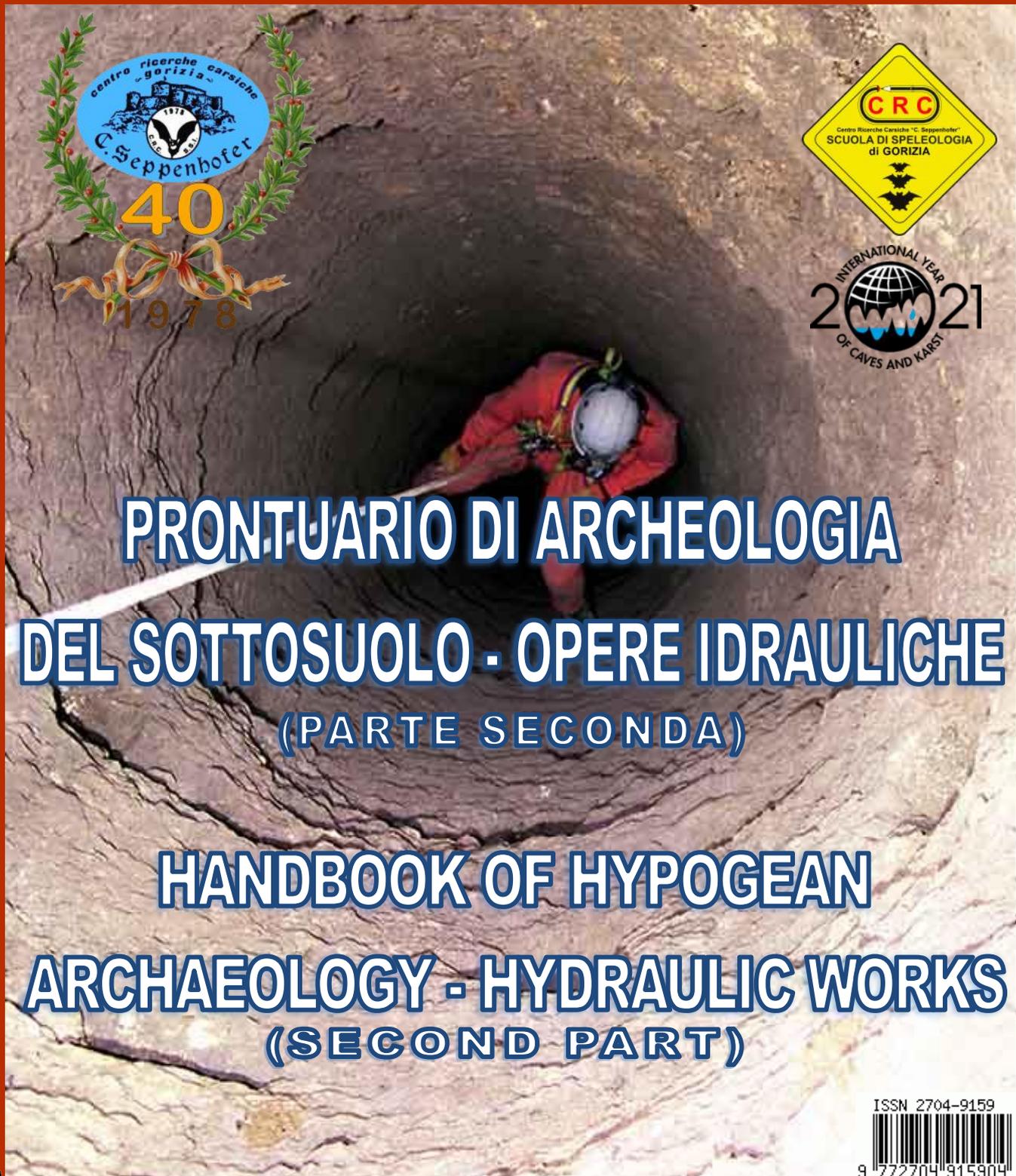


SOPRA E SOTTO IL CARSO

Rivista on line del Centro Ricerche Carsiche "C. Seppenhofer" aps - Gorizia

NUMERO SPECIALE

GENNAIO 2022



PRONTUARIO DI ARCHEOLOGIA

DEL SOTTOSUOLO - OPERE IDRAULICHE

(PARTE SECONDA)

HANDBOOK OF HYPOGEAN

ARCHAEOLOGY - HYDRAULIC WORKS

(SECOND PART)

ISSN 2704-9159



9 772704 915904

SEDE SOCIALE: VIA ASCOLI, 7 - 34170 GORIZIA

seppenhofer@libero.it

<http://www.seppenhofer.it>





SEDE SOCIALE:
VIA ASCOLI, 7
34170 GORIZIA

seppenhofet@libero.it
http://www.seppenhofet.it



SOPRA E SOTTO IL CARSO

Rivista online del Centro Ricerche Carsiche "C. Seppenhofet" aps - Gorizia

NUMERO SPECIALE

GENNAIO 2022

Continuiamo a parlare della tipologia delle cavità artificiali



A cura di Maurizio Tavagnutti

Continua il discorso iniziato con il nostro speciale di dicembre 2021 dedicato al "Prontuario di archeologia del sottosuolo"; in questo numero Gianluca Padovan ci stupisce ancora, parlandoci delle opere idrauliche sotterranee.

La ricerca dell'acqua potabile e la possibilità di poterla facilmente utilizzare è stato un problema che l'uomo ha dovuto affrontare sin dai tempi più antichi. Attraverso questo prontuario l'amico Gianluca sviscera questo argomento con un lavoro sistematico e certosino che spiega ed illustra in dettaglio le varie tipologie delle prese d'acqua, i pozzi e i manufatti per raccogliarla e trasportarla in modo da poterla utilizzare al meglio.

Come avevamo annunciato, a questa seconda parte, che andiamo a presentare, ne seguiranno ancora due che andranno a completare una guida pratica e ben chiara su cosa andiamo ad incontrare nel sottosuolo e che il neofita potrà seguire per intraprendere, con la giusta conoscenza, un viaggio affascinante in quella che è l'attività speleologica in Cavità Artificiali.

L'Autore ha voluto inserire la traduzione dei singoli testi in lingua inglese in modo da agevolare la diffusione anche oltre i confini territoriali del nostro Paese.

Buona lettura!

* * *

Prontuario di archeologia del sottosuolo (parte seconda): OPERE IDRAULICHE

Handbook of hypogean archaeology (second part): HYDRAULIC WORKS

Testo: Gianluca Padovan (Associazione Speleologia Cavità Artificiali Milano – Federazione Nazionale Cavità Artificiali)

Traduzioni: Maria Antonietta Breda, Ivana Micheli

Fotografie: Gianluca Padovan (dove non indicato)



Scintilena
Notizie speleologiche
in tempo reale



Qui sotto i link della speleologia



Il notiziario **Sopra e sotto il Carso** esce ogni fine mese e viene distribuito esclusivamente on line. Può essere scaricato nel formato PDF attraverso il sito del Centro Ricerche Carsiche "C. Seppenhofet" APS - www.seppenhofet.it

Comitato di Redazione: M. Tavagnutti, I. Primosi, F. Bellio.

I firmatari degli articoli sono gli unici responsabili del contenuto degli articoli pubblicati.



SOPRA E SOTTO IL CARSO

Rivista online del Centro Ricerche Carsiche "C. Seppenhofer" aps

Cod. ISSN 2704-9159

Redazione: via G. I. Ascoli, 7
34170 Gorizia - tel.: 3297468095

E-mail: seppenhofer@libero.it

Direttore responsabile: Maurizio Tavagnutti



Sommario



Continuiamo a parlare della tipologia delle cavità artificiali.....	2
Sommario	3
Prontuario di archeologia del sottosuolo (parte seconda): - Opere idrauliche -	5
Classificazione per tipologia delle cavità artificiali	6
Prontuario parte seconda: 2. OPERE IDRAULICHE Handbook second part: 2. HYDRAULIC STRUCTURES	8
Tipologia n. 2: Opere idrauliche	8
Tipologia n. 2a: Presa e trasporto delle acque	10
Tipologia n. 2a: Acquedotto	12
Tipologia n. 2a: Canale artificiale sotterraneo	19
Tipologia n. 2a: Canale artificiale voltato	21
Tipologia n. 2a: Condotto di drenaggio	24
Tipologia n. 2a: Corso d'acqua naturale voltato	24
Tipologia n. 2a: Emissario sotterraneo	25
Tipologia n. 2a: Galleria filtrante	28
Tipologia n. 2a: Pozzo di collegamento	28
Tipologia n. 2b: Perforazioni ad asse verticale di presa	29
Tipologia n. 2b: Pozzo artesiano	35
Tipologia n. 2b: Pozzo a gradoni	35
Tipologia n. 2b: Pozzo graduato	35
Tipologia n. 2b: pozzo ordinario	36
Tipologia n. 2b: Pozzo ordinario a raggiera	37
Tipologia n. 2c: Conserva	38
Tipologia n. 2c: Cisterna	38



Tipologia n. 2c: Ghiacciaia	46
Tipologia n. 2c: Neviera	49
Tipologia n. 2d: Smaltimento	50
Tipologia n. 2d: Fossa settica.....	50
Tipologia n. 2d: Fognatura	51
Tipologia n. 2d: Pozzo chiarificatore (o biologico)	57
Tipologia n. 2d: Pozzo di drenaggio	58
Tipologia n. 2d: Pozzo nero	58
Tipologia n. 2d: Pozzo perdente (assorbente)	58
Chi siamo	34



Prontuario di archeologia del sottosuolo (parte seconda): - Opere idrauliche -

di Gianluca Padovan (Associazione Speleologia Cavità Artificiali Milano – Federazione Nazionale Cavità Artificiali)

PRESENTAZIONE

Con questo prontuario si desidera fornire una base didattica a coloro i quali intendano approcciarsi a questa nuova disciplina: l'Archeologia del Sottosuolo, derivata dalla Speleologia e dalla Speleologia in Cavità Artificiali (figg.e 1A, 1B). Il prontuario che si presenta è tratto principalmente da quattro pubblicazioni:

- Padovan Gianluca (a cura di), *Archeologia del sottosuolo. Lettura e studio delle cavità artificiali*, British Archaeological Reports, International Series 1416, Oxford 2005.
- Basilico Roberto et alii, *Italian Cadastre of Artificial Cavities. Part 1. (Including introductory comments and a classification)*, Hypogean Archaeology (Research and Documentation of Underground Structures) N°1, British Archaeological Reports International Series 1599, Oxford 2007.
- Padovan Gianluca, *Archeologia del Sottosuolo. Manuale per la conoscenza del mondo ipogeo*, Ugo Mursia Editore, Milano 2009.
- Padovan Gianluca, *Prontuario di archeologia del sottosuolo – Handbook of hypogean archaeology*, in *Sopra e sotto il Carso* (Rivista on line del Centro Ricerche Carsiche “C. Seppenhofen” aps – Gorizia. Numero Speciale ottobre 2021), Gorizia 2021.



Fig. 1A

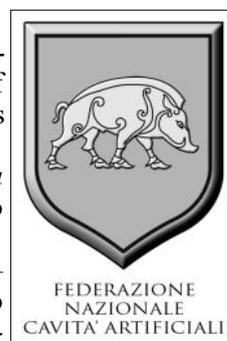


Fig. 1B

INTRODUCTION

Scope of this handbook is to provide an educational basis to those who are willing to approach this new discipline: Hypogean Archaeology, deriving from Speleology and speleology in artificial cavities (figg. 1A, 1B). The handbook that we are introducing is mainly taken from 4 publications:

- Padovan Gianluca (a cura di), *Archeologia del sottosuolo. Lettura e studio delle cavità artificiali*, British Archaeological Reports, International Series 1416, Oxford 2005.
- Basilico Roberto et alii, *Italian Cadastre of Artificial Cavities. Part 1. (Including introductory comments and a classification)*, Hypogean Archaeology (Research and Documentation of Underground Structures) N°1, British Archaeological Reports International Series 1599, Oxford 2007.
- Padovan Gianluca, *Archeologia del Sottosuolo. Manuale per la conoscenza del mondo ipogeo*, Ugo Mursia Editore, Milano 2009.
- Padovan Gianluca, *Prontuario di archeologia del sottosuolo – Handbook of hypogean archaeology*, in *Sopra e sotto il Carso* (Rivista on line del Centro Ricerche Carsiche “C. Seppenhofen” aps – Gorizia. Numero Speciale ottobre 2021), Gorizia 2021.



Gianluca Padovan



CLASSIFICAZIONE PER TIPOLOGIA DELLE CAVITÀ ARTIFICIALI

Lo studio delle cavità artificiali ha condotto a evidenziare un certo numero di tipologie e di sottotipologie. A loro volta talune sottotipologie possono presentare degli ipogei caratteristici. Si riconoscono e si censiscono come cavità artificiali i tipi di manufatti sotto elencati, considerandoli senza operare altra distinzione se non quella che li classifica in una ben precisa tipologia e nella relativa sottotipologia. La prosecuzione dei lavori e lo sviluppo della disciplina porterà auspicabilmente ad ampliare e a integrare questo elenco, il quale desidera essere una semplice, ma solida, base di partenza.

