Osservazioni circa il rischio connesso al progetto geotermico pilota denominato "Serrara Fontana" (Cod.P15_ GAV_003, Rev.0 del 20.05.2015). Codice Procedura Ministero dello Sviluppo Economico:ID_VIP 3033.

DEL DOTT. GIUSEPPE MASTROLORENZO

VULCANOLOGO
I RICERCATORE – OSSERVATORIO VESUVIANO

In relazione al progetto per la realizzazione di una centrale geotermica nel comune di Serrara Fontana, sull'isola d'Ischia, il sottoscritto Giuseppe Mastrolorenzo, vulcanologo, I Ricercatore, presso l'Osservatorio Vesuviano Sezione di Napoli dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, a titolo personale e sulla base delle proprie conoscenze scientifiche in ambito geologico, geofisico e vulcanologico, acquisite in oltre trent'anni di attività di ricerca, con particolare riguardo all'area vulcanica attiva napoletana (Vesuvio, Campi Flegrei ed Ischia), secondo le normative vigenti, presenta le seguenti osservazioni, ai fini della valutazione di Impatto Ambientale presso il Ministero dell'Ambiente.

INTRODUZIONE

L'isola di Ischia, è parte del distretto vulcanico attivo campano (si veda bibliografia allegata). L'attuale assetto geologico strutturale dell'isola è il risultato di una intensa sequenza di complessi eventi che iniziano oltre 150,000 anni fa, e sono tutt'ora in atto .

Le varie fasi di formazione dell'Isola, identificate nelle recenti ricerche vulcanologiche, sono state caratterizzate da eventi eruttivi di natura esplosiva ed effusiva, eventi sismici in un esteso intervallo di magnitudo e profondità ipocentrale, eventi catastrofici di collasso calderico e rapidi sollevamenti di horst vulcano-tettonici, fenomeni bradisismici, eventi franosi a diversa scala, anche responsabili di catastrofiche modificazioni dei fondali marini, disastri idrogeologi e modificazioni dell'assetto geomorfologico dell'area.

La storia geologica recente dell'isola, nota sulla base di rilevamenti stratigrafici dei depositi superficiali, evidenze geo-archeologiche, e limitate fonti letterarie e documenti di archivio, ha rivelato una intensa dinamica e una stretta connessione tra il sistema magmatico, gli elementi strutturali, il sistema geotermico, l'attività sismica e l'evoluzione geomorfologica.

Eventi eruttivi, terremoti, frane, modificazioni dei campi fumarolici ed eventi bradisismici, hanno marcato la storia evolutiva del complesso vulcanico, con dirette implicazioni per le comunità residenti sull'isola, nel corso dei secoli.
L'ultima eruzione documentata, produsse la colata lavica dell'Arso nel 1302, preceduta da una intensa e diffusa attività effusiva ed esplosiva, avvenuta nel corso dei millenni precedenti.
Il terremoto del 28 luglio del 1883, associato ad intensi fenomeni franosi, che causò la devastazione totale di Casamicciola, è solo l'evento più impressionante e meglio documentato in epoca storica, ma altri terremoti con intensità locale anche superiore al IX grado MCS, sono documentati nei secoli precedenti .
L'isola è attualmente interessata da una intensa attività geotermica con diffusi campi fumarolici e da modesta attività sismica, ma, benché sia nota la sua pericolosità vulcanica, sismica ed idrogeologica, e siano attivi sistemi di monitoraggio, a fronte di cospicue risorse investite in attività di ricerca, non è ancora disponibile alcun piano di emergenza per la messa in sicurezza per le comunità residenti sull'isola, nonché dei visitatori valutati tra i 6 e 7 milioni di unità all'anno.
Nonostante la vasta bibliografia scientifica disponibile, le conoscenze sulla struttura sub-superficiale dell'isola, restano attualmente molte scarse, particolarmente per l'assetto geologico-stratigrafico, strutturale, sismo-tettonico, idrogeologico, geotermico e magmatologico.
Di fatto, sussistono tutt'ora soltanto modelli interpretativi generali della struttura anche superficiale che rendono del tutto azzardata qualsiasi attività che possa costituire una perturbazione del sistema vulcanico, con potenziali conseguenze disastrose, immediate e anche a lungo termine, non prevedibili e non valutabili, che interesserebbero oltre la popolazione residente, anche l'enorme numero di turisti, l'ambiente naturale, i siti di interesse storico archeologico e le attività umane.
Rinviando i dettagli circa le ricostruzioni dell'assetto geologico-strutturale, geomorfologico, magmatologico, idrogeologico e geotermico di Ischia alla bibliografia allegata, in estrema sintesi, è da rilevare come le conoscenze oggettive sull'isola siano limitate all'assetto geologico, stratigrafico e strutturale di superficie, alle datazioni radiometriche e su base archeologica, ai sondaggi effettuati prevalentemente nel secolo scorso, nonché ai limitati dati geofisici, geomagnetici, gravimetrici, sismologici, geodetici, di flusso di calore e ai dati geochimici rilevati in ridotto numero di punti di misura.
In pratica le conoscenze relativamente alla struttura più profonda dell'isola, eccetto che nei rari punti esplorati attraverso carotaggi, sono comprese tra qualche metro e qualche decina di metri.

