

Acque mineralizzate, emissioni gassose e sismicità nell'area compresa tra Roma e il litorale: dati storici e nuovi contributi

*Mineral waters, gaseous emissions and seismicity in the area between Rome
and its Southern seashore: historical data and new contributions*

BERSANI P. (*), NISIO S. (**), PIZZINO L. (***)

RIASSUNTO - La città di Roma è ubicata sul margine peritirrenico, tra due distretti vulcanici: il distretto dei Sabatini a nord e il distretto dei Colli Albani a sud.

La posizione geografica, la geologia del territorio e le numerose informazioni storiche fanno della città di Roma lo scenario ideale per gli studi di geologia urbana e dei rischi naturali.

L'area romana è stata abitata sin dai tempi preistorici (più di 3000 anni), per la presenza del Tevere e dei suoi affluenti e per le numerose sorgenti ivi presenti. Molte delle sorgenti furono sfruttate per scopi potabili altre furono utilizzate per scopi terapeutici. Tra queste alcune erano sacralizzate, perché termo-minerali o ricche di gas o con acque sulfuree; ivi venivano edificati templi e luoghi di culto.

In questo lavoro vengono analizzati i seguenti punti: i) lo studio dei circuiti termo-minerali; ii) l'ubicazione di sorgenti minerali della Roma antica, iii) l'ubicazione, nell'area urbana, di siti con emissioni di gas.

È stata svolta una raccolta di dati storici di letteratura che ha portato all'ubicazione di tutte le manifestazioni di acque mineralizzate, e dei punti di emissione di gas. I dati di letteratura sono stati ulteriormente implementati con nuove misure geochimiche effettuate sia nelle acque di sottosuolo che *indoor*. Lo studio è stato esteso sino all'area a sud di Roma dove sono state individuate ulteriori emergenze mineralizzate e dei siti di emissione gassosa; la localizzazione di tutti i punti di interesse ha permesso di individuare un *trend* preferenziale, orientato in direzione NNW-SSE (circa N 165°). Lungo tale

allineamento, infatti, queste manifestazioni sembrano essere presenti in numero più elevato. Parte di tale allineamento potrebbe coincidere con una faglia o più segmenti di faglia.

I dati raccolti sono stati confrontati e sovrapposti sia con le isosisme, calcolate o ricostruite tramite l'analisi a posteriori dei danni, di due fra i terremoti più studiati dell'area romana (1895 e 1909), che con gli epicentri degli eventi storici e recenti avvenuti nell'area investigata.

PAROLE CHIAVE: Roma, Sorgenti sacre - sorgenti minerali, gas, sinkhole, terremoti.

ABSTRACT - The city of Rome is located in the peri-Tyrrhenian margin of Central Italy, between two volcanic complexes: the Sabatini Mountains to the north and the Alban Hills to the south. The geographical position, the geology of the territory, and the numerous available historical information make the city of Rome an ideal scenario for the study of both urban geology and natural hazards. The roman area has been inhabited since pre-historic times (over almost 3000 years) because of the Tiber and its tributaries and for abundant springs it contains. Most of the springs were used for drinking purposes, while others were considered to have healthful effects. Some sites, where springs gushed out with gas, steam, flames and "egg-rotten" smell, were considered to be holy, and building as well as churches were raised in.

(*) Libero Professionista

(**) ISPRA – Dipartimento Difesa del Suolo

(***) INGV - Roma

Unfortunately, due to the intense urbanization of the city, the majority of these waters has been lost over time.

In this paper it is presented a first contribute focused to: i) the study of thermo-mineral hydrological circuits; ii) the individuation and location of mineralised springs and iii) the location of gaseous emissions in the roman urban area. All targets have been achieved through an extensive research of historical information and literature sources as well as by the collection of new geochemical data. The study has been extended up to the southern seashore, where previous studies highlighted the presence of thermal, gas-rich and mineralised waters; by locating them on topographic maps, a clear alignment trending NNW-SSE (around N 165°) was highlighted. Gathered data have been compared with both the isoseismal fields of two well studied earthquakes occurred in 1895 and 1909 and the epicentral location of some minor and moderate earthquakes occurred in recent and historical times in the urban area of Rome, in order to recognise an eventual common trend. Isoseismal fields follow a NNW-SSE direction, fitting very well with the hypothesised alignment showed by circulating thermal and mineralised waters. The found alignment could be a segment of a NNW-SSE buried fault systems, hypothesised by recent studies, that affect the investigated area.

Finally, this study emphasizes how the roman area, despite of being highly populated is, so far, poor known from a geologic, hydro-chemical and seismic point of view. Consequently, an evaluation of the different hazards to which the city of Rome is exposed (seismic, natural gaseous emissions, natural and anthropic ground collapses) can't be fully accomplished. This study demonstrates that the roman area needs researches based on a multidisciplinary approach, considering mainly historical and archaeological sources, in order to obtain information about ongoing geological phenomena that the urban development the occurred in the past decades has largely hidden.

KEY WORD: Rome, sacral springs- mineral spring, gas, sink-holes, earthquakes.

1. - INTRODUZIONE

La città di Roma è ubicata presso la foce del Tevere ed è compresa tra i distretti vulcanici dei Monti Sabatini a nord e dei Colli Albani a sud.

Entrambi i distretti vulcanici appartengono alla provincia magmatica potassica ed ultrapotassica sviluppatasi nel Pleistocene lungo il settore tirrenico della penisola italiana (SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE, 1963, 1967; APAT, 2008, a, b, c; GIORDANO *et alii*, 2010); in particolare, l'apparato dei Colli Albani è caratterizzato da una frequente sismicità, a carattere di sciame, con magnitudo da

bassa a moderata ($M_{max} = 5.0$) e ipocentri superficiali (< 6 km).

La storia della città di Roma con i suoi miti e leggende è conosciuta fin dall'epoca delle popolazioni latine pre-romane e, ancor prima, dall'epoca del bronzo laziale; grazie alle scoperte archeologiche, si ha quindi un arco di tempo di oltre 3.000 anni in cui il territorio romano è stato abitato con continuità.

La posizione geografica, la natura geologica del territorio e un così esteso arco di tempo di storia, in gran parte conosciuta e tramandata fino ai nostri giorni, rendono la città di Roma ideale per lo studio della geologia urbana (SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE, 1995; APAT, 2008).

Nel centro urbano, ad esempio, erano presenti molte risorgive oggi scomparse o dimenticate.

Tra queste alcune erano sacralizzate, forse in ricordo della loro antica ed essenziale funzione (CORAZZA & LOMBARDI, 1995) o perché, come spesso avveniva in epoca romana e pre-romana i luoghi di manifestazioni naturali divenivano luoghi di culto.

L'ubicazione esatta delle risorgive e la testimonianza di circuiti idrotermali al di sotto della città costituiscono motivo di interesse geologico al fine dell'individuazione di siti suscettibili ad alcuni rischi naturali.

Il presente lavoro, pertanto, costituisce un primo contributo allo studio dei circuiti termo-minerali, all'individuazione di emergenze mineralizzate divenute sacre, presenti o estinte e delle emissioni gassose nel centro urbano romano (oltre a quanto è già noto in letteratura).

Il lavoro è consistito in una prima fase di raccolta e ubicazione di tutte le manifestazioni di acque mineralizzate ed emissioni gassose già note nella città, estendendo lo studio all'area a sud di Roma fino al litorale di Anzio.

La seconda fase del lavoro ha previsto l'arricchimento dei dati mediante un contributo di conoscenze recenti derivanti da nuove perforazioni, da analisi chimico-fisiche delle acque prelevate in pozzi o sorgenti e dall'analisi di gas *indoor*.

La localizzazione di tutti i punti di interesse ha permesso di individuare un *trend* preferenziale nelle ubicazioni delle emergenze mineralizzate e dei

punti di emissione gassosa, orientato in direzione NNW-SSE (circa N 165°). Lungo tale allineamento, infatti, queste manifestazioni sembrano essere presenti in numero più elevato. Parte di tale allineamento potrebbe coincidere una faglia o più segmenti di faglia.

I dati raccolti sono stati confrontati e sovrapposti sia con le isosisme, calcolate o ricostruite tramite l'analisi a posteriori dei danni, di due fra i terremoti più studiati dell'area romana (1895 e 1909), che con gli epicentri degli eventi storici e recenti avvenuti nell'area investigata.

La presente nota deve essere intesa soltanto come ipotesi di studio e non ha nessuna pretesa di porre conclusioni sui fenomeni osservati e descritti.

2. - LE SORGENTI SCOMPARE E IL TERMALISMO DELL'AREA ROMANA

Alcune delle sorgenti che, in epoca romana, erano ubicate sulla riva destra del Tevere (due *Corsiniane*, localizzate nel giardino di Palazzo Corsini, attualmente Giardino Botanico, le due emergenze di Via Garibaldi e di Porta Settimiana) sono oggi, ormai scomparse. Altre acque inoltre, connesse ai rilievi del Gianicolo e del Vaticano, sono emerse a seguito di scavi eseguiti tra il 1500 e il 1800 (sorgenti S. Maria delle Grazie, Damasiana, Pia e Lancisiana); tra queste anche l'*Acqua Lancisiana*, ricordata quale unica acqua urbana romana che fu imbottigliata e venduta (negli anni '30) come acqua curativa.

Ben più numerose erano le acque sorgive in sinistra del fiume Tevere, e forse proprio per questo l'area romana si sviluppava anticamente sopra e attorno ai "sette colli" ai cui piedi emergevano tali copiose acque.

La sorgente più settentrionale dell'area romana (Anna Perenne) è stata rinvenuta recentemente nello scavo di un parcheggio nei pressi di Piazza Euclide (PIRANOMONTE, 2002; LOMBARDI & CORAZZA, 2008), alle pendici occidentali del Colle Parioli. Successivamente, tuttavia, è stata rinvenuta (Prof. Leo Lombardi, comunicazione personale) una cartografia dell'acquedotto Vergine, in cui ve-

niva rappresentata una lunga derivazione che raggiungeva piazza Euclide, dimostrando così che l'alimentazione della fontana non proveniva da sorgenti.

Probabilmente la sorgente più settentrionale dell'antica Roma è la nota sorgente dell'Acqua Acetosa, nel quartiere Parioli, dagli anni sessanta non più utilizzata per motivi di inquinamento.

A circa 250 m dalla fontana berniniana annessa alla sorgente dell'Acqua Acetosa, è presente (BERSANI & CASTELLANI 2005; CARDILLI, 2010; BERSANI & BERSANI, 2010) un cunicolo idraulico, del V-IV secolo a.C., di fattura etrusco-romana. Il cunicolo, che ha un tratto rettilineo lungo circa 60 m ed un braccio ortogonale più corto, è probabile che alimentasse, al suo sbocco, una fontana pubblica.

Nel centro storico, in Via Margutta, alla base della parete del Pincio, fu segnalata (CASSIO, 1756) una sorgente, di cui si sono poi perse le tracce; anche in questo caso, probabilmente, l'acqua proveniva da una diramazione dell'acquedotto Vergine.

Altre emergenze sono note lungo Via Barberini - Piazza Barberini: le *sorgenti Sallustiane* alimentavano un omonimo corso d'acqua che sfociava nella palude che occupava una parte del Campo Marzio.

Altre due sorgenti oggi scomparse, note solo dagli scritti antichi, emergevano lungo il corso dello Spinon: le *Aquae Lautole*, forse calde, ma certamente mineralizzate, di dubbia localizzazione, forse dietro la Basilica Emilia (LUGLI, 1938), e il *Fons Servillo* in sponda destra dello *Spinon*, al margine sud occidentale del colle Capitolino (LOMBARDI & CORAZZA, 2008).

Presso il Circo Massimo, vi erano varie emergenze sorgentizie, tutte di dubbia ubicazione.

Il *fons Mercuri* è citato più volte dalle fonti classiche, e alla fine dell'800 fu oggetto di approfondite ricerche per rintracciarne, invano, il punto esatto di emergenza. È possibile che l'acqua della sorgente di Mercurio sia quella che scorre sotto la Chiesa di Santa Anastasia. Proprio in quell'area è noto, da antiche carte topografiche, un fontanile che poteva essere connesso alla sorgente.

Ai piedi del versante sud orientale del Piccolo Aventino vi era, poi, la *Piscina Publica*, sorgente ricca d'acqua che ancora emerge nel fondo dello scavo

di una *domus* rinvenuta a fianco delle Terme di Caracalla. L'acqua della sorgente fu utilizzata dalla *domus* e più tardi dal progettista delle Terme per avere un flusso d'acqua continuo nella profonda fogna assiale dell'impianto termale.

Le acque sotterranee dell'area romana e dei settori ad essa adiacenti presentano classi di termalità con un *range* dei valori compreso tra 12,5 e 26 °C (PIZZINO *et alii*, 2002; CAPELLI *et alii*, 2008). In particolare nell'area meridionale, a sud del G.R.A., si riscontrano temperature delle acque sotterranee superiori ai 21 °C fino a un massimo di 26 °C (PIZZINO *et alii*, 2002; CAPELLI *et alii*, 2008); il termalismo delle acque circolanti in questo settore è dovuto all'approfondimento dei circuiti idrici in presenza di elevati gradienti termici e/o al miscelamento con acque più calde provenienti dal basamento carbonatico (PIZZINO *et alii*, 2002). Altre anomalie positive si misurano nel settore occidentale della città; nell'area della Pisana, e in quello settentrionale, nella zona compresa tra la Via Cassia e Via dei Due Ponti, all'interno del G.R.A., dove le temperature degli acquiferi si attestano, per entrambe le aree, su valori prossimi ai 22 °C.

Un vasto settore con temperature relativamente elevate è quello che ricalca l'andamento della Via Appia, dal Parco dell'Appia Antica fino a Frattocchie, con temperature comprese tra i 19 e 21,6 °C. In generale, tutto il settore meridionale in riva sinistra del Tevere, esternamente al G.R.A. presenta temperature superiori a quelle misurate nel resto della città. Anomalie positive maggiori di 19 °C, localizzate e distribuite, sono presenti nel settore nord orientale di Roma, lungo i versanti del bacino terminale dell'Aniene, dove mediamente le temperature presentano valori di circa 15-17 °C.