1. OPERE DI ESTRAZIONE
cava, miniera.
2. OPERE IDRAULICHE
 - 2 a. PRESA E TRASPORTO DELLE ACQUE
acquedotto, canale artificiale sotterraneo, canale artificiale voltato, condotto di drenaggio, corso d'acqua naturale voltato, emissario sotterraneo, galleria filtrante, pozzo di collegamento.
 - 2 b. PERFORAZIONI AD ASSE VERTICALE DI PRESA
pozzo artesiano, pozzo a gradoni, pozzo graduato, pozzo ordinario, pozzo ordinario a raggiera.
 - 2 c. CONSERVA
cisterna, ghiacciaia, nevieria.
 - 2 d. SMALTIMENTO
fossa settica, fognatura, pozzo chiarificatore (o biologico), pozzo di drenaggio, pozzo nero, pozzo perdente.
3. OPERE DI CULTO
cripta, eremo rupestre, eremo sotterraneo, favissa, luogo di culto rupestre, luogo di culto sotterraneo, mitreo, pozzo sacro.
4. OPERE DI USO FUNERARIO
catacomba, cimitero, colombario, domus de janus, foiba, morgue, necropoli, ossario, tomba.
5. OPERE DI USO CIVILE
abitazione rupestre, abitazione sotterranea, apiario rupestre, butto, cantina, carcere, camera dello scirocco, colombaia, cripta, criptoportico, frantoio ipogeo, fungaia, galleria ferroviaria, galleria pedonale, galleria stradale, granaio a fossa, grotta artificiale, insediamento rupestre, insediamento sotterraneo, magazzino, ninfeo, palmento ipogeo, polveriera, sotterraneo, strada in trincea.
6. OPERE DI USO MILITARE
bastione, batteria, castello, capponiera, casamatta, cofano, contromina, cunicolo di demolizione, cupola, forte, galleria, galleria di controscarpa, galleria di demolizione, galleria stradale, grotta di guerra, grotta fortificata, mina, opera in caverna, polveriera, pusterla, ridotta, ridotto, rifugio, riservetta, rivellino, sotterraneo, tamburo difensivo, traditore, trincea.
7. OPERE NON IDENTIFICATE
opere o strutture di cui s'ignora l'esatta funzione.

TRASLATION

CLASSIFICATION OF ARTIFICIAL CAVITIES BY TYPOLOGY

The study of artificial cavities has resulted in the identification of a certain number of typologies and sub-typologies. Some sub-typologies may in turn present underground characteristics. The below man-made structures are recognized and classified as artificial cavities without further distinction other than their classification under a precise typology and sub-typology. The continuation of works and the development of the discipline shall hopefully lead to the broadening and integration of this list, which is intended as a simple yet solid starting point.

1. EXTRACTION WORKS
quarry, mine.
2. HYDRAULIC WORKS
 - 2 a. WATER SUPPLY AND TRANSPORT
Aqueduct, artificial underground canal, artificial vaulted canal, drainage channel, natural vaulted water course, underground effluent, filtering gallery, connecting shaft.
 - 2 b. VERTICAL PERFORATIONS
artesian shaft, graduated shaft, ordinary shaft, ordinary radial shaft, stepped well.



2 c. STORAGE

cistern, icehouse, snowstore.

2 d. WASTE DISPOSAL

septic tank, septic pit, sewer, clarification (or biological) well, drainage well, cesspit, sump.

3. RELIGIOUS STRUCTURES

crypt, rock hermitage, underground hermitage, "favissa", rocky place of worship, underground place of worship, mithraeum, holy well.

4. FUNERARY STRUCTURES

catacomb, cemetery, columbarium, "domus de janas", "foiba", morgue, necropolis, ossuary, tomb.

5. STRUCTURES FOR CIVIL USE

rocky dwelling, underground dwelling, rock apiary, "butto" (waste disposal pit), cellar, "camera dello sci-rocco" (sirocco chamber), columbarium, crypt, cryptoportico, underground oil mill, mushroom cultivation rooms, railway tunnel, pedestrian tunnel, road tunnel, granary pit, artificial cave, rock settlement, underground settlement, warehouse, nymphaeum, underground wine-making plant, gunpowder magazine, road in cutting.

6. MILITARY STRUCTURES

bastion, battery, caponier, casemate, castle, pillbox, countermine, demolition tunnel, cupola, fort, tunnel, counterscarp tunnel, demolition gallery, road tunnel, war cave, fortified cave, mine, cave structure, gunpowder magazine, postem, redoubt, reduit, air-raid shelter, artillery magazine, ravelin, defensive tambour, "traditore", trench.

7. UNIDENTIFIED STRUCTURES

structures, the function of which is unknown.

— * * * —

DIDASCALIE

Attenzione: i numeri identificativi d'ogni immagine cominciano con il numero riferito alla tipologia trattata. Esempio: la tipologia n. 1 è relativa alle opere di estrazione, la n. 2 alle opere idrauliche, etc.

Negli speciali riguardanti le opere militari, ad esempio, si farà riferimento ad opere differenti e citando immagini già pubblicate. Pertanto facendo riferimento, ad esempio, alla foto n. 1.59h, non vi sarà confusione e si risalirà immediatamente al primo SPECIALE (di quattro) dedicato alle opere di estrazione.



Prontuario parte seconda: 2. OPERE IDRAULICHE Handbook second part: 2. HYDRAULIC STRUCTURES

TIPOLOGIA N. 2: OPERE IDRAULICHE

L'acqua è indispensabile alla vita. Concetto ovvio, che occorre considerare nello studio e nella comprensione degli insediamenti e più in generale della vita dell'uomo, in ogni sua manifestazione (figg. 2.1, 2.2, 2.3). Le modalità di utilizzo dell'acqua, sia essa in forma di vapore acqueo, di liquido o di solido come il ghiaccio, sono molteplici e si può affermare che siano determinate da:

- situazioni prospettate dalla natura del luogo;
- tipo d'insediamento da servire;
- conoscenze applicate (in funzione o in subordine delle varianti);
- disponibilità economica per la realizzazione;
- successive evoluzioni, adattamenti o involuzioni, dell'applicato.

A parità di disponibilità economica e di tecnologia applicata per approvvigionarsi d'acqua si sono ottenute opere differenti e differenziate, anche sotterranee (figg. 2.4, 2.5). Pur considerando le varianti che gli esemplari offrono, e senza rimanere legati ad esempi e concetti che non devono divenire formule, si sono suddivise le opere idrauliche in quattro sottogruppi:

- presa e trasporto delle acque;
- perforazioni ad asse verticale di presa;
- conserva;
- smaltimento.

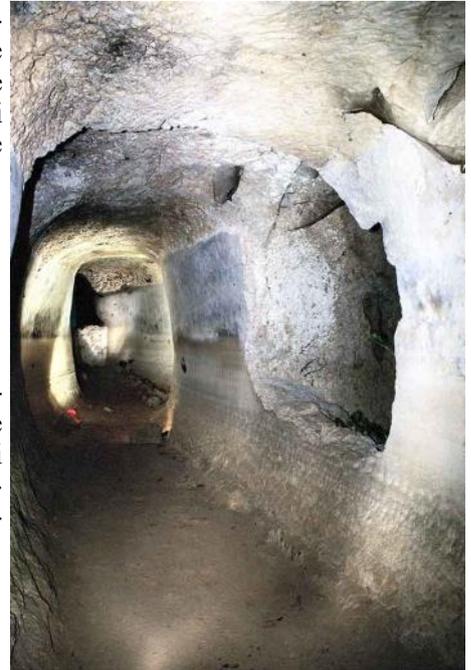


Fig. 2.1 - Tratto dell'Acquedotto Claudio, scavato nella rupe di travertino a picco sul fiume Aniene (Roma); l'opera fu cominciata nell'anno 38 sotto l'imperatore Caligola e inaugurata dall'imperatore Claudio nel 52. Così riporta Frontino: «Il condotto dell'acqua Claudia è lungo 46.406 passi: 36.230 in canale sotterraneo, 10.176 in superficie; 3.076 passi su arcate in più luoghi nel corso superiore, e vicino a Roma, dal settimo miliario, 609 passi su sostruzioni, 6.491 su archi» (Frontino S. G., *De aquaeductu urbis Romae*).



Fig. 2.2 - Zara: cortile di Casa Grisogono con puteale monolitico.

La ricerca archeologica ha evidenziato l'importanza dell'acqua sia per la nascita e lo sviluppo degli insediamenti, sia per il ruolo, svolto a differenti livelli, dei bacini lacustri, delle sorgenti e dei corsi d'acqua.





Fig. 2.4 - Acquedotto ipogeo peruviano con uno degli accessi "a chiocciola". Come si può ben vedere anche in altri continenti conoscevano l'uso di creare condotti sotterranei per l'acqua potabile (foto di Roberto Basilio).

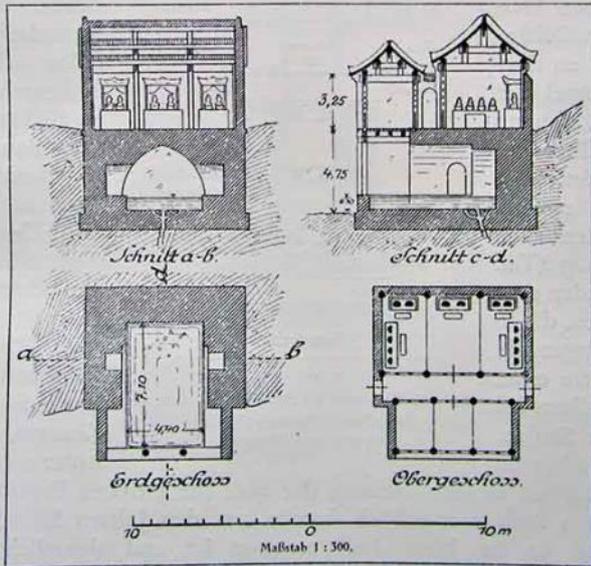


Abb. 11.
Kaiserliches Badehaus mit Kapellenaufbau über einer heißen Schwefelquelle in Lintung, östlich von Sianfu, Provinz Shensi.

Fig. 2.3 - Tavola che illustra un edificio termale cinese con parte ipogea dotata di una vasca contenete acqua calda (Ernst von Boerschmann, *Chinesische Architektur*, Berlin 1925).

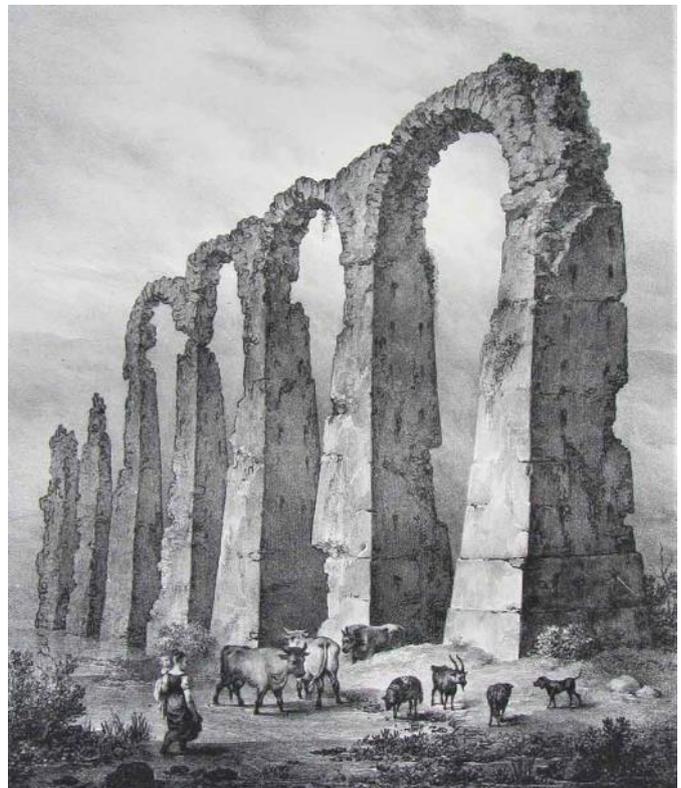


Fig. 2.5 - Antico acquedotto romano di Acqui (Alessandria); lunghi tratti erano sotterranei.



 TRASLATION

TIPOLOGIA N. 2: HYDRAULIC STRUCTURES

Water is essential to life. This is an obvious concept, which must be considered in the study and understanding of settlements and more generally in the history of Man, in all his manifestations (figg. 2.1, 2.2, 2.3). There are many water utilisation methods, depending on whether water takes the form of water vapour, liquid or is in its solid form i.e. ice. Such methods are determined by:

- the nature of the location;
- the type of settlement;
- applied knowledge (in function or in subordination of the different variations);
- availability of funds;
- subsequent progression, adaptation or involution of the method applied.

On the basis of the available funds and technology for the supply of water, different types of structures were created both on the surface and underground (figg. 2.4, 2.5). Taking the differences between the various types of structure into account and without being tied to examples and concepts not destined for use, hydraulic works were divided into four sub-groups:

- water capture and transport;
- vertical capture;
- storage;
- discharge.

Archaeological research has highlighted the importance of water, both in terms of the establishments and development of settlements and in terms of the role of lakebeds, springs and water courses.

* * *

TIPOLOGIA N. 2a: PRESA E TRASPORTO DELLE ACQUE

Un solco scavato nella terra permette di derivare acqua da una sorgente, da un torrente o da un fiume. Un tronco d'albero tagliato longitudinalmente a metà e scavato all'interno assolve la medesima funzione. Una semplice azione di scavo può quindi costituire il primo passo (o uno dei primi passi) per lo sviluppo delle opere idrauliche di presa e di trasporto delle acque (fig. 2.6). Il solco, approfondito e ricoperto con lastre di pietra diviene idealmente un canale sotterraneo e un tronco d'albero scavato all'interno assume la forma di una conduttura che se interrata è anch'essa sotterranea. Tali concetti rendono l'idea di come possano avere avuto luogo un'azione e le sue molteplici applicazioni indirizzate alla formazione della tecnica idraulica destinata al trasporto dell'acqua (figg. 2.7, 2.7a, 2.7b, 2.7c).

