La caldera dei Campi Flegrei - La Solfatara di Lucia Civetta

La caldera dei Campi Flegrei

L'età di inizio del vulcanismo ai Campi Flegrei non è nota. I prodotti vulcanici più antichi sono esposti lungo la falesia e le scarpate che delimitano l'alto morfologico di Monte di Procida, lungo le pareti che delimitano la collina di Cuma, lungo le scarpate che bordano a nord le piane di Quarto e Soccavo e anche in perforazioni effettuate nella parte nord-orientale della città di Napoli.

L'unità vulcanica più antica datata ha un'età ottenuta con il metodo radiometrico $40\text{Ar} / 39\text{Ar}$ di circa 80.000 anni b.p. (Pappalardo et al., 1998) ed occupa una posizione intermedia nella sequenza precedente all'eruzione dell'Ignimbrite Campana avvenuta 37.000 anni b.p.

L'Ignimbrite Campana è il prodotto dell'eruzione a più alta magnitudo dell'area mediterranea, coprì un'area di circa 30.000 km² con un volume di magma eruttato di circa 200 km³ e determinò un'ampia depressione (caldera) che interessò l'area Napoletano-Flegrea.

Dopo l'eruzione dell'Ignimbrite Campana e prima dell'eruzione del Tufo Giallo Napoletano, avvenuta 12.000 anni b.p., il vulcanismo generò edifici e depositi di cui attualmente sono preservati solamente dei residui che si rinvencono all'interno della caldera formatasi a seguito dell'eruzione dell'Ignimbrite Campana, alla sua periferia e nella parte meridionale della baia di Pozzuoli.

L'eruzione del Tufo Giallo Napoletano, la seconda per magnitudo dell'area, ebbe una storia molto complessa che ha determinato la formazione di una caldera di dimensioni minori all'interno di quella dell'Ignimbrite Campana. L'area coperta dal Tufo Giallo Napoletano è stata stimata intorno ai 1000 km², incluse le baie di Pozzuoli e Napoli. Il volume di magma eruttato fu di circa 40 km³.

Il fondo della caldera del Tufo Giallo Napoletano, negli ultimi 12.000 anni b.p., è stato sede di un'intensa attività vulcanica e di un fenomeno di deformazioni del suolo, avvenuti sia in tempi lunghi (risorgenza) che in tempi molto brevi (bradisismo), della sua parte centrale. In tale periodo sono avvenute almeno 61 eruzioni, tutte all'interno della caldera del Tufo Giallo Napoletano. I risultati di recenti indagini stratigrafiche e geocronologiche (Di Vito et al., 1998) evidenziano che il vulcanismo è stato caratterizzato da epoche di intensa attività, intercalate da periodi di quiescenza.

Il vulcanismo è stato concentrato in tre epoche comprese tra 12.000 e 9.500 anni b.p., 8.600 e 8.200 anni b.p., e 4.800 e 3.800 anni b.p. a cui è seguita l'ultima eruzione, nel 1538 AD. Le fasi di quiescenza hanno avuto durata variabile tra circa 1.000 e 3.500 anni b.p. Durante la prima e la seconda epoca i centri eruttivi erano localizzati lungo il margine strutturale della caldera, mentre nella terza epoca i centri erano localizzati prevalentemente nella parte nord-orientale della caldera del Tufo Giallo Napoletano, ad eccezione di due eruzioni che avvennero nella sua parte occidentale, nella stessa area in cui, dopo un periodo di quiescenza di circa 3.000 anni b.p., è avvenuta l'ultima eruzione che ha prodotto il Monte Nuovo,

nel 1538 d.C. L'ultima eruzione avvenuta nel 1538 A.D., i recenti eventi bradisismici del 1969-1972 e 1982-1984 e la diffusa attività fumarolica e idrotermale, testimoniano che il sistema magmatico è ancora attivo.

La Solfatara

Il vulcano Solfatara ha una forma quasi rettangolare di dimensioni 0,5 x 0,6 km. Esso si trova nella parte centrale della caldera dei Campi Flegrei, a circa 2 km ENE dalla città di Pozzuoli. La sua forma è dovuta principalmente alla presenza di faglie a direzione NO-SE e SO-NE.

Il vulcano è uno dei più recenti (circa 4.000 anni b.p.) della terza epoca di attività della caldera dei Campi Flegrei. Esso si è formato subito dopo i duomi lavici di Monte Olibano e Accademia che a loro volta sono successivi all'eruzione di Agnano Monte Spina (4100 anni b.p.; de Vita et al., 1998)

una delle più grandi degli ultimi 12.000 anni b.p., ed è precedente all'eruzione del vulcano di Astroni (3.800 anni b.p.; Di Vito et al. 1998).

L'eruzione della Solfatara ha determinato la formazione di un deposito piroclastico che ha uno spessore massimo di alcune decine di metri all'interno del cratere e nell'area immediatamente circostante. Esso è costituito da un'alternanza di livelli di ceneri fini e sabbiosi con livelli grossolani. Quest'ultimi sono maggiormente rappresentati nella parte bassa della sequenza e sono costituiti prevalentemente da frammenti litici e in misura minore da pomici.

I caratteri sedimentologici dei depositi indicano che l'eruzione è stata caratterizzata prevalentemente da fasi idromagmatiche con una buona interazione acqua magma e fasi magmatiche, con meccanismi deposizionali da flusso e da caduta. Il cratere è sede di un'intensa attività fumarolica e idrotermale sin da tempi greci. Le fumarole sono distribuite in diversi punti all'interno del cratere. Esse emettono gas e vapore ad alta temperatura. I gas emessi sono rappresentati prevalentemente da H₂O, CO₂, H₂S e minori quantità di N₂, H₂, CH₄, CO, He. La temperatura di emissione di questi gas arriva sino a 160°C. Le caratteristiche composizionali dei gas emessi indica che è presente una componente magmatica oltre che meteorica. Il modello più recente proposto (Chiodini et al., 1997), prevede la presenza di un sistema idrotermale diviso in tre parti:

- 1) una parte profonda ad alta temperatura rappresentata da una camera magmatica,
- 2) una parte intermedia rappresentata da uno o più acquiferi localizzati al disopra della camera e riscaldati da questa,
- 3) una parte superficiale rappresentata dai gas vaporizzati a seguito del riscaldamento dell'acquifero sottostante. Nel tempo le quantità dei gas emessi e la temperatura variano sia in relazione alle variazioni dei parametri atmosferici sia in relazione alle modifiche del sistema da cui hanno origine. In particolare durante le crisi bradisismiche la composizione delle fumarole ha subito variazioni significative ed è per questo che la composizione delle fumarole e la temperatura sono controllate periodicamente a scopo di previsione degli eventi.

Bibliografia

Chiodini G., Cioni R., Magro G., Marini I., Panichi C., Raco B., Russo M., - 1997 - Chemical and isotopic variations of Bocca Grande Fumarole (Solfatara volcano, Phlegraean Fields) *Acta Vulcanologica*, 8 (2): 228-232.

de Vita S., Orsi G., Civetta L., Carandente A., D'Antonio M., Di Cesare T., Di Vito M., Fisher R.V., Isaia R., Marotta E., Ort M., Pappalardo L., Southon J. - 1998 - The Agnano-Monte Spina eruption in the densely populated, restless Campi Flegrei caldera (Italy). *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, in rev. Di Vito M.A., Isaia R., Orsi G., Southon J., de Vita S., D'Antonio M., Pappalardo L., Piochi M. - 1998. Volcanism and deformation in the past 12 ka at the Campi Flegrei caldera (Italy). *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, in rev.

Pappalardo L., Civetta L., D'Antonio M., Deino A., Di Vito M., Orsi G., Carandente A., de Vita S., Isaia R., Piochi M., - 1988 - Chemical and isotopic evolution of the Phlegraean magmatic system before the Campanian Ignimbrite (37ka) and the Neapoli-tan Yellow Tuff (12ka) eruptions. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, in stampa.

Lucia Civetta Direttore dell'Osservatorio Vesuviano

The Phlegraean Fields Caldera - The Solfatara by Lucia Civetta

The Phlegraean Fields Caldera

It is not known when a volcanic activity started in the Phlegraean Fields. The oldest volcanic products are to be found along the walls that mark the limits of the hill of Cumae, by the side of the slopes that border the northern plains of Quarto and Soccavo, and also in borings made in the north-east area of the city of Naples.

The oldest volcanic unit has been dated with the $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ radio-metric method, and it is about 80.000 years b.p. (Pappalardo et al., 1998), covering an intermediate position in the sequence preceding the eruption of the Campanian Ignimbrite, which occurred 37.000 years b.p.

The Campanian Ignimbrite is the product of the eruption with the highest magnitude in the Mediterranean area. It covered a 30.000 km² area with a 200 km³ volume of magma erupted, and caused a wide depression (caldera) that affected the Neapolitan-Phle-graeen area. After the Campanian Ignimbrite eruption and before the Neapolitan Yellow Tuff eruption – occurred 12.000 years b.p.

– volcanism produced buildings and deposits of which only some residues are preserved today. They are to be found inside the caldera formed after the Campanian Ignimbrite eruption, at its periphery and in the south area of the bay of Pozzuoli.

The eruption of Neapolitan Yellow Tuff, the second for magnitude of the area, had a very complex history that led to the formation of a caldera of smaller dimensions inside that of the Campanian Ignimbrite.

