

m

Miscellanea

INGV

**Storia del dibattito scientifico
sul Serapeo di Pozzuoli**

20



Direttore

Enzo Boschi

Editorial Board

Andrea Tertulliani - Editor in Chief (INGV - RM1)

Luigi Cucci (INGV - RM1)

Nicola Pagliuca (INGV - RM1)

Umberto Sciacca (INGV - RM1)

Alessandro Settimi (INGV - RM2)

Aldo Winkler (INGV - RM2)

Salvatore Stramondo (INGV - CNT)

Gaetano Zonno (INGV - MI)

Viviana Castelli (INGV - BO)

Marcello Vichi (INGV - BO)

Sara Barsotti (INGV - PI)

Mario Castellano (INGV - NA)

Mauro Di Vito (INGV - NA)

Raffaele Azzaro (INGV - CT)

Rosa Anna Corsaro (CT)

Mario Mattia (INGV - CT)

Marcello Liotta (Seconda Università di Napoli, INGV - PA)

Segreteria di Redazione

Francesca Di Stefano - coordinatore

Tel. +39 06 51860068

Fax +39 06 36915617

Rossella Celi

Tel. +39 095 7165851

redazionecen@ingv.it

Miscellanea INGV

STORIA DEL DIBATTITO SCIENTIFICO SUL SERAPEO DI POZZUOLI

Flora Giudicepietro e Luca D'Auria

INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano)



20

Indice

Introduzione	5
1. Il tempo dello scavo e le prime osservazioni	6
2. Antonio Niccolini e le prime misure della quota del Serapeo	7
3. Charles Babbage e i primi modelli interpretativi delle variazioni di quota del Serapeo	8
4. Charles Lyell e le prime ricostruzioni temporali delle variazioni di quota del Serapeo	10
5. Ernesto Capocci e la dinamica locale di Campi Flegrei	11
6. La disputa scientifica sui modelli geologici globali	11
7. I risultati di un lungo periodo di osservazione	12
8. La sintesi di Antonio Parascandola	13
9. Conclusioni e discussione	13
Bibliografia	14

Introduzione

Le deformazioni del suolo caratterizzano da sempre l'area vulcanica dei Campi Flegrei e si manifestano con movimenti verticali, rappresentati da fasi di sollevamento alternate a fasi di abbassamento. Questo fenomeno è noto come bradisismo e in tempi recenti per due volte ha assunto una tale intensità che ha portato alla evacuazione di buona parte della città di Pozzuoli. In particolare nel periodo 1969-72 si è avuto un sollevamento dell'area centrale dei Campi Flegrei di circa 1,5 m con conseguente evacuazione del Rione Terra di Pozzuoli. Successivamente, nel periodo 1982-84 si è avuta la più recente e più intensa crisi di bradisismo nell'area Flegrea (circa 1,8 m di sollevamento) che ha portato alla evacuazione di tutta la zona centrale della città di Pozzuoli. Recenti ricerche hanno evidenziato che anche all'inizio degli anni '50 del XX secolo si è avuto un periodo di intenso sollevamento [Del Gaudio et al., 2010], mentre dall'inizio del '900, misure di livellazione mostrano che prima degli anni '50 l'area era soggetta ad un lento abbassamento [Majo, 1933]. In figura 1 sono riportate le variazioni di quota del pavimento del Serapeo e del caposaldo con maggiore deformazione verticale della rete di livellazioni dell'Osservatorio Vesuviano dal 1905 al 2009.

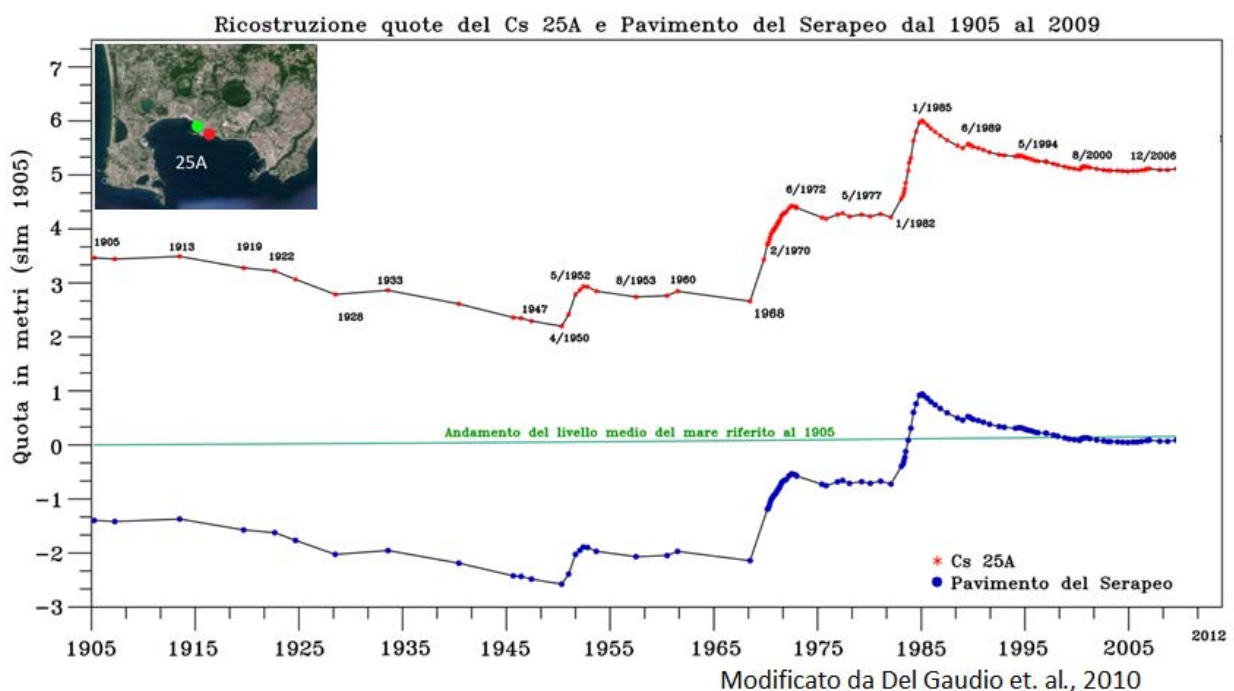


Figura 1. Variazioni di quota del pavimento del Serapeo e del Caposaldo 25A (lungomare di Pozzuoli, in prossimità di Rione Terra) della rete di livellazioni dell'Osservatorio Vesuviano dal 1905 al 2009 riferite al livello del mare del 1905. Il cerchietto verde indica la posizione del Serapeo, mentre il cerchietto rosso indica la posizione del caposaldo 25A.

In epoca storica recente molte fonti scritte contribuiscono a ricostruire i movimenti del suolo flegreo. In particolare nel periodo precedente il 1538, anno dell'eruzione di Monte Nuovo, l'ultima dei Campi Flegrei, le fonti documentali permettono di ricostruire un forte sollevamento a partire da almeno trent'anni prima dell'eruzione, che si accentua sempre più con l'approssimarsi dell'evento eruttivo tanto che sorgono dispute sull'attribuzione della proprietà di nuove terre emerse dal mare.