Con lo sviluppo dei nuclei abitativi e dell'agricoltura si prospetta la necessità di non dipendere esclusivamente dall'acqua messa a disposizione dalla natura, in quantità variabile e soggetta a eccessi e a carenze. Un sistema relativamente semplice ma funzionale è quello di creare grandi bacini in muratura o scavati nel suolo roccioso, che vengono riempiti nel corso delle precipitazioni annuali. In previsione di periodi siccitosi si realizzano sistemi per lo stoccaggio anche nel sottosuolo, nonché per il sollevamento e la distribuzione. In linea generale l'acqua serviva e serve a molteplici funzioni:

- uso potabile;
- uso agricolo;
- uso industriale;
- funzionamento dell'impianto fognario;
- difesa;
- viabilità.



Fig. 2.6 - Antico tracciato di un Ru della Valle d'Aosta rimasto in servizio fino agli inizi del XX secolo.

Non si deve dimenticare che un apporto continuo di acqua, come ad esempio quello innescato dalla captazione di sorgenti perenni, comportava e comporta la risoluzione di un secondo fattore, lo smal-



timento. Tale compito è assolto dalle fognature, che riprendono le acque dove queste vengono abbandonate dall'utente.

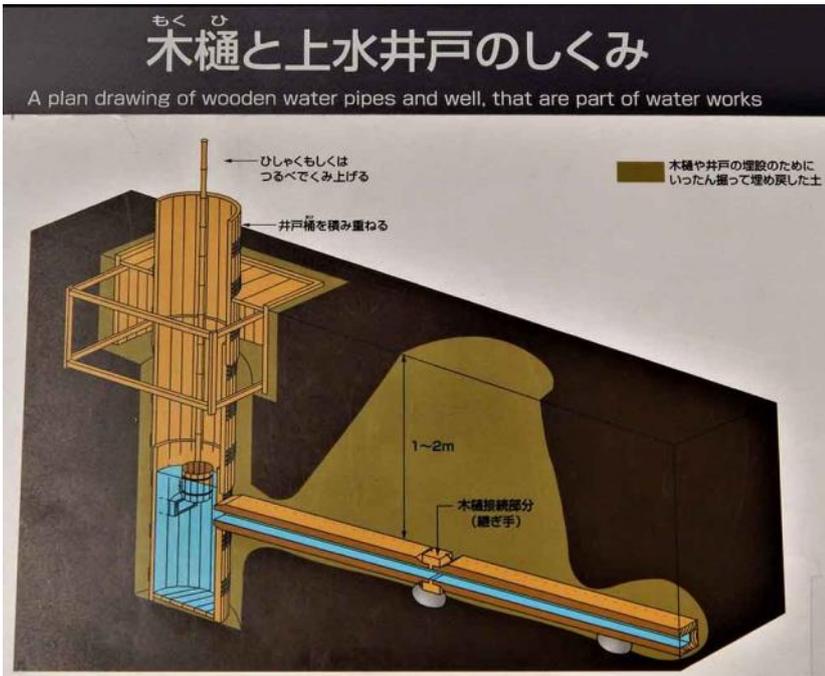


Fig. 2.7 - Museo Metropolitan di Tokyo – Edo: il disegno raffigura un acquedotto sotterraneo costruito di legno e destinato alla distribuzione e allo stoccaggio di acqua potabile. Il pozzo, rivestito di legno e con pu-teale anch'esso ligneo, consentiva di prelevare l'acqua dal condotto senza interrompere il flusso (foto di Maria Antonietta Breda).



Fig. 2.7a - Elemento ligneo della canna del pozzo (foto di Maria Antonietta Breda).

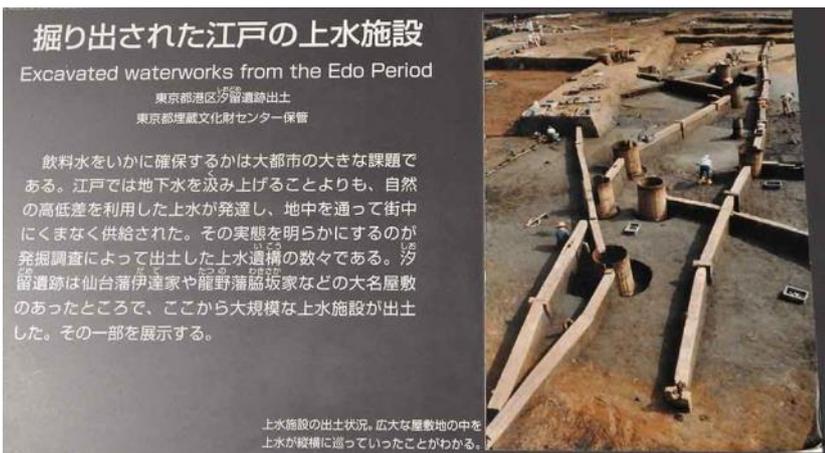


Fig. 2.7b - Pannello del Museo Metropolitan di Tokyo – Edo che mostra l'indagine archeologica condotta per lo studio dell'acquedotto (foto di Maria Antonietta Breda).



Fig. 2.7c - Raffigurazione d'epoca che mostra l'utilizzo dell'impianto idraulico (foto di Maria Antonietta Breda).



TRASLATION

TYPOLOGY N. 2a: WATER SUPPLY AND TRANSPORT

A furrow in the ground allows water to be collected from a spring, a torrent or a river. A hollowed tree-trunk, split lengthways, fulfils the same function. A simple excavation can therefore be the first step (or one of the first) in the development of hydraulic works for the capture and transport of water (fig. 2.6). When made deeper and covered with stone slabs, the furrow ideally becomes an underground canal and a hollowed-out tree-trunk acts as a conduit and when buried, becomes an underground conduit. Such concepts convey how a specific action and its multiple applications may have contributed to the creation of hydraulic techniques for the transport of water (figg. 2.7, 2.7a, 2.7b, 2.7c).

With the onset of inhabited and agricultural centres, came the need to no longer exclusively rely on water from natural sources, with its variable quantity, excesses and shortages. A relatively simple but functional system was the creation of large brick basins or basins excavated in the rocky ground, which are gradually filled with rain-water during the year. Storage, including underground storage systems was created in anticipation of dry spells. The water could be easily lifted and distributed. Water generally was and continues to be used for various purposes:

- for drinking water;
- for agricultural use;
- for industrial use;
- for the operation of sewer system;
- for defence purposes;
- for roadways.

It should not be forgotten that a continuous supply of water, such as that from the capture of perennial water streams involved and still involves a second factor: drainage. This task is fulfilled by sewers, which collect water discarded by consumers.

* * *

TIPOLOGIA N. 2a: ACQUEDOTTO

Con il termine di acquedotto si va a definire un sistema, semplice o complesso, che consente di trasferire l'acqua dal punto di presa a quello di utilizzo. La prima distinzione avviene tra acqua potabile e acqua non potabile. L'acqua potabile condottata assume connotati sociali e politici, oltre che economici. Il continuo apporto di una rilevante massa d'acqua diviene indispensabile qualora la comunità superi una certa soglia numerica. Almeno per il passato, il superamento di una certa soglia numerica poteva essere direttamente connesso alla possibilità d'incrementare l'apporto di acqua (figg. 2.8, 2.8a, 2.9).

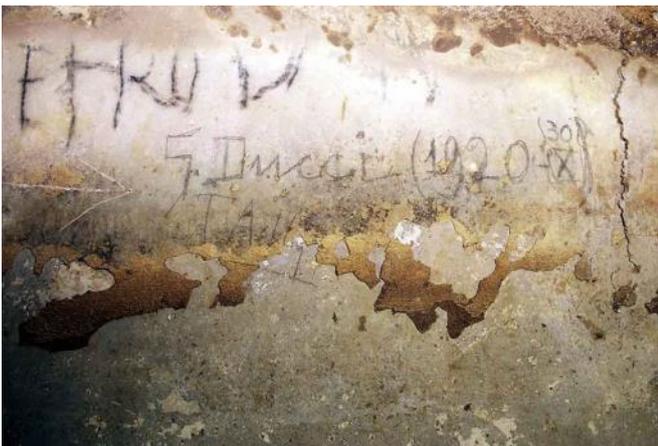


Fig. 2.8 - Il primo e unico lavoro di ricostruzione dell'intero tracciato degli acquedotti a servizio dell'antica Roma è stato compiuto dall'archeologo inglese Thomas Ashby e dal topografo ingegner Guglielmo Ducci. Nello speco dell'Aqua Marcia, lungo la valle dell'Aniene, rimane una testimonianza del loro primo passaggio: 30 ottobre 1920.



Fig. 2.8a - Un secondo "passaggio" avviene il giorno seguente, il 31 ottobre 1920; le firme sono tracciate con il carboncino sull'impermeabilizzazione d'epoca romana.



Le principali opere per la costruzione di un acquedotto sono le seguenti:

- *opere di presa*: per captare l'acqua nel luogo dove essa è naturalmente disponibile;
- *condotta adduttrice (o condotto adduttore)*: necessaria a portare l'acqua dal luogo di captazione a quello di fruizione, dove per "condotta" s'intende la tubazione generalmente cilindrica e per "condotto" il canale chiuso, o lo speco (*specus*), dove l'acqua scorre a pelo libero; vi sono casi in cui nello speco è alloggiata una condotta in cotto, eternit (composto di fibre di amianto e di cemento Portland), o altro materiale, in cui l'acqua viene fatta scorrere per preservarne le qualità e comunque evitarne l'inquinamento;
- *serbatoio od opere di accumulazione*: serve all'immagazzinamento dell'acqua nei periodi in cui il consumo è inferiore alla portata dell'adduttrice e a erogarla quando si verifici la condizione opposta;
- *rete di distribuzione (condotte a rete)*: complesso di piccoli canali o di tubature che porta l'acqua nei punti in cui deve essere utilizzata;
- *impianti privati*: sistema di piccoli canali o più sovente di tubature che allacciato alla rete di distribuzione rifornisce direttamente gli utenti privati.

Abbiamo inoltre:

- *impianto di sollevamento meccanico*: per supplire alla deficienza di dislivelli naturali affinché l'acqua possa defluire nelle condotte con la portata adeguata;
- *impianto di potabilizzazione*: per conferire all'acqua le proprietà chimiche e batteriologiche indispensabili per l'alimentazione umana; è presente negli impianti moderni e generalmente a partire dal XIX-XX secolo.

Le acque da captare possono essere sorgenti, lacustri, fluviali, sotterranee, di bacino artificiale; a seconda della loro natura si avrà un consono impianto di captazione (fig. 2.10).

Captazione di acque sorgive:

Richiede lo studio idrogeologico dell'origine della sorgente e dei terreni attraverso i quali essa sgorga. In rocce stratificate la captazione si effettua rimuovendo lo strato di terra e di detriti che ricopre la roccia. Se la scaturigine è unica (o se ve ne sono numerose vicine) si costruisce una camera di presa impermeabile per racchiuderla. Se le vene da allacciare sono numerose e tra loro distanziate, per ognuna va costruita una presa. Se le scaturigini sono distribuite in lunghezza attraverso fessure della roccia, l'opera di presa si articola anch'essa nel senso della lunghezza e può assumere la forma di una galleria addossata alla parete rocciosa. Per le sorgenti da detriti di falda, se le acque provengono dalla roccia si opera come sopra detto. Se invece scorrono nella massa dei detriti la captazione può essere realizzata con traverse impermeabili affondate fino al substrato roccioso, ovvero con cunicoli drenanti che emungono la massa e conducono in un collettore. Nei terreni alluvionali le sorgenti scaturiscono generalmente lungo gli affioramenti di strati impermeabili di argilla (o argilla e sabbia) e talora l'acqua effluisce dal basso all'alto entro pozze o laghetti. In questo caso la captazione si fa con un'opera che include la polla, con le pareti spinte a profondità bastante a impedire l'infiltrazione di acque superficiali. Se le sorgenti si trovano alla base di rilievi collinari o montuosi, spesso esse vengono a giorno attraverso masse di detriti che generalmente vanno asportati per eseguire l'opera di captazione.



Fig. 2.9 - Pozzo a sezione circolare scavato nelle marne e nelle arenarie, facente parte del cosiddetto "Acquedotto dei Piceni" (Marche); nel 2000 gli speleologi dell'Ass.ne S.C.A.M. ne hanno rilevato in dettaglio un tratto di 124.5 m. L'acquedotto è generalmente noto come "Buco del Diavolo", ma in realtà con tale nome si va ad indicare il solo cunicolo che è stato scavato a posteriori per intercettare l'antico condotto e deviarne l'acqua.

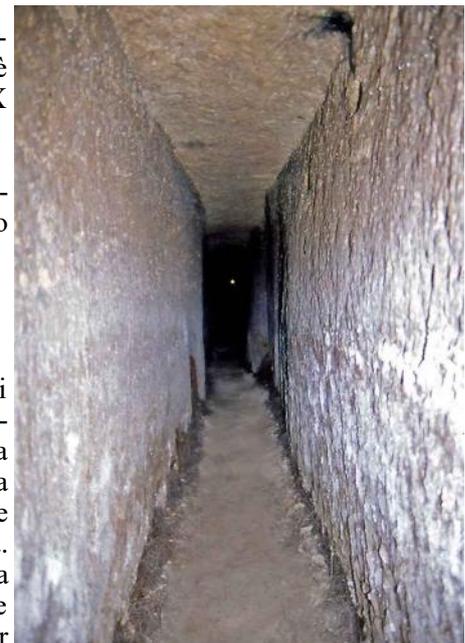


Fig. 2.10 - Speco a sezione rettangolare dell'acquedotto d'epoca romana di Cagliari, intercettato da una cava sotterranea di calcare.