Le sezioni geologico- strutturali riportate in varie pubblicazioni ed estese per chilometri di profondità, come è comune in geologia, sono il risultato di estrapolazioni e modelli strutturali, con risoluzione orizzontale e verticale dell'ordine di centinaia di metri o chilometri, che pur conservando un significato in termini di ipotesi o modelli, non possono essere adottate in termini operativi, a supporto di attività estrattive o di sfruttamento del sottosuolo, soprattutto nel caso che tali attività siano associate a rischi, come avviene per le trivellazioni profonde.
Di fatto il livello di conoscenza del sottosuolo dell'isola, può essere considerato del tutto irrilevante per fini applicativi.
Analogamente i complessi processi di interazione tra sistemi magmatici, strutture geologiche, sistemi idrogeologici e geotermici, e di questi con i campi di stress regionali e locali, sono stati solo oggetto di speculazioni scientifiche.
Tali lacune di conoscenza, comuni peraltro ad altri sistemi vulcanici attivi, sono alla base della assoluta imprevedibilità a breve e a lungo termine dell'evoluzione dell'area e di possibili eventi disastrosi di natura vulcanica, sismica, di deformazione del suolo ed idrogeologica, anche in presenza di un sistema di monitoraggio dei parametri geofisici e geochimici.
In pratica oltre alla imprevedibilità a lungo termine, di eventi disastrosi, anche in presenza di precursori non sarebbe possibile alcuna previsione in termini di probabilità di accadimento, entità e localizzazione dell'evento disastroso.
Con tali caratteristiche l'unica ragionevole strategia per la messa in sicurezza delle comunità a rischio da eventi disastrosi, sarebbe un piano di evacuazione efficace; ma a tutt'oggi non è disponibile alcun piano per i residenti dell'isola e i numerosissimi visitatori.

MODELLO STRUTTURALE SEMPLIFICATO, EVOLUZIONE E SISTEMA GEOTERMICO DELL'ISOLA DI ISCHIA

Il modello strutturale semplificato dell'isola di Ischia, condiviso, dai vari autori, comprende quattro elementi fondamentali :
l'Horst del Monte Epomeo, le aree marginali, gli alti strutturali di Monte Vezzi, Panza e Vico, il Graben di Ischia.
L'elemento strutturale più rilevante sull'isola, costituito dall'Horst del Monte Epomeo, con sollevamento di età inferiore a 33,000 anni, copre un'area di circa 20 Kmq, ed è bordato da complessi sistemi di faglie.
Sui processi responsabili del rapido sollevamento dell'Horst vulcano-tettonico, sono state presentate diverse ipotesi, che associano l'evoluzione cinematica dell'isola alla combinazione di eventi vulcano-tettonici ed al campo regionale di deformazione (Zuppetta et al. 1993) associano il

sollevamento dell'Epomeo a meccanismi di tipo push-up riconducibili a lineamenti trascorrenti su scala regionale (Alessio et al.1996).
Il sollevamento dell'Horst del Monte Epomeo, ha dominato nelle ultime decine di migliaia di anni, l'evoluzione dell'isola, l'attività vulcanica e gli eventi sismici ed idrogeologici, nonché l'assetto dei sistemi geotermici.
L'attività vulcanica, come l'attività sismica, si è localizzata lungo i bordi dell'Horst in prossimità dei sistemi di faglie attive; analogamente elevatissimi livelli di instabilità dei versanti, caratterizzano da millenni le aree che bordano l'Horst vulcano- tettonico, a causa degli effetti combinati di elevate pendenze, elevate potenze di depositi piroclastici rimaneggiati, in gran parte derivati da erosione e rideposizione della formazione del Tufo Verde del Monte Epomeo, sollecitazioni sismiche lungo faglie attive sismo-genetiche, processi erosivi e precipitazioni eccezionali.
Anche l'attività idrotermale dell'isola è strettamente connessa al sistema di strutture che borda l'Horst dell'Epomeo, con la massima concentrazione di sistemi di fumarole e sorgenti termali, lungo le faglie che ad ovest delimitano il blocco sollevato del Tufo Verde dell'Epomeo.
Analogamente i valori massimi di anomalie del radon, sono localizzati lungo gli stessi sistemi di faglia, ed in particolare lungo le strutture bordanti il settore sud-ovest dell'Horst.
Relativamente a struttura, profondità, estensione laterale, così come alle proprietà meccaniche, termo-fluidodinamiche del sistema idrotermale ipotizzato tra la superficie ed il corpo magmatico localizzato su base modellistica alla profondità di circa di 2 km (Carlino et al. 2014), sono disponibili scarsissime evidenze dirette.
Secondo alcuni autori, il sistema geotermico sarebbe limitato lateralmente dalla formazione impermeabile del Tufo Verde dell'Epomeo, e sulla base dei pochi dati, relativi ai soli pozzi trivellati dalla società SAFEN, in prossimità dei sistemi di faglie sud-occidentali del Monte Epomeo, sarebbe individuabile una riserva geotermica superficiale con profondità compresa tra 150 e 600 metri, temperatura compresa tra i 150 e 200 gradi, e pressione dell'ordine di 4 MPa.
Una riserva a profondità superiore ai 900 metri, raggiungerebbe temperature di circa 300 gradi con pressioni di circa 9 MPa .
Relativamente a entrambi i sistemi non è disponibile al momento alcun ulteriore dettaglio, ed in particolare non esistono evidenze che consentano di ricostruire l'estensione laterale, i corpi geologici interessati e le relazioni tra i principali elementi strutturali del bordo sud-occidentale del Monte Epomeo, (noti solo in superficie), ed i sistemi geotermici.
Proprio in questo settore dell'isola, in prossimità dei sistemi di faglie attive che delimitano l'Horst vulcano-tettonico dell'Epomeo, a sud-ovest è localizzata l'area destinata al permesso di ricerca nel comune di Serrara Fontana, in attesa di valutazione da parte del Ministero dell'Ambiente.