Nel periodo storico più antico ci sono evidenze o tracce su antichi manufatti che aiutano a ricostruire la storia deformativa dei Campi Flegrei. l'esempio più famoso è il Serapeo di Pozzuoli, nelle cui colonne si trovano tuttora i gusci di litodomi, organismi marini, che si sono sviluppati in un periodo in cui il pavimento di questo edificio, il *macellum* romano, si trovava circa 3 m al di sotto del livello del mare.

Evidenze geologiche dimostrano che anche in tempi precedenti a quelli storici i Campi Flegrei hanno avuto intense fasi di sollevamento del suolo alternate a fasi di abbassamento. In particolare, le tre epoche eruttive successive all'eruzione del Tufo Giallo Napoletano, avvenuta circa 15.000 anni fa, coincidono con

fasi di sollevamento, mentre i periodi di relativa calma eruttiva sembrano coincidere con fasi di abbassamento del suolo, tanto che si formano depositi marini nelle zone centrali della caldera.

Le deformazioni del suolo dei Campi Flegrei hanno avuto un ruolo fondamentale nell'evoluzione del pensiero geologico infatti lo studio, le misure, le interpretazioni dei processi deformativi della crosta terrestre in generale e delle aree vulcaniche in particolare, nella loro più moderna concezione, sono iniziati proprio ai Campi Flegrei e precisamente da quando, nel 1750, è stato realizzato lo scavo del Serapeo di Pozzuoli.

Il presente rapporto è una sorta di monografia breve sulla letteratura scientifica, ma anche umanistica, che si è sviluppata intorno al Serapeo di Pozzuoli dal momento in cui è stato effettuato lo scavo fino alla prima metà del '900. Questo monumento è uno dei più importanti siti archeologici al mondo, oltre che per il pregio architettonico, perché dal suo pavimento e dalle sue colonne forate, si sono mossi alcuni importanti passi per la Geologia intesa come scienza moderna. Questo percorso ha visto impegnati studiosi e intellettuali di diverse discipline tra cui spiccano Charles Babbage, noto oggi come l'inventore della "macchina analitica", progenitrice del computer, Charles Lyell considerato il padre della geologia moderna, Antonio Niccolini, stimato architetto italiano della prima metà dell'800 e grande studioso del Serapeo, a cui si devono dati preziosi per la comunità scientifica mondiale, Giuseppe Mercalli e molti altri ancora.

1. Il tempo dello scavo e le prime osservazioni

L'interesse degli studiosi per i fenomeni dinamici dell'area flegrea iniziò quando, nel 1750 il Re Carlo III di Borbone ordinò lo scavo dell'antico edificio, di epoca romana, detto "Tempio di Serapide", che si trova in Pozzuoli. La funzione cui fosse destinato tale edificio è stata oggetto di un lungo dibattito. Esso è stato ritenuto dai primi archeologi che lo studiarono un tempio dedicato a Serapide, divinità di culto egiziano. L'ipotesi era suggerita dal ritrovamento al suo interno di una statua raffigurante il dio. Successivamente per la presenza di sorgenti termominerali, le cui acque tuttora defluiscono nelle canalette del pavimento, è stato ritenuto un complesso termale. Attualmente gli studiosi concordano nel riconoscere nel Serapeo di Pozzuoli il "Macellum", ovvero il mercato pubblico della città romana [Dubois, 1907] (Fig. 2).

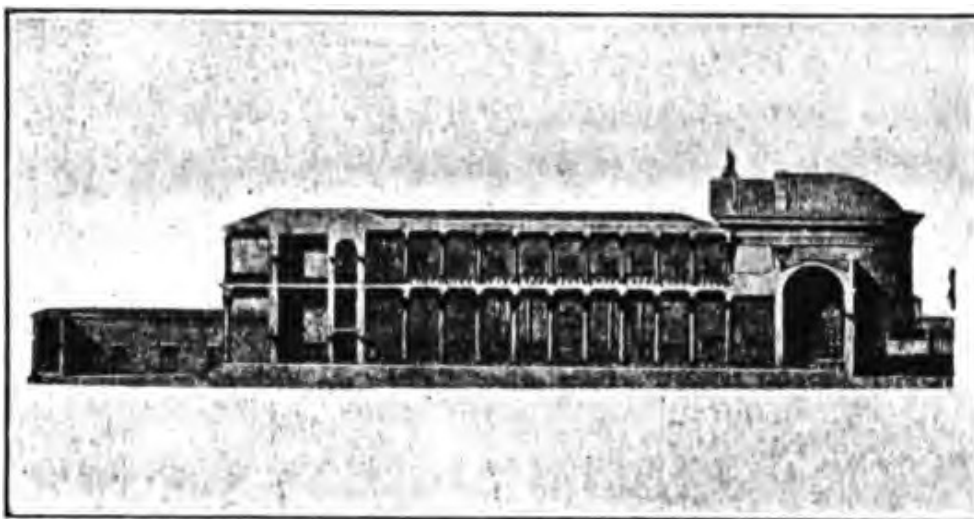


Figura 2. Sezione trasversale della ricostruzione del monumento realizzata da Caristie [Debois, 1907].

Del monumento fino all'epoca dello scavo erano note solo tre colonne di cui si ignorava la provenienza. Esse si ergevano in un vigneto chiamato appunto "vigna delle tre colonne". Quando gli scavi riportarono alla luce l'intera struttura del Serapeo gli studiosi del tempo notarono che le grandi colonne di marmo cipollino del pronao, quelle le cui estremità emergevano dal suolo, ed altri elementi architettonici minori, presentavano in alcune zone delle foracchiature dovute all'azione di "lithodomus lithophagus", un mollusco marino che vive a pelo d'acqua.

Per la maggior parte degli osservatori le evidenze che si mostrarono nel Serapeo indicavano che l'edificio, dopo la sua costruzione, era stato invaso dall'acqua marina fino ad una altezza considerevole e che questa avesse stazionato al suo interno per un certo periodo dando modo ai litodomi di svilupparsi su tutte le superfici di marmo esposte alla loro azione. Altri studiosi sostennero, invece, l'ipotesi di un'origine frammentaria del monumento, ovvero la struttura sarebbe stata edificata utilizzando degli elementi architettonici preesistenti appartenuti ad antichi edifici le cui rovine sarebbero state per molto tempo sotto le acque del mare, negando così ogni valore di riferimento altimetrico alle fasce forate delle colonne. Questa ipotesi non ebbe però molto seguito in quanto fu subito obiettato che le zone perforate si trovavano tutte alla stessa altezza e che difficilmente i romani avrebbero utilizzato per la costruzione di un edificio così imponente del materiale tanto degradato senza nemmeno rimuovere i gusci dei litodomi dai fori. Accantonando questa semplicistica ipotesi, quale fosse la causa del fenomeno che si presentava al Serapeo risultava comunque un enigma.