Captazione di acque lacustri:

La presa è fatta in profondità e lontano dalle sponde, mediante tubazioni adagiate sul fondo, mentre in antichità avveniva creando appositi bacini lungo la sponda stessa. In taluni casi la captazione avviene mediante gallerie perforate nei fianchi della vallata.

Captazione di acque fluviali:

La presa è fatta con “chiaviche in sponda” (opere in muratura che interrompono gli argini di un fiume) qualora il livello si mantenga abbastanza elevato. In caso contrario si può provvedere ad innalzare il livello mediante traverse, o si ricorre alla costruzione di gallerie filtranti scavate sotto il letto del fiume.

Captazione di acque di bacino artificiale:

La presa avviene generalmente attraverso la diga di sbarramento, a profondità conveniente per non rimuovere il limo del fondo.

Captazione di acque sotterranee:

Per la presa occorre distinguere se si tratti di:

- a. acque della falda superficiale o freatica, provenienti dalle acque meteoriche o correnti;
- b. acque delle falde profonde, separate da quelle superficiali da strati di terreni impermeabili.

La captazione della falda superficiale si può fare scavando, nei terreni che la contengono, una trincea o una fossa. Oppure si scavano pozzi percorribili dal cui fondo si possono spingere, orizzontalmente e dentro la falda, una serie di cunicoli o di tubi drenanti che versano nel pozzo. L'acqua può essere sollevata meccanicamente dal pozzo e convogliata, oppure dallo stesso pozzo si può realizzare, nel sottosuolo e con leggera pendenza, una galleria o cunicolo d'acquedotto. La captazione della falda profonda avviene mediante pozzi scavati manualmente e in tempi recenti con pozzi autoaffondanti o pozzi trivellati. Talvolta uno strato profondo tende a fare risalire le sue acque, anche in superficie, qualora sia raggiunto da una perforazione, e il pozzo che ne risulta si chiama artesiano. Anche in questo caso, se l'acqua non giunge in superficie, si possono utilizzare impianti di sollevamento o condotti sotterranei.

Allo stato attuale delle conoscenze vediamo che già in epoca arcaica e in epoca classica esistono acquedotti dotati d'impianto di captazione, trasporto e distribuzione dell'acqua potabile e probabilmente ne sono realizzati in precedenza, così come dopo la caduta dell'impero romano essi continuano ad essere costruiti (figg. 2.11, 2.12). I cinque fattori legati all'attuale approvvigionamento idrico, ovvero il prelievo, il trasporto, il sollevamento, l'immagazzinamento e la distribuzione, erano già stati risolti almeno duemila e cinquecento anni fa. Si rinverranno quindi pozzi (più raramente discenderie) che servivano alle seguenti funzioni:

- raggiungere la quota prefissata per la realizzazione del condotto sotterraneo;
- evacuare il materiale scavato e ventilare l'ambiente;
- sollevare il liquido a giorno a lavoro ultimato;
- mantenere l'acquedotto.

La costruzione degli acquedotti ha sfruttato prevalentemente la legge di gravità, pur con molteplici varianti. In dati momenti storici, e per specifici utilizzi, gli acquedotti sono realizzati così come siamo abituati a immaginarli o a vederli: chilometrici cunicoli sotterranei e quasi sempre impermeabilizzati, nonché spettacolari percorsi su arcate e sostruzioni. L'avvento della pompa a motore, delle tubature in ferro e in ghisa, trasformano il sistema di approvvigionamento idrico a scorrimento naturale per gravità in quello a pressione. Un'infinità di opere analoghe erano invece costituite da tubature in legno, in cotto e in pietra, oppure da semplici cunicoli scavati nella roccia e privi di qualsiasi rivestimento.

Nel centro Italia vi è un rilevante sviluppo di opere cunicolari, generalmente scavate nella roccia tufacea, destinate al trasporto dell'acqua. Non mancano esempi realizzati nel calcare, come nell'area di Tarquinia (Viterbo). Ogni caso andrà singolarmente analizzato per comprendere se si tratti o meno di acque-

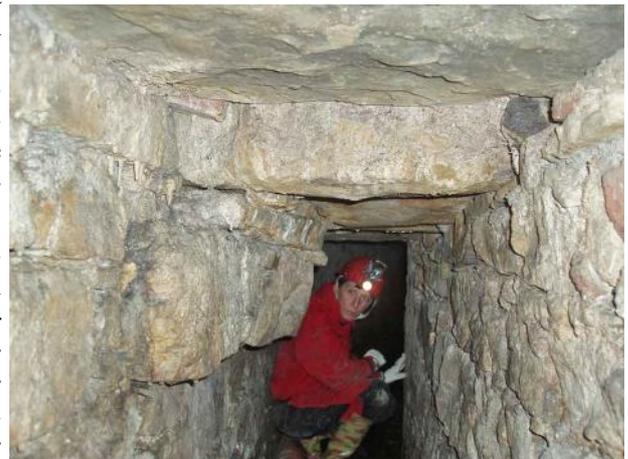


Fig. 2.11 - Rilevato dall'Ass.ne S.C.A.M. nel 2008, il tratto d'antico acquedotto ipogeo situato sotto Palazzo Frizzoni a Bergamo è interamente rivestito in corsi abbastanza regolari di pietrame, rari laterizi e conci; nel primo tratto la volta è a tutto sesto in mattoni, nel secondo è piatta, costituita da lastroni di pietra sbazzata.



dotto propriamente detto.

Il trattatista Marco Vitruvio Pollione, nel suo *De Architectura*, ci parla con chiarezza dell'acqua, del suo reperimento e della distribuzione mediante tubatura (Vitruvio, VIII, VI). Afferma che la si può reperire con maggiore facilità qualora esistano fonti all'aperto, ma se non sgorga in superficie occorre cercare le sorgenti sotterranee e convogliarle (Vitruvio, VIII, I). Trovata o scelta l'acqua, si passa dalla fase di progettazione al tracciamento dell'opera nel sottosuolo e/o in superficie. Generalmente si ricorreva al sistema dell'allineamento esterno e della coltellazione, che almeno presso i romani avveniva con gli strumenti utilizzati nella tecnica agrimensoria. Ancora Vitruvio menziona l'utilizzo della strumentazione per stabilire i livelli.

La presa era fatta con pozzi, discenderie o cunicoli che si addentravano nel sottosuolo o nei fianchi dei rilievi, per raggiungere l'acquifero o la falda in pressione, o mediante serbatoi che includevano le polle, oppure captando l'acqua da fiumi, torrenti, bacini naturali o artificiali. All'inizio della condotta (o del condotto) si inserivano generalmente i bacini di decantazione (*piscinae limariae*) e il condotto (*specus*) era scavato nella roccia, costruito in muratura all'interno di una trincea, su sostruzioni in muratura, o su arcate qualora dovesse superare forti dislivelli senza perdere di quota repentinamente. Per quanto riguarda il tracciato dello scavo sotterraneo questo generalmente principiava dalla base di pozzi (più raramente da cunicoli, discenderie, scalinate o finestrate) che, portati alla quota a cui doveva scorrere l'acqua, davano luogo allo scavo di due gallerie procedenti in direzioni opposte. Ogni ramo doveva poi incontrarsi con quello che procedeva dal pozzo adiacente: collegando tra loro ogni pozzo si mantenevano il livello e la direzione, realizzando il condotto.

Era importante il calcolo della pendenza. Un condotto senza pendenza o con pendenza contraria avrebbe determinato il ristagno dell'acqua. Con pendenza eccessiva l'acqua lo avrebbe eroso fino a demolirlo. Nel caso di dover coprire percorsi relativamente brevi, ma superando decisi dislivelli, esistevano alcuni espedienti come, ad esempio, la realizzazione di salti alla cui base venivano poste lastre di pietra compatta, che l'acqua consumava a fatica.

Greci e Romani conoscevano la tecnica delle condotte in pressione (forzate), ma le risorse costruttive permettevano loro di adottarle per tratti brevi e in situazioni particolari. Generalmente l'opera si articolava mediante un condotto (*specus* sotterraneo o in superficie) che giungeva in una vasca di scarico posta ai limiti della depressione (valle) da superare, da cui si sviluppava la condotta discendente che oltrepassava il limite inferiore su arcate o sostruzioni, per poi risalire fino alla vasca di carico (vasca di oscillazione), riprendendo il percorso in un successivo *specus*. Intorno al 400 a.C. a Olinto, città della Calcidica, Erone fa costruire un acquedotto dotato di condotta forzata con tubature in terracotta.

Il fondo e i piedritti delle opere idrauliche erano generalmente rivestiti in malta idraulica (*opus signinum*, calcestruzzo). Non mancano esempi di condotti privi di rivestimento, laddove la compattezza della matrice rocciosa lo consentiva. Talvolta i cunicoli e le gallerie erano parzialmente o interamente rivestiti mediante conci o laterizi (mattoni o embrici), ad esempio all'incontro con cavità naturali o sacche di materiale incoerente, oppure a seguito di rifacimenti dovuti a cedimenti strutturali. Gli acquedotti erano ispezionabili e necessitavano di una continua manutenzione. Frontino ci parla delle manutenzioni nel suo trattato sugli acquedotti dell'antica Roma.

In antichità il calcolo della portata, ovvero il volume d'acqua che passa attraverso una determinata sezione nell'unità di tempo, non era sconosciuto. Al termine del condotto, dopo aver attraversato uno o più bacini di sedimentazione, l'acqua affluiva al *castellum*, serbatoio a livello costante nelle cui pareti erano inseriti i *calices*, tubi di bronzo calibrati, sotto battente fisso, che derivavano le portate spettanti ai diversi beneficiari, le quali poi passavano in condotti di piombo o fittili (*fistulae*). Frontino ci dà un dettagliato elenco dei calibri delle tubature allora in uso. Gli acquedotti, e in genere quelli maggiori, erano dotati non solo di *castella* per la distribuzione, ma anche di serbatoi terminali.

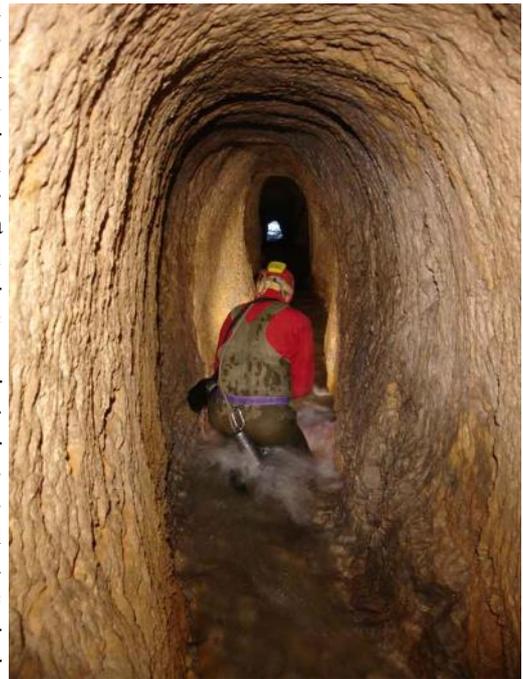


Fig. 2.12 - Interno dell'acquedotto dell'Alta Val di Susa denominato "Pertus" che a distanza di quasi cinque secoli è ancora attivo ed utilizzato. Venne scavato dal minatore di Chiomonte Colombano Roman (foto di Roberto Basilico) e lungo le pareti sono ancora visibili le tracce lasciate dagli "scalpelli immanicati". Nel precedente "speciale" dedicato alle opere di estrazione si hanno un paio di immagini esemplificative sull'utilizzo di tali scalpelli e delle tracce che potevano lasciare (fig. 1.4 e fig. 1.54). La F.N.C.A. ha pubblicato il libro: "Il Trou de Touilles in Val di Susa, Piemonte, Italia. Indagini Archeologiche in un Acquedotto Alpino del XVI Sec.".



In linea generale, soprattutto gli acquedotti romani non disattendevano a queste normative e lungo il loro percorso mostravano varie risoluzioni e con percorsi sia sopra terra che nel sottosuolo, come ben esemplifica l'acquedotto di Gier, il quale con un complessivo tracciato di 86 km giungeva alla città di *Lugdunum*, in Francia. Di contro, l'acquedotto Vergine, a Roma, aveva un percorso quasi interamente sotterraneo. Frontino ci dice che la sua lunghezza è di 14.105 passi, di cui 12.865 in canale sotterraneo, 1.240 in superficie, 540 su muri di sostegno in diversi luoghi; 700 passi su archi. Interamente sotterraneo è l'acquedotto romano del Setta, che dalla Val di Setta capta le acque dell'omonimo fiume per condurle al di sotto di *Bononia*, l'odierna Bologna, con un percorso di 19.735 m.

Un interessante esempio di acquedotto moderno costruito secondo i canoni antichi è dato dall'acquedotto di Campiglia Marittima (Livorno), oggi in disuso. Realizzato attorno agli anni Venti del XX sec., l'acquedotto captava modeste sorgenti mediante piccole camere scavate nella roccia, convogliando l'acqua con tubature in eternit nel serbatoio in muratura posto fuori terra. Da questo ancor'oggi si stacca il condotto adduttore che si sviluppa su sostruzioni, nel sottosuolo e su due serie di arcate in mattoni (non più integre), per giungere ad un secondo serbatoio. Una pompa a motore trasportava poi il liquido fino al serbatoio di carico, situato accanto al mastio del Castello di Campiglia, per la distribuzione all'abitato sottostante nuovamente per caduta libera. Si può considerare che gli unici elementi che differenziano questo acquedotto da quelli antichi siano l'utilizzo dell'eternit, l'impianto di potabilizzazione e la pompa a motore in sostituzione di norie o coclee in batteria.

