

Mappatura delle cavità artificiali del sottosuolo cagliaritano (Sardegna)*

Cristiana Cilla¹, Marcello Vargiu², Aldo Migliorini¹, Lara Sarritzu³, Roberto Sanna³, Francesco Randaccio¹, Giuseppe Piras¹

Riassunto

Il sottosuolo della città di Cagliari è stato utilizzato dalle popolazioni locali fin dai tempi remoti, sia per le inumazioni, principalmente nei colli cittadini, sia per la raccolta dell'acqua piovana, con la creazione di un fitto sistema di gallerie e cisterne. Un impiego stratificato negli anni che ha portato al riutilizzo e all'adattamento delle cavità artificiali ai differenti usi. La forte necessità di sviluppo, e di materiali per le attività edili, che la città di Cagliari ha avuto nel secondo dopoguerra, ha fatto sì che molte delle cavità presenti nel territorio comunale venissero distrutte o che di esse si perdesse traccia, inglobate in ampi complessi edilizi o ricoperte sotto strati di asfalto. Questa situazione ha creato, a livello amministrativo, un vuoto nelle conoscenze del sottosuolo dando vita ad una potenziale situazione di pericolo, sia per la popolazione che per le cavità stesse. In questi frangenti Il Comune di Cagliari ha deciso di dotarsi di uno strumento in grado di identificare e di restituire informazioni sulle cavità più importanti presenti nel sottosuolo cittadino, al fine di poter tutelare e in futuro valorizzare questo importante patrimonio. Il Centro Studi Ipogei Specus, con la collaborazione del Gruppo Speleo Archeologico Giovanni Spano e dell'Unione Speleologica Cagliaritana, ha provveduto quindi a rilevare e accatastare 100 cavità riconosciute dall'amministrazione cittadina come particolarmente suscettibili. Questa attività ha consentito un riordino delle conoscenze in seno ai gruppi, contribuendo in maniera forte alla nascita, anche in Sardegna, del catasto delle Cavità Artificiali, ma soprattutto ha portato al rilievo ex novo di 70 cavità, mappate e georeferenziate, al fine di essere facilmente integrate nei sistemi di indagini territoriali.

PAROLE CHIAVE: Cavità artificiali, rilevamento, tutela.

Abstract

MAPPING OF THE UNDERGROUND CAVITIES OF CAGLIARI (SARDINIA - ITALY)

The subsoil of the city of Cagliari has been used by local people since ancient times, both for the burials - mainly in the city hills - and to collect rainwater, through the creation of a dense system of tunnels and cisterns. An use layered over the years that led to the reuse and adaptation of artificial cavities for different uses. The strong need for development and for materials for building activities that the city of Cagliari has had, after the Second World War, has meant that many of the cavities in the municipal area were destroyed or incorporated in large complexes building or covered under layers of asphalt, so that we have lost track of them. This situation created, at the administrative level, a gap in knowledge about the subsoil, creating a potentially hazardous situation for both the people and the cavities. In these situations the City of Cagliari has decided to adopt a tool that can identify and collect information about the most important cavity in the city subsoil, in order to protect and enhance this important asset in the future. The Centro Studi Ipogei Specus, with the help of Gruppo Speleo Archeologico Giovanni Spano and the Unione Speleologica Cagliaritana, thus proceeded to survey and to registry at the land-registry office the 100 cavities recognized by the

* La redazione di questo contributo è frutto della collaborazione degli autori; si segnala, tuttavia, che C. Cilla e M. Vargiu hanno redatto il paragrafo "Motivazioni che hanno spinto al censimento delle cavità", G. Piras il paragrafo "La geologia di Cagliari", C. Cilla il paragrafo "La stratificazione archeologica di Cagliari", M. Vargiu i paragrafi "Metodologia di lavoro" e "Analisi sullo stato di conservazione delle cavità cagliaritane rilevate", R. Sanna il paragrafo "L'archivio storico dei rilievi", A. Migliorini i paragrafi "L'aggiornamento dei rilievi" e "Le nuove cavità rilevate", L. Sarritzu il paragrafo "La schedatura e il database delle cavità", F. Randaccio il paragrafo "Utilizzo e riutilizzo delle cavità cagliaritane". Autore di riferimento Cristiana Cilla, e-mail: cristiana.cilla@gmail.com.

¹ Centro Studi Ipogei Specus

² Unione Speleologica Cagliaritana

³ Gruppo Speleo Archeologico Giovanni Spano

city as being particularly susceptible. This activity has led to reorganize the knowledges within the groups, contributing strongly to the birth, in Sardinia too, of the Artificial Cavities Cadastre, but also led to a new significant survey de novo 70-cavity, georeferenced and mapped in order to be easily integrated into systems of land investigations.

KEY WORDS: Artificial cavity, survey, protection.

MOTIVAZIONI CHE HANNO SPINTO AL CENSIMENTO DELLE CAVITÀ

Il territorio comunale di Cagliari è inserito nell'elenco delle aree a forte rischio sinkhole (NISIO, 2008; ISPRA, 2010), sia per la natura geologica del territorio, prevalentemente calcarea, sia per l'elevato numero di cavità prettamente antropiche presenti. In un'ottica di pianificazione territoriale la conoscenza delle principali cavità cittadine costituisce uno strumento fondamentale, al fine di prevenire eventi calamitosi. Il Comune di Cagliari ha deciso nel 2009 di dotarsi di uno strumento in grado di aggiornare le conoscenze del sottosuolo cittadino, provvedendo alla mappatura di 100 cavità presenti nel territorio tra le più critiche dal punto di vista delle sicurezza e della tutela.

LA GEOLOGIA DI CAGLIARI

Nell'area urbana di Cagliari affiorano litologie ascrivibili essenzialmente al Cenozoico e al Quaternario. Le "Argille di Fangario" (Langhiano medio - Serravalliano inf.; CHERCHI, 1974; SPANO & MELONI, 1992), affioranti in vecchie cave nella periferia NW della città, costituiscono la base della successione miocenica; sono costituite da argille e marne grigie o giallo-biancastre, passanti verso l'alto a livelli arenaceo-marnosi (fig. 1).

Superiormente, in discordanza stratigrafica, poggia la Formazione delle "Arenarie di Pirri" (Serravalliano; CHERCHI, 1974; PECORINI & POMESANO CHERCHI, 1969) costituite da banchi di arenarie giallastre alternate a sabbie incoerenti e limitati livelli argillosi e conglomeratici. Questi depositi, per diffusione, costituiscono il substrato principale dell'area cagliaritano, con spessori

massimi intorno ai 200 m.

In contatto trasgressivo segue superiormente la sequenza dei "Calcari di Cagliari", distinta nelle tre classiche facies della "Pietra Cantone" Auct., "Tramezzario" Auct. e "Pietra Forte" Auct. (CHERCHI, 1974; COMASCHI CARIA, 1958; GANDOLFI & PORCU, 1967; PECORINI & POMESANO CHERCHI, 1969; SPANO & BARCA, 2002), caratterizzate da ambiente deposizionale da circlitorale a infralitorale e giacitura generalmente sub-orizzontale. La "Pietra Cantone" Auct. (Tortoniano) è costituita da calcari marnoso-arenacei giallastri con stratificazione irregolare, marcata bioturbazione e spessore massimo di circa 50 m (Capo S. Elia).

Il termine superiore ("Tramezzario" Auct.; Tortoniano), in contatto tettonico, è caratterizzato dall'alternanza di banchi metrici di calcari argillosi, calcari bioclastici e biocalcareni, per uno spessore massimo di circa 40 m. Chiude la successione carbonatica miocenica la "Pietra Forte" Auct. (Tortoniano-Messiniano), costituita da calcari biohermali e biostromali, biancastri, generalmente massivi, aventi spessore massimo intorno ai 60 m.

Depositi pliocenici e quaternari, costituiti da alluvioni continentali terrazzate, formazioni di ambiente litorale e fluvio-lacustre, depositi eluviali e colluviali, detrito di falda affiorano prevalentemente lungo i versanti e alla base delle colline calcaree (BARROCCU et al., 1979).

L'assetto geomorfologico dell'area cagliaritano è contraddistinto dalla presenza di modeste colline, aventi quota massima intorno ai 140 m s.l.m. (Capo S. Elia). Dal punto di vista strutturale questi rilievi rappresentano dei pilastri tettonici, suddivisi in blocchi secondari per effetto delle vicende tettoniche correlabili con l'evoluzione della "Fossa Sarda" oligo-miocenica e con il *graben* plio-quaternario del Campidano (CHERCHI et al., 1978; fig. 2).