Uno dei primi tentativi di ricostruzione degli eventi che avevano interessato l'edificio si deve al naturalista Ferber [Ferber and Dietrich, 1776] il quale visitò il sito nella seconda metà del '700, quando il pavimento era completamente sgombro dalle acque. L'autore ipotizzò che il "Tempio di Serapide" fosse stato originariamente fondato ad una quota maggiore di quella da lui osservata in quanto notava che alcune antichità, il "Tempio di Nettuno" ed il "Tempio di Adriano", molto prossime all'edificio in oggetto si trovano ad una quota considerevolmente più elevata. Pertanto egli ritenne che il Serapeo fosse sprofondata al di sotto del livello del mare a seguito di un terremoto e che successivamente fosse riemerso dalle acque a causa di un generale abbassamento del livello del mare.

Il primo studioso ad impostare in maniera analitica il problema di come le colonne del Serapeo fossero state perforate dai litodomi fu l'Abate Scipione Breislak [1792; 1798; 1801]. Egli infatti ritenne che tale fenomeno si fosse verificato o a seguito di variazioni del livello del mare, o di variazioni del livello del suolo.

L'autore affrontò tale argomento in diverse sue opere tra la fine del '700 e l'inizio dell'800. In un primo tempo egli ipotizzò che una marea di 5 metri protrattasi per alcuni anni potesse essere sufficiente per spiegare tutti i fenomeni che si osservavano nel Golfo di Baia, ma tale ipotesi risultava assolutamente incompatibile con i principi dell'astronomia per cui ben presto l'abbandonò. Successivamente nell'edizione francese del suo lavoro "Voyages physiques et lythologiques dans la Campanie" del 1801 egli ipotizzò che la causa dei complicati fenomeni relativi al livello del mare che si osservano nel Golfo di Baia potesse risiedere nelle numerose grandi esplosioni vulcaniche verificatesi in questa regione. È ancora interessante ricordare che il Breislak è stato forse il primo studioso a fermare l'attenzione su una concrezione calcarea che aderiva alle pareti del "Tempio" ad un'altezza di circa 2 m. Egli riteneva che tale deposito si fosse formato in un periodo in cui l'edificio era stato coperto, fino a detta altezza, da acque ricche di carbonato di calcio.

Il Breislak, nel suo lavoro del 1801 riferisce che il pavimento del Serapeo si trovava leggermente al di sotto del livello dell'alta marea e che pertanto si era reso necessario installare all'interno del recinto una pompa per la rimozione delle acque stagnanti. Egli però poté osservare solo le prime fasi della nuova sommersione del "Tempio di Serapide", perciò non dispose, come anche gli altri autori della seconda metà del '700, di elementi di osservazione che gli consentissero di rilevare una eventuale dinamica del suolo flegreo, probabilmente attiva anche in quel tempo. A tali studiosi è mancato, infatti, il facile riferimento della variazione dell'altezza raggiunta dall'acqua marina all'interno dell'edificio, riferimento che ha costituito il principale dato analitico rilevato da tutti gli autori dell'800.

2. Antonio Niccolini e le prime misure della quota del Serapeo

Nella prima metà del XIX secolo numerosi studiosi visitarono il Serapeo e raccolsero campioni dei gusci conservati nei fori delle colonne. Tra questi ricordiamo la testimonianza del Brocchi che nel "Catalogo ragionato di una raccolta di rocce disposto con ordine geografico", stampato nel 1817, alla voce "Del Tempio di Serapide presso Pozzuolo" cita come reperti un "Pezzo di colonna di marmo rosso del Tempio di Serapide, con fori scavati da "mytilus lithophagus" e ancora un esemplare di "mytilus lithophagus" intero, estratto dalle cellule delle predette colonne" [Brocchi, 1817]. Durante questi anni si aprì una disputa scientifica riguardo le circostanze e le modalità che avevano determinato la perforazione delle colonne ad opera dei litodomi. In particolare il dibattito era centrato sul problema di stabilire se la sommersione del "Tempio di Serapide" e la sua successiva riemersione fossero dovute a variazioni assolute del livello del mare o di quello del suolo flegreo.

In questo contesto si inserisce l'opera dell'architetto napoletano Antonio Niccolini il quale condusse degli approfonditi studi sul Serapeo [Niccolini, 1829; 1839; 1846]. Tale autore era un sostenitore della teoria che imputava le variazioni della linea di riva dell'area flegrea alle oscillazioni del livello marino. Ciò non di meno la sua opera apportò un interessante contributo alle conoscenze di carattere archeologico ed architettonico del monumento e fornì degli importanti elementi per la ricostruzione delle variazioni relative della quota del suolo flegreo e del livello del mare. Egli ritenne che il Serapeo fosse un edificio termale e ne studiò accuratamente l'impianto idrico. Inoltre durante lo scavo di una trincea parallela al lato meridionale del portico scoprì un pavimento a mosaico posto 8,5 palmi (m 2,11) al di sotto del pavimento di marmo del monumento.

Il recinto del "Tempio" fin dall'epoca dello scavo aveva costituito un problema igienico sanitario per la città di Pozzuoli a causa della presenza al suo interno di sorgenti termominerali le cui acque ristagnavano assieme a quelle piovane creando un ambiente malsano per la popolazione. Così nel 1760 l'Ing. La Vega aveva provveduto a fare aprire un cunicolo, nell'angolo più vicino alla spiaggia, che drenasse tali acque dal "Tempio". Quando Niccolini cominciò frequentare il sito nel 1807 recandosi nel recinto "per disegnare i suoi preziosi avanzi architettonici", il pavimento del "Tempio" risultava, in apparente contrasto con quanto riportato dal Breislak, ancora sgombro dalle acque marine, ma quando, quindici anni più tardi, fu incaricato di dirigere dei lavori nel Serapeo, egli notò che dal canale di drenaggio creato dal La Vega penetravano le acque marine seguendo il ritmo delle maree e che queste diventavano particolarmente abbondanti in occasione delle tempeste. Così l'autore decise di porre un "Idrometro" all'imboccatura interna del cunicolo che gli consentisse di misurare il livello dell'acqua sul pavimento del Serapeo in coincidenza con la bassa marea. Tale strumento fu in funzione dal 1822 fino al 1838, quando le misure furono interrotte a causa della costruzione di una diga che ostruiva la foce esterna del canale. Questo periodo di osservazione consentì comunque all'autore di registrare un graduale innalzamento relativo del livello del mare da 8mm nel 1822 a 111 e 2/3 mm nel 1838. Nel periodo successivo Niccolini cercò di continuare le registrazioni misurando l'altezza dell'acqua nella "Terma" in alta marea, ma trovò grosse difficoltà nel confrontare questi dati con quelli precedentemente raccolti. Verso la fine degli anni '40 egli osservò comunque che il livello del mare continuava a risalire in quanto più volte aveva dovuto sovrapporre dei camminamenti di pietra che aveva posto sul pavimento. L'autore a sostegno dell'ipotesi che si fossero verificate notevoli variazioni del livello marino in epoca storica, riporta una serie di osservazioni da lui effettuate in compagnia di altri studiosi come Pilla e Scacchi [1841] lungo le coste italiane, in particolare sul litorale di Gaeta, attribuendo probabilmente i solchi di battaglia del Tirreniano allo stesso fenomeno che aveva portato alla sommersione del Serapeo.

3. Charles Babbage e i primi modelli interpretativi delle variazioni di quota del Serapeo

Più o meno contemporanei all'opera del Niccolini sono gli studi condotti sul Serapeo e sull'area flegrea in generale da Charles Babbage a cui si deve un lavoro di importanza fondamentale per l'interpretazione dei fenomeni che in tale area si manifestano.