L'acqua era necessaria al funzionamento non solamente delle fontane pubbliche, ma anche di quelle private, come è stato documentato presso l'antica Ostia, delle lavanderie, d'impianti termali e opifici. Il santuario della Fortuna Primigenia a *Praeneste*, odierna Palestrina (Roma), era servito da un acquedotto che, con ogni probabilità, alimentava anche le fontane che occupavano i nicchioni edificati a lato di ciascuna rampa di scale esterna, al di sotto della Terrazza degli Emicicli. Tra il XII e il XIV sec. Siena registra un incremento demografico ed è in piena espansione politica ed economica; le preoccupazioni per chi la governa sono indirizzate alla ristrutturazione e al potenziamento dell'acquedotto sotterraneo.

Non tutti gli acquedotti erogavano acqua potabile, come ben testimonia Frontino, a proposito dell'*aqua Alsietina*. Realizzato nel 2 a., l'acquedotto derivava l'acqua dal lago Alsietino ed era destinata alla *naumachia* costruita ai piedi del Gianicolo; il superfluo era utilizzato per l'irrigazione dei giardini.

TRASLATION

The term 'aqueduct' refers to a system, whether simple or complex, which allows the transfer of water from the point of supply to the point of use. The first distinction is between drinking and non-drinking water. Channelled drinking water acquires social and political connotations as well as financial connotations. When the community exceeds a certain population threshold, the continual intake of a significant amount of water becomes necessary. At least in the past, exceeding a certain population threshold could be directly linked to the possibility of increasing water intake (figg. 2.8. 2.8a, 2.9).

The main works required in the creation of an aqueduct are the following:

- *water capture works*: for water capture in places where water is naturally available;
- *supply conduit (or supply channel)*: this is needed to transport water from the point of capture to that of use, where "conduit" refers to generally cylindrical piping and "channel" refers to the closed channel or *specus*, with free surface water flow; an earthenware, *eternit* (made of asbestos and Portland cement fibres) or other type of conduit is sometimes positioned in the *specus*; water is channelled through this to ensure quality and prevent pollution;
- *reservoir or storage works*: used in the storage of water when consumption is inferior to supply and in the supply of water when the situation is reversed;
- *distribution network (network conduits)*: complex of small conduits or pipes for the transport of water to the supply points;
- *private installations*: network of small channels or more commonly piping, linked to the distribution network and which directly supplies private consumers.

There are also:

- *mechanical lifting system*: to compensate for any natural-occurring altitude variations so that adequate amounts of water may flow within the conduits;
- *potabilisation plant*: provides water with the chemical and bacteriological qualities required for human consumption; part of modern systems, these were introduced in the XIX-XX century.

Water which may be captured can have various sources and can derive from: springs, lakebeds, rivers, underground, artificial basins; an appropriate capture system will be chosen according to the water-type (fig. 2.10).



Spring-water capture:

This requires hydro-geological research of the spring's source and the land through which it flows. In stratified rock, water capture is carried out through the removal of the layer of soil and detritus, which covers the rock. Where there is a single source (or where there are numerous nearby sources), an impermeable capture chamber is created to contain the water. Where there are numerous water veins to be linked and these are distanced one from the other, a water inlet is created for each vein. Where the sources are distributed lengthways across fissures in the rock, collection will also take place along the length of the rock, possibly in the form of a tunnel running along the rock face. For talus springs, if the water flows from the rock, the above procedure is followed. If, on the other hand, the water flows along the detritus mass, collection can take place through the construction of impermeable barrages on the bedrock or by draining the water mass and channelling it into a water collector. In alluvial soil, springs generally emerge along the outcrop of impermeable clay strata (or clay and sand strata) and water sometimes flows in an upwards direction into pools. In this case, water is collected by means of a work which encapsulates the pool, the walls of which are placed at a depth sufficient to prevent surface water infiltration. If the springs are located at the base of hills or mountains, these often emerge through masses of detritus, which is generally removed to allow water capture.

Lacustrine water capture:

Water is captured at a depth and far from the banks by means of pipes laid along the bottom of the basin; in antiquity this was carried out via the creation of appropriate basins along the bank itself. In certain cases, water is captured via tunnels, which are cut into the side of the valley.

Capture of fluvial water:

Where the water-level is sufficiently elevated, water is captured using "bank drains" (brick works placed along the river's banks). Where the water-level is too low, this can be raised using dams or alternatively, by the excavation of filtering tunnels under the river-bed.

Artificial basin water capture:

Water is normally captured using dams, at a suitable depth which prevents silt from being removed from the bottom of the basin.

Underground water capture:

Prior to capture, it should be ascertained if the water is:

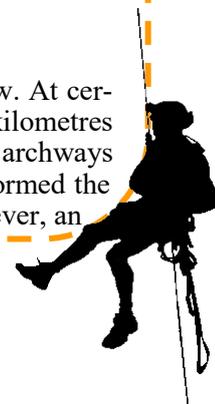
- a. groundwater originating from meteoric or flowing water;
- b. deep subterranean water, separated from surface water by strata of impermeable soil.

The capture of groundwater can be carried out by digging a trench or a ditch in the surrounding land. Alternatively, practicable wells are excavated, at the bottom of which, a series of drainage galleries or pipes horizontally connect with the groundwater; the water is then collected into the well. The water can be mechanically lifted from the well and piped; alternatively a lightly downward-sloping underground aqueduct tunnel or culvert can be built. Capture of deep underground water takes place through hand excavated wells and more recently through sinking or drilled wells. Sometimes, when drilled, a deep stratum allows its waters to rise as far as the surface. A well thus formed is known as an artesian well. Should the water not rise to the surfaces, mechanical lifting systems or underground conduits can again be used.

From our knowledge so far, we can see that aqueducts with drinking water capture, transport and distribution systems were already utilised in archaic and classic times. Many predated the fall of the Roman empire and many were built thereafter. The five factors associated with current water supply that is collection, transport, lifting, storage and distribution had already been resolved some two thousand five hundred years ago (figg. 2.11, 2.12). Wells (or rarely inclines), which served the below functions, may therefore be uncovered:

- wells which reach the depth required for the creation of an underground channel;
- wells used for the removal of excavated material and for ventilation purposes;
- wells used to lift the liquid to the surface upon completion of works;
- wells utilised in aqueduct maintenance.

The building of aqueducts primarily exploited the law of gravity as well as many variants of this law. At certain times in the past and for specific purposes, aqueducts were created just as we might imagine: kilometres of underground conduits, which are almost always impermeable, as well as spectacular paths over archways and substructions. The introduction of the motor pump, of iron and cast iron pipes transformed the natural, gravity flow water supply system into a pressurised water supply system. However, an



endless number of similar works were created with wooden, earthenware and stone pipes or from basic, unlined passages excavated directly in the rock.

There are a significant number of underground passages for the transport of water in central Italy, normally excavated in tuff. There is no shortage of limestone examples, such as those in Tarquinia (Viterbo). Each individual case must be analysed to identify whether the work is an aqueduct as such.

In his *De Architectura*, the treatise writer, Marco Vitruvio Pollione talks very clearly of the water, its collection and pipe distribution. He states that water is more easily collected where there are surface sources and that where none are present, underground springs must be located and channelled. Once the water has been found or selected, the planning phase ends and the underground and/or surface structure is plotted. Vitruvio also mentions the use of water level measurement equipment.

Water was captured by means of wells, inclines or tunnels leading underground or through hillsides to the groundwater aquifer or pressurised layer, by means of reservoirs which enclosed the pools or through the capture water from rivers, streams and natural and artificial basins. Decantation basins (*piscinae limariae*) were usually positioned at the beginning of the conduit (or channel) and the channel (*specus*), a masonry wall within a trench was cut into the rock, on top of masonry substructions or, where the ground was particularly uneven, on arches, to prevent repeated water loss. With regard to the plotting of the underground excavation, this generally commenced from the base of wells (more rarely from the passages, inclines, steps or ventilation shafts), where at the appropriate water flow depth, two tunnels were excavated in opposite directions. Each tunnel branch would meet the tunnel from the adjacent well; linking all the wells allowed the level and direction to be maintained and thus the channel was formed.

The calculation of the slope was important. A channel with no slope or which sloped in the wrong direction would have led to water stagnation. An excessive slope would have caused water erosion and ultimately destroyed the channel. Where relatively short, uneven sections were to be covered certain expedients were used, such as the creation of drops at the base of which, impermeable compact stone slabs, immune to water erosion, were placed.

The Greeks and the Romans were aware of the pressurised water channel (forced) technique, but construction resources only permitted their use for short tracts and specific situations. The work usually extended via a channel (underground or surface *specus*), which led to a discharge tank at the confines of the depression (valley) to be overcome. From there a downpipe surpassed the inferior limit by means of arches or substructions and then moved upstream to the charge basin (oscillation tank) where it would continue its journey via a second *specus*. Around 400 A.C, in Olynthus, city on the Chalcidice peninsula, Heron has an aqueduct built with pressurised water channels and earthenware piping.

The base and the piers of hydraulic works were generally lined with hydraulic mortar (*opus signinum*, concrete). There are also many examples of unlined channels, where the compactness of the rock matrix permitted this. Sometimes the tunnels and passages were partially or fully lined with segments or masonry (bricks or flat roof tiles), for example, at their point of contact with natural cavities or unconsolidated material or following rebuilding works due to structural collapse. Aqueducts were subject to inspection and required constant maintenance. In his treatise on ancient Roman aqueducts, Frontino discusses aqueduct maintenance.

In antiquity, calculation of the water flow rate, that is the volume of water passing through a specific section in time units, was not unknown. At the end of the channel and after having passed one or more silt basins, the water flowed to the *castellum*, a constant level tank, within the walls of which, *calices*, bronze gauge pipes had been inserted, at constant head. These delivered water to the various beneficiaries, which then passed through lead or earthenware channels (*fistulae*). Frontino provides a detailed list of the pipe sizes then in use. The aqueducts and certainly the larger ones were equipped with a *castella* for water distribution and also with end tanks.

Generally speaking, aqueducts, and Roman aqueducts in particular, complied with these regulations resolving the various problems along their path, both above and below the ground. A perfect example of this is the Gier aqueduct, which with its overall 86 km extension reached the city of Lugdunum in France. On the other hand, the Virgin aqueduct in Rome ran almost entirely underground. Frontino tells us that its length was of 14105 steps, of which 12865 in an underground canal, 1240 on the surface, 540 on support walls in various locations and 700 steps on arches. The Roman Setta aqueduct is entirely underground. It captures the waters of the river Setta and transports these from Val di Setta to below *Bononia*, the modern-day Bologna, with an extension of 19735 m.

An interesting example of a modern aqueduct built according to ancient criteria is provided by the Campiglia Marittima aqueduct in Livorno, now in disuse. Created circa the 1920s, the aqueduct captured modest springs by means of small chambers carved into the rock and channelled water to the masonry surface tank via cement-asbestos pipes. The supply conduit still branches off from this today and extends underground on substructions and on two sets of brick arches (no longer intact), until it reaches a second tank. A motor pump then transported the liquid to the charging tank, next to the Campiglia Castle lookout tower, for free-flow distribution to the town below. It should be taken into account that the only differences between this aqueduct



and the ancient aqueducts is the use of asbestos-cement, the water potabilisation plant and the motor pump, which replace the bucket elevators and bucket augers.

Water was needed for the operation of both public and private fountains, laundries, thermal installations and mills, as documented in Ancient Ostia. The Fortuna Primigenia sanctuary at Praeneste, now known as Palestrina (Rome), was supplied by an aqueduct, which most probably also supplied the fountains in the man-made recesses on each side of the external steps, below the Terrace of the Exadrae.

Between the XII and the XIV centuries, Siena saw a demographic increase and was in the middle of political and economic expansion; at this time, the governor's main concerns would have been the restructure and upgrading of the underground aqueduct.

As evidenced by Frontino on the subject of Alsietinan water, not all aqueducts carried drinking water. Built in 2 B.C., the aqueduct carried water from Lake Alsietino to the *naumachia* at the foot of the Janiculum Hill.

* * *

TIPOLOGIA N. 2a: CANALE ARTIFICIALE SOTTERRANEO

Il canale sotterraneo è l'opera scavata generalmente nella matrice rocciosa e comunque direttamente nel sottosuolo. Ad esempio, in Francia, nella seconda metà del XVII sec. si costruisce il Canal du Midi, un canale sotterraneo per collegare l'Oceano Atlantico al Mare Mediterraneo. È lungo 165 m e la sua sezione media è di 6,6x8,1 m. Il Canale di Saint Quentin, in Picardia, ha invece il tratto navigabile sotterraneo più lungo di Francia.

Si sono realizzati canali prevalentemente a scopi idroelettrici e industriali sia scavandoli nel sottosuolo, sia in trincea e poi ricoperti (canali artificiali voltati). Un esempio interessante lo si trova presso la centrale idroelettrica di Trezzo sull'Adda (Milano), costruita ai primi del XX secolo su progetto dell'architetto Gaetano Moretti. La pronunciata e rocciosa sponda occidentale dell'ansa fluviale dell'Adda è attraversata da una galleria che conduce le acque del bacino idroelettrico nuovamente nel fiume, più a valle.

Condotta forzata:

Utilizzata per la per forza motrice può talvolta essere scavata nella roccia, oppure avere le tubature alloggiare in galleria.