Per quanto riguarda la distribuzione dei valori di conducibilità elettrica, il *range* dei valori è compreso tra i 317 e 4350 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (CAPELLI *et alii*, 2008). Nell'area considerata prevalgono valori che si attestano su alcune centinaia di $\mu\text{S}/\text{cm}$, che corrispondono a valori misurati nelle acque sotterranee dell'intero dominio vulcanico peritirrenico. Localmente i valori di conducibilità sono superiori ai 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, compatibili con la presenza di una componente gassosa disciolta acida e riducente (prevalentemente CO_2 , H_2S) di origine profonda

che favorisce i processi di interazione acqua-roccia e il conseguente incremento del contenuto salino delle acque di falda (PIZZINO *et alii*, 2002; CAPELLI *et alii*, 2008).

3. - LE SORGENTI SACRE DI ROMA

Nell'antica Roma era presente una sorgente sacra nell'area del Foro Romano: la *Fonte di Giuturna* in prossimità dell'omonimo tempio e dedicata alla ninfa Giuturna.

La *Fonte di Giuturna*, ubicata ai piedi del Palatino, deve probabilmente la sacralizzazione proprio alla presenza delle esalazioni di anidride carbonica e idrogeno solforato. Essa è ubicata al centro di una vasca quadrata ben conservata; la sorgente era anche sacra ai Dioscuri (come si dirà anche nel seguito).

Al piede nord-occidentale del Palatino, inoltre emergeva, nella grotta dedicata a *Luperca*, dea romana identificata con la lupa che allattò Romolo e Remo, un'importante sorgente della quale è stata cercata invano la localizzazione: la *Fonte Lupercale* (CORAZZA & LOMBARDI, 1995). La *Fonte Lupercale* era consacrata anche al *Fauno Luperco* (allontanatore di lupi) e veniva usata nelle abluzioni dei sacerdoti durante le *feste lupercales*. La scaturigine sembra fosse in grotta con pareti vulcaniche, ma non può escludersi che, dal basso, ricevesse acqua dalle ghiaie del Paleotevere che nell'area si rinvenivano a modesta profondità.

In epoca romana, sempre nell'area del Foro Romano, nel Carcere Mamertino, dal pavimento dell'ambiente inferiore, sgorgava l'*Acqua Tulliana* da *Tullus* (polla d'acqua). Durante la sua prigionia, l'apostolo Pietro, secondo la tradizione, avrebbe utilizzato quest'acqua per battezzare tutti quelli che si convertivano al Cristianesimo. L'*Acqua Tulliana*, probabilmente già sacra in epoca romana, divenne, così, consacrata anche secondo la religione cristiana.

Anche ai piedi dell'Aventino vi era in epoca romana una sorgente sacra, la *Fonte di Pico*, come testimonia la presenza delle rovine di un'antica ara votiva lì ritrovata. Di tale sorgente ne parla soltanto OVIDIO (Metam., XIV, v. 332 sgg); prendeva il nome dal mitico re del Lazio, Picus, figlio di Sa-

turno e padre di Fauno, venerato in più luoghi come Dio dei campi e delle selve. CASSIO (1893) riporta che nel 1732, nel luogo dove era ubicata tale sorgente “*si scoprirono molte caverne donde sgorgavano più ruscelletti..*”

Le *Acque Salvie* sulla via Larentina sono considerate sacre per la religione cristiana. Infatti sono ubicate nel luogo del martirio di San Paolo, avvenuto per decapitazione. Secondo la tradizione infatti il 29 giugno dell'anno 67 d.C. la testa di San Paolo, decapitato, toccando terra, avrebbe fatto tre rimbalzi, da ognuno dei quali sarebbe scaturita una fonte e da tale miracolo questo luogo prese il nome di *Tre Fontane*.

Nell'antichità ad alcune acque erano attribuite proprietà salutari e taumaturgiche. Tra queste si ricorda l'acqua del pozzo ubicato davanti all'altare della *chiesa di San Bartolomeo all'Isola Tiberina*. La chiesa fu edificata nel luogo dove in epoca romana vi era il tempio pagano medico-sacrale dedicato ad Esculapio.

Inoltre nel luogo dove attualmente sorge la chiesa di San Giovanni dei Fiorentini in epoca romana, come riferiscono, antiche fonti (Valerio Massimo II, 4, 5 e Zosimo II, 1-3) dalla riva del Tevere in quel punto erano presenti esalazioni di gas e di vapori naturali provenienti dal sottosuolo. In questo luogo sorse in epoca romana Regia, nel VI sec. a.C. *l'Ara Ditis Patris et Proserpinae*, ubicata a venti piedi di profondità nel sottosuolo (CIMINO & NOTA SANTI, 1998). Il culto sarebbe stato fondato da *Volesus* o *Valesus* che discese il Tevere dalla sabina *Eretum*, dopo una visione notturna, alla ricerca del simulacro delle divinità inferie Dite e Proserpina, si sarebbe fermato presso il *Tarentum* e scoperti i simulacri (che venivano reinterrati alla fine del rito) avrebbe guarito i figli ammalati somministrando loro l'acqua lì trovata, che aveva quindi anche capacità terapeutiche. Il tempio di Dite e Proserpine era ubicato vicino al *Trigarium*, un'ampia area priva di costruzioni orientata in senso nord-ovest/sud-est, delimitata dalla riva sinistra del fiume Tevere, in cui si svolgevano le corse dei carri (palio) per tutta l'epoca Regia e l'epoca Repubblicana sino all'epoca Imperiale, durante la quale il centro delle attività equestri e sportive si trasferì al Circo Massimo. Tradizione

voleva che l'auriga vincitore del palio decapitasse il proprio cavallo e ne offrisse la testa ai simulacri di Dite e Proserpina, nel limitrofo *Tarentum*, inebriandosi dai vapori che uscivano dal sito. Tale altare era ubicato in una grotta ed era considerato *l'ingresso agli Inferi* (“*Descensus ad inferos*”, CECHELLI, 1935). Il sito, viene descritto, con emissioni di gas e vapori e considerato, come detto, luogo sacro e con proprietà salutari contro la febbre alta. La grotta (LIVEROTTI, 2009) sarebbe stata chiusa in epoca cristiana e, per purificare e bonificare l'area pagana, fu inondata con acqua benedetta. Inoltre la piazza dell'Oro, antistante la stessa chiesa, è così chiamata probabilmente proprio per le incrostazioni di zolfo di colore giallo-oro che ivi si depositavano.

Sul luogo dell'ara dedicata a Dite e Proserpina nel tardo Rinascimento venne così eretta la Chiesa di San Giovanni dei Fiorentini, probabilmente anche per “cristianizzare” un luogo pagano dedicato a divinità ctonie. Infatti la chiesa (SCAGNETTI, 1984) fu realizzata dove scorreva il Tevere, progettando un terrapieno che ha fatto perdere definitivamente le tracce della grotta dove erano contenuti i simulacri di Dite e Proserpina, e fu dedicata a San Giovanni Battista che con l'acqua del fiume battezzava Gesù. Seguendo le indicazioni del Concilio di Trento e del Cardinale Carlo Borromeo la Chiesa di San Giovanni dei Fiorentini fu una delle prime chiese ad avere il fonte battesimale disposto vicino all'entrata sul lato sinistro e a forma di calice, invece che a forma di vasca, che spesso in antico era scavata nel pavimento.

È da ricordare, inoltre, un'altra sorgente sacra, *l'Acqua del tempo Siriaco*, ubicata nei pressi di via Dandolo, al Gianicolo. Le acque di questa scaturigine non erano mineralizzate (GIGLI, 1987).

Sempre presso il colle Gianicolo, che in passato era particolarmente ricco di acque, era presente la fonte sacra nel *lucus Furrinae*, sotto villa Sciarra, molto frequentata nei tempi repubblicani e poi di nuovo nel tardo Impero, quando nei suoi pressi fu edificato il tempio a Giove *heliopolitano*. Varrone riporta che, sebbene al suo tempo il culto della Dea Furrina fosse in decadenza: “*Ei sacra instituta annua et flamen attributus*”.

4. - ACQUE MINERALIZZATE ED EMISSIONI GASSOSE NELLA CITTÀ DI ROMA

Lo studio della numerosa letteratura idrogeologica (CAMPONESCHI, NOLASCO, 1982; VENTRIGLIA, 1990; CORAZZA E LOMBARDI, 1995; LOMBARDI & CORAZZA, 2008) ha permesso di evidenziare alcuni punti di sorgive minerali o termo-minerali, all'interno del centro urbano, alcune di esse oggi estinte o di difficile ubicazione.

A tali punti-sorgente sono stati aggiunti punti tratti da nuove perforazioni, da recenti campionamenti chimico-fisici di acque nonché punti di interesse tratti da recenti studi storici (BERSANI *et alii*, 2009).

La figura 1 riporta un totale di 18 punti d'interesse.

L'insieme dei punti permette di individuare alcuni possibili allineamenti.

Tre punti in particolare (n. 1, 3 e 6) risultano perfettamente allineati.

Il punto n. 1 corrisponde ad una perforazione eseguita nel quartiere Prati, in via Bazzoni, nel novembre 2008. In tale foro di sondaggio alla profondità di circa 24 m dal piano stradale sembra sia fuoriuscita acqua ricca di CO₂ a cui si associava odore di idrogeno solforato.

Il punto n. 3 in figura 1 corrisponde alla chiesa di San Giovanni dei Fiorentini in via Giulia (BERSANI *et alii*, 2009, SCAGNETTI, 1984), dove anticamente era ubicato l'altare dedicato alle divinità ctonie Dite e Proserpine (*Ara Ditis et Proserpinae* di cui si è detto in precedenza); in corrispondenza della grotta sono attestate fuoriuscite di gas e vapori. Il punto n. 6 in figura 1 corrisponde alla chiesa di Santa Maria in Trastevere, che sorge sull'antica "Fons olei", una taberna utilizzata dai centurioni romani. Secondo la tradizione, alcuni anni dopo la nascita di Cristo, nell'anno 753 di Roma (ARMELLINI, 1891), sgorgò nella taberna romana *una fonte d'olio o nafta, che per un giorno corse fino al Tevere* (CASTIGLIONE & SABA, 1957). La cronaca Eusebiana (CECHELLI, 1935) descrive così l'episodio: "Alla taverna meritoria del Trastevere scaturì l'olio dalla terra e continuò a scorrere per tutto un giorno senza interruzione, significando la grazia di Cristo che sarebbe venuta alle genti". Della *Fons olei* parlano anche molti scrittori antichi, tra cui Dione Cassio, che colloca l'avvenimento qualche tempo prima, nell'anno 716 della storia di Roma, cioè nel 38 a.C. Per alcuni autori l'olio

era acqua mista a vapore.

Misure di radon effettuate nei sotterranei della chiesa di San Giovanni dei Fiorentini nel luglio 2008 e di Santa Maria in Trastevere nel luglio 2009 hanno fornito valori fino a circa 5.200 Bq/m³ per la prima e fino a 9.300 Bq/m³ per la seconda.

Sono state poi effettuate misure della concentrazione dell'anidride carbonica e dell'idrogeno solforato in aria in entrambe le chiese citate nel dicembre 2009 tramite apposita strumentazione portatile (Dräger X-am 7000). Queste misure hanno evidenziato concentrazioni al di sotto della rilevabilità minima dello strumento, pari, rispettivamente, a 1000 ppm per la CO₂ (in atmosfera si hanno circa 390 ppm, NOAA-ESRL, 2012) e 1 ppm per l'H₂S. Tali valori, estremamente bassi, non hanno evidenziato, quindi, situazioni di pericolo immediato per le persone, così come indicato nelle tabelle di riferimento fornite dall'IVHHN (*International Volcanic Health Hazard Network*).

Nella figura 1 sono riportate altre sorgenti storiche con acqua mineralizzata, come il gruppo di sorgenti nell'area del Foro Romano, come l'Acqua Tulliana (n. 13) legata al miracolo di San Pietro, o come la *Fonte di Giuturna* (n. 14), le cui acque formavano forse un lago, di cui si dirà nel seguito, (LANCIANI, 1881). Ancora nell'area del Foro Romano vi erano due sorgenti oggi scomparse: la sorgente sulfurea delle *Acque Lautole* e la sorgente del *Lupercale* (n. 12).

Il punto n. 7 in figura 1 nella *Chiesa di Santa Maria in Via*, in via del Tritone, è legato al miracolo della Madonna del Pozzo, quando nella notte fra il 26 e il 27 settembre 1256 un quadro raffigurante la Madonna dipinto su un pesante mattone in terracotta, gettato nel pozzo da un servo del Cardinale Pietro Capocci, fu riportato in superficie dalle acque "risalenti" del pozzo. L'acqua del pozzo viene ritenuta miracolosa ed offerta ai fedeli che possono berla (viene infatti controllata trimestralmente dalla ASL e risulta ad oggi potabile).

Il n. 18 coincide con la Grotta Corsini – Orto Botanico, in via della Lungara, all'interno della quale è stata misurata, nel 2010, una elevata concentrazione di CO₂ pari a 48.000 ppm (contro una concentrazione media nell'aria pari a 390 ppm, NOAA-ESRL, 2012).

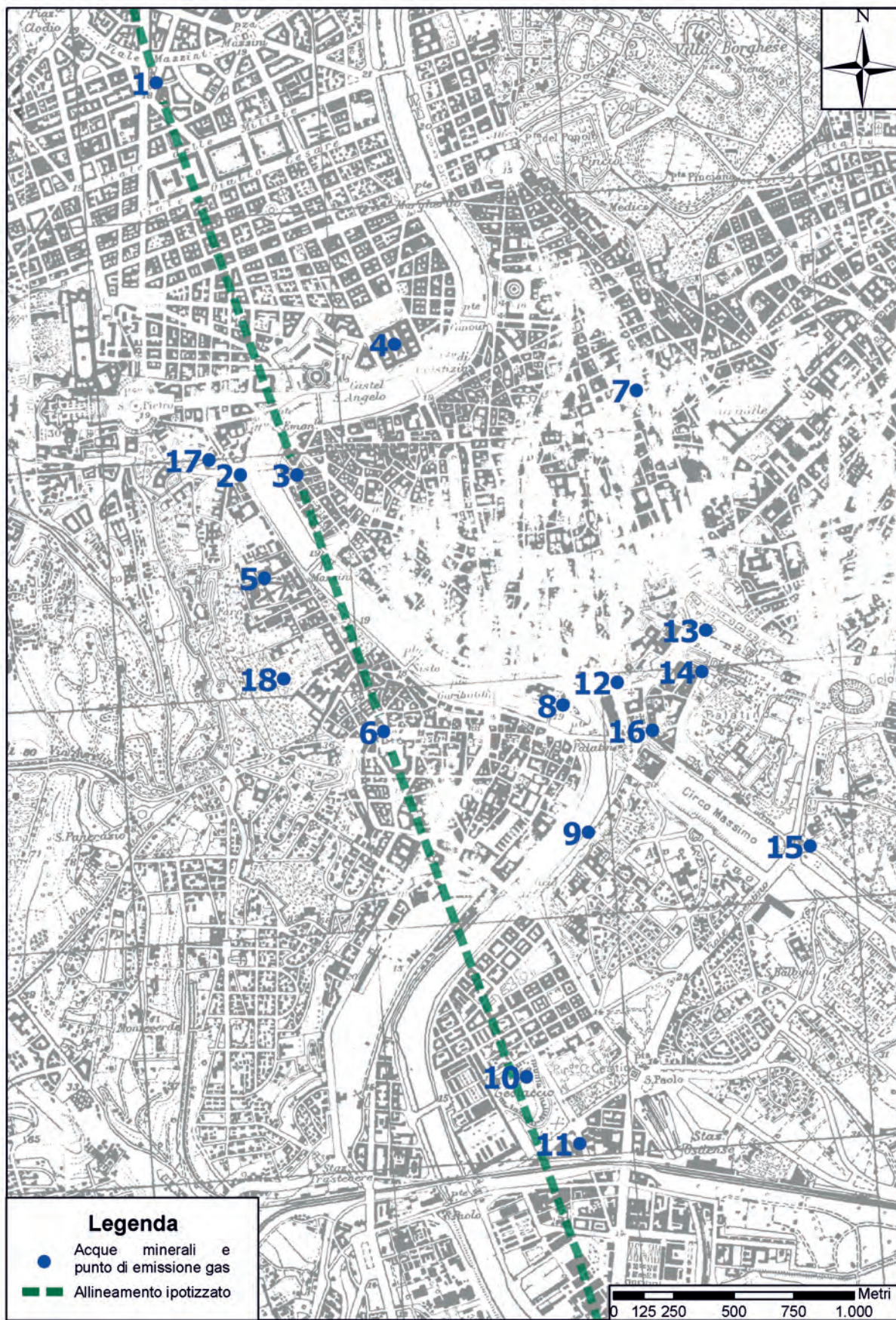


Fig. 1 – Ubicazione delle acque mineralizzate e dei punti di emissione gassosa nel centro storico di Roma.
 - Location of the mineralized waters and the points of gaseous issue in the historical center in Rome.

Di seguito vengono descritti nel dettaglio i 18 punti di interesse (fig. 1); si è preferito trascrivere i risultati delle analisi chimico-fisiche delle acque così come riportati nei vari testi, in quanto scopo della presente nota è solo quello di evidenziare le acque mineralizzate e non la loro classificazione secondo scale di misura omogenee.

1) Da notizie raccolte tra i sondatori romani nel novembre 2008, durante un sondaggio nel quartiere Prati, in via Giuseppe Bazzoni, alla profondità di circa 20 m dal piano stradale sembra che sia fuoriuscita dal foro di sondaggio acqua con CO₂ e che si sentisse odore di uova marce (probabilmente idrogeno solforato). In tale occasione sembrerebbe essere stato anche effettuato, dai tecnici del cantiere, un filmato con un telefono cellulare per documentare l'episodio; tuttavia non è stato possibile reperire tale filmato.

2) Sondaggio, profondo 29 m (n. 59 in CAMPONESCHI & NOLASCO, 1982) in riva destra del Tevere in prossimità di *Ponte Principe Amedeo Savoia Aosta*. Parte da quota 5,5 m s.l.m. (sulla banchina). Presenza di CO₂.

3) Antica sorgente termale (BERSANI *et alii*, 2009) nei pressi della chiesa di *San Giovanni dei Fiorentini* in via Giulia.

4) Pozzetto diagnostico (n. 60 in CAMPONESCHI & NOLASCO, 1982) eseguito nel 1893 *al centro di Palazzo di Giustizia*. Lo scavo fu abbandonato per le forti esalazioni di CO₂. L'acqua mineralizzata proveniva da un orizzonte di sabbia a circa 6,5 m s.l.m.

5) Nei pressi di *via delle Mantellate* in Trastevere (VENTRIGLIA, 1990) è segnalata all'altezza di Ponte Mazzini una sorgente minerale fredda.

6) *Chiesa di Santa Maria in Trastevere*, dove sorge sull'antica "*Fons Olei*" (fig. 2), una taberna dei centurioni romani, da cui, nel 38 a.C., sgorgò acqua, gas e vapori che si riversarono nel Tevere.

7) Pozzo (n. 43 in CAMPONESCHI & NOLASCO, 1982) profondo 7 m, forse scavato nel travertino, nella *chiesa di Santa Maria* in Via in via del Tritone (figg. 3, 4). Nel 1831 venivano misurati i seguenti valori: T=14°C; Residuo fisso = 0,30 g/l.

8) Pozzo per acqua (n. 48 in CAMPONESCHI & NOLASCO, 1982) davanti all'altare della *chiesa di San Bartolomeo all'Isola Tiberina* (fig. 5), edificata nel luogo dove in epoca romana vi era il tempio pagano medico-sacrale dedicato ad Esculapio. Acqua acidula ritenuta, fin dall'antichità, con proprietà sa-

lutari. Attualmente il pozzo è stato chiuso per motivi di inquinamento.

9) Fonte di Pico (n. 53 in CAMPONESCHI & NOLASCO, 1982 e n. 23 in S.G.I., 1995) che sorgeva ai piedi dell'Aventino.

10) Pozzo per acqua (n. 54 in CAMPONESCHI & NOLASCO, 1982) oggi scomparso, era ubicato dietro la vigna "La Farfallina" sul Monte Testaccio, con acqua definita salutare; riportato anche in VENTRIGLIA, 1990.

11) Pozzo con acqua minerale fredda in *via delle Conce* (VENTRIGLIA, 1990 e n. 5 in VENTRIGLIA, 2002), probabilmente coincidente con la perforazione di 31 m di profondità alla Piramide Cestia (n. 55 in CAMPONESCHI & NOLASCO, 1982) eseguita inizio anni '80 per la costruzione di un fabbricato delle Ferrovie, dove è stata reperita acqua mineralizzata da venute gassose che le conferivano moti turbolenti. Il gas era infiammabile (idrocarburi?).

12) Sorgente "*Fonte del Lupercale*" (n. 17 in CORAZZA & LOMBARDI, 1995), e n. 41 in CAMPONESCHI & NOLASCO, 1982). Acqua leggerissima, oggi scomparsa, sgorgava ai piedi del Colle Palatino.

13) *Acqua Tulliana* (da *Tullus* che significa polla d'acqua; fig. 6) (n. 14 in CORAZZA & LOMBARDI, 1995 e n. 47 in CAMPONESCHI & NOLASCO, 1982). La temperatura nel 1982 era di 13,8°C, il sapore leggermente ferruginoso ed è stata riscontrata la presenza di CO₂. Nei pressi dell'Acqua Tulliana vi erano, oggi scomparse, le *Acque Lautole* (n.15 in S.G.I., 1995), tra le quali era indicata una sorgente solfurea calda, localizzata probabilmente presso l'imbocco di via Bonella (?).

14) *Fonte di Giuturna* (n.16 in CORAZZA & LOMBARDI, 1995) con salinità 0,38 g/l e durezza circa 21°F, e n.50 in CAMPONESCHI & NOLASCO, 1982). Nel Medio Evo tale fonte veniva denominata anche Acqua di S. Maria de inferno e Acqua di S. Silvestro. Queste acque alimentavano probabilmente anche un piccolo lago (*Lacus Juturnae* o *Lacus Curtius* (?)) secondo LANCIANI, 1881), di cui si farà menzione in seguito, esistente almeno fino all'anno 225 di Roma; successivamente, esse sono state drenate dalla Cloaca Massima e il livello in una vasca di marmo che le contiene (restaurata nel 2009, figura 7, attualmente, subisce variazioni stagionali.

L'emergenza è a circa 9,9 m s.l.m. Molto vicine a



Fig. 2 - Fons Olei: a) Ubicazione all'interno della chiesa di S. Maria in Trastevere, b) interno dell'antica taberna.

- Fons Olei: a) Location inside the church of S. Maria in Trastevere, b) inside of the ancient taberna.

questa sorgente sono le altre emergenze della falda idrica del *Tempio dei Castori*, *Lapis Niger* (fig. 8 a, b), *Tabularium*.

15) *Acque di Mercurio* (n.19 in CORAZZA & LOMBARDI, 1995 e n. 52 in CAMPONESCHI & NOLASCO, 1982). Scaturiva ai piedi del Colle Celio, incondottata verso la chiesa di S. Anastasia; in parte attualmente confluisce probabilmente nella Cloaca Massima. LANCIANI (1881), annovera quest'acqua tra le sorgenti minerali più conosciute di Roma.

16) *Acqua San Giorgio o Argentina* (n. 49 in CAMPONESCHI & NOLASCO, 1982). Oggi scomparsa, ubicata presso l'arco di Giano alla fine dell'800 aveva una temperatura di 15° C e una durezza di 28° I.F.

17) *Acqua Lancisiana* (n. 4 in CORAZZA & LOMBARDI, 1995; n.56 in CAMPONESCHI & NOLASCO,



Fig. 3 – Pozzo in Via del Tritone: a) lapide del miracolo della Madonna del Pozzo; b) Pannello illustrativo all'interno della Chiesa di S. Maria in Via. - Well in the Street of the Triton: to) headstone of the miracle of the Madonna of the Well; b) illustrative Panel, inside the Church of S. Maria in the Street.

1982). Nasceva alle pendici orientali del Gianicolo, sotto la salita di S. Onofrio, dove vi è un cunicolo lungo circa 150 m scavato nelle Sabbie gialle. L'acqua Lancisiana sorgeva inizialmente nei pressi dell'ospedale S. Spirito sulle sponde del Tevere. Con la costruzione dei muraglioni del Tevere vennero realizzate nel 1924, nei muraglioni stessi, 2 fontane con 2 cannelle ognuna, asciutte fin dal 1942. Nel 1938 aveva una temperatura di 16°C e gas disciolti, quali CO₂ e N₂, presenza anche sali di magnesio, di litio e molta silice. Negli anni '30 era sfruttata industrialmente come acqua minerale. L'Acqua, oggi inquinata, viene dirottata direttamente in fogna. L'Acqua Lancisiana fa parte delle cosiddette *Acque trasteverine: Acqua delle Api o di S. Maria delle Grazie o Angelica, di San Damaso, Pia, Innocenziana, Corsiniana, Palazzo Salvati.*

18) *Grotta Corsini – Orto Botanico.* Al suo interno (fig.



MIRACOLOSA IMMAGINE DELLA
MADONNA DEL POZZO

PREGHIERA

Ricordati, o piissima Vergine Maria, che non si è mai udito al mondo che qualcuno sia ricorso al tuo patrocinio, abbia implorato il tuo aiuto, chiesto la tua protezione e sia stato da te abbandonato. Animato da tale fiducia a te ricorro, o Madre, o Vergine delle vergini, a te vengo e, peccatore contrito, innanzi a te mi prostro. Non volere, o Madre del Verbo divino, disprezzare le mie preghiere, ma ascoltami propizia ed esaudiscimi. Amen.

CENNO STORICO

Nella notte tra il 26 e il 27 settembre dell'anno 1256, un servo del cardinale Pietro Capocci, per sbaglio o deliberatamente gettò nel pozzo della stalla l'immagine della Madonna dipinta su un pesante mattone di terracotta. Prima che toccasse il fondo, le acque, rigurgitando improvvisamente e abbondanti, riportarono in superficie l'immagine della Madonna. Il cardinale, con devoto stupore, raccolse la sacra immagine prodigiosamente galleggiante sulle acque. Il processo canonico comprovò il miracolo e il papa Alessandro IV la fece mettere in venerazione in una cappella presso il pozzo da dove era riemersa. Da allora la Madonna del Pozzo concede grazie e guarigioni anche per mezzo dell'acqua del pozzo che viene bevuta con devozione e recata ai malati.

PARROCCHIA-SANTUARIO DI S. MARIA IN VIA
LARGO CHIGI - 00187 ROMA

Fig. 4 – Santino del miracolo della Madonna del Pozzo.
- Holy picture of the miracle of the Madonna of the Well.

9), nel 2010, è stata misurata una concentrazione di CO₂ pari a 48.000 ppm (contro una concentrazione media nell'aria pari a 390 ppm, NOAA-ESRL, 2012). Inoltre su via del Corso in un pozzo profondo 31 m (riportato con il n° 23b nel foglio 5 riquadro f-11 in VENTRIGLIA 2002), presso l'Hotel Plaza, all'altezza della Chiesa di S. Carlo è stata rinvenuta acqua calda alla temperatura di 22,5°C, con una conducibilità di 30 30 μS/cm a 20°C (CORAZZA & LOMBARDI, 1995).

5. - ACQUE MINERALIZZATE NELLA CAMPAGNA ROMANA A SUD DI ROMA

Al fine di individuare ulteriori punti di emergenze mineralizzate, la ricerca è stata estesa dalla città di Roma fino al litorale di Anzio, lungo l'allineamento

ipotizzato (fig. 10). Emergenze mineralizzate e altre manifestazioni gassose sono presenti sulla medesima direzione NNW-SSE (fig. 10); sono stati censiti e riportati 26 punti di interesse (CAMPONESCHI & NOLASCO 1982; BONI *et alii*, 1988; VENTRIGLIA, 1990, 2002; CAPELLI *et alii*, 2008).

Si è osservato che lungo la direzione in questione si allineano sorgenti storiche, tra cui le *Acque Salvie* (n. 11 in figura 10) presso l'Abbazia delle Tre Fontane: un gruppo di tre sorgenti legate al miracolo della decapitazione di San Paolo ed anche l'Acqua Acetosa di San Paolo (n. 12 in figura 10). Vi si ritrovano inoltre il laghetto artificiale (oggi prosciugato) legato agli scavi minerari per la coltivazione dello zolfo (n. 19 in figura 10) nei pressi di Pomezia, già noto nel 1877 con il nome di Solfatara Altieri; le sorgenti sulfuree dell'*Acqua Solfa di Fossignano* (n. 25 in figura 10) e dell'*Acqua di Santo*



Fig. 5 - Il Pozzo per acqua ubicato davanti all'altare nella chiesa di San Bartolomeo all'Isola Tiberina.
 - The Well for water situated in front of the altar in the church of St. Bartholomew to the island Tiberina.

Stefano (n. 23 in figura 10) a sud dell'abitato di Ardea, oltre le sorgenti sulfuree di *Tor Caldara* (n. 26 in figura 10) sul litorale subito a nord di Anzio.

A queste sorgenti "storiche" sono stati aggiunti in figura 10 alcuni risultati di misurazioni di temperatura, pH, conduttanza elettrica e radon eseguiti nel 2007 sia su sorgenti già note (*Acqua Solfa di Fossignano* n. 25 in figura 10), sia su pozzi (n. 18 e n. 24 in fig. 10) in cui sono state riscontrate acque mi-

neralizzate e/o termali.

Di seguito vengono descritti nel dettaglio i 26 punti riportati nella figura 10.

1 - Sondaggio nei pressi di *Viale Tiziano all'altezza dell'Auditorium* circa nell'anno 2000. È fuoriuscita acqua calda a circa 40°C (non misurata, ma le mani si scottavano);

2 - Sorgente dell'*Acqua Acetosa* (n. 6 in CAMPONESCHI & NOLASCO, 1982, pagg. 30-39) Temperatura va-



Fig. 6 – Carcere Mamertino: sorgente dell'acqua Tulliana. - *Jail Mamertino: rising of the water Tulliana.*



Fig. 7 – Fonte di Giuturna all'interno del Foro Romano.
- Source of Giuturna inside the Hole Romano.

riabile da 15°C a 16°C. Analisi del C.N.R. del 1933 danno un residuo fisso a 180°C di 2,89 g/l. Analisi del 1945: T = 16,5 °C; Residuo fisso a 180°C = 3,31 g/l; Anidride carbonica 768 cc/litro (fig. 11).

3 - Pozzo in via *Giuseppe Bazzone* nel quartiere Prati già descritto nell'elenco dei punti riportati in figura 1.

4 - È stata ipotizzata un'antica sorgente termale (BERSANI *et alii*, 2009) nei pressi della chiesa di *San Giovanni dei Fiorentini* in via Giulia.

5 - *Grotta Corsini* – *Orto Botanico* di figura 1.

6 - Corrisponde ad un gruppo di sorgenti storiche n. 7, 8, 9, 12, 13, 14, 15 e 16 descritte nel dettaglio nella legenda della figura 1, tra cui *l'Acqua Tulliana* e la *Fonte di Giuturna*.

7 - La chiesa di *Santa Maria in Trastevere*, “*Fons Olei*” di figura 1.

8 - Pozzo per acqua (n. 54 in CAMPONESCHI & NOLASCO, 1982) oggi scomparso, era ubicato die-

tro la vigna “*La Farfallina*” sul Monte Testaccio, con acqua definita salutare, riportato anche in VENTRIGLIA, 1990.

9 - Pozzo con acqua minerale fredda in *via delle Conce* (fig. 1; VENTRIGLIA, 1990, 2002).

10 - Due sondaggi (n. 106 in CAMPONESCHI & NOLASCO, 1982) vicini tra loro in prossimità dell'*Officina del Gas* in sponda sinistra del Tevere da quota 14 m s.l.m, coincidono con pozzo (VENTRIGLIA, 1990).

11 - Sorgente *Acque Salvie* presso l'Abbazia delle Tre Fontane (fig. 12; n. 124 in CAMPONESCHI & NOLASCO, 1982). T= 17°C nel 1982. Sono le tre sorgenti legate al miracolo della decapitazione di San Paolo. Nel 1982 queste acque fuoriuscivano da un'unica sorgente con una portata di circa 2 l/s. Analisi chimica eseguita per la potabilità nel 1992: pH = 6,5 Durezza = 200.



Fig. 8 – *Lapis Niger*: a) Lapide illustrativa; b) punto di emergenza della falda idrica.
- *Lapis Niger*: to) illustrative Headstone; b) stings of emergency of the water stratum.



Fig. 9 – La grotta Corsini nell’Orto Botanico in Via della Lungara: a) ingresso della grotta; b) l’acqua all’interno della grotta.
- The cave Corsini in the Botanical garden in the Street of the Lungara: to) entry of the cave; b) the water inside the cave.

12 - Pozzo con stratigrafia (n. 258 in CAMPONESCHI & NOLASCO, 1982); *Acqua Acetosa di San Paolo* con $T_{med} = 20^{\circ}$. pH = 6. Residuo fisso 2,44 g/l in analisi del 1935 e 2,21 g/l in analisi del 1968 e del 1972. Vi è stata dal 1934 al 1990 una concessione mineraria per anidride carbonica.

13 - Pozzo in località *Tor Pagnotta* con stratigrafia (n. 253 a pag. 239 in CAMPONESCHI & NOLASCO, 1982) da quota 47 m s.l.m. profondo 102 m. Livello statico a -17 m dal piano campagna. $T = 21^{\circ}\text{C}$, residuo fisso 2,35 g/l. Durezza 103° I.F.

14 - Due pozzi con stratigrafia a 50 m di distanza tra loro (n. 259 in CAMPONESCHI & NOLASCO, 1982). Vi è stata una concessione per prelievo di acque minerali dal 1956 al 1996. *Acqua Laurentina*. Numerose analisi chimico-fisiche dal 1933 al 1977 (CAMPONESCHI & NOLASCO, 1982) riportano i seguenti dati medi: $T = 21,1^{\circ}\text{C}$; pH = 6,3; Residuo fisso: 1,5 g/l; Conducibilità circa $2000 \mu\text{S}/\text{cm}$.

15 - Pozzo in località *Valleranello* (CAPELLI *et alii* 2008). È riportato in carta per tale punto $T = 24,2^{\circ}\text{C}$ e Conducibilità $1077 \mu\text{S}/\text{cm}$.

16 - Pozzo in prossimità di *via di Trigoria* (CAPELLI *et alii*, 2008) in cui viene registrata una $T = 24,0^{\circ}\text{C}$ e valori di conducibilità pari a $677 \mu\text{S}/\text{cm}$.

17 - Pozzo con stratigrafia profondo 115 m. (n. 281 in CAMPONESCHI & NOLASCO, 1982). *Fosso della Torre*, acqua mineralizzata con $T = 20^{\circ}\text{C}$. Quota piano campagna 85 m s.l.m. Livello statico a -38 m dal piano campagna.

18 - Pozzo *via Ardeatina*. Nel 2007 l’acqua presentava una $T = 17,7^{\circ}\text{C}$, pH = 5,5, radon = $1030 \text{ Bq}/\text{l}$.

19 - Sorgente di acqua in un laghetto artificiale formatosi a seguito di scavi minerari per l’estrazione dello zolfo (n.329 in CAMPONESCHI & NOLASCO, 1982), *Quarto della Zolfofatella*. Nel 1966 la temperatura registrata era di 31°C . Fa parte di un gruppo di oltre 10 sorgenti termominerali riportate in letteratura (CAMPONESCHI & NOLASCO, 1982 e VENTRIGLIA, 1990) ubicato subito a nord della “Zolfofata” di Pomezia, probabilmente all’incrocio di più faglie. Il laghetto della Solfatarata corrisponde alla sorgente n. 348 in BONI *et alii*, 1988 con $T = 16,8^{\circ}\text{C}$ e TDS = $8.680 \text{ mg}/\text{l}$. Nel gruppo citato di circa 10 sorgenti vi

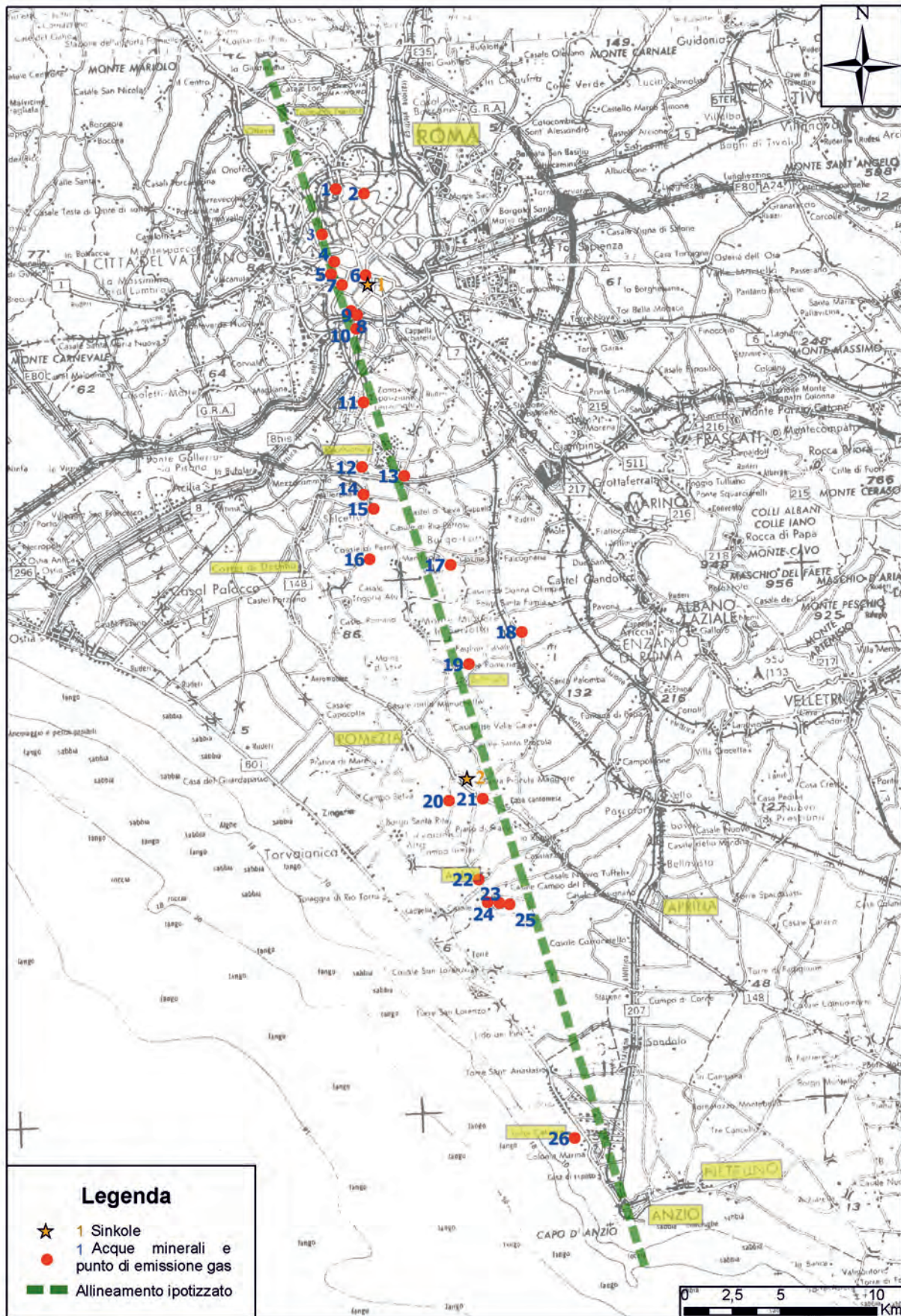


Fig. 10 – Ubicazione delle acque mineralizzate, dei punti di emissione gassosa e dei sinkholes nell'area di studio sino al litorale di Anzio.
 - Location of the mineralized waters, of the points of gaseous issue and the sinkboles in the area of study actually to the shore of Anzio.



Fig. 11 – Fontana dell'Acqua Acetososa nel quartiere Parioli.
- Fountain of the Vinegary water in the district Parioli

è anche la sorgente *Grotta dei Danni*, n. 347 in BONI *et alii*, 1988 con $T = 15,9^{\circ}\text{C}$ e $\text{TDS} = 1.050 \text{ mg/l}$.
20 - Pozzo con stratigrafia profondo 107 m (n.402 in CAMPONESCHI & NOLASCO, 1982) presso *Tenuta S. Procula*. Quota piano campagna 61 m s.l.m, livello statico (dovuto alla presenza di 2 falde idriche) a -27 m dal piano campagna. Acqua mineralizzata di tipo acidulo-ferruginoso. Temperatura crescente con la profondità da 19°C a -18 m a 23°C a -105 m dal piano campagna. Un'analisi chimica del 1980 ha fornito $T = 20^{\circ}\text{C}$; $\text{pH} = 6,2$; Residuo fisso 0,47 g/l e presenza di idrogeno solforato.
21 - Sorgente *Acqua della Muratella*, (n. 404 in CAMPONESCHI & NOLASCO, 1982). Fuoriesce a quota 25 m s.l.m. lungo il fosso della Muratella sotto il ponte di attraversamento della via Pontina.

La sorgente principale con una portata di circa 2 l/s fuoriesce in sinistra dell'alveo da un tufo fratturato. L'acqua è mineralizzata di tipo acidulo ferruginoso e lascia deboli depositi rossastri. Un'analisi del 1959 riporta i seguenti dati: $T = 17^{\circ}\text{C}$; Durezza totale = 31 I.F.; $\text{pH} = 6,1$;
22 - Sorgente che alimenta il *lavatoio di Ardea* (n. 415 in CAMPONESCHI & NOLASCO, 1982). L'acqua mineralizzata fuoriesce a quota 14 m s.l.m. con $\text{pH} = 6,5$; $T = 19^{\circ}\text{C}$ e Durezza totale 24 °I.F. (la stessa corrisponde alla sorgente n. 352 in BONI *et alii*, 1988 con $T = 18^{\circ}\text{C}$ e $\text{TDS} = 750 \text{ mg/l}$). Vicino alla sorgente in questione si trova la sorgente Santa Maria del Pantano (n. 414 in CAMPONESCHI & NOLASCO, 1982) con acqua mineralizzata con $T = 19^{\circ}\text{C}$; $\text{pH} = 6,6$.

23 - Gruppo di sorgenti e pozzi a sud di Ardea, tra cui *Acqua di Santo Stefano* (n. 419 in CAMPONESCHI & NOLASCO, 1982). Pozzo profondo 15,5 m con stratigrafia. Concessione per acque minerali dal 1977 al 1982. Analisi chimico-fisiche dal 1970 al 1977 con valori medi: T = 21,5°C; pH = 6,2; Residuo fisso = 0,85 g/l; Durezza totale = 37 gradi francesi. Nel 2007 è stata misurata una temperatura di 21.1°C, un pH di 6.05, una conduttanza elettrica di 1741 µS/cm e un contenuto in radon di 311 Bq/l.

24 - Pozzo sulfureo caldo a sud dell'abitato di Ardea, prof. = 82 m. nel 2007 è stata misurata una T = 53°C, un pH = 6.41, una conduttanza elettrica = 5390 µS/cm e un contenuto in radon = 3 Bq/l.

25 - Gruppo di sorgenti e pozzi a sud-est di Ardea, tra cui *Acqua Solfa* (di Fossignano) (n. 422 in CAMPONESCHI & NOLASCO, 1982). Nel 1982 la temperatura registrata era di T = 22°C; pH = 6,8 e Durezza Totale = 39° I.F (la stessa corrisponde alla sorgente n. 341 in BONI *et alii*, 1988). Nel 2007 l'acqua aveva una temperatura di 29,5°C e un contenuto in radon di 1570 Bq/l.

26 - *Tor Caldara*. Acque solfuree intensamente mineralizzate (n. 429 in CAMPONESCHI & NOLASCO, 1982) a quota circa 15 m s.l.m. Misure di temperatura effettuate dal 1870 al 1969 sono comprese tra 20° e 23°C, (lo stesso corrisponde alla sorgente n. 354 in BONI *et alii*, 1988 con T = 19,3 °C e TDS = 1.027 mg/l). Nel 2007 è stata misurata una temperatura di 18.0 °C, un pH di 5.74 e una conduttanza elettrica di 843 µS/cm.

L'analisi bibliografica e sul campo atta a verificare l'esistenza di acque termo-minerali e/o ricche in gas, è stata estesa anche nord della città di Roma, lungo la stessa direzione NNW– SSE, e ha evidenziato la presenza di un buon numero di sorgenti termali e mineralizzate, quali quelle del Ponte Sodo e del gruppo Valchetta, vicino Formello.

6. - SPROFONDAMENTI NATURALI NOTI A ROMA

Gli sprofondamenti nel centro urbano di Roma sono noti da molti secoli; essi sono prevalentemente di origine antropogenica, connessi per lo più a cavità presenti nel sottosuolo (NISIO, 2010).

A tal riguardo, AMIDEI (1741) riporta il seguente brano: “*Mi ricordo, da puerizia, di aver visto una buca, come una voragine sopra la Piazza di Campidoglio ed alcuni che vi entravano, nell'uscire dicevano esservi una femmina a cavallo di un Toro, ed un tempo dopo ragionando con Mastro Vincenzo de Rolli, mio maestro, mi disse di esservi disceso e di aver vista la favola di Giove e di Europa...ma s'è ripiena, non è meraviglia, perché le gran ruine del Campidoglio l'hanno ricoperta*”.

Gli sprofondamenti naturali tipo *sinkholes* s.s. (NISIO, 2003) sono poco noti nell'area urbana ma sono stati registrati nella campagna romana a sud ed a est di Roma (NISIO, 2008).

FRANZINI (1650) descrive un avvenimento della Roma antica, che potrebbe far ipotizzare una nascita di una sorgente da uno sprofondamento: “*Quelli che v'aggiungono la quarta porta, vogliono che fosse ai piè del Monte Viminale, e che si chiamasse Giuanuale ... dicesi che dal tempio di Giano uscì un capo d'acqua grossissimo, il quale con impetuoso corso, per mezzo di detta porta venendo, una gran parte di essi (i sabini) quasi da voragine inghiottiti, vi restarono morti e annegati...*”

L'unico sprofondamento probabilmente naturale registrato nel centro urbano è avvenuto in epoca romana, nel centro storico, presso il foro romano, e ha dato origine ad un piccolo lago (*sinkhole?*), noto come *Lacus Curtius* (TITO LIVIO, libro VII, 6). Tale piccolo lago, alimentato da una sorgente sub-lacuale (LUGLI, 1938), sembra essersi originato mediante un episodio parossistico; l'origine è narrata in una leggenda.

La leggenda riporta che nel 392 a.C. nel Foro Romano si aprì una voragine molto profonda, che venne ritenuta *senza fondo*. I sacerdoti interpretarono l'evento come un segno di sventura, predicendo che la voragine si sarebbe allargata fino ad inghiottire l'intera città di Roma, a meno che non si fosse gettato nella cavità quanto di più prezioso ogni cittadino romano possedeva. Il giovane patri-zio, Marco Curzio, uno dei più valorosi guerrieri dell'esercito romano, convinto che il bene supremo di ogni romano fossero il valore e il coraggio, si lanciò nella voragine armato e a cavallo, facendo così cessare l'estendersi della cavità. Il luogo dove si formò la voragine rimase nella leggenda con il nome di *Lacus Curtius*.

ZAPPULLO (1609) riporta: “*Il seguente anno, 392,*



Fig. 12 – Acque Salvie; lapide illustrante il luogo del martirio di San Paolo.
- *Waters Sages; illustrating headstone the place of the martyrdom of St. Paul*

nacque prodigiosamente una voragine dentro la città; la qualle crescendo pian piano minacciava di abissare tutta Roma; avutasi risposta dall'Oracolo che allora si chiudrebbe quando vi si buttasse dentro cosa in che più Roma doveva confidarsi..."

Tuttavia, esiste una prima versione di Tito Livio, in cui il protagonista, invece, è un altro valoroso, il sabino Mevio Curzio (*Metius Curtius*), che, dopo aver ucciso in duello il romano Osto Ostilio, trovò scampo nella palude (*Lacus Curtius*) ove in seguito sarebbe sorto il Foro Romano. Plutarco aggiunge che pochi giorni prima era straripato il Tevere, lasciando depositare fango; ivi precipitò Curzio che non individuò una voragine colma di melma.

TITO LIVIO (Libro VII, cfr. pag. 180), in particolare, riguardo l'origine della voragine, fa espresamente riferimento ad un terremoto o ad altra causa, e riporta quanto segue: *"Eodem anno, seu motu terrae seu qua vi alia, forum medium ferme specu vasto conlapsum in immensam altitudinem dicitur; neque eam voraginem coniectu terrae, cum pro se quisque gereret, expleri*

potuisse, priusquam deum monitu quadri coeptum quo plurimum populus Romanus posset; id enim illi loco dicandum vates canebant, si rem publicam Romanam perpetuam esse vellent. Tum M. Curtium, iuvenem bello egregium, castigasse ferunt dubitantes an ullum magis Romanum bonum quam arma virtusque esset; silentio facto, templa deorum immortalium, quae foro imminent, Capitoliumque intuentem et manus nunc in caelum, nunc in patentes terrae hiatus ad deos manes porrigentem, se devovisse; equo deinde quam poterat maxime exornato insidentem, armatum se in specum immisisse; donaque ac fruges super eum a moltitudine virorum ac mulierum congestas; lacumque Curtium non ab antiquo illo T. Tati milite Curtio Mettio, sed ab hoc appellatum. Cura non deesset, si qua ad verum via inquirentem ferret: nunc fama rerum standum este, ubi certam derogat vetustas fidem; et lacus nomen ab hac recentiore insignitius fabula est".

"Lo stesso anno, o per una scossa di terremoto o per qualche altra causa, si dice che quasi a mezzo del foro si sia aperta una cavità di profondità immensa; e pur seguitando tutti i cittadini a gettar terra, non si riusciva a riempire

quella voragine, finché seguendo il monito degli dei si cominciò a cercare cosa fosse che costituiva la forza principale del popolo romano; questo infatti gli indovini proclamavano che bisognava consacrare a quel luogo, se si voleva che lo stato romano fosse eterno. Allora narrano che Marco Curzio, giovane distintosi in guerra, abbia biasimato i concittadini perché rimanevano dubitanti se vi fosse in Roma alcun bene superiore alle armi e al valore; poi fattosi il silenzio intorno, volgendo lo sguardo ai templi degli dei immortali che sovrastano il foro e il Campidoglio, e tendendo le mani ora al cielo ora all'ampia voragine della terra, verso gli dei Mani, ad essi si sia votato; salito poi in sella ad un cavallo fornito dei più splendidi ornamenti si sia precipitato armato nella cavità, e sopra di lui siano stati gettati doni e frutti da una folla di uomini e donne; il lago Curzio avrebbe preso il nome non da quell'antico soldato di Tito Tazio, Curzio Mezio, ma da costui. Non avrei risparmiato fatica per indagare, se vi fosse stata qualche via che potesse condurre alla verità; ma ora dobbiamo attenerci alla tradizione, poiché l'antichità dei fatti impedisce la certezza, e il nome del lago riceve maggior gloria da questa leggenda più recente”.

Anche VALERIO MASSIMO (Detti e fatti memorabili, cfr. pag. 428) riporta tale versione, più accreditata, di una voragine che si apre all'improvviso nel Foro:

“Cum autem in media parte fori vasto ac repentino biatu terra subsideret responsumque esset ea re illum tantum modo conpleri posse, qua populus Romanus plurimu, valeret, Curtius et animi et generis nobilissimi adulescens interpretatus urbem nostram virtute armisque precipue excellere, militaribus insignibus ornatus equum conscendit eumque vehementer admotis calcaribus praecipitem in illud profundum egit, super quem universi cives honoris gratia certatim fruges iniecerunt continuoque terra pristinum habitum recuperavit. Magna postea decora in foro Romano fulserunt, nullum tamen bodieque pietate Curtii erga patriam clarius observatur exemplum”.

“Quando la parte centrale del foro sprofondò in seguito ad una vasta ed improvvisa spaccatura del terreno, il responso dell'oracolo fu che la si sarebbe potuta riempire solo con ciò in cui il popolo romano fosse più valido. Allora Curzio, un giovane nobile per cuore ed origine, pensando che Roma eccellesse principalmente nel coraggio militare, ornatosi dei consueti fregi, montò a cavallo e spronandolo furiosamente si gettò entro quella cavità, nella quale i cittadini, per onorare il suo ricordo, gettarono a gara dei cereali, e d'un tratto la terra riacquistò miracolosamente l'aspetto di prima.

Altri onorevoli eventi vide in seguito il foro romano, ma nessuno di essi riesce ancor oggi a pareggiare l'illustre esempio di amor patrio offerto da Curzio”.

In una terza, meno accreditata versione, riportata da Terenzio Varrone, il lago in oggetto sarebbe un luogo dichiarato sacro, secondo l'usanza romana, perché colpito da un fulmine, unica causa dell'apertura della voragine, la cui consacrazione avvenne nel 445 a.C. sotto il Consolato di Gaio Curzio Filone.

Il sito esatto del lago Curzio (fig. 13) fu identificato, all'interno del foro, da Giacomo Boni il 17 aprile 1903; attualmente il sito si presenta come un avvallamento del terreno di forma trapezoidale di diametro maggiore pari a circa 30 m, circondato da pavimentazione in lastroni di travertino, risalente all'età di Cesare (fig. 13); al livello più basso si scorge parte della pavimentazione più antica in blocchi di tufo, con al centro un pozzo, in cui al tempo di Augusto, i passanti erano soliti gettare monete. La parte più depressa mostra una cavità di 12 m x 6 m al cui centro doveva essere presente una statua equestre di Domiziano.

Il sito è attualmente asciutto e si suppone che lo sia stato già nell'età romana più recente (LUGLI, 1938), infatti OVIDIO (Opere complete, pg. 430 – 433) scrisse quanto segue:

“..Hoc, ubi nunc fora sunt, udae tenuere paludes; amne redundatis fossa madebat aquis. Curtius ille lacus, siccas qui sustinet aras, nunc solida est tellus, sed lacus ante fuit (...). Hic quoque lacus erat iuncis et harundine densus et pede velato non adeunda palus. Stagna recesserunt et aquas sua ripa coeret, siccaque nunc tellus: mos tamen ille manet”.

“... Qui dove ora ci sono i Fori si estendevano un tempo umidi paludi e sul terreno stagnava l'acqua lasciata dal fiume in piena. Il lago Curzio, che è adesso interrato e sul cui letto asciutto sono stati costruiti gli altari, un tempo era un lago (...). Da queste parti c'era anche un fitto bosco di giunchi e di canne e una palude che non si poteva percorrere che a piedi nudi. L'acqua stagnante è rifluita, il terreno è secco, la corrente è trattenuta dalle sue sponde, ma l'usanza è tuttavia rimasta”.

L'avvallamento al suolo (fig. 14), di alcune decine di metri di diametro (poco più di 20 attualmente), che oggi si registra in tale sito sembra avvalorare l'ipotesi di una paleoforma da sprofondamento che avrebbe potuto ospitare il lago. La



Fig. 13 – *Lacus Curtius*, ubicazione del sito all'interno del Foro Romano.
- *Lacus Curtius*, location of the site inside the Hole Romano.

paleoforma, inoltre, potrebbe aver avuto in passato un diametro maggiore, il che giustificherebbe la presenza delle citate leggende.

Il sottosuolo dell'area dove si sarebbe originata la voragine è di natura alluvionale, costituito da sabbie limi e ghiaie organizzate in orizzonti di spessore variabile; si registra, inoltre, nel sottosuolo la presenza di due falde sovrapposte.

La natura, dunque, dei terreni affioranti potrebbe essere compatibile con uno sprofondamento naturale, tuttavia sono necessarie altre condizioni al contorno per poter giustificare un processo tipo sinkholes s.s., quali, ad esempio, sovrappressioni idrauliche ed acque mineralizzate nelle vicinanze del sito.

La presenza di tali acque potrebbe essere confermata dall'esistenza della citata *Fonte di Giuturna* (LANCIANI, 1881; acqua sulfurea calda?), dedicata alla dea protettrice di coloro il cui lavoro aveva attinenza con l'acqua, ubicata nel foro a poca distanza dal *lacus Curtius*. Secondo la tradizione, Castore e Polluce si fermarono presso questa sorgente sacra ad abbeverare i cavalli nel 499 a.C.; a quel tempo l'acqua della sorgente formava il lago *Lacus Juturnae* (LUGLI, 1938). La falda scorreva ad

una certa profondità dal p.c. e si attingeva per mezzo di un pozzo; sembra che nel Medio Evo fosse ancora in attività ma in seguito all'interno del Foro la direzione dei flussi idrogeologici cambiò, e la falda drenò direttamente nella Cloaca Massima. In alcune epoche storiche la sorgente è riapparsa nel 1702, 1816, 1818 e nel 1870 (LANCIANI, 1881). Era usata per cure mediche (*linpha salubris*) e divenne sito frequentato da pellegrini e ammalati (Dionys Halic., VI, 13).

FERRANTE CORTI nelle narrazioni medioevali dei *Mirabilia Urbis Romae*, descrive un luogo che denomina *Infernus* che si riviene all'interno del percorso che dalla Via sacra porta all'arco di Tito (e cioè un percorso all'interno del Foro proprio dove è ubicato il *lacus Curtius*):

“Iuxta eam domum fuit Palatium Catiline, ubi fuit ecclesia sancti Antonini iuxta quam est locus qui dicitur infernus, eo quod antiquo tempore ibi eructabat, et magnam perniciem Romae inferebat, unde quidam nobilis miles, ut liberaretur civitas responso quorum deorum, armatus proiecit se, et causa est terra; sic civitas liberata est. Ibi est templum Vestae, ubi dicitur inferius draconem cubare, sicut legimus in vita sancti Silvestri”.

“Vicino a questa fu il Palazzo di Catilina, dove fu la

chiesa di S Antonio, vicino ad essa è un luogo chiamato inferno, perché nei tempi antichi veniva fuori di là fuoco e fiamme, con grande danno di Roma; allora un nobile soldato per liberare la città secondo il responso dei suoi dei, si lanciò armato in quella voragine: subito la terra si richiuse e la città fu liberata. Qui è il tempio di Vesta, sotto al quale si dice che giaccia un drago come si legge nella Vita di S. Silvestro”.

Da precisare che nei pressi del *lacus Curtius*, nel Foro, è presente un piccolo tempio dedicato a Vesta, da non confondere con l'altro più noto posto nei pressi del Circo Massimo.

Secondo un'altra tradizione medioevale, risalente al VI secolo, la caverna del drago era situata presso lo stagno della Fonte Giuturna.

Inoltre non è da sottovalutare la presenza nel Medio Evo del toponimo *Acqua di S. Maria dell'inferno*, che porterebbe di nuovo a ipotizzare la voragine considerata un condotto per il regno degli inferi.

7. - I TERREMOTI NELL'AREA ROMANA

Uno studio estremamente approfondito e accurato sulla sismicità storica e attuale della città Roma è stato effettuato da MOLIN *et alii*, 1995, da cui sono tratte tutte le informazioni riportate di seguito.

Il ruolo di centro politico, religioso e culturale svolto dalla città per oltre due millenni ha fatto sì che le informazioni sui terremoti che l'hanno interessata siano spesso abbondanti e numerose, offrendo la possibilità ai ricercatori del campo di ottenere un catalogo di risentimenti reali forse unico al mondo. Sebbene la sismicità di Roma, possa definirsi piuttosto modesta, non può certamente considerarsi trascurabile, specialmente in relazione alla presenza nel territorio comunale sia di un patrimonio artistico e monumentale di valore inestimabile, caratterizzato da una elevata vulnerabilità, sia di edifici particolarmente soggetti a crolli e/o cedimenti strutturali, anche in assenza di eventi sismici, dovuti alla loro vetustà e/o alla scarsa o mancante manutenzione. In quest'ultimo caso, si possono presentare situazioni di pericolo per l'incolumità delle persone anche in occasione di terremoti di bassa/moderata magnitudo.

La sismicità di Roma deriva essenzialmente da quattro aree sismogenetiche: 1) attività sismica di origine locale. Riguarda l'area compresa entro il G.R.A. ed è caratterizzata da una frequenza piuttosto scarsa, magnitudo moderate ($M_{\max} = 4$), intensità massime corrispondenti al VI-VII grado della scala macrosismica Mercalli-Cancani-Sieberg



Fig. 14 – *Lacus Curtius*, avvallamento e ribassamento del suolo che fa ipotizzare movimenti successivi alla pavimentazione del sito.
– *Lacus Curtius*, depression and lowering of the ground that confirm the movements in the site.

(MCS, 1930) e profondità ipocentrali molto modeste (< 10 km); 2) attività sismica di aree adiacenti al territorio urbano. Tali aree sono rappresentate dai centri sismici dei Colli Albani e settori immediatamente adiacenti (Bacino della Cecchignola, Vallerano, “Alto” di Ciampino, Guidonia) sede di terremoti molto frequenti, aventi magnitudo massime intorno a 5 e profondità molto superficiali (< 6 km), e del litorale tirrenico, sede invece di terremoti molto poco frequenti, ma a volte di entità piuttosto rilevante ($M_{\max} = 5.5$). I risentimenti in Roma dovuti a terremoti provenienti dai Colli Albani e settori adiacenti sono numerosissimi, ma quasi sempre di bassa intensità ($< V$ grado MCS); solo in un caso è stato raggiunto il VI grado MCS (terremoto del 1899 con epicentro l'area di Frascati-Marino). I rari risentimenti dovuti ai terremoti del litorale tirrenico hanno in un caso raggiunto il V-VI grado; 3) attività sismica di aree dell'Appennino Centrale, di gran lunga la più importante in termini di risentimento. A distanze comprese tra 60 e 110 km circa da Roma, sono presenti varie e importanti aree sismogenetiche, ai cui terremoti sono dovuti i più forti risentimenti sismici osservati nella città (intensità massima VI-VII grado MCS). Le aree decisamente più rilevanti sono quelle dell'Aquilano e del Fucino, in cui hanno avuto origine terremoti di elevata magnitudo ($M_{\max} = 7$) che hanno prodotto in Roma danneggiamenti riferibili a circa il VI-VII grado MCS; 4) attività sismica di altre aree sismogenetiche ubicate a più di 110 km da Roma (Alto Viterbese, Monte Amiata, Molise, Maiella, Gran Sasso, Appennino umbro). I terremoti con origine in questi settori risultano di scarsa importanza, relativamente alla sismicità di Roma, in quanto i relativi risentimenti non hanno mai superato il IV-V grado MCS. Nel complesso, gli eventi risentiti in Roma quelli con intensità $> VI$ grado si sono verificati ogni 100 anni circa, mentre con intensità $> VII$ grado MCS, ogni 500 anni circa; ma va tenuto presente che: 1) le notizie sui rari eventi di epoca antica ed altomedievale (fino al X secolo) sono vaghe e di difficile interpretazione; 2) le informazioni sui terremoti verificatisi tra gli anni 1000 e 1700 sono piuttosto scarse, anche se sono possibili le prime valutazioni di intensità, anche se

piuttosto incerte; 3) solo per gli ultimi tre secoli le notizie sui terremoti di Roma permettono la costruzione di un catalogo con un elevato grado di completezza, almeno per eventi di intensità uguale e superiore al IV grado MCS; in tale periodo si ha notizia che cinque scosse hanno prodotto danni diffusi in tutta l'area urbana, mentre alcune altre danni limitati solo a pochi edifici.

Inoltre, l'analisi della sismicità nel settore a nord della capitale ha messo in evidenza la presenza di epicentri di terremoti di moderata magnitudo (fino a $M = 4$) localizzati lungo la medesima direzione NNW-SSE, nella zona compresa tra il lago di Bracciano ed il lago di Vico.

Tra i terremoti di cui si ha notizia a Roma, anteriormente all'anno 1000, si annoverano quelli del 461, del 179, dell'83 e del 72-70 a. C.; gli eventi del 15, del 51, del 443 d. C. (con danni al Colosseo e alla Basilica di S. Paolo fuori le mura), del 484 o del 508 d.C., e dell'801 d. C. (con danni alla Basilica di S. Paolo fuori le mura). Di tali eventi sismici sono molte le testimonianze e tra esse vi è una lapide all'interno del Colosseo (fig. 15) su cui è riportata la seguente incisione: “(Decius) Marius Vena(n)tius Basilius, v(ir) c(larissimus) et inl(ustris), pra(e)fectus urb(i), patricius, consul ordinarius, arenam et podium, quae abominandi terrae motus ruin(a) p(ros)travit, sumptu proprio restituit”, che tradotto è: “Decio Mario Venanzio Basilio, uomo famosissimo ed illustre, Governatore di Roma, patrizio, Console in carica restaurò a proprie spese l'arena ed il podio (del Colosseo), che la rovina di un tremendo terremoto distrusse” (fig. 15).

Dopo l'anno mille vengono ricordati i terremoti del 1091 (con danno alla chiesa di Santa Maria in Trastevere), del 1349 (probabilmente l'evento sismico più fortemente risentito a Roma di cui si ha notizia, con gravi danni e crolli di numerosi monumenti e chiese), del 1703 (con crolli parziali di edifici, caduta di comignoli e danni minori in numerosissimi edifici, sia privati che pubblici), del 1812 (il più forte evento sismico originatosi nell'area urbana di Roma), del 1895 (con epicentro tra Roma e il litorale sud, vedi dopo), del 1899 (terremoto con origine nei Colli Albani che ha prodotto il danneggiamento più severo nel centro storico di Roma, pari al VI grado MCS), del 1909 (terremoto di “Monte Mario, vedi

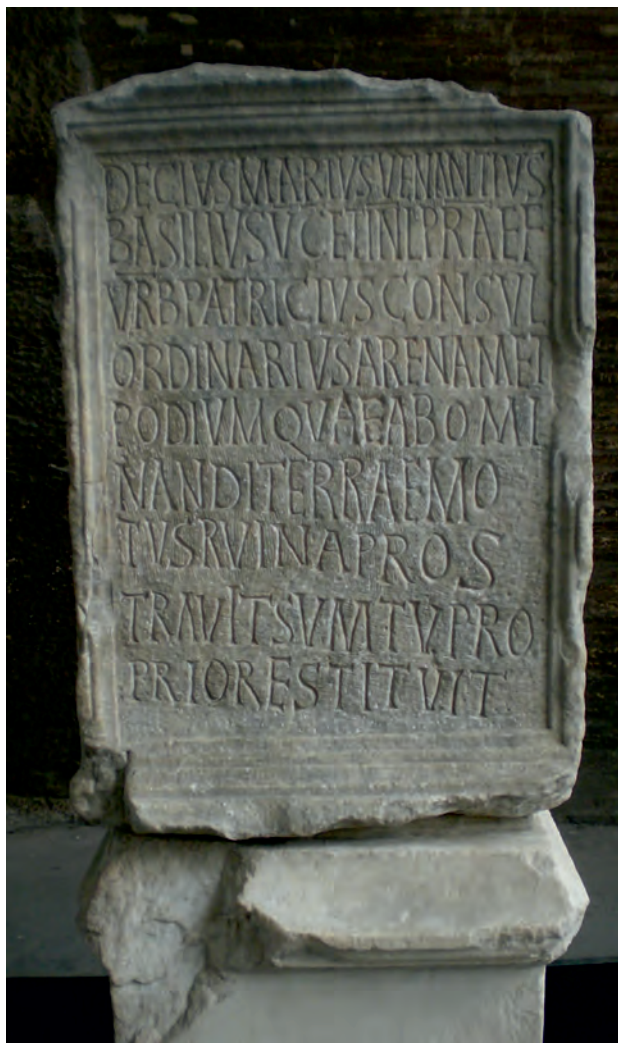


Fig. 15 - La lapide all'interno del Colosseo su cui è riportata la seguente incisione: "(Decius) Marius Vena(n)tius Basilius, v(ir) c(larissimus) et in(l)ustris, pra(e)fectus urb(is), patricius, consul ordinarius, arenam et podium, quae abominandi terrae motus ruin(a) p(ros)travit, sumptu proprio restituit", che tradotto è: "Decio Mario Venanzio Basilio, uomo famosissimo ed illustre, Governatore di Roma, patrizio, Console in carica restaurò a proprie spese l'arena ed il podio (del Colosseo), che la rovina di un tremendo terremoto distrusse".

- The headstone inside the Colosseum on which the following incision is brought "(Decius) Marius Vena(n)tius Basilius, v(ir) c(larissimus) et in(l)ustris, pra(e)fectus urb(is), patricius, consul ordinarius, arenam et podium, quae abominandi terrae motus ruin(a) p(ros)travit, sumptu proprio restituit".

dopo), del 1915 (terremoto del Fucino, con risentimento fino al VI-VII grado MCS).

In epoca recente, due tra gli eventi sismici storici sono stati oggetto di studi approfonditi (RIGUZZI & TERTULLIANI, 1992, 1993): il terremoto del 1 novembre 1895, con intensità del VII grado della scala MCS e il terremoto del 31 agosto 1909 con intensità del VI grado della scala MCS.

Tali eventi, di moderata magnitudo ($M < 5$),

hanno avuto come aree epicentrali, rispettivamente, il settore NW e quello S-SW di Roma.

In figura 16 sono state riportate le isosisme degli eventi sismici (si ricorda, che l'epicentro ricavato dallo studio dei sismogrammi, chiamato epicentro strumentale, può anche essere esterno all'area compresa nell'isosisma di maggiore intensità). Inoltre, viene riportata la direzione preferenziale (NNW – SSE) lungo la quale sembrano allinearsi, nel centro urbano di Roma, sia le principali emergenze di acque minerali sia il punto in cui sono state misurate anomale concentrazioni di CO_2 indoor.

La direzione di allungamento delle isosisme del terremoto del 1895 sembra ben accordarsi con la suddetta direzione NNW – SSE di risalita di acque minerali nell'area che comprende S. Paolo fuori le Mura, Tor Pagnotta e Castel Romano, tutte località cui è stato attribuito il VI grado della scala MCS.

Le isosisme del terremoto del 1909, invece, sembrano bene accordarsi con la stessa direzione NNW – SSE nella sua porzione settentrionale con l'isosisma massima del VI grado della scala MCS che comprende la zona del quartiere Prati e del centro storico (il Campo Marzio e Trastevere).

Come già riportato, cronache storiche citano anche un altro evento sismico con probabile epicentro nell'area della città: il terremoto del 22 marzo 1812, con risentimenti del VI-VII grado MCS, di cui non è stato possibile ricostruire le isosisme, ma i danni maggiori (MOLIN *et alii*, 1995) sono stati registrati nuovamente nei medesimi areali, quartieri Trastevere e del Campo Marzio.

In figura 16, infine, sono riportati gli epicentri dei terremoti (27 eventi) sia storici che molto recenti ubicati lungo la medesima direzione, NNW – SSE.

Si è preferito riportare i dati riguardanti tali eventi sismici nella tabella 1, così come tratti dai vari cataloghi, senza quindi, ad esempio, riferire ad un unico sistema di riferimento le coordinate epicentrali. La maggior parte delle informazioni relative agli eventi sismici riportati nella tabella 1 provengono, per i terremoti più recenti, sia dal Catalogo della Sismicità Italiana 1981-2002 (CSI 1.1, INGV) sia da ISIDE (*Italian Seismological Instrumental and Parametric Database*, INGV, per i terremoti avvenuti dal 2005 ad

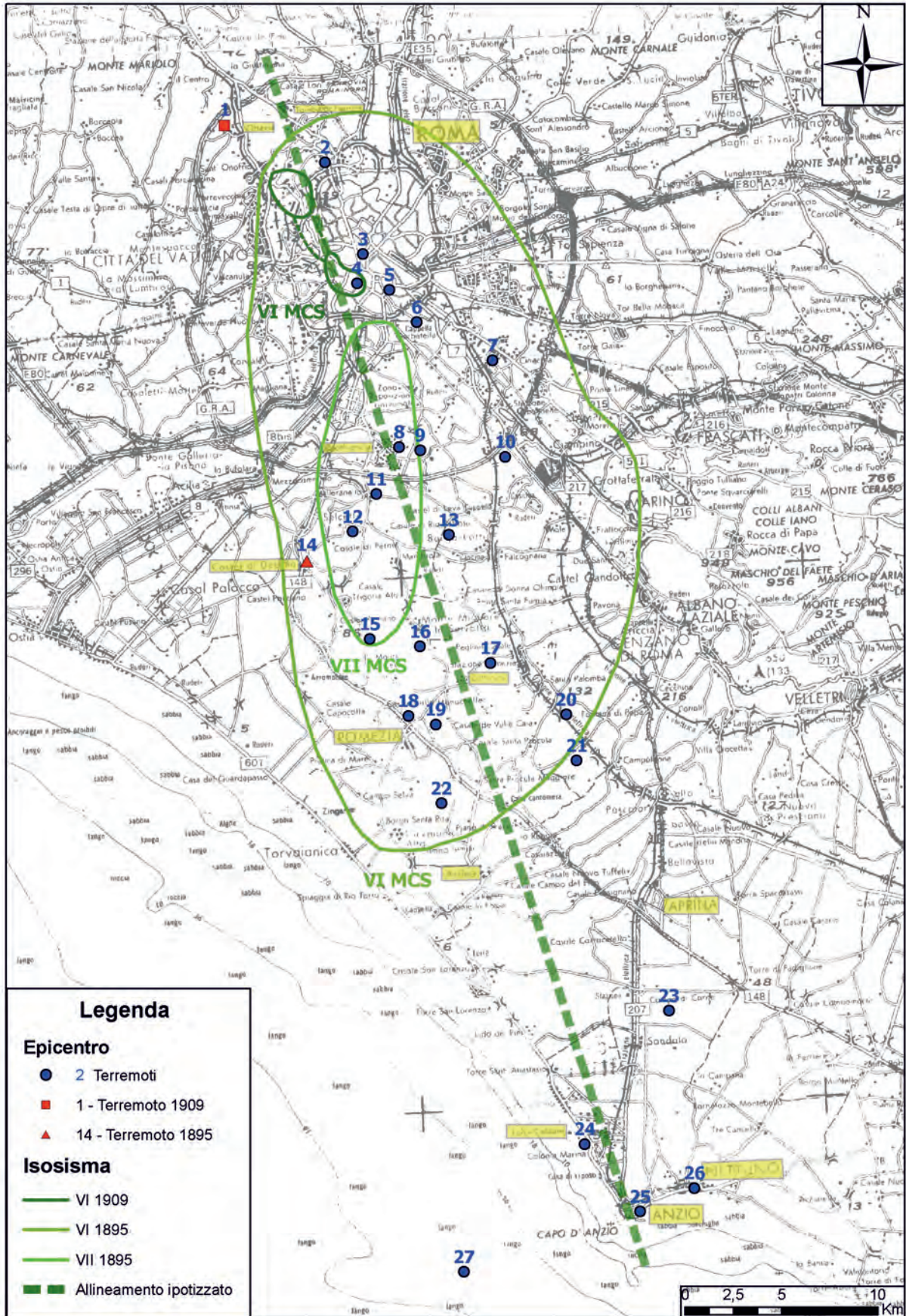


Fig. 16 – Ubicazione degli epicentri dei terremoti nell'area di studio sino al litorale di Anzio.
 - Location of the epicentris of the earthquakes in the area of study actually to the shore of Anzio.

Tab. 1 – Terremoti storici e recenti nella città di Roma e nel litorale sino ad Anzio (da nord a sud).
- *Historical and recent earthquakes in the city of Rome and in the shore actually to Anzio (from north to sud).*

N.	Data terremoto	ora	Coordinate epicentro	Area epicentrale	Intensità (MCS)	Magnitudo (M)	Profondità ipocentro (km)	Fonte
1	31-ago-1909	13:41	41,950 - 12,383	Monte Mario, Roma	VI	3.6	-	RIGUZZI & TERTULLIANI, 1993
2	30-gen-2009	21:33	41,974 – 12,481	Tomba di Nerone	-	2	7.7	INGV-ISIDE
3	22-mar-1812	2:20	41.895 – 12.482	Roma	VI-VII	4.9	-	CPTI 11
4	12-mag-2009	12:44	41,883 – 12,465	Isola Tiberina	-	2.1	14.8	INGV-ISIDE
5	8-apr-1860	0:45	41° 53' - 12° 30'	Roma	V	3.6	-	CNR-PFG
6	4-mar-1953	10:56	41° 52' - 12° 31'	Roma	IV-V	3.3	-	CNR-PFG
7	18-feb-1811	2:15	41.850 – 12.567	Roma	VI	4.7	-	CPTI 11
8	12-giu-95	18:13	41,810 - 12,510	Roma - Cecchignola	VI	3.6	11.5	BASILI <i>et alii</i> , 1996
9	3-ott-2008	23:18	41,810 – 12,520	Via di Tor Pagnotta	-	1.7	9.8	INGV-ISIDE
10	13-giu-1995	1:30	41,811 - 12,571	Via Appia	-	2.6	15.3	INGV-CSI 1.1
11	12-giu-1995	17:07	41,789 - 12,490	Valleranello	-	2.6	10.2	INGV-CSI 1.1
12	13-giu-95	7:45	41,772 - 12,475	Decima	-	2.5	13.5	INGV-CSI 1.1
13	12-giu-95	18:47	41,771 - 12,529	Castel di Leva	-	1.8	16.3	INGV-CSI 1.1
14	1-nov-1895	3:37	41,766 - 12,440	Castel Romano	VI-VII	4.9	-	CPTI 11
15	6-mag-1924	2:59	41°43' - 12° 29'	Pomezia	IV-V	3.3	-	CNR-PFG
16	1229	----	41° 45' - 12° 30'	Pomezia	-	4.1	-	CNR-PFG
17	17-mar-1990	20:51	41,709 - 12,555	Pomezia	-	3	12	INGV-CSI 1.1
18	12-feb-1919	20:39	41° 41' - 12° 30'	Pomezia	V	3.6	-	CNR-PFG
19	23-ott-1989	21:19	41,683 - 12,521	Pomezia	-	3.7	4.2	INGV-CSI 1.1
20	19-ott-1989	23:33	41,685 - 12,596	Pomezia	-	3.7	5.8	INGV-CSI 1.1
21	11-mag-1987	15:07	41,664 - 12,609	Pomezia	-	3.2	11.5	INGV-CSI 1.1
22	24-ott-1989	3:37	41,646 - 12,524	Pomezia	-	3	6.4	INGV-CSI 1.1
23	11-apr-1987	1:36	41,541 - 12,648	Aprilia	-	3.5	15.7	INGV-CSI 1.1
24	22-ott-1919	6.55	41° 29'; 12° 36'	Nettuno	-	5.2	-	CNR-PFG
25	23-ott-1919	4:55	41° 27' - 12° 38'	Nettuno	-	3.3	-	CNR-PFG
26	4-dic-1919	2:40	41.459 – 12.663	Nettuno	V-VI	4.5	-	CPTI 11
27	22-ago-2005	12:02	41.365 - 12.446	Mar Tirreno (Anzio)	-	4.5	30	INGV-ISIDE

oggi). Si ricorda che a Roma, presso la sede dell'INGV, è esistente, dal mese di ottobre del 2002, una stazione sismica permanente a tre componenti (sigla ROM9, <http://webapp.int.ingv.it/sit/index.php>). Da tale data, di conseguenza, la localizzazione degli eventi sismici che avvengono nell'area urbana di Roma, anche di bassa magnitudo ($M < 2$), risulta estremamente accurata.

Altre informazioni, per i terremoti storici e meno recenti, sono state tratte dal catalogo del C.N.R. – Progetto Finalizzato Geodinamica (CNR-PFG) del 1985 che riporta i terremoti di Pomezia del 1229 e del 1919, gli eventi sismici di Roma del 1812, 1860, del 1924 e del 1953 i due terremoti di Anzio – Nettuno del 1919. Infine, le informazioni relative ad altri terremoti riportati in tabella 1 (1811, 1812 e 1895) sono tratte dal CPTI11 (Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani dal 1000 al 2006) dell'INGV (ROVIDA *et alii*, 2011). Naturalmente, la determinazione epicentrale per gli eventi meno recenti, soprattutto per quelli avvenuti prima del 1890, anno in cui l'Osservatorio Geodinamico di Rocca di Papa iniziò la sua regolare attività di monitoraggio sismico del territorio (PAGLIUCA *et alii*, 2007), presenta ampi margini di incertezza.

8. - CONCLUSIONI

Nella Roma antica erano molte le sorgenti ubicate all'interno delle mura della città e nelle vicinanze.

Acque mineralizzate calde o fredde, deposizioni di zolfo ed emissioni gassose sono testimoniate da cronache e documenti storici.

Spesso le sorgenti minerali o i siti di emissione di gas (quali, ad esempio, CO₂, idrocarburi e composti dello zolfo) venivano considerati sacri, e nelle vicinanze di questi venivano eretti edifici di culto.

Lo sviluppo del tessuto urbano ha, poi, nella maggior parte dei casi, obliterato i siti naturali ancora attivi, prosciugati o estinti e indotto alla captazione di alcuni punti di risorgiva.

L'ubicazione di tali punti riveste interesse scientifico al fine della definizione di aree particolarmente sensibili ad alcuni rischi naturali.

In letteratura sono molte le ricerche volte all'individuazione delle sorgenti esistenti nella città in epoca storica.

Il presente lavoro, di cui questa nota costituisce un preliminare contributo, vuole fornire solo uno stimolo all'incremento delle ricerche.

Si è proceduto, dunque, ad una meticolosa ricerca bibliografica, raccogliendo informazioni sull'ubicazione delle sorgenti mineralizzate nonché dei punti di emissione gassosa; il censimento ha interessato anche le aree della campagna romana sino al litorale di Anzio.

Tale censimento si è basato essenzialmente su una ricerca di dati idrogeologici, idrochimici, implementando il già nutrito *data-base* con l'acquisizione di nuove analisi chimico-fisiche delle acque e nuove misure *indoor*, di selezionate specie gassose eseguite recentemente.

All'analisi delle fonti idrogeologiche è stato affiancato un inquadramento della sismicità che ha interessato il territorio della città di Roma sia nei secoli passati che nel periodo attuale, supportato da una ricerca storica ed archeologica, che è risultata fondamentale per l'inquadramento generale di tutta l'area romana.

La presente nota deve essere infatti intesa come uno sforzo, di condensare in un unico lavoro le informazioni archeologiche, idrogeologiche, idrochimiche e sismologiche esistenti riguardanti l'area della città di Roma.

Ciò che è stato evidenziato è che nell'area urbana, le acque mineralizzate o sulfuree e le emanazioni di gas erano già testimoniate in epoca romana.

Inoltre è possibile che all'interno del centro storico vi siano stati in passato fenomeni di sprofondamento naturali, quali *sinkholes* s.s., proprio connessi con la circolazione, nel sottosuolo romano, di fluidi gassosi e mineralizzati in pressione, in grado di produrre processi di liquefazione e/o dissoluzione di fasi minerali particolarmente solubili.

La restituzione dei dati ha permesso di individuare, all'interno della città, una fascia più sensibile e più ricca di tali manifestazioni. Tale fascia attraversa la città con un *trend* orientato in direzione NNW-SSE (circa N 165°).

La presenza di tale possibile direzione preferenziale potrebbe essere spiegata con una circolazione

idrotermale sub-superficiale o più profonda e con il suo deflusso, che porta allo sfioro delle acque mineralizzate in superficie.

Altresì, è possibile ipotizzare un sistema di fratturazione, sub-superficiale, che interessa una fascia più o meno vasta della città e che, in maniera segmentaria, potrebbe continuare più a sud e più a nord del centro urbano.

A tal fine, la distribuzione dei dati idro-geochimici è stata confrontata con le isosisme (calcolate o ricostruite con l'analisi a posteriori dei danni) degli eventi sismici che hanno interessato l'area romana nel 1895 e nel 1909, entrambi oggetto di approfonditi studi recenti. Inoltre, sono stati riportati gli epicentri di altri terremoti storici e recenti ricadenti lungo la direzione ipotizzata; in particolare, gli eventi posteriori al 2002 sono stati localizzati con estrema accuratezza dalla RSNC (Rete Sismica Nazionale Centralizzata) dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

L'analisi bibliografica e sul campo, atta a verificare l'esistenza di acque termo-minerali e/o ricche in gas, estesa a nord della città di Roma, lungo la stessa fascia a direzione NNW – SSE, ha evidenziato la presenza di un buon numero di sorgenti termali e mineralizzate, quali quelle del Ponte Sodo e del gruppo Valchetta, vicino Formello. Inoltre, l'analisi della sismicità in questo settore a nord della capitale ha messo in evidenza la presenza di epicentri di terremoti di moderata magnitudo (fino a $M = 4$) localizzati lungo la medesima direzione NNW-SSE, nella zona compresa tra il lago di Bracciano ed il lago di Vico.

Potrebbe essere interessante per la città di Roma eseguire nel tempo un monitoraggio topografico di alta precisione all'interno del Grande Raccordo Anulare (magari appoggiandosi a caposaldi dell'IGM già esistenti). Ad esempio si potrebbero individuare tre caposaldi in destra e tre caposaldi in sinistra del Tevere in modo da tenere sotto controllo gli eventuali spostamenti reciproci, anche minimali, tra varie parti della città. I caposaldi dovrebbero essere ubicati su rilievi collinari in modo da non ricadere nelle alluvioni del Tevere ed essere comunque ubicati in numero uguale ai lati della direzione preferenziale di risalita di acque mineralizzate e gas individuata nel presente studio.

In definitiva, ciò che emerge da questo studio è che l'area romana, nonostante presenti un'elevata

urbanizzazione, risulta ancora troppo poco conosciuta dal punto di vista geologico, idrochimico e sismico per riuscire a valutare e quantificare gli *hazard* geologici a cui è potenzialmente esposta (sismico, emanazioni gassose di origine naturale, sprofondamenti di origine naturale e/o antropica, ecc.).

Lo studio ha dimostrato, ancora una volta, la necessità che la ricerca presenti un carattere multidisciplinare, con un particolare riguardo alla storia e all'archeologia dei luoghi al fine di ottenere quelle informazioni che lo sviluppo urbano della città ha ormai in larga parte obliterato.

BIBLIOGRAFIA

- AMIDEI F (1741) - *Roma antica distinta per Regioni. Della fondazione di Roma. A gloria dell'edificazione di Roma da quasi tutti gli Scrittori delle Romane Istorie*. Marchese Raggi (Ed.).
- APAT - SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (2008) - *La Geologia di Roma: dal centro storico alla periferia*. Mem. Descr. Carta Geol. D'It., **80**, a cura di FUNICIELLO R., PRATURLON A. & GIORDANO G.
- APAT - SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (2008) - *Foglio Geologico 374*, Roma, in scala 1:50.000 con note illustrative.
- APAT - SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (2008) - *Foglio Geologico 387, Albano Laziale*, in scala 1:50.000 con note illustrative.
- ARMELLINI M. (1891) - *Le chiese di Roma*. Tipografia Vaticana. Roma.
- BASILI A., CANTORE L., COCCO M., FREPOLI A., MARGHERITI L., NOSTRO C. & SELVAGGI G. (1996) - *The June 12, 1995 microearthquake sequence in the city of Rome*. Annali di Geofisica, **34** (6), 1167-1175.
- BERSANI P. & BERSANI A. (2010) - *L'antica sorgente dell'Acqua Acetosa a Roma*. Professione Geologo n. 24 Luglio 2010.
- BERSANI P., FERRARI S. & PIZZINO L. (2009) - *Un'antica sorgente termale nel Campo Marzio a Roma*. L'Acqua n. 2.
- BONI C., BONO E. & CAPELLI G. (1988) - *Schema idrogeologico dell'Italia centrale*. Mem. Soc. Geol. It., **35**. Roma.
- CAMPONESCHI & NOLASCO F. (1982) - "Le risorse naturali della Regione Lazio", "Roma e i Colli Albani", **7**. Regione Lazio.
- CAPELLI G., MAZZA R. & TAVIANI S. (2008) - *Acque sotterranee nella città di Roma*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., **80**, a cura di FUNICIELLO R., PRATURLON A. & GIORDANO G.
- CARDILLI L. (2010) - *Sulla fontana dell'Acqua Acetosa e il nuovo parco. Un recupero significativo*. L'Acqua n. 2/2010.
- CASTELLANI V. & BERSANI P. (2005) - *Il cunicolo idraulico di Villa Glori – Lungotevere dell'Acqua Acetosa*. In: Catasto cavità sotterranee italiane.
- C.N.R. (1985) - *Progetto finalizzato Geodinamica - Catalogo dei terremoti italiani dall'anno 1000 al 1980*. CNR, Bologna.
- CASSIO A. (1756) - *Corso dell'acque antiche*. ... Roma.
- CASSIO A. (1893) - *Bollettino della commissione Archeologica di Roma*. Tip. Dell'Accademia dei Lincei, 304 pp. Roma.

- CASTIGLIONE & SABA (1957) - *Storia dei Papi*. Ediz. UTET.
- CECHELLI (1935) - *Santa Maria in Trastevere*. Le Chiese di Roma illustrate, n. 31-32.
- CIMINO M.G. & NOTA SANTI M. (1998) - *Corso Vittorio Emanuele II tra urbanistica e archeologia – Storia di uno sventramento*. Edizione Electa, Napoli.
- CORAZZA A. & LOMBARDI L. (1995) - *Idrogeologia del centro storico di Roma*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., **50**, IPZS, Roma.
- FERRANTE CORTI I. (1930) - *Mirabilia Urbis Romae*. Fratelli Strini Editori, Albano Laziale, 1930, pp. 267, cfr. pag. 113.
- FRANZINI G. (1650) - *Descrizione di roma antica e moderna, nella quale si contengono Chiese, Monasteri, Hospedali, Compagnie, Collegi e Seminari*. Ex Biblioteca Canonica ad B. V. Mariam, Stamperia Giacomo Fei, Roma, 86 pp.
- GIGLI L. (1987) - *Guide rionali di Roma, Rione XII Trastevere*. Roma.
- GIORDANO G., MATTEI M. & FUNICIELLO R. (2010) - *Geological Map of the Colli Albano Volcano. In scala 1:50.000*. Università degli Studi RomaTre – Dipartimento di Scienze Geologiche, Servizio Geologico d'Italia e Regione Lazio – Assessorato all'Ambiente e alla Cooperazione tra i Popoli.
- ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA. - *Catálogo della sismicità italiana 1981-2002 (CSI 1.1)*. Disponibile su: <http://www.ingv.it/banche-dati>.
- ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA - *Iside - Italian Seismological Instrumental and Parametric Data-Base: Catalogo dal 2005 a oggi*. Disponibile su: <http://iside.rm.ingv.it/iside/standard/index.jsp>
- LANCIANI R. (1881) - *Topografia di Roma antica. I commentarii di Frontino intorno le acque e gli acquedotti*. Mem. Reale Acc. Lincei, ser. **3**, **4**: 215-614, Roma. Ristampa anastatica: LANCIANI R. (1975) - *Le acque e gli acquedotti di Roma*. Quasar (Ed.), Roma.
- LIVEROTTI M. (2009) - *Riti antichi e misteriosi nella zona di piazza dell'Oro*. Riv. Urlo, **69**, novembre 2009.
- LOMBARDI L. & CORAZZA A. (2008) - *L'acqua e la città in epoca antica*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., **80**, a cura di: FUNICIELLO R., PRATURLON A. & GIORDANO G., IPZS, ROMA.
- LUGLI G. (1938) - *Acque urbane in Roma Antica*. Scienze e Lettere dal 1919; già Bardi (Ed.), 182 pp.
- MCS (1930) - *Scala macrosismica Mercalli-Cancani-Sieberg*. In: *Geologie der Erdbeben*, SIEBERG A., tab. 102, Handbuch der Geophysic, Berlin.
- MOLIN D., CASTENETTO S., DI LORETO E., GUIDOBONI E., LIPERI L., NARCISI B., PACIELLO A., RIGUZZI E., ROSSI A., TERTULLIANI A. & TRAINA G. (1995) - *Sismicità di Roma*. Mem. Descr. Geol. d'It., **50**, 331-408, IPZS, Roma.
- NISIO S. (2003) - *I fenomeni di sprofondamento: stato delle conoscenze ed alcuni esempi in Italia Centrale*. Il Quaternario, **16** (1) 2003, 121-132.
- NISIO S. (2008) - *I fenomeni naturali di sinkhole nelle aree di pianura italiane*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., **85**, 475 pp.
- NISIO S. (2010) - *Fenomeni di sprofondamento in alcuni centri urbani*. Atti 2° Workshop internazionale: *I sinkholes. Gli sprofondamenti catastrofici nell'ambiente naturale ed in quello antropizzato*. Roma 3-4 dicembre 2009. ISPRA, 845-864.
- OVIDIO - *Opere complete, Vol. I, Traduzione di Stok F.*, UTET, Torino, 1999, pp. 493.
- PAGLIUCA N.M., GASPARINI C. & PIETRANGELI D. (2007) - *Il museo geofisico di Rocca di Papa: tra divulgazione e ricerca scientifica*. Annali dell'Università di Ferrara, Mus. Sci. Nat., **3**.
- PIZZINO L., GALLI G., MANCINI C., QUATTROCCHI F. & SCARLATO P. (2002) - *Natural Gas Hazard (CO₂, ²²²Rn) within a quiescent volcanic region and its relations with tectonics: The case of the Ciampino-Marino area, Alban Hills Volcano, Italy*. Natural Hazards, **27**(3), 257-287.
- RIGUZZI F. & TERTULLIANI A. (1992) - *I terremoti romani del 1895 e del 1909*. Geologia Tecnica & Ambientale n. 3.
- RIGUZZI F. & TERTULLIANI A. (1993) - *Re-evaluation of minor events: the examples of the 1895 and 1909 Rome earthquakes*. Natural hazards, **7**, 219-235.
- ROVIDA A., CAMASSI R., GASPERINI P. & STUCCHI M. (2011) - *CPTI11, la versione 2011 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani*. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>
- SCAGNETTI R. (1984) - *Grande Pianta Topografica a colori di Roma Antica*.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1963) - *Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 - Foglio n. 158 Latina*.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1967) - *Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 - Foglio n. 150 Roma*.
- SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE (1995) - *“La Geologia di Roma: il centro storico”*, Mem. Descr. Carta Geol. d'It., **50**, Coordinamento, Renato Funicello. IPZS, Roma.
- TITO LIVIO - *Ab Urbe condita*. Traduzione di: Fiore C., UTET, Torino, 1981, pp. 730
- VALERIO MASSIMO - *Dei e fatti memorabili*. Traduzione di Faranda S., UTET, Torino, 1971, pp. 1146, cfr. pag. 428.
- VENTRIGLIA U. (1990) - *“Idrogeologia della provincia di Roma - Regione vulcanica dei Colli Albani”*. Amministr. Provinc. di Roma Ass.to LL PP, Viabilità e Trasporti, Roma.
- VENTRIGLIA U. (2002) - *“Geologia del territorio comunale di Roma”* a cura dell'Amm.ne Prov.le di Roma.
- ZAPPULLO M. (1609) - *Sommario storico del Dott. Michele Zappullo Napolitano*. Giacomo Carlino & Costantino Vitale Ed., Napoli, 587 pp.

Ringraziamenti

Si ringrazia il Sig. Roberto Serafini dell'ISPRA per il supporto alla realizzazione delle mappe. Si ringrazia il Dr. Massimo Belati per le indicazioni e i testi forniti sulla Fons olei nella chiesa di S. Maria in Trastevere in Roma.

Si ringraziano Don Luigi Veturi, parroco di San Giovanni dei Fiorentini e Don Matteo Zuppi, parroco di S. Maria in Trastevere all'epoca dei rilievi per aver consentito l'accesso nei sotterranei delle chiese da loro dirette.