Babbage raccolse le osservazioni contenute nella sua opera durante il giugno del 1828 in compagnia dell'archeologo Edmund Head. Egli nel 1834 diede lettura del lavoro intitolato "Observations on the Temple of Serapis at Pozzuoli near Naples" alla Geological Society of London, ma acconsentì alla sua pubblicazione solo nel 1847 con un'edizione in cui compare una breve integrazione relativa ai dati raccolti dopo il '34. Nel testo sono incluse delle figure panoramiche prese da Mr. l'Anson con l'ausilio della camera lucida. È inoltre riportata la pianta del "Tempio di Serapide" redatta dal Canonico Andrea De-Jorio [1820] (Fig. 3).

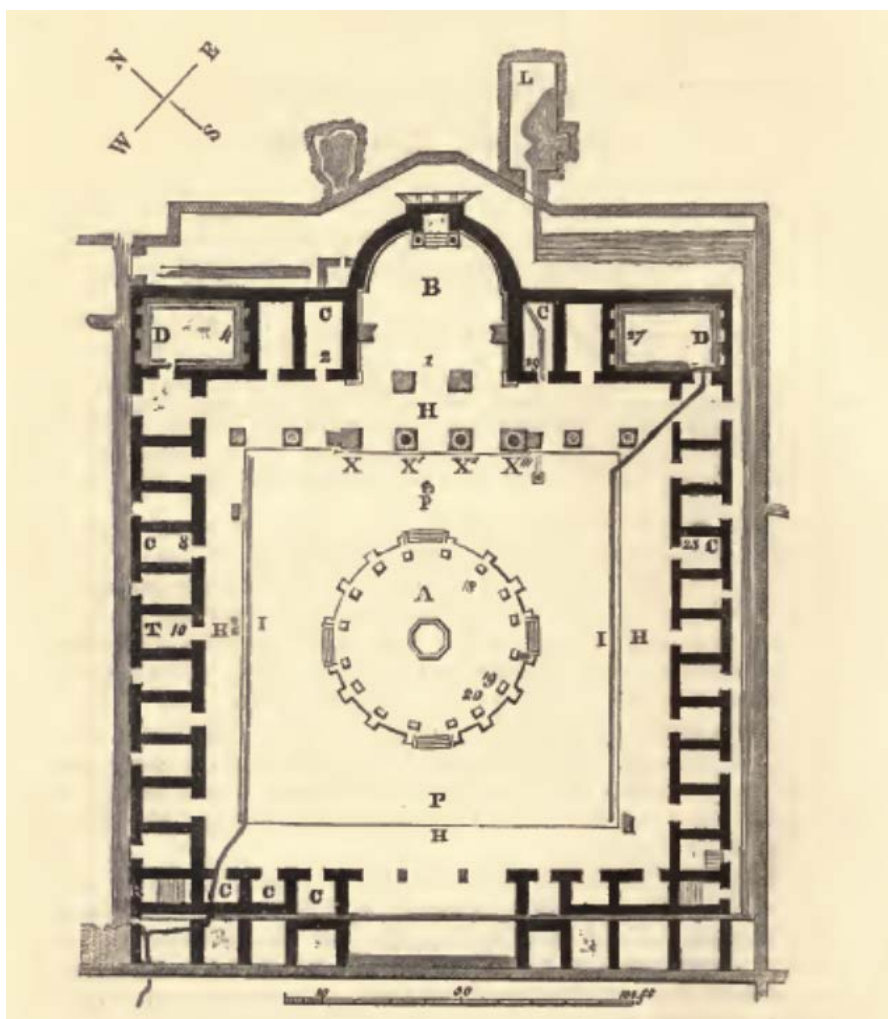


Figura 3. Pianta del “Tempio di Serapide” redatta dal Canonico Andrea De-Jorio.

In tale opera l'autore fornisce una descrizione geometrica del “Tempio” e riporta l'elenco dei frammenti delle colonne in esso contenuti. Nota inoltre che lungo le pareti interne del recinto, ad altezze inferiori a quella a cui si trovano le zone forate dai litodomi sono presenti due livelli marcati dalla presenza di materiale incrostante. Nell'incrostazione più bassa egli riconosce le spoglie di organismi marini come *Serpule*. Quella più alta, la stessa descritta dal Breislak, ritiene invece sia da attribuire alla precipitazione di minerali alla superficie di uno specchio d'acqua salmastra. Tale condizione era dovuta secondo l'autore al fatto che all'interno del “Tempio”, durante le prime fasi di sommersione si fosse individuato un “laghetto” formato dalla miscela delle acque termominerali con quelle marine. Babbage fece analizzare tali depositi che risultarono composti prevalentemente da carbonato di calcio, con subordinate quantità di solfato di calcio e tracce di ossido di ferro nel deposito più alto. l'autore raccolse inoltre una serie di osservazioni che evidenziavano variazioni del livello relativo del suolo e del mare nell'area flegrea all'esterno del “Tempio di Serapide”. Egli infatti osservò che l'intera piana che si estendeva tra la linea di riva e la scarpata interna lungo la costa tra Pozzuoli e M. Nuovo era costituita da depositi marini formati da strati di pomice e sabbia con “recenti conchiglie marine”, contenenti denti di animali e frammenti provenienti da antichi edifici non arrotondati dall'attrito. l'autore cita anche il molo caligoliano, cui già il Breislak aveva dato rilievo, in quanto su due pile di tale struttura riconosce tracce di organismi marini alle altezze di circa 6 e circa 10 piedi sul livello del mare. Ancora segnala l'esistenza di un antico solco di battigia nella scarpata costiera nei pressi dell'isola di Nisida. Egli fa determinare le specie raccolte nei siti citati (tranne al molo caligoliano dove non trova resti di organismi) e nelle colonne del Serapeo dal naturalista Forbes il quale fornisce una tabella in cui riporta anche i dati relativi all'ambiente di vita tipico delle diverse specie [Forbes, 1829].

L'aspetto più interessante e più originale del lavoro di Babbage è contenuto nell'interpretazione teorica che l'autore propone per i fenomeni osservati. Egli infatti attribuisce tali fenomeni a locali variazioni di quota del suolo flegreo. Secondo l'autore la causa delle variazioni di altezza del “Tempio” è da ricercarsi

nell'azione del calore. "Le sue stesse sorgenti calde, la sua immediata contiguità con la Solfatara, la sua vicinanza al M. Nuovo, le sorgenti calde delle Stufe di Nerone, le sorgenti bollenti degli antichi vulcani di Ischia da un lato e del Vesuvio dall'altro, sono i più rilevanti di una moltitudine di fatti che portano a questa conclusione."

L'autore ritiene che sia molto difficile, in mancanza di dati sufficienti, determinare come il calore possa produrre gli effetti osservati, tuttavia egli propone tre diversi meccanismi possibili che risultano di estremo interesse per la loro modernità.

Un primo meccanismo presuppone l'esistenza in profondità di un vasto serbatoio di lava fusa ("melted lava") contenuto dalla pressione delle rocce sovrastanti. Un rifornimento di nuovo materiale o un aumento di calore potrebbe, secondo l'autore, accrescere la "forza espansiva" del sistema.

Un secondo meccanismo potrebbe essere legato, secondo l'autore, alla eventuale esistenza nel sottosuolo flegreo di "cavità" contenenti acqua o altri gas condensati in condizione di forte riscaldamento. Un aumento o una diminuzione di calore dovuti a cause vulcaniche potrebbe comportare un aumento o una diminuzione della "elasticità" di questi fluidi causando così un'elevazione o una subsidenza degli strati sovrastanti.

Il terzo meccanismo proposto da C. Babbage è basato sul principio che gli strati solidi presenti al di sotto del "Tempio di Serapide" possano espandersi per somministrazione di calore o contrarsi per sottrazione di calore. Fratturazione delle rocce e terremoti ed elevazione e depressione della superficie topografica sarebbero gli effetti dell'attività di questi processi. L'autore utilizzò i risultati degli esperimenti sulla dilatazione termica di differenti tipi di rocce effettuati, sotto la direzione del Col. Totten, da H. C. Bartlett dell'U.S. Engineers, per calcolare l'espansione di tali materiali per diversi incrementi di temperatura e per spessori variabili da 1 a 500 miglia. Da tali calcoli ottenne che se gli strati al di sotto del "Tempio di Serapide" si fossero comportati come un'arenaria, un aumento di temperatura di 100°F per uno spessore di cinque miglia, avrebbe causato un cambiamento di livello di 25 piedi, maggiore quindi di quello che sarebbe bastato a spiegare i fenomeni osservati. Babbage ritenne che quest'ultimo meccanismo fosse quello che meglio si prestava a spiegare i fenomeni dell'area flegrea, mentre ipotizzò che gli altri due potessero essere in parte utili a spiegare altri fenomeni geologici di più ampie proporzioni come il sollevamento dei continenti e delle catene montuose o il succedersi dei grandi cicli geologici.

4. Charles Lyell e le prime ricostruzioni temporali delle variazioni di quota del Serapeo

Il lavoro di Babbage, pur essendo pubblicato solo nel 1847, è ampiamente citato nella prima edizione dell'opera di Charles Lyell "Principles of Geology", il cui primo volume, contenente un capitolo dedicato al "Tempio di Serapide", fu pubblicato nel 1830. In tale opera, di fondamentale importanza per l'evoluzione del pensiero geologico, C. Lyell riferisce le osservazioni effettuate dal Babbage e condivide le interpretazioni dei fenomeni ed il modello fisico proposto da tale autore. Egli riconosce una corrispondenza tra le fasi di sollevamento del "Tempio" e l'attività vulcanica dell'area napoletana compreso le manifestazioni di Ischia e del Vesuvio. Il sollevamento sarebbe legato a periodi di "sviluppo di calore vulcanico" e l'abbassamento a periodi di "quiescenza delle cause ignee sotterranee". L'autore inoltre sostiene che i depositi marini post-romani osservabili lungo le spiagge di Pozzuoli non possono essere collegati ad un forte sollevamento delle acque del Mediterraneo seguito poi da un nuovo abbassamento poiché le osservazioni effettuate dall'Ammiraglio Smith della Marina Inglese sui moli e sui bacini costruiti dagli antichi in vari porti del Mediterraneo provavano che tale mare non aveva subito sensibili variazioni del livello durante gli ultimi 2000 anni. In tal modo Lyell recupera un'importante testimonianza che costituisce un esempio precoce di studio delle variazioni del livello del mare in epoca storica attraverso le evidenze archeologiche e che ci dà una misura della vivacità culturale del mondo scientifico anglosassone nell'800.

Lyell, in base ai "marker" geologici ed alle fonti storiche cercò di ricostruire la sequenza degli eventi subiti dal Serapeo di Pozzuoli. Egli ritenne che il periodo di massima immersione fosse stato certamente antecedente al 1500. Cita infatti due documenti autentici rinvenuti dal De Jorio. Il primo, dell'ottobre 1503, è un atto con cui il Re Ferdinando ed Isabella concedono al Municipio di Pozzuoli una porzione di terra emersa dal mare. Nel secondo, del 23 maggio 1511, ovvero 8 anni dopo, Ferdinando concede alla città di Pozzuoli un territorio in cui il mare si era prosciugato. Il maggiore sollevamento tuttavia doveva essersi verificato, secondo l'autore, al tempo della grande eruzione del M. Nuovo nel 1538, in quanto due testimoni oculari dell'evento, delli Falconi e Giacomo di Toledo, convergono nel dichiarare nei loro scritti che il mare

abbandonò per un considerevole tratto la costa cosicché i pesci furono raccolti dagli abitanti. L'autore inoltre riteneva che dall'epoca dello scavo il Serapeo fosse andato nuovamente abbassandosi, come era provato dal fatto che il pavimento nel 1830 si trovava già coperto da 6-7 cm di acqua durante la bassa marea.

5. Ernesto Capocci e la dinamica locale di Campi Flegrei

In contrapposizione con la teoria del Niccolini fu anche lo studioso italiano Ernesto Capocci, allora direttore dell'Osservatorio Astronomico di Capodimonte, che in un lavoro pubblicato nel 1835 sul periodico "Il progresso delle scienze, delle lettere e delle arti" analizza le diverse ipotesi fino ad allora proposte per spiegare i fenomeni del "Tempio di Serapide" [Capocci, 1835]. Egli esclude l'origine frammentaria del Serapeo e considera le due ipotesi della variazione del livello del mare o del livello del suolo. Dallo studio delle descrizioni dei testimoni dell'eruzione di M. Nuovo (Porzio, Toledo, Borgia, delli Falconi, Loffredo) in cui viene riportato che in occasione di tale evento il mare si ritirò per lo spazio di 200 passi, l'autore rileva che il suolo flegreo ha subito drastiche variazioni di livello senza che queste siano state riscontrate in regioni limitrofe come Napoli, Castellammare o Ischia. Egli ritiene pertanto che anche la sommersione del "Tempio di Serapide" possa essere stata legata ad un fenomeno locale di abbassamento del suolo flegreo. Secondo l'autore dall'epoca della costruzione del "Tempio di Serapide" il suolo andò sempre abbassandosi fino a 22 palmi sotto il presente livello e nell'eruzione di M. Nuovo si sollevò per lo meno di 24,5 palmi per poi ridiscendere alla quota attuale. Egli osserva che da Bagnoli fino alle Stufe di Nerone era ancora riconoscibile, a circa 200 passi dalla riva, l'antica falesia attiva fino al momento della eruzione e poi sottratta all'azione del mare dal forte sollevamento provocato dall'eruzione stessa. Il Capocci conosceva il lavoro presentato l'anno prima dal Babbage alla Geological Society of London e ne condivise sostanzialmente il contenuto. Egli però di tale autore non condivise l'interpretazione teorica dei fenomeni osservati. Riteneva infatti che il meccanismo da questi proposto della variazione di temperatura di masse al di sotto della superficie terrestre non potesse in generale spiegare i sollevamenti di più vaste aree come le Alpi o le Ande che pure a quel tempo erano stati comprovati.