Deviazione di corso d'acqua in galleria:

È un tipo di opera che serve a deviare un corso d'acqua (figg. 2.13, 2.14, 2.15). In Italia, ad esempio, probabilmente attorno al VI secolo a.C. e ad opera degli Etruschi, si realizza presso Veio (Roma) il cosiddetto Ponte Sodo. Si tratta di una galleria scavata nella roccia per incanalare e deviare le acque di un torrente. Un'opera analoga si riscontra nel territorio di Cerveteri (Roma), nota con il nome di Ponte Vivo: è una galleria scavata nel tufo (cappellaccio) lunga 19 m, larga 4 m, alta al massimo 5 m e con il fondo ingombro di detriti, in cui sono incanalate le acque di un torrente dopo averne deviato artificialmente il corso. A Petra (Giordania) si può osservare una galleria scavata nell'arenaria dai Nabatei per deviare le acque di un torrente (figg. 2.16, 2.17, 2.18).



Fig. 2.13 - Tagliata detta "etrusca" ad Ansedonia, ai piedi della collina su cui sorge l'antica città etrusca e successivamente romana di Cosa.



Fig. 2.14 - Galleria principale della Tagliata di Ansedonia; anche in quest'opera le tracce lasciate dagli attrezzi di scavo sono più che evidenti.





Fig. 2.15 - Ramo laterale della Tagliata di Ansedonia al cui sbocco, in una modesta cala, intercetta una sorgente di acqua dolce.

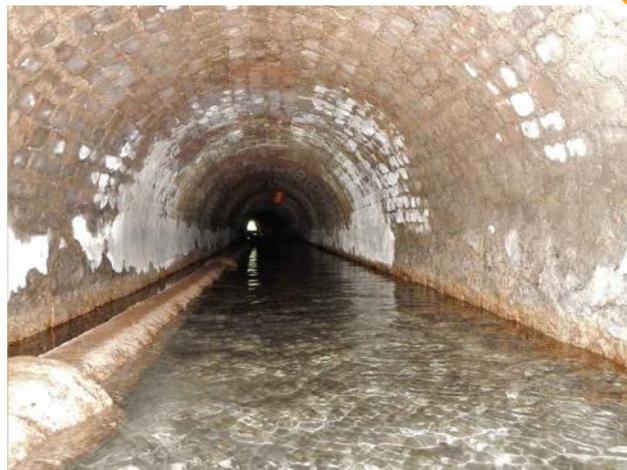


Fig. 2.16 - Milano: Canale dell'Acqua Marcia a Parco Sempione.



Fig. 2.17 - Al di sotto del vecchio tracciato dell'ottocentesca Ferrovia Ferdinandea, a Milano, un canale convoglia le acque di tre fontanili.

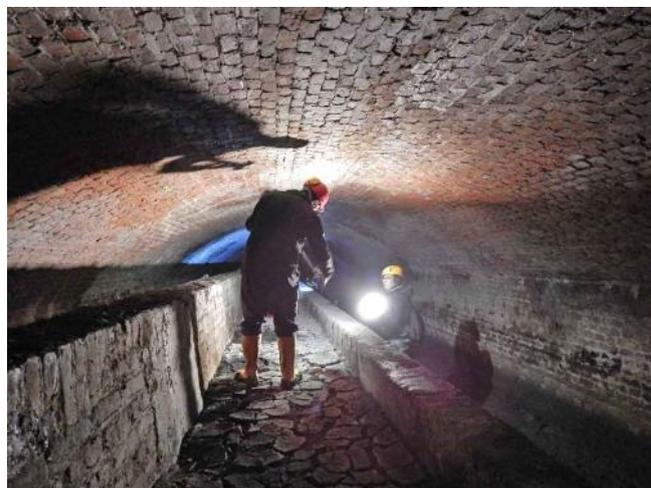


Fig. 2.18 - Canale sotto la Ferrovia Ferdinandea: internamente è strutturato su tre livelli.

Levada:

Tipo di canale d'irrigazione presente nell'isola di Madera, scavato a partire prevalentemente dal XV sec. Oggi sono ancora in funzione oltre 2.000 chilometri di canali, 40 dei quali in galleria, per un totale di circa 200 levadas.

TRASLATION

TYPOLOGY N. 2a: ARTIFICIAL UNDERGROUND CANAL

An underground canal is a work normally cut into the rock or at any rate, directly into the soil. For example, in France, in the latter half of the XVII century, an underground canal was built to connect the Atlantic Ocean to the Mediterranean Sea. The canal is 165 m long and has an average section of 6.6 x 8.1 m. The Saint Quentin Canal in Picardy has the longest navigable underground tract in France.

Canals for hydroelectric and industrial use were built both by underground excavation and by the cut and cover method (artificial vaulted canals). One interesting example, built according to the designs of architect Gaetano Moretti at the turn of the XX century, can be found at the Trezzo sull'Adda hydroelectric centre in Milan. The pronounced and rocky western slope where the curve of the River Adda is intersected by a tunnel which carries water from the hydroelectric basin and releases it back into the river a little further downstream.



Forced channel:

Used for its driving force, this type of canal can sometimes be cut into the rock or consist of pipes placed inside the tunnel.

Water diversion:

This type of work is used to divert a watercourse (figg. 2.13, 2.14, 2.15). For example, in Italy sometime around the VI century B.C., the Etruscans built the Ponte Sodo near Veii (Rome). This tunnel was cut into the rock to channel and divert the watercourse. There is a similar work, known as Ponte Vivo, in Cerveteri (Rome). Cut in tuff (“cappellaccio”), this tunnel is 19 m long, 4 m wide and 5 m at its highest point. Its base is full of detritus, and it is here that the waters of a stream are channelled, its course having first been artificially diverted. Petra (Jordan) has an artificial sandstone tunnel, which was excavated by the Nabateans to divert a stream (figg. 2.16, 2.17, 2.18).

Levada:

Type of irrigation canal found on the island of Madeira, predominantly excavated from the XV century onwards. Over 2,000 km of canals, 40 of which underground, to a total of approximately 200 “levadas” are still in use today.

TIPOLOGIA N. 2a: CANALE ARTIFICIALE VOLTATO

Il canale, nello specifico creato artificialmente, può essere realizzato con lo scavo in superficie e lasciato con sponde e fondo naturali, oppure rivestito in muratura. I tipi di canale sono svariati e legati a specifiche esigenze



Fig. 2.19 - Milano: la Roggia Castello è stata utilizzata ai primi del XIX secolo per alimentare l’Arena Civica, destinata alle naumachie e ai “giochi d’acqua”.

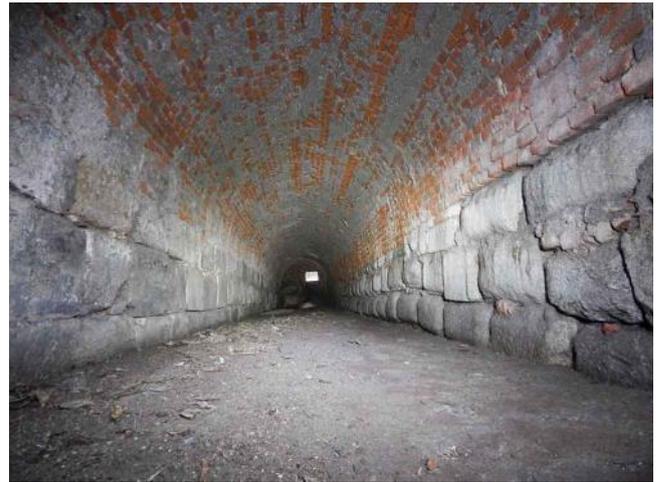


Fig. 2.20 - Anche la Roggia Rigosella è stata deviata a servizio dell’Arena Civica; si notino i piedritti costituiti dal materiale di spoglio di una fortificazione (trattasi probabilmente dell’Opera a Tenaglia progettata da Cesare Cesariano).



ze e differenti destinazioni. Nel corso del tempo un canale può essere dotato di volta di copertura, seppure in vari esempi questa venga realizzata già in fase con il canale stesso. Può anche essere costituito da grosse condutture, superficiali o sotterranee (figg. 2.19, 2.20, 2.21). I canali scavati attorno ai castelli o alle fortificazioni bastionate, nonché attorno alle città cinte da mura, garantivano una buona difesa perché impedivano l’immediato approccio al perimetro difensivo soprattutto da parte delle macchine ossidionali e rendevano problematico lo scavo delle mine. Sovente il canale nasce privo

Fig. 2.21 - Condotto che trasportava le acque di Roggia Castello e Roggia Rigosella verso il Castello di Porta Giovia.





Fig. 2.22 - Esplorazione e rilievo del Canale del Bottaccio a Follonica.

della copertura e solo successivamente viene voltato per motivi generalmente legati a fattori igienici, di viabilità, o semplicemente perché non è più necessario e s'intende sfruttarlo come condotto fognante (fig. 2.22). Se in varie città sono presenti canali artificiali destinati prevalentemente alla difesa e in subordine allo smaltimento dei rifiuti organici e alla viabilità, con l'espansione del tessuto urbano essi possono essere "relegati" nel sottosuolo in quanto, perduta la funzione difensiva, limitano il traffico urbano e rimangono pericolosi veicoli d'infezione perché non sempre adeguatamente mantenuti e ripuliti dai fanghi.

Un esempio sono i Navigli di Milano, una rete idroviaria e difensiva che cingeva e percorreva la città, in massima parte chiusi con volte in mattoni tra il XIX e il XX secolo. Dell'antico impianto dei canali urbani sopravvivono visibili e in funzione solo il Naviglio Grande, il Naviglio Pavese e la Darsena di Porta Ticinese, mentre nel sottosuolo rimangono svariati chilometri di canali, per quanto la presenza di ratti e il ristagno di gas d'esalazione ne sconsigliano la percorrenza (figg. 2.23, 2.24, 2.25).



Fig. 2.24 - Canale di derivazione del Naviglio Grande a Milano (foto di Roberto Basilico).



Fig. 2.23 - Fossa Interna dei Navigli a Milano nel 1930: Conca di San Marco.



Fig. 2.25 - Milano: l'antico Canale Vetra relegato nel sottosuolo.

Cunicolo di deflusso (o galleria di deflusso):

È un'opera che serve a mantenere asciutte determinate opere, come ad esempio taluni fossati di fortificazioni. Presso il Forte di Demonte in Valle Stura (Cuneo) un impianto sotterraneo in mattoni, del XVIII sec., è deputato al deflusso delle acque piovane e di fusione, che altrimenti ristagnerebbero nel fossato che cinge il Bastione di Sant'Ignazio. Ancora percorribile per 23.1 m, conduce a una camera circolare dotata di tre piccole condotte per l'evacuazione. A metà circa del percorso vi è l'alloggiamento in pietra per la saracinesca, azionabile da un soprastante sistema di contromina (fig. 2.26).





Fig. 2.26 - Forte di Demonte in Valle Stura (Cuneo): cunicolo di deflusso del fossato antistante il Bastione di Sant'Ignazio.

TRASLATION

TYOLOGY N. 2a: ARTIFICIAL VAULTED CANAL

The floor and banks of an artificial canal constructed by surface excavation can be either natural or masonry-lined. There are many types of canal, due to different needs and purposes. Over time a canal may be provided with a vaulted covering, although there are many examples of these being created at the same time as the canal is built. An artificial vaulted canal may consist of large surface or underground water conduits (figg. 2.19, 2.20, 2.21).

Canals built around castles or bastioned fortresses and around walled cities, guaranteed a good defence as they prevented the immediate approach of siege machines to the defensive perimeter and made mine excavation difficult. Initially, canals were often open-air channels with no covering and they were only subsequently provided with vaulted coverings. This may have been for hygienic or viability factors or simply because the canal was no longer required and was to be reutilised as a sewage conduit. If many cities have artificial canals for primarily defensive purposes and to a lesser extent for the disposal of organic waste and viability, with the expansion of the urban network these can often be “banished” underground. Having lost their defensive function, such canals restrict urban traffic and pose a danger to injection vehicles as they are not subject to regular maintenance and maintained mud-free (fig. 2.22).

Prime examples are the Navigli of Milan, a water and defensive network, which covered and surrounded the city. Most of the aqueducts were covered with brick vaults between the XIX and XX centuries. Of the ancient urban canal system only a few remain in use: the Naviglio Grande, the Naviglio Pavese and the Darsena of Porta Ticinese. Yet many kilometres of underground canals remain, although the presence of rats and stagnant exhalation gas discourage their exploration (figg. 2.23, 2.24, 2.25).

Discharge channel (or discharge tunnel):

This work helps keep certain works dry, such as certain fortification moats for example. At Fort Demonte in Valle Stura (Cuneo), an underground, XVIII century brick installation serves as a drain for rainwater and ice water, which would otherwise stagnate in the ditch surrounding Bastion of Saint Ignatius. 23.1 m of this is still practicable and leads to a circular chamber with three small drainage conduits. At approximately half-way is the floodgate housing, which can be actioned by an overlying countermine system (fig. 2.26).



TIPOLOGIA N. 2a: CONDOTTO DI DRENAGGIO

Varie opere cunicolari, soprattutto nell'Italia Centrale, sono state scavate allo scopo di drenare terreni in cui le acque tendevano al ristagno. Non sempre di facile comprensione, tali impianti si compongono di uno o più pozzi aventi lo scopo di accogliere le acque da evacuare, e sono connessi a sottostanti cunicoli che assolvono alla funzione di trasportare altrove il liquido (fig. 2.27). Presso Lalibela, in Etiopia, le gallerie sotterranee scavate nella roccia collegano tra loro i fossati che circondano le chiese monolitiche per garantire il deflusso delle acque meteoriche. Condotto di drenaggio sono stati rinvenuti internamente alla piattaforma artificiale su cui è edificata San Lorenzo, in Messico. Fondata attorno al X sec. a. da una popolazione a cui è stato dato il nome di Olmechi, la città è stata poi distrutta. Tra le opere idrauliche potrebbero esservi anche acquedotti propriamente detti e sistemi fognari.