Relativamente alla documentazione allegata dalla società proponente del progetto pilota Serrara Fontana, il geologo, dott. Romeo M. Toccaceli, in osservazioni inviate al Ministero dell'Ambiente e disponibile in rete, dichiara che i dati riportati dalla società proponente negli elaborati progettuali allegati, relativamente agli elementi geologici strutturali profondi, sono quelli da lui riportati in un progetto precedente relativo alle aree di Monte Corvo, presso il campo sportivo di Panza, Comune di Forio, q.120 m slm, e all'area denominata "Arenella", presso l'ex compattatore di Ischia, q. 90 m sml.
Per quanto riportato dal dott. Toccaceli, i dati sul sottosuolo relativi a tali aree non sarebbero validi per il sito del progetto pilota Serrara Fontana, che pertanto mancherebbe di una adeguata documentazione geologico-strutturale.
Per tali motivi il dott. Toccaceli dichiara : "*.... Ritengo, quindi, che ogni altro utilizzo del mio contributo e menzione del mio nome in contesti e/o procedimenti progettuali diversi, sia da ritenersi inopportuno, non condiviso da un punto di vista tecnico-scientifico e lesivo della figura professionale....*".
Tali dichiarazioni, dimostrano come nella generale scarsità di dati sul sottosuolo del sito di perforazione sia aggiungano ulteriori elementi di confusione a causa dell'adozione di stratigrafie relative ai siti totalmente diversi, aumentando così il livello di assoluta incertezza circa le proprietà dei terreni che dovrebbero essere attraversati dalle trivelle.

RISCHI CONNESSI ALLE ATTIVITA' DI TRIVELLAZIONE, ESTRAZIONE E REINIEZIONE DI FLUIDI

Una vasta letteratura mondiale, documenta i rischi connessi ad attività di trivellazione in generale. Tra i più comuni sono osservati gli inneschi di eventi sismici e sequenze sismiche, anche prolungate nel tempo, le esplosioni o eruzioni dei pozzi, con innesco di fuoriuscite di fluidi anche per lunghi periodi di tempo, processi di subsidenza del suolo, alterazioni delle falde acquifere ed eventi franosi.
Per tali motivazioni i siti di perforazione sono generalmente posti a distanza dai centri abitati, in aree non interessate da strutture tettoniche attive.
Nel caso delle aree vulcaniche attive i rischi citati sono notevolmente amplificati dagli elevati valori di gradiente termico e di pressione, nonché dalla presenza di fluidi circolanti anche tossici e dalla presenza di sistemi magmatici anche superficiali.
Trivellazioni in aree vulcaniche, in numerosi casi hanno comportato conseguenze disastrose, tra gli esempi più noti sono da citare il vulcano

Luci a Java, vulcano di fango, prodotto dall'eruzione di un pozzo profondo avvenuta nel 2006, che per anni, con un flusso ininterrotto ha portato alla luce oltre 90 milioni di metri cubi di fango, proveniente da depositi profondi, che ha coperto un'area di alcuni Kmq, con spessore di decine di metri, rendendo necessaria l'evacuazione di decine di migliaia di persone, con danni economici di alcuni miliardi di dollari.
Altri esempi riguardano la caldera del Fogo (Sao Miguel Azzorre), dove da alcuni anni è in corso una estesa modificazione dell'area intorno al pozzo a seguito di una esplosione di un pozzo finalizzato alla realizzazione di impianti geotermici, ad una profondità di circa 600 metri, con la conseguente generazione di sequenze sismiche e di sistemi di fratture al suolo interessate dalla formazione di campi fumarolici diffusi.
E' da notare, come il pozzo esploso fosse localizzato a poca distanza da un impianto geotermico, già produttivo, presso il bordo di una caldera, con caratteristiche analoghe al sistema geotermico ischitano; queste circostanze, confermano, l'estrema imprevedibilità delle attività di trivellazione in sistemi geotermici.
Tali eventi hanno reso necessaria l'evacuazione di estese aree. Molto frequente a livello mondiale è l'attività sismica indotta, con magnitudo, anche superiori al 4 grado Richter, soprattutto in casi di reiniezione di fluidi in prossimità di faglie sismogenetiche, come è stato denunciato nel caso delle recenti sequenze sismiche in Emilia, presso Basilea, in Oklahoma e in Olanda, dove recentemente si è valutato, il costo per i danni prodotti dai processi di subsidenza indotti dalle reiniezioni di fluidi in aree urbanizzate, in circa 30 miliardi di euro.
Tra i vari casi di effetti derivanti da trivellazioni in aree vulcaniche sono documentate eventi sismici al Monte Amiata, nonché l'esplosione di un pozzo profondo nella caldera attiva dei Campi Flegrei.
D'altra parte, nel progetto pilota a Serrara Fontana è prevista la possibilità di generazione di eventi sismici indotti, di magnitudo superiore a 2, ma non sono esplicitate le motivazioni di tale limite in un'area con magnitudo massima attesa molto superiore, e localizzata in prossimità delle aree epicentrali di eventi sismici recenti (ad esempio, il terremoto del 5 aprile 2008, studiato da Cubellis e Marturano).
Il sito prescelto per le trivellazioni a Serrara Fontana, dista soltanto di qualche chilometro, dalle importanti strutture tettoniche attive responsabili degli eventi distruttivi avvenuti negli ultimi secoli, ed in particolare del terremoto di Casamicciola del 1883.
Il progetto pilota in oggetto prevede la realizzazione di pozzi di estrazione e pozzi di reiniezione, da una quota di circa 500 metri, sui versanti acclivi del Monte Epomeo, fino ad una profondità di 1300 metri, che porterebbe la perforazione al di sotto del Monte Epomeo, in prossimità dell'area ipocentrale del terremoto del 5 aprile 2008, definita da Cubellis e

letteratura, di modellistica teorica e fisica, riguardante i fenomeni di "flashing, esplosioni termiche, boiling-point eruption, gas eruption e mixing eruption.
Tali fenomenologie esplosive, associate a rapida decompressione e transizione di fase, di fluidi ad alta pressione e temperatura, sono possibili, nelle aree ad alto gradiente di temperatura, come il sistema geotermico di Ischia, già a profondità di alcune decine di metri.
Ricerche condotte dal sottoscritto, anche in collaborazione con il dott. Giuseppe De Natale, referente dichiarato per il progetto di perforazione ad Ischia, e pubblicate su riviste internazionali alla fine degli anni ' 90, dimostrano l'estrema instabilità dei sistemi geotermici, sotto l'effetto anche di minime perturbazioni termiche e meccaniche, in profondità, con evoluzione imprevedibile e possibili conseguenze catastrofiche.
Tali condizioni possono essere indotte proprio da attività di trivellazione.
Si è dimostrato inoltre, come i fenomeni bradisismici, di sollevamento e abbassamento del suolo siano strettamente legati alle proprietà termo-fluidodinamiche del sistema e alle modificazioni di tali proprietà.
Altri approcci teorici e numerici, hanno dimostrato come l'improvviso trasferimento di calore e pressione, in mezzi compressibili saturi di fluidi, possa causare deformazioni del suolo e sismicità, e come il regime avvettivo o conduttivo sia strettamente collegato ai valori di permeabilità.
Di conseguenza la variazione di permeabilità, che può indotta da azioni quale le attività di perforazione, estrazione e reiniezione possano modificare le proprietà termo-fluidodinamiche del mezzo e di conseguenza le entità del flusso di massa e di calore.
In particolare, attraverso un approccio numerico, Bonafede et al. (1991), hanno dimostrato le strette correlazioni tra la migrazione di fluidi e le deformazioni del suolo, durante l'ultima crisi bradisismica dei Campi Flegrei.
E' stato dimostrato inoltre, come episodi di migrazione di fluido, possano causare aumento di pressione di poro fino a valori litostatici e quindi abbassare in modo sostanziale la soglia di stabilità di una regione di faglia con ovvie implicazioni di carattere sismogenetico.
Nel caso del sottosuolo dell'area di Serrara Fontana, elevati valori di gradiente di temperatura e flusso di fluidi verso la superficie, combinati con la presenza di strutture tettoniche attive, la cui geometria in profondità è totalmente sconosciuta, analogamente alla sequenza verticale e laterale delle unità stratigrafiche e dei sistemi geotermici, rende assolutamente imprevedibile il possibile effetto di sollecitazioni e perturbazioni di natura meccanica, termica, e idraulica, derivanti dalle trivellazioni, e dalla estrazione e reinezione di elevatissime quantità fluidi ad alta temperatura in orizzonti di fatto sconosciuti.

La notevole distanza superiore ad un Km, tra le zone di estrazione e quelle di reiniezione in profondità, essendo sconosciute le proprietà di tali differenti zone e le eventuali discontinuità laterali e di separazione tra le stesse, rendono imprevedibili gli effetti della estrazione e reiniezione, e in particolare la reale efficacia di quest'ultima nella reintegrazione dei fluidi estratti. E' evidente come in assenza di diretta connessione, e omogeneità delle proprietà idrauliche e termiche, si potrebbe verificare una rapida riduzione del livello di saturazione e del flusso di calore nelle aree di estrazione con conseguenze su altri parametri critici, mentre si verificherebbe un aumento di saturazione, pressione di fluido di poro e degli altri parametri associati, nelle zone di reiniezione.
Tali considerazioni evidenziano come gli effetti di attività estrattive siano sostanziali, rilevanti e funzione della durata delle attività stesse.
Per le ragioni descritte, sono assolutamente non prevedibili le conseguenze di estrazione e di reiniezione di fluidi a temperature diverse, in siti diversi (con proprietà sconosciute) e con flusso di massa differente, in termini di modificazione della temperatura, della pressione di fluido di poro, del livello di saturazione, del regime di flusso profondo e delle modificazioni del rapporto tra pressione idrostatica e pressione di poro, e di conseguenza dell'insorgenza di processi di rottura.
Queste condizioni implicano una assoluta imprevedibilità delle entità dei processi di deformazione del suolo, della sismicità indotta, e di eventuali processi esplosivi.
Relativamente all'eventuale innesco di fenomeni franosi sui versanti ad elevata pendenza, posti a monte e a valle del sito scelto per le trivellazioni, non essendo noti i valori dei parametri geometrici e meccanici, delle unità potenzialmente coinvolte in processi franosi, né le eventuali superfici di scorrimento e gli attuali valori di deformazione e sforzi applicati, non è possibile prevedere l'effetto delle attività di trivellazione, della modificazione degli acquiferi superficiali e delle sollecitazioni sismiche indotte sull'innesco di processi franosi.
Le insufficienti conoscenze dell'assetto geologico-strutturale e termo-fluidodinamico del sistema, all'interno del quale è previsto il progetto di trivellazione, e la mancanza di modelli robusti e affidabili sul comportamento di tali sistemi, a seguito di attività di trivellazione, e la presenza di una elevata popolazione residente nell'area, nonché di una intensa frequentazione turistica, durante l'intero corso dell'anno, renderebbero estremamente rischiosa l'attività di trivellazione e di sfruttamento dell'energia geotermica, in evidente violazione del principio di precauzione.
Di fatto sarebbero esposte a rischio decine di migliaia di persone, o anche un numero maggiore, in caso di eventi disastrosi di maggior portata.

Oltre ai rischi immediati, come anche previsti da modelli di calcalo di processi termo-fluidodinamici in mezzi porosi, (vedi Carlino et al. 2014), modificazioni sostanziali del sistema profondo si verificano anche a lungo termine, (su una scala temporale di alcuni decenni).
Utilizzando il modello Tuff 2, si può infatti prevedere la generazione di una estesa modificazione di temperatura, pressione, e regime di circolazione dei fluidi in un raggio di centinaia di metri, centrato presso la massima profondità del pozzo in un periodo di circa trent'anni, a partire dall'inizio delle attività estrattive.
Le conseguenze di tale modificazione profonda sono del tutto imprevedibili.
Per le ragioni riportate e vista l'assoluta impossibilità di previsione di eventi disastrosi su base teorica, empirica, o attraverso il monitoraggio delle attività di trivellazione e sfruttamento, qualsiasi attività di trivellazione, sia profonda, sia superficiale sull'isola di Ischia, ed in particolare nel comune di Serrara Fontana, è da considerare rischiosa, e quindi da evitare nell'interesse comune, nel rispetto del principio di precauzione, e ai fini della salvaguardia dell'ambiente naturale, della vocazione naturalistica, archeologica e turistica e termale dell'isola, sia per il presente sia in prospettiva futura.
Considerando inoltre, che relativamente al permesso di ricerca per i fluidi geotermici – Tirreno Meridionale I, relativo al Vulcano sottomarino Marsili, con motivazione, inadeguatezza dei dati acquisiti e delle valutazioni del rischio, la commissione preposta ha fornito parere negativo alla esclusione a VIA e VAS , in data 12/12/14, si chiede di non autorizzare il progetto.

Distinti saluti

li

Napoli, 7 agosto 2015

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFI ESSENZIALI

Acocella V, Funiciello R. The interaction between regional and local tectonics during resurgent doming: the case of the island of Ischia, Italy. Journal of Volcanology and Geothermal Research 1999;88:109-123.

Alessio G, Esposito E, Ferranti L, Mastrolorenzo G, Porfido S. Correlazione tra sismicità ed elementi strutturali nell'isola di Ischia. Il Quaternario, Italian Journal of Quaternary Sciences 9(1), 1996, 303-308.

Bonafede . M (1991). Hot fluid migration : an efficient source of ground deformation to the 1983-1985 crisis at Campi Flegrei- Italy, J. Volc. Geothermal. Res. 48, 187-197.

Brown R, Orsi G, de Vita S. New insights into Late Pleistocene explosive volcanic activity and caldera formation on Ischia (southern Italy). Bulletin of Volcanology 2008;70(5):583-603. doi:10.1007/s00445-007-0155-0.

Civetta L, Gallo G, Orsi G. Sr- and Nd-isotope and trace-element constraints on the chemical evolution of the magmatic system of Ischia (Italy) in the last 55 ka. Journal of Volcanology and Geothermal Research 1991;46:213-230.

Â Crisci G M, De Francesco A M, Mazzuoli R, Poli G, Stanzione D. Geochemistry of recent volcanics of Ischia Island, Italy: Evidences of crystallization and magma mixing. Chemical Geology 1989;78:15-33.

de Vita S, Sansivero F, Orsi G, Marotta E, Piochi M. Volcanological and structural evolution of the Ischia resurgent caldera (Italy) over the past 10 k.y. In: Groppelli G, Viereck-Goette L, editors. Stratigraphy and Geology of Volcanic Areas. Geological Society of America, Special Papers. Vol. 464. 2010. p. 193-241.

S. Carlino, R. Somma, A. Troiano, M.G. Di Giuseppe, C. Troise, G. De Natale

The geothermal system of Ischia Island (southern Italy): Critical review and sustainability analysis of geothermal resource for electricity generation Renewable Energy 62 (2014) 177e196

Caliro S, Panichi C, Stanzione D. Variation in the total dissolved carbon isotope composition of thermal waters of the Island of Ischia (Italy) and its implica- tions of volcanic surveillance. J Volcanol Geotherm Res 1999;90:219e40.

Chiodini G, Avino R, Brombach T, Caliro S, Cardellini C, De Vita S, et al. Fumarolic and diffuse soil degassing west of Mount Epomeo, Ischia, Italy.

J Volcanol Geotherm Res 2004;133(1e4):291e309.

Vezzoli, L., 1988. Island of Ischia. C.N.R. Quaderni Ricerca ScientiÂ¢ca 114, Roma.

Roberto Moretti, Ilenia Arienzo, Giovanni Orsi, Lucia Civetta and Massimo Dâ€™Antonio. The Deep Plumbing System of Ischia: a Physico-chemical Window on the Fluid-saturated and CO2-sustained Neapolitan Volcanism (Southern Italy). J. Petrology (2013)doi: 10.1093/petrology/egt002

Lucia Pappalardo and Giuseppe Mastrolorenzo, (2012). Rapid differentiation in sill-like magma reservoir: a case study from the Campi Flegrei caldera. Nature's Scientific Reports 2, Article number: 712 doi:10.1038/srep00712.

B. Scaillet, M. Pichavant & R. Cioni,Upward migration of Vesuvius magma chamber over the past 20,000 years Nature 455, 216-219 (11 September 2008) | doi:10.1038/nature07232; Received 23 April 2008; Accepted 4 July 2008

Pappalardo L., Mastrolorenzo G. (2010). Short residence times for alkaline Vesuvius magmas in a multi-depth supply system: Evidence from geochemical and textural studies. Earth Planet Sci Lett, doi: 10.1016/j-epsl.2010.05.010

De Natale G, Troise C., Pingue F., Mastrolorenzo G. & Pappalardo L. 2006. The Somma–Vesuvius volcano (Southern Italy): structure, dynamics and hazard evaluation. Earth Science Reviews, 74, 73-111.

De Natale G, Troise C, Pingue F, Mastrolorenzo G, Pappalardo L, Battaglia M, & Boschi E, 2006. The Campi Flegrei Caldera: unrest mechanisms and hazards. The Geological Society, London, 269, 25-45.

Paola Marianelli, Alessandro Sbrana, Monica Proto Magma chamber of the Campi Flegrei supervolcano at the time of eruption of the Campanian IgnimbriteGeology 11/2006; 34:937-940. DOI:10.1130/G22807A.1

Wohletz, K.; Civetta, L.; Orsi, G.Thermal evolution of the Phlegraean magmatic system Source: Journal of Volcanology and Geothermal Research, Volume 91, Number 2, August 1999 , pp. 381-414(34)

D'Oriano C., Poggianti E., Bertagnini A., Cioni R., Landi P., Polacci M., Rosi M. (2004). Changes in eruptive style during the A.D. 1538 Monte Nuovo eruption (Phlegrean Fields, Italy): the role of syn-eruptive crystallization. Bull Volcanol DOI: 10.1007/s00445-004- 0397-z

Mastrolorenzo G and Pappalardo L, 2006. Magma degassing and crystallization processes during eruptions of high-risk Neapolitan -volcanoes: Evidence of common equilibrium rising processes in alkaline magmas. EPSL, 250, 164-181.

Piochi M, Mastrolorenzo G, Pappalardo L, 2005. Magma ascent and eruptive processes from textural and compositional features of Monte Nuovo pyroclastic products. Bull. Volcanol. 67, 663-678.

B. Scaillet, M. Pichavant & R. Cioni,Upward migration of Vesuvius magma chamber over the past 20,000 years Nature 455, 216-219 (11 September 2008) | doi:10.1038/nature07232; Received 23 April 2008; Accepted 4 July 2008

Pappalardo L., Mastrolorenzo G. (2010). Short residence times for alkaline Vesuvius magmas in a multi-depth supply system: Evidence from geochemical and textural studies. Earth Planet Sci Lett, doi: 10.1016/j-epsl.2010.05.010

De Natale G, Troise C., Pingue F., Mastrolorenzo G. & Pappalardo L. 2006. The Somma–Vesuvius volcano (Southern Italy): structure, dynamics and hazard evaluation. Earth Science Reviews, 74, 73-111.

De Natale G, Troise C, Pingue F, Mastrolorenzo G, Pappalardo L, Battaglia M, & Boschi E, 2006. The Campi Flegrei Caldera: unrest mechanisms and hazards. The Geological Society, London, 269, 25-45.

Paola Marianelli, Alessandro Sbrana, Monica Proto Magma chamber of the Campi Flegrei supervolcano at the time of eruption of the Campanian IgnimbriteGeology 11/2006; 34:937-940. DOI:10.1130/G22807A.1

Wohletz, K.; Civetta, L.; Orsi, G.Thermal evolution of the Phlegraean magmatic system Source: Journal of Volcanology and Geothermal Research, Volume 91, Number 2, August 1999 , pp. 381-414(34)

D'Oriano C., Poggianti E., Bertagnini A., Cioni R., Landi P., Polacci M., Rosi M. (2004). Changes in eruptive style during the A.D. 1538 Monte Nuovo eruption (Phlegrean Fields, Italy): the role of syn-eruptive crystallization. Bull Volcanol DOI: 10.1007/s00445-004- 0397-z

Mastrolorenzo G and Pappalardo L, 2006. Magma degassing and crystallization processes during eruptions of high-risk Neapolitan -volcanoes: Evidence of common equilibrium rising processes in alkaline magmas. EPSL, 250, 164-181.

Piochi M, Mastrolorenzo G, Pappalardo L, 2005. Magma ascent and eruptive processes from textural and compositional features of Monte Nuovo pyroclastic products. Bull. Volcanol. 67, 663-678.

T. H. Druitt, F. Costa, E. Deloule, M. Dungan & B. Scaillet
Decadal to monthly timescales of magma transfer and reservoir growth at a caldera volcano
Nature 482, 77–80 (02 February 2012) doi:10.1038/nature1070

Giuseppe De Natale Claudia Troise Folco Pingue
A mechanical fluid-dynamical model for ground movements at Campi Flegrei calderaJournal of Geodynamics2001 | 32 | 4-5 | 487-517

Warner Marzocchi, Lucia Zaccarelli
A quantitative model for the time-size distribution of eruptions
Journal of Geophysical Research: Solid Earth (1978–2012) Volume 111, Issue B4, April 2006

Pappalardo L., Ottolini L., Mastrolorenzo G., 2008. The Campanian Ignimbrite (Southern Italy) geochemical zoning: insight on the generation of a super-eruption from catastrophic differentiation and fast withdrawal. Contributions to Mineralogy and Petrology, 156:1-26.

F. S. GaetaG. De NataleF. PelusoG. MastrolorenzoD. CastagnoloC. TroiseF. PingueD. G. MitaS. Rossano Genesis and evolution of unrest episodes at Campi Flegrei caldera: The role of thermal fluid-dynamical processes in the geothermal system Journal of Geophysical Research: Solid Earth (1978–2012)Volume 103, Issue B9, pages 20921–20933, 10 September 1998

Quantitative models for magma degassing and ground deformation (bradyseism) at Campi Flegrei, Italy: Implications for future eruptions 2007, Bodnar, R. J.; Cannatelli, C.; De Vivo, B.; Lima, A.; Belkin, H. E.; Milia, A. Geology, 35: 791 – 794

Mastrolorenzo, G., L. Pappalardo, C. Troise, A. Panizza, and G. De Natale (2008), Probabilistic Tephra Hazard Maps for the Neapolitan Area: Quantitative Volcanological Study of Campi Flegrei Eruptions, J. Geophys. Res., 113, B07203, doi:10.1029/2007JB004954.

Mastrolorenzo G , Pappalardo L, Troise C., Rossano, S., Panizza, A., De Natale, G., 2006. Volcanic hazard assessment at Campi Flegrei caldera. Geological Society, London, 269, 159-171.

A. Costa, F. Dell'Erba, M. A. Di Vito, R. Isaia, G. Macedonio, G. Orsi, T. Pfeiffer
Tephra fallout hazard assessment at the Campi Flegrei caldera (Italy)
April 2009, Volume 71, Issue 3, pp 259-273 Bulletin of Volcanology

G. Macedonio, A. CostaA. FolchAsh fallout scenarios at Vesuvius: Numerical simulations and implications forhazard assessment Journal of Volcanology and Geothermal Research

Jacopo Selva, Warner Marzocchi, Paolo Papale, Laura Sandri Operational eruption forecasting at high-risk volcanoes: the case of Campi Flegrei, Naples: http://www.appliedvolc.com/content/1/1/5.

Giovanni Orsi, Mauro Antonio Di Vito, Jacopo Selva, Warner Marzocchi Long-term forecast of eruption style and size at Campi Flegrei caldera(Italy)
http://www.deepdyve.com/lp/elsevier/long-term-forecast-of-eruption-style-and-size-at-campi-flegrei-caldera-8G9QdFd9rT

Warner Marzocchia, Corresponding author contact information, E-mail the corresponding author, Christopher Newhall, Gordon WooThe scientific management of volcanic crises
http://www.globalvolcanomodel.org/documents/JVGR_marzocchi_etal_12.pdf

Jacopo Selva, Giovanni Orsi, Mauro Antonio Di Vito, Warner Marzocchi, Laura Sandri Probability hazard map for future vent opening at the Campi Flegrei caldera, Italyhttp://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00445-011-0528-2

MARZOCCHI W., G. WOO, 2009. Principles of volcanic risk metrics: theory and the case study of Mt. Vesuvius and Campi Flegrei (Italy). J. Geophys. Res., 114, B03213

Giuseppe Mastrolorenzo Pierpaolo Petrone , Lucia Pappalardo , and Michael F. Sheridan The Avellino 3780-yr-B.P. catastrophe as a worst-case scenario for a future eruption at Vesuvius The National Academy of Sciences of the USA vol. 103 no. 12, 4366-4370

Giuseppe Mastrolorenzo ,Pierpaolo Petrone,Lucia Pappalardo,Fabio M. Guarino
Lethal Thermal Impact at Periphery of Pyroclastic Surges: Evidences at Pompeii PLOS ONE

Giuseppe Mastrolorenzo1, Pier P. Petrone2, Mario Pagano3, Alberto Incoronato4, Peter J. Baxter5, Antonio Canzanella6 & Luciano Fattore7
Herculaneum victims of Vesuvius in ad 79 Nature 410, 769-770 (12 April 2001) | doi:10.1038/35071167

Rossano S., Mastrolorenzo G., De Natale G. & Pingue F. (1996). Computer simulation of pyroclastic flow movement: an inverse approach. Geophys. Res. Lett., 23 (25): 3779-3782.

Mastrolorenzo, G., and L. Pappalardo (2010), Hazard Assessment Of Explosive Volcanism At Somma-Vesuvius, J. Geophys. Res., 115, B12212, doi:10.1029/2009JB006871.

S. Rossano, G. Mastrolorenzo, G. De Natale, F. Pingue
Computer simulation of pyroclastic flow movement: An inverse approach
Geophysical Research Letters Volume 23, Issue 25, pages 3779–3782, 15

PEC DVA

Da:	Per conto di: dottgmastrolorenzo@arubapec.it <posta-certificata@pec.aruba.it>
Inviato:	venerdì 7 agosto 2015 23:41
A:	DGSalvaguardia.Ambientale@PEC.minambiente.it
Oggetto:	POSTA CERTIFICATA: Osservazioni progetto geotermico pilota denominato Serrara Fontana
Allegati:	daticert.xml; postacert.eml (77,8 KB)

--Questo è un Messaggio di Posta Certificata--

Il giorno 07/08/2015 alle ore 23:41:08 (+0200) il messaggio con Oggetto
"Osservazioni progetto geotermico pilota denominato Serrara Fontana" è stato inviato dal mittente
"dottgmastrolorenzo@arubapec.it"
e indirizzato a:
DGSalvaguardia.Ambientale@PEC.minambiente.it
Il messaggio originale è incluso in allegato, per aprirlo cliccare sul file "postacert.eml" (nella webmail o in alcuni client di posta l'allegato potrebbe avere come nome l'oggetto del messaggio originale).
L'allegato daticert.xml contiene informazioni di servizio sulla trasmissione
L'identificativo univoco di questo messaggio è: opec275.20150807234109.10760.02.1.18@pec.aruba.it