The area covered by the Neapolitan Yellow Tuff has been estimated to be some 1.000 km², including the bays of Pozzuoli and Naples. The volume of magma erupted was about 40 km³. In the last 12.000 years b.p., the bottom of the Neapolitan Yellow Tuff caldera has been seat of an intense volcanic activity

and of a phenomenon of deformation of the ground in its central part, occurred both in long (rising) and in very short (brady-seism) times. In this period at least 61 eruptions occurred, all inside the Neapolitan Yellow Tuff caldera. The results of recent stratigraphical and geochronological surveys (Di Vito et al., 1998)

show that volcanism has been characterized by periods of intense activity intercalated by periods of quiescence. Volcanism was concentrated in three periods between 12.000 and 9.500 years b.p., 8.600 and 8.200 years b.p., and 4.800 and 3.800 years b.p., followed by the last eruption in 1538 AD. The phases of quiescence had duration ranging between some 1.000 and 3.500 years b.p. During the first and second epochs, the eruptive centers were localized along the structural edge of the caldera, whereas in the third period, the centers were localized mostly in the north-east area of the Neapolitan Yellow Tuff caldera, except for two eruptions that occurred in the western area, in the same place where, after a period of quiescence of some 3.000 years b.p., occurred the last eruption that brought to the formation of the Monte Nuovo, in 1538 AD. The last eruption of 1538 AD, the recent bradyseismic events of 1969-1972 and 1982-1984, and the widespread fumarole and hydrothermal activity testify that the magmatic system is still active .

The Solfatara

The Solfatara volcano has a rectangular shape of 0.5 x 0.6 km dimensions. It is situated in the central area of the Phlegraean Fields caldera, about 2 km ENE far from the town of Pozzuoli. Its shape is mostly due to the presence of faults at NW-SE and SW-NE .

The volcano is one of the most recent (about 4.000 years b.p.) of the third period of activity of the Phlegraean Fields caldera. It formed soon after the eruption of the Agnano Monte Spina (4.100

years b.p.; de Vita et al., 1998), one of the biggest in the last 12.000 years b.p., and it is former to the eruption of the

Astroloni volcano (3.800 years b.p.; Di Vito et al., 1998).

The eruption of the Solfatara caused the formation of a pyroclastic deposit with a thickness of some ten meters inside the crater and in the surrounding area. It is formed of an alternation of thin and sandy levels of ashes with coarse levels. The latter are mostly formed in the low area of the sequence, and they are formed of lithic fragments and of pumice stones.

The sedimentologic characters of the deposits show that the eruption was characterized by hydromagmatic phases with interaction of magma water and magmatic phases, with mechanisms of deposition due to flow and fall.

The crater has been seat of an intense fumarole and hydro thermal activity since the Greek age. The fumarole are spread in numerous parts inside the crater. They emit gas and vapor at high temperature. The gases emitted are mostly formed of H₂O, CO₂, H₂S and smaller quantities of N₂, H₂, CH₄, CO, He. The temperature of emission of these gases gets up to 160° C. The characteristics of the composition of the gases show that there is a magmatic component, besides a meteoric one. The most recent model proposed (Chiodini et al.; 1997) provides for the presence of a hydrothermal system divided in three parts: 1) a deep part at high temperature represented by a magmatic chamber; 2) an intermediate part represented by one or more aquifers localized above the chamber, which heats them; 3) a superficial part represented by the gases vaporized after the treatment of the aquifer below.

The quantities of gases and the water temperature change in time according to the variations in the atmospheric parameters and to the changes in the system which originated them. In particular, during the bradyseismic crises the composition of the fumarole has undergone significant variations. That is why the composition of the fumarole and the temperature are controlled periodically for the purpose of forecasting the events.

Bibliography:

Chiodini G., Cioni R., Magro G., Marini I., Panichi C., Raco B., Russo M., - 1997 - Chemical and isotopic variations of Bocca Grande Fumarole (Solfatara volcano, Phlegraean Fields) *Acta Vulcanologica*, 8 (2): 228-232.

de Vita S., Orsi G., Civetta L., Carandente A., D'Antonio M., DiCesare T., Di Vito M., Fisher R.V., Isaia R., Marotta E., Ort M., Pappalardo L., Southon J. - 1998 - The Agnano-Monte Spina eruption in the densely populated, restless Campi Flegrei caldera (Italy). *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, in rev.

Di Vito M.A., Isaia R., Orsi G., Southon J., de Vita S., D'Antonio M., Pappalardo L., Piochi M. - 1998. Volcanism and deformation in the past 12 ka at the Campi Flegrei caldera (Italy). *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, in rev.

Pappalardo L., Civetta L., D'Antonio M., Deino A., Di Vito M., Orsi G., Carandente A., de Vita S., Isaia R., Piochi M., - 1988 - Chemical and isotopic evolution of the Phlegraean magmatic system before the Campanian Ignimbrite (37ka) and the Neapoli-tan Yellow Tuff (12ka) eruptions. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, in print.

Lucia Civetta Director of the Vesuvian Observatory