Fig. 2.27 - Cunicolo con pozzetto a sezione rettangolare chiuso con lastre di "Macco Tarquiniese" poste a doppio spiovente; una riporta incisa una lettera dell'alfabeto etrusco. L'opera è situata presso la Civita di Tarquinia (Viterbo) nell'area antistante la cosiddetta "Porta Romanelli".

————— **TRASLATION** —————

TIPOLOGY N. 2a: DRAINAGE CHANNEL

In central Italy, various underground structures were created for the drainage of land prone to water stagnation. Not always easy to comprehend, such installations consisted of one or more wells for the collection and removal of water. They were connected by underground passages, whose job it was to transport the liquid elsewhere (fig. 2.27). In Lalibela in Ethiopia, underground tunnels, cut into the rock, connected the ditches surrounding the monolithic churches to ensure the flow of meteoric water. Drainage channels have been uncovered inside the artificial platform upon which San Lorenzo, in Mexico, is built. Established in the X century B.C. by the Olmec population, the city was later destroyed. There may be other aqueducts and sewage systems among the hydraulic works.

* * *

TIPOLOGIA N. 2a: CORSO D'ACQUA NATURALE VOLTATO

Un corso d'acqua, sia esso fiume o torrente, nel corso del tempo può mutare aspetto e divenire sotterraneo per l'azione dell'uomo e generalmente nel caso in cui attorno alle rive si sviluppi un agglomerato urbano. Un tratto del suo alveo naturale può essere sostituito da un canale artificiale o le sue sponde possono essere rinforzate in muratura e poi essere dotate di volta di copertura rispondendo a molteplici esigenze. Nel tempo diverrà sotterraneo a tutti gli effetti (figg. 2.28, 2.29, 2.30, 2.31).



Fig. 2.28 - Il torrente Garza è uno dei corsi d'acqua che attraversavano la città di Brescia fin dall'antichità. Oggi è stato deviato e all'interno del suo vecchio alveo oramai sotterraneo ed asciutto si è ricavato un ricovero antiaereo nel corso dell'ultima guerra mondiale. Nell'immagine si scorgono i resti di un vecchio ponte, inglobato nella volta di copertura. Oggi si può visitare con l'Associazione Brescia Underground.





Fig. 2.29 - Il Fiume Olona un tempo lambiva l'area sud occidentale di Milano, ma nel XX secolo è stato coperto.



Fig. 2.30 - Ponte inglobato nella copertura del Fiume Olona.



Fig. 2.31 - Alveo del Fiume Lura, declassato a torrente, che passa attraverso Saronno.

TRASLATION

TIPOLOGIA N. 2a: VAULTED, NATURAL WATERCOURSE

Over time and due to the intervention of man, a watercourse, be it a river or a stream, may change in appearance and move underground. This is especially true where urban settlements develop along its banks. Part of its natural bed may be replaced by an artificial canal or its banks may be reinforced with brickwork and covered to meet various requirements. In time it will become in all effects, subterranean (figg. 2.28, 2.29, 2.30, 2.31).

TIPOLOGIA N. 2a: EMISSARIO SOTTERRANEO

Tra le opere di controllo e di regimazione idraulica del territorio vi sono gli emissari artificiali sotterranei dei bacini naturali. In centro Italia, e in particolare nell'area laziale dei Colli Albani, rimane una forte concentrazione di opere cunicolari e la presenza documentata di almeno due emissari, la cui paternità spetta con ogni probabilità alle genti etrusche e latine. Il vulcano poligenico dei Colli Albani fa parte della "provincia magmatica romana" e il suo ultimo ciclo eruttivo dà luogo a caratteristici edifici conici con pendici appena accennate, spesso riempiti da piccoli bacini lacustri attivi, come il lago di Nemi e il lago di Albano, o fossili come Prata Porci, Pantano Secco, Valle Marciana, Giuturna e Ariccia.

Il lago di Nemi è servito da un emissario scavato manualmente nella roccia, su due fronti opposti, della lunghezza di 1.650 m ed immetteva nel cratere di Ariccia. L'emissario del Lago di Albano fu esplorato e rilevato nel 1955 dal Circolo Speleologico Romano e il lavoro venne ripetuto nel 1970 dal Gruppo Speleologico URR di Roma. L'opera, scavata manualmente nella roccia, ha uno sviluppo di circa 1.400 m, un'altezza massima di 2 m e una pendenza media del 2.25%; nel tratto centrale vi sono consistenti concrezioni calcaree e in prossimità dello sbocco in località Le Mole il cunicolo ha una sezione trapezoidale.



L'architetto e incisore Giovan Battista Piranesi (1720-1778) ci ha lasciato una serie di vedute e di illustrazioni dell'emissario del Lago di Albano dal titolo: «Descrizione e Disegno dell'emissario del Lago Albano» (Description and Design of the Emissarium of Lake Albano) (fig. 2.32).

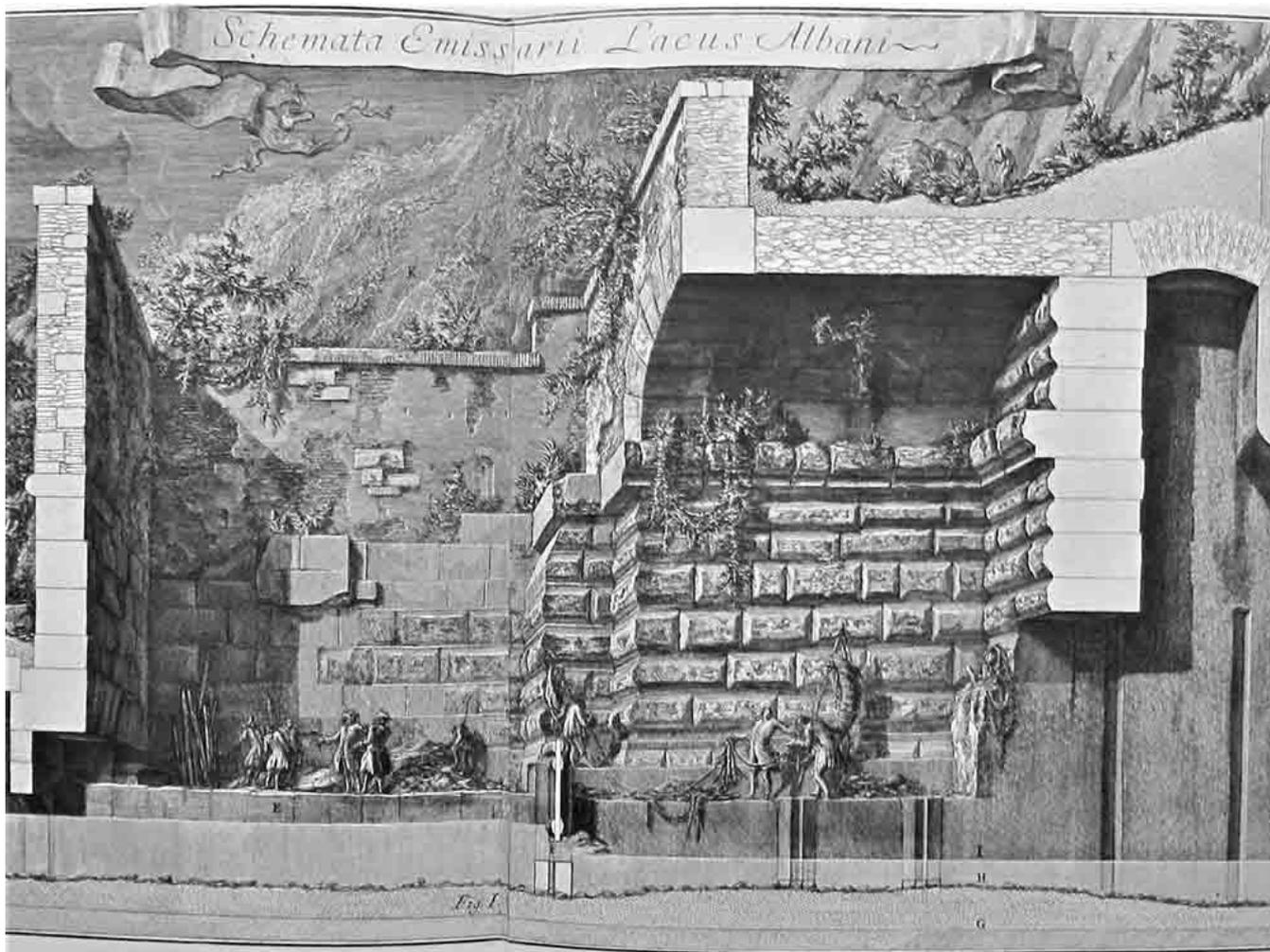


Fig. 2.32 - Emissario del Lago di Albano (Giovan Battista Piranesi, *De Romanorum magnificentia et architectura*, Roma 1761).

In Umbria abbiamo l'emissario del lago Trasimeno che sarebbe stato scavato, o semplicemente disostruito e rimesso in funzione, da Braccio Fortebraccio da Montone nel 1420. Lungo complessivamente 1.057 m, di cui un breve tratto a cielo aperto, la sua funzione era di regolare le acque del bacino. Fu successivamente oggetto di manutenzione e attualmente non è più percorribile.

Dal 41 al 52 d. si realizza la prima delle opere sotterranee destinate a regimentare il lago del Fucino in Abruzzo, ma senza duraturo risultato. Nel 1854 il banchiere Alessandro Torlonia dà inizio ai lavori di svuotamento del bacino tramite una galleria. Attualmente è in funzione una seconda e più recente galleria e l'emissario Claudio-Torlonia è stato reso parzialmente visitabile.

L'esatta funzione degli emissari artificiali realizzati nell'antichità è discussa e alcuni ritengono che sia servita per svuotare i bacini lacustri, altri per regolare o semplicemente limitare le oscillazioni del loro livello in occasione delle precipitazioni atmosferiche: trattandosi di bacini privi di emissari naturali le inondazioni all'interno delle conche non dovevano essere infrequenti. Date le opere idrauliche ad oggi note non si esclude che taluni siano stati intenzionalmente prosciugati, ma si ritiene che siano solo casi che vanno a confermare come gli antichi fossero assai più attenti all'assetto ecologico del territorio di quanto lo siamo noi oggi. Occorre considerare che un bacino era innanzitutto una fonte d'acqua immediatamente disponibile e la risorsa alimentare data dalla pesca non era da sottovalutare. Pertanto, uno specchio anche piccolo poteva essere preservato in quest'ottica e non prosciugato, ma semplicemente e facilmente regimentato con uno sfioratore. Rappresentava altresì un'ottima fonte d'acqua a cui attingere per l'irrigazione dei coltivi posti al di là dei bordi delimitanti lo specchio: cunicoli e gallerie potevano quindi essere pensati a fini irrigui e non già, o non solo, per la regimazione dei livelli.

Di contro, l'insorgere o il persistere di fenomeni malarici, o l'impellenza di terre da coltivare, pote-



va condurre al prosciugamento. Un bacino esteso era invece difficilmente regolabile e ancor più difficilmente prosciugabile, almeno mediante lo scavo di opere cunicolari, seppure in epoca romana si sia forse tentato con il Fucino. Il moderno emissario (o, meglio, galleria di deflusso o di bonifica) ha determinato un drastico impatto ambientale e la piana del Fucino risente della carenza d'acqua; tale inconveniente era prevedibile e non doveva essere ignoto agli antichi. Si deve quindi considerare ogni emissario come un caso a sé stante, per non incorrere in errori di valutazione.

TRASLATION

TYPOLOGY N. 2a: UNDERGROUND EMISSARIUM

The territory's control and hydraulic works include underground man-made emissarii for the natural basins. In central Italy and particularly in the Colli Albani area in Latium there are a high number of underground passages plus documented evidence of at least two effluents, probably created by the Etruscan and Latin civilisations. The polygenic volcano at Colli Albani is part of the "magmatic Roman province". Its last eruptive cycle led to the formation of characteristic conical buildings with only the slight hint of a slope, often containing small, active lakes, such as Lake Nemi and Lake Albano or dry craters such as Prata Porci, Pantano Secco, Valle Marciana, Giuturna and Ariccia.

The emissarium which serves Lake Nemi was manually cut into the rock on two opposing sides. It is 1650 m in length, and once flowed into the Ariccia crater. The emissarium of Lake Albano was explored and surveyed in 1955 by the "Circolo Speleologico Romano" (Roman Speleological Society) and again in 1970 by the Rome-based "Gruppo Speleologico URR1" (URR1 Speleological Group). The structure, manually cut into the rock, extends for approximately 1400 m, has a maximum height of 2 m and an average slope of 2.25%. Its central section contains numerous calcareous formations and there is a trapezoidal section near its outlet in the locality of Le Mole.

Giovan Battista Piranesi (1720-1778), architect and engraver, left a series of views and illustrations of the emissarium of Lake Albano, entitled: «Descrizione e Disegno dell'emissario del Lago Albano» (Description and Design of the Emissarium of Lake Albano) (fig. 2.32).

Umbria has the emissarium of Lake Trasimeno, which was excavated or simply unblocked and returned to functionality by Braccio Fortebraccio da Montone in 1420. 1057 m in length, with a short open-air section, its purpose was to regulate basin waters. It later underwent maintenance and is no longer accessible.

From 41 to 52 A.D., the first of several underground structures for the drainage of Lake Fucino in Abruzzo was created, without lasting result. In 1854, the banker Alessandro Torlonia, initiated drainage works on the basin through the creation of a tunnel. Today, a second more recent tunnel is in use and part of the Claudio-Torlonia emissarium can now be visited.

The precise purpose of the artificial emissariums created in antiquity is debatable. Some believe that these were used for the drainage of lake basins, while others believe that they served to regulate or simply limit water level fluctuations during rainfall: as the basins had no natural effluents, flooding within the troughs would not have been infrequent. Given the range of hydraulic works known today, it cannot be excluded that some may have been drained intentionally; however, such cases only go to confirm that ancient populations were far more aware of the territory's ecological structure than we are today. It should be taken into account that a basin was primarily an immediate source of available water, however, through fishing, it also provided a source of food, and this was not to be underestimated. For these very reasons, even smaller basins may have been retained and not drained and would have been easily regulated by a spillway. In addition, this was an excellent source of irrigation water for cultivations situated beyond the confines of the water: passages and tunnels may thus have been designed with irrigation in mind and not solely for the regulation of water levels. On the other hand, the rise or persistence of malaria or the urgent need to cultivate land may have led to the basins being drained. An extended basin was difficult to regulate and even more difficult to drain, at least when using underground tunnels despite the fact that this may have been attempted by means of the Fucino in Roman times. The modern emissary (or rather the discharge or drainage tunnel) had a drastic environmental impact and the Fucino plain suffered from the lack of water; this inconvenience was foreseeable and would not have been unknown to ancient civilisations. In order to avoid assessment errors, each and every emissary must be considered on its own right.

* * *



TIPOLOGIA N. 2a: GALLERIA FILTRANTE

Opera muraria a forma di galleria, disposta per lo più in pianure alluvionali in corrispondenza di depressioni ove convergono filetti liquidi sotterranei, e il cui rivestimento è munito sui fianchi di feritoie, allo scopo di captare l'acqua da falde freatiche anche modeste. Può essere utilizzata sia per il drenaggio vero e proprio, sia in aree con scarse risorse idriche per l'approvvigionamento d'acqua.

Galleria drenante di subalveo:

È un'opera particolare che serve a captare l'acqua di subalveo da un corso d'acqua, generalmente a regime fluviale. Un tipo particolare è il Traversante del Trebbia, costruito nel 1865 in località Mirafiori di Rivergaro (Piacenza). Doveva servire a garantire l'irrigazione dei campi circostanti nella stagione estiva. Con un percorso rettilineo di circa trecento metri attraversa il fiume Trebbia e presenta 82 bocche drenanti costituite da finestre di differenti dimensioni posizionate allo stesso livello nella parete a monte della galleria ed eseguite in opera.

TRASLATION**TIPOLOGY N. 2a: FILTERING GALLERY**

Masonry, tunnel-shaped structure located on one or more flood plain depressions where underground filaments of water merge. The side of the structure is equipped with weepholes, for the capture of even modest amounts of groundwater. It can be used for drainage purposes or for the supply of water where water is scarce.

Under-river drainage tunnel:

This is a specific work generally utilised for the capture of fluvial water, from beneath the riverbed. One specific example is the "Traversante del Trebbia", built in the Mirafiori di Rivergaro (Piacenza) in 1865. This probably served to ensure a supply of irrigation water to the surrounding fields during the summer months. Extending in rectilinear fashion for approximately three hundred metres, it crosses the River Trebbia. Its 82 drainage mouths, consisting of openings of various sizes positioned along the wall upstream of the tunnel, all at the same level.

* * *

TIPOLOGIA N. 2a: POZZO DI COLLEGAMENTO

Per quanto in passato si sia evitato di fare scorrere consistenti masse d'acqua attraverso pozzi in muratura o scavati nella roccia, così come in condotte fortemente inclinate del medesimo materiale, talvolta simili risoluzioni si possono riscontrare in talune opere idrauliche. Un esempio è visibile presso la rupe di San Cosimato sul fiume Aniene (Roma) e si tratta del collegamento tra l'*aqua Claudia* e l'*aqua Marcia*, due acquedotti che servivano l'antica Roma.

I continui franamenti, a cui la rupe era ed è tuttora soggetta, hanno costretto in passato a continui interventi manutentivi, tanto che in vari tratti entrambi gli acquedotti sono stati arretrati all'interno, creando dei by-pass. Un paio di metri oltre un by-pass dell'acquedotto Claudio vi è un pozzo a sezione trapezoidale, la cui prima parte è in mattoni e la sottostante è scavata nella roccia: cade esattamente sul sottostante primitivo condotto dell'acquedotto Marcio. L'esatta datazione dei mattoni e delle concrezioni che parzialmente ricoprono la parte in roccia potranno collocare l'opera in un orizzonte cronologico. In ogni caso l'impianto verticale serviva a riversare l'acqua del Claudio in quello del Marcio, sia in caso di interruzione a valle del primo, sia d'interruzione a monte del secondo e verosimilmente in occasione di manutenzioni. Analoghi impianti (ma con diversa funzione) si riscontrano, ad esempio, presso alcuni mulini e talune opere che sfruttano l'energia idraulica per il funzionamento dei magli.

TRASLATION**TIPOLOGY N. 2a: CONNECTING SHAFT**

Despite the attempts of our ancestors to avoid the flow of large masses of water through masonry wells or wells cut into the rock or through highly inclined channels of either material, certain hydraulic works for these very purposes have been found. One example can be seen at the San Cosimato rock on the River Aniene (Rome): the connecting channel between two aqueducts, the *aqua Claudia* and *aqua Marcia*, which supplied ancient Rome. The continuous cave-ins, to which the crag was and still is subject, resulted in continuous maintenance works being necessary. Sections of both aqueducts have in fact been internally built-up, thus creating by-passes. A few meters past the Claudio aqueduct by-pass is a trapezoidal section well, of which the first part is made of brick while the underlying part was cut into the rock: this opens directly onto the underlying and primitive conduit of the *aqua Marcia* aqueduct. Dating of the bricks and formations, which partially cover the



rock section, will provide the structure's chronological date. In any case, the vertical system was used to divert water from the *aqua Claudia* aqueduct into the *aqua Marcia* aqueduct in the event of downstream interruption of the former or upstream interruption of the latter and probably also during maintenance works. Similar systems (having a different function) can be found, for instance, in mills and other works which use hydraulic energy to power tilt-hammers.

* * *

TIPOLOGIA N. 2b: PERFORAZIONI AD ASSE VERTICALE DI PRESA

Con il termine di pozzo s'intende generalmente una perforazione artificiale ad asse verticale del terreno. Per estensione si parla di pozzi anche in cavità naturali, con l'approfondimento verticale dei vuoti. Vegezio dice che per una città è vantaggioso poter disporre di fonti perenni all'interno delle mura. In caso contrario si dovranno scavare dei pozzi e sollevare l'acqua con le corde (fig. 2.33).

La destinazione di un pozzo varia a seconda del terreno geologico in cui è stato scavato, del tipo di architettura impiegata nel rivestimento, e soprattutto a cosa può essere connesso. A prima vista ogni "pozzo" parrebbe essere destinato alla presa dell'acqua di falda, ma non di rado, dopo la debita esplorazione, si 'scopre' che in realtà conduce ad un acquedotto ipogeo o si tratta di una cisterna, oppure è un manufatto che per essere compreso necessita di ben altre ed ulteriori indagini. In uso fin dall'antichità, il pozzo mantiene la tecnica dello scavo manuale almeno fino agli inizi del nostro secolo, nonostante l'introduzione di macchinari per la trivellazione. Spiegando che il suolo può naturalmente rilasciare esalazioni gassose, Vitruvio consiglia di calare nella canna del pozzo una lucerna accesa: se questa si spegnerà occorrerà scavare altri due pozzi a lato, per liberare il terreno dal gas. Arrivati all'acqua, raccomanda di incamiciare la perforazione per evitare l'occlusione della vena. Se lo scavo è finalizzato al raggiungimento di una falda acquifera da utilizzarsi a fini potabili o irrigui, avremo pozzi ordinari e pozzi artesiani.

Per estensione viene denominato pozzo l'elemento che ne circonda la bocca, più appropriatamente indicato come sponda o parapetto, oppure puteale o vera. In alzato, il pozzo si compone di un piedistallo, su cui poggia il puteale (fig. 2.34). Talvolta in pietra e di forma elegante, poteva essere chiuso con un coperchio (o serranda) e avere elementi di



Fig. 2.33 - Pozzo ordinario scavato accanto a una fazenda sudamericana.



Fig. 2.34 - Antico puteale di pietra scolpita situato nel giardino dell'odierno Nezu Museum a Tokyo (Foto Maria Antonietta Breda).

sostegno a una copertura, oppure a un architrave, a cui era fissata la carrucola con la corda o la catena agganciate ad una secchia. Elementi metallici sagomati ad arco assolvevano la medesima funzione di sostegno. Tutti questi elementi potevano coronare l'accesso indifferentemente sia a pozzi che a cisterne. La parte che si allarga al di sotto del piedistallo, dando inizio al pozzo vero e proprio, è chiamata gola. Talvolta, in prossimità della bocca, si riscontrano strutture portanti a mensola o ad arco, atte a sostenere il puteale oltre che la volta. Nel Pozzo Sorbello, a Perugia, sono invece due puntoni obliqui in pietra, inseriti nel rivestimento, ad assolvere il compito di sostenere l'apparecchiatura della volta.

I pozzi possono essere incamiciati con pietrame, ciottoli, conci, mattoni, o apposite forme curve in cotto legate tra loro con grappe o strisce di piombo. Forbes ci dà notizia di pozzi micenei e cretesi in cui i mattoni erano sostituiti da tubi fittili, mentre presso i Romani venivano impiegate armature lignee o barili in posti di dimora temporanea. Nel 1938, nella zona del Quirinale a Roma, sono stati scoperti dei pozzi rivestiti con lastre curve in tufo, provviste di pedarole. Presso Happi-

sburg, nel Norfolk, si è rinvenuto un pozzo medievale rivestito in legno con assi poste ad incastro, a sezione quadrata e profondo circa 7 m.

Se lo scavo è praticato in un terreno incoerente è necessario provvedere a un rivestimento, come ad esempio nei pozzi di Milano o in quelli dell'antica Ostia, dove in alcuni casi, al di sotto della vera



sono stati messi in opera bocche di dolio in cotto e di orcio. Ma possono essere provvisti di rivestimento anche se lo scavo viene praticato nella roccia. Si è potuto vedere un pozzo quattrocentesco, dato per progettato dall'ingegnere Vercellino, in una villa a Trezzo sull'Adda (Milano): scavato in un conglomerato ben coeso (Ceppo d'Adda), è interamente incamiciato in mattoni. La sua forma perfettamente cilindrica si sviluppa per poco più di 40 m e verso il fondo il rivestimento ha ceduto in corrispondenza di vuoti di modeste dimensioni, contenenti sabbia e, in misura minore, argilla. Talvolta sono anche intonacati internamente a calce.

Un elemento caratterizzante sono le cosiddette pedarole. Trattasi di incavi praticati nella parete della perforazione per consentire, o per facilitare, la discesa e la risalita nel corso delle operazioni che scandivano la nascita e la vita del pozzo. Le troviamo generalmente scavate con cura nelle pareti rocciose e poste a distanze regolari, lungo direttrici vicine o contrapposte. Meno spesso sono irregolari e disposte senza un apparente ordine. Questi elementi li ritroviamo anche in alcuni tipi d'incamiciatura, come in pozzi greci e romani. Sono ugualmente presenti in opere ampie, tali da non consentire i movimenti in opposizione, magari associate ad incavi più grandi, alcuni dei quali scanalati verso l'alto, fatti appositamente per alloggiare travature che fungessero da scala. In alcuni pozzi di Milano, d'incerta collocazione cronologica, i corsi di mattoni presentano dei vuoti a intervalli regolari, interpretabili come pedarole. Potevano altresì alloggiare impalcature lignee, durante la messa in opera dell'incamiciatura.

Lo svuotamento di alcuni pozzi, come a Marzabotto e a Populonia, ha evidenziato un incavo terminale ricavato nella roccia (figg. 2.35, 2.36). La risoluzione si attuava, presumibilmente, per raccogliervi il sedimento. A Milano sono stati rinvenuti alcuni pozzi dotati di sistema di filtraggio e dati per romani, ma per i quali la sola analisi della tecnica costruttiva non ha offerto elementi per l'esatto inquadramento cronologico.

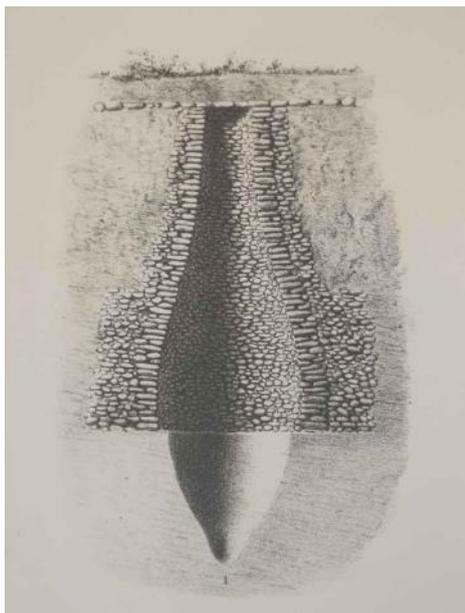


Fig. 2.36 - Raffigurazione ottocentesca di uno dei pozzi ordinari rinvenuti presso la città etrusca di Marzabotto (Bologna) nel XIX secolo,

Seppure abitualmente circolare, la sezione può essere quanto mai varia, con risoluzioni ellittiche, quadrangolari, poligonali o miste. In uno degli ambienti semi sotterranei dei Chiostri della Chiesa di Sant'Eustorgio, a Milano, la canna di un pozzo è composta da un primo tratto a sezione quadrata che s'innesta su una circolare. