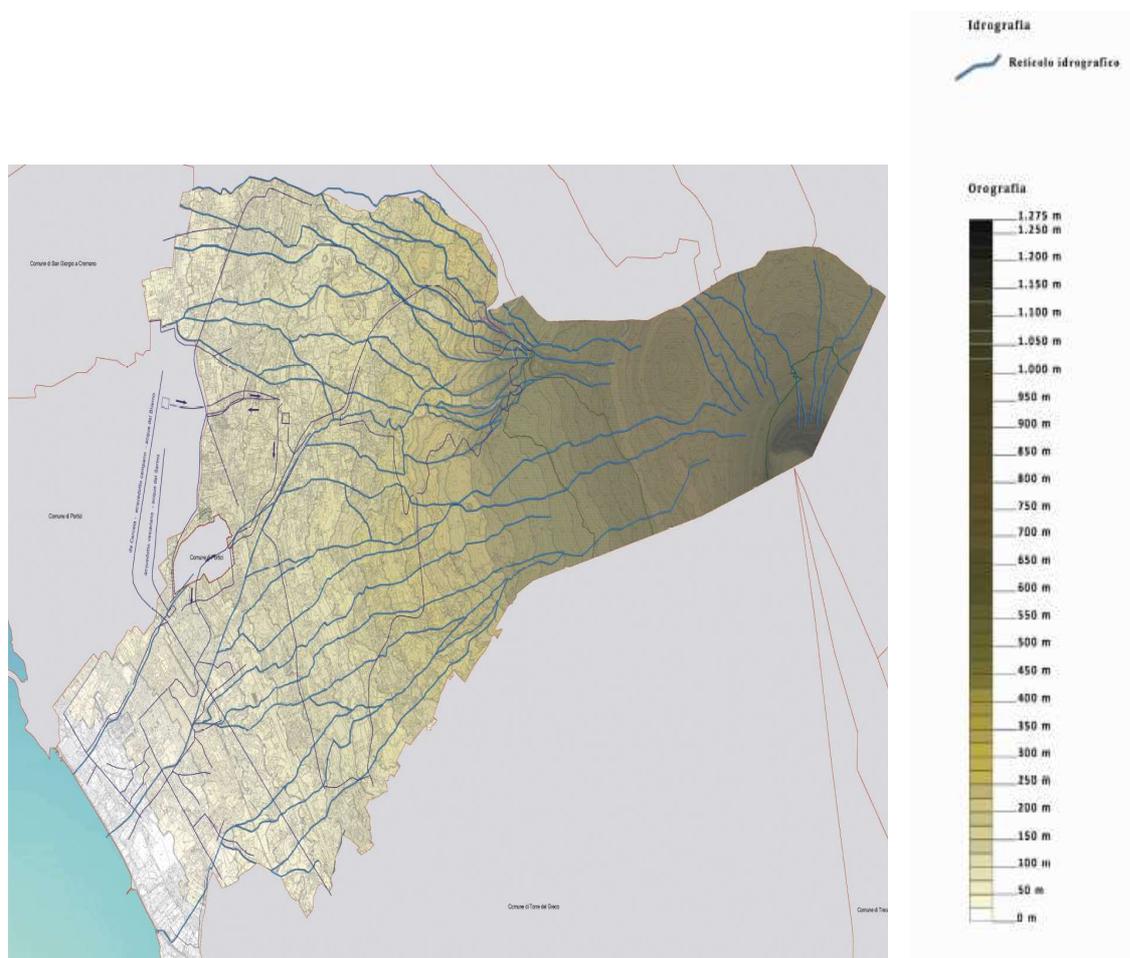


Fig. 7 – Orografia ed idrografia del territorio comunale

Distibuzione altimetrica del territorio ercolanese
9,03 km ² , corrispondenti al 45,4% del territorio, è compresa fra 0 e 200 m s.l.m.
4,83 km ² , corrispondenti al 24,28% del territorio, è compresa fra 200 e 400 m s.l.m.
2,18 km ² , corrispondenti al 10,96% del territorio, è compresa fra 400 e 600 m s.l.m.
3,85 km ² , corrispondenti al 19,36% del territorio, è compresa dai 600 m s.l.m.

Esso presenta le caratteristiche tipiche delle regioni a clima mediterraneo, mostrando una chiara bi-stagionalità con estati calde e asciutte ed inverni miti e piovosi.

Parametri meteoclimatici

Piogge	PP (mm)	150 (Nov.), 80 (Mar.\Sett.)
	IP (mm \ min)	1,34 (mod. VAPI)
Temperature	T max	29 C° (Ag.) media sul territorio
	T min	5 C° (Dic - Gen) media sul territorio
Venti	Velocità	2 - 10 m\s
	Direzione prevalente	Da N-NE, matt., da S_SO pom.

Zona climatica	Gradi-giorno	Periodo	Numero di ore
C	900 < comuni con GG ≤ 1.400	15 novembre - 31 marzo	10 ore giornaliere

I valori inseriti sono valori medi mensili rilevati in un trentennio.

I valori di dettaglio, elaborati dal C.F.R., sono distribuiti sul territorio regionale in 154 stazioni. Sul territorio comunale l'area boschiva ricopre le falde vesuviane e costituisce parte del "**Parco Nazionale del Vesuvio**".

Essa si estende da quota di circa 500 m a quota di circa 850 m, ed è prevalentemente composta da bosco ceduo.

Dall'analisi delle mappe sul rischio incendi si constata che la città rientra in una classe di rischio massima, dovuta alla presenza pervasiva di boschi di conifere a poca distanza da una zona densamente urbanizzata.

Al fine della tutela del territorio dal rischio di incendio boschivo, l'Ente Parco ha redatto nel 2002 e successivamente aggiornato negli anni successivi, il documento "*Piano di conservazione e difesa dagli incendi del patrimonio boschivo*", identificando quattro ambiti di caratterizzazione floristico-vegetazionale nel complesso Somma-Vesuvio.

La fascia boschiva del territorio di Ercolano appartiene agli ambiti definiti Ves1 e Ves2:

Ambito Ves1: sommità e versanti alti e medi del Vesuvio da moderatamente a molto ripidi. Comprende i versanti ripidi del Gran Cono del Vesuvio con vegetazione selezionata principalmente dalla classazione dei materiali di caduta e dall'acclività:

- nel settore più basso dei ripidi versanti del Gran Cono dominano arbusteti e ginestre;
- al di sopra si ha una vegetazione rada a camefite (artemisia);
- nel settore sommitale si trovano aree nude e sporadiche presenze di terofite.

Si ha inoltre una vasta estensione di pinete da impianto, con un recupero della macchia mediterranea e della lecceta.

Ambito Ves2: versanti bassi del Vesuvio da dolcemente a moderatamente ripidi. L'uso del suolo è agricolo con arborei da frutto, orti erborati e vitati, incolti. È indubbiamente il settore più antropizzato del Complesso Somma-Vesuvio e in tale contesto si stanno realizzando corridoi di rimboschimento arboreo, prevalentemente con lecci e pinete.

5. Inquadramento geologico-vulcanologico, morfologico, idrogeologico ed idrologico del territorio comunale.

5a. Lineamenti geologici

Il territorio comunale di Ercolano, con la sua forma ad imbuto, occupa un ampio settore della falda occidentale del complesso vulcanico Somma-Vesuvio, che dal margine costiero si estende fino alla quota di 1250 m s.l.m., corrispondente alla sommità del Gran Cono del Vesuvio, la cui struttura geologica, così come riportato dalla copiosa letteratura e cartografia geologica ufficiale, di seguito riportata:

- *Progetto Carg – Carta Geologica Regionale – Foglio 448 Ercolano SO – Foglio 466 – 485 Sorrento – Termini in scala 1:10.000;*
- *Carta Geologica del Somma-Vesuvio, elaborata dai ricercatori del CNR, sotto la responsabilità del Prof. G. Luongo, in scala 1:25.000;*
- *Carta Geologica del Vesuvio – Dipartimento di Scienze della Terra – Università di Pisa in scala 1:15.000;*
- *Carta Vulcanologica del settore sud-occidentale del Vesuvio fra Torre del Greco ed Ercolano in scala 1:10000, elaborata dal C.N.R., Parco Vesuvio, I.N.G.V. e Dipartimento di Scienze della Terra di Napoli, Pisa e Torino;*

nonchè dall'accurato rilevamento geologico di superficie effettuato dallo scrivente per la rielaborazione della Tavola 01 - Carta Geolitologica, risulta costituita dalla sovrapposizione di terreni vulcanici di varia litologia (*lave e piroclastiti, presenti sul territorio rispettivamente nella misura del 45.36% e del 54.64%*) a loro volta sovrapposti, come già menzionato in precedenza, al complesso lavico basale dell'edificio vulcanico più antico del Somma.

Trattasi di terreni incoerenti di spessore variabile e a diverso grado d'addensamento, messi in posto con meccanismi diversi, non escluso il rimaneggiamento ed il dilavamento ad opera delle acque di deflusso superficiale e colate laviche di diversa età storica che nel loro insieme costituiscono un sottosuolo attastanza caotico e disomogeneo, non tanto in senso verticale, quanto in quello longitudinale, per le continue variazioni laterali delle formazioni affioranti.

In particolare, all'esame dei rapporti stratigrafici che intercorrono tra le varie formazioni individuate è possibile descrivere la seguente successione cronostratigrafica dei terreni, a partire dai termini più antichi:

- Lave del Somma e prodotti piroclastici di piccole attività locali antiche:

Tali prodotti dell'attività antica affiorano solo nell'ambito di un piccolo lembo di territorio, in località "Novelle di Ercolano", dove l'attività estrattiva diffusamente presente nella zona ne ha messo in luce l'esistenza. In questa località affiorano limitatamente anche le lave del substrato del Somma, contornate dalle vestigia di questi piccoli apparati scoriacei, collegati ad attività moderatamente esplosive che hanno prodotto depositi tipo spatter cone.

- Lave del Vesuvio e prodotti piroclastici della sua attività esplosiva:

Il Cono Vesuviano si colloca all'interno della caldera del Somma, ergendosi fino alla quota di oltre 1100 m slm. Esso risulta costituito dalla sovrapposizione di colate laviche, presentando in superficie una copertura di piroclastiti scoriacee, frammista a clasti lavici sciolti, derivanti essenzialmente dall'attività esplosiva del 1944, il cui spessore si può valutare mediamente intorno ai 5 metri.

- Depositi piroclastici sciolti:

*Si sono originati dall'attività esplosiva del Somma, principalmente a seguito delle due grandi eruzioni esplosive di Avellino (**PAV**) e del 79 d.C. (**PPM**), con contributi subordinati delle due ultime eruzioni storiche del 472 d.C. (**PPL_2**) e del 1631 (**PMX**), e sono ampiamente presenti nell'ambito del territorio comunale. I caratteri litologici dei prodotti dei due maggiori eventi esplosivi sono i seguenti:*

A) Formazione di Avellino

I prodotti di questa imponente eruzione preistorica affiorano diffusamente in località "Novelle di Ercolano", riportati alla luce da fenomeni erosionali e da attività estrattive, e contribuiscono in gran parte a formare anche l'ossatura della Collina del Salvatore, sulla quale è ubicato l'Osservatorio Vesuviano. In particolare, è presente il membro da surge piroclastico dell'eruzione, costituito da prodotti a consistenza sabbiosa, di colore grigio, mostranti una tipica tessitura stratificata, da piano-parallela ad ondulata.

Questi terreni sono stati oggetto, per il passato, di una intensa attività estrattiva, che ha portato alla creazione di fronti di scavo con altezze di circa 15-20 metri. Essi affiorano limitatamente anche all'estremità occidentale del territorio comunale, all'interno degli scavi archeologici, dove fungono da substrato deposizionale per i successivi depositi del 79

d.C., mostrando una consistenza litoide ed un colore giallo per fenomeni di neomineralizzazione.

B) Formazione del 79 d.c.

In occasione di questa eruzione, certamente la più famosa tra le eruzioni esplosive del Somma, il territorio comunale fu totalmente invaso e ricoperto da numerosi flussi piroclastici conseguenti ai ripetuti collassi della colonna eruttiva nelle fasi finali dell'eruzione.

Almeno cinque unità da flusso si riversarono verso il mare, sovrapponendosi nella fascia di territorio adiacente agli odierni scavi archeologici, all'interno dei quali affiorano i rispettivi prodotti in sovrapposizione. I prodotti dei flussi piroclastici dell'eruzione del 79 d.C. si sono diffusi quasi esclusivamente nell'ambito del settore occidentale del vulcano, ricoprendo, in pratica, quasi l'intero territorio ercolanese e gran parte dei territori limitrofi di San Giorgio a Cremano, Portici e Torre del Greco.

Lo spessore di questi prodotti aumenta via via da monte verso valle, con valori oscillanti fra i 5 ed i 20 metri. Le caratteristiche litologiche sono quelle di un deposito in cui si riconoscono varie unità deposizionali, a tessitura massiva e caotica, discretamente addensato, con matrice limo-sabbiosa inglobante pomici vacuolari e subarrotondate, con dimensioni da centimetriche a decimetriche.

- Formazione lavica recente:

Con il termine di formazione lavica si intende l'insieme dei flussi lavici che hanno caratterizzato l'attività effusiva del Vesuvio, affioranti a valle dell'edificio vulcanico, fin verso la costa, comprendente tutte le colate laviche eruttate durante le eruzioni interpliniane medioevali e storico-recenti.

Le lave medioevali occupano una ristretta fascia lungo il margine meridionale del territorio, al confine con Torre del Greco, gran parte del quale risulta, invece, ricoperta dalla imponente formazione lavica del 1631.

Questa si suddivide in tre grossi rami, dei quali il più meridionale si spinge fino alla costa, mantenendosi nell'ambito del territorio comunale, mentre gli altri due, più settentrionali, si riuniscono a valle in un unico ammasso lavico che prosegue verso l'adiacente territorio di Portici.

Studi recenti farebbero, tuttavia, propendere per una attribuzione cronologica di tale lava all'attività medioevale; ulteriori ricerche in corso potranno definire più precisamente tale attribuzione.

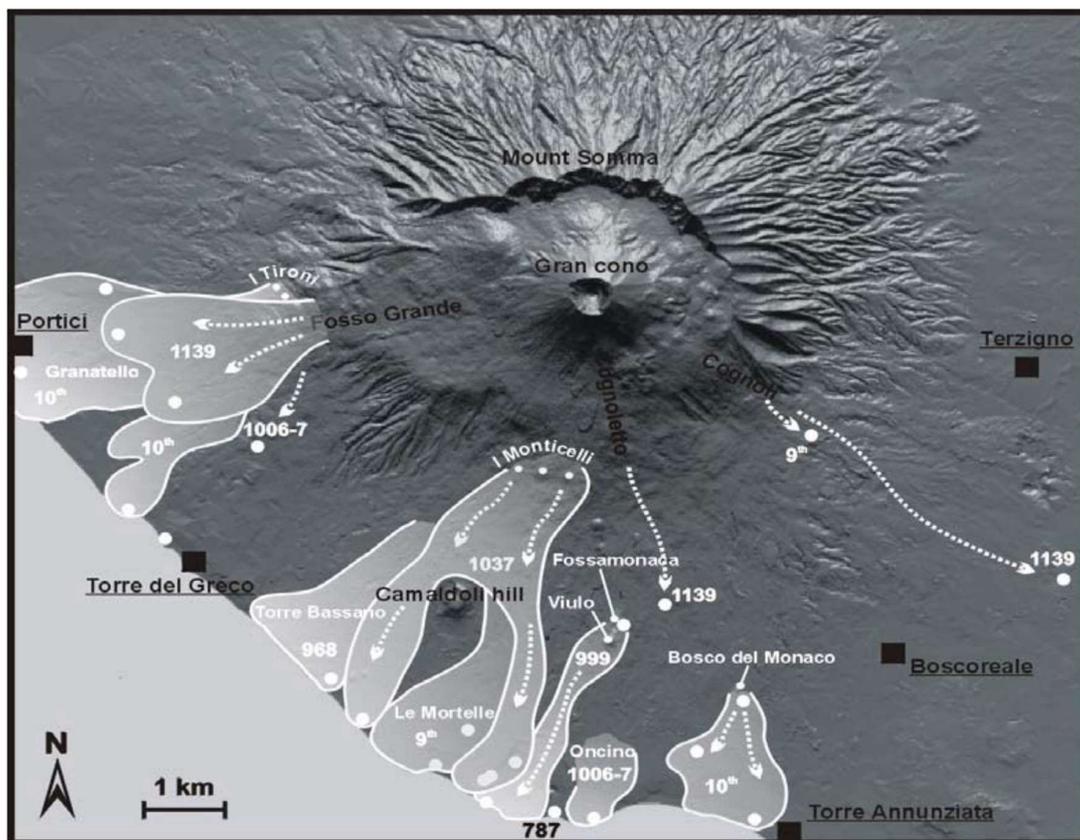


Fig. 7a: Schema sulla distribuzione dei flussi lavici medievali e loro attribuzione di età. I puntini carattere "bold" rappresentano i punti di campionamento per le misure archeomagnetiche (da Principe et al., 2004).

Almeno sei flussi lavici dell'attività interpliniana storico-recente successiva al 1631, che, a partire dalla fine del 1600 a tutto il 1800, hanno invaso il territorio comunale, distribuendosi in prevalenza nell'ambito del settore settentrionale, al confine con i comuni di San Sebastiano al Vesuvio e San Giorgio a Cremano. L'ultimo flusso lavico che ha solcato un lembo settentrionale del territorio è quello dell'ultima eruzione interpliniana del 1944.

Sulla scorta del rilevamento geologico di campagna, integrato dai risultati delle analisi stratigrafiche, è stato possibile redigere la Carta delle Coperture del territorio comunale, con le relative sezioni geologiche, rappresentata nella **Tavola 02**.

In tale elaborato vengono cartografati i depositi piroclastici che si rinvencono in affioramento diretto, ed i flussi lavici delle varie attività effusive del Vesuvio.

In relazione a questi ultimi depositi è stata operata una ulteriore significativa distinzione, discriminando i flussi lavici che presentano a tetto una esigua copertura di piroclastiti sciolte da quelli che presentano a tetto uno strato di piroclastiti sciolte con spessore significativo.

Evidentemente tale distinzione scaturisce oltre che dal rilievo di campagna, anche dall'esame delle stratigrafie.

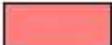
Le analisi stratigrafiche individuano, inoltre, altri corpi lavici a profondità maggiore di 10 m, i quali rappresentano dei substrati localizzati più superficialmente, rispetto al generale substrato lavico dell'edificio vulcanico del Somma.

L'assetto stratigrafico ricostruito fino a profondità rilevanti (*superiori a 100 m*) viene evidenziato in dettaglio nei 5 profili stratigrafici, i quali danno una visione sufficientemente approssimata dei rapporti stratigrafici esistenti tra i complessi piroclastici e lavici superficiali con il substrato lavico profondo.

In conclusione, quindi, dalla carta redatta per il presente studio, i litotipi tecnicamente significativi per gli intendimenti progettuali, appaiono distribuiti in tre zone che presentano le seguenti caratteristiche:

 Depositi piroclastici

Zona I - costituita da corpi piroclastici che affiorano direttamente, e che si estendono notevolmente in profondità, derivanti principalmente dalla deposizione dei prodotti delle eruzioni di Avellino e del 79 d.C. Questi prodotti sono diffusi prevalentemente nelle zone più occidentali del territorio comunale.

 Flussi lavici in affioramento o con copertura compresa tra 0 - 1m

Zona II - E' composta dai corpi lavici delle eruzioni storiche del Vesuvio, affioranti direttamente in superficie. In essa rientrano le aree settentrionali ed orientali che si estendono verso il Cono Vesuviano.

 Flussi lavici con copertura compresa tra 1 - 5m

Zona III - Risulta costituita dalle aree invase da estesi flussi lavici, probabilmente di età medioevale e storica recente, ammantati di una coltre di materiali piroclastici, dallo spessore mediamente compreso tra 2 - 6 m, per lo più di origine alluvionale

5b. Lineamenti geomorfologici

Dal punto di vista morfologico (Fig.8), la conformazione del territorio comunale si presenta, nel suo complesso, molto eterogenea, determinata com'è dalla vicinanza del Vesuvio, che con le sue ricorrenti e molteplici eruzioni ha, nel corso dei secoli, continuativamente mutato la natura dei luoghi.

Infatti il paesaggio si trasforma sensibilmente nel passaggio dalle ripide balze vesuviane, dove dominano le lave antiche e recenti, a forme morfologiche più morbide rappresentate dalla zona collinare di San Vito che, con variazioni di pendenza più o meno accentuate, si raccorda poi

successivamente con la sottostante fascia costiera, articolata in piccole spiagge e rade rocciose.

L'acclività è molto variabile (*si passa dai 40 m s.l.m., degli scavi, ai 98 m s.l.m., del centro storico della città, per poi aumentare fino a raggiungere circa i 1000 m s.l.m. alle pendici del Vesuvio*) e, in linea generale, le pendenze vanno decrescendo procedendo da oriente verso occidente dove si concentra l'aggregato urbanizzato, in particolare nell'area pedemontana ed in quella subpianeggiante prospiciente la costa.

I versanti del Vesuvio, sebbene caratterizzati da differente grado di maturità, risultano piuttosto acclivi e a profilo marcatamente concavo, e sono solcati da valli, generalmente regolari e ben definite, il cui profilo trasversale (*a V o Y*) risulta condizionato fortemente dagli affioramenti litologici a diverso grado di erodibilità. Il pattern è di tipo radiale centrifugo ma la sua densità risulta piuttosto bassa (*circa 0.5 Km/Km²*), imputabile sia alla giovinezza della superficie topografica (*che non ha conosciuto, tra una eruzione e l'altra, un tempo sufficiente per consentire all'erosione lineare di incidere efficacemente la superficie ogni volta rinnovata*), sia alla diffusione delle colate laviche in affioramento, che presentano maggior resistenza all'erosione.

Si riscontrano settori, comunque, dove la rete drenante è più densa e articolata (*circa 4 Km/Km²*) per la presenza di relitti meridionali del più vecchio edificio del Somma, costituiti da piroclastiti sciolte e quindi, più facilmente erodibili. Le linee di drenaggio, a luoghi, appaiono decapitate, come frutto del troncamento causato dalla calderizzazione del più antico Monte Somma. Le suddette incisioni torrentizie sono caratterizzate da valli strette, ripide e profonde (*valloni o cupe*) che prendono ad ampliarsi verso valle (*lagni*) ed il cambiamento morfologico, ma anche toponomastico, avviene in una fascia altimetrica generalmente compresa tra le isoipse dei 200 e dei 300 metri.

I *lagni* e le *cupe*, di norma completamente asciutti (la presenza di acqua è osservabile solo nei periodi piovosi e nei periodi ad essi immediatamente successivi), risultano fortemente antropizzati, appaiono totalmente o parzialmente regimentati e spesso sono sedi della viabilità locale (*alvei-strada*).

Pur se poco accentuato, il reticolo idrografico è comunque presente e delineato lungo il versante meridionale, dove, data la diffusa presenza in affioramento di lave, l'erosione lineare è assai poco accentuata mentre è più sensibile a valle, dove le linee di drenaggio si impostano su terreni piroclastici facilmente erodibili. Tale reticolo è rappresentato da diversi corsi d'acqua a regime torrentizio i cui deflussi risultano organizzati all'interno di n° 4 bacini idrografici principali (*Bacino di Novelle, Bacino di S. Vito, Bacino degli Scavi di Ercolano, Bacino di Croce dei Monti*), a forte controllo litologico, come dimostrano la bassa gerarchizzazione, il prevalente sviluppo longitudinale delle aree bacinali e una frequenza di drenaggio variabile in funzione della litologia e conseguente grado di erodibilità.



Fig. 8: Vista del Vesuvio da sud, Ercolano, in figura, è sulla sinistra

L'analisi geomorfica del vulcano ha portato all'individuazione delle seguenti morfologie:

- *Forme vulcano – tettoniche*

Dalla precedente descrizione delle vicissitudini vulcano-tettoniche che hanno portato alla calderizzazione del Somma ed alla nascita del Vesuvio al suo interno, nell'epoca medioevale, emergono eventi che hanno portato direttamente al modellamento di forme quali la Valle del Gigante ed il versante calderico del Somma. La prima è una valle intracalderica a deflusso esoreico che insiste nel territorio comunale di Ercolano, mentre la seconda ricade in un'area limitrofa. Gli allineamenti di piccole bocche eruttive laterali antiche e recenti, quali quelle presenti nel territorio di Novelle, lasciano intuire la presenza di antiche fratture lungo il versante occidentale del Somma.

- *Forme vulcaniche*

Le forme vulcaniche s.s. sono rappresentate dall'orlo craterico del Cono Vesuviano e dai fronti delle numerose colate laviche, antiche e recenti, che insistono sul territorio comunale. Particolarmente imponente è il fronte del 1858, che si estende, per un ampio tratto, in località Novelle.

- *Forme di deposizione da flussi*

Sono tipiche forme che ricalcano vere e proprie morfologie da conoide e sono relative sia a flussi piroclastici che a flussi lavici. Le prime sono ascrivibili ai depositi da volcanoclastic debris flows e base surges dell'eruzione di Avellino (*che affiorano lungo il versante occidentale della*

Collina del Salvatore), praticamente coincidenti con lo sventramento del settore occidentale del Somma, allorché si formò la caldera. Il corpo piroclastico, comparabile a quello di una frana di grosse proporzioni, defluì nel settore occidentale assumendo la forma di una grossa conoide che invase l'attuale territorio di Ercolano e parte di quello di Torre del Greco.

Le seconde sono associate alla diffusione della lava del 1944 che, dal cratere, discende il fianco del Vesuvio immettendosi, in un ampio ventaglio, nella Valle del Gigante, in direzione Ovest, verso l'Atrio del Cavallo. La forma a "conoide" risulta ancora più accentuata per la deposizione successiva delle "pseudocolate", ossia cumuli di scorie incandescenti accumulate alla base del Gran Cono.

- Forme erosionali

Si tratta di forme connesse ai principali processi erosionali, naturali e antropici. I primi sono relativi all'azione delle acque di dilavamento e si individuano nelle aree bacinali e nelle aste torrentizie che le solcano.

Queste forme verranno trattate più specificamente nel prosieguo. Le aste torrentizie, il più delle volte coincidenti con veri e propri alvei-strada, incidono profondamente i depositi da flusso delle eruzioni di Avellino e del 79 d.C., che spesso risultano rimarcati da pareti verticali di altezza talora considerevoli. Nella fascia pedemontana gli spessi depositi da flusso piroclastico sono in grado di mitigare notevolmente le pendenze, presentandosi come ampie superfici terrazzate. Spesso le superfici terrazzate e le scarpate sono, invece, opera dell'uomo. Alla conformazione generale del settore vesuviano, infine, contribuiscono anche alcuni rilievi secondari (Fig. 9), legati agli allineamenti di bocche eruttive eccentriche dell'attività esplosiva ed effusiva laterale del Vesuvio e le bocche eccentriche legate all'attività del Monte Somma (*rilievo dei Camaldoli*).

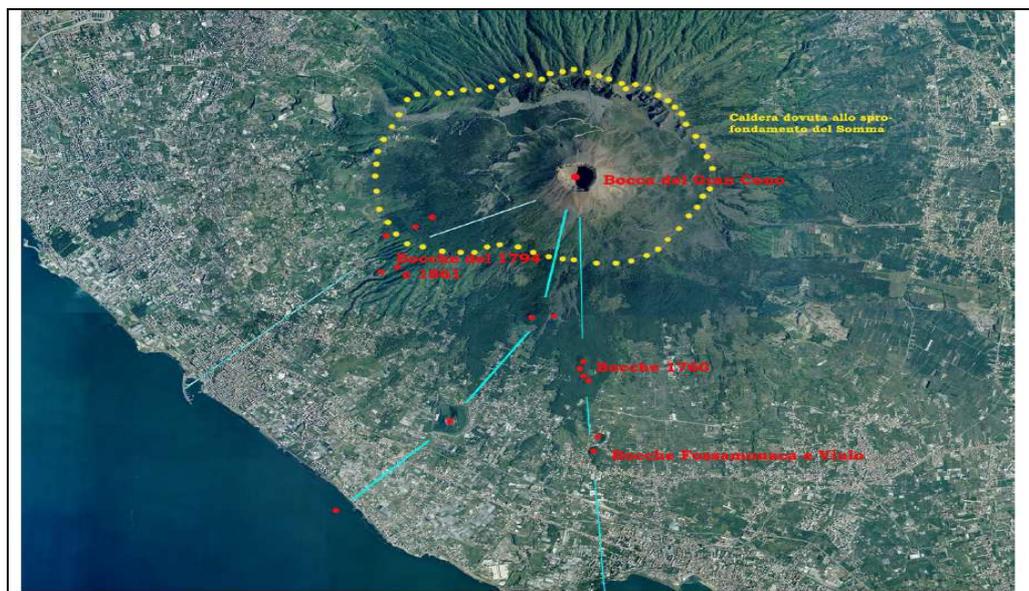


Fig. 9

5c. Lineamenti idrogeologici e Piano tutela delle acque

Premesso che per la caratterizzazione idrogeologica dell'area vesuviana si fa riferimento all'esistenza di un acquifero superficiale ed un profondo, quest'ultimo individuato nel substrato carbonatico della Piana Campana, l'acquifero interessato più frequentemente da azioni antropiche è quello superficiale, che trae la sua alimentazione dall'infiltrazione diretta sull'edificio vulcanico e, solo in minima parte, dal complesso carbonatico sottostante.

Esso, riferito alla struttura idrogeologica del complesso vulcanico Somma-Vesuvio e della porzione di piana immediatamente adiacente ad esso, è caratterizzato dalla presenza di due complessi idrogeologici distinti, di seguito indicati (*Tabella 1*):

Complesso delle piroclastiti: formato da terreni piroclastici incoerenti, tipici delle eruzioni pliniane e subpliniane, con modalità di messa in posto che vanno dai fall ai flussi, fino ai surge, che denotano una permeabilità per porosità, variabile in funzione della granulometria e dello stato di addensamento dei depositi;

Complesso lavico: costituito da terreni litoidi altamente permeabili per fratturazione (locali abbassamenti del valore del coefficiente di permeabilità si riscontrano laddove sono presenti tufi e lave più compatte e poco fratturate).

Unità Idrogeologica	Permeabilità					(m/s)
	Tipo		Grado			
	p	f	b	m	a	
Sedimenti Alluvionali	*					2.31 x 10 ⁻⁴
Lave Vesuviane	*	*				
Piroclastiti	*					
Piroclastiti litificate del Somma – Vesuvio	*	*				1.35 x 10 ⁻⁴
Tufo Giallo Napoletano	*	*				3.05 x 10 ⁻⁵
Lave del Somma	*	*				1.86 x 10 ⁻³
Piroclastiti e sabbie	*					

Tab. 1: Permeabilità dei depositi alluvionali e vulcanici (Comune di Napoli - Servizio Urbanistica 1993 mod.); p: porosità; f: fratturazione; b: bassa permeabilità; m: media permeabilità; a: alta permeabilità.

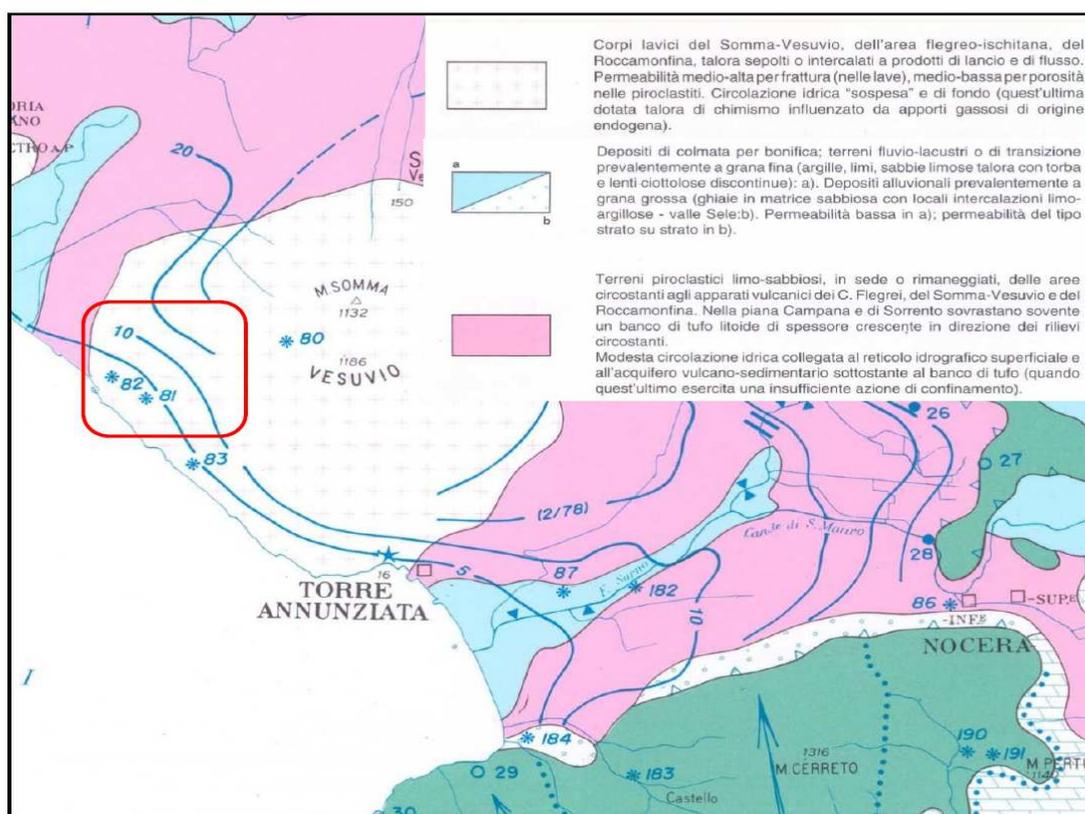


Fig. 10: Stralcio delle Carta idrogeologica della Campania in scala 1:200.00 – Nel riquadro in rosso l'area d'interesse

In tale acquifero, pertanto, è presente una circolazione idrica piuttosto complessa per l'esistenza di continue variazioni litologiche e di permeabilità, sia in senso orizzontale che verticale, che determina l'esistenza di più falde sovrapposte tra loro intercomunicanti, sia attraverso le soluzioni di continuità dei terreni meno permeabili sia attraverso il flusso di drenanza.

La circolazione idrica sotterranea è del tipo basale centrifuga, con due assi di drenaggio principali orientati NE-SW, anche se si ha un certo adattamento della superficie piezometrica alla morfologia del vulcano e, in qualche circostanza, la stessa appare interessata da fenomeni indotti dall'influenza di fattori, oltre che naturali, di tipo antropico, rappresentati, in primo luogo, da emungimenti concentrati.

Per la valutazione quantitativa della trasmissività dell'acquifero si può fare riferimento ai dati riportati in Celico et al. (1994), riferiti al territorio compreso tra le città di Portici, Ercolano e Torre del Greco, in cui essa presenta valori compresi tra 10^{-3} e 10^{-4} m²/sec., che ben si correlano con le variazioni di gradiente della superficie piezometrica presente in loco.

Il limite inferiore dell'acquifero nella zona costiera è rappresentato dalla interfaccia fra acqua dolce ed acqua salata, presente nella zona di sovrapposizione della falda freatica sul cuneo di intrusione dell'acqua marina, che si protende, oltre la linea di costa, verso la terraferma.

Nelle zone più interne del complesso vulcanico, l'acquifero si estende a saturare le lave fessurate del substrato, fino a profondità variabili tra i 200 ed i 300 metri e lo spessore totale dell'acquifero superficiale può essere stimato intorno ai 600-700 metri, profondità alle quali è prevedibile una drastica riduzione della conducibilità, stante la pressione litostatica esercitata dai materiali soprastanti.

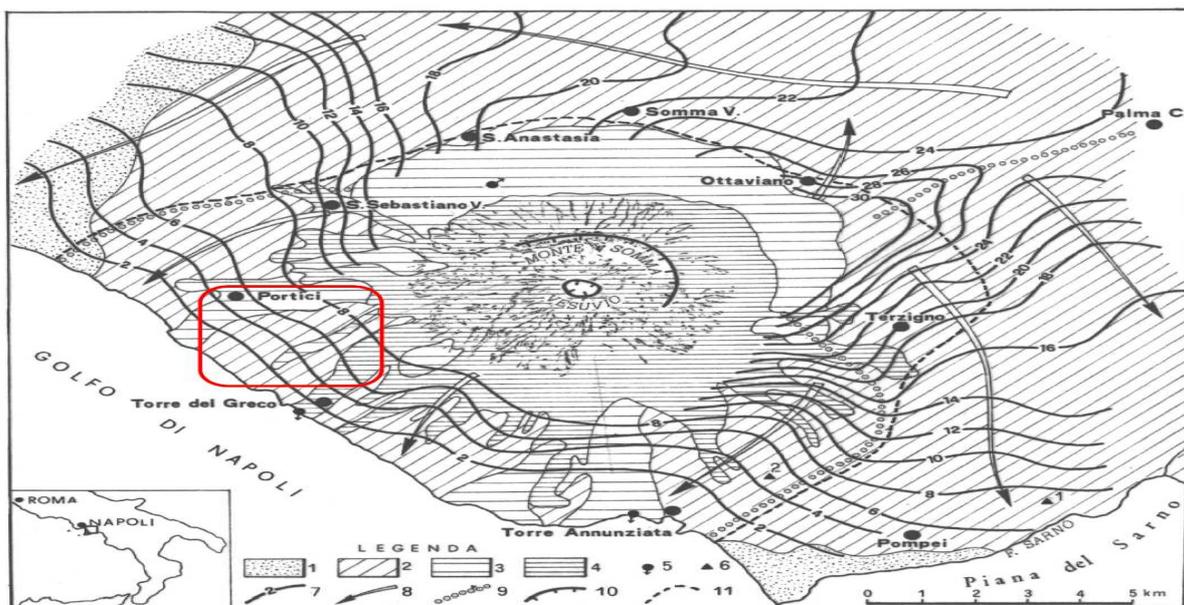


Fig. 11 - Carta idrogeologica dell'area vesuviana: 1) Complesso alluvionale e piroclastico. 2) Complesso delle piroclastiti. 3) Complesso delle piroclastiti prevalenti e delle lave. 4) Complesso delle lave prevalenti e delle piroclastiti. 5) Sorgenti (portata <math>< 5 \text{ l/sec}</math>). 7) Curve isopiezometriche e relative quote in m. s.l.m. 8) Principali assi di drenaggio sotterraneo. 9) Spartiacque sotterraneo. 10) Orlo di caldera

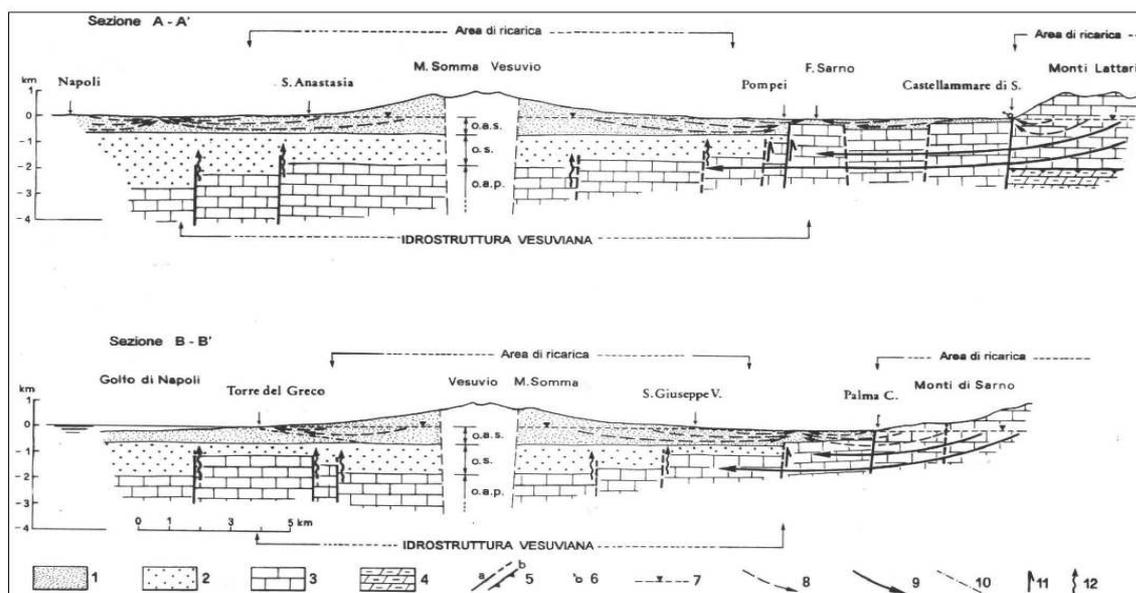


Fig. 12 Sezioni idrogeologiche del Somma - Vesuvio

Per la ricostruzione della morfologia piezometrica locale, si fa riferimento, come già menzionato in premessa, allo studio geologico-tecnico in prospettiva sismica del territorio comunale realizzato dal Prof. G. Rolandi nel 2004 ove, a seguito di misurazioni del livello freatico di un consistente numero di pozzi distribuiti sul territorio, è stato possibile definire lo schema di circolazione idrica sotterranea, rappresentato dalle Carte delle Isofreatiche (*Tavola 06a e Tavola 06b*), riferite, rispettivamente ai periodi di piena e di magra della falda in parola.

L'idrodinamica sotterranea si sviluppa secondo circuiti complessivamente brevi, con discrete velocità di deflusso, che si instaurano nelle piroclastiti sabbiose e nelle lave fessurate e l'interpretazione della suddetta morfologia, oltre a consentire di individuare la soggiacenza della falda rispetto al piano campagna, ha permesso di identificare le principali direttrici del flusso idrico che, nel complesso, sono in buon accordo con la circolazione idrica che, a più grande scala, si realizza nell'ambito del versante occidentale del vulcano, nonostante che in qualche zona sembra esserci l'influenza di fattori, oltre che naturali, di tipo antropico, rappresentati, in primo luogo, da emungimenti concentrati.

E' da segnalare, infine, che a causa delle sopra descritte caratteristiche deposizionali tipiche degli ambienti vulcanici si possono determinare, in corrispondenza di orizzonti a minore permeabilità relativa (*per riduzione della granulometria dei sedimenti piroclastici o del grado di fratturazione degli orizzonti lavici*) la formazione di piccole falde sospese e/o superficiali che possono interessare porzioni più o meno estese dei territori.

In particolare, per il territorio comunale di Ercolano, si manifesta che all'interno dello stesso è presente un'area, di forma pressochè rettangolare e avente dimensioni di circa 0.4 Km², delimitata perimetralmente a Sud ed Est da Via IV Novembre, a Nord dal limite comunale della Città di Portici ed ad ovest da C.so Resina, caratterizzata dalla presenza di una falda episuperficiale di discreta portata soggetta ad escursioni periodiche, con conseguente invasione dei cantinati delle abitazioni ivi compresi i locali interrati, un tempo adibiti alle inumazioni, della Chiesa di S.M. a Pugliano e del Teatro Romano posto, quest'ultimo, a valle dell'area medesima (*Tavola 06c - Carta delle isofreatiche della falda episuperficiale - Località Pugliano*).

In particolare, la falda episuperficiale, si riscontra nell'acquifero costituito dalle piroclastiti sciolte emesse durante l'eruzione del 79 d.c. (*il cui tetto è rappresentato dal banco lavico ascrivibile probabilmente all'eruzione del 1037*), alla cui base si pone un banco piroclastico a tessitura più grossolana ed elevato grado di addensamento, tanto da assumere la compattezza di un tufo (*Tufo Vesuviano*), che costituisce, in pratica, l'impermeabile relativo a letto della falda (*limite di permeabilità indefinito*) impostata nelle piroclastiti superiori, permettendo alla stessa di defluire verso valle.

Trattasi, quindi, di un acquifero che si può definire, sostanzialmente come libero o a basso grado di confinamento, date le sensibili differenze litologiche tra il tetto (*le lave*) ed il letto (*le piroclastiti*).

Circa la formazione della suddetta falda episuuperficiale è plausibile affermare che sui paleosuoli argillificati pre 79, che rendevano possibile la presenza di corsi di acqua superficiali a carattere torrentizio nel territorio ercolanese (*quali i due fiumi delimitanti la città, come attestano gli storici*), si depositarono con l'eruzione Pliniana del 79 d.c. spesse coltri di materiali vulcanici che alterarono quasi completamente la topografia del territorio, rendendo impossibile il libero deflusso delle acque prima incanalate.

Quest'ultime, scorrendo sugli stessi materiali piroclastici, che assunsero con il tempo la consistenza di un banco tufaceo coerente ed impermeabile, si installarono successivamente nei litotipi sciolti sovrastanti dando origine ad una falda episuuperficiale che attualmente interessa la porzione NW dell'abitato di Ercolano, con andamento N-S, parallelo all'ex alveo di bonifica ora tombato, dal quale il limite orientale della falda stessa dista circa 250 metri, mentre il limite occidentale interessa, invece, il tenimento del Comune di Portici nel bosco di Palazzo Reale (*da sottolineare, inoltre, che si rilevano due direzioni di maggior deflusso idrico: l'una che segue grosso modo Via Cuparelle e l'altra la congiungente Piazza Pugliano-Piazza Mercato (tali andamenti sono determinati dalla presenza della colata lavica sovrastante la falda stessa)*).

Per le problematiche create dalla presenza della suddetta falda, sia di carattere urbanistico sia relative alla sicurezza degli immobili presenti nella zona interessata dal fenomeno, si rimanda ai paragrafi relativi ai criteri e modalità di realizzazione delle carte tematiche.

Per quanto attiene il Piano di tutela delle acque, la Regione Campania ha adottato il suddetto Piano con Delibera di Giunta Regionale n° 1220/2007, mentre attualmente l'Ente deputato al Piano di Gestione delle acque (PGA) è il Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale (Piano di Gestione Acque II FASE: CICLO 2015-2021 - Direttiva Comunitaria 2000/60/CE, D.L.vo 152/06, L. 13/09 - redatto nel 2016 - Comitato Istituzionale del 3 marzo 2016 - approvato con D.P.C.M. il 27 ottobre 2016 - Gazzetta Ufficiale n. 25 del 31 gennaio 2017).

Lo strumento del Piano di Gestione delle Acque è individuato dal D.lgs. 152/99 e dall'Allegato IV parte B del D.lgs. 152/06 e s.m.i. "Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole", come strumento prioritario per il raggiungimento e il mantenimento degli obiettivi di qualità ambientale per i corpi idrici significativi superficiali e sotterranei e degli obiettivi di qualità per specifica destinazione, nonché della tutela qualitative e quantitativa del sistema idrico.

Nella gerarchia della pianificazione regionale, quindi, il Piano di Gestione delle acque si colloca come uno strumento sovraordinato di carattere regionale le cui disposizioni hanno carattere immediatamente vincolante per le amministrazioni e gli enti pubblici, nonché per i soggetti privati, ove trattasi di prescrizioni dichiarate di tale efficacia dal piano stesso.

Nell'ambito del Piano così come prevedono i Decreti 258/2000 e 152/2000, sono stati individuati i principali "**corpi idrici significativi**", sia superficiali che sotterranei (allegato 1 punto 1.2.1). Il Comune di Ercolano (Na) rientra nel Piano di Tutela del 2020-2026, redatto dal Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale, ed il territorio comunale rientra nell'area dei Corpi idrici del Somma Vesuvio e della Piana del Sarno nella Tavola 3A - Carta dei Corpi Idrici Sotterranei (CISS - Aggiornamento 2019 - *Figura 12A*) con Stato qualitativo del corpo idrico chimico scarso come dalla Tavola 11 - Classificazione dello Stato Chimico dei Corpi idrici Sotterranei - Aggiornamento 2019 (*Figura 12B*).



Fig. 12A: Tav. 3A - Carta dei corpi idrici sotterranei (CISS) tratta dal PGA Ciclo 2020-2026 - Aggiornamento (2019) del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale

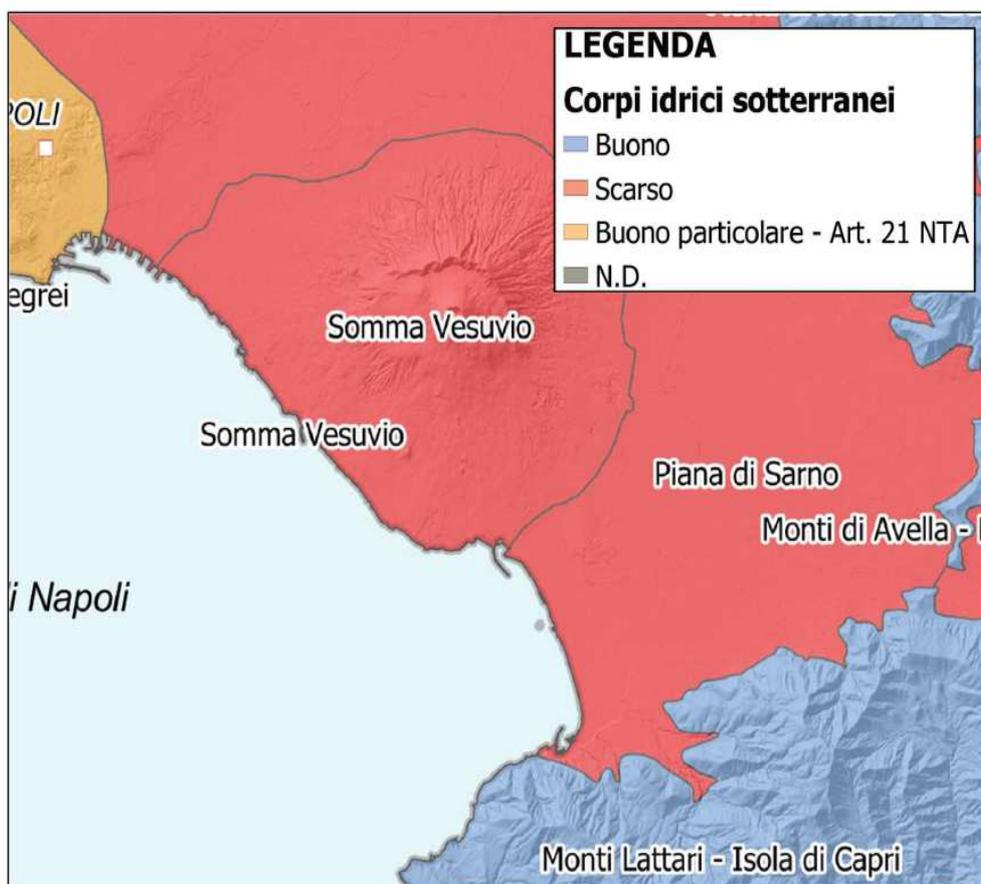


Fig. 12B: Tav. 11 – Carta dello stato chimico dei corpi idrici sotterranei (CISS) tratta dal PGA Ciclo 2020-2026 del Distretto Idrografico dell’Appennino Meridionale - Aggiornamento (2019)

5d. Lineamenti idrogeologici-idraulici

Come già evidenziato in precedenza, la città Ercolano gode di un clima tipicamente mediterraneo, con inverni miti e piovosi ed estati calde e secche, ma comunque rinfrescate dalla brezza marina che raramente manca sul suo tratto costiero, con il sole che splende mediamente per 250 giorni l'anno (*la classificazione di Ercolano inserisce la città nella zona climatica "C"*).

La particolare conformazione morfologica del territorio, comunque, obbliga in questa sede ad aggiungere che la città possiede al suo interno due differenti microclimi, con la possibilità così di incontrare variazioni climatiche sensibili spostandosi di pochi chilometri (*più continentale rispetto al centro della città, ad esempio, risulta essere la zona di San Vito e l'intera fascia pedemontana vesuviana a causa della maggiore altitudine, che comporta un clima leggermente più freddo nei mesi invernali, ed un clima meno afoso in quelli estivi*).

Le precipitazioni medie annue si aggirano sui 920-930 mm e sono distribuite mediamente in 90 giorni, con un minimo in estate ed un picco

in autunno-inverno, anche se la piovosità al Vesuvio è maggiore di quella delle zone pianeggianti circostanti a causa della presenza dell'edificio vulcanico che, esponendosi con la sua imponente mole agli umidi venti meridionali, produce la maggiore piovosità per lo stesso vulcano.

Nella tabella 2 che segue, sono riportati i parametri idrologici che caratterizzano il Somma-Vesuvio.

Area di riferimento	153.0 km²
Precipitazione	924 mm
Evapotraspirazione	606 mm
Deflusso globale	318 mm
Area di infiltrazione utile	138.5 km²
Volume delle precipitazioni efficaci	44 × 10⁶ m³/anno
Volume delle acque di ruscellamento	6.6 × 10⁶ m³/anno
Volume delle acque di infiltrazione efficace	37.4 × 10⁶ m³/anno
Resa	8.6 l/s × km²
Volume medio annuo della portata della falda più emungimenti	50.4 × 10⁶ m³/anno

Tabella 2: Parametri idrogeologici del complesso vulcanico Somma – Vesuvio

Idrografia del territorio comunale

Il regime dei corsi d'acqua che solcano il territorio comunale è tipicamente torrentizio, non riscontrandosi emergenze sorgentizie, né rapporti con la falda acquifera di base.

I deflussi risultano organizzati all'interno di n° 4 bacini idrografici, le strutture dei quali risentono fortemente del controllo litologico, come dimostrano la bassa gerarchizzazione, il prevalente sviluppo longitudinale delle aree bacinali, i cambi di direzione delle linee drenanti, ecc.

I bacini sono stati individuati con un numero progressivo (*dal N° 1 al N° 4*), da Nord verso Sud. I primi tre bacini presentano, al loro interno, un tessuto urbanizzato di limitata estensione ed hanno la sezione di sbocco in alvei adduttori ubicati nei territori di comuni limitrofi (Portici e San Giorgio a Cremano).

Il bacino N° 4, che è il più esteso (*5,37 km²*), presenta, nella parte medio-bassa, una diffusa urbanizzazione e, pertanto, le sue caratteristiche morfometriche risultano fortemente condizionate, segnatamente dalla presenza delle reti fognaria e viaria.

E' evidente, quindi, che, in questo caso, le acque di ruscellamento non confluiscono all'interno di strutture ricettive naturali, ma vengono convogliate principalmente verso le reti fognarie, dopo percorsi su strade asfaltate, con notevole pendenza.

Per tale motivo, la sezione di sbocco è stata individuata in corrispondenza dell'imbocco del tratto tombato che attraversa il centro abitato lungo l'asse di *Via Alveo-Gramsci-Aldo Moro-Plinio*.



Fig. 13: Differenze della rete drenante nell'area vesuviana: in verde l'area a rete drenante densa, caratterizzata dai valloni (cupe); in blu gli alvei principali attraversanti Ercolano (lagni) e costituenti la rete drenante a bassa densità

I quattro bacini (Fig. 14-15) presentano una forma piuttosto allungata, con fattori di forma (**Ff**) che si discostano sensibilmente dall'unità.

Tali bacini sono, inoltre, caratterizzati da un discreto valore della frequenza di drenaggio (**Fd**) per la presenza di una estesa coltre di terreni piroclastici relativamente più erodibili.

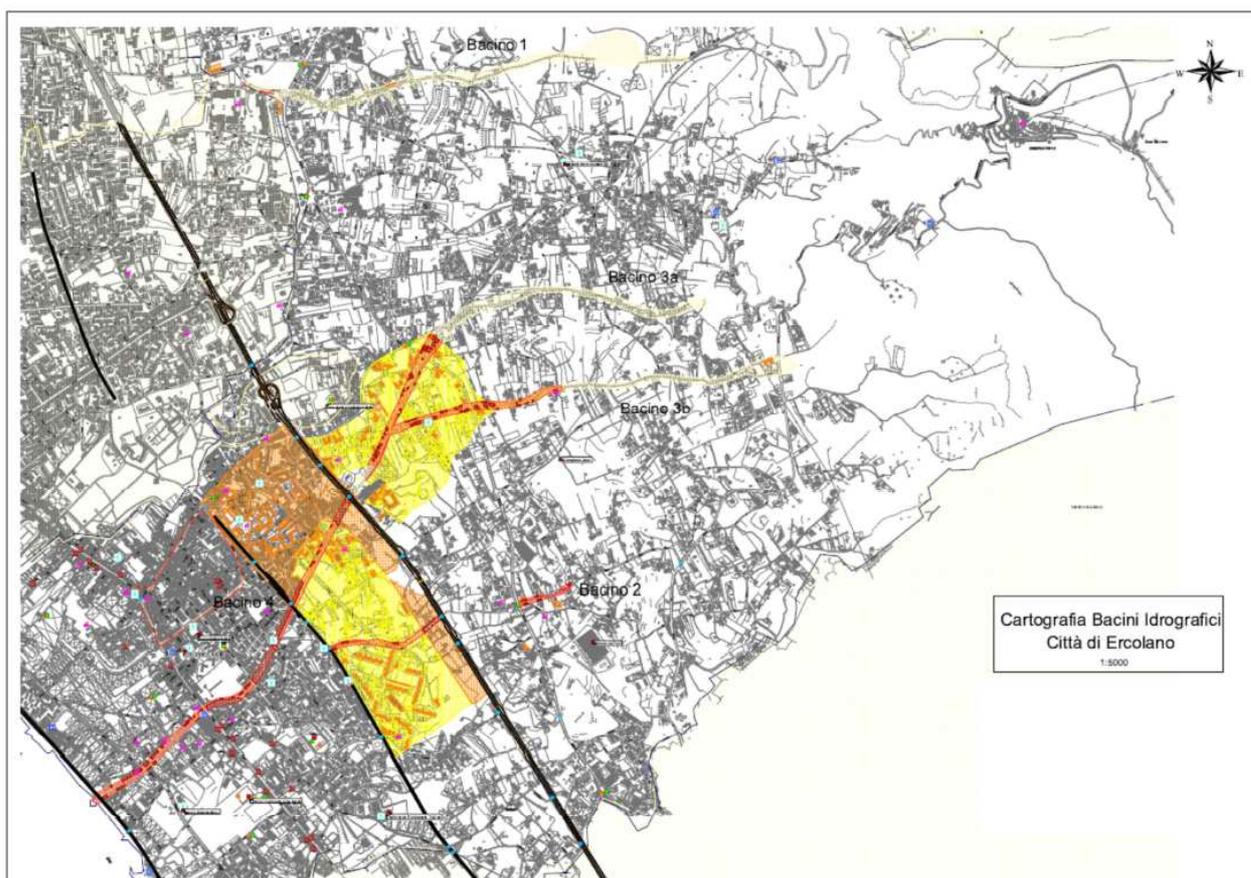


Fig. 14

Bacino	Caratteristiche dei bacini ercolanesi
1	<i>Il bacino ha una lunghezza di 1,5 km a partire da un'area alle pendici del Vesuvio (presso zona "Lave 1812"), lato nord-ovest, per insinuarsi come acqua torrentizia nelle vie "Focone" e "Cegnacolo" fino al confine del Comune di San Giorgio a Cremano.</i>
2	<i>Il bacino è di lunghezza breve (circa 600 m), compreso tra l'autostrada e la linea ferroviaria Circumvesuviana; è percorso in forma di rio/strada sulla via Cupa dei Monti.</i>
3 (3a e 3b)	<i>I due bacini si riversano per una lunghezza pari a circa 700 m nel bacino 4, rispettivamente in via Semmola e Semola bis. Questi tratti presentano una forte pendenza e costeggiano un fossato a cielo aperto lungo a sua volta complessivamente 750 m e "tombato" per un lungo tratto verso valle, oltre all'attraversamento in sottopasso della linea ferroviaria.</i>
4	<i>Il bacino è caratterizzato da un alveo relativamente profondo che riesce ad incanalare il drenato con scarso rischio di alluvioni laterali, verso il mare. Esso attraversa l'area intermedia fra autostrada e ferrovia mediante altrettanti sottopassi particolarmente pericolosi per intasamenti e ostruzioni da detriti.</i>

Fig. 15

Valutazione delle portate meteoriche al colmo di piena

Nel caso in cui le portate raggiungano valori assai elevati a causa di una alimentazione eccezionale (*dovuta, per esempio, a piogge intense e di*

breve durata localizzate nell'ambito delle quattro aree bacinali), si potrebbero verificare delle piene dovute alla bassa capacità di infiltrazione determinata dalla presenza di lave e di piroclastici compatte.

In tal caso, risulta importante effettuare una stima della portata di massima piena. I valori di tale portata Q_T , corrispondente al periodo di ritorno T , vengono calcolati attraverso la relazione (1):

$$Q_T = \eta_Q K_T$$

$\eta_Q = \text{parametro di distribuzione delle portate}$
 $Q_T = \text{media annuale della portata istantanea}$
 $K_T = \text{coefficiente di crescita con il periodo di ritorno}$

Un parametro importante nella relazione (1) è quello relativo alla distribuzione delle portate (η_Q), che, generalmente, si ottiene attraverso una stima indiretta basata su un modello di trasformazione afflussi/deflussi basato, a sua volta, sulla legge di probabilità pluviometrica che caratterizza la zona in studio.

Per la stima della massima portata di piena con assegnato periodo di ritorno è stata utilizzata la metodologia relativa al modello di Giandotti.

Si tratta di un modello concettuale di trasformazione afflussi/deflussi di tipo cinematico, basato sulla valutazione del tempo di corrivazione (t_c) del bacino.

Per quel che concerne la legge di probabilità pluviometrica, si fa riferimento alla relazione riferita all'area omogenea A_1 contenuta nel piano straordinario per la rimozione delle situazioni a rischio più alto, adottato dalla ex Autorità di Bacino Nord-Occidentale della Regione Campania.

Tale relazione viene espressa nel seguente modo:

$$(2) \quad h_{t,T} = k_T \frac{129,62 \cdot t}{\left(1 + \frac{t}{0,1269}\right)^{0,7305 - 0,000018 \cdot H_{med}}}$$

in cui:

$h_{t,T}$ [mm] è l'altezza di pioggia di assegnata durata t [ore] e periodo di ritorno T [anni];

k_T è il fattore di crescita, relativo alle piogge, variabile in funzione del periodo di ritorno (vedi Tab. I);

H_{med} [m] è la quota media del bacino rispetto al livello medio del mare.

Per quanto concerne la distribuzione di probabilità dei massimi di pioggia annuali, rapportati al valore medio, il citato studio ideologico adotta il modello TCEV (*Two Components Extreme Value*).

La funzione di distribuzione di probabilità cumulata $F\{k\}$ del modello TCEV è fornita dalla relazione:

$$(3) \quad T = \frac{1}{1 - F\{k\}} = \frac{1}{1 - \exp\left(-\Lambda_1 \cdot e^{-\eta k} - \Lambda^* \cdot \Lambda_1^{1/\theta^*} \cdot e^{-\eta k \theta^*}\right)}$$

- in cui Λ_1 , η , $\Lambda^* = \Lambda_2/\Lambda_1^{1/\theta^*}$ e $\theta^* = \theta_2/\theta_1$ sono i parametri della distribuzione aventi il seguente significato fisico:
 - Λ_1 e Λ_2 rappresentano il numero medio annuo di eventi pluviometrici indipendenti appartenenti, rispettivamente, alla componente base ed a quella straordinaria;
 - θ_1 e θ_2 rappresentano il valore medio della altezza di pioggia di durata t , rispettivamente, per la componente base e quella straordinaria;
- η dipende dai parametri precedentemente descritti; indicando con:
 - $k = ht/\mu t$ la variabile standardizzata, definita come rapporto tra il massimo annuale della altezza di pioggia ht , di durata t , ed il suo valore medio μt ;
 - T il periodo di ritorno espresso in anni;
 - kT il valore assunto dalla variabile standardizzata k per assegnato periodo di ritorno T , indicato come fattore di crescita.

Una volta definiti i valori dei parametri Λ_1 , η , $\Lambda^* = \Lambda_2/\Lambda_1^{1/\theta^*}$ e $\theta^* = \theta_2/\theta_1$, il fattore di crescita kT risulta univocamente determinato ed il valore della massima altezza di pioggia di assegnata durata t e periodo di ritorno T , esprimibile dalla relazione $ht_{T,t} = \mu t \cdot kT$, dipende dalla conoscenza del valore medio delle massime altezze di pioggia μt . Per la Regione Campania il Progetto VAPI (Rossi e Villani, 1994) ha definito i valori dei suddetti parametri, che sono riportati nella Tab.3.

θ^*	Λ^*	Λ_1	η
2,536	0,224	37	4,909

Tabella 3

Nella Tabella 4 si riportano i corrispondenti valori del fattore di crescita kT , ottenuti numericamente dalla relazione (3), in funzione del periodo di ritorno T .

T (anni)	2	5	10	20	25	40	50	100	200	300	1000
kT	0,87	1,16	1,38	1,64	1,72	1,92	2,03	2,36	2,71	2,91	3,53

Tabella 4 - Valori del fattore di crescita kT delle piogge, in funzione del periodo di ritorno T

Calcolo delle portate

Il metodo cinematico per la determinazione della massima portata di piena, in corrispondenza di un assegnato periodo di ritorno T , viene applicato nell'ipotesi che la durata critica di pioggia dell'intero bacino coincida con il suo tempo di corrivazione t_c : si ammette, in altre parole, che durate di pioggia inferiori al tempo di corrivazione conducano a valori

della portata al colmo, per uguali valori di T , inferiori rispetto a quelli deducibili per durate coincidenti con il tempo di corrivazione, ritenendo secondario, pertanto, l'incremento dell'intensità media di pioggia nel corso dell'evento rispetto alla riduzione dell'area contribuyente.

Ricorrendo ad un modello cinematico per la trasformazione afflussi/deflussi, la portata al colmo di piena sarà fornita dalla seguente espressione:

$$(11) \quad Q_m = \frac{\varphi \cdot i(t_c) \cdot A}{360}$$

in cui:

- φ è il coefficiente d'afflusso (assunto pari a 0,25);
- $i(t_c)$ è l'intensità di pioggia per la durata critica della pioggia t_c e per un assegnato periodo di ritorno T (mm/h);
- Q_m è la portata al colmo alla sezione di chiusura del bacino assegnato (m^3/s).
- A è la superficie del bacino (ha).

La relazione (11) consente di determinare, nota la curva di probabilità pluviometrica, la massima portata al colmo una volta nota la durata critica, ovvero il tempo di corrivazione t_c .

Nel caso in esame, viste le caratteristiche geomorfologiche del bacino assegnato, per il calcolo della durata critica è possibile utilizzare la relazione del Giandotti:

$$(12) \quad t_c = \frac{4 \cdot A^{0,5} + 1,5 \cdot L}{0,8 \cdot H_m^{0,5}} \quad [\text{ore}]$$

in cui:

- t_c è il tempo critico (in ore);
- L è la lunghezza dell'asta principale (in km);
- A è la superficie totale di bacino (in km^2).
- H_m è l'altitudine media del bacino [m], misurata rispetto alla sezione di chiusura: $H_m = H_{med} - H_o$, in cui H_{med} [m] è la quota media del bacino ed H_o [m] è quella della sezione di chiusura.

Il valore della portata di piena Q_{100} , con periodo di ritorno $T=300$ anni, è calcolato secondo la (1), avendo adottato il corrispondente valore del fattore di crescita delle piogge ($kT = 2,91$).

I valori dei tempi di corrivazione e delle portate ottenute per i bacini considerati, sono riportati nelle seguenti tabelle 5 e 6.

BACINO	AREA (ha)	Lunghezza (km)	Hmed(m)	HO (m)	Hm (m)
1	266	3,70	312	100	210
2	186	4,12	360	100	260
3	213	3,50	235	100	135
4	346	4,60	550	200	350

Tabella 5

BACINO	TEMPO DI CORRIVAZIONE (ore)	ALTEZZA DI PIOGGIA CRITICA ($h_{c,T}$) (mm)	INTENSITÀ DI PIOGGIA CRITICA ($i_{c,T}$) (mm/ore)	VALORE MEDIO (μQ) (m^3/s)	PORTATA CRITICA (Q_{300}) (m^3/s)
1	1,04	80,70	77,66	4,93	14,34
2	0,90	74,70	83,00	3,68	10,72
3	1,19	82,21	69,08	3,51	10,21
4	0,96	77,04	80,25	6,62	19,28

Tabella 6

6. Rischio idrogeologico del territorio comunale.

Non mancano ad Ercolano esempi di disastrose alluvioni, conseguenti ad eventi meteorologici di carattere eccezionale, come quella del 21 settembre del 1911 (*dove una colata di fango causò una decina di vittime e arrecò gravissimi danni in Via Trentola, Via Mare, Corso Resina e Via Pugliano*) e del 1985 (*dove si registrò una vittima in Via Palmieri*) nonché quelle verificatesi nel 2001, 2003 e 2010, che determinarono la crisi idraulica dell'intero sistema urbano.

Eventi minori, ma comunque importanti, si registrano quasi annualmente, con allagamenti di sottopassi e/o dei cantinati di fabbricati.

Per quanto concerne al rischio frana, eventi franosi di vario tipo, ma di modesta entità, si sono più volte verificati nella zona compresa tra la quota 180-200 m e quota 800-1500 metri, ma non tutti sono stati singolarmente registrati.

In particolare, per l'alluvione del 2011, come scrive il Carotenuto, le pendici del Vesuvio e le terre sottostanti furono coperte da un fitto strato di cenere tellurica, densa ed untuosa, impalpabile e compatta, che livellò la morfologia del cono vesuviano e creò una immensa tettoia impermeabile.

Questa levigatura della superficie conica del vulcano fu la causa principale, secondo lo stesso Carotenuto, della grossa colata di fango, che isolò Resina, provocando lutti e disastri e seppellendo le povere case di Via Mare sotto una coltre di materiale alta circa cinque metri.

Durante il primo periodo di pioggia torrenziale di quel giorno, una corrente fangosa discese le pendici del Vesuvio e, procedendo velocissima, travolse e distrusse grosse piante, alberi ed altro, arrecando danni enormi alle campagne.

La fiumana fangosa allagò anche il piano terreno di abitazioni, senza, però, causare vittime umane.

Continuando ininterrotta la pioggia, nel pomeriggio rimasero allagate altre case in città e, nelle campagne, fu completamente interrotta la circolazione dei pedoni e delle vetture. Inoltre, fu completamente invasa dal torrente la strada di Pugliano, fino all'altezza dei primi piani. Tutti i portoni d'ingresso agli edifici furono bloccati o sfondati, cosicché famiglie che abitavano ai piani superiori furono costrette, nei giorni successivi, a

vettovagliarsi a mezzo scale. I cortili furono invasi dalle acque e dal terriccio. I lampioni a gas sporgenti dall'ammasso di fango indicavano, drammaticamente, l'altezza raggiunta dalla lava, che si ingrossava sempre di più.

I danni più gravi si raggiunsero, tuttavia, in Via Trentola, dove fango, sabbia e rottami, consolidatisi in una massa nera e durissima, elevarono il livello stradale di due metri e mezzo determinando la scomparsa fino all'arco di volta e/o completa in alcuni punti, delle botteghe presenti. Oltre ai numerosi danni, questa disastrosa alluvione fece anche delle vittime che, complessivamente, furono circa una decina (Fig. 16).



Colata di fango dei depositi vulcanici dell'eruzione del 1906

Via Pugliano in Resina : 21 settembre 1911

Fig. 16

Tanto premesso e che per "**Rischio Idrogeologico**" deve intendersi il rischio da inondazione, frane ed eventi meteorologici pericolosi di forte intensità e breve durata, che possono essere prodotti da:

- *movimento incontrollato di masse d'acqua sul territorio, a seguito di precipitazioni abbondanti o rilascio di grandi quantitativi d'acqua da bacini di ritenuta (alluvioni);*
- *instabilità dei versanti (frane), anch'essi spesso innescati dalle precipitazioni o da eventi sismici nonché da eventi meteorologici pericolosi quali forti mareggiate, nevicate, trombe d'aria;*

e che in particolare, nel seguito, si farà riferimento alle due tipologie prevalenti di rischio idrogeologico quali:

- **RISCHIO IDRAULICO**, da intendersi come rischio di inondazione da parte di acque provenienti da corsi d'acqua naturali e/o artificiali e da mareggiata;

- **RISCHIO FRANE**, da intendersi come rischio legato al movimento o alla caduta di materiale roccioso o sciolto, causati dall'azione esercitata dalla forza di gravità;

e che lo stesso si può esprimere come prodotto della pericolosità e del danno potenziale in corrispondenza di un determinato evento:

$$R = P \times E \times V = P \times Dp$$

dove:

P (*pericolosità*): probabilità di accadimento, all'interno di una certa area e in un determinato intervallo, di un fenomeno naturale di assegnata intensità;

E (*elementi esposti*): persone e/o beni (abitazioni, strutture, infrastrutture, ecc.) e/o attività (economiche, sociali, ecc.) esposte a un evento naturale;

V (*vulnerabilità*): grado di capacità (o incapacità) di un sistema/elemento a resistere all'evento naturale;

per la definizione degli scenari di evento e del danno atteso, relativi al rischio idraulico e di frana, oltre ai dati di base territoriali, ci si è avvalsi delle informazioni contenute negli studi relativi al:

- *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico*", del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale, redatto redatto dall'ex Autorità di Bacino Regionale Campania Centrale - Delibera di Adozione del Comitato Istituzionale n.1 del 23/02/2015;

- *Piano Gestione Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) approvato con Delibera n. 1 del Comitato Istituzionale Integrato il 03/03/2016 - II ciclo 2016-2021.*

Sulla base della perimetrazione delle aree classificate pericolose e a rischio riportate rispettivamente nelle:

- *Tavola 05A - Carta delle Pericolosità Frane;*
- *Tavola 05B - Carta del Rischio Frane;*
- *Tavola 05C - Carta delle Pericolosità Idraulica;*
- *Tavola 05D - Carta del Rischio Idraulico;*

sono state individuati successivamente gli elementi esposti (*ovvero le persone e i beni che si ritiene potrebbero essere interessati dall'evento atteso, quelli, cioè, che ricadono all'interno delle suddette aree*), precisando che la valutazione di tali elementi è stata effettuata mediante un processo di sovrapposizione di informazioni territoriali e di cartografie basate su criteri quantitativi specifici utilizzando, in particolare:

- i dati riportati nelle sezioni censuarie **ISTAT** (*XV Censimento della Popolazione e delle Abitazioni*);
- gli edifici riportati nella Carta Tecnica Regionale.

Ciò ha permesso di produrre la documentazione e gli elaborati di seguito elencati e allegati:

- *Stima della popolazione e delle attività coinvolte nelle aree inondabili e nelle aree instabili;*
- *Schede dei punti di crisi idraulica;*

rilevati ques'ultimi dallo scrivente, congiuntamente con l'Ing. Roberto Vollero, nell'ambito delle attività di prevenzione dei rischi naturali ed antropici del Presidio Idrogeologico del Territorio in Campania (2015) relativamente al comune di Ercolano, inserito nel C.O.M. 13 - NA TORRE DEL GRECO - ERCOLANO - PORTICI - Zona di allerta meteo 1 : Penisola Sorrentino - Amalfitana - Monti di Sarno e Monti Picentini, riportate nell'allegato n. 5, che costituisce parte integrante del presente lavoro.

6.a Aree e popolazione a rischio idraulico del territorio comunale.

Sono state illustrate, in precedenza, le caratteristiche geomorfologiche delle zone di monte dell'area comunale, che mostrano essenziali caratteri distintivi che permettono di distinguere le quattro aree bacinali individuate.

In tali aree, caratterizzate da pendenze piuttosto elevate e da lunghezze non rilevanti (2-4 km), sono presenti, per gran parte, volumi di piroclastiti che, a causa del periodico dilavamento dei versanti, forniscono un apporto solido non trascurabile.

Tale situazione comporta una condizione incombente di pericolosità/rischio in relazione alla formazione di flussi alluvionali iperconcentrati durante eventi meteorici di notevole intensità.

È evidente come il rischio connesso a tali fenomenologie sia elevato per le aree pedemontane dei bacini in parola.

Sotto questo profilo, si ritiene che il rischio più alto sia da individuarsi in quelle aree pedemontane densamente urbanizzate situate nell'area bacinale N° 4, il cui attraversamento comporta condizioni di scarsa funzionalità idraulica (*restringimento di sezioni, precarie condizioni di stabilità degli argini, interrimento di briglie, ecc.*).

Le mappe con le aree a rischio sono riportate nelle sopra indicate tavole e nelle due figure 17 e 18 sottostanti.

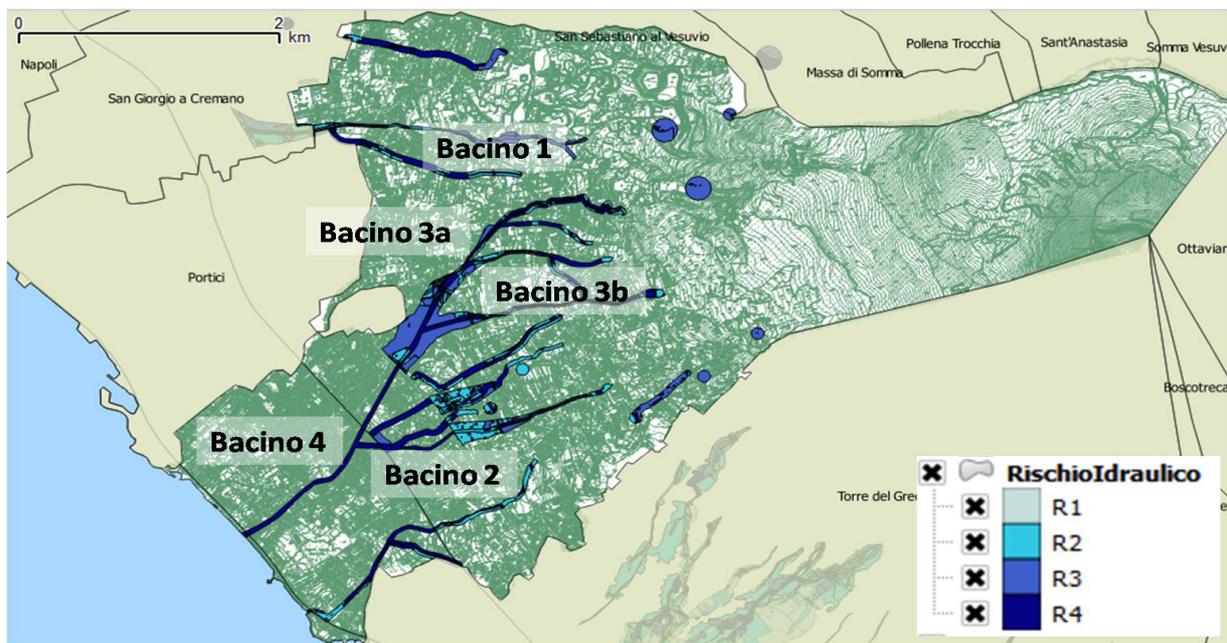


Fig. 17: Aree a rischio idraulico sul territorio comunale

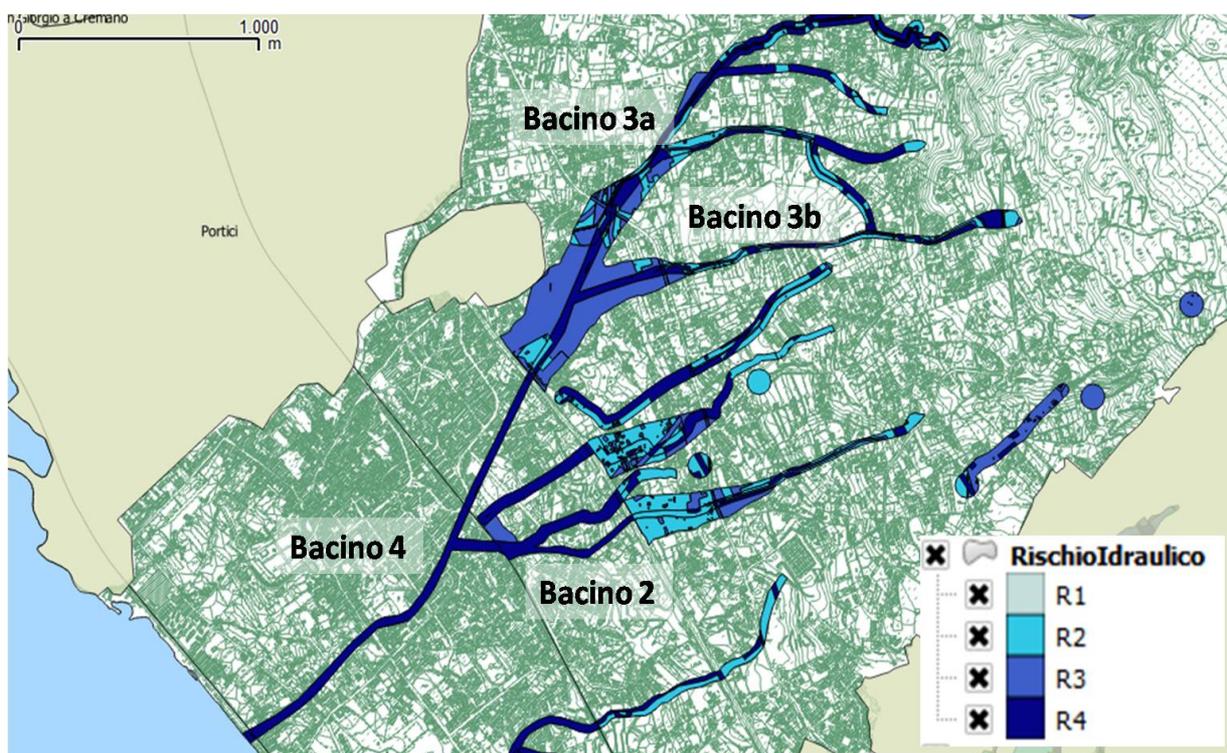


Fig. 18: Aree a rischio idraulico nel nucleo centrale della città

I punti di criticità idraulica si rilevano principalmente in presenza degli alvei tombati (Fig. 19), naturali (Fig. 20, 20a) e alvei strada, in particolare modo negli innesti ortogonali di questi ultimi con le vie di comunicazioni principali (*Via Sacerdote B. Cozzolino*–Fig. 21) e, subordinatamente, nelle zone sottoposte a fenomeni di esondazioni localizzate e allagamento, così come riportato nelle sopra menzionate schede dei punti di crisi.



Fig. 19



Fig. 20



Fig. 20a



Fig. 21

Per quanto riguarda i tratti di pianura, le situazioni di rischio sono quelle che derivano principalmente:

- dai rigurgiti derivanti dalla presenza di ponti, sottopassi all'intersezione tra le arterie comunali e le linee ferroviarie e/o autostradali, riportati nella tabella 3;
- dalle sezioni insufficienti a contenere le portate, in arrivo dai tratti a monte, al diminuire della pendenza e quindi delle velocità mediante deflusso, sia perché risultano in parte o in tutto interrato, sia per insufficiente altezza o franamento dei rilevati arginali e/o dei muri di sponda presenti;
- dalla scarsa manutenzione e pulizia degli argini, in conseguenza della quale si verificano rotte ed allagamenti.

Tabella 3: Elenco dei sottopassi presenti in città

Nome opera	Tipo opera	Strada	Dimensioni (m)		
			Larg.	Lung.	Alt.
Ponte sotto corso Resina	Muratura	Via Mare	3,5	8,0	3,0
Ponte sotto via Alveo	Cemento Armato	Alveo demaniale	6,0	10,0	3,0
Ponte sotto Autostrada	Cemento Armato	Via Tironcelli (alveo demaniale)	6,0	10,0	3,0
Ponte sotto Autostrada	Cemento Armato	Via Tironcelli (alveo demaniale)	3,0	10,0	2,5
Ponte sotto Autostrada	Cemento Armato	Via Casacampora	3,0	10,0	2,5
Ponte sotto Autostrada	Cemento Armato	Via Trentola II	3,0	8,0	2,8
Ponte sotto Autostrada	Cemento Armato	Via Bosco Catena	10,0	27,0	5,0
Ponte sotto Autostrada	Cemento Armato	Via Cupa dei Monti	14,0	27,0	5,0
Ponte sotto Autostrada	Cemento Armato	Via Villanova	5,0	32,0	3,0
Ponte sotto Autostrada	Cemento Armato	Via Alveo	5,0	24,0	5,0
Ponte sotto Autostrada	Cemento Armato	Via Alveo	5,0	24,0	3,0
Ponte sopra Ferrovia EAV	Cemento Armato	Via Panoramica	7,0	10,0	5,0
Ponte sotto Ferrovia EAV	Cemento Armato	Via Caprile	4,0	6,0	3,0
Ponte sotto Ferrovia EAV	Cemento Armato	Via Doglie	2,5	10,0	5,0
Ponte sotto Ferrovia EAV	Cemento Armato	Via Trentola	5,0	5,0	2,5
Ponte sopra Ferrovia EAV	Ferro	Via Marconi	7,0	1,5	6
Ponte sotto Ferrovia EAV	Cemento Armato	Via Casacampora	2,0	5,0	5,0
Ponte sotto Ferrovia EAV	Cemento Armato	Via Tironcelli	2,0	5,0	5,0
Ponte sotto Ferrovia FS	Cemento Armato	Via Achille Consiglio	2,0	5,0	2,5
Ponte sotto Ferrovia FS	Cemento Armato	Via Macello	2,0	6,0	2,5
Ponte sotto Ferrovia FS	Cemento Armato	Via Quattro Orologi	2,0	5,0	2,5
Ponte sotto Ferrovia FS	Cemento Armato	Via Marittima (sud del molo borbonico)	2,0	5,0	2,8
Ponte sotto Ferrovia FS	Cemento Armato	Via Marittima (nord del molo borbonico)	2,0	5,0	2,8
Ponte sopra Ferrovia FS	Cemento Armato	Via Marittima/ Via Calastro	7,0	3,5	5,0
Ponte sotto Corso Umberto I	Muratura	Alveo demaniale	6,0	7,0	3,0
Galleria artificiale Pugliano EAV	Cemento Armato	Piazza Pugliano/Traversa Bosco II	7,5	-	5,0
Ponte sotto via Vesuvio	Cemento Armato	Via Croce dei Monti	3,0	11,0	3,0
Ponte via Benedetto Cozzolino	Cemento Armato	-	1,4	-	-

Le zone a rischio idraulico (R_2 , R_3 e R_4) coprono una superficie complessiva di circa 132 ha, interessano 1523 edifici e gli abitanti esposti sono pari a 3822 unità (per i dettagli si rimanda alle tabelle sottostanti).

RISCHIO IDRAULICO	Superficie (m²)	Superficie(ha)
R2	370553,59	37,6
R3	394127,69	39,1
R4	550073,58	55,1
<i>Superficie Comunale</i>	<i>1977430000</i>	<i>1977,43</i>

Tabella 4

CLASSI DI RISCHIO IDRAULICO PER EDIFICIO	NUMERO EDIFICI	SUPERFICIE (m²)
<i>R2 - Rischio Medio</i>	285	17171,33
<i>R3 - Rischio Elevato</i>	471	47803,52
<i>R4 - Rischio Molto Elevato</i>	767	85671,49
Totali	1523	150646,34
<i>Superficie edificata Comunale (mq)</i>		2127669
<i>ABITANTI TOTALI</i>		49726 (al 31/12/2023)
<i>Esposti a R2 - Rischio Medio</i>		436
<i>Esposti a R3 - Rischio Elevato</i>		1213
<i>Esposti a R4 - Rischio Molto Elevato</i>		2173

Tabella 5

6.b Aree e popolazione a rischio frana del territorio comunale.

La costituzione geologica e morfologica del territorio comunale determina una ridotta propensione al dissesto, per cui fenomeni franosi quali le frane di crollo e/o ribaltamento (*nei materiali litoidi e nelle piroclastiti ad elevato grado di addensamento*) e di scorrimento rotazionale (*dove vengono mobilizzati modesti volumi delle coperture incoerenti piroclastiche a tetto dei banchi lavici*), interessano limitate zone del territorio stesso e sono localizzate in aree scarsamente e/o del tutto disabitate (*la minor propensione al rischio è attribuibile alla presenza di pochi elementi antropici nelle aree di elevata pericolosità idrogeologica*).

Esse si individuano principalmente nel fianco occidentale del Gran Cono, nella Collina del Salvatore, in Via Osservatorio, Via Vesuvio e C.da Barbato nonché nelle aree di stoccaggio dei rifiuti solidi urbani in località Novelle Scoppa e nei fronti taglio delle numerose cave site nella fascia pedemontana. Quanto sopra affermato, trova riscontro nei dati riportati nelle tabelle sottostanti, dalle quali si evince chiaramente che solo una piccola porzione del territorio (291 ha) rientra nelle zone a rischio R₃ e R₄, coinvolgendo 16 edifici per un totale di persone pari a 35 unità.

Tabella 6

Rischio Frana	Superficie (m²)	Superficie (ha)
R1	5110787,22	511,08
R2	1276593,62	127,66
R3	1608000,79	160,80
R4	1282534,66	128,25
TOT	9277916,29	927,79
Superficie Comunale	19774300	1977,43

Tabella 7

CLASSI DI RISCHIO DA FRANA PER EDIFICIO	N.RO EDIFICI ESPOSTI A RISCHIO DA FRANA	Superficie (m²)
<i>R1 - rischio moderato</i>	662	87748,83
<i>R2 - rischio medio</i>	71	7814,6
<i>R3 - rischio elevato</i>	10	838,14
<i>R4 - rischio molto elevato</i>	6	566,87
<i>Totali</i>	749	96968,44
SUPERFICIE EDIFICATA COMUNALE (M²)		2127669

Tabella 8

Abitanti totali	53972
<i>Esposti a R1 - rischio moderato</i>	2226
<i>Esposti a R2 - rischio medio</i>	198
<i>Esposti a R3 - rischio elevato</i>	21
<i>Esposti a R4 - rischio molto elevato</i>	14
TOTALE abitanti esposti a rischio da frana	2460

Si porta in evidenza, che i violenti incendi della stagione estiva 2017, che hanno bruciato migliaia di ettari di superficie boscata per gran parte compresa all'interno del Parco Nazionale del Vesuvio, hanno favorito, seppure in maniera non rilevante, fenomeni di dissesto nei versanti vusuviani provocando, a seguito di piogge intense, l'innescò nelle coltri piroclastiche di colate rapide del tipo debris-flow e/o di scorrimenti rotazionali, cartografate e riportate nello stralcio della Carta Geomorfologica allegata al Piano di Emergenza Comunale, redatto dallo scrivente nel 2018 (Fig. 22).

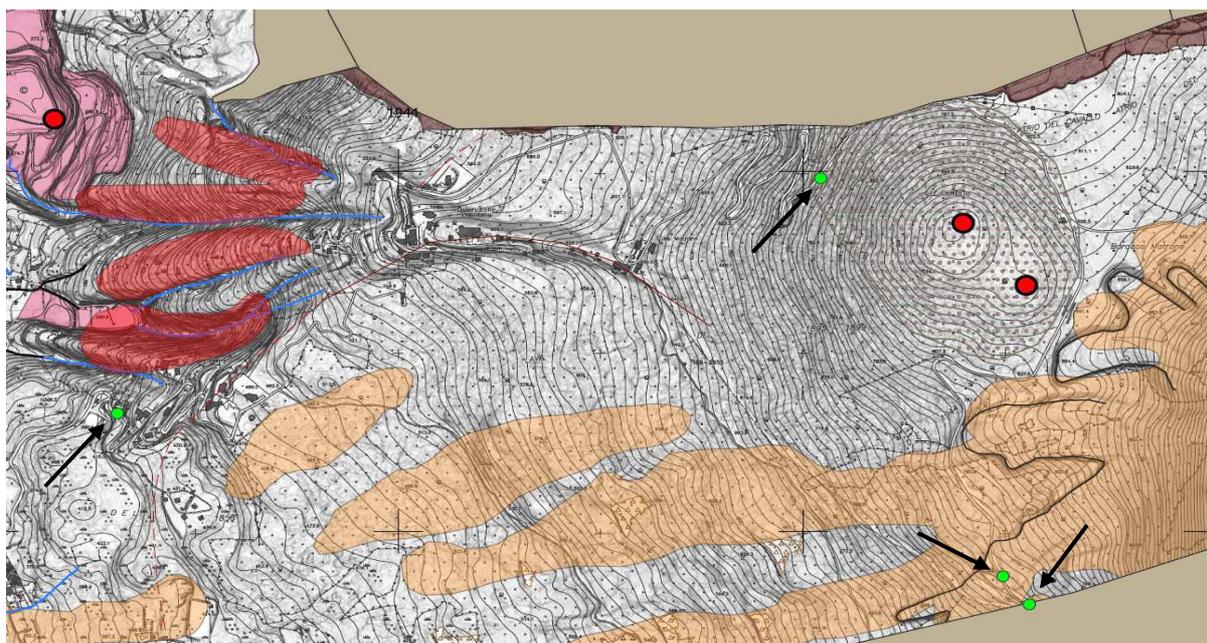


Fig. 22 - Carta geomorfologica con indicazione dei dissesti relative agli incendi del 2017
 → ● Dissesti post incendi del 2017

Gli incendi, infatti, oltre a causare un impatto negativo di tipo geopedologico nel breve periodo, con alterazioni chimico-fisiche dei suoli e perdita di fertilità degli stessi, determinano fenomeni di erosione superficiale, diminuzione della capacità di infiltrazione, riduzione dei tempi di corrivazione e fenomeni di erosione accelerata incanalata.

In tal modo i suoli vengono fortemente esposti a forme di erosione areale indotta dall'impatto diretto delle gocce di pioggia, ovvero a forme di erosione laminare in terreni a bassa pendenza ed a forme di erosione incanalata in terreni a medio/alta pendenza.

Considerato che:

- *le aree percorse dal fuoco, in definitiva, comportano la perdita di suolo fertile ed il degrado delle capacità di salvaguardia idrogeologica e nelle stesse si determina una maggiore propensione al dissesto ed una connaturata fragilità idrogeologica che, in caso di piogge intense e/o prolungate, con particolare manifestazione nelle aree più acclivi, laddove la coltre detritica superficiale, soprattutto nelle aree già soggette a movimenti gravitativi, viene dilavata ed asportata, producendo un consistente trasporto solido che può scendere velocemente a valle incanalandosi naturalmente lungo le vie preferenziali rappresentate dal reticolo idrografico, determinando talora veri e propri fenomeni di colate detritiche e di fango, con trasporto in massa anche di materiale legnoso morto (cespugli, rami e tronchi d'albero);*
- *parimenti, nei costoni e versanti fratturati, la naturale propensione al crollo delle masse rocciose, è aggravata dalla dilatazione termica indotta dal fuoco, per cui, in caso di successive piogge intense e/o prolungate, si potrebbero determinare le condizioni per il crollo improvviso di massi, anche di grandi dimensioni, che precipiterebbero verso valle senza incontrare alcuna resistenza in mancanza della barriera del bosco bruciato;*

devono considerarsi areali a rischio, in caso di piogge particolarmente intense e/o prolungate, le aree percorse dal fuoco e le loro immediate espansioni verso valle che presentano almeno i seguenti fattori:

- *aree già classificate a rischio/pericolosità molto elevata (R_4/P_4), elevata (R_3/P_3) e media (R_2/P_2), come desumibili dalla cartografia della Autorità di Bacino;*
- *aree particolarmente acclivi che sottendono elementi a rischio;*
- *aree acclivi prossime ad un corso d'acqua o ad un impluvio direttamente interessate dall'incendio boschivo, soprattutto se con presenza a valle di elementi idraulici di particolare criticità (tombinamenti, ponti, alvei strada, ecc.);*
- *aree acclivi urbanizzate/antropizzate, interessate ad esempio dalla presenza di centri abitati o case isolate, strade, discariche di rifiuti inerti, terrapieni, ecc.;*

- *aree già interessate da precedente attività di rimboschimento e di ingegneria naturalistica/ambientale, la cui stabilità è stata danneggiata e compromessa dal passaggio del fuoco;*
- *aree interessate da altri elementi oggettivi di rischio riscontrabili in fase di sopralluogo.*

Nelle more dell'aggiornamento del catasto dei soprassuoli percorsi dal fuoco, si ritiene indispensabile la necessità di intervenire prontamente nelle aree interessate da incendi boschivi (*in particolare Via Osservatorio e Via Vesuvio*), per valutare le eventuali azioni per la salvaguardia della pubblica e privata incolumità, laddove il passaggio del fuoco abbia inciso sulla suscettività al dissesto, determinando, ovvero aggravando, situazioni di criticità idrogeologica già esistenti.

Alla luce di quanto sopra, risulta evidente, che una incisiva azione di riduzione del rischio idraulico su tutto il territorio comunale è quanto mai necessaria, visti i trascorsi nefasti.

Essa si dovrà articolare nella elaborazione di un puntuale progetto idrologico-idraulico attraverso il quale procedere alle necessarie verifiche di tutte le strutture idrauliche interagenti con il tessuto urbano, al fine di apportare i necessari correttivi nelle situazioni in cui i collettori esistenti non dovessero essere in grado di convogliare le portate relative a periodi di ritorno dell'ordine dei 100 e 300 anni.

Inoltre, al di là delle attività di prevenzione, attraverso il presidio dei punti critici sopra menzionati, l'adozione di idonei piani di emergenza comunali e/o intercomunali e costante educazione ed informazione alla popolazione, per la mitigazione dei rischi sopra elencati, oltre alle normali attività di manutenzione ordinaria e/o straordinaria, risulta necessario ed indifferibile prevedere l'adozione di misure strutturali, mediante la realizzazione di idonei sistemi di drenaggio urbano, in maniera da garantire una efficace difesa idraulica del territorio comunale, riducendo le portate al colmo e i volumi dei deflussi superficiali (*vasche di espansione*) e aumentando, nel contempo, le portate meteoriche che si infiltrano nel sottosuolo.

La realizzazione di tali interventi, ai fini della gestione dei deflussi superficiali (*in particolar modo per le problematiche relative ai copiosi deflussi idrici lungo gli alvei strada, quasi sempre pavimentati con basolato*) potrebbe essere effettuata attraverso l'utilizzo di strutture di infiltrazione superficiale, quali;

1. *pavimentazioni permeabili*
2. *caditoie filtranti*
3. *cunette filtranti*
4. *fossi o bacini di infiltrazione.*

Infine, per quanto riguarda il rischio di mareggiata, si fa riferimento alle cartografie:

- *Tavola 05E -Carta del rischio della fascia costiera;*
- *Tavola 05F -Carta della pericolosità della fascia costiera;*
- *Tavola 05G - Carta dei fenomeni di Inondazione da Mareggiata;*

e delle indicazioni contenute nel P.S.D.C. (*Piano stralcio di Bacino per la Difesa delle Coste, versione 2012*), redatto dall'ex Autorità di Bacino del fiume Sarno successivamente confluita nell'AdB Campania Centrale (*oggi parte dell'Autorità Distrettuale dell'Italia Meridionale*), nel quale vengono segnalati ampi settori della fascia costiera ercolanese soggetti a:

- fenomeni di inondazione da mareggiata (T= 100 anni) tali da minacciare la stabilità della sede ferroviaria (RFI);
- rischio della fascia costiera molto elevato R_4 ;
- pericolosità idrogeologica molto elevate P_4 (*da fenomeni di crollo da falesia, collate di fango, movimenti franosi lenti e piene fluviali*);
- zone di attenzione (AIE) possibili crisi per fenomeni di inondazione, da mareggiate ed erosioni, che possono indurre anche fenomeni di rigurgito in corrispondenza di tutti i principali sbocchi al mare (*sottopassi, canali di scolo, etc*).

Inoltre, il catalogo storico I.N.G.V. aggiornato al 2014, riporta per l'area del golfo di Napoli mareggiate non più forti del grado 2, in una scala da 1 (minimo) a 5 (massimo) e tutte correlate con l'attività sismica e/o vulcanica dell'area campana (Tabella 9).

Data evento	Intensità	Descrizione	Fenomeni correlati
24/08/79 d.C.	2	Ritiro acque golfo di Napoli	Eruzione Vesuvio VEI 5
20/06/1112	2	Navi travolte nel porto di Napoli	//
12/05/1456	2	Navi travolte nel porto di Napoli	Terremoto M=7
17/12/1631	2	Ritiro acque golfo di Napoli	Eruzione Vesuvio VEI 4
14/05/1698	2	Oscillazioni mare nel golfo di Napoli	Eruzione Vesuvio VEI 3
16/06/1760	2	Navi travolte nel porto di Portici	Terremoto M=4.3
17/05/1813	2	Navi travolte nel porto di Napoli	Eruzione Vesuvio VEI 2
26/08/1847	2	Abbassamento livello mare	Terremoto M=2
04/04/1906	2	Oscillazioni mare nel golfo di Napoli	Eruzione Vesuvio VEI 3

Tabella 9: Fonte: <https://www.annalsofgeophysics.eu/index.php/annals/article/view/6437/6380?acceptCookies=1>

7. Descrizione dei caratteri sismici e tettonici generali dell'area

La pericolosità sismica di un'area è intesa come la probabilità che un dato valore di scuotimento del terreno espresso con parametri fisici (*picco d'accelerazione orizzontale, picco di velocità, picco di spostamento, accelerazione spettrale*) possa essere superato in un certo lasso di tempo a seguito di un terremoto.

La pericolosità sismica, insieme alla vulnerabilità e al valore esposto in un'area, rappresenta la grandezza fondamentale per la definizione del rischio sismico inteso come la probabilità che un dato valore di danno possa essere superato in un certo intervallo di tempo a seguito di un evento sismico (*Elementi di calcolo della pericolosità D. Slejko 1999*).

Il punto di riferimento per la valutazione della pericolosità di base del territorio italiano era rappresentato, fino al 2002, dalla zonazione sismogenetica ZS4 (Meletti et al., 2000 Scandone e Stucchi 2000).

Successivamente, i nuovi sviluppi e ricerche nell'ambito della sismogenesi (INGV- AA.VV. 2004) hanno evidenziato alcune incongruenze e la scarsa compatibilità con alcuni cataloghi di terremoti e, pertanto, è stato proposto un nuovo modello di zonazione sismogenetica denominato ZS9.

Tale zonazione ha apportato alcune modifiche al modello iniziale con il raggruppamento e l'introduzione di nuove zone sismogenetiche (Figura 23, Figura 24 e Figura 25).

Il territorio comunale di Ercolano (Na), interessato nell'arco della sua storia sismica da più eventi, risente fortemente dell'effetto di sismi generatisi in due delle zone sismogenetiche definite dalla Zonazione Sismogenetica **ZS9** a cura di Meletti e Valensise (marzo 2004):

Tali fasce sismogenetiche, alle quali è associata una magnitudo MWMAX pari a 6.14, per ordine di importanza sono:

- **928: Vulcani vesuviani;**
- **927: Appennino Campano-Lucano.**

La zona sorgente 927 include l'area caratterizzata dal massimo rilascio di energia legata alla distensione generalizzata che, a partire da circa 0.7 Ma, ha interessato l'Appennino Meridionale (Patacca et al., 1990).

Dalle analisi paleosismologiche emerge un potenziale sismogenetico confrontabile con quello dell'Irpinia e della Val d'Agri (Michetti et al., 1997; Cinti et al., 1997).

La zona sorgente 928, invece, si sviluppa in senso ortogonale alla catena appenninica meridionale e rappresenta la parte rimanente della precedente fascia costiera tirrenica.

Essa, quindi, si estende a partire dalla catena appenninica e interessa l'area napoletana con i vulcani vesuviani e flegrei, fino all'isola d'Ischia.

Secondo studi recenti, il contributo della stessa alla PGA sarebbe del tutto trascurabile rispetto agli effetti che su questa stessa zona verrebbero dall'attivazione di sorgenti nella zona 927.

In particolare, il territorio comunale ricade all'interno della fascia sismogenetica **928**.

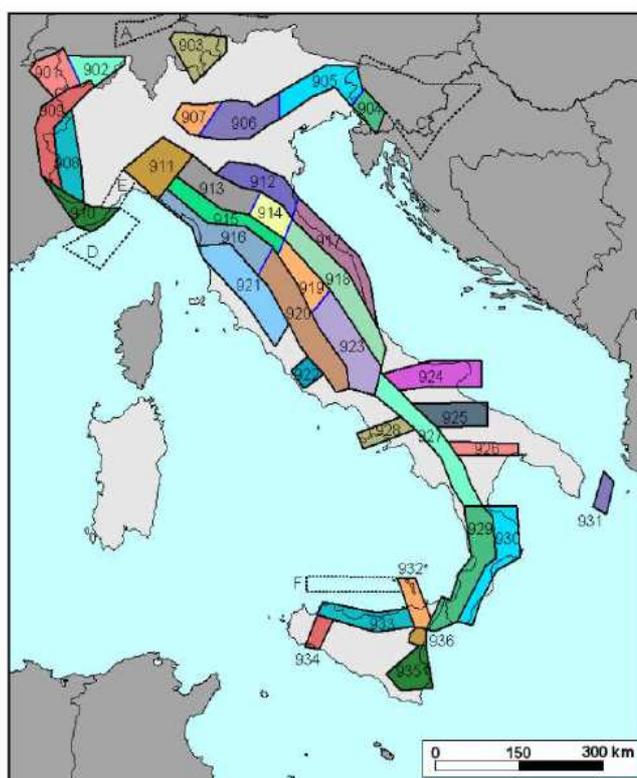


Fig. 23 – Zonazione sismogenetica ZS9

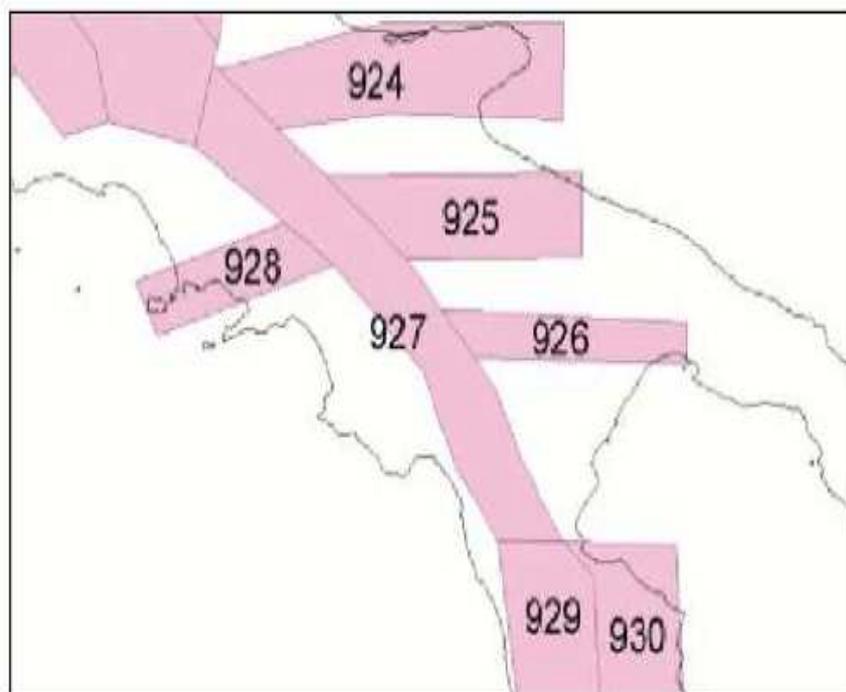


Fig. 24 – Zonazione sismogenetica ZS9 – L'area oggetto di studio ricade tra le zone sorgenti 927 e 928



Fig. 25 – Zonazione sismogenetica ZS9 – L’area oggetto di studio ricade nella zone sorgente 928

Dalla banca dati D.I.S.S. (*Database of Individual Seismogenic Sources, dell’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia*), un archivio che utilizza informazioni di diversa natura per delineare le sorgenti sismogenetiche ritenute in grado di generare terremoti di magnitudo 5.5 e superiori, è possibile ricavare le sorgenti sismogenetiche della Regione Campania, le quali si localizzano maggiormente nella zona assiale della catena appenninica meridionale.

Per il Comune di Ercolano (Na), invece, non si individua alcuna sorgente sismogenetica che attraversa il proprio territorio (Fig. 26 e 27).

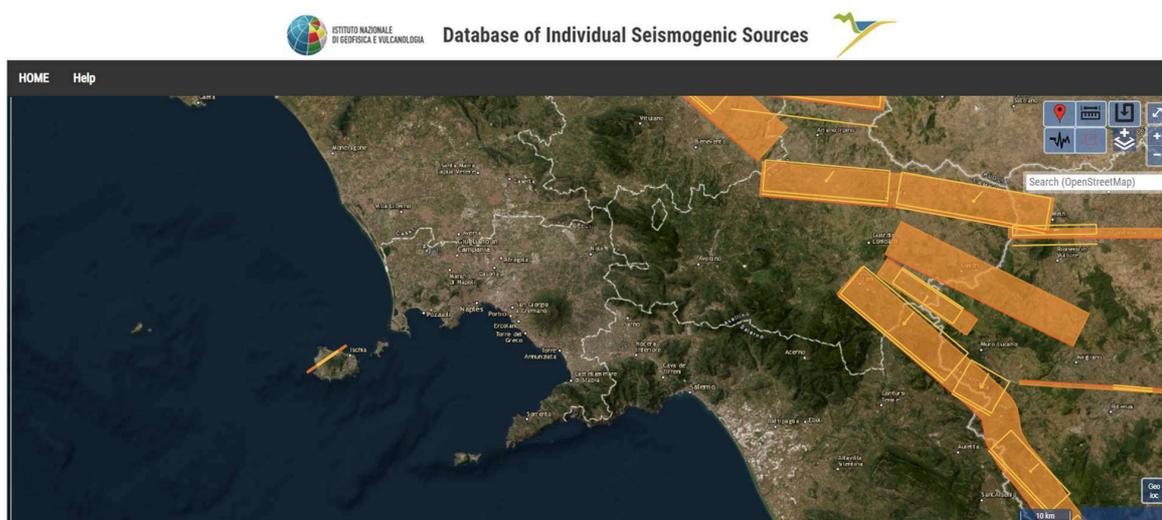


Figura 26 - Database of Individual Seismogenic Sources dell’INGV riferito a scala regionale da <http://diss.rm.ingv.it/dissmap/dissmap.phtml>.

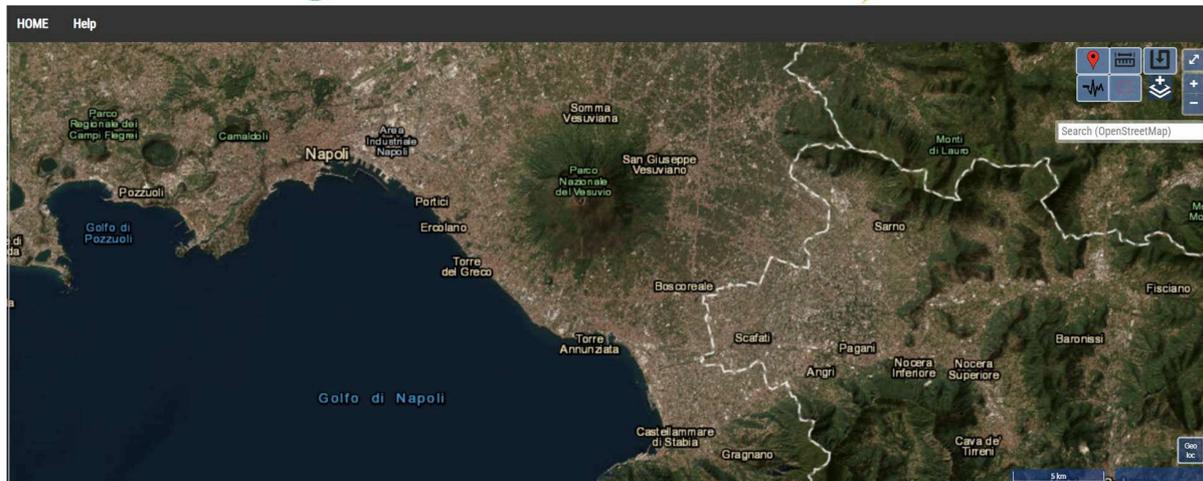


Figura 27 - Database of Individual Seismogenic Sources dell'INGV riferito all'area di studio da <http://diss.rm.ingv.it/dissmap/dissmap.phtml>.

Per quanto concerne il database Ithaca nel quale sono riportate le faglie capaci, disponibile online tramite il portale del Servizio Geologico d'Italia Geomapviewer (<http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/viewer/>), esso evidenzia che il territorio comunale non è attraversato da alcuna faglia attiva e capace. Tuttavia, una di esse, si individua verso mare al largo, parallela alla linea di costa (Figura 28).

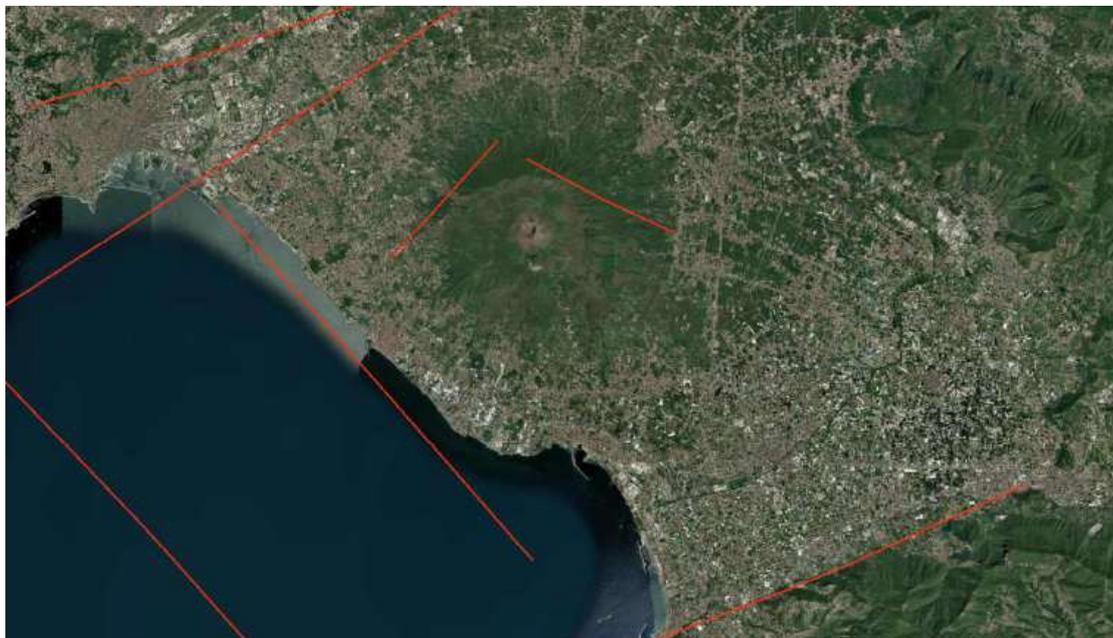


Figura 28 - Faglie attive e capaci dal progetto Ithaca

Per quanto riguarda il Catalogo degli eventi sismici dell'I.N.G.V., esso fornisce un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti relativo a terremoti con intensità massima ≥ 5 e d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1456 al 2003.

Il Catalogo riporta per Ercolano (Na) i dati illustrati nella seguente Tabella 10 e nella Figura 29 (tratti da <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

Tabella 10 - Catalogo dei terremoti più forti che hanno interessato il territorio comunale di Ercolano (Na) dall'anno 1456. al 2003. LEGENDA: Int = intensità nella località (MCS); Io = intensità epicentrale dell'evento; Mw=magnitudo momento; NMDP = Numero di Macroseismic Data Points. (Dati INGV- Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6	1456	12	05				Appennino centro-meridionale	199	11	7.19
6	1779	12	12				Napoletano	5	6	3.37
3	1853	04	09	12	45		Irpinia	47	8	5.60
F	1854	02	12	17	50		Cosentino	89	10	6.34
5	1857	12	16	21	15		Basilicata	340	11	7.12
F	1861	12	09				Torre del Greco	3	5-6	3.25
4	1893	01	25				Vallo di Diano	134	7	5.15
4	1913	10	04	18	26		Molise	205	7-8	5.35
5	1915	01	13	06	52	4	Marsica	1041	11	7.08
6	1980	11	23	18	34	5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
4-5	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375		5.77
4	1996	04	03	13	04	3	Irpinia	557	6	4.90
4-5	1999	10	09	05	41	0	Area vesuviana	38	5	3.24
NF	2003	06	01	15	45	1	Molise	501	5	4.44

Ercolano

PlaceID IT_60059
 Coordinate (lat, lon) 40.808, 14.349
 Comune (ISTAT 2015) Ercolano
 Provincia Napoli
 Regione Campania
 Numero di eventi riportati 14



Figura 29 - Storia sismica del Comune di Ercolano (Na) dall'anno 1456 al 2003

7.a Pericolosità sismica di base

La pericolosità sismica, intesa in senso probabilistico, è lo scuotimento del suolo atteso in un dato sito con una certa probabilità di eccedenza in un dato intervallo di tempo, ovvero la probabilità che un certo valore di scuotimento si verifichi in un dato intervallo di tempo.

Questo tipo di stima si basa sulla definizione di una serie di elementi di input (*quali catalogo dei terremoti, zone sorgente, relazione di attenuazione del moto del suolo, ecc.*) e dei parametri di riferimento (*per esempio: scuotimento in accelerazione o spostamento, tipo di suolo, finestra temporale, ecc.*).

Con l'Ordinanza PCM 3274/2003 si è avviato in Italia un processo per la stima della pericolosità sismica secondo dati, metodi, approcci aggiornati e condivisi ed utilizzati a livello internazionale.

Per la prima volta si è delineato un percorso per il quale venivano definite le procedure da seguire, il tipo di prodotti da rilasciare e l'applicazione dei risultati.

Un documento di tale tipo avrebbe infatti costituito la base per l'aggiornamento dell'assegnazione dei comuni alle zone sismiche.

L'I.N.G.V., in collaborazione con esperti delle Università italiane e di altri centri di ricerca, ha realizzato la Mappa di Pericolosità Sismica 2004 (MPS04) che descrive la pericolosità sismica attraverso il parametro dell'accelerazione massima attesa con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni su suolo rigido e pianeggiante.

Dopo l'approvazione da parte della Commissione Grandi Rischi del Dipartimento della Protezione Civile, nella seduta del 6 aprile 2004, la mappa MPS04 è diventata ufficialmente la mappa di riferimento per il territorio nazionale con l'emanazione dell'Ordinanza PCM 3519/2006 (Figura 30-Figura 31).

La legislazione nazionale prevede che l'aggiornamento delle zone sismiche spetti alle singole Regioni e Province Autonome, sulla base di valori di accelerazione proposti dalla mappa di pericolosità sismica MPS04 per individuare le soglie che definiscono il limite tra una zona sismica e un'altra.

Con Delibera di Giunta Regionale n. 5447 del 07.11.2002, la Regione Campania approva l'Aggiornamento della classificazione sismica dei Comuni della Regione Campania formulata sulla base dei criteri generali e delle risultanze del Gruppo di Lavoro costituito dal Servizio Sismico Nazionale, dall'Istituto Nazionale di Geofisica e dal Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, in base alla risoluzione approvata dalla Commissione Nazionale di Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi nella seduta del 23 aprile 1997.

La stessa prevede che, nei comuni classificati sismici, si applicano le disposizioni di cui alla legge 2 febbraio 1974 n. 64 e successive modificazioni ed integrazioni e le norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al Decreto Ministeriale 16 gennaio 1996 pubblicato nella

Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 29 del 5 febbraio 1996 e le relative istruzioni applicative (*Circolare Ministero dei Lavori Pubblici n. 65/AA.GG. del 10 aprile 1997*).

Il Comune di Ercolano (Na), già classificato sismico nel 1981, vede confermare la sua classe di pericolosità in seconda classe sismica (*media sismicità*) con valori di $a_g > 0.25g$ (Figura 35).

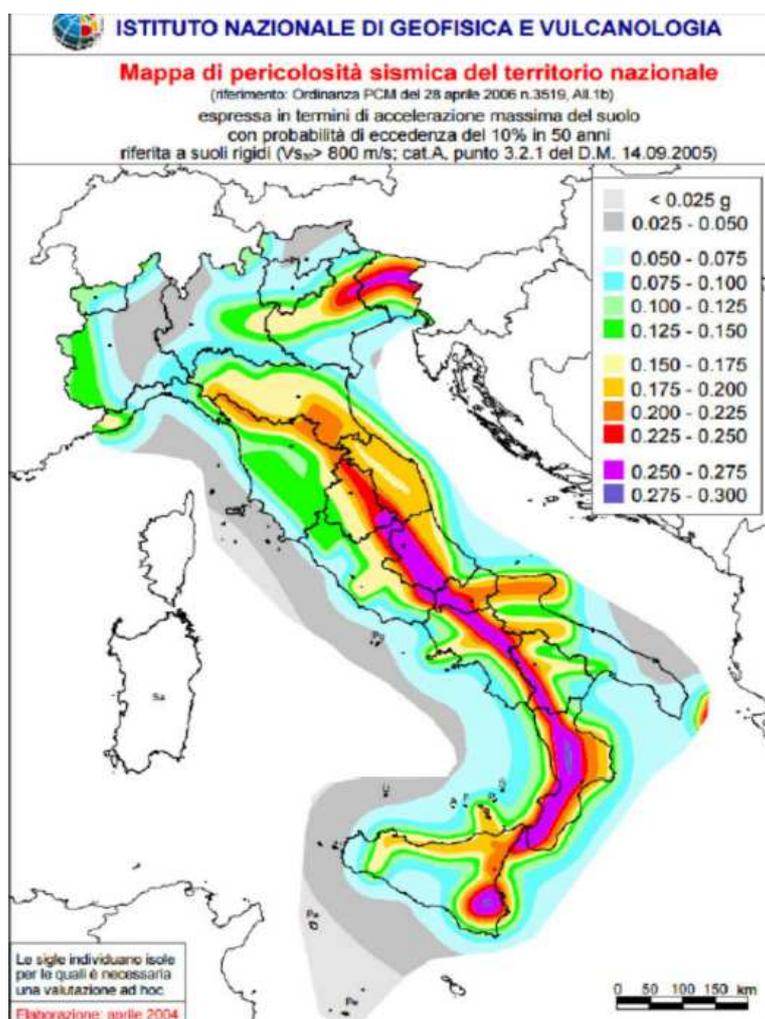


Fig. 30: Mappa di Pericolosità sismica del territorio Nazionale in riferimento all'OPCM del 28/04/2006 n.3519 (I.N.G.V.)

Successivamente, nell'ambito del progetto INGV-DPC S1 (2005-2007), sono state rilasciate una serie di mappe di pericolosità sismica per diverse probabilità di eccedenza in 50 anni, basate sullo stesso impianto metodologico e sugli stessi dati di input di MPS04. Inoltre, sono state prodotte mappe per gli stessi periodi di ritorno anche in termini di accelerazioni spettrali.

Per ogni punto della griglia di calcolo (*che ha una densità di 20 punti per grado, circa un punto ogni 5 km*) sono oltre 2200 i parametri che ne descrivono la pericolosità sismica. Per ogni singolo nodo della griglia di

riferimento e possibile richiedere il dettaglio in forma grafica e tabellare dell'analisi di disaggregazione della relativa $a(g)$, utilizzando lo strumento grafico di disaggregazione. Per lo stesso nodo si otterranno anche i valori medi di $M-D-\varepsilon$ (*magnitudo, distanza, epsilon*). La disaggregazione (o deaggregazione) della pericolosità sismica (McGuire, 1995; Bazzurro and Cornell, 1999) è un'operazione che consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito. La forma più comune di disaggregazione è quella bidimensionale in magnitudo e distanza (M-R) che permette di definire il contributo di sorgenti sismogeniche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M. Espresso in altri termini, il processo di disaggregazione in M-R fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (*terremoto di scenario*) inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso.

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

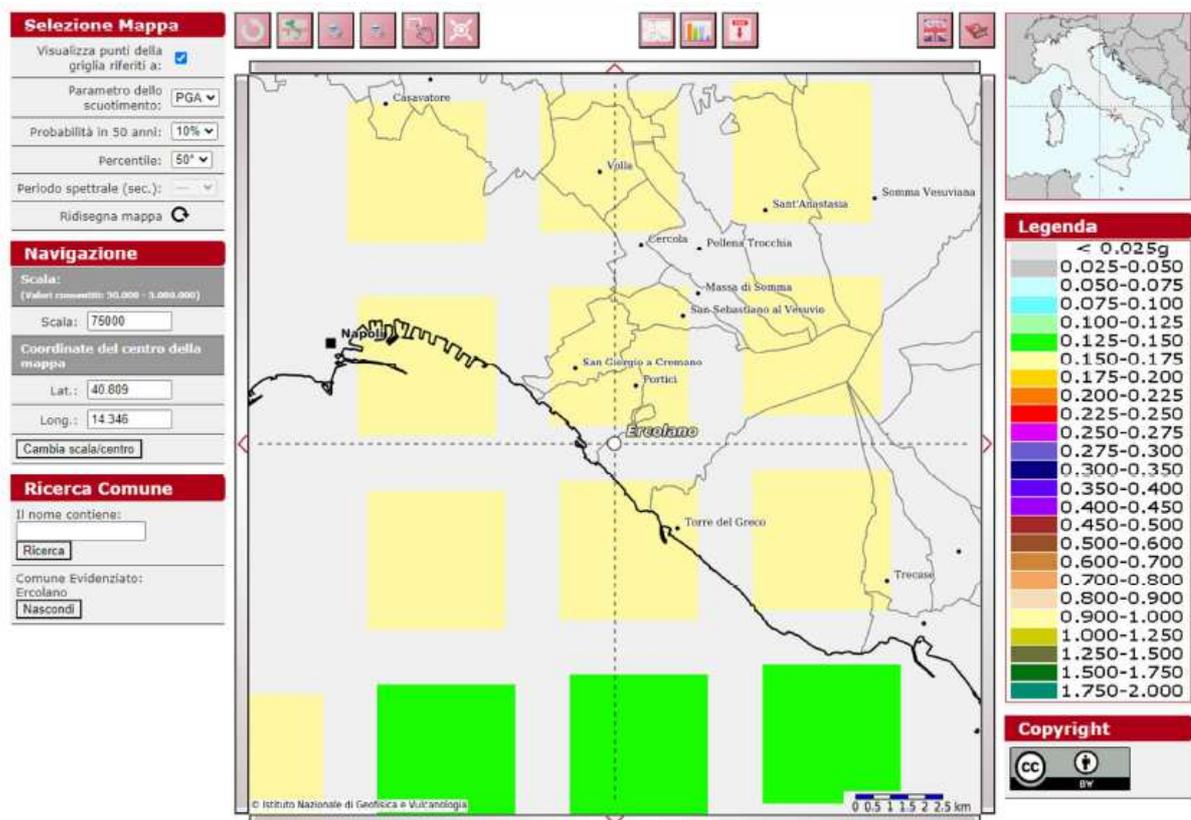


Figura 31 - Mappa interattiva di pericolosità sismica redatta a cura dell'INGV di Milano - Punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento a_g ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50.

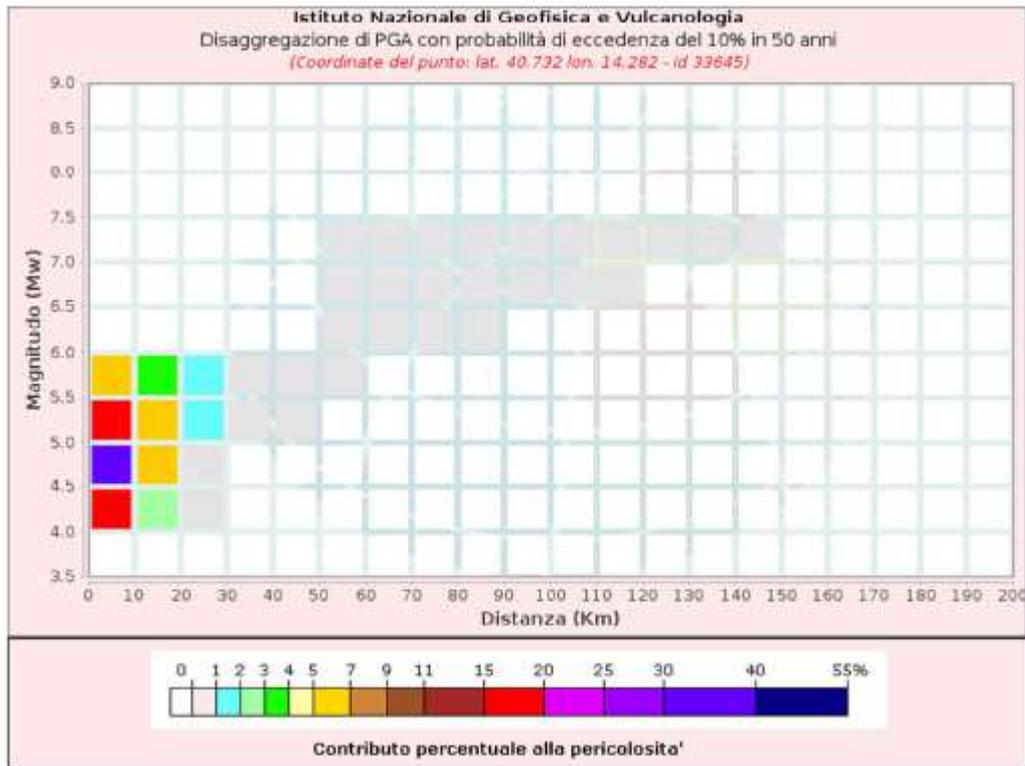


Figura 32 - Grafico di disaggregazione del valore di a_g con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni
 (Coordinate del punto: lat. 40.732 lon. 14.282 - id 33645)

Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	18.3000	32.4000	17.1000	6.0800	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	2.0300	6.2400	6.1300	3.4400	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0040	0.4110	1.1700	1.0100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0768	0.1640	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0122	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0030	0.1460	0.4510	0.5390	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1330	0.6970	0.9480	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0287	0.4850	0.8090	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.2330	0.4980	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0708	0.2040	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0170	0.0900	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0017	0.0342	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0123	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0029	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Figura 33 – Tabella di disaggregazione del valore di a_g con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.01	10.4	0.842

Figura 34 – Valori medi di desunti dall'analisi di disaggregazione.



Figura 35 – Classificazione sismica dei comuni della Campania.

Come già sopra accennato, la mappa del territorio nazionale per la pericolosità sismica (Fig. 35a), disponibile on-line sul sito dell'I.N.G.V. di Milano, indica che il territorio comunale rientra nelle celle contraddistinte da valori di **ag** di riferimento compresi tra *0.150* e *0.175* (punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento *ag*; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50).

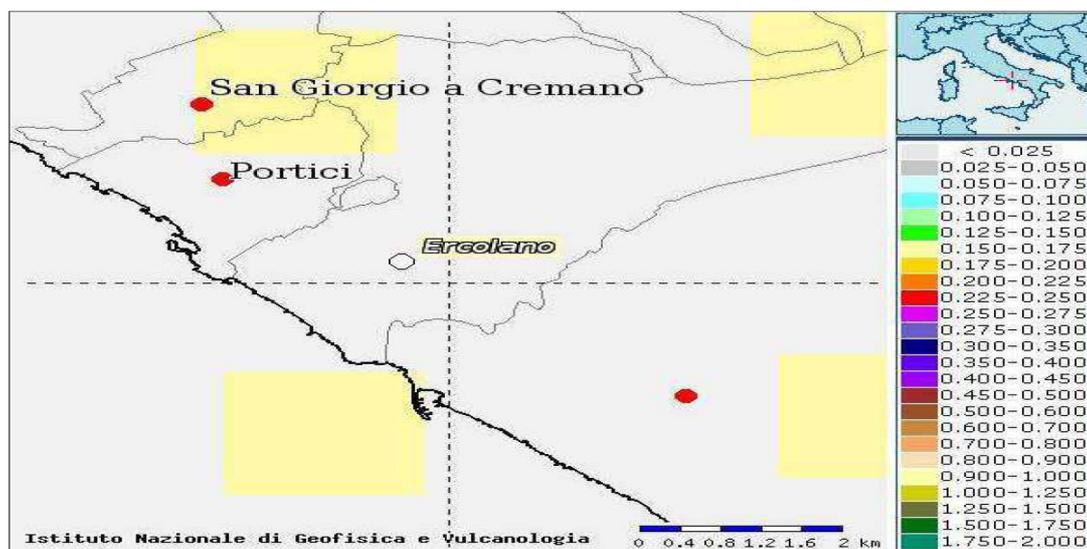


Fig. 35a

La pericolosità sismica definita dall'I.N.G.V. parte dal presupposto che la sorgente sismogenetica sia ubicata sulla catena appenninica e non tiene, quindi, in considerazione i fenomeni sismici, di intensità diversa rispetto a quella appenninica, che possono scaturire dalla eventuale recrudescenza dell'attività vulcanica vesuviana, nella sostanza sulla verticale del territorio comunale di Ercolano.

Con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018, approvate con Decreto Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 17 gennaio 2018, nonché pubblicate sul Supplemento Ordinario della Gazzetta Ufficiale n°42 del 20 febbraio 2018 ed entrate in vigore il 22 marzo 2018, assume particolare importanza la definizione del modello geologico, geotecnico e sismico sulla verticale di uno specifico sito fino alla profondità del substrato o in assenza di esso per i primi 30 m a partire dal piano campagna.

Nell'ambito quindi del territorio comunale di Ercolano, e nel caso di progettazioni esecutive di opere sia pubbliche che private, al valore dell'accelerazione **ag** di base, di cui si è detto pocanzi, vanno aggiunti i fattori stratigrafici e topografici che caratterizzano uno specifico sito, ovvero vanno valutati i fattori di amplificazione stratigrafica e topografica che contraddistinguono lo stesso.

In particolare la valutazione del fattore di amplificazione stratigrafico per ciascun sito (**S_s**), deve scaturire dalla preliminare determinazione della categoria di sottosuolo che lo caratterizza, così come indicato dalle NTC/2018.

La determinazione della categoria di sottosuolo (Fig. 35b), come detta la stessa Normativa Tecnica, va fatta attraverso la ricostruzione della sequenza stratigrafica sito specifica, e attraverso il calcolo della velocità equivalente $V_{s_{eq}}$, che contraddistingue lo stesso sito, ovvero:

- attraverso il calcolo della velocità di propagazione delle onde di taglio fino alla profondità del substrato (*formazione costituita da roccia o terreno molto rigido caratterizzata da **V_s** non inferiore 800 m/s*);
- o, in mancanza di esso, attraverso il calcolo della medesima velocità nei primi 30 metri di profondità (**V_{s30}**), fattori valutati entrambi mediante adeguate indagini geognostiche e sismiche.

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

Fig. 35b

Oltre alle amplificazioni stratigrafiche del moto sismico bisogna considerare per uno specifico sito anche quelle di carattere topografico.

Nel corso quindi di progettazioni di opere bisogna determinare anche il fattore di amplificazione topografico (S_T), il quale scaturisce dalla preliminare assegnazione della Categoria Topografica allo stesso sito, così come definita sempre dalle NTC/2018 (Fig. 35c)

T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Fig. 35c

Sulla base di quanto detto fin qui si può asserire che la pericolosità sismica del territorio di Ercolano nasce dal fatto che esso ricade in una zona sismogenetica e, quindi, in caso di evento sismico si possono verificare amplificazioni del moto dovuti ai caratteri litologici-stratigrafici e morfologici del territorio stesso, pertanto ai fini pianificatori ci si può attenere alla carta di microzonazione sismica (*M.O.P.S.*), mentre nel caso di progettazioni esecutive di opere si dovrà determinare oltre all'accelerazione di base ag anche il fattore stratigrafico e topografico (S_S e S_T relativo allo specifico sito di costruzione) al fine di stabilire sia la categoria di sottosuolo che quella topografica.

Il problema della sismicità indotta dall'attività vulcanica è stato affrontato, per la prima volta in maniera compiuta, dalla Commissione Nazionale incaricata di provvedere all'aggiornamento dei piani di emergenza dell'area vesuviana e flegrea per il rischio vulcanico – *Scenari eruttivi e livelli di allerta per il Vesuvio* nel marzo 2010.

Nel considerare l'attività sismica del Vesuvio, bisogna tener conto che nelle strutture vulcaniche la distribuzione temporale e spaziale del rilascio

di energia sismica è fortemente condizionato dalle alte temperature crostali, dalla bassa rigidità delle rocce legata alla elevata fratturazione del mezzo e dalla dinamica intracrostale del magma.

Pertanto i terremoti vulcanici si generano in volume contenuti, superficiali e sono associati a faglie di piccole dimensioni; la distribuzione caratteristica degli eventi è a sciami costituiti da moltissimi eventi di magnitudo moderata.

In particolare, sempre prendendo a riferimento pubblicazioni scientifiche del caso, l'attività sismica recente del Vesuvio (*post 1972*) è limitata ad una profondità non superiore a 5-6 Km con una concentrazione tra 2 e 3 Km. Il limite è legato alla presenza di temperature elevate che rendono il mezzo a comportamento duttile. La massima magnitudo registrata nell'attuale periodo di riposo del Vesuvio è stata di 3.6.

Per quanto riguarda l'attività sismica che ha accompagnato le grosse eruzioni del passato si hanno solamente scarse informazioni storiche.

L'evento storico di maggiore energia è avvenuto nel 62 d.C. (*17 anni prima dell'eruzione del 79*) con intensità massima dell'VIII-IX grado M.C.S., magnitudo di 5.0 ± 0.5 , profondità di circa 3 - 4 Km e ubicazione epicentrale non ben definita.

Le notizie storiche indicano che l'eruzione del 79 e quella del 1631 sono state precedute e accompagnate da un'attività sismica frequente e di moderata intensità.

Sulla base di quanto esposto, considerazioni ragionevoli portano a ritenere che il volume ipocentrale responsabile dell'attività sismica che accompagnerà una futura eruzione, sarà centrato al di sotto dell'area sommitale contenente il cratere del Vesuvio.

Basandosi sulla distribuzione attuale della sismicità strumentale si può pensare ad un'area approssimativamente circolare avente un diametro di circa 5 Km e centrata sul cratere.

Considerando inoltre che per stress-drop dell'ordine di 50 bar il diametro di frattura di un terremoto di $M=5.5$ varia tra 6.5-8.0 Km, si conferma l'ipotesi di localizzazione ipocentrale ad una profondità di 3-4 Km, in quanto profondità inferiori produrrebbero fratture che dislocerebbero in modo irrealistico la superficie terrestre.

Una quantificazione accettabile dei suddetti ragionamenti, porta a considerare due scenari possibili per il massimo terremoto atteso al Vesuvio.

Il primo si basa sull'ipotesi "*plausibile*" che la magnitudo del Massimo terremoto atteso sia data da una stima "conservativa" della massima magnitudine dedotta dalle Intensità riportate dalle cronache storiche, maggiorata dell'incertezza associabile. In questa ipotesi si ottiene un valore di $M_{max}=5.5$.

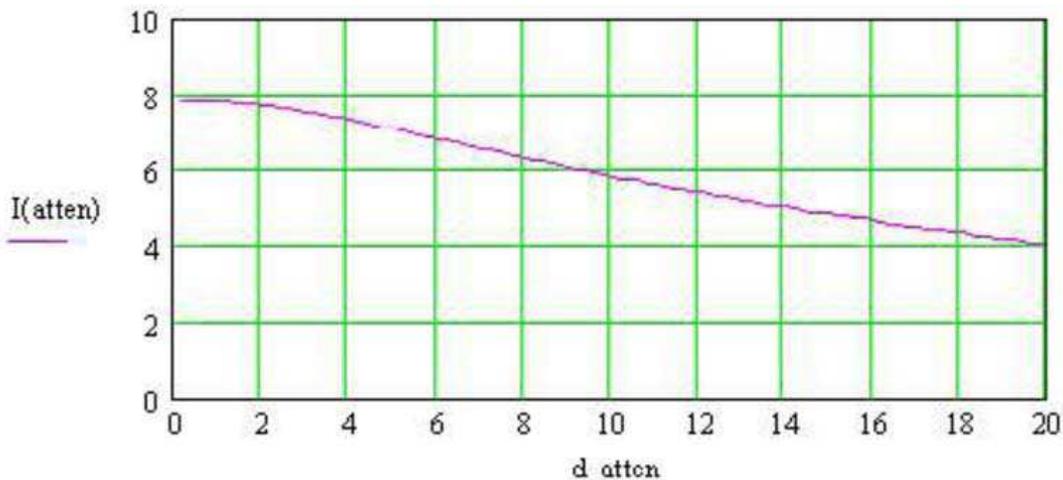


Figura 35d. Legge di attenuazione in Intensità (I) utilizzata al Vesuvio; d = distanza dell'epicentro.

Il secondo scenario si basa sull'ipotesi che la massima magnitudo attesa derive dalle statistiche su scala mondiale riferite ad eventi sismici pre-eruttivi verificatisi in aree vulcaniche confrontabili con l'area Vesuviana per caratteristiche eruttive.

Si precisa tuttavia che tale ipotesi, che prevede una $M_{max} = 7.0$, risulta sovrastimata in considerazione delle dimensioni fisiche del vulcano (*Del Pezzo e Zollo, 2005*).

È da notare comunque che anche in questo caso la magnitudo media derivabile è compresa tra 5 e 6.

7.b Rischio Maremoto

A seguito del maremoto che colpì l'isola di Sumatra nel 2004, si sono approntati una serie di sistemi di allertamento in giro per il mondo. Per l'Atlantico settentrionale ed il bacino Mediterraneo venne approntato, nel 2005, il NEAMTWS, acronimo di North East Atlantic and Mediterranean Tsunami Warning System, a cui l'Italia aderì nel 2009.

Suddetta adesione portò alla Direttiva della Presidenza del Consiglio dei Ministri del 17/02/2017, che istituì il SIAM (*Sistema Italiano di Allertamento Maremoto*), organo deputato ad allertare con preavviso, tramite s.m.s. ed e-mail, le istituzioni locali degli eventuali territori coinvolti da una possibile calamità di cui all'oggetto.

Il SIAM è composto da:

- *Dipartimento Nazionale di Protezione Civile (DPC), con funzioni di allertamento del Sistema di Protezione Civile, tramite tempestive comunicazioni di emergenza;*
- *Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), che produce dati mareografici tramite una rete di sensori allocati nei principali porti italiani e nell'entroterra;*

- *Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (I.N.G.V.), che valuta e stima i dati ISPRA, oltre quelli della propria rete sismografica, grazie al Centro di Allerta Tsunami (CAT) e comunica al Dipartimento eventuali potenziali allarmi dovuti ad onde anomale che si approssimeranno alle coste, per poi confermarli o revocarli una volta monitorati i dati dalle suddette reti di sensori.*

La Direttiva del 17/02/2017 ha previsto due livelli di allerta attivabili:

- *Advisory (livello con codice di colore arancione), che prevede un'altezza delle onde anomale inferiore a 0,5 metri, con un runup (termine che verrà spiegato nel successivo paragrafo sugli scenari previsti) inferiore al metro, con un margine di errore, in fase di elaborazione degli scenari di rischio, di un metro, in quanto la modellazione tiene conto sia delle oscillazioni del livello del mare che di eventuali variazioni nella morfologia costiera avvenute nel corso del tempo;*
- *Whatch (livello con codice di colore rosso), che prevede un'altezza delle onde anomale superiore a 0,5 metri e runup maggiore al metro.*

Le Indicazioni del Capo Dipartimento di Protezione Civile, pubblicate nella Gazzetta Ufficiale n. 266 del 15/11/2018, hanno recepito la direttiva della Presidenza del Consiglio del 17/02/2017, emanando le "Indicazioni per la Pianificazione in caso di Rischio Maremoto", da adottare nei piani di emergenza territoriali.

Per quanto esposto sopra, si rende necessario recepire suddetta normativa, nonché gli scenari di rischio elaborati dal SIAM e che rivedono quanto previsto dall'Autorità di Distretto a cui appartiene la Città di Ercolano. Tali scenari, rispetto a quelli precedenti, considerano un'area allagabile da un evento di maremoto al di là della sede ferroviaria costiera, come verrà di seguito illustrato.

Come già accennato in precedenza, l'area napoletana è stata interessata da fenomeni di maremoto in epoche passate. Gli tsunami, termine derivante dal giapponese "onda di porto", sono onde, o treni di onde, generate da fenomeni estremamente energetici quali terremoti (responsabili dell'80% dei fenomeni di maremoto), frane ed eruzioni sottomarine.

Il moto delle normali onde del mare, generate dall'azione del vento sulla sua superficie, interessa solo i primi metri di colonna d'acqua; il coinvolgimento di una massa d'acqua tanto esigua permette il normale infrangersi delle onde sulla costa con loro immediato ritiro.

I maremoti invece smuovono la totalità della colonna d'acqua, avvicinandosi alla costa ad elevata velocità, ma con un fronte d'onda dall'altezza trascurabile; una volta che il fondo del mare diminuisce di profondità, tale volume di acqua smossa reagisce rallentando la sua corsa, mentre il fronte d'onda, per conservare la grande energia che esso trasporta, aumenta drasticamente di altezza, generando così un'onda

anomala che può spingersi in profondità nella costa, travolgendo ed allagando tutto al suo passaggio, ed il cui ritiro richiede tempo.

Basilare è capire che l'onda di maremoto, o tsunami che dir si voglia, può non essere unica, ma può essere composta da più onde che si susseguono; di conseguenza, passata la prima onda, non significa che si sia giunti al termine dell'evento calamitoso.

Due sono i termini essenziali da comprendere quando si valutano gli scenari di rischio maremoto sul territorio (Fig. 36):

- *L'area di inondazione, ossia la fascia costiera che viene allagata dal maremoto;*
- *Il runup, ossia la massima quota topografica a cui giunge l'onda di maremoto.*

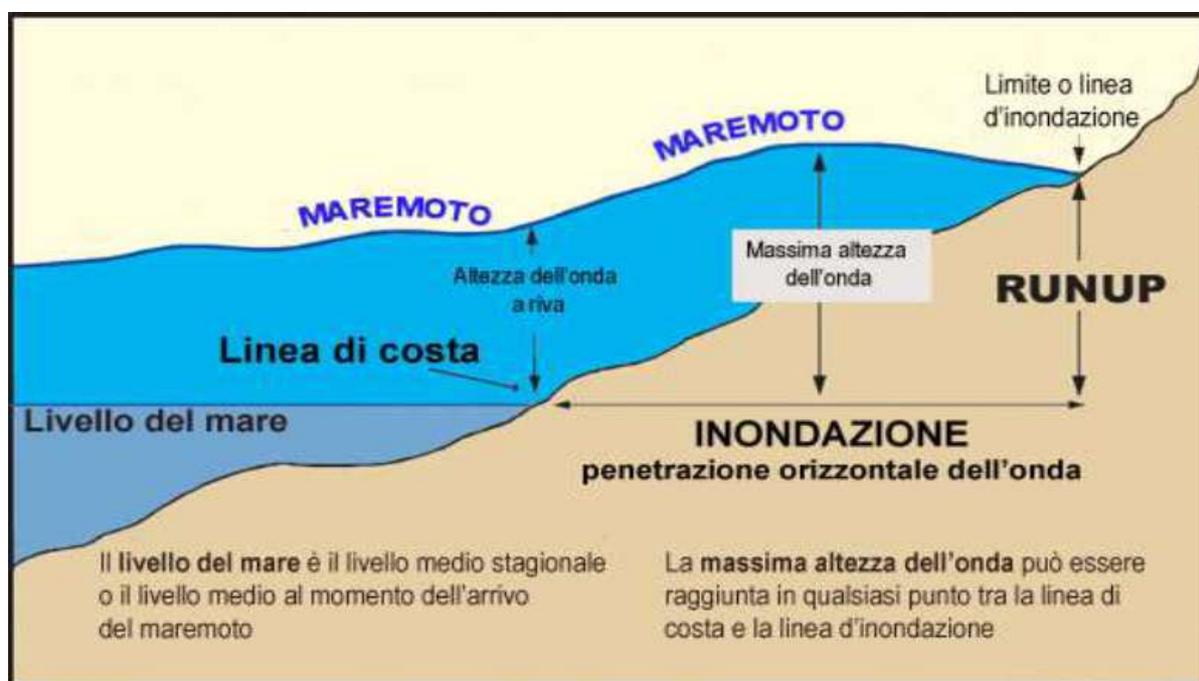


Fig. 36 - Schema illustrante i parametri da tenere in considerazione in caso di maremoto

Le elaborazioni fatte dal SIAM su tali dati stima che le coste del territorio ercolanese possono essere interessate da onde anomale raggiungenti un valore di runup fino a 5 metri. Gli eventi più modesti, come detto sopra, contemplano un runup di 1 metro con margine di errore di un metro. Sulla costa sono presenti punti sicuri in quanto topograficamente elevati, come punta Quattroventi, oppure come la sede ferroviaria, che offre un "effetto diga" alla costa retrostante grazie alla massicciata che la eleva fino a circa 10 metri sul livello del mare.

Questa configurazione comunque non offre un livello di sicurezza sufficiente nel caso di fenomeni più intensi, in quanto la massicciata è attraversata da una serie di sottopassi che consentono la comunicazione fra le strade retrostanti la scogliera a difesa del sedime ferroviario ed il molo Borbonico. I sottopassi fungono così da via di deflusso preferenziale per eventuali onde anomale che potrebbero così potenzialmente allagare

tutta la porzione di territorio ercolanese al di sotto dei 5 metri sul livello del mare.

Stando alle elaborazioni del SIAM, oltre alla porzione di costa antistante la sede ferroviaria, le aree allagabili in caso di massimo evento atteso corrispondono:

- alla parte inferiore di Via del Macello, con il vicino complesso residenziale delle case popolari;
- la porzione di Via Marittima compresa fra Via del Macello e Traversa Verzieri;
- l'imbocco dell'Alveo principale, che scorre al di sotto di Via Plinio.

Infine, da analisi su DEM a risoluzione 1 metro, risulta che anche la parte di Via Marittima immediatamente retrostante il molo Borbonico risulta allagabile in caso di massimo evento atteso, con un'area allagabile estesa a sud del Parco sul Mare di Villa Favorita.

La cartografia allegata (Fig. 37) illustra nel dettaglio lo scenario appena descritto. In particolare, si espongono al rischio di livello Advisory solo coloro che sono temporaneamente presenti sulle spiagge cittadine e annessi stabilimenti balneari, facendo risultare più rischioso, in questo caso, il periodo estivo. Per il rischio di livello Watch è esposto un numero di poco maggiore a circa 200 abitanti e 15 edifici residenziali.

Considerando che tali edifici sono ad una quota topografica compresa fra 4 e 4,5 metri, si può stimare che per un runup massimo di 5 metri si arrivi ad un battente, presso tali edifici, compreso fra il mezzo metro ed il metro, interessando quindi i soli piani terra delle strutture ed eventuali seminterrati. Infine è da tener presente che anche la sede del distretto ASL, edificio strategico del territorio, si trova in area allagabile.

Per la gestione di un'eventuale emergenza maremoto, si rimanda al "Modello d'intervento" contenuto nel Piano Particolareggiato per il Rischio Idrogeologico che costituisce uno dei quattro sottopiani del Piano di Emergenza Comunale.

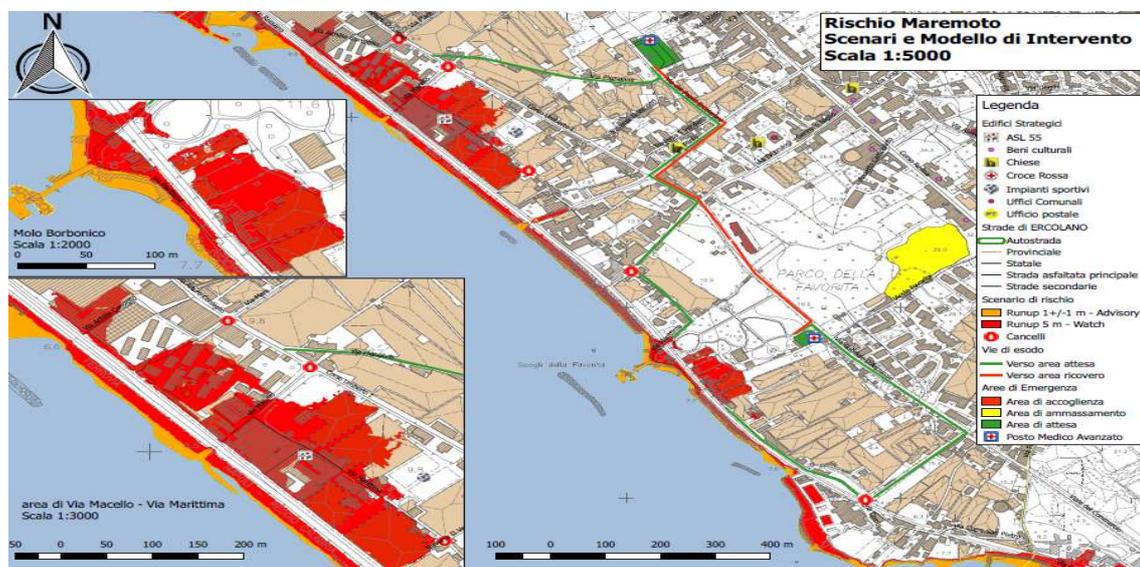


Fig. 37: Stralcio degli scenari del Rischio maremoto, allegato al Piano di Emergenza Comunale

8. Rischio vulcanico

Il territorio di Ercolano è inserito all'intero della zona rossa per il rischio Vesuvio. Il Piano Nazionale di Emergenza per difendere gli abitanti dell'area vesuviana da una possibile eruzione ha come scenario di riferimento l'evento esplosivo di tipo sub-pliniano del 1631.

Tale Piano risulta sempre in aggiornamento basandosi sugli studi sempre più dettagliati effettuati dalla Comunità Scientifica. Esso individua tre aree a diversa pericolosità definite: Zona Rossa, Zona Gialla e Zona Blu.

Per Zona Rossa si intende l'area immediatamente circostante il vulcano e quindi quella a maggiore pericolosità, per la quale è prevista una completa evacuazione della popolazione residente in essa, come unica misura cautelativa per la salvaguardia della vita.

Fino al 2013 la zona rossa comprendeva soltanto quell'area potenzialmente soggetta all'invasione dei flussi piroclastici, ossia miscele di gas e materiale solido ad elevata temperature che, scorrendo lungo le pendici del vulcano ad alta velocità, possono distruggere in breve tempo tutto quanto si trova sul loro cammino (Fig. 38).

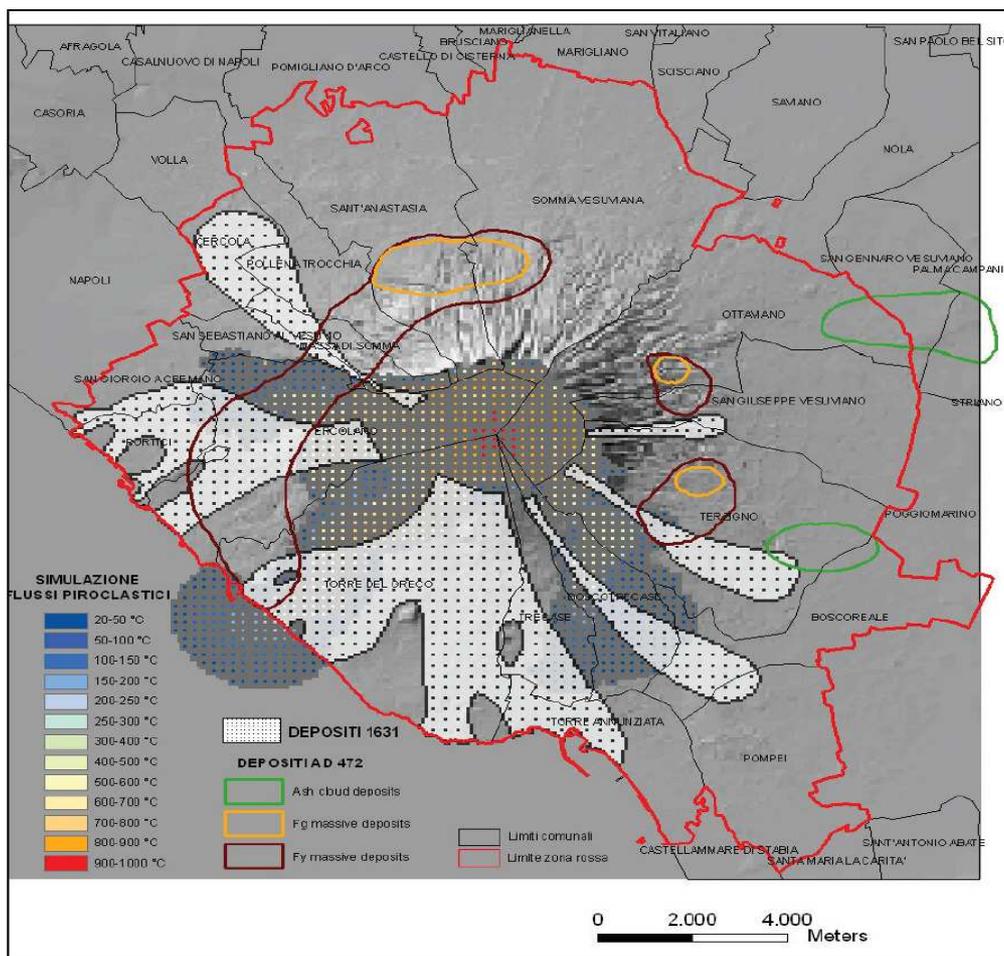


Fig. 38: Simulazioni numeriche per il deposito di flussi piroclastici di un evento subpliniano

Ovviamente i flussi piroclastici non si svilupperanno a 360° nell'intorno del vulcano, ma si dirigeranno in una o più direzioni preferenziali; non è tuttavia possibile conoscere preventivamente quali saranno le zone effettivamente interessate dai flussi. La rapidità con la quale si sviluppano tali fenomeni, associata al loro potenziale distruttivo, non consente però di attendere l'inizio dell'eruzione per mettere in atto le misure preventive.

Per questo motivo il piano nazionale d'emergenza prevede che la zona rossa venga completamente evacuata prima dell'inizio dell'eruzione. Con delibera della Giunta Regionale n. 250 del 26/07/2013 è stata approvata una nuova delimitazione della Zona Rossa la quale è stata così suddivisa:

- **Zona Rossa 1:** area ad elevato rischio vulcanico, ossia l'area ad alta probabilità di invasione dai flussi piroclastici. Si tratta del territorio delimitato dalla linea di invasione dei flussi piroclastici (linea che delimita l'area a media frequenza (invasione >1 evento) di invasione per le principali eruzioni, pliniane e sub pliniane del al Somma-Vesuvio da parte di flussi piroclastici negli ultimi 22.000 anni di attività);
- **Zona Rossa 2:** area ad elevata probabilità di crolli delle coperture degli edifici, ossia l'area in cui è probabile che importanti accumuli di depositi di cenere da caduta determinino il collasso delle coperture più vulnerabili ovvero porzioni di territorio individuate nell'ambito dei progetti di ricerca Europei e Nazionali "Exploris" e "Speed".

Con questo nuovo ampliamento la nuova zona rossa comprende 25 comuni dell'area vesuviana, rispetto ai 18 comuni compresi nella zona rossa del precedente piano di emergenza nazionale (Figg. 39 e 40). Con la definizione delle nuove zone rosse **1** e **2** si passa da 550 mila persone da evacuare del vecchio piano, a 700 mila persone, tenendo conto di uno scenario di riferimento più cautelativo per la popolazione.

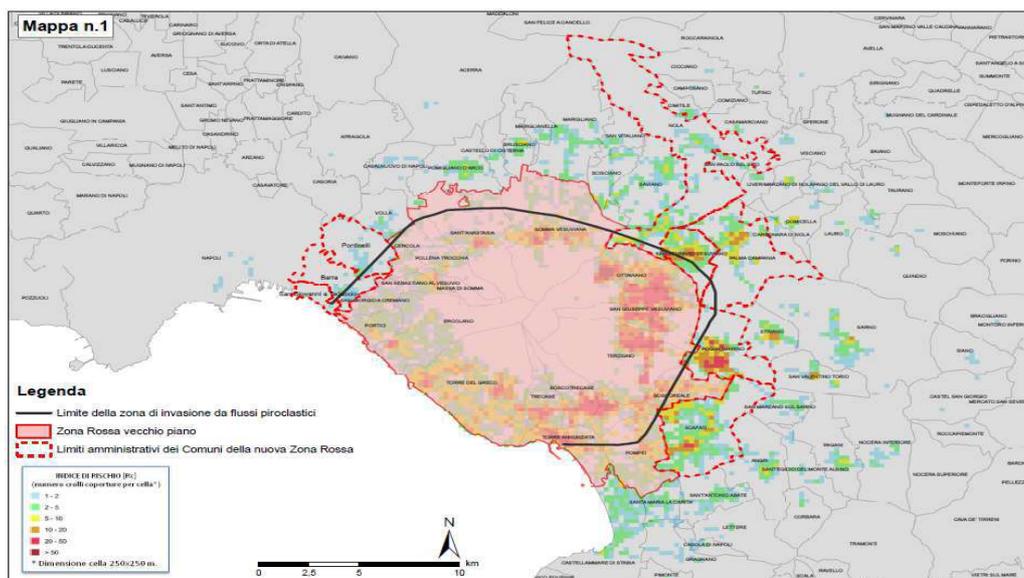


Figura 39: Rappresentazione grafica dell'area esposta al rischio di invasione da flussi piroclastici (linea nera), dell'indice di rischio relativo al crollo delle coperture degli edifici per carico di depositi piroclastici - ceneri e lapilli (celle colorate), dei limiti della zona rossa del precedente piano e dei limiti amministrativi dei Comuni e delle Municipalità del Comune di Napoli ricompresi nella nuova zona rossa.

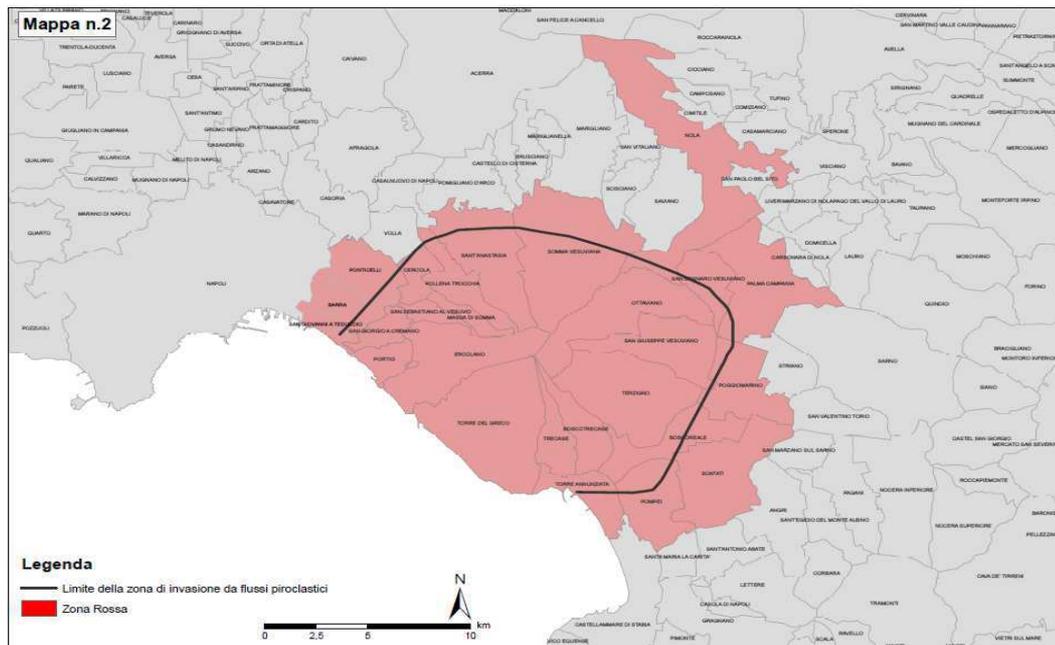


Figura 40: Rappresentazione grafica sintetica dei 24 Comuni e delle 3 Municipalità del Comune di Napoli che presentano porzioni di territorio in zona rossa, ossia che sono esposti al pericolo di invasione da flussi piroclastici e/o ad elevato rischio collassi coperture, e che pertanto vanno evacuati preventivamente.

Di seguito si riportano le "prime indicazioni per la determinazione dei carichi verticali conseguenti alla ricaduta di ceneri vulcaniche, riportate nella delibera suddetta.

Nella stessa delibera tali accorgimenti vengono considerati unicamente come "**consigli**" e, pertanto, si lascia la possibilità al progettista di valutare l'effettiva possibilità di applicarli nei calcoli:

- i. Per la progettazione degli interventi strutturali e la verifica delle strutture esistenti in "Zona rossa" e "Zona gialla" del Piano Nazionale di Emergenza del Vesuvio si suggerisce di considerare anche il carico verticale conseguente all'accumulo di ceneri vulcaniche;*
- ii. Il carico da cenere è una "azione eccezionale", così come definito dalle Norme Tecniche per le Costruzioni;*
- iii. I valori di calcolo si definiscono in base allo scenario subpliniano di riferimento, considerando il carico da cenere asciutta, riportato nella cartografia di cui all'Allegato 7 della suddetta delibera, che ha probabilità di superamento del 10%, così come valutato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) e dal Centro Studi Plinivs dell'Università di Napoli Federico II – Centro di Competenza del Dipartimento della Protezione Civile (DPC) - in base alle statistiche del vento in quota;*
- iv. Il carico da cenere asciutta deve essere opportunamente maggiorato per tener conto dell'effetto di possibili piogge concomitanti o successive all'eruzione vulcanica. Tale incremento è pari a $1,5 \text{ KN/m}^2$, ovvero al corrispondente carico da cenere asciutta se inferiore;*
- v. Per tener conto degli effetti delle pendenze delle coperture, si applicano le medesime regole che le Norme Tecniche indicano per il carico da neve.*

È opportuno specificare, inoltre, che la zona rossa, in cui ricade il territorio di Ercolano, oltre ad essere interessata da flussi piroclastici e da

accumulo di depositi piroclastici, può essere soggetta anche ad alluvionamenti e colate di fango e detrito (lahar) sin-eruttivi.

Gli alluvionamenti sono causati, oltre che da piogge intense, dalla riduzione della permeabilità del suolo dovuta alla messa in posto di ceneri fini emesse durante l'eruzione (*l'acqua meteorica, non infiltrandosi nel terreno, scorre prevalentemente in superficie e si accumula nelle zone morfologicamente depresse*), mentre i lahar sono dovuti alla rimobilizzazione, causata dalle piogge, di piroclastiti sciolte (materiale di ricaduta) depositate su pendii ripidi.

Per quanto riguarda la pericolosità da lahar e da alluvionamenti sin-eruttivi, recenti studi permettono di identificare con maggiore dettaglio le aree esposte rispetto a quanto definito nei Piani precedenti.

In particolare, tre aree distinte sono esposte a questi rischi (Fig. 40):

- *area Vesuviana;*
- *area Appenninica;*
- *area della Piana di Acerra-Nola.*

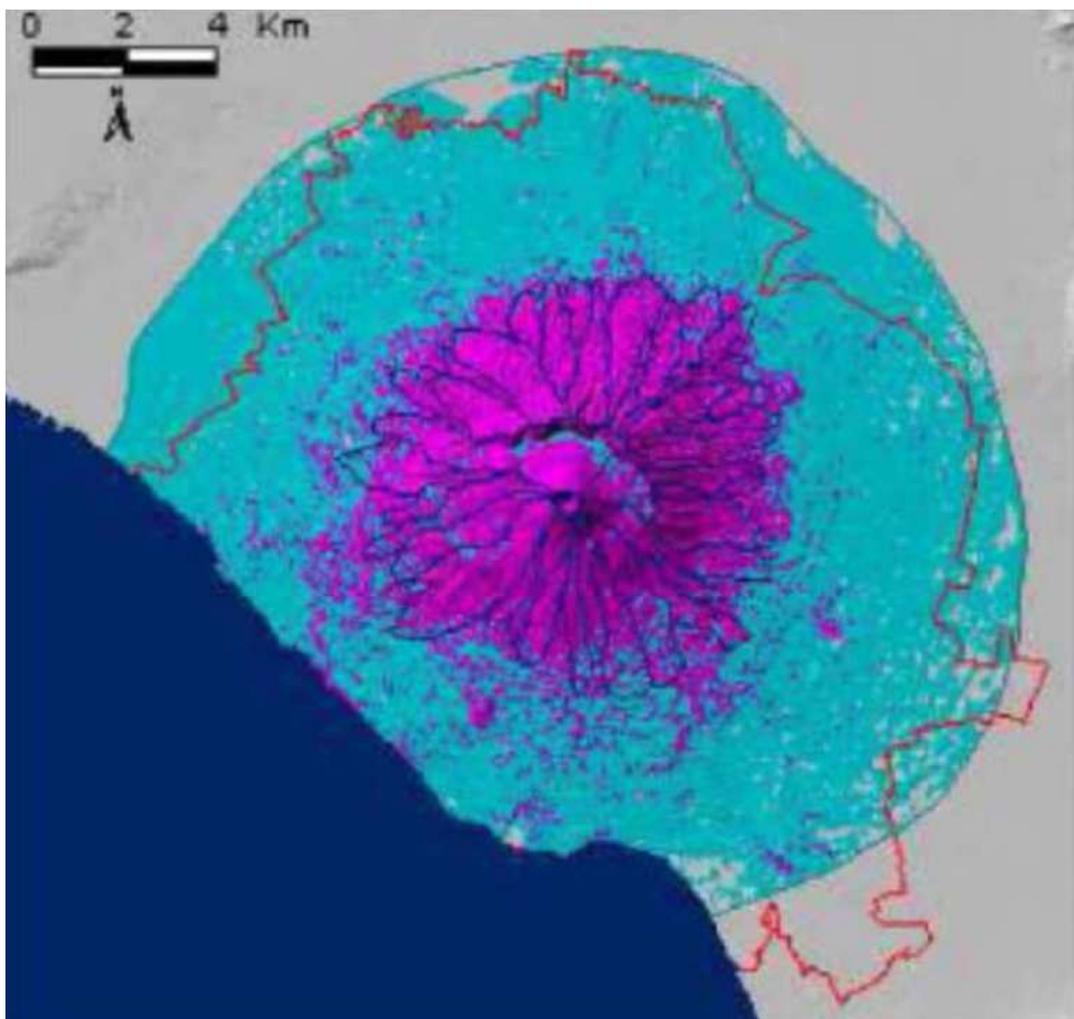


Figura 40. Zona dell'apron, in celestino, con pendenza tra 0.5° (il limite di pendio ben identificabile dal modello del terreno) e 6° ; in violetto le zone a pendenza maggiore di 6° . Sono anche riportati in blu i limiti dei bacini sorgente per i lahar e in rosso il limite della zona rossa

L'area vesuviana, ovvero quella d'interesse al fine di definire lo scenario di rischio del Comune di Ercolano, è costituita dalle zone circumvesuviane potenzialmente interessate dallo scorrimento di colate rapide di fango originate direttamente sulle pendici del vulcano (lahars).

Quest'area coincide in larga misura con la zona rossa, anche se sono stati individuati alcuni depositi di lahar al di fuori di tale area, in concordanza con evidenze morfologiche che vedono un apron del vulcano leggermente più esteso.

L'apron è un'area a bassa pendenza che raccorda le pendici del vulcano con le piane alluvionali circostanti.

Questa fascia, grossolanamente circolare, è la zona di recapito dei materiali vulcanici risedimentati dalle colate di fango.

L'apron, quindi, definisce, su basi geologiche risedimentati dalle colate di fango il limite estremo entro il quale è lecito attendersi l'invasione di colate rapide di fango (lahar) provenienti dal cono vulcanico.

Da notare l'interconnessione che esiste tra le problematiche della rete idrografica e le aree soggette a flussi piroclastici.

L'area corrispondente all'apron include oltre a Comuni Vesuviani della zona rossa, anche parte del Comune di Napoli, in particolare porzioni delle circoscrizioni di San Giovanni, Barra e Ponticelli, e ancora porzioni marginali dei Comuni che si trovano a Nord del vulcano.

Sulla base di quanto poco anzi descritto, si rimanda, comunque, al modello d'intervento e alla pianificazione delle attività riportate nel "*Piano di Emergenza del Rischio Vulcanico*" che costituisce uno dei quattro sottopiani allegati al Piano di Emergenza Comunale di Ercolano.

9. : Caratteristiche geotecniche e sismiche dei terreni

9a. Caratteristiche geotecniche

Le proprietà geotecniche dei terreni rinvenibili sul territorio comunale sono variabili in funzione della loro tipologia e della loro profondità.

Significativa è difatti la differenza i complessi lavici e quelli vulcanici incoerenti costituiti da livelli di surge piroclastici (*addensati*) e i livelli di fall (*più sciolti*) o ancora tra i livelli di sabbia, che formano la fascia costiera ercolanese.

Tale mutabilità si riscontra sia arealmente che puntualmente lungo una verticale d'indagine, con variazioni anche significative per cui quella di seguito riportata rappresenta solo un'analisi generale basata sui dati esaminati, ribadendo che per l'esecuzione di eventuali interventi edilizi sul costruito e/o su aree di nuova edificazione è necessario procedere ad investigazioni puntuali di sito che interessino il volume significativo delle aree di sedime (Fig. 41), con adeguate (*per numero e tipo*) indagini geognostiche, sismiche ed analisi e/o prove di laboratorio, così come prescritto dalle norme vigenti.

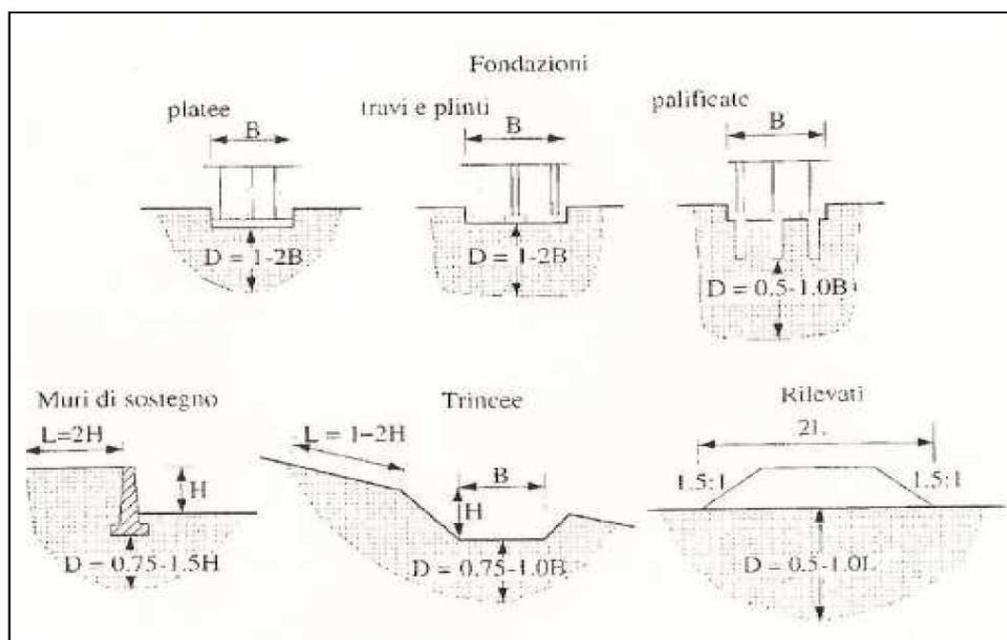


Fig. 41

Tanto premesso, come già evidenziato nel paragrafo 2, per caratterizzare in chiave geotecnica i terreni del substrato sono state utilizzate le indagini eseguite nell'ambito dei seguenti studi:

- ✓ *Relazione geomorfologica sulla natura dei terreni del territorio di Ercolano (Na), con relativa mappa, redatta dal dott. geol. A. Velotti - Aprile 1982 (Allegato 2):*
 - *N. 9 prove penetrometriche tipo CPT;*
 - *N.19 analisi di laboratorio per la determinazione degli usuali parametri fisici e meccanici;*
- ✓ *Studio geologico del territorio comunale ai fini dell'adozione del P.U.C., redatto dal dott. geol. R. Guarino nel 2011 (Allegato 3):*
 - *N. 50 prove penetrometriche dinamiche del tipo S.P.T.;*
 - *N. 11 analisi di laboratorio per la determinazione degli usuali parametri fisici e meccanici;*
- ✓ *Relazioni e/o studi geologici eseguiti dallo scrivente:*
 - *N. 52 prove penetrometriche continue pesanti del tipo D.P.S.H.;*
 - *N. 139 prove penetrometriche dinamiche del tipo S.P.T.;*
 - *N. 18 analisi di laboratorio per la determinazione degli usuali parametri fisici e meccanici.*

Per quanto attiene le prove C.P.T., le stesse sono organizzate secondo dei profili che danno l'andamento in profondità dei valori medi delle resistenze penetrometriche (*alla punta o laterale*) per ciascun metro.

I valori medi sono stati quindi utilizzati per ricavare i seguenti parametri:

- Rapporto Bergmann R_p/R_l ;
- Valori dell'angolo di attrito;
- parametri di rigidità ($E_d = \text{Modulo edometrico}$);

L'insieme di queste correlazioni, il cui dettaglio tecnico viene riportato nell'allegato 2, porta alle seguenti considerazioni:

- i valori del rapporto Bergmann sono tipici delle sabbie, con componente granulometrica aggiuntiva, da ghiaiosa a limosa;
- gli angoli di attrito ottenuti dalla correlazione $R_p - \sigma_v$ per valori fino a 5 m delle R_p , e per valori della pressione verticale σ_v dell'ordine di 0,5 kg/cm^2 , oscillano intorno ai 30° mentre per maggiori profondità, i valori raggiungono limiti massimi intorno ai 35°;
- attraverso un coeff. moltiplicativo α' crescente da 2,5 a 5 (da sabbie fini a sabbie ghiaiose), si ottengono dai valori delle R_p , i parametri di rigidezza E_{ed} , che aumentano con la profondità, risultando più che soddisfacenti ($>300 kg/cm^2$) per profondità superiori a 10 m;

In riferimento alle prove S.P.T., quelle effettuate dal dott. geol. R. Guarino, saranno di seguito elencate, mentre per quelle eseguite dallo scrivente, comprese le prove D.P.S.H. (dove la Resistenza dinamica alla punta R_{pd} è stata correlata al numero di colpi N_{SPT} attraverso un opportuno coefficiente di correlazione β , funzione della litologia dei terreni investigati) è da evidenziare che i valori dei principali parametri geotecnici sono stati ricavati utilizzando le correlazioni riportate nella Tabella 11 e nelle figure 42 e 43 sottostanti.

Parametri geotecnici	Road BridgSpecification	Di Mello	Sowers								
Angolo di attrito interno φ	$\varphi = \sqrt{15N_{spt}} + 15$	$\varphi = 19 - 0,38\sigma + 8,73\text{Log}(N_{spt})$	$\varphi = 28 + 0,28N_{spt}$								
//	Schmertman	Terzaghi	Schultze								
Modulo di deformazione (Young)	$E(kg/cmq) = 2BN_{spt}$ <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>B</th> <th>Litologia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>4</td> <td>sabbia fine</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>sabbia media</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>sabbia grossolana</td> </tr> </tbody> </table>	B	Litologia	4	sabbia fine	6	sabbia media	10	sabbia grossolana	$E(MPa) = B\sqrt{N_{spt}}$ $B = 7 MPa$	$E(kg/cmq) = 5,27$
B	Litologia										
4	sabbia fine										
6	sabbia media										
10	sabbia grossolana										
//	Farrent	Menzebach e Malcev	//								
Modulo edometrico (Kg/cmq)	$M = 7.1 N_{SPT}$	$M = 3.54 N_{SPT} + 38$ (Sabbia fine) $M = 4.46 N_{SPT} + 38$ (Sabbia media) $M = 10.46 N_{SPT} + 38$ (Sabbia + ghiaia) $M = 11.84 N_{SPT} + 38$ (Sabbia ghiaiosa)	//								

Tabella 11: Valori dei principali parametri geotecnici ricavati dalle prove S.P.T.

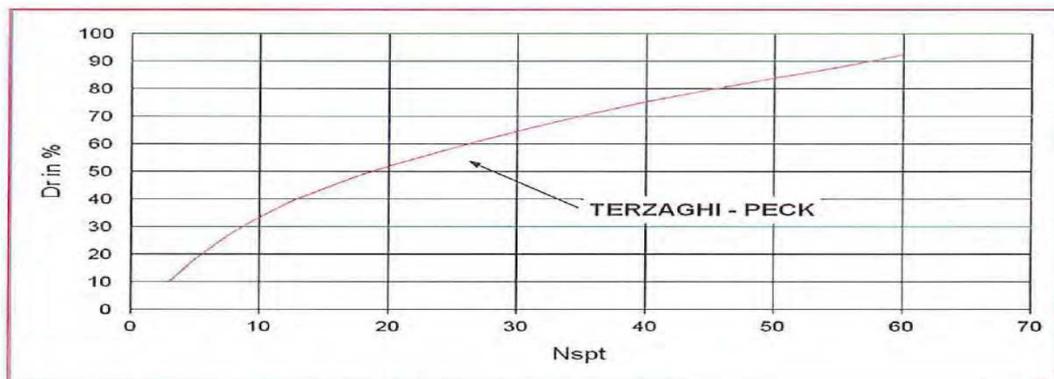


Fig. 42 - Densità relativa in funzione di N_{SPT}

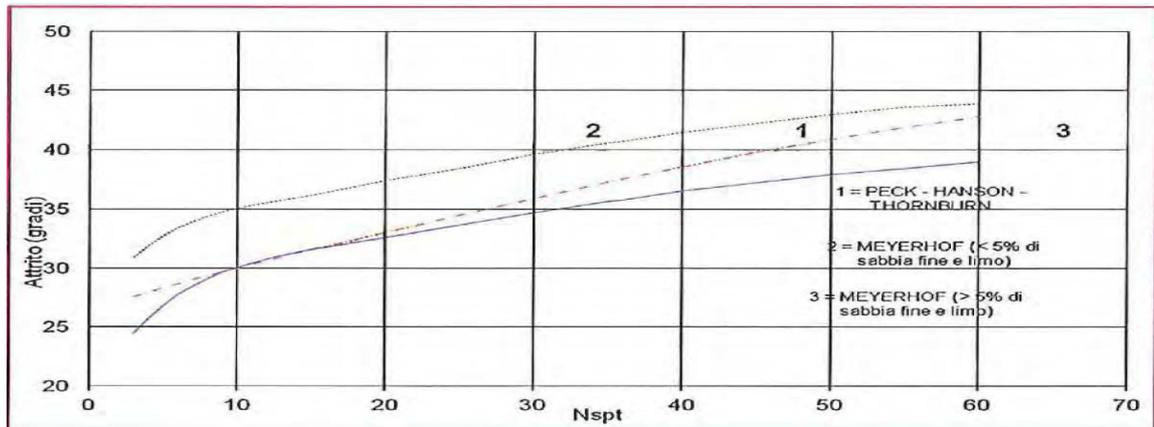


Fig. 43 - Angolo di ϕ attrito in funzione di NSPT

Prove penetrometriche del tipo S.P.T. a corredo del PUC del 2011

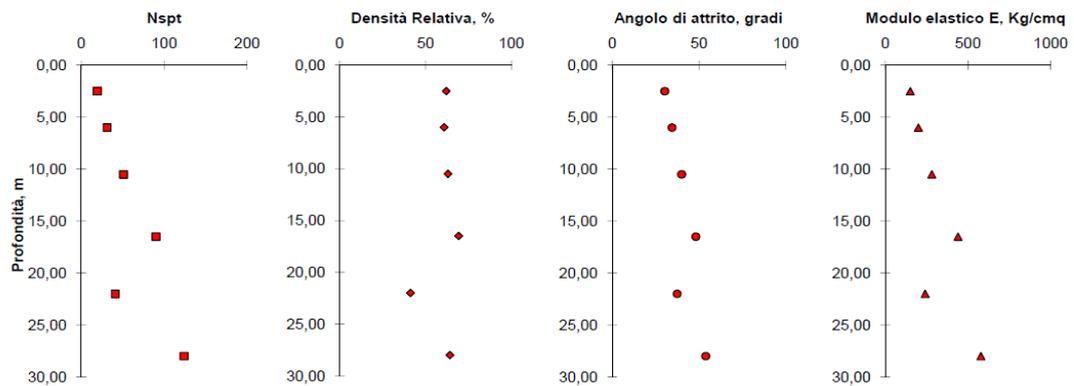
PROVE S.P.T.

Committente : Comune di Ercolano

Cantiere : Indagine geologica relativa al PUC

Tabella riepilogativa dei valori N_{spt} minimi registrati alle varie profondità e loro interpretazione geotecnica

Sondaggio	Prova	Quota		N° colpi			Nspt	N1 corretto con p' vo Skempt., 86	N1 60	Nspt 60	Litotipo di riferimento	Densità relativa % Bazaraa, 77	Angolo di attrito gradi Shioi Fuk., 82	Modulo elastico E (Kg/cmq) Bowles, 82
		da mt	a mt	N1	N2	N3								
S.1	1	2,50	2,95	4	9	10	19	25	21	15	PPM	62	30	152
	2	6,00	6,45	11	15	16	31	28	23	25	PPM	61	34	201
	3	10,50	10,95	16	25	26	51	33	27	41	PPM	63	40	282
	4	16,50	16,95	25	47	43	90	42	34	73	PPM	69	48	440
	5	22,00	22,45	10	17	24	41	15	12	33	PPM	41	37	241
	6	28,00	28,45	15	24	100	124	38	30	100	PPM	64	54	577



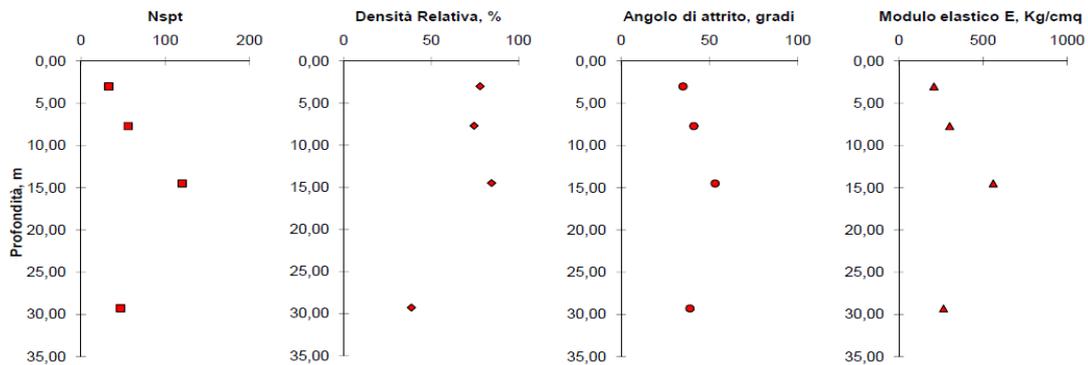
PROVE S.P.T.

Committente : Comune di Ercolano

Cantiere : Indagine geologica relativa al PUC

Tabella riepilogativa dei valori Nspt minimi registrati alle varie profondità e loro interpretazione geotecnica

Sondaggio	Prova	Quota		N° colpi			Nspt	N1 corretto con p' vo Skempt., 86	N1 ₆₀	Nspt ₆₀	Litotipo di riferimento	Densità relativa % Bazaraa,77	Angolo di attrito gradi Shioi Fuk., 82	Modulo elastico E (Kg/cmq) Bowles, 82
		da mt	a mt	N1	N2	N3								
S.3	1	3,00	3,45	13	15	18	33	41	33	27	PP M	78	35	209
	2	7,70	8,15	18	28	28	56	44	36	45	PPM	75	41	302
	3	14,50	14,95	6	20	100	120	62	50	97	PPM	85	53	561
	4	29,30	29,75	18	22	25	47	14	11	38	PPM	39	39	265



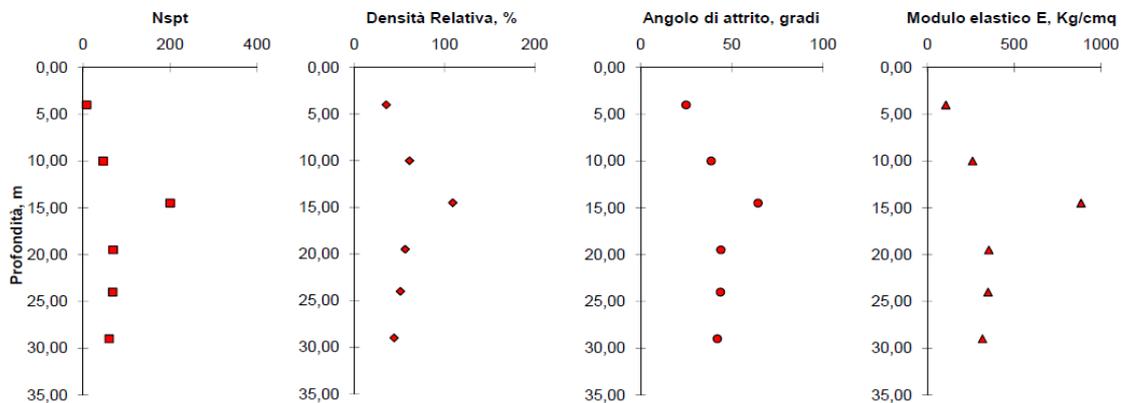
PROVE S.P.T.

Committente : Comune di Ercolano

Cantiere : Indagine geologica relativa al PUC

Tabella riepilogativa dei valori Nspt minimi registrati alle varie profondità e loro interpretazione geotecnica

Sondaggio	Prova	Quota		N° colpi			Nspt	N1 corretto con p' vo Skempt., 86	N1 ₆₀	Nspt ₆₀	Litotipo di riferimento	Densità relativa % Bazaraa,77	Angolo di attrito gradi Shioi Fuk., 82	Modulo elastico E (Kg/cmq) Bowles, 82
		da mt	a mt	N1	N2	N3								
S.4	1	4,00	4,45	3	3	5	8	9	7	6	PP M	35	25	107
	2	10,00	10,45	14	18	28	46	31	25	37	PPM	61	39	261
	3	14,50	14,95	100	100	100	200	103	83	162	PPM	109	64	885
	4	19,50	19,95	28	32	37	69	28	23	56	PPM	56	44	354
	5	24,00	24,45	18	33	35	68	23	19	55	PPM	51	44	350
	6	29,00	29,45	20	28	32	60	18	14	49	PPM	44	42	318



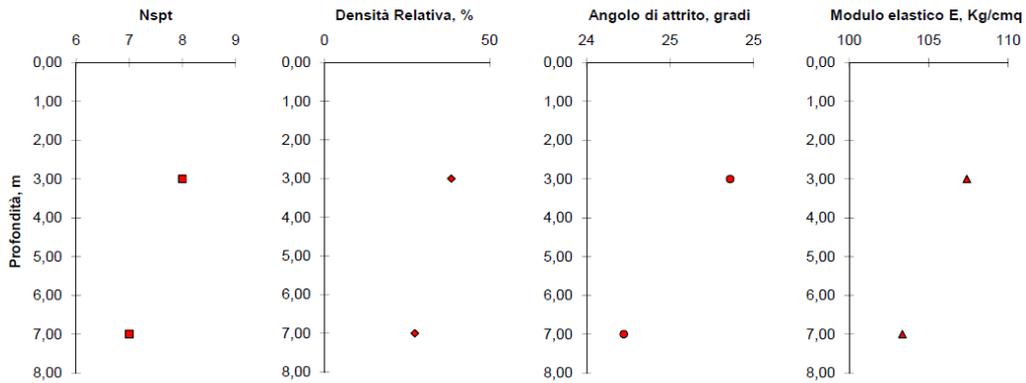
PROVE S.P.T.

Committente : Comune di Ercolano

Cantiere : Indagine geologica relativa al PUC

Tabella riepilogativa dei valori Nspt minimi registrati alle varie profondità e loro interpretazione geotecnica

Sondaggio	Prova	Quota		N° colpi			Nspt	N1 corretto con p' vo Skempt., 86	N1 ₆₀	Nspt ₆₀	Litotipo di riferimento	Densità relativa % Bazaraa, 77	Angolo di attrito gradi Shioi Fuk., 82	Modulo elastico E (Kg/cmq) Bowles, 82
		da mt	a mt	N1	N2	N3								
S14	1	3,00	3,45	3	4	4	8	10	8	6	COLTRE	38	25	107
	2	7,00	7,45	2	3	4	7	6	5	6	intercalazione proclastica	27	24	103



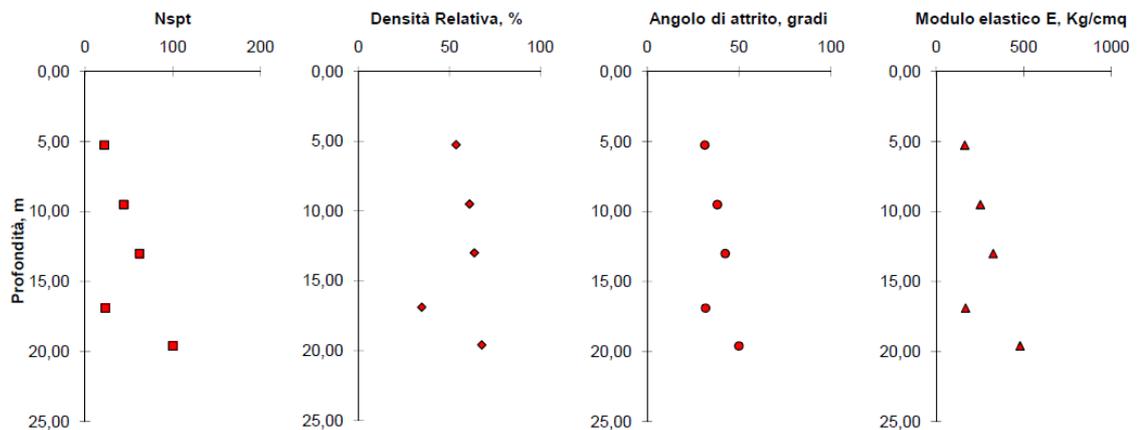
PROVE S.P.T.

Committente : Comune di Ercolano

Cantiere : Indagine geologica relativa al PUC

Tabella riepilogativa dei valori Nspt minimi registrati alle varie profondità e loro interpretazione geotecnica

Sondaggio	Prova	Quota		N° colpi			Nspt	N1 corretto con p' vo Skempt., 86	N1 ₆₀	Nspt ₆₀	Litotipo di riferimento	Densità relativa % Bazaraa, 77	Angolo di attrito gradi Shioi Fuk., 82	Modulo elastico E (Kg/cmq) Bowles, 82
		da mt	a mt	N1	N2	N3								
S.15	1	5,25	5,70	9	10	12	22	21	17	18	PMX	54	31	164
	2	9,50	9,95	18	20	24	44	30	25	36	PMX	61	38	253
	3	13,00	13,45	25	37	25	62	34	28	50	PMX	64	42	326
	4	16,90	17,35	6	9	14	23	11	9	19	PMX	35	32	168
	5	19,60	20,05	20	37	63	100	41	33	81	PMX	68	50	480



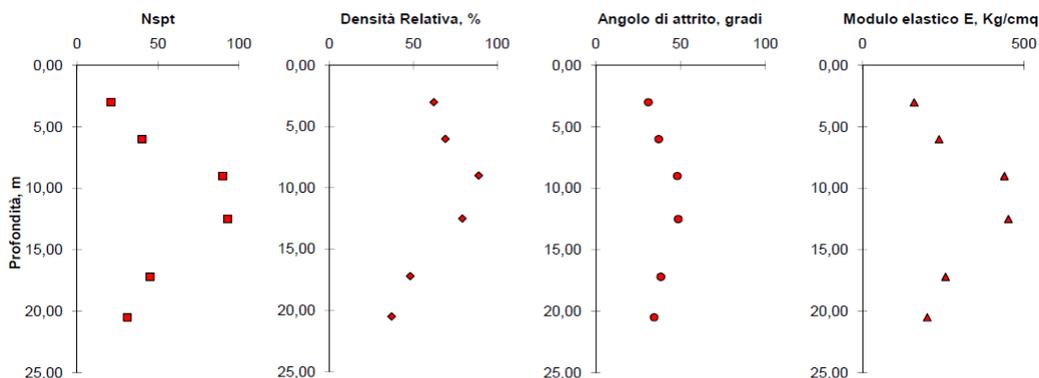
PROVE S.P.T.

Committente : Comune di Ercolano

Cantiere : Indagine geologica relativa al PUC

Tabella riepilogativa dei valori Nspt minimi registrati alle varie profondità e loro interpretazione geotecnica

Sondaggio	Prova	Quota		N° colpi			Nspt	N1 corretto con p' vo Skempt., 86	N1 60	Nspt 60	Litotipo di riferimento	Densità relativa % Bazaraa, 77	Angolo di attrito gradi Shioi Fuk., 82	Modulo elastico E (Kg/cmq) Bowles, 82
		da mt	a mt	N1	N2	N3								
S.21	1	3,00	3,45	7	9	12	21	26	21	17	PMX	62	31	160
	2	6,00	6,45	25	20	20	40	36	29	32	PMX	69	37	237
	3	9,00	9,45	27	42	48	90	64	52	73	PMX	89	48	440
	4	12,50	12,95	25	35	58	93	53	43	75	PMX	79	49	452
	5	17,20	17,65	11	14	31	45	20	16	36	PMX	48	38	257
	6	20,50	20,95	13	15	16	31	12	10	25	PMX	37	34	201



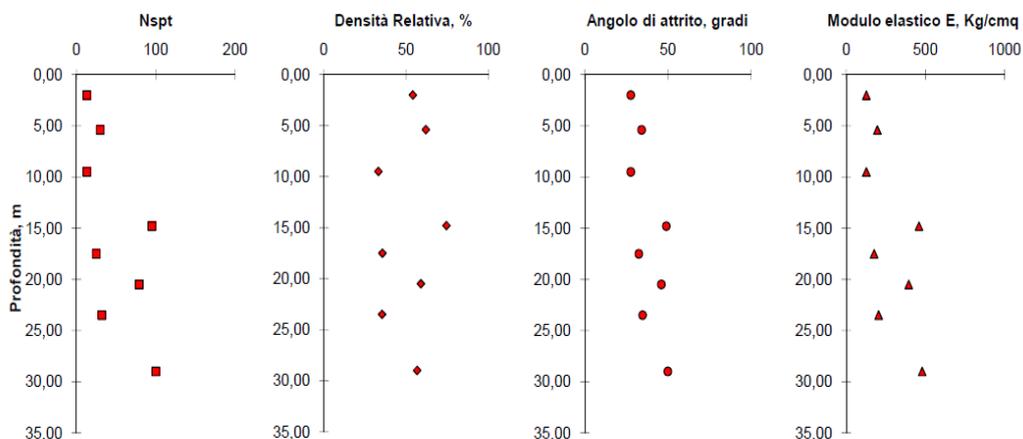
PROVE S.P.T.

Committente : Comune di Ercolano

Cantiere : Indagine geologica relativa al PUC

Tabella riepilogativa dei valori Nspt minimi registrati alle varie profondità e loro interpretazione geotecnica

Sondaggio	Prova	Quota		N° colpi			Nspt	N1 corretto con p' vo Skempt., 86	N1 60	Nspt 60	Litotipo di riferimento	Densità relativa % Bazaraa, 77	Angolo di attrito gradi Shioi Fuk., 82	Modulo elastico E (Kg/cmq) Bowles, 82
		da mt	a mt	N1	N2	N3								
S.22	1	2,00	2,45	11	8	5	13	19	15	11	PMX	54	28	128
	2	5,40	5,85	10	14	16	30	29	23	24	PMX	62	34	197
	3	9,50	9,95	5	6	7	13	9	7	11	PMX	33	28	128
	4	14,80	15,25	30	45	50	95	48	39	77	PMX	75	49	460
	5	17,50	17,95	13	12	13	25	11	9	20	PMX	36	32	176
	6	20,50	20,95	25	40	39	79	31	25	64	PMX	59	46	395
	7	23,50	23,95	10	15	17	32	11	9	26	PMX	35	35	205
	8	29,00	29,45	100	100		100	29	24	81	PPM	57	50	480



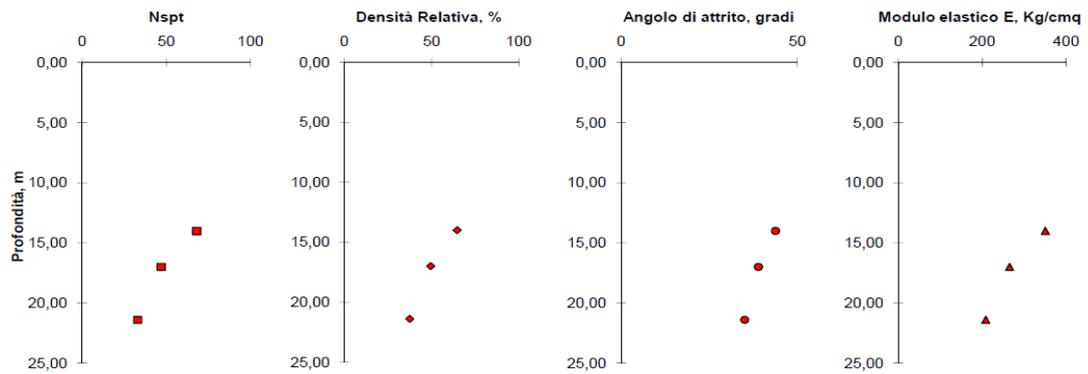
PROVE S.P.T.

Committente : Comune di Ercolano

Cantiere : Indagine geologica relativa al PUC

Tabella riepilogativa dei valori Nspt minimi registrati alle varie profondità e loro interpretazione geotecnica

Sondaggio	Prova	Quota		N° colpi			Nspt	N1 corretto con p'vo Skempt., 86	N1 ₆₀	Nspt ₆₀	Litotipo di riferimento	Densità relativa % Bazaraa, 77	Angolo di attrito gradi Shioi Fuk., 82	Modulo elastico E (Kg/cmq) Bowles, 82
		da mt	a mt	N1	N2	N3								
S.23	1	14,00	14,45	8	10	58	68	36	29	55	PPM	65	44	350
	2	17,00	17,45	8	17	30	47	21	17	38	PPM	49	39	265
	3	21,40	21,85	3	10	23	33	13	10	27	PPM	37	35	209



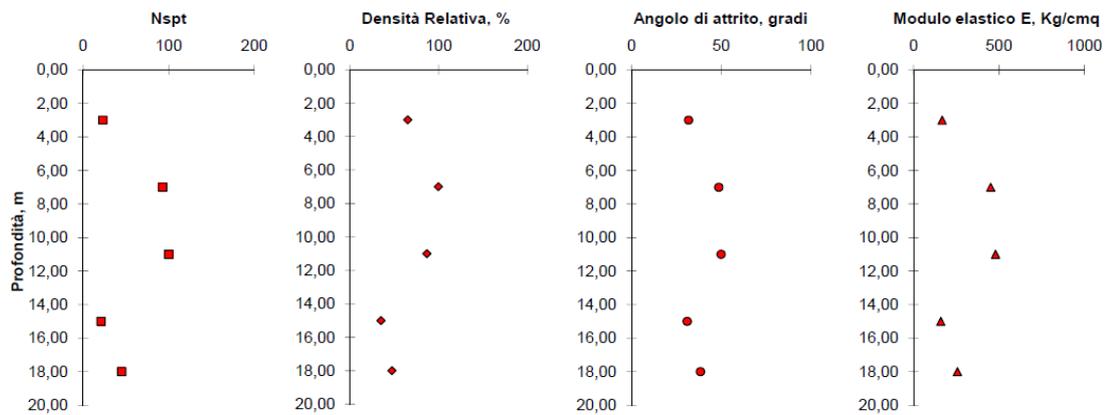
PROVE S.P.T.

Committente : Comune di Ercolano

Cantiere : Indagine geologica relativa al PUC

Tabella riepilogativa dei valori Nspt minimi registrati alle varie profondità e loro interpretazione geotecnica

Sondaggio	Prova	Quota		N° colpi			Nspt	N1 corretto con p'vo Skempt., 86	N1 ₆₀	Nspt ₆₀	Litotipo di riferimento	Densità relativa % Bazaraa, 77	Angolo di attrito gradi Shioi Fuk., 82	Modulo elastico E (Kg/cmq) Bowles, 82
		da mt	a mt	N1	N2	N3								
S.24	1	3,00	3,45	11	11	12	23	29	23	19	intercalazione piroclastica	65	32	168
	2	7,00	7,45	13	30	63	93	78	63	75	LVI	100	49	452
	3	11,00	11,08	100	100		100	63	51	81	LVI	87	50	480
	4	15,00	15,45	8	10	11	21	11	9	17	PPM	35	31	160
	5	18,00	18,45	14	18	27	45	20	16	36	PPM	47	38	257



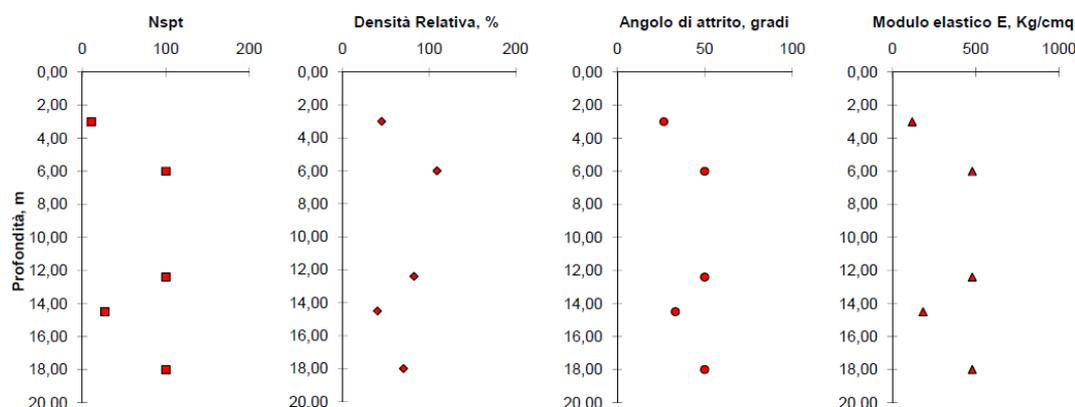
PROVE S.P.T.

Committente : Comune di Ercolano

Cantiere : Indagine geologica relativa al PUC

Tabella riepilogativa dei valori Nspt minimi registrati alle varie profondità e loro interpretazione geotecnica

Sondaggio	Prova	Quota		N° colpi			Nspt	N1 corretto con p'vo Skempt., 86	N1 60	Nspt 60	Litotipo di riferimento	Densità relativa % Bazaraa, 77	Angolo di attrito gradi Shioi Fuk., 82	Modulo elastico E (Kg/cmq) Bowles, 82
		da mt	a mt	N1	N2	N3								
S.25	1	3,00	3,45	5	5	6	11	14	11	9	COLTRE	45	27	120
	2	6,00	6,10	100	100		100	91	74	81	LVI	109	50	480
	3	12,40	12,54	100	100		100	57	47	81	LVI	82	50	480
	4	14,50	14,95	13	14	13	27	14	11	22	PPM	40	33	184
	5	18,00	18,12	100	100		100	43	35	81	PPM	70	50	480



Per quanto attiene le prove di laboratorio, relativamente ai termini incoerenti, gli stessi denotano un peso dell'unità di volume (γ) non elevato e tipico dei terreni vesuviani, mediamente compreso tra 1,5 e 1,7 gr/cm³, una porosità totale medio-alta e discrete proprietà drenanti (*tendenti ad aumentare, ovviamente, nei casi in cui più consistente diventa la frazione ghiaiosa*) con un coefficiente di permeabilità K variabile, tra 10^{-4} e 10^{-5} cm/sec.)

Da punto di vista tessiturale, trattasi di terreni clastici, generalmente a tessitura franco-sabbiosa e sabbiosa-franco, con quantità medie di scheletro solido, mentre sotto l'aspetto granulometrico sono classificabili come sabbie ghiaiose e limose o sabbie limose e ghiaiose, con valori minimi e massimi delle frazioni granulometriche più grossolane o più fini, comunque, estremamente variabili in percentuale.

Le piroclastiti si presentano, pertanto, nel complesso poco uniformi e ben gradate, come testimoniato sia dalla pendenza delle curve granulometrica (*fusi granulometrici allungati*) sia dai valori assunti dai coefficienti di uniformità U e di curvatura C_c , dipendenti quest'ultimi dalla genesi, distanza dal centro eruttivo e modalità deposizionale di tali prodotti.

Relativamente a quest'ultimo punto, ai sensi delle NTC/18 (*Capitolo 7.11.3.4.2 - Esclusione della verifica a liquefazione*) considerato che la probabilità che nei terreni sabbiosi saturi si verificano fenomeni di

liquefazione è bassa o nulla se si avvera almeno una delle seguenti condizioni:

1. Eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. Accelerazione massima attesa in superficie in condizioni free - field minore di 0.1g;
3. Accelerazione massima attesa in superficie in condizioni free-field minore di 0.15 g e terreni con caratteristiche ricadenti in una delle tre seguenti categorie:
 - frazione di fine FC, superiore al 20%, con indice di plasticità $PI > 10$;
 - $FC \geq 35\%$ e resistenza $(N1)_{60} > 20$;
 - $FC \leq 5\%$ e resistenza $(N1)_{60} > 25$;

dove $(N1)_{60}$ è il valore normalizzato della resistenza penetrometrica della prova S.P.T., definito dalla relazione: $(N1)_{60} = NSPT \cdot CN$, in cui il coefficiente CN è ricavabile dall'espressione:

$$C_N = \left(\frac{p_a}{\sigma'_v} \right)^{0.5}$$

essendo p_a la pressione atmosferica e σ'_v la tensione efficace verticale;

4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 44, nel caso di materiale con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ ed in Figura 45, per coefficienti di uniformità $U_c > 3.5$;

5. Profondità media stagionale della falda superiore ai 15 m dal piano campagna:

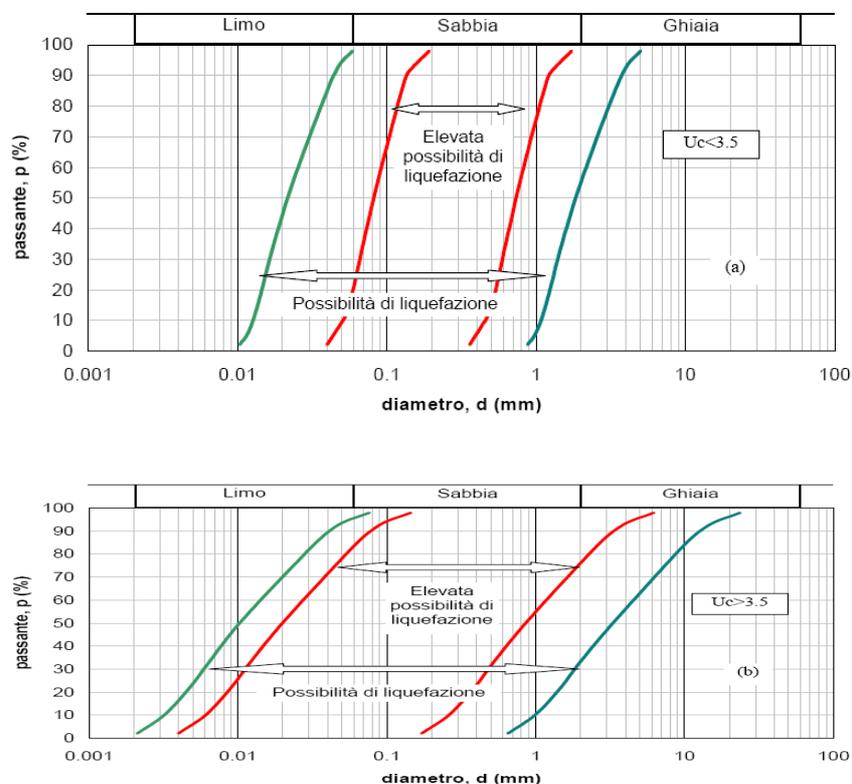


Figura 44–45: Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno per i terreni a granulometria uniforme (a) ed estesa (b) - AGI, 2005

considerato che le curve granulometriche di tutti i campioni esaminati (*unitamente all'adeguato stato d'addensamento degli stessi*) non rientrano nel punto 4 sopra citato, è da ritenersi altamente improbabile il verificarsi di tale fenomeno in quelle zone del territorio comunale ove la falda freatica si rileva nei primi 15 metri di profondità (*fascia costiera e centro storico in località Pugliano*) fermo restando che è comunque necessario, procedere alla verifica alla liquefazione, ogni qualvolta è richiesta la redazione della relazione geologica in ottemperanza alle norme vigenti (D.P.R. 380/01- NTC/2018).

I valori dell'angolo di attrito ricavati dalle prove di taglio diretto eseguite in laboratorio coincidono quasi completamente, nel complesso, con quelli ricavati indirettamente dalle prove penetrometriche (C.P.T., S.P.T., D.P.S.H.), risultando più bassi nei livelli più superficiali (fino a 5/6 metri dal p.c., *per effetto della componente limosa che si origina per alterazione ed attestandosi mediamente intorno ai 28°-30°*) per poi aumentare con la profondità, fino a raggiungere picchi anche di 34°-35° oltre i 9/10 metri dal livello del suolo. Per i termini litoidi, le n. 7 prove di laboratorio hanno fornito rispettivamente valori:

- *del peso di volume compreso tra 2.3 - 2.6 t/m³;*
- *di resistenza a compressione uniassiale (MPa) compresi tra un minimo di 38.551 ed un massimo di 167.933 (valore medio pari a circa 84 MPa).*

In base a quanto sopra descritto, considerato che i terreni che caratterizzano il territorio comunale possono essere ricondotti a due classi litologiche distinte, costituite da:

- *depositi piroclastici ascrivibili a sabbie cineritiche sabbiose-limose con livelli sabbioso-gliaiosi, da sciolte a mediamente addensate o molto addensate;*
- *lave con una struttura porfirica con diverso grado di fratturazione;*

alle stesse possono essere assegnati, in via chiaramente cautelare, i sottostanti valori dei principali parametri geomeccanici:

Depositi piroclastici

- *Peso unità di volume $\gamma = 1.6 - 1.7 \text{ t/m}^3$; $\gamma_{\text{sat}} = 1.9 - 2 \text{ t/m}^3$*
- *Angolo di attrito interno ϕ_{min} (coltre superficiale tra i 5/6m) = 26° - 28°*
 - *ϕ_{max} (profondità > di 10 m) = 34° - 35°*
 - *Coesione $c = 0 \text{ t/m}^2$;*
 - *Modulo Edometrico (Ed) = 100 - 250 Kg/cm²*
 - *Modulo di deformazione Young (E) = 100 - 500 Kg/cm²*

Complesso Litoide

- *Peso dell'unità di volume (γ) = 2,3 - 2,6 t/m³;*
- *Angolo di attrito interno (ϕ) = 40°- 45° ; Coesione (c) = 10 t/m²;*
 - *Resistenza a compressione (s) = 84 MPa;*
- *Resistenza al taglio (s) = 100 - 600 kg/cm² - Resistenza a trazione (s) = 100 - 300 kg/cm²*

evidenziando che, quelli riferiti ai soli termini terrigini, rappresentano una media dei valori scaturiti dai risultati delle prove di laboratorio e da quelli restituiti dalle elaborazioni delle prove penetrometriche mentre quelli relativi alle lave, sono stati desunti sia dalle prove di laboratorio sia da dati riportati nella letteratura scientifica ufficiale.

9b. Caratteristiche sismiche

Come per le proprietà geomeccaniche, per caratterizzare in chiave sismica i terreni del substrato sono state utilizzate le indagini eseguite nell'ambito dei seguenti studi:

- ✓ *Relazione geomorfologica sulla natura dei terreni del territorio di Ercolano (Na), con relativa mappa, redatta dal dott. geol. A. Velotti - Aprile 1982:*
 - *N. 22 profili sismici a rifrazione;*
- ✓ *Studio geologico del territorio comunale ai fini dell'adozione del P.U.C., redatto dal dott. geol. R. Guarino nel 2011:*
 - *N. 10 prove sismiche del tipo Down-hole;*
 - *N. 10 prove sismiche del tipo M.A.S.W. ;*
- ✓ *Relazioni e/o studi geologici eseguiti dallo scrivente:*
 - *N. 20 prove sismiche del tipo M.A.S.W;*
 - *N. 7 prove del tipo H.S.V.R;*
 - *N. 4 prove sismiche del tipo Down-hole.*

a) Profili sismici superficiali

I risultati di questi profili possono essere così riassunti:

- *i valori delle Vp relativamente allo strato superficiale con spessore medio oscillante sui 2 m, variano da 250 a 350 m/sec;*
- *le piroclastiti sciolte, sia in assenza di lave, sia ricoprenti le lave, sia al di sotto delle lave, mostrano valori omogenei nell'ambito dei primi 10 m, oscillanti intorno a 500 m/sec;*
- *le lave, da superficiali (< 1m p.c), a mediamente profonde (0-5m p.c.), a profonde (5-15m p.c.), mostrano valori delle Vp oscillanti intorno a due valori medi, rispettivamente, di 1564 m/sec e 2533 m/sec. La differenza dei valori è da attribuire, probabilmente alla diversa compattezza ed omogeneità dei corpi lavici.*

b) Prove sismiche del tipo Down-hole e M.A.S.W., eseguite per la redazione del P.U.C. o nell'ambito di lavori professionali effettuati dallo scrivente.

I risultati delle suddette prove, riportate negli appositi allegati e riassunti nelle tabelle 12 e 13 sottostanti, hanno permesso di definire la

categoria dei suoli del territorio comunale, così come previsto dalle NTC/18.

In particolare, sono stati esaminati i dati di n. 45 prospezioni costituite, rispettivamente, da n. 30 prove M.A.S.W. e n. 15 prove Down-hole, che hanno evidenziato valori di $V_{s_{eq}}$, compresi tra 360 e 800 m/s (80% delle prove) e tra 180 e 360 m/s (20% delle prove) determinando l'attribuzione dei terreni alla categoria **B** e, subordinatamente, alla categoria **C** (Tabella 14).

Prove effettuate per la redazione del PUC/2011

SIGLA	Litotipo affiorante	$V_{s_{30}}$ (m/s)	Cat. Suolo	H.S.V.R. (2024) $V_{s,eq}$
S1	PPM	340	C	//
S3	PPM	344	C	//
S4	PPM	252	C	//
S14	LVI 1	439	B	364 - B
S15	PMX	288	C	//
S21	PMX	285	C	//
S22	PMX	295	C	//
S23	LVI_1	380	B	//
S24	LPV_26	417	B	365 - B
S25	LVI_1	335	C	326 - C
MASW 5	PMX	416	B	//
MASW 6	PMX	361	B	//
MASW 7	PPM	460	B	//
MASW 8	LPV_22	587	B	494 - B
MASW 10	PPM	400	B	//
MASW 11	LPV_13a	616	B	376 - B
MASW 17	LPV_26	622	B	395 - B
MASW 19	LPV_20a	478	B	//
MASW 28	PPM	390	B	338 - C
MASW 32	LPV	487	B	//

Tabella 12

Prove eseguite dal dott. geol. Vincenzo Bosso

Tipo di prova	$V_{s_{eq}}$	$V_{s_{eq}}$	Categoria di sottosuolo
MASW B1	[470]		B
MASW B2	[402]		B
MASW B3	[460]		B
MASW B4	[450]		B
MASW B5	[454]		B
MASW B6	[374]		B
MASW B 7/8	[366]	[401]	B
MASW B9	[454]		B
MASW B10	[461]		B
MASW B11	[461]		B
MASW B12	[491]		B
MASW B13	[450]		B
MASW B14	[580]		B
MASW B15	[516]		B
MASW B16	[573]	//	B
MASW B17	[484]	//	B
MASW B18	[460]	//	B
MASW B19/20	[571]	[490]	B
SB2 - DH	[463]	//	B
SB6 - DH	[435]	//	B
SB13 - DH	[340]	//	C
SB25 - DH	[560]	//	B

Tabella 13

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

Tabella 14 - Categorie Sottosuoli di fondazione (D.M. 17 gennaio 2018).

Si evidenzia, che le predette categorie, utili alla scelta dell'azione sismica di progetto, sono state determinate tenendo presente i valori delle velocità equivalenti calcolate con la seguente espressione:

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

ove:

h_i = spessore dell'*i*-esimo strato

V_{S,i} = velocità delle onde di taglio nell'*i*-esimo strato

N = numero di strati

H = profondità del substrato (valori di *V_S* > 800 m/s)

10. Criteri e modalità di esuzione delle carte tematiche

Il presente studio geologico-tecnico è stato redatto per ottemperare all'art. 23, comma 2, lettera i) della L.R. n°16/04 ovvero: " *Il PUC, in coerenza con le disposizioni del PTR e del PTCP: ... assicura la piena compatibilità delle previsioni in esso contenute rispetto all'assetto geologico e geomorfologico del territorio comunale, così come risultante da apposite indagini di settore preliminari alla redazione del piano*", nonché ai sensi dell'art.23, comma 9 " *Fanno parte del PUC i piani di settore riguardanti il territorio comunale, ivi inclusi i piani riguardanti le aree naturali protette e i piani relativi alla prevenzione dei rischi derivanti da calamità naturali e ...*".

In particolare l'analisi geologico-tecnica di cui al presente lavoro professionale ottempera alla Delibera di Giunta Regionale n°214 del 24/05/2011 dell'Area Generale di Coordinamento n°16 – Governo del Territorio, Tutela Beni, Paesistico – Ambientali e Culturali – REGOLAMENTO DI ATTUAZIONE PER IL GOVERNO DEL TERRITORIO – pubblicato sul BURC n°53 del 08 agosto 2011.

Al fine di ottemperare alle indicazioni di cui sopra lo studio in parola deve tenere in debito conto di una serie di normative nazionali prima e regionali poi.

Per quanto riguarda la normativa nazionale ci si deve riferire alle Norme Tecniche per le Costruzioni approvate con Decreto Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti il 17 gennaio 2018 e pubblicate sul Supplemento Ordinario della Gazzetta Ufficiale n°42 del 20 febbraio 2018.

In particolare ci si riferisce al paragrafo 6.12. – Fattibilità di opere su grandi aree, ove le stesse Norme recitano: "Le presenti norme definiscono i criteri di carattere geologico e geotecnico da adottare nell'elaborazione di piani urbanistici e nel progetto di insiemi di manufatti e interventi che interessano ampie superfici,..."

La normativa regionale di riferimento, invece, in materia di prevenzione dal rischio sismico, ha attualmente il proprio fulcro nella Legge Regionale n°9 del 7 gennaio 1983 e ss.mm.ii. – *“Norme per l’esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico”* – pubblicata sul BURC n°8 del 26 gennaio 1983 ancora pienamente in vigore, almeno per quanto riguarda gli studi geologici allegati alle pianificazioni comunali ed attuative.

In particolare, per gli obiettivi dell’incarico in oggetto, le disposizioni normative devono far riferimento al Titolo II, artt. 11, 12 e 15 della Legge Regionale n°9/83, ovvero alle modalità di formazione, revisione ed adeguamento degli strumenti urbanistici generali e loro varianti; i medesimi articoli stabiliscono il contenuto degli elaborati geologici allegati alla pianificazione urbanistica.

A tal proposito è opportuno ricordare che, dopo i fatti luttuosi di San Giuliano di Puglia del 31/10/2002, la Regione Campania, in virtù delle deleghe in materia, ha legiferato, emanando una nuova classificazione sismica regionale, confermando al territorio comunale di Ercolano la Seconda Categoria Sismica.

Pertanto rimanendo nell’ambito della L.R. 9/83, tuttora vigente per la parte urbanistica, si citano i dettami normativi di Ns. interesse.

L’articolo 11 – Strumenti urbanistici generali – stabilisce al comma 1, che prima della formazione, revisione ed adeguamento degli strumenti urbanistici generali e loro varianti, ogni Comune della Regione Campania dichiarato sismico o ammesso a consolidamento, è tenuto a predisporre indagini geologico geognostiche, ai fini della prevenzione del rischio.

I risultati delle indagini, prescritte dal presente articolo, ai sensi del secondo comma del medesimo, devono reperire dati per la compilazione delle seguenti carte:

- *Carta geolitologica;*
- *Carta della stabilità;*
- *Carta idrogeologica;*
- *Carta della zonazione del territorio in prospettiva sismica.*

Il terzo ed ultimo comma, sempre dell’art.11, prescrive che la base cartografica, delle carte elaborate, deve essere in scala 1:5.000 o maggiorata in base ad esigenze particolari (come per il lavoro in parola) ed inoltre prescrive che le previsioni urbanistiche degli strumenti generali non possono prescindere dai risultati delle suddette indagini.

L’articolo 12 – Contenuti delle carte – detta le direttive prescrittive per la compilazione della relazione generale illustrativa e dei suoi allegati costituiti dalla Carta geolitologica, dalla Carta della stabilità, dalla Carta idrogeologica e dalla Carta della Zonazione del territorio comunale in prospettiva sismica.

La relazione illustrativa e le carte, compilate dal geologo, sono propedeutiche alla redazione del progetto dello strumento urbanistico e una volta compilate vanno consegnate al progettista incaricato, il quale

non può assolutamente prescindere dalle risultanze delle indagini trascritte nella relazione generale e nelle carte.

In merito poi alla carta della zonazione del territorio in prospettiva sismica, con Delibera di Giunta Regionale n°118 del 27/05/2013, pubblicata sul BURC n°29 del 03/06/2013 si stabiliva che: "... Le Carte della zonazione del territorio in prospettiva sismica (*art. 12 legge regionale n. 9 del 1983*) dovranno essere redatte come definito negli standard ICMS 2008 (Carta delle MOPS – Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica, livello 1)".

L'art.8. della medesima Delibera cita infatti "Il rilascio di pareri sugli strumenti urbanistici di cui all'art. 15 della legge regionale n. 9 del 1983, e relativi al precedente punto 7., dovrà prevedere la verifica che le Carte della zonazione del territorio in prospettiva sismica (*art. 12 legge regionale 9/1983*) siano state redatte come definito negli standard ICMS 2008 (Carta delle MOPS – Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica, livello 1), con adeguamento della normative tecnica regionale ai criteri generali ICMS 2008 a valenza nazionale;".

L'articolo 15 al comma 1 (L.R. 9/83) stabilisce che le responsabilità per l'osservanza delle norme sismiche relative agli strumenti urbanistici ricadono nei limiti delle rispettive competenze sul geologo e sul progettista.

Le stesse responsabilità ricadono su coloro che concorrono a modificare, in sede di adozione, lo strumento urbanistico.

Il medesimo art. 15, al secondo comma, prevede poi che il parere dell'Organo tecnico consultivo sugli strumenti urbanistici dei comuni dichiarati sismici sostituisce quello di cui al primo comma dell'art.13 della Legge n°64 del 1974.

Tale parere, obbligatorio e vincolante, è richiesto ai fini della verifica di compatibilità delle previsioni degli strumenti urbanistici generali e particolareggiati, e loro varianti, con le condizioni geomorfologiche del territorio.

La mancanza del parere sismico rende illegittimo lo strumento urbanistico.

In virtù della normativa nazionale, prima, e regionale dopo, il Comune di Ercolano si è dotato del presente studio geologico – tecnico inteso come strumento propedeutico alla revisione di tutta la pianificazione territoriale di propria competenza.

Per quanto riguarda la normativa regionale è opportuno ricordare che la redazione del presente studio tiene conto delle indicazioni previste dalla L.R. n°16 del 22 dicembre 2004 – Norme sul governo del territorio – ed, in particolare, alle disposizioni fissate per la redazione del piano urbanistico comunale, inerenti l'analisi degli aspetti ambientali in generale, nonché dell'assetto geologico e geomorfologico del territorio comunale, ottemperando, così all'intero impalcato normativo di riferimento.

Infine, viste le condizioni morfologiche ed idrauliche del territorio comunale di Ercolano, il presente lavoro affronta anche gli aspetti legati al

rischio idrogeologico ed alla stabilità del territorio, ottemperando in tal modo, come già specificato in premessa, alle Norme di Attuazione del P.S.A.I. della ex AdB Regionale della Campania Centrale, adottato dal Comitato Istituzionale con Delibera n.1 del 23/02/2015, e pubblicato sul B.U.R.C. n.20 del 23/03/2015 e da tale data vigente.

Ad oggi l'ex A.d.B. della Campania Centrale è stata accorpata, come già specificato in premessa, all'interno del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale che è l'Ente pianificatore che ha competenza in materia di difesa suolo su tutto il territorio di Ercolano.

L'esame degli aspetti legati al rischio idrogeologico, quindi, completa l'analisi prevista dalla stessa L.R. n°16/04 e ss.mm.ii.

10a Cartografia tematica

Gli elaborati cartografici, allegati al presente studio geologico-tecnico, costituiscono la sintesi delle elaborazioni e delle considerazioni scaturite durante la successione delle fasi lavorative ed hanno avuto come obiettivo quello di rendere esplicite le approfondite analisi eseguite sul territorio comunale.

Sono state quindi prodotte e/o rielaborate le seguenti carte tematiche:

- T01 – Carta geolitologica in scala 1:7000;
- T02 – Carta delle coperture 1: 6.000;
- T03 – Carta delle pendenze in scala 1:7.000;
- T04 – Carta geomorfologica 1:7.000;
- T04A – Carta della stabilità in scala 1:7.000;
- T04B – Carta delle aree instabili in scala 1:7.000;
- T05 – Carta delle perimetrazioni in scala 1:7.000;
- T05A – Carta della pericolosità frane in scala 1:5.000;
- T05B – Carta del rischio da frana in scala 1:5.000;
- T05C – Carta della pericolosità idraulica in scala 1:5.000;
- T05D – Carta del rischio idraulico in scala 1:5.000;
- T05E – Carta del rischio della fascia costiera 1:5.000;
- T05F – Carta della pericolosità della fascia costiera in scala 1:5.000;
- T05G – Carta dei fenomeni di inondazione da mareggiata in scala 1:5.000;
- T06 – Carta idrogeologica in scala 1:7.000;
- T06A – Carta isofreatiche di piena in scala 1:6.000;
- T06B – Carta isofreatiche di magra in scala 1:6.000;
- T06C – Carta isofreatiche falda episuperficiale località Pugliano, in scala 1:5.000;
- T07 – Carta accelerazioni sismiche in scala 1:7.000;
- T08 – Carta zonazione 1:7.000;;
- T09 – Carta ubicazione indagini P.U.C., in scala 1:7.000;
- T10A – Carta sezioni P.U.C., in scala 1:7.000;

- T10B – Carta sezioni P.U.C., in scala 1:7.000;
- T11 – Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (M.O.P.S.), in scala 1:5.000.

Fanno parte della seguente relazione anche gli allegati di seguito elencati:

- **Allegato 1** – Elenco sondaggi geognostici, prove penetrometriche (S.P.T. e D.P.S.H.), analisi e prove di laboratorio, prospezioni sismiche (Down-hole, M.A.S.W. e H.V.S.R.), effettuati dallo scrivente;
- **Allegato 2**: N. 9 Prove penetrometriche CPT riportate nell'ambito dello "Studio geologico-tecnico in prospettiva sismica del territorio comunale L.R. 09/83, redatto dal Prof. G. Rolandi–Febbraio 2004, estratti dalla *Relazione geomorfologica sulla natura dei terreni del territorio di Ercolano (Na), con relativa mappa, redatta dal dott. geol. A. Velotti - Aprile 1982*;
- **Allegato 3**: sondaggi, prove penetrometriche e prove sismiche del tipo Down-hole eseguiti nell'ambito dello "*Studio geologico del territorio comunale ai fini dell'adozione del P.U.C., redatto dal dott. geol. R. Guarino nel 2011*";
- **Allegato 4**: Indagine geofisica mediante l'esecuzione di n° 10 profili sismici tipo M.A.S.W. eseguiti nello studio sopra menzionato;
- **Allegato 5**: Schede punti di crisi;
- **Allegato 6**: Relazione sulla modellazione sismica del sito mediante l'effettuazione di n° 7 indagini di sismica passiva a stazione singola H.V.S.R., redatta dalla GEOSEVI s.a.s. di Fisciano (Sa).

Si evidenzia, infine, che la carte tematiche fornite dall'Amm.ne Comunale e realizzate per la "*Studio geologico del territorio comunale ai fini dell'adozione del P.U.C., redatto dal dott. geol. R. Guarino nel 2011*", di seguito riportate:

- T01 – *Carta geolitologica in scala 1: 7.000;*
- T03 – *Carta delle pendenze in scala 1:7.000;*
- T04 – *Carta geomorfologica 1:7.000;*
- T04A – *Carta della stabilità in scala 1:7.000;*
- T04B – *Carta delle aree instabili in scala 1:7.000;*
- T05 – *Carta delle perimetrazioni in scala 1:7.000;*
- T06 – *Carta idrogeologica in scala 1:7.000;*
- T07 – *Carta accelerazioni sismiche in scala 1:7.000;*
- T08 – *Carta zonazione in scala 1:7.000;*
- T09 – *Carta ubicazione indagini P.U.C., in scala 1:7.000;*
- T10A – *Carta sezioni P.U.C., in scala 1:7.000;*
- T10B – *Carta sezioni P.U.C., in scala 1:7.000;*

sono state allegate al presente lavoro costituendone parte integrante, in quanto condivise dallo scrivente sia per le modalità d'esecuzione sia per i contenuti.

Tali elaborati cartografici sono stati redatti in ambiente G.I.S. (Geographical Information System) integrando i risultati delle indagini di campagna con rilievi originali di superficie e con i vari tematismi già predisposti da tutti quegli enti pubblici e privati operanti sul territorio nel settore delle analisi geo-morfologiche e sismiche.

Le successive elaborazioni sono state svolte utilizzando i moduli e gli algoritmi propri del sistema G.I.S. limitando l'intervento soggettivo del progettista geologo alla definizione della metodologia di analisi ed ai "pesi" da attribuire alle varie classi tematiche individuate.

E' stata così ottenuta una zonazione "oggettiva" del territorio di Ercolano, che può essere intesa come la base per i successivi sviluppi del Piano Urbanistico Comunale in funzione del grado di compatibilità tra quest'ultimo e le condizioni geomorfologiche e sismiche del territorio (art. 89 del D.P.R. 380/2001).

Si osserva che la maggior parte degli studi urbanistici e dei rilievi aereofotogrammetrici eseguiti in Regione Campania negli ultimi anni sono stati quasi tutti redatti in ambiente CAD con la restituzione degli elaborati in format DWG o DXF.

Le carte di rappresentazione geografica così prodotte non sono corredate da alcun database riportante le caratteristiche (attributi) dei singoli elementi rappresentati.

Questo fa sì che tali elaborati sono tra loro sovrapponibili solo da un punto di vista grafico ma non permettono una interrelazione con la creazione in automatico di carte di sintesi.

Nello studio in esame il dott. Geol. R.Guarino, ha ritenuto utile fornire un contributo basato principalmente sull'enorme potenzialità di analisi dei sistemi GIS.

In particolare ha realizzato un database geografico all'interno del quale sono contenute le principali informazioni a carattere geologico-territoriale riguardanti il Comune di Ercolano.

A seconda dell'obiettivo di analisi alcuni elaborati (shapefiles) sono stati posti in relazione tra loro e tramite moduli di "mapcalculator" e/o "mapoverlay" (progettati sulla base di precisi procedimenti logico-matematici), sono state create le carte di sintesi e quindi di microzonazione previste dalla normativa vigente.

10b Descrizione dei tematismi analizzati

Utilizzando la base topografica in scala 1:5.000 fornita dall'Amministrazione Comunale in formato D.W.G., il sopra citato dott. Geol. R. Guarino ha proceduto, poi, a trasferire tutte le informazioni in essa contenute in ambiente G.I.S.

Con una funzione di "geoprocessing" sulle isoipse ha realizzato un Modello Digitale del Terreno con un dettaglio pari a 5 metri [DTM 5] da cui è stata estratta la Carta delle Pendenze (Tavola 03);

Sono state successivamente redatte le seguenti carte tematiche di base in formato SHP (shapefiles) in scala 1:7.000

- Carta geolitologica (Tavola 01) con sezioni stratigrafiche schematiche (Tavola 10A e 10B);
- Carta geomorfologica – Tavola 04;
- Carta delle perimetrazioni in ambito PAI e PRAE (Piano Regionale Attività Estrattive) – Tavola 05;
- Carta idrogeologica (Tavola 06);
- Carta dell'ubicazione delle indagini (Tavola 09)

A seguito di un lavoro di riclassificazione della carta geolitologica (*effettuata sulla base dei risultati delle indagini sismiche e dei rapporti stratigrafici intercorrenti tra le varie formazioni*) e della carta clivometrica, il territorio comunale è stato suddiviso secondo le diverse categorie di suolo e topografiche previste dalla normativa vigente.

Tramite l'utilizzo della funzione di "mapcalculator" il valore dell'accelerazione sismica di base è stato automaticamente moltiplicato per i coefficienti di amplificazione previsti dalle N.T.C. per le varie categorie stratigrafiche e topografiche ottenendo così il seguente elaborato:

- Carta della suscettibilità all'amplificazione del segnale sismico (Tavola 07);

Per la pericolosità geomorfologica-Carta della stabilità e della caratterizzazione geologico-tecnica (Tavola 04A), l'elaborato sopra indicato è stato redatto a seguito di un lavoro di analisi dei risultati di tutte le indagini geotecniche in situ ed in laboratorio relative ai terreni affioranti nel territorio comunale. Per ogni litotipo sono stati definiti i parametri geotecnici caratteristici.

Da un confronto tra tali valori e le classi di pendenza individuate sul territorio si è proceduto ad una zonazione delle aree a diverso grado di stabilità in funzione della tipologia di dissesto atteso.

Da una riclassificazione della carta della stabilità è stato prodotto il seguente elaborato di sintesi definito:

- Carta delle aree instabili (Tavola 04B).

Il presente elaborato, Carta Zonazione (Tavola 08) rappresenta, infine, una sintesi ragionata di tutte le perimetrazioni e classificazione riportate negli allegati precedenti.

Il territorio comunale di Ercolano è stato suddiviso in aree omogenee in funzione della:

- *Clivometria;*
- *Litologia;*
- *Morfologia;*
- *parametri geotecnici;*
- *idrogeologia;*
- *risposta sismica di sito;*
- *criticità caratteristiche.*

Nei successivi sotto paragrafi si esplicitano le metodologie di elaborazione delle singole carte, nonché le considerazioni che scaturiscono dalla loro lettura.

Carta geolitologica (Tavola 01) con sezioni stratigrafiche schematiche (Tavola 10A e 10B).

Gli elaborati permettono una visione delle litologie affioranti sull'intero territorio comunale esaminato.

La carta geolitologica è stata realizzata in primis tenendo conto sia della copiosa bibliografia geologica ufficiale (*in particolare le informazioni desunte dalle carte geologiche del Progetto C.A.R.G. in scala 1:10.000*), sia degli studi condotti a termine dall'Amm.ne Comunale per l'adeguamento del P.R.G. e del P.U.C. attraverso i dati ricavati dai numerosi sondaggi geognostici la cui ubicazione è riportata nelle Tavole 09 (*Carta ubicazione indagini pregresse*), Tavola 09A (*Carta ubicazione indagini P.U.C.*).

Nella carta in esame sono delimitate le aree di affioramento delle varie formazioni geologiche la cui origine è stata esposta nel paragrafo 5, nei suoi caratteri generali.

Come detto in precedenza il territorio comunale mostra acclività che, in linea generale, vanno decrescendo procedendo da oriente verso occidente. Il nucleo urbanizzato è concentrato in particolare nell'area pedemontana ed in quella sub-pianeggiante prospiciente la costa.

Qui affiorano, in prevalenza, le formazioni precedenti la c.d. "attività recente (1631-1944)" mentre il settore orientale risulta caratterizzato dalla maggiore presenza di prodotti lavici e piroclastici depositatisi successivamente al 1631.

In estrema sintesi è possibile affermare che nella fascia maggiormente antropizzata affiorano vulcaniti prodotte dagli eventi a più alta magnitudo (*pliniani e subpliniani*), mentre i depositi tipicamente stromboliani risultano limitati alle aree più prossimali al centro eruttivo.

La formazione più antica affiorante nella fascia urbana è costituita dalle "PPM - Piroclastiti di Pompei". Trattasi di depositi di caduta e di flusso.

I primi (*caduta*), sedimentatisi in fase di colonna eruttiva sostenuta, presentano alla base della formazione livelli di cenere seguiti da depositi di lapilli pomice inizialmente bianchi (con inclusi litici di natura lavica) che divengono grigi a met della successione (con litici di natura carbonatica).

La granulometria è generalmente inversa con la frazione grossolana che prevale verso l'alto.



Fig. 46

I secondi (*flusso*) derivano dalla messa in posto dei numerosi flussi piroclastici che invasero e ricoprirono totalmente il territorio di Ercolano a seguito dei numerosi collassi della colonna eruttiva nelle fasi finali del fenomeno del 79 d.C. (Fig. 47). Come è noto i flussi piroclastici sono miscele di piroclastiti e gas, molto dense ed in parte fluidizzate, cioè i granuli meno pesanti sono sostenuti nella miscela grazie al movimento dei gas verso l'esterno. Questi flussi piroclastici scendono dal vulcano scorrendo nelle incisioni, aggirando gli eventuali ostacoli morfologici e scavalcando rilievi non troppo alti. I loro depositi risultano di conseguenza più spessi nelle depressioni, che tendono a riempire, e sono quasi del tutto assenti sui pendii ripidi della struttura vulcanica.

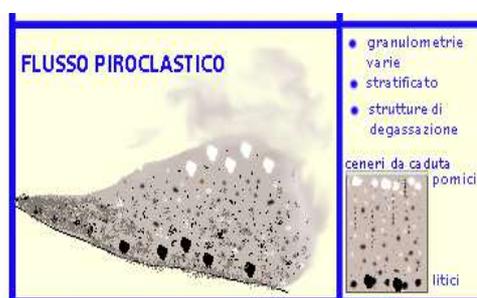


Fig. 47

Da un punto di vista stratigrafico si rileva che durante il trasporto, i piroclasti più grossi e più densi cadono verso il fondo, mentre le pomice leggere tendono a galleggiare nella parte superiore del flusso, pertanto nei depositi da flusso si trovano spesso litici a gradazione diretta alla base e pomice a gradazione inversa nella parte alta. Lo spessore di questi prodotti aumenta via via da monte verso valle.

Le caratteristiche geotecniche sono quelle di un deposito mediamente addensato costituito prevalentemente da sabbia con subordinate frazioni limose e ghiaiose. A luoghi all'interno dei depositi da flusso si rinvengono livelli tufacei.

Nelle fasi finali dei fenomeni eruttivi del 79 d.C. ci furono episodi di "surge" in conseguenza dell'interazione fra il magma in risalita con i relativi vapori e le acque sotterranee.

Come di seguito osservato tale fenomenologia ha caratterizzato quasi tutta l'attività eruttiva del 1500 a.C. (Piroclastiti di Avellino).

Nella figura 48 seguente si riporta una ricostruzione grafica di uno di questi episodi (*surge*) ritenuta responsabile delle vittime ritrovate presso la costa di Ercolano.

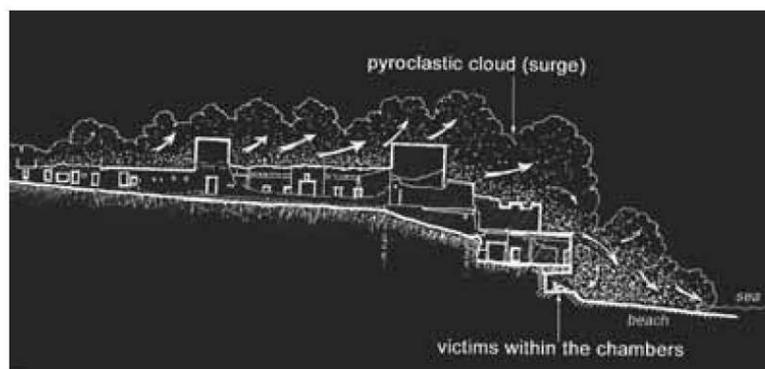


Fig. 48: G. Mastrolorenzo, L. Pappalardo, I. Ricciardi, P.P. Petrone "ACTIVE VOLCANISM AND RELATED EVENTS IN CAMPANIA: PRIMARY AND SECONDARY EFFECTS OF EXPLOSIVE VOLCANIC ERUPTIONS ON THE ENVIRONMENT AND PEOPLE" - 32nd INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, Florence - Italy August 20-28, 2004 Post-Congress P67

Termini piroclastici ancora più antichi "PAV - *Piroclastiti di Avellino (1500 a.C.)*", come già accennato in precedenza, affiorano in prevalenza in un settore limitato in Località Novelle (*versante occidentale della Collina del Salvatore*) ove sono stati riportati alla luce da fenomeni erosionali e da attività estrattive (Fig. 49).

Rispetto alle Piroclastiti di Pompei quelle di Avellino presentano una granulometria più francamente cineritica ed un minor grado di addensamento a causa della diversa fenomenologia di messa in posto. E' scientificamente riconosciuto infatti, che nell'area in esame il flusso relativo alla c.d. "eruzione di Avellino" presentava un volume dei gas maggiore di quello dei piroclasti solidi (base surge).

In questi casi il movimento dei gas tra le particelle, non essendo ostacolato da un'alta concentrazione, segue dei vortici turbolenti che espandono la nube eruttiva. I surge, essendo costituiti prevalentemente da gas, non sono in grado di mantenere in sospensione piroclasti di grosse dimensioni e, di conseguenza, i depositi sono formati essenzialmente da prodotti a granulometria fine e presenza di strutture sedimentarie.

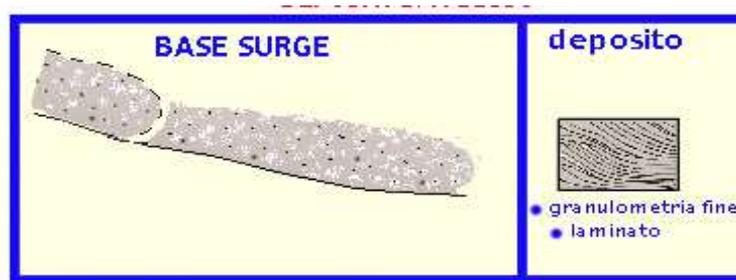


Fig. 49

Nel settore in esame affiorano banchi cineritici e pomicei a stratificazione incrociata con strutture uniformi con lunghezza d'onda anche di decine di metri.

Sempre nella fascia sub-pianeggiante e pedemontana del territorio comunale, al di sopra delle Piroclastiti di Pompei, si rileva la presenza di alcune diramazioni di un'imponente formazione lavica [LVI_I Lave di Villa Inglese (512 d.C.).

E' molto probabile che in questo lungo periodo di eruzioni moderate, essenzialmente effusive, susseguitesesi fino al 1631, si è formato il nuovo edificio all'interno della caldera.

I sondaggi geognostici hanno dimostrato che, ove presenti, le Lave di Villa Inglese ricoprono la formazione delle Piroclastiti di Pompei con spessori dell'ordine di decine di metri.

A partire dal 1631 si origina, questa volta dal Cono Vesuviano, una nuova attività esplosiva sub-pliniana che determina un ulteriore ricoprimento del territorio comunale con flussi piroclastici i cui depositi sono cartografati con il termine di (PMX - Piroclastiti del 1631).

Trattasi di depositi di caduta e di flusso.

I primi sono costituiti prevalentemente da scorie vescicolate e si trovano alla base della formazione; nei secondi prevale una matrice sabbioso-cineritica con all'interno blocchi lavici e lapilli pomicei.

Il settore montano (orientale) del territorio del Comune di Ercolano è caratterizzato da un substrato essenzialmente litoide a causa anche dei valori di acclività presenti, mediamente più elevati, che impongono condizioni non favorevoli alla deposizione di vulcaniti incoerenti geomorfologicamente stabili. Tale substrato è il risultato litologico dell'attività recente del Somma-Vesuvio che, come detto, dal 1631 al 1944, entra in una fase di attività persistente stromboliana, a condotto aperto, con una fenomenologia prevalentemente effusiva intercalata da subordinati episodi esplosivi. Negli schemi descritti nelle Tavole 10A e 10B sono mostrati (*sulla base dei risultati dei sondaggi geognostici*) i rapporti stratigrafici intercorrenti tra le varie formazioni sopra citate. Le tracce di sezione sono riportate nella carta geologica. Di seguito tali rapporti stratigrafici sono schematicamente rappresentati (Fig. 50 - 50a - 51 - 52):

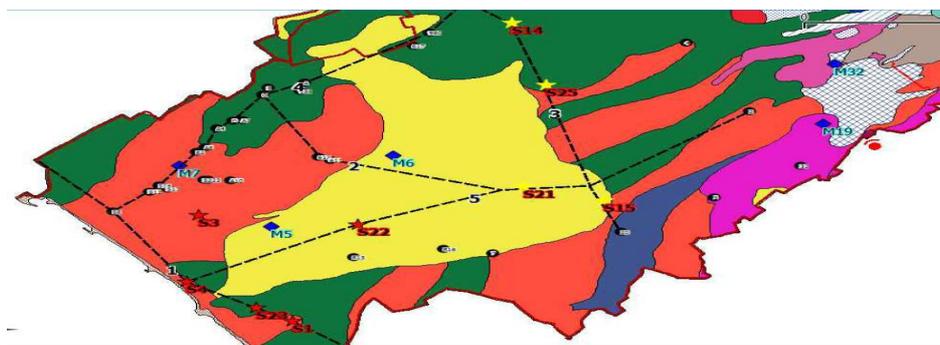


Fig. 50

FASCIA COSTIERA (Sondaggi S1, S23, S4 ed S3)

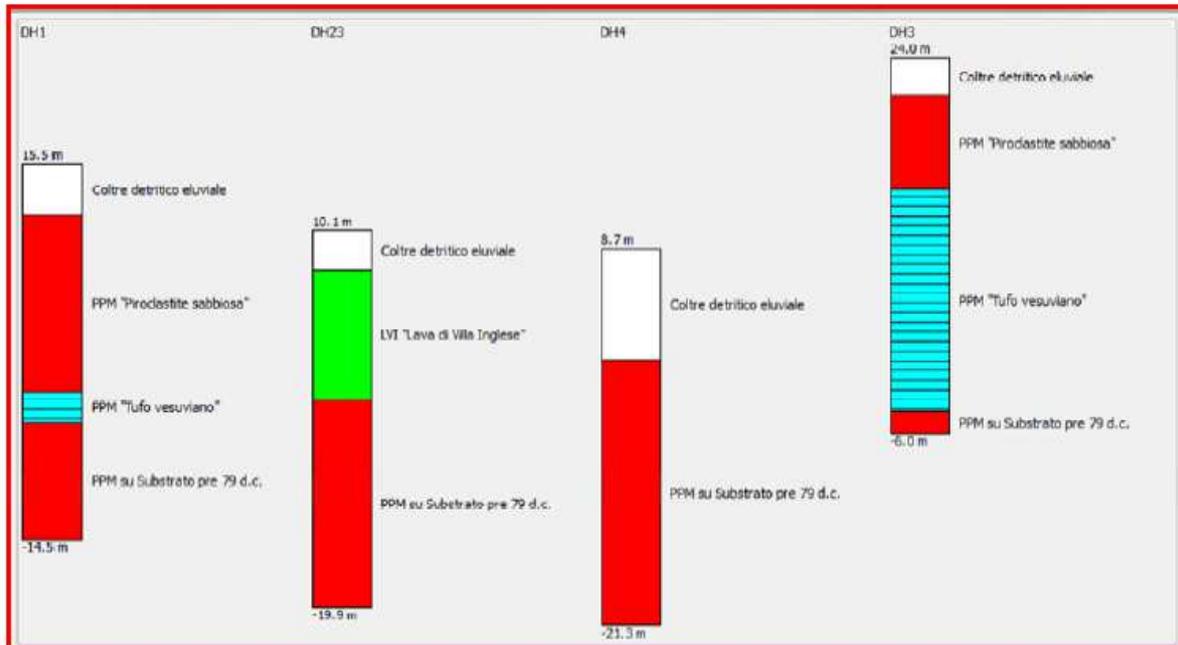


Fig. 50a

SEZIONE VALLE-MONTE (S14, S22, S21, S15)

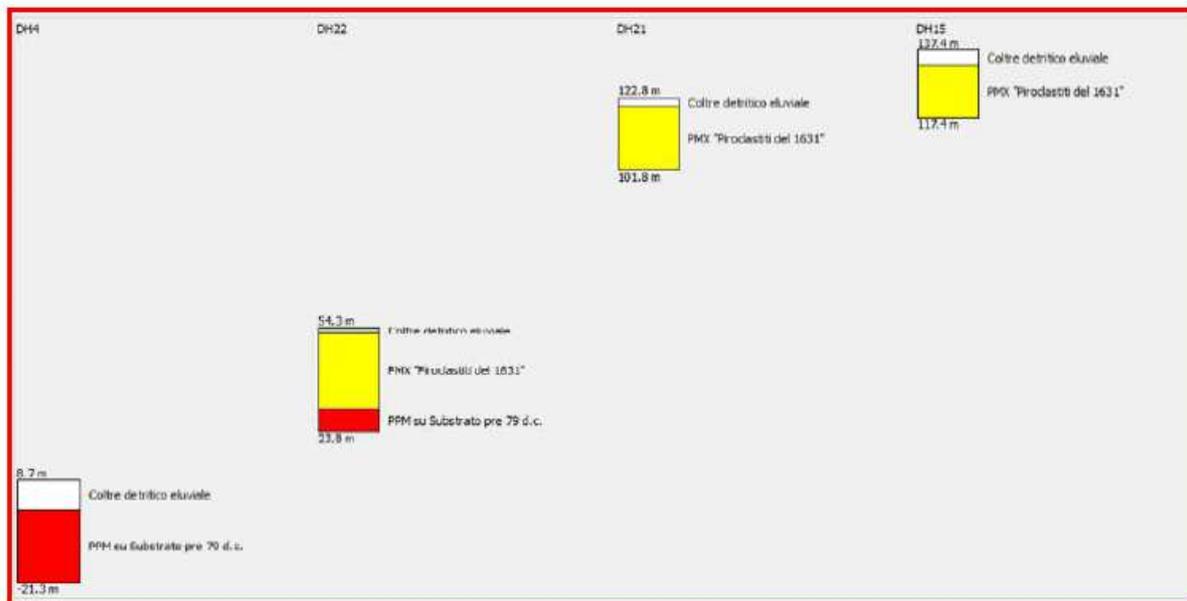


Fig. 51

SETTORE PEDEMONTANO (S15, S21, S25 ed S14)

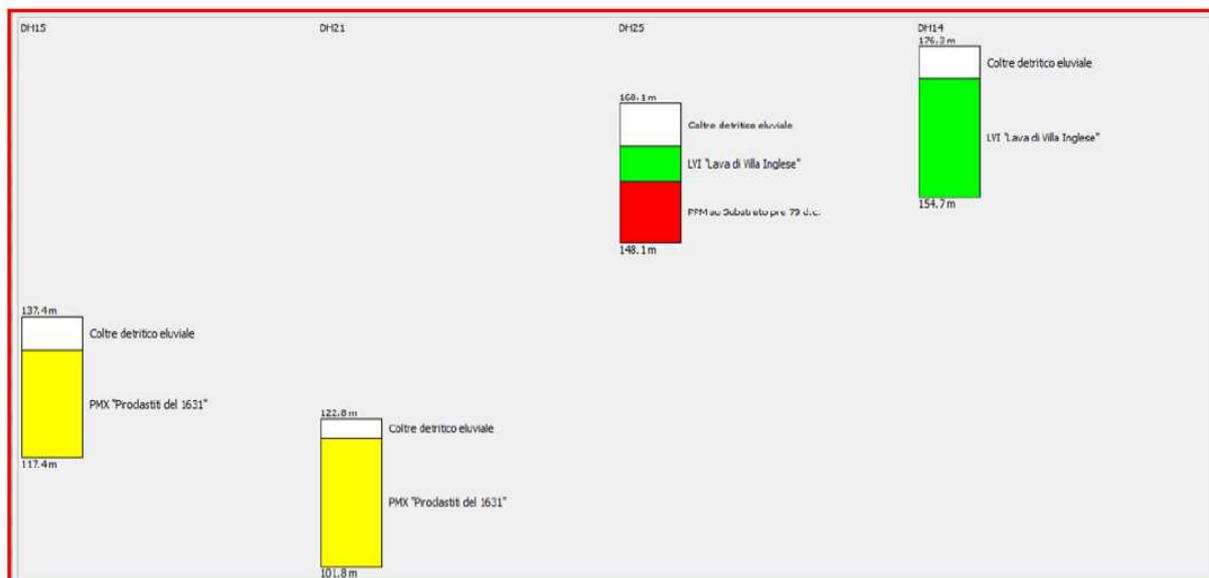


Fig. 52

Carta delle coperture (Tavola 02).

Per la Carta delle Coperture la procedura adottata si è basata sulla verifica e controlli di campagna.

La tipologia ed il cinematisimo dei dissesti verificatisi nel territorio, oltre ad essere strettamente collegati alle differenti litologie che caratterizzano i terreni delle formazioni geologiche del substrato, sono anche controllate dai terreni che costituiscono le coperture, di spessori talora anche significativi (*variabile dai 2 ai 5 metri*).

Pertanto, data l'importanza di tale fattore predisponente al dissesto, si è ritenuto fondamentale allegare la carta delle coperture, con la finalità di evidenziare, oltre le caratteristiche litologiche anche il loro comportamento litotecnico d'insieme, nonché la loro diffusione areale, con indicazione degli spessori ove noti, ricavando tale dato, come precedentemente riportato, da osservazioni di campagna, da dati riferiti ad indagini dirette (*sondaggi geognostici a carotaggio continuo, prove penetrometriche dinamiche pesanti e leggere ecc.*) e foto interpretazioni utilizzate, ove necessario, anche per la valutazione dei volumi mobilizzabili in quota.

Seppure la banca dati del Progetto I.F.F.I. (*Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia*), limitatamente al territorio comunale di Ercolano, evidenzia solo la presenza di "Aree soggette a frane superficiali diffuse" la cui localizzazione è riportata nella Tavola 05 (*le principali forme erosionali rilevate sono connesse al deflusso superficiale delle acque che in presenza di affioramenti piroclastici a maggiore pendenza determinano aree di incisione lineare con solchi in approfondimento*), lo spessore delle coltri piroclastiche che presentano pendenze al limite dell'equilibrio, a tetto dei

banchi lavici vesuviani, assume particolare importanza poiché rappresenta uno dei fattori predisponenti per l'innescio di fenomeni franosi (*scorrimenti rotazionali*) in occasioni di piogge intense di breve durata e/o eventi sismici di media magnitudo, che seppur coinvolgendo modesti volumi di terreno hanno interessato, anche nel recente passato (*favoriti dagli incendi del 2017*) strade come *Via Vesuvio* e *Via Osservatorio*, costituendo pericolo per la pubblica e private incolumità.

E' da aggiungere, inoltre, che la conoscenza degli spessori delle coltri piroclastiche, fornisce preliminarmente indicazioni dal punto di vista progettuale ai tecnici incaricati per la scelta delle strutture fondali delle opere da consolidare e/o costruire quando le caratteristiche delle coltri stesse, in termini di resistenza e rigidezza, non siano compatibili con le caratteristiche delle strutture in elevazione, indirizzandoli verso l'adozione di fondazioni indirette.

Carta delle pendenze (Tavola 03).

Come già anticipato la base topografica fornita dall'U.T.C. di Ercolano è stata sottoposta ad elaborazioni in ambiente G.I.S. con la conseguente creazione del Modello Digitale del Terreno con un dettaglio di 5 metri.

Nella Tavola 03 si riporta la Carta delle pendenze con una suddivisione del territorio in sei classi come di seguito descritte:

- Classe 0: minore o uguale a 5°*
- Classe 1: tra 6° e 15°*
- Classe 2: tra 16° e 30°*
- Classe 3: tra 31° e 45°*
- Classe 4: tra 46° e 60°*
- Classe 5: oltre 60°*

Al fine di rendere la carta più leggibile e per meglio far rilevare l'andamento morfologico si è preferito individuare le aree a diversa clivometria contraddistinguendo le relative isoipse con diversi colori.

La zona di valle in cui non sono disegnate le curve di livello ricade nella classe 0 (5°).

Analizzando la distribuzione sul territorio delle sei classi di pendenza sopra individuate si nota che il territorio comunale di Ercolano presenta nel complesso bassi valori di inclinazione dei versanti.

Come sinteticamente riassunto in Tabella 15 le classi più ampie sono la 0 (5°) e la 1 (tra 6° e 15°) con valori percentuali rispettivamente del 46,53% e del 32,09%.

Category Information		square	%
#	description	meters	cover
0	minore di 5 gradi.	9,502,618	46.53
1	tra 6 e 15 gradi	6,554,632	32.09
2	tra 16 e 30 gradi.	3,226,558	15.80
3	tra 31 e 45 gradi.	851,702	4.17
4	tra 46 e 60 gradi.	167,063	0.82
5	oltre 60	121,101	0.59
TOTAL		20,423,674	100.00

RASTER MAP CATEGORY REPORT			
LOCATION:	ERCOLANO	Mon	
north:	4522269.1428887	east:	2474673.36424628
REGION south:	4514135.52114543	west:	2463553.75073689
res:	19.98432861	res:	19.99930487
MASK:litologia_GR@PUC in PUC, categories 2-146			
MAP: Reclass of pendenze3_GR@PUC in PUC (p3_reclass_GR@PUC in PUC)			

Tabella 15

Da quanto sopra è possibile affermare, in estrema sintesi, che il territorio comunale di Ercolano presenta, nel complesso, una bassa suscettibilità ai fenomeni franosi che ovviamente risultano concentrati nelle aree a maggior inclinazione dei versanti.

Nella fascia costiera si individua la presenza di tagli sub-verticali di altezza sempre minore di 5 metri e forme morfologiche connesse a variazioni delle quote delle aste fluviali in funzione delle mutazioni del livello del mare. In particolare, in corrispondenza dell'asta del collettore idrico principale, attualmente tombato, si rileva una tipica forma di paleo-erosione fluviale.

Carta geomorfologica (Tavola 04).

In questo elaborato sono state riportate le principali forme morfologiche che contraddistinguono il territorio di Ercolano, dando maggiore risalto al sistema idrografico vista la limitata presenza di fenomeni di dissesto da versante verificatisi all'interno del territorio stesso.

Quest'ultimi, come già descritto nei precedenti paragrafi, costituiti da frane da scorrimento-colata, sono presenti in porzioni ben definite del versante vesuviano, mentre le frane da crollo si verificano, invece, in corrispondenza di affioramenti sub verticali di roccia lavica fratturata e sono per lo più fenomeni puntuali e, quindi, di limitata estensione.

La suddetta rete idrografica, infatti, è per la maggior parte rappresentata da alvei naturali (*nella porzione montana del territorio*

comunale) trasformati, con l'avvicinarsi alla fascia pedemontana e costiera, in alvei strada e/o tombati conferendo allo stesso territorio diversi gradi di pericolosità idraulica, come si evince dalle cartografie allegate al presente studio e di cui si è discusso ampiamente nei paragrafi relativi al rischio idrogeologico.

Per quanto attiene le forme prevalentemente vulcaniche invece, le stesse sono rappresentate soprattutto dall'orlo craterico del Vesuvio, dall'orlo calderico dell'antico edificio vulcanico del "Somma", già descritto in precedenza, nonché dai coni di scorie dei centri avventizi che rappresentano piccoli rilievi all'interno del contesto morfologico generale del versante vesuviano.

Lungo la breve linea di costa le forme morfologiche prevalenti sono rappresentate da limitate spiagge sabbioso-ghiaiose talora protette da opere di difesa costiera costituite prevalentemente da barriere composti da massi di roccia lavica.

Tali opere sono state poste sia a ridosso della costa, a protezione della stessa e delle infrastrutture (*rete ferroviaria, strade ed edifici*), sia ad alcune decine di metri nel mare.

Le forme antropiche più significative cartografate sull'elaborato in questione sono rappresentate da ex aree di cava poste, in particolare, nella porzione nordorientale del territorio comunale, utilizzate per l'estrazione di pietra lavica, di pozzolana, nonché di pomici e lapilli con tipo di coltivazione a fossa, nelle aree pianeggianti, e a versante nelle aree di impluvio.

Carta della stabilità (Tavola 04A).

Tenendo in debito riferimento i risultati delle analisi geotecniche la carta della stabilità è stata elaborata graficamente eseguendo in via preliminare una riclassificazione della carta geolitologica e della carta delle pendenze.

Per quanto riguarda il primo tematismo (geolitologia) tutti i litotipi presenti in affioramento sono stati suddivisi in due categorie: LAVE e PIROCLASTITI (includendo in quest'ultima classe anche tutte quelle formazioni granulari, non coesive quali i depositi di spiaggia, ecc.).

Come mostrato in Tabella 15 alle LAVE (presenti in affioramento sul territorio con una percentuale del 45.36%) è stato attribuito un valore di categoria pari a 10; ai restanti litotipi (54.64%) è stato assegnato un valore di categoria uguale a 20.

```

-----
|                                     RASTER MAP CATEGORY REPORT
| LOCATION: ERCOLANO
|-----
| north: 4521710.16842948      east: 2473000.55371911
| REGION south: 4515506.59915554 west: 2463599.5500617
| res:      4.99884712      res:      5.00053386
|-----
| MASK: litologia_GR@PUC_2 in PUC_2, categories 2-146
|-----
| MAP: Reclass of lito_dissolve_GR@PUC_2 in PUC_2 (litoXstab_GR@PUC_2 in PUC_2)
|-----
| Category Information
| #|description                                     | square| %
|   |                                     | meters| cover|
|-----
| 10|Aree di affioramento di terreni litoidi _ LAVE . . . . .| 9,256,179| 45.36|
| 20|Aree di affioramento di terreni incoerenti _ . . . . .|11,149,369| 54.64|
|   |PIROCLASTITI, DEPOSITI ALLUVIONALI, DETRITI DI VERSANTE,|         |      |
|   |ETC.                                             |         |      |
|-----
| TOTAL                                     |120,405,548|100.00|
|-----

```

Tabella 15

La carta delle pendenze è stata suddivisa in 3 classi come di seguito descritte:

- *Categoria 1: minore di 30°*
- *Categoria 2: tra 30° e 60°*
- *Categoria 3: maggiore di 60°*

Come mostrato in Tabella 16 la categoria 1 (minore di 30°) è risultata decisamente prevalente sul territorio con una percentuale pari al 93.89%

```

-----
|                                     RASTER MAP CATEGORY REPORT
| LOCATION: ERCOLANO
|-----
| north: 4521710.16842948      east: 2473000.55371911
| REGION south: 4515506.59915554 west: 2463599.5500617
| res:      4.99884712      res:      5.00053386
|-----
| MASK: litologia_GR@PUC_2 in PUC_2, categories 2-146
|-----
| MAP: Reclass of pendenze_GR@PUC_2 in PUC_2 (pendenzeXstab_GR@PUC_2 in PUC_2)
|-----
| Category Information
| #|description                                     | square| %
|   |                                     | meters| cover|
|-----
| 1|minore di 30 gradi . . . . .|19,191,973| 93.89|
| 2|tra 31 e 60 gradi. . . . .| 1,109,663|  5.43|
| 3|oltre 60 . . . . .| 139,833|  0.68|
|-----
| TOTAL                                     |20,441,468|100.00|
|-----
|                                     RASTER MAP CATEGORY REPORT
| LOCATION: ERCOLANO
|-----
| north: 4521710.16842948      east: 2473000.55371911
| REGION south: 4515506.59915554 west: 2463599.5500617
| res:      4.99884712      res:      5.00053386
|-----
| MASK: litologia_GR@PUC_2 in PUC_2, categories 2-146
|-----
| MAP: Reclass of pendenze_GR@PUC_2 in PUC_2 (pendenzeXstab_GR@PUC_2 in PUC_2)
|-----

```

Tabella 16

I limiti delle classi di pendenza sopra definiti scaturiscono dalla considerazione che i valori di inclinazione di 30° e 60° gradi possono ragionevolmente essere considerati come i valori oltre i quali si determina un sensibile scadimento delle condizioni di equilibrio per un pendio rispettivamente costituito da piroclastiti (*oltre il limite di 30° probabili*

fenomeni di scivolamenti gravitativi) e da lave (oltre 60° maggiore suscettibilità a fenomeni di crolli, rotolii e ribaltamenti).

Utilizzando il modulo mapcalculator del software QGis le due carte sono state poste in relazione tra loro sommando i rispettivi valori di categoria.

E' stata così ottenuta una carta risultante con una nuova perimetrazione costituita da areali aventi i seguenti valori di categoria: 1_1, 1_2, 1_3, 2_1, 2_2 e 2_3.

Per ogni areale il primo indice indica il litotipo in affioramento mentre il secondo ne indica la relativa classe di pendenza. E' stata quindi redatta la seguente zonazione del territorio comunale di Ercolano:

Categoria 1_1: AREA STABILE (affioramento di lave con pendenze minori di 30°);

Categoria 1_2: AREA MEDIAMENTE STABILE per fenomeni di crollo e/o ribaltamento (lave con pendenze comprese tra 30° e 60°);

Categoria 1_3: AREA A BASSA STABILITA' per fenomeni di crollo e/o ribaltamento (fronti lavici con pendenze superiori ai 60°);

Categoria 2_1: AREA MEDIAMENTE STABILE per fenomeni di scivolamento gravitativo (piroclastiti con pendenze minori di 30°);

Categoria 2_2: AREA A BASSA STABILITA' per fenomeni di scivolamento gravitativo (piroclastiti con pendenze comprese tra 30° e 60°);

Categoria 2_3: AREA INSTABILE (piroclastiti con pendenze superiori i 60°).

Come mostrato in Tabella 17 le aree stabili e mediamente stabili sono quelle che occupano la quasi totalità del territorio comunale di Ercolano raggiungendo, insieme, il valore del 93.97%.

```

|                                     RASTER MAP CATEGORY REPORT                                     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| LOCATION: ERCOLANO                                                         |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| REGION      north: 4521710.16842948    east: 2473000.55371911    |
|            south: 4515506.59915554    west: 2463599.5500617    |
|            res:      4.99884712        res:      5.00053386        |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| MASK: litologia_GR@PUC_2 in PUC_2, categories 2-146                       |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| MAP: (untitled) (carta_stabilita_GR@PUC_2 in PUC_2)                       |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                                     Category Information                                     |
| #|description                       | square | %  | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11| . . . . .                          | 8,899,198 | 43.61 |
| 12| . . . . .                          | 306,362 | 1.50 |
| 13| . . . . .                          | 50,619 | 0.25 |
| 21| . . . . .                          | 10,275,777 | 50.36 |
| 22| . . . . .                          | 800,526 | 3.92 |
| 23| . . . . .                          | 73,066 | 0.36 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| TOTAL                                     | 120,405,548 | 100.00 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

```

Tabella 17

Carta delle aree instabili (Tavola 04B).

Nel presente elaborato sono state evidenziate quelle aree che potrebbero mobilizzarsi in seguito ad una scossa sismica. E' stato redatto

eseguendo una riclassificazione della carta della stabilità dalla quale sono state estratte le seguenti categorie:

- *Aree suscettibili a crolli e/o ribaltamenti per affioramento di fronti lavici con inclinazioni superiori a 60°;*
- *Aree suscettibili a scivolamenti gravitativi per affioramento di depositi incoerenti con pendenze superiori a 30°;*

Nell'elaborato cartografico le aree potenzialmente instabili sono evidenziate in rosso per quanto riguarda gli affioramenti incoerenti ed in marrone per i fronti lavici.

Essendo state individuate in automatico sulla base della clivometria si distribuiscono sul territorio con evidenti soluzioni di continuità anche se tendono a concentrarsi in settori ben localizzati.

Confrontando tale elaborato con le zonazioni redatte in ambito PAI (*Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico*) e PRAE (*Piano Regionale Attività Estrattive*) si osserva che la maggior parte delle aree critiche ricadono all'interno delle sopra citate perimetrazioni rappresentandone i settori a maggiore grado di pericolosità. Come già accennato in precedenza le aree instabili ubicate all'interno delle perimetrazioni PRAE sono dovute prevalentemente all'azione antropica mentre quelle in ambito PAI sono da ricondurre a fenomeni erosivi naturali.

Carta delle perimetrazioni (Tavola 05).

Le mappe di perimetrazione del rischio idraulico, redatte dall'A.D.B. competente sul territorio comunale, evidenziano la presenza di importanti linee di deflusso idrico superficiale che spesso vedono il loro alveo di competenza diventare strada carrabile.

Nel settore più urbanizzato del territorio per lunghi tratti questi alvei risultano tombati. Le aree a maggiore criticità sono quelle in cui i canali si intersecano perpendicolarmente con le due principali vie di comunicazione attraversanti il centro abitato di Ercolano: l'autostrada SA-NA e la ferrovia Circumvesuviana.

I settori a monte di queste importanti arterie presentano un elevato grado di rischio idraulico a causa dell'effetto diga operata dalle sovrastrutture stradali e ferroviarie.

In merito alla pericolosità ed al rischio frana sono individuate all'interno del territorio di Ercolano quali aree a rischio e pericolosità elevata o molto elevata solo alcuni limitati settori posti a ridosso del cono vulcanico ed a monte delle aree di cava (*Collina del Salvatore*) in cui affiorano le già citate Piroclastiti di Avellino.

Per una visione più dettagliata delle aree a rischio frane ed idraulico si rimanda, comunque, alle carte allegate al presente lavoro e di seguito indicate:

- *T05A – Carta della pericolosità frane in scala 1:5.000;*
- *T05B – Carta del rischio da frana in scala 1:5.000;*
- *T05C – Carta della pericolosità idraulica in scala 1:5.000;*

- T05D – Carta del rischio idraulico in scala 1:5.000;
evidenziando che per tali aree, si farà costantemente riferimento alle norme di attuazione e prescrizioni del P.S.A.I., di seguito elencate:

TITOLO I - DISPOSIZIONI GENERALI

Articolo 1. Finalità e contenuti del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico

Articolo 2. Definizioni

Articolo 3. Elaborati del piano

Articolo 4. Ambito territoriale di applicazione

Articolo 5. Procedimento di adozione e pubblicità del piano stralcio

Articolo 6. Efficacia ed effetti del piano stralcio adottato e approvato.

Articolo 7. Pareri dell'Autorità di Bacino

TITOLO II - RISCHIO IDRAULICO

CAPO I - PRESCRIZIONI COMUNI PER LE AREE A RISCHIO IDRAULICO:

Articolo 8. Disposizioni generali per le aree a rischio idraulico e per gli interventi ammissibili

Articolo 9. Interventi per la mitigazione del rischio idraulico

CAPO II - RISCHIO IDRAULICO MOLTO ELEVATO

Articolo 10. Interventi consentiti nelle aree a rischio idraulico molto elevato

Articolo 11. Interventi consentiti sul patrimonio edilizio

Articolo 12. Interventi consentiti in materia di opere ed infrastrutture pubbliche

CAPO III - RISCHIO IDRAULICO ELEVATO

Articolo 13. Interventi consentiti nelle aree a rischio idraulico elevato

Articolo 14. Interventi consentiti sul patrimonio edilizio

CAPO IV - RISCHIO IDRAULICO MEDIO E MODERATO

Articolo 15. Interventi consentiti nelle aree a rischio idraulico medio e moderato

TITOLO III - RISCHIO DA FRANA

CAPO I - PRESCRIZIONI COMUNI PER LE AREE A RISCHIO DA FRANA

Articolo 16. Disposizioni generali per le aree a rischio da frana e per gli interventi ammissibili

Articolo 17. Disposizioni generali per le aree a rischio di sprofondamento

Articolo 18. Interventi di mitigazione del rischio da frana

CAPO II - RISCHIO MOLTO ELEVATO DA FRANA

Articolo 19. Interventi consentiti nelle aree a rischio molto elevato da frana

Articolo 20. Interventi consentiti sul patrimonio edilizio

Articolo 21. Interventi consentiti in materia di opere e infrastrutture a rete pubbliche e di interesse pubblico

CAPO III - RISCHIO ELEVATO DA FRANA

Articolo 22. Interventi consentiti nelle aree a rischio elevato da frana

Articolo 23. Interventi consentiti sul patrimonio edilizio

CAPO IV - RISCHIO MEDIO E MODERATO

Articolo 24. Interventi consentiti nelle aree a rischio medio e moderato da frana

TITOLO IV - DISPOSIZIONI PER LA TUTELA DAL PERICOLO E PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO

CAPO I - PRESCRIZIONI GENERALI

Articolo 25. Finalità e contenuti

Articolo 26. Disposizioni generali

Articolo 27. Principi per la prevenzione del rischio idrogeologico in materia di protezione civile

Articolo 28. Criteri per le azioni di riqualificazione ambientale e di recupero naturalistico

Articolo 29. Esercizio delle attività silvocolturali

Articolo 30. Disciplina delle attività estrattive

CAPO II - PERICOLOSITÀ IDRAULICA

Articolo 31. Definizione di area soggetta a pericolo idraulico

CAPO III - LA DISCIPLINA SPECIFICA DELLE AREE INONDABILI

Articolo 32. Assetto del regime idrografico

Articolo 33. Studio di compatibilità nelle aree a R

CAPO IV – PERICOLOSITA' RELATIVA (SUSCETTIBILITA') DA FRANA

Articolo 34. Definizione di area soggetta a pericolosità relativa da frana

CAPO V - LA DISCIPLINA SPECIFICA DELLE AREE SOGGETTE A PERICOLOSITA' RELATIVA DA FRANA

Articolo 35. Difesa dai fenomeni franosi

Articolo 36. Studio di compatibilità nelle aree a Rischio da Frana

Articolo 37. Disciplina delle opere in sotterraneo e interrato

Articolo 38. Viabilità minore in aree montane e collinari

Articolo 39. Gestione dei vincoli idrogeologici

CAPO VI – DISPOSIZIONI PER LA TRASFORMAZIONE DEL TERRITORIO NELLE AREE A PERICOLOSITA' IDROGEOLOGICA

Articolo 40. Prescrizioni generali

TITOLO V - ATTUAZIONE E MODIFICHE DEL PIANO

Articolo 41. Aggiornamento e varianti del piano

Articolo 42. Norme di rinvio

Articolo 43. Norme transitorie - Disciplina applicabile ai procedimenti pendenti alla data di adozione del PAI.

Per quanto riguarda le aree di cava poste nel settore nordoccidentale del territorio quasi tutti i siti di scavo risultano chiusi e/o abbandonati.

Tale settore è stato suddiviso dal PRAE (Piano Regionale Attività Estrattive della Campania) nelle seguenti aree:

- A. C. - Area di Crisi (per circa 232ha, pari all' 11,35% del territorio comunale);
- A.P.A. - Area di Particolare Attenzione (per circa 230ha – pari all' 11,26% del territorio comunale).

Relativamente, infine, anche per il Piano stralcio difesa delle coste (P.S.D.C.), non riportato nella carta delle perimetrazioni, si fa riferimento alla tavole sotto indicate:

- T05E – Carta del rischio della fascia costiera 1:5.000;
- T05F – Carta della pericolosità della fascia costiera in scala 1:5.000;
- T05G – Carta dei fenomeni di inondazione da mareggiata in scala 1:5.000;

e alle norme di attuazione e prescrizioni di seguito elencate:

TITOLO I – DISPOSIZIONI GENERALI

Articolo 1 - Finalità e contenuti del Piano Stralcio per la difesa delle coste

Articolo 2 - Definizioni

Articolo 3 - Sub Unità Fisiografiche

Articolo 4 - Elaborati di Piano

Articolo 5 - Ambiti territoriali di applicazione

Articolo 6 - Procedimento di adozione e pubblicità del Piano Stralcio per la difesa delle coste

Articolo 7 - Efficacia ed effetti del Piano Stralcio per la Difesa delle Coste

Articolo 8 - Attività di controllo dell'Autorità di Bacino

Articolo 9 - Criteri di progettazione e studi di compatibilità

TITOLO II. DISPOSIZIONI TECNICHE

CAPO I – PRESCRIZIONI PER LE ZONE DI PERICOLOSITA'

Articolo 10 - Disciplina generale delle zone di pericolosità

Articolo 11 - Disposizioni specifiche per le zone a pericolosità idrogeologica

Articolo 12 - Disposizioni specifiche per le zone a pericolosità da inondazione per mareggiata

Articolo 13 - Disposizioni specifiche per le zone a pericolosità da erosione

CAPO II – PRESCRIZIONI PER LE AREE A RISCHIO

Articolo 14 - Disciplina generale delle aree a rischio

Articolo 15 - Interventi consentiti nelle aree a rischio molto elevato (R4)

Articolo 16 - Interventi consentiti nelle aree a rischio elevato (R3)

Articolo 17 - Interventi consentiti nelle aree a rischio moderato (R1)

Articolo 18 - Interventi per la difesa e la riqualificazione delle aree costiere

CAPO III - TUTELA DELLE AREE SENSIBILI

Articolo 19 - Aree sensibili e parchi costieri

CAPO IV - PIANI SPIAGGIA E CONCESSIONI DEMANIALI

Articolo 20 - Destinazione delle spiagge

Articolo 21 - Rilascio di concessioni demaniale

Articolo 22 - Opere portuali

TITOLO III – DISPOSIZIONI FINALI

Articolo 23 - Modalità e strumenti di attuazione

Articolo 24 - Aggiornamento e modifica del piano

TITOLO IV- LINEE GUIDA PER IL MONITORAGGIO DELLE COSTE ALTE A RISCHIO DI FRANA E PER LA PROGETTAZIONE DELLE OPERE MARITTIME

PARTE PRIMA - MONITORAGGIO DELLE COSTE ALTE A RISCHIO DI FRANA

CAPITOLO I – MONITORAGGIO SPEDITIVO

CAPITOLO II - MONITORAGGIO APPROFONDITO

PARTE SECONDA- PROGETTAZIONE DELLE OPERE MARITTIME

CAPITOLO I – RILIEVI GEOMORFOLOGICI E SEDIMENTOLOGICI

CAPITOLO II – STUDIO IDRAULICO-MARITTIMO

CAPITOLO III – ARTICOLAZIONE DEL PROGETTO

CAPITOLO IV – CONTENUTI DEGLI ELABORATI PROGETTUALI

Carta idrogeologica (Tavola 06)

La carta idrogeologica riproduce, come quelle successive, nelle sue linee essenziali, i risultati dei rilievi eseguiti dal Prof. G. Rolandi e dal Prof. D. Stanzione nel loro "Studio geologico, geochimico ed idrogeologico sul territorio comunale", a cui lo scrivente ha partecipato come consulente esterno per la parte geologica ed idrogeologica tra il 2002 ed il 2004, nell'ambito di una convenzione intercorsa tra il Comune di Ercolano ed il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Napoli - Federico II.

In sintesi si osserva la presenza di due principali complessi idrogeologici costituiti dal complesso delle piroclastiti (*permeabilità medio-alta per porosità*) ed il complesso delle lave prevalenti e delle piroclastiti (*permeabilità alta prevalentemente per fessurazione*).

A causa del particolare assetto stratigrafico (con aree di interdigitazione tra i due principali litotipi che originano orizzonti variamente intercalati tra loro) è possibile affermare che in generale, i corpi idrici, in falde sovrapposte, sono tra loro comunicanti e danno luogo ad un'unica falda di base a deflusso circa radiale.

Carte isofreatiche di piena e di magra (Tavola 06A– Tavola 06B)

Le carte riproducono l'andamento delle isofreatiche (*nei periodi di piena e di magra*) la cui costruzione è stata possibile attraverso la misurazione in numerosissimi pozzi (*utilizzati principalmente per uso in agricolo*) del livello della falda idrica ivi presente, effettuata sia per la redazione dello studio geologico allegato al P.R.G., sia per il censimento effettuato nell'ambito del suddetto "Studio geologico, geochimico ed idrogeologico sul territorio comunale" sia dallo scrivente, nell'ambito di propri lavori professionali.

Lo sviluppo e la distribuzione delle stesse evidenzia continue variazioni delle spazature (*aumento e/o diminuzione della distanza tra le isofreatiche come conseguenza di continue modifiche del coefficiente di permeabilità K*) determinate da eteropie nell'ambito dello stesso complesso idrogeologico (*in particolare nei materiali piroclastici incoerenti*) per il mutare dello stato d'addensamento e/o granulometrico degli stessi materiali.

La circolazione idrica sotterranea è del tipo basale centrifuga (*tipica dei complessi vulcanici*), con due assi di drenaggio principali orientati NE–SW, anche se si ha un certo adattamento della superficie piezometrica alla morfologia del vulcano.

Carta isofreatiche falda episuperficiale località Pugliano (Tavola 06C)

Come già ampiamente illustrato nel paragrafo 5, una porzione del centro storico del territorio comunale, avente dimensioni di circa 0.4 Km², è caratterizzata dalla presenza di una falda episuperficiale di discreta portata soggetta ad escursioni periodiche, con conseguente invasione dei cantinati delle abitazioni ivi compresi i locali interrati, un tempo adibiti alle inumazioni, della Chiesa di S.M. a Pugliano e del Teatro Romano posto, quest'ultimo, a valle dell'area medesima.

Senza entrare nel merito del tipo di acquifero e le cause della presenza della suddetta falda (*anch'esse illustrate nel suddetto paragrafo 5*) l'andamento delle isofreatiche suddividono l'area d'interesse, in pratica, in due sottozone posta a monte e a valle del tracciato ferroviario della circumvesuviana dove la falda stessa, si rileva, rispettivamente, tra i 5 e 10 metri e tra i 2 e 5 metri di profondità dall'attuale livello del suolo.

L'andamento del livello della falda dipende, in modo preminente, se non esclusivo, dall'andamento delle precipitazioni anche se altri fattori hanno contribuito e contribuiscono, in linea però del tutto subordinata, a tali oscillazioni e sono imputabili al progresso e allo sviluppo della vita cittadina quali ad esempio, l'estendersi dell'urbanizzazione con conseguente eliminazione dell'irrigazione delle aree agricole, l'impermeabilizzazione della superficie del terreno, la costruzione dell'Acquedotto e relativa dismissione dei numerosissimi pozzi ed in

ultimo, ma non meno rilevante, la costruzione della galleria della Circumvesuviana. Per ciò che si riferisce alle previsioni sull'andamento della falda freatica, è opportuno ricordare che il comportamento della stessa ha, in generale, un carattere periodico.

Infatti quasi tutti i fattori naturali (*piovosità, pressione, temperatura, evaporazione, maree, ecc.*) sono periodici così come, seppur in misura minore, alcuni fattori artificiali (*emungimenti, drenaggi, ecc.*).

E' innegabile, però, che in riferimento a quanto esposto in precedenza, a partire da alcuni decenni (*anche sulla scorta di numerose ed attendibili testimonianze di anziani cittadini del posto*) e con una frequenza maggiore, si è avuto un continuo sollevamento del livello dalla falda freatica, in occasione di anni idrologici particolarmente piovosi.

Si può affermare, pertanto, che con il trascorrere del tempo e con l'incremento dei cambiamenti climatici, senza alcun intervento inteso a modificarne sostanzialmente il suo regime, la falda continuerà a manifestare innalzamenti piuttosto regolari che, generalmente, raggiungeranno una punta massima qualche tempo dopo la/le stagioni di maggiore piovosità ed, una minima, successiva alla stagione in cui le piogge saranno meno abbondanti.

Tutto ciò potrebbe comportare, come del resto già successo in passato anche recente, in seguito alla variazione dello stato tensionale dei terreni di sedime e al decadere delle loro proprietà geomeccaniche, in termini di deformabilità e portanza, all'insorgere di cedimenti differenziali che causerebbero gravissimi danni alla statica degli immobili molti dei quali già di per sé, in condizioni di estrema vetustà e fatiscenza, con grave pericolo per la pubblica e privata incolumità dei cittadini.

Circa i rimedi consigliabili per la risoluzione delle problematiche in parola bisogna necessariamente distinguerli tra quelli puntuali e quelli areali che interessano, invece, l'intera zona di Pugliano e le sue aree limitrofe.

Relativamente ai primi, al fine di ripristinare e salvaguardare l'uso dei volumi interrati (*riportando in condizioni di utilizzo le parti allagate e/o allagabili e rimuovendo altresì eventuali inconvenienti causati dalla risalita della falda*) si può orientare verso la realizzazione d'interventi di difesa attiva, finalizzati all'abbassamento del livello di falda quali:

- *la captazione dell'acqua di falda mediante cunicoli sub-orizzontali e successivo smaltimento;*
- *la captazione dell'acqua di falda mediante rete di pozzi e successivo smaltimento;*
- o di difesa passiva, che non comportano variazioni del livello della falda, quali;*
- *pompaggio dell'acqua all'interno del fabbricato;*
- *sigillatura di giunti e fessure;*
- *miglioramento dell'impermeabilità intrinseca dei materiali e delle murature;*

- impermeabilizzazioni del terreno mediante miscele cementizie oppure mediante resine;
- cappotti esterni;
- cappotti interni;

fermo restando che la scelta della migliore soluzione progettuale (dipendente quest'ultima da vari fattori quali la situazione geologica, idrogeologica ed idraulica locale del sito, l'accessibilità dei luoghi, la densità abitativa, le caratteristiche strutturali e le distanze relative tra gli immobili, ecc.) è a carico dei tecnici incaricati per la risoluzione della tematica in parola.

Per quanto attiene, invece, le problematiche relative alla zona di Pugliano e delle aree limitrofe, i possibili rimedi da adottare, potranno scaturire solo da una visione estremamente chiara e dettagliata del problema che investe, come visto, molteplici aspetti sia idrogeologici, litologici, stratigrafici, geomorfologici e geotecnici.

Sarebbe opportuno, pertanto, che l'Amm.ne comunale provvedesse, in prima istanza, all'esecuzione di uno studio di dettaglio dell'intera zona al fine di definire, con il supporto dei lavori già esistenti, la reale estensione e il volume dell'acquifero, le caratteristiche idrauliche dei terreni, la portata della falda e il suo andamento nel sottosuolo per poi procedere, con i dati a disposizione, ad una bonifica idraulica dell'intera area, attraverso interventi indirizzati più che ad un abbassamento della falda ad evitare che il livello della stessa si innalzi (*l'abbassamento del livello della falda comporta una subsidenza degli strati sovrastanti con valori del rapporto tra l'abbassamento del suolo e quello della falda pari a circa 1/23, per cui un abbassamento del livello freatico di circa due metri comporterebbe un abbassamento del suolo di circa 10 cm molto pericoloso per la statica delle costruzioni*).

In tale ottica e alla luce di quanto sopra e solo in chiave esemplificativa, si potrebbe prevedere il drenaggio della falda a monte della zona di interesse indicate nella cartografia in parola, attraverso la realizzazione di gallerie filtranti (*al di sotto dei corpi lavici*) sostituite successivamente nei materiali sciolti da trincee drenanti o, come proposto nello "*Studio Idrogeologico della falda superficiale presente tra la Chiesa di S.M. di Pugliano ed il teatro romano*", redatto a firma del Prof. Dott. G. Rolandi e del Prof. Dott. D. Stanzione et alii nel 2002, attraverso la realizzazione di pozzi di grande diametro nella zona di Piazza Pugliano, opportunamente predisposti con dreni radiali in corrispondenza dell'orizzonte acquifero, di lunghezza anche di 50-60 metri, costituiti da tubi in PVC micro fessurati di diametro 100 mm (*dreni con diametro di 200 mm consentono di convogliare portate massime di circa 20 l/s in materiale sabbioso*) idonei per drenare la portata, molto più bassa, della falda superficiale in esame, convogliando poi la stessa in quella basale sottostante.

Carta accelerazioni sismiche (Tavola 07)

Il Comune di Ercolano è stato inserito nell'elenco di quelli classificati sismici con un grado di sismicità di seconda categoria ($S=9$) e, successivamente come appartenente alla **Zona 2** con un valore di accelerazione massima al suolo pari ad $a_{max} = 0.25g$.

Con l'introduzione delle nuove Norme Tecniche delle Costruzione (NTC/18) sono stati modificati i criteri di valutazione ed analisi del grado di sismicità del territorio nazionale secondo i criteri di seguito brevemente illustrati.

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa **ag** in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (*di categoria A come definita al § 3.2.2*), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{Vr} come definite nel § 3.2.1, nel periodo di riferimento V_R , come definito nel § 2.4.

In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica locale dell'area della costruzione.

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

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per i valori di a_g , F_0 e T_c^* , necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n.29, ed eventuali successivi aggiornamenti.

Com'è noto, tutto il territorio nazionale è stato suddiviso in aree a differente pericolosità sismica tramite la creazione di un reticolo di riferimento.

Nell'Allegato B alle N.T.C./18 per ogni punto del reticolo sono riportati i valori dei parametri descrittivi del relativo spettro di risposta (a_g , F_0 , T_c^*) in funzione di differenti valori del Periodo di Ritorno T_r (*per un intervallo di tempo compreso tra 30 e 2475 anni*).

Su tutto il territorio nazionale risulta quindi possibile definire l'azione sismica di progetto in funzione delle caratteristiche dell'opera (esprese sotto forma di Vita Nominale V_n e Classe d'Uso C_u) e del differente stato limite che si intende analizzare.

A tale proposito si ricorda che le NTC definiscono quattro differenti "stati limite" nei confronti delle azioni sismiche come di seguito descritti.

Nei confronti delle azioni sismiche, sia gli Stati limite di esercizio (**SLE**) che gli Stati limite ultimi (**SLU**) sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli Stati limite di esercizio (**SLE**) comprendono:

- *Stato Limite di Operatività (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti in relazione 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 e 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 (**SLU**) comprendono:

- *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.*

Ad ognuno degli stati limite sopra descritti (Tabella 18) è associato un differente grado di Probabilità di Superamento P_{vr} nel Periodo di Riferimento considerato V_r :

Stati Limite	P _{vr} (%)
Stato Limite di Operatività (SLO):	81
Stato Limite di Danno (SLD):	63
Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):	10
Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):	5

Tabella 18

Qualora la protezione nei confronti degli stati limite di esercizio sia di prioritaria importanza, i valori di P_{VR} forniti in tabella devono essere ridotti in funzione del grado di protezione che si vuole raggiungere.

Per ciascuno stato limite e relativa probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R si ricava il periodo di ritorno T_R del sisma utilizzando la relazione:

$$T_R = - V_R / \ln (1- P_{VR}) = - C_U V_N / \ln (1- P_{VR})$$

in cui V_r (Vita di Riferimento) = V_n * C_u

I valori caratteristici di V_n (Vita Nominale) e C_u (Classe d'Uso) sono descritti nelle tabelle 19 e 20:

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V _N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Tabella 19

Classe I: *Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.*

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.*

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.*

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 di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerario di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. 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.*

Tabella 20

Ricadendo il territorio comunale di Ercolano in cinque differenti settori della griglia sismica di riferimento, per ognuno di questi settori sono

indicati i principali parametri sismici relativi ai quattro stati limite previsti dalla normativa. Per la scelta di tali parametri è stata presa come riferimento una tipologia di costruzione ordinaria (Vita Nominale $V_n = 50$; Classe d'uso II con $C_u = 1$).

Successivamente per la perimetrazione delle aree a diversa amplificazione del segnale sismico è stato utilizzato come valore di partenza l'accelerazione sismica attesa al suolo relativamente allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV).

Al fine di pervenire ad una definizione della Risposta Sismica Locale si è tenuto conto:

- delle modifiche prodotte dalle condizioni locali relativamente all'assetto stratigrafico-geotecnico del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione (Tabella 21);
- alla morfologia della superficie topografica dell'area in esame (Tabella 22);
- all'ubicazione dell'opera in esame rispetto alla morfologia (Tabella 23).

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

Tabella 21

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

Tabella 22

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Tabella 23

La suddivisione del territorio comunale di Ercolano in funzione delle diverse categorie di sottosuolo è stato eseguito in accordo a quanto riportato nelle già citate "Linee Guida Finalizzate alla Mitigazione del Rischio Sismico"...ove si ribadisce che per la delimitazione delle aree si è tenuto conto delle caratteristiche e dei limiti della litologia affiorante, quali desunti dalla Carta Geolitologica del territorio comunale.

Quindi il territorio è stato suddiviso in aree omogenee dal punto di vista della V_{s30} ".

Il suddetto parametro, come già precedentemente relazionato, è stato sperimentalmente determinato eseguendo direttamente in situ prove sismiche tipo Down Hole e profili sismici tipo M.A.S.W. e, successivamente, posto in relazione con la particolare litostratigrafia caratterizzante le varie porzioni di sottosuolo del territorio in parola.

Sono state individuate tre classi di sottosuolo a cui competono differenti valori del coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s come di seguito descritto:

CLASSE A: *Substrato stratificato a prevalente componente lavica in superficie ($V_{s30} \geq 800$ m/s; $S_{smax} = 1.0$);*

CLASSE B: *Substrato stratificato a prevalente componente piroclastica in superficie ($360 < V_{s30} < 800$ m/s; $S_{smax} = 1.2$);*

CLASSE C: *Substrato piroclastico prevalentemente limoso-sabbioso addensato ($180 < V_{s30} < 360$ m/s; $S_{smax} = 1.5$).*

L'individuazione delle categorie topografiche è stata eseguita tramite una riclassificazione della carta delle pendenze sulla base dei seguenti criteri:

Classe T_1 : *inclinazione minore od uguale a 15° , coefficiente di amplificazione topografica $S_{tmax} = 1.0$*

Classe T_2 e T_3 : *inclinazione compresa tra 15° e 30° , coefficiente di amplificazione sismica $S_{tmax} = 1.2$*

Classe T_4 : *inclinazione superiore a 30° , coefficiente di amplificazione sismica $S_{tmax} = 1.4$.*

Come mostrato in Tabella 24 la Classe T_1 risulta essere di gran lunga la classe maggiormente presente sul territorio comunale (76,77%).

```

-----
|                                RASTER MAP CATEGORY REPORT                                |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| LOCATION: ERCOLANO                                                         |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| REGION   north: 4521710.16842948      east: 2473000.55371911      |
|          south: 4515506.59915554      west: 2463599.5500617      |
|          res:      4.99884712         res:      5.00053386         |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| MASK: litologia_GR@PUC_2 in PUC_2, categories 2-146                       |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| MAP: Reclass of pendenze_GR@PUC_2 in PUC_2 (pendenzeXmicro_GR@PUC_2 in PUC_2) |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Category Information                                                         |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| #|description                                                                | square| % | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10|inclinazione minore o uguale a 15 gradi. . . . . |15,693,181| 76.77|
| 12|inclinazione compresa tra 16 e 30 gradi. . . . . | 3,498,792| 17.12|
| 14|inclinazione maggiore di 30 gradi. . . . . | 1,249,495|  6.11|
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| TOTAL                                                                    |120,441,468|100.00|
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

```

Tabella 24

L'elaborato in oggetto rappresenta, pertanto, una suddivisione del territorio in funzione del diverso valore massimo di accelerazione sismica attesa al suolo (**Agmax**) in corrispondenza dello Stato Limite di Salvaguardia della Vita SLV.

Il parametro Agmax si ottiene moltiplicando il valore di accelerazione Ag di base per il coefficiente di amplificazione stratigrafica Ss e per il coefficiente di amplificazione topografica St.

$$\mathbf{Agmax = Ag * Ss * St}$$

Utilizzando il già descritto modulo "mapcalculator" del software QGis è stato possibile calcolare per ogni singolo punto del territorio Comunale il parametro sismico sopra descritto. Dovendo necessariamente pervenire ad una zonazione del territorio per aree omogenee si è successivamente provveduto a riclassificare l'elaborato così ottenuto in quattro classi, a differente grado di pericolosità sismica. Per ognuna di queste classi è stato definito il range di variazione dell'accelerazione sismica attesa ed è stato calcolato il valore medio:

Area a bassa sismicità: $0.16 \leq Agmax \leq 0.23$ valore medio Agmax = 0.179g

Area a media sismicità: $0.23 < Agmax \leq 0.30$ valore medio Agmax = 0.256g

Area a medio-alta sismicità: $0.30 < Agmax \leq 0.37$ valore medio Agmax = 0.343g

Area ad alta sismicità: $0.37 < Agmax \leq 0.43$ valore medio Agmax = 0.416g

La distribuzione areale delle zone sopra descritte è riassunta in Tabella 25.

```

-----+
|              Category Information              | square| %
| #|description                                | meters| cover
|-----+-----+-----+
|1|Ag tra 0.16 e 0.23 incluso . . . . . |13,259,533| 64.98
|2|Ag tra 0.23 e 0.30 incluso . . . . . | 6,120,217| 29.99
|3|Ag tra 0.30 e 0.37 incluso . . . . . |   767,005|  3.76
|4|tra 0.37 e 0.43. . . . .           |     258,788|  1.27
|-----+-----+-----+
|TOTAL                                     |20,405,548|100.00
+-----+-----+-----+
|              RASTER MAP CATEGORY REPORT
|LOCATION: ERCOLANO                          Tue Oct 05 20:40:29 2010
|-----+-----+-----+
|              north: 4521710.16842948      east: 2473000.55371911
|REGION        south: 4515506.59915554      west: 2463599.5500617
|              res:      4.99884712         res:      5.00053386
|-----+-----+-----+
|MASK:litologia_GR@PUC_2 in PUC_2, categories 2-146
|-----+-----+-----+
|MAP: Reclass of SLV_GR@PUC_2 in PUC_2 (micro_GR@PUC_2 in PUC_2)
|-----+-----+-----+

```

Tabella 25

Come era lecito aspettarsi si nota che il territorio comunale presenta caratteristiche sismiche alquanto omogenee: le classi a minore sismicità (con $Agmax \leq 0.3g$) occupano da sole circa il 95% del territorio comunale.

Carta zonazione (Tavola 08)

Come detto in precedenza il presente elaborato è una sintesi ragionata di tutte le perimetrazioni e classificazioni riportate negli allegati precedenti. Il territorio comunale è stato suddiviso in aree omogenee in funzione della: clivometria, litologia, morfologia, parametri geotecnici, idrogeologia, risposta sismica di sito, criticità caratteristiche.

Di seguito si descrivono le principali peculiarità delle aree individuate ordinate sulla base di pericolosità e criticità di entità crescente:

ZONA 1 - Sottosuolo (centro urbano) stratificato (lave e piroclastiti) a prevalente componente lavica in superficie: in questo settore sono comprese quelle aree del centro urbano (*prevalentemente fascia costiera*) caratterizzate dalla presenza in affioramento della formazione lavica. Al di sotto si rinvencono depositi piroclastici appartenenti alla formazione delle Piroclastiti di Pompei (PPM-79 d.C.) incontrati fino alla massima profondità investigata (30 mt). Da un punto di vista morfologico tale settore si presenta sub-pianeggiante con un valore di inclinazione media pari a $3,6^\circ$.

Il valore di accelerazione medio caratteristico del settore in esame (per uno stato limite di salvaguardia della vita SLV) è risultato pari ad $a_g = 0.169$ rientrante all'interno della seguente fascia: Area a bassa sismicità: $0.16 \leq a_{gmax} \leq 0.23$

In sintesi è possibile affermare che per le aree appartenenti alla ZONA 1 non si denotano presenze di particolari criticità e possono essere definite:

- Zona mediamente stabile per morfologia sub pianeggiante ed affioramento sub-diretto della formazione lavica.

ZONA 2 - Complesso delle lave prevalenti in aree pedemontane e montane.

I terreni presenti in affioramento nelle aree raggruppate all'interno della Zona 2 appartengono al Complesso idrogeologico delle "Lave prevalenti" (permeabilità medio-alta) costituito dalle formazioni connesse alla c.d. "attività recente (1631-1944)".

I terreni in esame si differenziano da quelli della zona precedentemente descritta principalmente per un andamento morfologico caratterizzato da valori di inclinazione media dei pendii più elevati (mediamente $9,7^\circ$).

Da un punto di vista sismico anche la Zona 2 come la precedente rientra tra le Aree a bassa sismicità: $0.16 \leq a_g \leq 0.23$ con un valore di accelerazione di progetto pari a $a_g = 0.173$ (SLV).

Da un punto di vista della stabilità globale le aree di Zona 2 possono essere definite:

AREE MEDIAMENTE STABILI (per fenomeni di crollo e/o ribaltamenti)

Le principali criticità connesse a questi ambiti territoriali sono riconducibili alla sporadica presenza di fronti lavici con valori di inclinazione massima superiori a 60°. Generalmente tali situazioni sono conseguenze di attività antropiche (fronti di cava e/o tagli stradali).

Ulteriore criticità può essere dovuta all'instaurazione all'interno della formazione lavica di una falda superficiale sostenuta alla base da un limite di permeabilità relativo rappresentato da orizzonti particolarmente argillificati dei sottostanti depositi piroclastici. In alcuni casi (*per esempio il settore compreso tra la chiesa di S.M. di Pugliano ed il Teatro Romano*) si sono registrati in passato fenomeni di allagamento di locali interrati.

ZONA 3 - Sottosuolo stratificato (lave e piroclastiti) a prevalente componente piroclastica in superficie

La Zona 3 è costituita essenzialmente dalle aree con presenza in affioramento di terreni appartenenti alla formazione PMX - Piroclastiti del 1631. Questa formazione ricopre a volte le Lave di Villa Inglese ed a volte direttamente le sottostanti Piroclastiti di Pompei. In questo ambito l'esatta successione stratigrafico-geotecnica può essere accertata solo con indagini dirette e puntuali come dimostrano i risultati delle trivellazioni effettuate.

Per quanto riguarda la Risposta Sismica Locale è evidente che la differente successione stratigrafica determina diversi valori di velocità di propagazione delle onde sismiche (V_{s30}).

Nell'ambito della perimetrazione delle aree suscettibili a differenti incrementi del segnale sismico la Zona 3 è stata compresa tra le Aree a bassa sismicità: $0.16 < Ag > 0.23$.

In particolare il valore medio dell'accelerazione sismica al suolo è risultata pari a $Ag = 0,202$ (SLV).

Per quanto riguarda il grado di stabilità globale le aree appartenenti all'Zona 3 possono essere definite "mediamente stabili" sulla base, principalmente, dei loro bassi valori di inclinazione topografica.

ZONA 4 - Depositi piroclastici (substrato) di aree urbane

I terreni presenti in affioramento in Zona 4 appartengono essenzialmente ad una delle formazioni più antiche PPM - Piroclastiti di Pompei (79 d.c.) ed è costituito da un'alternanza di strati e livelli granulari essenzialmente incoerenti con intercalazioni di orizzonti a granulometria pelitica non coesivi e non plastici. Il profilo topografico di queste aree presenta valori di inclinazione estremamente bassi (valore medio 3,3°).

Le aree di Zona 4 sono classificate:

Aree a media sismicità:

$0.23 < Ag >= 0.30$ valore medio $Ag = 0.25$

Il grado di permeabilità relativa dei terreni costituenti il sottosuolo in esame è generalmente medio-alto ma varia all'interno dello stesso complesso idrogeologico in funzione dell'assortimento granulometrico dei vari termini litologici. In corrispondenza della fascia costiera (a valle del Corso Resina) la quota piezometrica della falda di base tende a coincidere con la quota topografica determinando in concomitanza di forti precipitazioni idrometeoriche situazioni di alluvionamento di alcuni settori ubicati a quota mare.

L'elevato grado di addensamento dei terreni li rende del tutto idonei sopportare i normali carichi di fondazione e non si evidenziano particolari criticità. E' evidente comunque che la loro natura non coesiva può determinare la formazione di aree in equilibrio limite se in presenza di tagli o scarpate molto inclinate. Nel complesso le aree di Zona 4 rientrano tra le **Aree mediamente stabili**.

ZONA 5 - Depositi piroclastici di aree pedemontane

Tutte le peculiarità delle aree appartenenti alla sopra descritta Zona 4 sono proprie anche della Zona 5. La principale differenza tra i due ambiti risiede nel maggior valore d'inclinazione topografica che nella zona in esame presenta valori medi pari a 8,5°.

L'aumento delle pendenze determina una maggior presenza di aree a rischio di fenomeni localizzati di scivolamenti gravitativi (Vedi Carta della stabilità). In prevalenza queste fenomenologi sono concentrate nel settore settentrionale del territorio comunale ove il paesaggio risulta devastato dall'attività di cava ivi esercitata in passato in maniera intensiva.

Tali aree, attese le loro particolari criticità, sono state distinte in differenti zone sulla base delle perimetrazioni adottate in ambito PRAE (Piano Regionale Attività Estrattive)

ZONA 6 - Depositi di spiaggia

La Zona 6 è forse uno dei settori più critici del centro urbanizzato di Ercolano. Si tratta di terreni non coesivi, sciolti, in falda, sottoposti ad una intensa azione erosiva esplicita dal moto ondoso (le pendenze medie risultano piuttosto elevate ~ 4°). I parametri sismici sono alquanto scadenti.

Aree a medio-alta sismicità:

$$0.30 < Ag >= 0.37 \text{ valore medio } Ag = 0.343g$$

Il litorale del Comune di Ercolano, attualmente in una fase di erosione attiva, rappresenta un settore che necessita urgenti interventi di salvaguardia e consolidamento a protezione dei fabbricati e delle importanti infrastrutture ubicate nelle immediate adiacenze (ferrovia e strada litoranea).

ZONA 7 - Aree con rischio alluvione molto elevato

La perimetrazione della Zona 7 ricalca quella eseguita dai tecnici dell'Autorità di Bacino e, pertanto, per tali aree valgono le prescrizioni normative riportate nel PAI (Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico).

Da una sovrapposizione del reticolo stradale con le principali direzioni di deflusso idrico superficiale si nota la presenza di ampi tratti stradali con funzione di "alvei-strada" all'interno dei quali il rischio alluvione è molto alto.

Come già più volte accennato nel settore più urbanizzato del territorio per lunghi tratti questi alvei risultano tombati. Un elemento particolarmente critico è l'elevato grado di trasporto solido delle acque in deflusso superficiale dovuto al fatto che nei bacini imbriferi ad esse sottesi è uniformemente presente una copertura di terreni essenzialmente piroclastici soggetti ad intense dilavamento.

Le aree a maggiore criticità sono ovviamente tutte quelle in cui si registra una restrizione della sezione idraulica a seguito di urbanizzazione ed in particolare quelle zone in cui i canali si intersecano perpendicolarmente con le due principali vie di comunicazione attraversanti il centro abitato di Ercolano: l'autostrada SA-NA e la ferrovia Circumvesuviana.

I settori a monte di queste importanti arterie presentano un elevato grado di rischio idraulico a causa dell'effetto diga operato dalle sovrastrutture stradali ferroviarie. I principali parametri sismici e stratigrafico-geotecnici dei vari settori ricadenti in Zona 7 sono quelli delle stesse aree che li racchiudono.

ZONA 8 - Aree di Crisi (A.C.) in ambito PRAE

Trattasi essenzialmente di aree urbanizzate morfologicamente a media inclinazione (valore medio $6,8^\circ$) con presenza in affioramento di depositi piroclastici definiti nel complesso **MEDIAMENTE STABILI** con riferimento a fenomeni di scivolamento gravitativo.

All'interno della Zona 8 si individuano situazioni di instabilità localizzate in corrispondenza di fronti di scavo di natura essenzialmente antropica.

La peculiarità delle aree appartenenti alla Zona 8 risiede nel fatto che sono state classificate Aree di Crisi (A.C.) nel Piano Regionale delle Attività Estrattive della Campania e, pertanto, per questo ambito vigono le norme e le prescrizioni contenute nel Piano medesimo. Le aree di Zona 8 sono classificate, in prevalenza, Aree a media sismicità: $0.23 < Ag \leq 0.30$ valore medio $Ag = 0.24$

ZONA 9 - Aree di Particolare Attenzione (A.P.A.) in ambito PRAE

Le aree appartenenti alla Zona 9 si differenziano da quelle della Zona 8 sopra descritta in quanto generalmente non urbanizzate e con un

paesaggio fisico devastato dalle numerose attività di cava che hanno prodotto la diffusa presenza di settori in condizioni di equilibrio limite definite (A.P.A.), per cui, anche in questo caso, si rimanda alle norme e alle prescrizioni contenute nel P.R.A.E Il degrado della Zona in esame è, inoltre, amplificato dalla presenza di una discarica storica oramai dismessa denominate "Discarica Formisano".

Le attività esplicabili in questo ambito sono esclusivamente quelle connesse a progetti di bonifica, consolidamento e riqualificazione ambientale.

Nel complesso tali aree sono classificate come:

Aree a media sismicità:

$$0.23 < Ag >= 0.30 \text{ valore medio } Ag = 0.24$$

anche se si individua la presenza di zone in cui la maggiore inclinazione dei versanti determina un aumento del valore di accelerazione sismica atteso (*Ag medio pari a 0,343*). Tra queste si segnala proprio il settore in cui è allocata la Discarica Formisano.

ZONA 10- Aree a pericolo elevato per crollo e scoscendimenti di tipo superficiale

Elemento morfostrutturale caratterizzante la Zona 10 è il rilievo di Colle Umberto (quota 882,4 m s.l.m.). Il valore medio di inclinazione all'interno di questo settore è pari a 13,6°. I terreni presenti in affioramento appartengono essenzialmente alla formazione delle Lave del 1875-1903 e conferiscono alla zona in esame un sostanziale positivo grado di stabilità globale.

Le condizioni di pericolo segnalate riprendono quanto riportato nella perimetrazione del PSAI e sono riferite essenzialmente alla presenza di settori localizzati di versante ad elevate inclinazione in cui è possibile il verificarsi di crolli di masse rocciose e/o lo scivolamento gravitativo della coltre detritico-piroclastica.

Per quanto riguarda la Risposta Sismica Locale la Zona 10 rientra tra le Aree a bassa sismicità: $0.16 \leq Ag \leq 0.23$ con valore medio $Ag = 0.178$

ZONA 11- Aree a pericolo molto elevato per fenomeni di scivolamenti gravitativi (e/o crolli) prevalentemente rapidi

All'interno della Zona 11 si segnala la presenza di tre differenti ambiti geomorfologici ognuno con le proprie peculiarità ma tutti interessati da elevate condizioni d'instabilità. Nel complesso i valori medi d'inclinazione dei versanti sono alquanto elevati.

Il primo settore è quello del cono vulcanico del Vesuvio. In questo ambito l'elemento penalizzante ai fini della stabilità è la diffusa presenza in affioramento di una coltre piroclastica costituita dai prodotti dell'ultima eruzione (ceneri grigie di caduta e flusso del 1944).

Il basso grado di addensamento relativo di tali litotipi connesso alle elevate pendenze costituiscono, in concomitanza di periodi notevolmente

piovosi, le condizioni per l'instaurarsi di fenomeni di colate rapide tipo debris-flow.

Un ulteriore ambito ad elevato pericolo idrogeologico per frana è quello dei versanti che bordano la Collina del Salvatore (sulla cui sommità è ubicato l'Osservatorio Vesuviano).

Come già ampiamente accennato in precedenza in quest'area si rileva la presenza delle Piroclastiti di Avellino (base surge) a granulometria sottile e basso grado di addensamento.

Affiorano in prevalenza in un settore limitato in Località Novelle (versante occidentale della Collina del Salvatore) ove sono stati riportati alla luce da fenomeni erosionali e da attività estrattive.

Il versante in esame risulta in più parti inciso dall'azione erosiva delle acque in deflusso concentrato. All'interno di tali valloni il pericolo di colate rapide di fango è molto elevato.

Analoga condizione di instabilità la si rileva in corrispondenza del confine meridionale del territorio comunale di Ercolano con quello di Torre del Greco.

Anche in quest'area la presenza in affioramento delle piroclastiti di Avellino su versanti ad elevato angolo di scarpa determina l'insorgere di un elevato pericolo di fenomeni franosi generalmente di tipo scorrimento.

Confrontando i limiti della Zona 11 come cartografata nell'ambito del presente studio con le perimetrazioni eseguite in ambito PSAI si nota che nel primo caso è stata ampliata la superficie delle aree ad elevato pericolo di frana.

Ai fini della protezione del territorio è opportuno estendere a tutte le aree critiche sopra considerate le norme di salvaguardia riportate nel sopra citato PSAI, redatto dall'Autorità di Bacino competente sul territorio comunale di Ercolano. Tutti i settori appartenenti alla Zona 11 possono essere considerati:

Aree ad alta sismicità

$0.37 < Ag \leq 0.43$ con valore medio $Ag = 0.416$

In sintesi si ribadisce che il territorio comunale di Ercolano non presenta, se non in aree estremamente limitate, condizioni preoccupanti di pericolosità e rischio idrogeologico.

Anche da un punto di vista sismico si evidenzia una notevole omogeneità infatti, come già ricordato, le aree a bassa sismicità (con $Ag \leq 0.3$) occupano da sole il 95% del territorio comunale.

I valori maggiori di accelerazione sismica (valore medio $Ag = 0.416g$) si riscontrano solo in corrispondenza delle aree ad elevato rischio frana.

Carta delle M.O.P.S. (Tavola 11)

Basandosi sulle analisi di quanto sopra descritto, relative alla realizzazione della "Carta di microzonazione geosismica- Carta idro-geolito-morfologica" eseguita per la redazione del P.U.C. nel 2011 dal dott. R.

Guarino, lo scrivente ha proceduto alla stesura della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (M.O.P.S.).

Per la stesura del presente elaborato si è tenuto conto degli "Indirizzi e Criteri della Microzonazione Sismica" redatti dal Dipartimento della Protezione Civile ed approvati in seno alla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome nell'anno 2008 e successive aggiornamenti.

Tali indirizzi definiscono tre livelli di approfondimento nella microzonazione sismica di un territorio ovvero:

- *il livello 1 è un livello propedeutico ai veri e propri studi di microzonazione sismica, in quanto consiste in una raccolta di dati preesistenti, elaborati per suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee;*
- *il livello 2 è un livello che introduce l'elemento quantitativo associato alle zone omogenee, utilizzando ulteriori e mirate indagini, ove necessarie, definisce una vera carta di microzonazione sismica;*
- *il livello 3 restituisce una carta di microzonazione sismica con approfondimenti su tematiche o aree particolari.*

Nel caso in esame l'elaborato, redatto in scala 1:5.000, si riferisce al primo livello di approfondimento (livello1) ovvero consiste, come si evince dallo stesso titolo, in una Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (M.O.P.S.), così come recita la Delibera di Giunta Regionale della Campania n°118 del 27/05/2013.

Secondo gli indirizzi ed i criteri sopra enunciati, tali aree sono delle zone omogenee dal punto di vista geologico, geomorfologico e geologico-tecnico, scaturite anche dalle elaborazioni di indagini eseguite o di riferimento come sondaggi geognostici ed indagini sismiche.

Gli stessi "Indirizzi" nello studio di microzonazione sismica di livello 1 prevedono, per la stesura della Carta delle M.O.P.S., la rappresentazione di tre zone specifiche, ognuna delle quali può contenere al suo interno delle sottozone:

- *Zone Stabili, nelle quali non si ipotizzano effetti di modificazione del moto sismico e corrispondono ad aree con substrato geologico affiorante ($V_s > 800$ m/s) e con morfologia pianeggiante o poco inclinata (pendenza $< 15^\circ$);*
- *Zone Stabili suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico come effetto della situazione litostratigrafica e morfologica locale; tali zone sono caratterizzate dalla presenza di terreni di copertura, coltri di alterazione del substrato, substrato molto fratturato, o substrato caratterizzato da velocità di propagazione delle onde $V_s < 800$ m/s;*
- *Zone suscettibili di instabilità, caratterizzate da instabilità di versante (frane), liquefazione, presenza di faglie attive e capaci e cedimenti differenziali.*

È opportuno specificare che per l'elaborazione della carta in questione si è tenuto conto, anche delle zone del territorio comunale ricadenti in Siti

di Importanza Comunitaria (SIC) e Zone di Protezione Speciale (ZPS), quali il M.te Somma ed il Vesuvio, prima esclusi secondo quanto stabilito dai commi 4 e 5 dell'art.5 dell'O.P.C.M. 4007/2012.

Premesso che all'interno del territorio comunale non sono state rilevate "zone stabili", sono state individuate n. 3 zone stabili suscettibili di amplificazione ed n. 1 zona suscettibile di instabilità di versante.

Per ogni zona stabile suscettibile di amplificazione sono stati definiti i rispettivi modelli litostratigrafici dedotti dalle indagini geognostiche prese a riferimento, mentre la zona suscettibile di instabilità di versante corrisponde le aree del territorio classificate dal P.S.A.I. vigente a pericolosità da frana elevata e molto elevata (P_3 e P_4).

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

MOPS 2001: la Microzona 2001 è caratterizzata dalla presenza di depositi piroclastici indifferenziati (*flussi di cenere, fall di sabbie e pomici*), da addensati ad estremamente addensati, ascrivibili a diverse eruzioni storiche che ricoprono gran parte del centro urbano e della porzione settentrionale del territorio comunale. La velocità delle onde di taglio Vs nei primi trenta metri inferiori a 800 m/s.

MOPS 2002: la Microzona 2002, che occupa buona parte della porzione terminale della fascia pedemontana e di quella costiera nonché un settore del versante vesuviano, è contraddistinta dalla presenza di depositi piroclastici indifferenziati sciolti, con spessori generalmente compresi tra i 3 e i 10 metri con al letto banchi lavici di diverso spessore e/o grado di compattezza, caratterizzata da velocità delle onde di taglio Vs nei primi trenta metri inferiori a 800 m/s.

MOPS 2099: la Microzona 2099, che occupa poco meno della metà dell'intero territorio comunale (circa il 46%), è rappresentata dalla presenza del bedrock lavico scoriaceo fratturato, in affioramento, con spessori massimi pari a 3 metri passanti a piroclastiti a diverso grado di addensamento e spessore. Anche in questo caso, la velocità delle onde di taglio Vs nei primi trenta metri inferiori a 800 m/s.

ZONE DI ATTENZIONE PER INSTABILITÀ

Aree Instabili: aree comprese nelle MOPS 2001 e 2099 caratterizzate da instabilità di versante da crollo (nei termini litoidi) e da colata e/o scorrimenti rotazionali (nei termini piroclastici) ed aree a pericolosità P_3 e P_4 definite nel PSAI vigente.

Per la collocazione territoriale di tali aree si rimanda ai paragrafi 4,5 e 6.

11. Stabilità geologica del territorio comunale

La valutazione della stabilità geologica del territorio comunale è stata effettuata al fine di ottemperare alle prescrizioni della Legge Regionale n° 9/83 e s.m.i. in materia di analisi della stabilità del territorio, anche alla luce delle successive normative in materia di difesa suolo e della redazione dei Piani stralcio per l'assetto idrogeologico.

I documenti che riassumono la stabilità del territorio (*Tavola 04A – Tavola 04B – Tavola 11*) e che ne definiscono sostanzialmente le zone instabili, è il risultato della sovrapposizione delle varie cartografie redatte, assegnando un peso alle varie componenti analizzate (*litologia, morfologica, classi di pendenze, presenza di falda acquifera, aree a pericolosità da frana ed idraulica, MOPS instabili e suscettibili d'amplificazione etc.*).

Il territorio del comune di Ercolano è stato suddiviso nelle classi di instabilità, di seguito riportate:

Stabilità

-  Area stabile (affioramento di lave con pendenze < 30°)
-  Area mediamente stabile per fenomeni di crollo e/o ribaltamento (lave con pendenze tra 30° e 60°)
-  Area a bassa stabilità per fenomeni di crollo e/o ribaltamento (fronti lavici con pendenze > 60°)
-  Area mediamente stabile per fenomeni di scivolamento gravitativo (piroclastiti con pendenze < 30°)
-  Area a bassa stabilità per fenomeni di scivolamento gravitativo (piroclastiti con pendenze tra 30° e 60°)
-  Area instabile (piroclastiti con pendenze > 60°)

Aree instabili in condizioni sismiche

-  Aree suscettibili a crolli e/o ribaltamenti per affioramento di fronti lavici con inclinazioni superiori 60°
-  Aree suscettibili a scivolamenti gravitativi per affioramento di depositi incoerenti con pendenze superiori 30°

Classe di instabilità: elevata

Aree instabili in condizioni sismiche:

- *Aree suscettibili a crolli e/o ribaltamenti per affioramento di fronti lavici con inclinazioni superiori a 60°;*
- *Aree suscettibili a scivolamenti gravitativi per affioramento di depositi incoerenti con pendenze superiori a 30°;*

o caratterizzate dalla presenza di terreni piroclastici con pendenza > 60°. Zone suscettibili di eventi alluvionali, di erosione costiera e di ingressione marina. Per queste aree gli interventi edificatori sono sconsigliati, possibili solo a seguito di approfonditi studi geologici e geotecnici ai sensi delle Norme di Attuazione del PSAI vigente approvate dalle autorità competenti (Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, etc.).

Classe di instabilità: media o moderata

Aree che comprendono zone mediamente stabili per fenomeni di scivolamento gravitativo (*piroclastiti con pendenze < di 30°*) o fenomeni

di ribaltamento e/o crolli nei materiali litoidi (*lave con pendenze comprese tra 30° e 60°*) o soggette ad eventi alluvionali.

In questa classe rientrano anche quelle aree costituite da terreni potenzialmente suscettibili di liquefazione per la presenza nella successione litologica di orizzonti non coesivi e in presenza della falda acquifera ad una profondità media inferior ai 15 m dal p.c..

In queste aree sono possibili interventi edificatori che devono essere sottoposti a verifica di compatibilità in funzione della pericolosità/vincolo vigente e delle condizioni di sito subordinati, inoltre, alla redazione di studi geologici e geotecnici ai sensi delle Norme di Attuazione del PSAI vigente.

Classe di instabilità: bassa

Aree in zone morfologicamente stabili, non soggette a eventi franosi e alluvionali. Aree classificate stabili suscettibili di amplificazione stratigrafica per eventi sismici per lo studio di Microzonazione Sismica. In queste aree sono ammissibili tutti gli interventi edificatori compatibili con la vincolistica sovraordinata; gli stessi devono essere però subordinati alla redazione di studi geologici e geotecnici ai sensi delle normative vigenti.

12. Conclusioni

Lo studio della componente geologica eseguito a corredo del PUC di Ercolano (Na), redatto secondo il quadro normativo regionale, è composto dagli elaborati tematici precedentemente elencati, che costituiscono parte integrante della presente relazione,

La valenza dei dati e delle prescrizioni contenute negli elaborati redatti a corredo del PUC è rapportata alla scala territoriale di indagine ed è adeguata per soddisfare il carattere conoscitivo ed informativo legato alla pianificazione di livello comunale.

Il significato "areale delle indicazioni riportate nelle cartografie, in particolar modo nelle cartografie di sintesi, non contrasta pertanto con l'eventualità che all'interno di una zona comunque classificata, a seguito di indagini di maggior dettaglio, si riscontrino situazioni diversamente classificabili.

Va sottolineato che per le parti di territorio ricadenti in aree a pericolosità da frana ed idraulica, come già menzionato, si rimanda alle norme tecniche del P.S.A.I. e alla relativa prescrizione degli studi di compatibilità geologica, geotecnica ed idraulica secondo le Norme Tecniche di Attuazione per gli interventi realizzabili così come, per le porzioni del territorio ricadenti in zone sottoposte al vincolo idrogeologico i cui riferimenti normative sono di seguito elencati (*R.D.L. 3267/1923 – R.D.L. 1126/1926 - Art. 23 L.R.11/96 e s.m.i. – Art. 149 comma 6 R. A. n.03/2017 e s.m.i.*)

Per gli aspetti geologici inerenti gli interventi sul suolo o nel sottosuolo, in attuazione del PUC, in qualsiasi zona urbanistica si rimanda, invece, alle prescrizioni ed indicazioni delle normative nazionali (NTC 2018) e regionali vigenti, secondo cui a supporto di progettazioni di tipo puntuale occorrerà realizzare indagini geologiche e geognostiche estese a tutta l'area interessata dall'intervento e ad un suo congruo intorno (*area di possibile influenza*), valutando sia lo stato di fatto che la situazione conseguente alle modificazioni che si intendono realizzare.

Il Geologo
Dott. Geol. Vincenzo Bosso