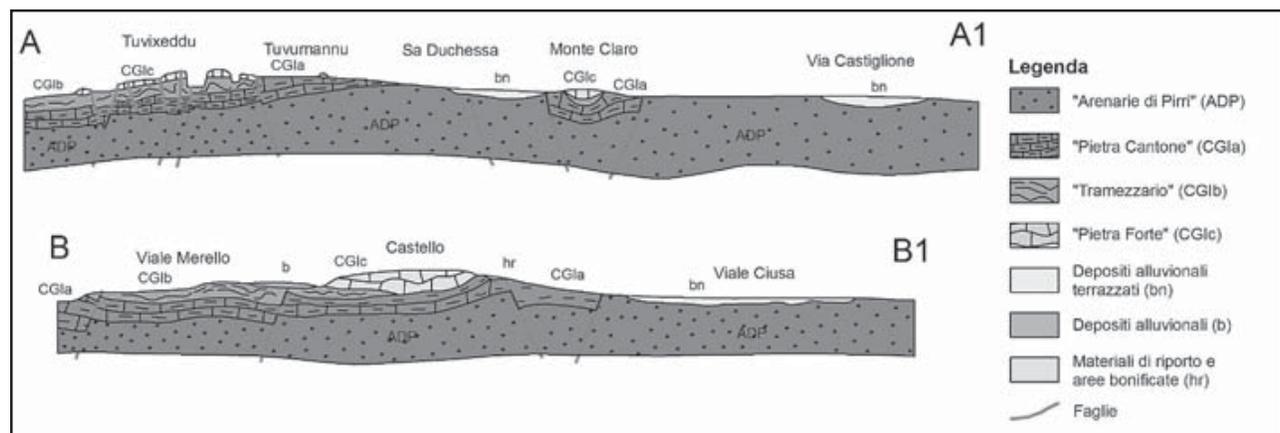


Fig. 1- Sezione geologica del territorio di Cagliari (elaborazione G. Piras).

Fig. 1 - Territory of Cagliari: geological section (processing G. Piras).

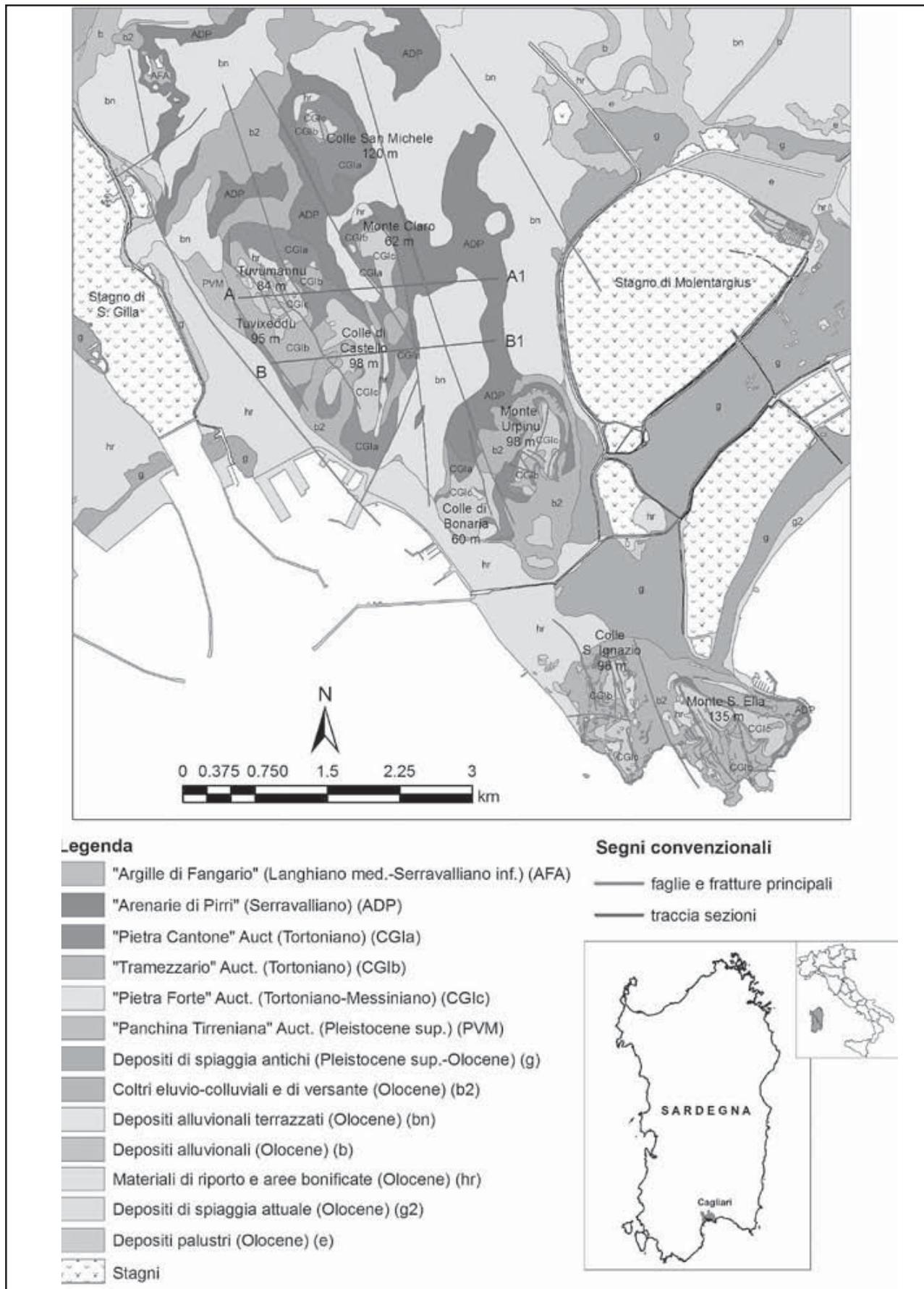


Fig. 2 - Carta geologica del territorio di Cagliari (elaborazione G. Piras).
 Fig. 2 - Territory of Cagliari: geological map (processing G. Piras).

Per quanto riguarda l'assetto idrogeologico dell'area urbana cagliaritana è possibile distinguere un acquifero principale, impostato nei depositi sabbioso-arenacei delle "Arenarie di Pirri", che sono caratterizzate da permeabilità alta per porosità, e sostenuto inferiormente dalle argille impermeabili di Fangario. Un acquifero secondario, di modesto spessore, è riconoscibile in corrispondenza dei calcari della "Pietra Forte", fratturati e carsificati, sovrastanti ai calcari detritico-argillosi del "Tramezzario" e ai depositi calcareo-marnosi della "Pietra Cantone", questi ultimi scarsamente permeabili (BARROCCU et al., 1979; PALA, 1997).

L'assetto geologico ha profondamente influenzato le modalità di insediamento nell'area urbana di Cagliari e, conseguentemente, la realizzazione di ambienti sotterranei artificiali per vari scopi e utilizzi. Le rocce affioranti, specialmente quelle di natura carbonatica, hanno da sempre costituito interesse per la produzione di pietra da costruzione, tanto da essere state denominate, in relazione all'utilizzo specifico in campo edilizio, con i termini eloquenti utilizzati anche nella letteratura scientifica di "Pietra Cantone", "Tramezzario" e "Pietra Forte".

Anche la presenza di acque sotterranee ha favorito, in una città spesso interessata da prolungati periodi di siccità, la creazione di opere di eduazione, spesso imponenti, quali alcuni pozzi ubicati nelle aree più rilevate della città (Castello), per lo sfruttamento degli acquiferi più profondi impostati in corrispondenza dei litotipi ad elevata permeabilità ("Arenarie di Pirri"), o più superficiali, spinti in corrispondenza dei termini calcarei più fratturati ("Pietra Forte"), sede di accumuli limitati e di ridotta potenza.

Anche la scarsa permeabilità delle *facies* calcaree argillose ha favorito la creazione di serbatoi e cisterne per il convoglio e la conservazione delle acque meteoriche.

LA STRATIFICAZIONE ARCHEOLOGICA DI CAGLIARI

La città di Cagliari nasce e si costruisce su resti più antichi, oggi inglobati nel moderno assetto urbano. Le cavità artificiali costituiscono parte integrante di questo sviluppo poiché nate in buona parte grazie ad una fiorente attività estrattiva prolungata nel tempo, favorita da un territorio caratterizzato in prevalenza da calcare, roccia di facile taglio adatta alle costruzioni. Le particolari condizioni geomorfologiche hanno influenzato in modo determinante l'assetto delle aree edificabili.

Certamente è importante capire qual'è stato lo sviluppo del centro abitato nei secoli, per dare una maggiore determinazione di tempo e luogo a ciò che si va a presentare.

Sappiamo che già in antico Cagliari è stata centro importante sul piano politico-sociale. Diverse sono le fonti che citano l'origine e la storia della Città, da Plinio (*Naturalis Historia* III, 7, 87) a Pausania (X, 17,9.; COLAVITTI & TRONCHETTI, 2003). Interessante è senza dubbio la leggenda tramandata dallo scrittore latino Gaio Giulio Solino (prima metà-fine del III secolo), che nei suoi *Collectanea rerum memorabilium* (Solino IV, 2; UGAS, 2005; ZEDDA MACCIÒ, 2010) racconta che la Città

sarebbe stata fondata da Aristeo giunto in Sardegna nel XV secolo a.C. circa. I rinvenimenti archeologici, pur essendo limitati, poiché l'odierno sviluppo urbano ricalca quello antico, hanno permesso di individuare un interessante espansione urbanistica (COLAVITTI & TRONCHETTI, 2003).

Nel territorio della città di Cagliari la preistoria è documentata per un periodo che va dal neolitico antico (VI-V millennio a.C.), sino alla I età del ferro (IX sec. a.C.: SANTONI, 2012), con ritrovamenti ad esempio nei pressi dell'area della Grotta ormai scomparsa di S. Elia, sul capo Sant'Elia¹ (ORSONI, 1879) (fig. 3), di frammenti di ceramica cardiale² (ATZENI, 1986; ORSONI, 1879), la presenza di manufatti in selce e ossidiana nell'area di S. Gilla e di elementi del bronzo finale presso la Grotta dei Colombi (fine XII, inizi IX sec. a.C.; TARAMELLI, 1904). All'interno dell'attuale area urbana sono interessanti i ritrovamenti del neolitico nella zona di Viale Bonaria, dell'eneolitico nell'area di Monte Claro, via Basilicata e Sa Duchessa, mentre più rare sono le presenze di età nuragica (una testa di mazza in andesite dalla grotta di Santa Restituta: AA.VV., 1988) e resti di un villaggio in località Is Bingias, datato tra l'età del bronzo recente e finale (XIII - X sec. a.C.: SANTONI, 2012).



Fig. 3 - Capo S. Elia (foto C. Cilla).

Fig. 3 - Cape Sant'Elia (photo C. Cilla).

Come si può dunque constatare, per la fase più antica è certamente più complesso capire la tipologia di espansione sul territorio mentre diventa più semplice in età fenicia. Cagliari infatti sorge come "scalo permanente fenicio"³ (BARRECA, 1988), intorno all'VIII-VII sec. a.C., e si sviluppa all'interno della laguna di S. Gilla (BARRECA, 1986; fig. 4), con tracce di cultura materiale datate appunto a questo periodo. Alla fine del VII sec. a.C. vengono fatte risalire delle strutture ritrovate in via Brenta (TRONCHETTI, 1993), in mattoni di fango su zoccolature di pietre. Il porto si trovava presumibilmente nell'area della laguna di S. Gilla.

¹ Ricerche dell'ORSONI del 1878.

² Impressa e decorata a crudo con la conchiglia del *cardium edulis*.

³ I fenici giunti in Sardegna attraverso le rotte commerciali per la penisola Iberica, mirate allo sfruttamento minerario, fondano nella parte sud-occidentale dell'isola intorno all'VIII sec. a. C., una serie di insediamenti costieri quali ad esempio Nora, Sulci e Tharros.



Fig. 4 - Veduta dello stagno di Santa Gilla dal colle di Tuvixeddu (foto C. Cilla).

Fig. 4 - View of the pond St. Gilla from the hill of Tuvixeddu (photo C. Cilla).

In età punica, si può invece parlare di primo insediamento urbano, ovvero della nascita di una vera e propria città. I Cartaginesi giungono in Sardegna a partire dalla metà del VI secolo a.C. (BARRECA, 1988), e Cagliari diventa fin dagli inizi del V secolo a.C. un centro di notevole importanza. (COLAVITTI & TRONCHETTI, 2003). L'abitato si sviluppa in maniera più complessa con riutilizzi e espansioni, realizzazione di cisterne e canali per il passaggio dell'acqua, e presenza di ambienti ad uso artigianale (SALVI, 1991). Documentazione materiale si ritrova infatti in viale Sant'Avendrace, via Brenta, sul colle di Tuvixeddu, nella zona di San Paolo e S. Gilla, con datazioni che vanno dal VI al II sec. a.C. (TRONCHETTI, 1993). La necropoli è situata sul colle di Tuvixeddu (fig. 5) e utilizzata dagli inizi del V secolo a.C. sino al periodo romano repubblicano (II-I secolo a.C.; AA.VV., 2000). Il tophet è invece situato nella regione San Paolo (TRONCHETTI, 1993). Altre testimonianze certe del periodo si documentano nell'area di capo S. Elia per la presenza di alcune cisterne e il ritrovamento di un'iscrizione dedicatoria ad Astarte (STIGLINZ, 2007), che presuppone la presenza di un tempio. Il colle di Bonaria ha infine restituito testimonianze di alcune tombe a camera, utilizzate da poco dopo la metà del III alla metà circa del II secolo a.C. (SALVI, 1988). Il porto è invece ancora documentato all'interno della laguna di Santa Gilla (SANTONI, 2012).

Il passaggio sotto il dominio romano per la Sardegna avviene intorno alla metà del III secolo a.C. (238-237 a.C.) e nel 227 a.C. con l'invio dei primi pretori si crea la *provincia Sardinia et Corsica*. Numerosi rinvenimenti epigrafici databili a questo periodo evidenziano il quadro di una città in continua crescita urbanistica (COLAVITTI & TRONCHETTI, 2003). Si verifica lo spostamento del nucleo centrale cittadino nell'area di piazza del Carmine, nei pressi della quale si costruisce un teatro-tempio monumentale (COLAVITTI, 2003). Si realizzano strutture termali (tra via Sassari e largo Carlo Felice) e nel II sec. d.C. l'acquedotto. Le aree a destinazione abitativa si collocano in una zona a monte della piazza del Carmine, si può infatti evidenziare il complesso della cosiddetta vil-



Fig. 5 - Necropoli di Tuvixeddu: vista in sezione delle tombe a camera con pozzo d'accesso, scavate nella roccia (foto M. Vargiu).

Fig. 5 - Tuvixeddu necropolis, sectional view of the chamber tombs with access shaft dug into the rock (photo M. Vargiu).

la di Tigellio (le strutture sono pertinenti ad un edificio termale e a tre edifici abitativi datati tra I e IV sec. d.C.; fig. 6) e l'anfiteatro (DADEA, 2006), inserito all'interno dello spettacolare scenario del Colle di Buoncammino, con arena e parte della cavea interamente scavate nella roccia. Interessanti inoltre l'area di S. Eulalia⁴ (AA.VV., 2002) nella Marina, e la *fullonica*⁵ (MUREDDU, 2000) situato in una zona vicina all'ipotizzato porto che recenti indagini archeologiche pongono nei pressi dell'odierna via Campidano.

Le due necropoli più importanti si documentano ancora a Tuvixeddu (fig. 7) e Bonaria. Nel complesso si può capire come già in antico si sia iniziato a tracciare l'assetto attuale della città. Lo sviluppo urbanistico procede probabilmente ricalcando la città romana già in età tardo-antica e medievale, con notevoli difficoltà nel seguire le modalità a causa dei riutilizzi. Hanno in questo periodo grande importanza impianti monastici come l'esempio nell'area della Basilica di San Saturno. E certamente significativa è la realizzazione nel 1217 del Castellum Castris de Kallari⁶ (CADINU, 2001), costruito dai Pisani sul Colle di Castello appunto, fortificato e sede centrale della città (fig. 8), al cui sviluppo si affiancheranno i quartieri della Marina, Villanova e Stampace. Certamente la realizzazione delle fortificazioni cagliaritaniche ha un suo grande interesse per la storia delle cavità artificiali sia perché ha notevole im-

⁴ Con i resti di un'antica cava ed un piccolo impianto per le offerte monetali (età romano-repubblicana) e la presenza di un portico colonnato, una strada e due edifici in pietra (IV sec. - VI sec. d.C.).

⁵ Antico impianto per la lavorazione dei tessuti.

⁶ La sua planimetria viene programmata secondo il modello delle città toscane e prevede un tracciamento di tre strade ad andamento sinuoso, parallele alla *ruga Mercatorum* (odierna via Lamarmora). La città, oltre alle tre *rugae*, presenta tre porte, con al centro la *Platea Communis*. Fortificata con un complesso di mura per 1640 mt, alternato da una ventina di torri secondarie, più le tre principali di S. Pancrazio, del Leone e dell'Elefante.



Fig. 6 - Villa di Tigellio (foto M. Vargiu).
 Fig. 6 - Villa Tigellio (photo M. Vargiu).

patto nello sviluppo urbano, sia perché ha portato alla realizzazione di gallerie di transito sotterranee in particolare durante la costruzione dei Bastioni nel 1500, e gli ampliamenti del 1700.

Da questo breve e sintetico resoconto si può capire come Cagliari oggi non sia altro che lo specchio di ciò che è stato, nella sua espansione ricalca pienamente le sue origini e le sue cavità son ciò che resta di varie attività perpetuatesi nei secoli.

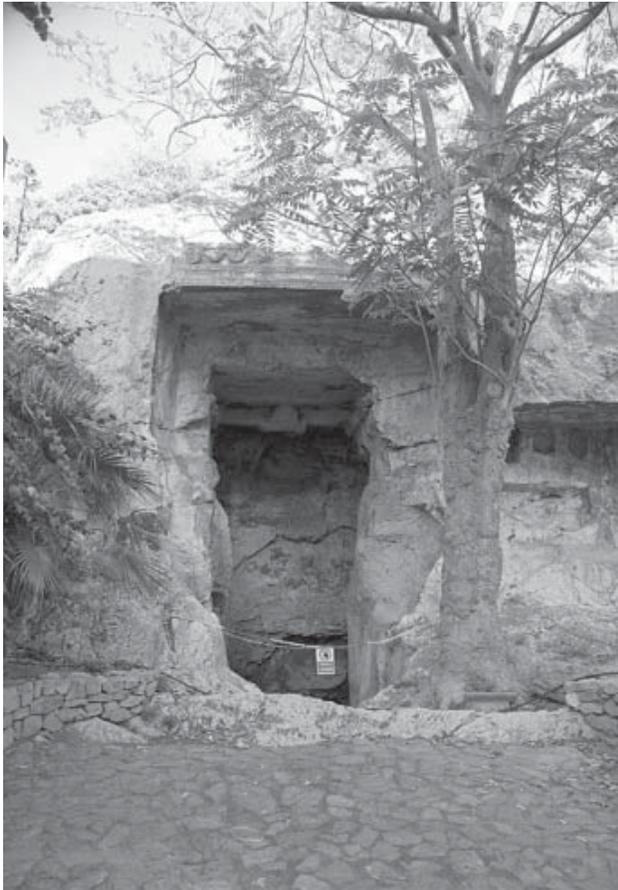


Fig. 7 - Tomba di Atilia Pomptilla, detta Grotta della Vipera: viale S. Avendrace, necropoli di età romana alle pendici del colle di Tuvixeddu (foto M. Vargiu).
 Fig. 7 - Atilia Pomptilla's tomb called Grotta della Vipera: S. Avendrace avenue, Roman necropolis at the foot of the hill of Tuvixeddu (photo M. Vargiu).

METODOLOGIA DEI LAVORI

La conoscenza del sottosuolo urbano è da sempre stata un punto fermo dell'attività dei gruppi speleo cittadini, che fin dagli anni 80 si sono interessati di esplorare, studiare e rilevare le cavità cagliaritanee. I dati rilevati in questi anni sono stati quindi un'ottima base di partenza per la pianificazione del lavoro, come primo passo si è infatti proceduto alla catalogazione dei rilievi in nostro possesso al fine di identificare quali cavità erano ancora esistenti e accessibili. In questa fase si è deciso di suddividere il lavoro in tre sezioni separate e consecutive: la ricerca bibliografica, il rilevamento delle cavità artificiali e la restituzione dei rilievi in formato CAD, la realizzazione e compilazione delle schede catastali (completate da bibliografia). La ricerca bibliografica è stato un fondamentale strumento per il reperimento di informazioni sulle cavità citate negli anni da diversi autori, di cui spesso si erano perse le conoscenze o peggio che sono state inglobate all'interno di complessi edilizi. La ricerca si è concentrata principalmente su testi (FLORIS, 1988) e pubblicazioni scientifiche (FLORIS, 1987) risalenti alla fine del secolo scorso. La seconda fase ha interessato il rilievo delle cavità (fig. 9), che è stato svolto su due filoni paralleli: il rilievo delle nuove cavità identificate e la verifica dei rilievi storici.



Fig. 8 - Quartiere di Castello: veduta di un tratto delle antiche fortificazioni di età Pisana (foto M. Vargiu).
 Fig. 8 - Castle District: section view of the old fortifications dating back to the Pisan age (photo M. Vargiu).



Fig. 9 - Fasi del rilevamento (foto M. Vargiu).
 Fig. 9 - Phase of surveying (photo M. Vargiu).

Infatti tutti i rilievi presenti negli archivi sono stati informatizzati e importati su una piattaforma CAD, al fine di accertarne l'attendibilità e di poterli correggere sulla base delle nuove misurazioni. Questa attività ha inoltre dato modo di comprendere l'evoluzione delle cavità stesse, di verificare come le condizioni idrologiche, strutturali e ambientali siano mutate nell'arco degli anni.

I rilievi delle nuove cavità identificate sono stati realizzati principalmente da una squadra di tre rilevatori che, attraverso l'utilizzo di strumenti speditivi, hanno effettuato le misurazioni necessarie. Si è deciso di utilizzare strumenti speditivi e non attrezzature tipiche dei rilievi topografici di precisione per questioni di velocità, praticità ed ingombro. Infatti spesso ci si è trovati a rilevare in condizioni ambientali che hanno richiesto l'utilizzo di apparecchi poco ingombranti, e soprattutto molto robusti (fig. 10). La scelta è quindi ricaduta sul distanziometro ottico della Leica, il Disto A8, che accosta doti di robustezza e precisione a una dotazione tecnologica avanzata. Difatti questo strumento è in grado di misurare in un'unica battuta sia le distanze che l'inclinazione, essendo dotato anche di un sensore di inclinazione.



Fig. 10 - Fasi del rilevamento: esempio di utilizzo del materiale da rilievo in ambiente complesso (foto C. Cilla).
 Fig. 10 - Phase of surveying: example of use of the material to be embossed in the complex environment (photo C. Cilla).

La strumentazione a disposizione, pur mantenendo un alto standard di velocità e praticità, ha consentito di poter effettuare i rilievi con una buona precisione, consentendoci di mantenere l'errore sulle distanze entro un range di ± 1.5 mm, e di $\pm 0.15^\circ$ sulle inclinazioni e sugli angoli azimutali.

Per agevolare e migliorare la restituzione dei dati si è provveduto a effettuare diverse fotografie in corrispondenza delle sezioni trasversali, queste, una volta riportate in ambiente CAD, sono servite da base per la realizzazione delle sezioni.

Per ogni cavità si è provveduto inoltre a rilevare le coordinate dell'ingresso attraverso due metodologie, un GPS portatile e una triangolazione. Il GPS utilizzato è un Garmin Oregon 550, che in condizioni ottimali consente di ottenere una precisione prossima ai due metri, la triangolazione invece è stata effettuata sfruttando gli strumenti da rilievo su descritti.

Ciò si è reso necessario per consentire il posizionamento di ogni rilievo sulla cartografia tematica fornitaci dal Comune di Cagliari.

L'ARCHIVIO STORICO DEI RILIEVI

L'archivio storico dei Rilievi nasce sin dall'anno di fondazione del GSAGS nel 1976. Già nel suo atto costitutivo infatti si parlava di censimento e catalogazione di tutte quelle cavità, sia naturali sia artificiali, presenti nel territorio cagliaritano.

Si è iniziato raccogliendo informazioni orali sulla presenza delle cavità, e anche ricerche bibliografiche presso vari archivi. Inizialmente venivano censiti tutti i vuoti presenti, anche di piccolissime dimensioni, e questo ha portato, fino agli inizi degli anni '80, ad avere una mole di materiale difficilmente gestibile anche perché organizzata in modo non omogeneo.

Intorno al 1982, si pensò di realizzare una scheda catastale che permettesse di contenere i dati ritenuti interessanti.

Il numero di cavità censite fino a quel momento era di circa 400, per la maggior parte si trattava di cisterne di varie epoche.

Poi nel 1987, iniziando a collaborare con la Soprintendenza Archeologica di Cagliari, il lavoro divenne più completo, infatti, oltre alla realizzazione di una nuova scheda, si realizza un rilievo sia grafico sia fotografico della cavità, inoltre la stessa viene georeferenziata con l'utilizzo delle Carte Tecniche Comunali. In seguito a causa di vari spostamenti di sede, dei circa 500 rilievi che avevamo durante l'ultimo censimento effettuato nel 2005, ci siamo ritrovati con circa 150 rilievi utilizzabili.

Di questi circa una quarantina rappresentavano delle tombe della necropoli di Tuvixeddu, quindi si è provveduto alla risistemazione e rilievo ex novo delle cavità accessibili.

A oggi il nostro catasto ufficioso conta circa 300 rilievi, quelli, però, inseriti nel catasto della Commissione Cavità Artificiali sono solo 100.

Si sta lavorando ora alla realizzazione delle schede delle restanti cavità per aggiungerle al catasto.

L'AGGIORNAMENTO DEI RILIEVI

I rilievi effettuati nel corso degli anni da parte del GSAGS e del CSI Specus sono stati utilizzati come base di partenza per la verifica dell'affidabilità dei rilievi effettuati e per uno studio sull'evoluzione delle cavità.

La maggior parte dei rilievi presenti negli archivi dei due gruppi infatti era costituito da lavori effettuati negli anni 80 e 90, riportati su supporti lucidi e conservati per anni. Alla luce di quanto detto l'utilizzo e la verifica di questi rilievi è stato quindi assai problematico per due motivi principali: l'errore indotto dagli strumenti al momento del rilievo e l'errore indotto dalla variazione delle dimensioni della carta.

Buona parte dei rilievi riportava in calce, tra i dati inerenti la cavità, anche la strumentazione utilizzata per effettuare il rilievo. Tutti i rilievi sono stati eseguiti con bussola, clinometro e doppio decmetro. La precisione di questi strumenti si attesta entro un range di $\pm 0.50^\circ$ per gli angoli azimutali e verticali e un errore variabile e non valutabile per la misura delle distanze. Questo dato non è ovviamente stato corretto in alcun modo, ma la conoscenza del potenziale errore ci ha consentito di poter comprendere al meglio l'evoluzione della cavità.

L'altro problema che abbiamo riscontrato era dovuto alla deformazione del supporto su cui il rilievo è stato riprodotto, comunemente carta lucida. Questo supporto se esposto a umidità tende a deformarsi in maniera anisotropa modificando di fatto sia le distanze che gli angoli. Una volta scannerizzati i rilievi è stato quindi necessario attraverso un programma di photo editing modificarli al fine di poterli riportare il più possibile nelle condizioni originali, sfruttando i dati riportati in calce ai rilievi.

La verifica è stata effettuata con i medesimi strumenti usati per il rilevamento, effettuando nuovamente tutte le misure di angoli e delle distanze. In diverse occasioni ci si è imbattuti in condizioni ambientali e strutturali differenti rispetto a quelle rilevate, che hanno richiesto sostanziali modifiche ai rilievi. Le differenze più significative hanno interessato la variazione del livello idrico all'interno delle cavità, la presenza di crolli e l'occlusione dell'ingresso o di alcune parti. Di particolare curiosità è stato l'adattamento di una cavità presente nella cava dell'ex Cementificio di Tuvixeddu, che da polveriera era stata trasformata negli anni 90 in abitazione, prima dell'abbandono definitivo.

LE "NUOVE" CAVITÀ RILEVATE

La ricerca bibliografica ha consentito di avere notizie di circa 40 cavità non ancora rilevate, ma l'individuazione sul territorio degli ingressi non è stato semplice. Infatti l'identificazione di una parte delle cavità è stata possibile solo grazie alle indicazioni e al prezioso aiuto che diverse persone assidue frequentatrici dei luoghi, ci hanno fornito.

Alla conclusione dei lavori sono state individuate e rilevate 30 cavità artificiali, risalenti alla prima metà del secolo scorso. Si tratta principalmente di opere rea-

lizzate con lo scopo di attività estrattive, come le cave presenti all'interno dei giardini pubblici di Cagliari o attività militari, come ad esempio il Rifugio Antiaereo dei Salesiani (fig. 11) o le gallerie militari del Borgo Sant'Elia.

Particolarmente importante è stato il rilievo delle 4 cavità che insistono sotto la Piazza d'Armi a Cagliari, importante snodo viario che collega la parte occidentale della città con quella orientale e il quartiere di Castello. Fin dall'ottocento la zona è stata sfruttata come cava di pietra cantone, un'eccellente materiale da costruzione con cui venivano erette molte abitazioni della città, attività che già alla fine della prima metà del '900 risultava però abbandonata. Lo sviluppo di Cagliari principalmente nel secondo dopoguerra, ha fatto sì che le cave venissero inglobate nel tessuto urbano. Il rilievo ha messo in luce come buona parte dell'incrocio viario soprastante risulti essere ricavato al di sopra delle quattro cavità, mettendo tra l'altro in luce un'importante situazione di pericolo data da crolli recenti, ma soprattutto dalla presenza di due laghi sotterranei (fig. 12).

LA SCHEDATURA E IL DATABASE DELLE CAVITÀ

Il Catasto Nazionale Cavità Artificiali della Società Speleologica Italiana ha elaborato fin dagli anni '80 una scheda di censimento catastale. Tale scheda si è rivelata un ottimo strumento descrittivo per le 100 cavità accatastate per conto del Comune di Cagliari, tanto utile da essere stata utilizzata *tout court* senza che vi fossero apportate modifiche anche per garantire la standardizzazione dei dati a partire dall'ambito cittadino, regionale fino ad arrivare a quello nazionale.

La ricerca bibliografica è stata compiuta da un apposito gruppo di lavoro su pubblicazioni in particolare speleologiche. Solo 6 cavità erano totalmente inedite e quindi prive di bibliografia, il censimento si è quindi rivolto per la quasi totalità ad ipogei già conosciuti e pubblicati, di cui però è stata fornita una descrizione ed uno studio completo ed organico.

La compilazione delle schede è avvenuta passo passo con il rilevamento delle cavità, onde limitare il numero degli ingressi dato che alcuni ipogei pongono problemi di accesso non solo logistici, ma anche legati alla proprietà



Fig. 11 - Rifugio Antiaereo dei Salesiani (foto M. Vargiu).
Fig. 11 - Air-raid shelter of the Salesians (photo M. Vargiu).

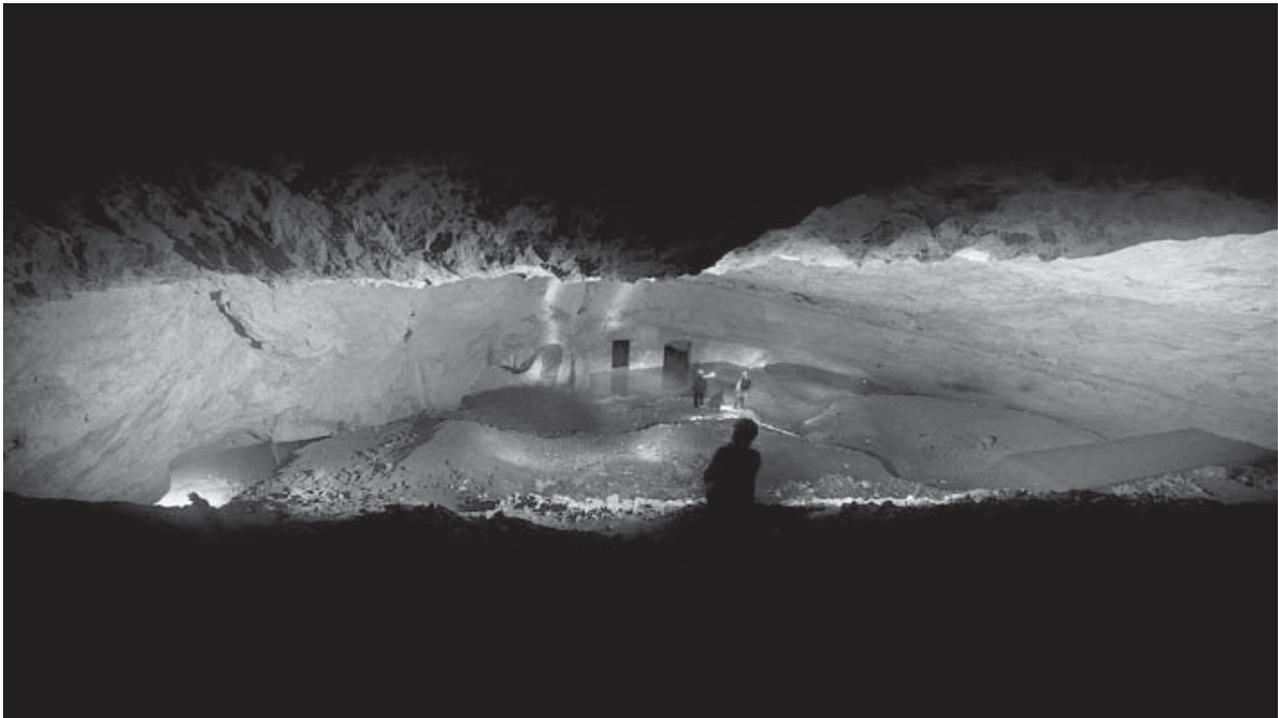


Fig. 12 - Cavità di Su Stiddu sotto Piazza d'Armi (foto M. Mattana).
 Fig. 12 - Cavity of Su Stiddu under Piazza d'Armi (photo M. Mattana).

in cui sono ubicati, tanto da richiedere specifiche autorizzazioni oltre che accordi con il detentore. La scheda è elaborata in formato xls e strutturata in modo tale da compilare un singolo file per ciascuna cavità. Questa strutturazione iniziale pone però dei problemi limitando l'eventuale ricerca di dati e caratteristiche comuni a più cavità. Si è quindi pensato di compilare, secondo la richiesta del Comune, un database egualmente in formato xls che sopperisse a tali limiti. Nel suddetto database i dati relativi a tutte le 100 cavità sono unificati in un'unica tabella, in cui una riga corrisponde ad un ipogeo. La lettura del database è indubbiamente molto difficoltosa essendo gli oltre centocinquanta campi della scheda catastale trasposti linearmente, ma la ricerca e il filtraggio degli elementi raccolti è così possibile oltre che semplice e immediato.

A fine lavori al Comune è stata consegnata una copia sia digitale che cartacea di ciascuna scheda catastale e il file del database delle cavità.

Dai dati raccolti nel database possiamo estrapolare alcuni elementi significativi, che chiaramente non possono esaurire il discorso relativo alle cavità artificiali di Cagliari, città ricchissima di ipogei creati dall'uomo in ogni epoca, ma possono comunque fornire un'idea, in alcuni casi proiettabile sulla totalità della situazione sotterranea (tab. 1).

Per ciò che riguarda i proprietari o detentori delle cavità analizzate si tratta prevalentemente di enti pubblici tra cui spicca decisamente il Comune di Cagliari con vari Assessorati titolari, dopodiché il Demanio concessionario di un buon numero di ipogei ubicati sul colle di Sant'Elia, quindi l'Università e Coimpresa proprietaria dell'area del colle di Tuvixeddu, dove è presente una fitta rete di gallerie legate all'attività della ex Cementeria e tratti dell'acquedotto romano di Cagliari.

Proprietari	N. cavità
Abbona	1
Aeronautica Militare	1
ASL n. 8 Cagliari	5
Coimpresa	9
Comune di Cagliari	37
Croce Rossa Italiana	1
Demanio	5
Demanio marittimo	13
Ordini Religiosi e Chiese	4
Prefettura	1
Privati	8
Provincia di Cagliari	1
Regione Sardegna	1
Sconosciuti	2
Università degli Studi di Cagliari	10
Vendita giudiziaria	1

Tab. 1 - Tipologia di proprietari o detentori delle cavità analizzate.
 Tab. 1 - Type of owners or holders of the cavities analyzed.

La tipologia del primo utilizzo delle cavità, suddivise secondo la classificazione adottata dalla Società Speleologica Italiana (CAPPÀ, 1999) vede una netta prevalenza delle opere idrauliche, dato assolutamente prevedibile ed estensibile alla situazione di tutta la città (tab. 2). Cagliari è infatti da sempre una città assetata in cui l'assenza di acque dolci ha costretto i suoi abitanti a creare strutture per la captazione e la raccolta delle acque, fino ad arrivare a grandiose opere di ingegneria idraulica come l'acquedotto romano, o i grandi pozzi di falda come quello di San Pancrazio.

Tipologia cavità	N. cavità
Opere idrauliche (A)	41
Opere insediative civili (B)	4
Opere di culto (C)	1
Opere militari (D)	28
Opere estrattive (E)	26
Vie di transito per usi civili (F)	0
Altre opere (G)	0

Tab. 2 - Numero totale delle cavità analizzate, suddivise per tipologia.

Tab. 2 - Total number of cavities analyzed by type.

L'epoca di realizzazione vede un terzo di cavità realizzate in epoca pre-romana e un altro terzo nel novecento (tab. 3). Il periodo di utilizzazione per quasi la totalità delle cavità cagliaritanne va invece dall'epoca di realizzazione fino a tempi più recenti, nel dettaglio la Seconda Guerra Mondiale, come rifugi antiaerei e nel dopoguerra come abitazioni per sfollati.

Epoca di realizzazione	N. cavità
Pre-romana (periodo punico ante 238 a.C.)	34
Romana repubblicana (238 a.C. - fine I sec. a.C.)	7
Romana imperiale (fine I sec. a.C. - IV sec. d.C.)	4
Alto medioevo (fino al 1000 circa)	4
Medio - tardo Medioevo	12
Rinascimentale (1440 - 1600 circa)	1
Ottocento	2
Novecento	36

Tab. 3 - Periodi di utilizzo delle cavità analizzate.

Tab. 3 - Periods of use of the cavities analyzed.

UTILIZZO E RIUTILIZZO DELLE CAVITÀ CAGLIARITANE

Come anticipato, il sottosuolo dell'area urbana di Cagliari è stato interessato da un'intensa attività di estrazione e utilizzo della pietra calcarea, costituente predominante della maggior parte delle colline cagliaritanne. Ciò ha fatto sì che si sviluppasse un capillare sistema ipogeo conservatosi fino ad oggi.

I punici furono i primi ad utilizzare la roccia della parte alta della città, come testimoniano le numerose cave, e dopo di loro i romani che oltre ad estrarre blocchi di pietra per la costruzione dei loro edifici, trasformarono successivamente molte di queste cave in un vasto sistema di raccolta delle acque piovane.

Uno degli esempi più interessanti di riutilizzo di una cavità ipogea, per la raccolta delle acque piovane, è quella del grande Cisternone costruito in vicinanza del più importante edificio storico di epoca romana: l'Anfiteatro di Cagliari. Nei mesi invernali, infatti, la pioggia defluiva dalle gradinate dell'Anfiteatro e, attraverso un condotto lungo più di 95 m veniva raccolta all'interno di questo grande Cisternone, capace di contenere quasi 9.000 m³ d'acqua (fig. 13).

All'interno di questo immenso ambiente sono facilmente riconoscibili diverse fasi del suo utilizzo: nato come cava, come indicano numerosi blocchi ancora in parte da asportare, venne successivamente trasformato in cisterna. Una volta dismessa la funzione di utilizzo come cisterna, probabilmente a causa di crolli dal soffitto, questo grande ambiente sotterraneo venne probabilmente riadattato dai romani in carcere.

Ad avallare questa ipotesi è stata la scoperta nel 1997, su una parete del Cisternone, di un graffito paleocristiano raffigurante la *Navicula Petri*, la nave della Chiesa. Il suo autore va probabilmente individuato in un martire sconosciuto e detenuto in attesa di essere ucciso nei giochi dell'Anfiteatro, attorno ai primi anni del IV secolo d.C.

Il Cisternone sarà riutilizzato intorno alla metà del 1600. È noto che il padre cappuccino Giorgio Aleo, autore di una famosa "*Storia Cronologica di Sardegna*", riferisce di una notizia relativa alla pestilenza cagliaritana del 1656, che probabilmente ha interessato il Cisternone. L'Aleo scrive infatti che negli ultimi giorni di maggio del 1656 la mortalità a Cagliari era diventata



Fig. 13 - Cisternone dell'orto dei Capuccini (foto M. Vargiu).

Fig. 13 - Big cistern of Capuchin's garden (photo M. Vargiu).

così elevata, che non vi erano “fossori” a sufficienza per seppellire i morti. Di fronte al crescente numero di cadaveri insepolti il magistrato di sanità decise allora di far “tumulare” i morti in pozzi e cisterne: ed i morti del quartiere di Castello finirono “in un antico Cisternone” situato nelle vicinanze dell’Anfiteatro romano.

Altro esempio di riutilizzo di un ambiente ipogeo è la cavità di via Vittorio Veneto, nota anche con il nome della “Cavità delle 5 colonne”. Di forma irregolare, la cavità ha un perimetro di circa 150 m ed uno sviluppo interno di circa 600 m².

All’interno della cavità, realizzata inizialmente per attività di cava, furono risparmiati, in fase di scavo nella roccia, cinque tozzi pilastri a base quadrata al fine di conferire solidità alla volta ed evitare crolli.

Cessata l’attività di cava seguì forse quella di utilizzo della cavità come serbatoio d’acqua. Tale utilizzo, a giudizio del canonico Giovanni Spano, sarebbe iniziato in epoca cartaginese e proseguito in epoca romana. Durante l’alto medioevo qualche comunità monastica, probabilmente *basiliana*, si insediò nella cavità, come era già avvenuto nella cripta di Santa Restituta a Stampace, ed in altre cavità presenti nel sottosuolo urbano di Cagliari, come la grotta di San Guglielmo, gli ambienti sotterranei dell’Anfiteatro o la necropoli di Tuvixeddu. Pur in assenza di qualsiasi indagine archeologica, le tracce di *pancali* in pietra ed *arcosoli* alle pareti ci portano ad ipotizzare la loro presenza.

Durante la Seconda Guerra Mondiale la cavità venne riadattata a rifugio anti-aereo e successivamente, come gran parte degli ipogei presenti in zona, venne abitata per lungo tempo dagli sfollati anche a guerra finita, quando più della metà delle case di Cagliari erano ancora distrutte.

Un altro interessante esempio di riutilizzo di un sito ipogeo è la galleria rifugio di via Don Bosco (fig. 14). Questa lunga galleria non nacque come rifugio di guerra durante la Seconda Guerra Mondiale, ma si presume facesse parte di una articolata serie di percorsi sotterranei ancora esistenti, con analoghe dimensioni e caratteristiche di scavo, distribuiti lungo tutto il versante nord della città, dai bastioni di Buoncammino sino all’area del ex mercato di via Pola, e che furono probabilmente realizzati dai Piemontesi, all’esterno delle mura, intorno al 1700 per scopi militari: forse come vie di fuga o



Fig. 14 - Galleria Rifugio via Don Bosco (foto M. Mattana).
Fig. 14 - Gallery refuge via Don Bosco (photo M. Mattana).

gallerie di contromina.

Buona parte di questa preesistente rete di gallerie fu velocemente riadattata, agli inizi del secondo conflitto mondiale, come rifugio per la popolazione civile, compresa la galleria rifugio di via Don Bosco.

La galleria assolse egregiamente il suo compito e, a memoria degli abitanti del quartiere, alcune famiglie avevano addirittura attrezzato spazi per farne un uso abitativo temporaneo. Alla fine della guerra la galleria venne dimenticata, ed i vari ingressi, compreso quello principale su via Don Bosco, furono murati. Ciò ha consentito di farla pervenire quasi integra fino ai giorni nostri.

Purtroppo uno sfruttamento industriale, sia del sottosuolo che del soprasuolo, avvenuto nel secolo scorso, con la nascita intorno agli anni ‘20 della fabbrica Italcementi, ha cancellato per sempre molti ambienti ipogei presenti in città.

Alcune colline di Cagliari, tra cui la nota necropoli fenicio-punica di Tuvixeddu, furono quasi rase al suolo per estrarre la pietra calcarea essenziale per la produzione della calce - cemento. Soltanto alla fine degli anni ‘70 l’industria ha cessato sia l’attività estrattiva che produttiva.

Alla chiusura della fabbrica non è seguito un serio intervento di risanamento ambientale e le aree degradate, compresa l’importante area archeologica di Tuvixeddu, sono state completamente abbandonate.

In molte di queste ex cave, pur situate all’interno dell’area urbana, sono stati riversati per decenni detriti di ogni genere e rifiuti inquinanti.

A questo scempio hanno assistito inermi le varie amministrazioni comunali succedutesi nel corso di questi decenni. Non sono state risparmiate da questo degrado neppure le cavità artificiali più antiche quali cisterne, vecchie cave di epoca romana, antiche latomie, mentre gli ambienti ipogei delle tombe di Tuvixeddu sono stati frequentati per diversi anni da indigenti in cerca di alloggio.

Fortunatamente verso la fine degli anni novanta, un gruppo di giovani speleologi, animati dall’entusiasmo per le prime esperienze di esplorazione del sottosuolo cagliaritano, si rendono protagonisti di un progetto per il recupero e la fruizione delle ricchezze sotterranee della città. Luoghi degradati e compromessi vengono rivalorizzati grazie ad un’iniziativa culturale promossa da un gruppo di volontari che vede la luce nel 1997: “*Cagliari Monumenti Aperti*”, e che si avvale in larga misura del lavoro volontario e della collaborazione di alcuni Gruppi speleologici presenti in città.

ANALISI SULLO STATO DI CONSERVAZIONE DELLE CAVITÀ CAGLIARITANE RILEVATE

Questo lavoro oltre a fornire un dato utile all’amministrazione cittadina ai fini della pianificazione territoriale, ha anche consentito di analizzare in maniera critica la situazione di una parte delle più importanti cavità cittadine.

Lo stato di conservazione generale delle cavità analizzate è prevalentemente buono, così come si può dire la

stessa cosa in merito alla staticità, ad eccezione di alcuni casi di cui abbiamo già avuto modo di parlare (tab. 4). Decisamente meno confortanti sono i dati relativi all'inquinamento; infatti oltre 80 delle cavità rilevate sono interessate dalla presenza di rifiuti di differente tipologia ma sempre di chiara origine antropica.

I problemi che abbiamo riscontrato, principalmente nelle cavità di proprietà di Enti o Istituzioni, sono dovuti all'utilizzo delle cavità come magazzini per lo stoccaggio dei materiali in disuso, che anziché essere conferiti in discarica vengono alloggiati perennemente in questi ambienti (tab. 5). Le cavità di libero accesso sono divenute in alcune occasioni piccole discariche principalmente di materiali da costruzione ma anche di rifiuti solidi urbani o di rifiuti speciali (fig. 15).

Il caso più emblematico è sicuramente l'ex Ospedale dell'Aeronautica Militare Italiana, un ospedale ipogeo risalente alla Seconda Guerra Mondiale completamente scavato nella roccia e rimasto in attività sino agli anni '80. Per qualche anno dopo la chiusura, la struttura risultava in perfette condizioni, con anche la presenza una parte di elementi d'arredo. L'utilizzo da parte di famiglie sfollate prima, e l'azione vandalica, conclusa con un incendio doloso poi, hanno compromesso la stabilità di quest'opera.

Di contro però sono presenti alcuni casi di tutela e valorizzazione dei beni che, quando non risultano essere fruibili tutto l'anno, vengono aperti in occasioni di manifestazioni come Monumenti Aperti; è questo il caso ad esempio del Pozzo di San Pancrazio o del Rifugio di Via Don Bosco o dell'ex ospedale della Croce Rossa (tab. 6).

Stato di conservazione	N. cavità
Ottima	1
Buona	64
Mediocre	32
Pessima	1

Tab. 4 - Stato di conservazione delle cavità analizzate.

Tab. 4 - State of conservation of cavities analyzed.

Staticità	N. cavità
Ottima	1
Buona	77
Mediocre	20

Tab. 5 - Grado di staticità delle cavità analizzate.

Tab. 5 - Static nature of the cavities analyzed.

CONCLUSIONI

La presenza di cavità artificiali nel sottosuolo della città di Cagliari è da un lato un patrimonio che, tranne rari casi, non si sta valorizzando, e da un lato un pericolo per la stabilità degli edifici e delle strade.



Fig. 15 - Discarica di rifiuti in grotta (foto M. Vargiu).

Fig. 15 - Landfill tipping in cavities (photo M. Vargiu).

Inquinamento	N. cavità
Marcato	32
Lieve	49
Assente	17

Tab. 6 - Livello di inquinamento delle cavità analizzate.

Tab. 6 - Level of pollution of the cavity analyzed.

Lo scopo di questo lavoro è stato quello di rilevare, documentare e schedare 100 tra le cavità più importanti della Città di Cagliari, al fine di dare un primo quadro generale relativamente all'ammontare del patrimonio ipogeo della città e di fare una fotografia dello stato dei beni in possesso della cittadinanza.

I rilievi sono stati effettuati attraverso strumenti speditivi che hanno coniugato la velocità di utilizzo e la robustezza con una precisione accettabile per lo scopo di questo progetto.

Per ogni cavità rilevata si è provveduto a fornire all'amministrazione comunale il rilievo e la scheda catastale realizzata dalla Commissione Cavità Artificiali della Società Speleologica Italiana.

Tutti i rilievi sono stati georeferenziati e inseriti in due carte generali realizzate su base cartografica al 1000 fornita dall'amministrazione Comunale di Cagliari.

La prima comprendente le planimetrie e gli ingombri di ogni cavità la seconda contenente una differenziazione delle cavità in funzione della tipologia.

Lo stato di conservazione generale delle cavità analizzate è prevalentemente buono così come la staticità delle strutture. Meno confortanti sono i dati relativi all'inquinamento con oltre 80 cavità interessate da rifiuti di origine antropica.

La conoscenza di dette cavità artificiali consentirà all'amministrazione cittadina di poter pianificare in maniera più razionale lo sviluppo urbano e, si spera, di attuare una politica di tutela e valorizzazione del bene ipogeo.

Ringraziamenti e partecipazioni

Si ringrazia Antonello Fruttu per la collaborazione nella parte della ricerca bibliografica. Hanno partecipato ai lavori: Barbara Ibba; Nicola Ibba; Giovanni Lonis; Fabrizio Manca (Unione Speleologica Cagliaritano).

Bibliografia

- AA.VV., 1988, *Domus et Carcer Sanctae Restitutae. Storia di un santuario rupestre a Cagliari*. Cagliari.
- AA.VV., 2000, *Tuixeddu: la necropoli occidentale di Karales: atti della Tavola rotonda internazionale La necropoli antica di Karales nell'ambito mediterraneo*. Cagliari, 30 novembre-1 dicembre 1996, Cagliari.
- AA.VV., 2002, *Cagliari, le radici di marina*. Cagliari.
- ATZENI E., 1986, *Cagliari Preistorica*. In: "S. Igia, capitale giudiciale: contributi all'Incontro di studio Storia, ambiente fisico e insediamenti umani nel territorio di S. Gilla", Cagliari, 3-5 novembre 1983, Pisa, pp. 21-57.
- BARRECA F., 1986, *L'esplorazione di S. Igia nel quadro della ricerca scientifica sul passato della città di Cagliari*. In "S. Igia. Capitale giudiciale: contributi all'incontro di studio Storia, ambiente fisico e insediamenti umani nel territorio di S. Gilla", Cagliari, 3-5 novembre 1983, Pisa, pp. 119-121.
- BARRECA F., 1988, *La civiltà fenicio-punica in Sardegna*. Sassari, pp. 21-24.
- BARROCCU G., CREPELLANI T., LOI A., 1979, *Caratteristiche geologico-tecniche dei terreni dell'area urbana di Cagliari*. Riv. Italiana di Geotecnica, a. XV, vol. 2, pp. 98-144.
- CADINU M., 2001, *Urbanistica medievale in Sardegna*. Roma.
- CAPPA G., 1999, *Speleologia in cavità artificiali*. Quaderni Didattici (S.S.I.), n. 4, 20 pp.
- CHERCHI A., 1974, *Appunti biostratigrafici sul Miocene della Sardegna (Italia)*. Inter. Néogène Médit., Lyon, 1971, Mem. B.R.G.M., vol. 78, pp. 433-445.
- CHERCHI A., MARINA A., MURRU M., ULZEGA A., 1978, *Movimenti neotettonici nella Sardegna meridionale*. Mem. Soc. Geol., It., vol. 19, pp. 581-587.
- CHERCHI A., MAXIA C., ULZEGA A., 1974, *Evoluzione paleogeografica del Terziario della Sardegna*. Rend. Sem. Fac. Sc. Univ. Cagliari, vol. 43 (suppl.), pp. 73-82.
- CHERCHI A., MONTADERT L., 1982, *Il sistema di rifting oligomiocenico del Mediterraneo occidentale e sue conseguenze paleogeografiche sul Terziario sardo*. Mem. Soc. Geol. It., vol. 24, pp. 387-400.
- COLAVITTI A. M., 2003, *Cagliari: forma e urbanistica*. Roma.
- COLAVITTI A. M., TRONCHETTI C., 2003, *Guida archeologica di Cagliari*. Cagliari, pp. 7-8.
- COMASCHI CARIA I., 1958, *Macrofauna e stratigrafia del Miocene della zona di Cagliari*. Boll. Soc. Geol. It., vol. 77, pp. 32.
- DADEA M., 2006., *L'anfiteatro romano di Cagliari*. Collana "Sardegna archeologica. Guide e Itinerari", Sassari.
- FLORIS A., 1987, *La valorizzazione delle cavità artificiali: note su alcuni problemi inerenti speleologia urbana*. Speleologia sarda, n. 63/64, pp. 6-29.
- FLORIS A., 1988, *Cagliari Sotterranea*. Cagliari.
- FRUTTU A., 1998, *Cagliari: itinerari urbani tra archeologia e arte*. Cagliari.
- GANDOLFI R., PORCU A., 1967, *Contributo alla conoscenza delle microfacies mioceniche delle colline di Cagliari (Sardegna)*. Riv. Ital. Paleont., vol. 73, n. 1, pp. 313-348.
- ISPRA, 2010, *Qualità dell'Ambiente Urbano IIV Rapporto*. Roma.
- MUREDDU D., 2000, *Il complesso archeologico della fullonica*. Cagliari, pp. 1-4.
- NISIO S., 2008, *I sinkholes in Sardegna*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., LXXXV, pp. 387-398.
- ORSONI F., 1879, *Ricerche paleontologiche nei dintorni di Cagliari*. Boll. di Paleontologia Italiana, pp. 44-45.
- PALA A., SIRIU E., 1998, *Note illustrative alla carta idrogeologica di Cagliari*. Rend. Sem. Fac. Sc. Univ. di Cagliari, fascicolo unico, pp. 68.
- PECORINI G., POMESANO CHERCHI A., 1969, *Ricerche geologiche e biostratigrafiche sul Campidano meridionale (Sardegna)*. Mem. Soc. Geol. It., vol. 8, pp. 421-451.
- SALVI D., 1988, *La necropoli orientale*. In: AA.VV., *Sancti Innumerabiles*, Cagliari, pp. 79-83.
- SALVI D., 1991, *Contributo per la ricostruzione topografica della Cagliari punica. Notizie preliminari sullo scavo di S. Gilla 1986-87*, in Atti del II Congresso internazionale di Studi Fenici e Punici, Roma 9 - 14 novembre 1987, C.N.R., Roma, pp. 1215-1220.
- SALVI D., 2000, *Tomba su tomba. Indagini di scavo condotte a Tuixeddu nel 1997*. Relazione preliminare, Riv. di Studi Fenici, XXVIII, 1, pp. 57-78.
- SANTONI V., 2012, *Il porto di Cagliari dall'età preistorica all'età romana*. [Online]: http://www.porto.cagliari.it/index.php?option=com_content&view=article&id=295&Itemid=123&lang=it.
- SPANO C., BARCA S., 2002, *Ecobiostratigraphic, lithostratigraphic, depositional and sythemic setting of Cenozoic units in Southern Sardinia (Italy)*. Boll. Soc. Geol. It., vol. 121, pp. 19-34.
- SPANO C., MELONI D., 1992, *Macrofauna and paleoenvironment of the Langhian-Serravallian deposits from the Cagliari area (south Sardinia, Italy)*. In: L. CARMIGNANI & F.P. SASSI (a cura di) "Contribution to the Geology of Italy with special regard to the Paleozoic basement. A volume dedicated to Tommaso Cocozza", IGCP Project No. 276, Newsletter, vol. 5, pp. 199-214.

- STIGLITZ A., 2007, *Cagliari Fenicia e Punica*. Rivista di Studi Fenici, XXXV, 1, pp. 43-72.
- TARAMELLI A., 1904, *Esplorazioni archeologiche e scavi nel promontorio di S. Elia*. Not. degli Scavi 1903-1968, Sassari.
- TRONCHETTI C., 1993, *Lo scavo di via Brenta a Cagliari. I livelli fenicio-punici e romani*. In: AA. VV., *Lo scavo di via Brenta a Cagliari. I livelli fenicio-punici e romani*, Quaderni della Soprintendenza archeologica per le province di Cagliari e Oristano, 9/199, Supplemento, Cagliari, pp. 23-35.
- UGAS G., 2005, *L'alba dei Nuraghi*, Cagliari, pp. 24-25.
- ZEDDA MACCIÒ, I., 2010, *Il mito delle origini. La Sardegna, Aristeo e la fondazione di Cagliari*. Rivista dell'Istituto di Storia dell'Europa Mediterranea, n. 5, pp. 127-146.