6. La disputa scientifica sui modelli geologici globali

Nell'800 ancora molti autori scrissero sul Serapeo sostenendo l'una o l'altra ipotesi. In effetti intorno al caso particolare dei fenomeni del Serapeo si agitava una disputa scientifica di più ampia portata che vedeva contrapposti dei modelli geologici globali attraverso cui gli studiosi del tempo cercavano di spiegare l'esistenza stessa del rilievo terrestre. Si fronteggiavano così da una parte la nuova teoria del "sollevamento continentale" sostenuta prevalentemente dai ricercatori inglesi il cui più illustre esponente fu C. Lyell che nel paragrafo conclusivo del capitolo della sua opera dedicato al "Tempio di Serapide" afferma: "the interminable controversies to which the phenomena of the Bay of Baiae gave rise, have sprung from an extreme reluctance to admit that the land, rather than the sea, is subject alternately to rise and fall ... But it is time that the geologist should, in some degree, overcome those first and natural impressions which induced the poets of old to select the rock as the emblem of firmness the sea as the image of inconstancy." Dall'altra parte era la teoria delle "fasi del livello marino", seguita soprattutto dagli studiosi italiani, il cui più convinto sostenitore fu Antonio Niccolini. Egli in realtà ammetteva che porzioni della superficie terrestre avessero subito forti sollevamenti, ma riteneva che questi si fossero verificati in tempi più antichi delle variazioni del livello marino di cui si aveva evidenza nell'area flegrea ed in altre zone del litorale tirrenico. Riteneva, inoltre, che "il sistema del sollevamento, ... per annunciare e provare la presenza della sua azione ha bisogno ... di strati più o meno declinati dall'orizzontale senza uniformità di parallelismo, al contrario delle fasi marine, le quali ... si appalesano per la costante loro operosità in linee estesissime sempre parallele all'orizzonte, e attraversando con le loro deposizioni marine gl'indicati strati sconvolti".

Tra i sostenitori della teoria del sollevamento del suolo ricordiamo James Smith che visitò il "Tempio di Serapide" più volte a distanza di anni e fece delle valutazioni del tasso di subsidenza che interessava l'area su cui questo era edificato [Smith, 1847]. Tra i sostenitori dell'ipotesi delle variazioni del livello marino è interessante ricordare Leopoldo Pilla [1838] il quale sostenne un accesa polemica con il botanico Tenore che avversava tale ipotesi [Tenore, 1842].

7. I risultati di un lungo periodo di osservazione

Ai numerosi autori che scrissero sia pure brevi articoli sul Serapeo si devono una serie di informazioni e di misure riguardanti l'abbassamento subito dal "Tempio" durante il XIX secolo, nel periodo successivo alle osservazioni del Niccolini. Alcune di queste misure sono riportate nell'ultima edizione del testo di C. Lyell pubblicata nel 1872 [Lyell, 1872]. Con tale opera si può considerare definitivamente affermata l'interpretazione che attribuiva i fenomeni del Serapeo di Pozzuoli a variazioni di quota del suolo flegreo, in quanto circa settanta anni di osservazioni, dall'inizio del secolo, quando il pavimento del "Tempio" era tornato ad immergersi al di sotto del livello del mare, all'anno della pubblicazione, in cui questo si trovava sommerso per oltre sessanta centimetri, avevano svelato il carattere strettamente locale dei processi osservati nell'area flegrea. A ciò si aggiungevano le notizie sui già citati studi dell'Ammiraglio Smith riguardanti il livello del Mar Tirreno negli ultimi 2000 anni.

Verso la fine dell'800 dei fenomeni del Serapeo si interessò anche Giuseppe Mercalli nella sua opera "Vulcani e fenomeni vulcanici in Italia" [1883], dove è contenuta una sintetica analisi dei dati riportati dagli autori più antichi su detto argomento. In base a tale analisi egli ricostruisce un quadro evolutivo del fenomeno secondo cui il primo periodo di sommersione subito del "Tempio" sarebbe iniziato dopo il III secolo e terminato all'inizio del XVI, come provavano i documenti citati dal De Jorio riguardanti l'attribuzione da parte del Re alla città di Pozzuoli di Terreni che, nei primi del '500, emergevano dal mare. Successivamente il suolo su cui era edificato il "Tempio" avrebbe continuato a sollevarsi fino all'inizio del XIX secolo "poiché", egli scrive, "Breislak verso il 1800 osservò, che il pavimento dell'edificio si manteneva un po' più basso del livello dell'alta marea. Fu solo nel 1807, che Niccolini assicura, che il pavimento del "Tempio" si era portato al di sopra del livello del mare, sicché l'acqua di questo non poteva entrarvi anche nell'alta marea, se non eccezionalmente quando dominavano forti venti del Sud". Pertanto egli ritenne che il secondo periodo di sommersione fosse iniziato tra il 1807 ed il 1822, anno in cui lo stesso Niccolini trovò il pavimento dell'edificio regolarmente coperto dall'alta marea.

Come si è visto le ricerche condotte dagli studiosi, dall'epoca dello scavo a tutto l'800, sui fenomeni che si presentavano al "Tempio di Serapide" avevano portato alla individuazione dei processi dinamici che interessavano l'area flegrea. Il "Tempio di Serapide" costituiva un prezioso strumento per lo studio ed il controllo di detti processi pertanto fino alla fine dell'800 rappresentò l'oggetto principale delle riflessioni di coloro che affrontarono tale argomento.

Nei primi anni del XX secolo alcuni autori estesero le osservazioni ad altre testimonianze archeologiche che potevano fornire informazioni sulla estensione dell'area soggetta ai fenomeni riconosciuti. Così nel 1903 viene pubblicato un interessante lavoro di Gunther dal titolo "Contributions to the study of Earth-Movements in the Bay of Naples" in cui l'autore fornisce un'accurata descrizione dei resti archeologici greci e romani sommersi lungo le coste dei dintorni di Napoli [Gunther, 1903]. Tale autore effettua una sorta di censimento delle antichità sommerse lungo le coste di Posillipo, di Nisida, di Capo Miseno e delle zone litorali dell'intero Golfo di Napoli, riportando misure di profondità e planimetrie dei siti in tavole sintetiche di estremo interesse. Secondo Gunther le evidenze raccolte indicavano che le coste napoletane, dall'epoca dei romani, avevano subito un abbassamento di circa 35 piedi ed un successivo sollevamento di circa 19 piedi raggiungendo un livello di poco superiore a quello attuale. Egli non ritenne che queste forti oscillazioni del suolo fossero dovute a terremoti e che fossero ristrette alle immediate vicinanze dei vulcani. Immaginava, invece, che tali processi interessassero una vasta area e rappresentassero un esempio osservabile di quelle lente, ma imponenti dislocazioni della crosta terrestre attraverso cui i continenti erano emersi dal mare.

Un'altra interessante testimonianza è fornita da una breve nota del prof. Vincenzo Gauthier, pubblicata nel 1912, che segnala il rinvenimento, a seguito di uno scavo effettuato nella piana di Agnano, di strutture murarie riferibili all'epoca ellenica poste 0,8 m al di sotto dei resti di un edificio termale di epoca romana. Secondo l'autore "i geologi e i vulcanologi possono trovare ...(in tali)...scavi ...una prova dell'abbassamento dei Campi Flegrei in epoca storica sì, ma assai più remota di quella determinata mercé le osservazioni fatte al "Tempio di Serapide".

Il fenomeno del bradisismo, con particolare riferimento al "Tempio di Serapide", è ancora trattato in un articolo di Ester Majo pubblicato sugli annali dell'Osservatorio Vesuviano nel 1933 [Majo, 1933]. In tale articolo sono riportati i risultati di alcune campagne di livellazione eseguite nei Campi Flegrei a partire dal 1905, anno in cui l'Istituto Geografico Militare fece eseguire il collegamento del "Tempio di Serapide" alla rete generale ed istituì la rete di livellazione flegrea Fuorigrotta, Bagnoli, Pozzuoli. Le altre livellazioni furono eseguite nel 1907, nel 1919, nel 1922 e l'ultima, eseguita dalla stessa autrice, nel 1933. Dall'analisi dei dati di queste campagne la Majo rilevò che il bradisismo discendente ha avuto una notevole intensità tra

il 1905 ed il 1919 e che questo in generale è più accentuato nella zona orientale, interna, dell'area flegrea. L'autrice osserva inoltre che "il movimento di discesa non interessa la città di Napoli (Chiaia), ma si rivela, bruscamente, accedendo ai Campi Flegrei".

8. La sintesi di Antonio Parascandola

Ricordiamo infine che il lavoro più completo dal punto di vista della ricerca storico-scientifica che sia stato pubblicato nel '900 sul "Tempio di Serapide" si deve al professore Antonio Parascandola. Questi, nel '47 pubblica un'opera monografica dal titolo "I fenomeni bradisismici del Serapeo di Pozzuoli" in cui è contenuta una analisi approfondita della letteratura esistente sull'argomento. L'autore vaglia l'attendibilità delle notizie riportate dagli studiosi precedenti, attraverso una lettura critica delle loro opere, allo scopo di ricostruire nella maniera più corretta possibile l'evoluzione che il fenomeno del bradisismo ha presentato durante l'epoca storica. Egli, utilizzando i dati bibliografici degli autori che più profondamente avevano studiato l'argomento, costruisce delle curve rappresentative della variazione del livello del pavimento del Serapeo rispetto al livello del mare negli ultimi duemila anni. In base alla sua analisi ritiene che la curva che meglio rappresenta l'andamento degli eventi dinamici dell'area flegrea in tale periodo sia quella costruita con i dati ricavati dalle opere del Niccolini, sebbene questi ritenesse che il fenomeno fosse da attribuire alla instabilità del livello del mare. Parascandola riteneva, infatti, che l'ipotesi del Niccolini fosse molto probabile "sia perché durante l'emersione succeduta alla massima immersione seguirono tutte le eruzioni flegree: quella della Solfatara del 1198, quella dell'Epomeo del 1302, quella del M. Nuovo del 1538, e magari anche quella del Vesuvio del 1631; sia perché la curva costruita sui dati del Niccolini e col supporre la massima immersione tra i secoli IX e X riesce più simmetrica, con quasi uguale durata di escursione nella discesa e ascesa; quindi il movimento oscillatorio del Serapeo sarebbe molto regolare". Così Parascandola recupera e divulga le osservazioni contenute nelle più importanti opere che il Niccolini produsse sull'argomento. L'autore descrive, inoltre, la polemica che i fenomeni del Serapeo avevano suscitato nell'ambiente scientifico italiano e ricorda come tale questione sia stata "portata anche nella VII Adunanza degli Scienziati Italiani tenuta in Napoli dal 20 settembre al 5 ottobre 1845, quando i congressisti della sezione di Geologia e Mineralogia nel 23 settembre visitarono i Campi Flegrei".

9. Conclusioni e discussione

L'affascinante storia del Serapeo di Pozzuoli si intreccia con la storia del pensiero scientifico e geologico al quale imprime un particolare impulso. Così i Campi Flegrei, come anche il Vesuvio, altro importante complesso vulcanico napoletano, su cui è sorto il più antico osservatorio vulcanologico del mondo [Giudicepietro et al., 2010; Owens, 2013], si trovano ad essere luogo simbolo del progresso scientifico e sede di pionieristici sistemi per misure geofisiche.

In particolare abbiamo visto come intorno al caso del Serapeo si sono confrontate e affinate teorie geologiche globali e come insigni scienziati come Babbage e Lyell abbiano dedicato approfonditi studi a questo monumento e abbiano fondato parte delle proprie teorie sulle evidenze che si mostravano nell'insolito sito archeologico. In generale gli scienziati del mondo anglosassone tendevano a ritenere il Serapeo una prova dei processi geologici che portano al sollevamento delle terre e alla loro emersione dal mare fino a formare imponenti catene montuose. Infatti era noto già da tempo che molte catene montuose erano costituite in parte da rocce che si erano formate in ambiente marino come testimoniato dalla presenza di fossili marini. Babbage, in realtà, si discosta, in parte, da questa interpretazione considerando i fenomeni del Serapeo nel contesto delle manifestazioni vulcaniche dell'area napoletana. Della sua opera è di una attualità sorprendente la parte dedicata alle ipotesi relative alle cause delle variazioni di quota del Serapeo che egli stesso chiede sia considerata come del tutto distinta dalla parte precedente del suo lavoro che riporta le osservazioni condotte: *"I shall now proceed to offer some conjectures relative to the causes of the successive changes in the level of the ground on which this temple stands, conjectures which I wish to be considered as entirely distinct from the former part of this communication."*

On examining the country round Pozzuoli it is difficult to avoid the conclusion, that the action of heat is in some way or other the cause of the phenomena of the change of level of the temple. Its own hot spring, its immediate contiguity to the Solfatara [...] are the most prominent of a multitude of facts which point to

that conclusion.

The mode by which this heat operates is a question of greater difficulty, and in the absence of sufficient data, it may be enough to point out shortly some of its possible results.”

In questa parte del suo articolo Charles Babbage propone tre possibili modelli concettuali per giustificare i fenomeni del bradisismo flegreo che sono esattamente gli stessi che tuttora si confrontano nella letteratura scientifica attuale, ovvero: intrusione magmatica, ruolo dei fluidi intesi come acquiferi idrotermali e gas e risposta fisico-meccanica delle rocce a nuovi input di calore nel sistema.

Gli scienziati italiani invece propendevano per un modello geologico globale basato su variazioni del livello del mare per spiegare l'emersione di rocce contenenti fossili marini e ritenevano che le evidenze che si mostravano al Serapeo confermassero le proprie teorie. Ma i dati raccolti dallo stesso Niccolini, uno dei maggiori esponenti di questa corrente di pensiero, e circa sessant'anni di osservazione avevano poi chiarito il carattere locale del fenomeno del bradisismo del Serapeo di Pozzuoli. Inoltre gli studi accurati dell'Ammiraglio Smith sui resti dei porti romani avevano dimostrato che le variazioni del livello del Mar Mediterraneo dall'epoca romana in poi erano state molto limitate. Tuttavia, gli scienziati italiani pur avendo proposto un'erronea interpretazione del livello forato delle colonne del pronao del Serapeo avevano correttamente osservato e individuato altre evidenze di permanenza del livello del mare a quote superiori all'attuale lungo le coste italiane, molto probabilmente attribuibili a elementi morfologici del Tirreniano. Fra gli scienziati italiani è di particolare interesse la posizione di Ernesto Capocci il quale condivide il pensiero degli scienziati anglosassoni per quanto riguarda le variazioni di livello del Serapeo, ma non condivide l'estensione di questo meccanismo ai processi orogenetici.

Alla luce delle attuali conoscenze è evidente che sia la scuola anglosassone sia il mondo scientifico italiano a partire dal caso specifico del Serapeo avevano focalizzato degli aspetti nuovi e importanti della geologia quali il ruolo dei processi deformativi nell'orogenesi e l'esistenza lungo le coste del Mediterraneo di evidenze geologiche e geomorfologiche di variazioni del livello del mare. La fase di intensa riflessione scientifica sviluppatasi intorno all'enigma delle colonne forate del Serapeo ha marcato un profondo cambiamento nell'approccio alle discipline geologiche segnando l'inizio della geologia moderna. Questo dibattito scientifico ha aperto la strada ad un rapido progresso delle conoscenze che hanno visto avanzamenti determinanti nel corso del XX secolo ed hanno portato allo sviluppo di approcci sempre più quantitativi allo studio delle Scienze della Terra.

Una trattazione più vasta sul “Tempio di Serapide”, sviluppata da un punto di vista prevalentemente letterario, ma comprendente anche aspetti relativi alla storia dell'evoluzione del pensiero geologico, è contenuta nel libro “Le colonne del Tempo. Il “Tempio di Serapide” a Pozzuoli nella storia della geologia, dell'archeologia e dell'arte (1750-1900)” di Luca Ciancio [Ciancio, 2009] che fornisce una forte contestualizzazione storica della produzione letteraria e scientifica e delle vedute “pittoresche” relativa al Serapeo di Pozzuoli.

Bibliografia

- Babbage C. (1847). *Observations on the Temple of Serapis at Pozzuoli near Naples*. Quart. Journ. Geol. Soc. 1847, vol.III, p. 203.
- Breislak S. (1792). *Essais minéralogiques sur la Solfataire de Pouzzole*. Napoli.
- Breislak S. (1798). *Topografia fisica della Campania*. Firenze.
- Breislak S. (1801). *Voyages physiques et lytologiques dans la Campanie*. Paris, tomo II (p. 167).
- Brocchi G.B. (1817). *Catalogo ragionato di una raccolta di rocce disposto con ordine geografico*.
- Ciancio L. (2009). *Le colonne del Tempo. Il “Tempio di Serapide” a Pozzuoli nella storia della geologia, dell'archeologia e dell'arte (1750-1900)*. Firenze, Edifir, 2009, p. 342, ISBN 978-88-7970-416-8.
- Capocci E. (1835). *Nuove ricerche sul noto fenomeno delle colonne perforate dalle foladi nel tempio di Serapide in Pozzuoli*. Il Progresso delle Scienze, Lettere ed Arti. Vol.XI. Napoli, p. 66.
- De Jorio A. (1820). *Ricerche sul Tempio di Serapide in Pozzuoli, Napoli*. Monumenti inediti di Antichità e Belle Arti. Napoli, 1820, fasc.1 e 2.
- Del Gaudio C., Aquino I., Ricciardi G.P., Ricco C., Scandone R. (2010). *Unrest episodes at Campi Flegrei: A reconstruction of vertical ground movements during 1905-2009*, J. Volcanol. Geotherm. Res., 195, 48-56.
- Dubois C. (1907). *Pouzzoles antique. Histoire et Topographie*. Paris.
- Ferber J.J. and Dietrich D. (1776). *Lettres sur la Mineralogie et sur divers autres objets de l'histoire naturelle de l'Italie*. Strasbourg.

- Forbes J. (1829). *Physical notices of the Bay of Naples. N.5: On the temple of Jupiter Serapis of Pozzuoli and the phenomena which it exhibits*. Edimb. Journal of Sc. N. S., v.1, 260 -286. October 1829.
- Giudicepietro F., Orazi M., Scarpato G., Peluso R., D'Auria L., Ricciolino P., Lo Bascio D., Esposito A.M., Borriello G., Capello M., Caputo A., Buonocunto C., De Cesare W., Vilardo G. and Martini M. (2010). *Seismological Monitoring of Mount Vesuvius (Italy): More than a Century of Observations*. SRL, Vol. 81, N. 4, doi: 10.1785/gssrl.81.4.625.
- Gunther, R.T. (1903). *Contributions to the study of Earth Movements in the Bay of Naples*. Geographical Journal. V.22; pp. 121 -149.
- Lyell C. (1872). *Principles of geology*. London John Murray, Albemarle Street, 2.
- Majo E. (1933). *Il bradisismo flegreo*. Annali R. Osservatorio Vesuviano, Serie IV, Vol.II , per gli anni 1929-30, Giannini & Figli, Napoli, (pp. 261-273).
- Mercalli G. (1838). *Vulcani e fenomeni vulcanici in Italia*. Milano.
- Niccolini A. (1829). *Rapporto sulle acque che invadono il pavimento dell'antico edificio detto Tempio di Serapide*. Napoli, Stamperia Reale.
- Niccolini A. (1839). *Tavola metrica cronologica delle varie altezze tracciate dalla superficie del mare tra la costa di Amalfi ed il promontorio di Gaeta nel corso di diciannove secoli*. Napoli.
- Niccolini A. (1846). *Descrizione della gran Terma Puteolana volgarmente detta Tempio di Serapide*. Napoli.
- Owens B. (2013). *Long-Term research: Slow Science*. Nature 495, 300–303, doi:10.1038/495300a.
- Parascandola A. (1947). *I fenomeni bradisismici del Serapeo di Pozzuoli*. Napoli, Genovese.
- Pilla L. (1838). *Sulla questione del Serapeo toccata dal Cav. Tenore nel precedente fascicolo di questo giornale*. Il Progresso delle Scienze, Lettere ed arti. N. S. Anno VII. Vol XIX. N.38 (marzo aprile). Napoli (pp. 243 -245).
- Scacchi A. (1841). *Notizie geologiche sulle conchiglie che si trovano fossili nell'Isola d'Ischia e lungo la spiaggia tra Pozzuoli e M. Nuovo*. Ant. di Sc. Nat. 1, 33. 48, Napoli.
- Smith J. (1847). *On recent depression in the Land*. Q.J.Geol.Soc., 3, (pp. 234-240).
- Tenore M. (1842). *Intorno ad un passo degli "Elementi di geologia" del Signor Lyell relativo al Serapeo di Pozzuoli*. Rend. Acc. Sc. Nap. I, (pp. 415 -419).

Coordinamento editoriale e impaginazione

Centro Editoriale Nazionale | INGV

Progetto grafico e redazionale

Daniela Riposati | Laboratorio Grafica e Immagini | INGV

© 2013 INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Via di Vigna Murata, 605

00143 Roma

Tel. +39 06518601 Fax +39 065041181

<http://www.ingv.it>



Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia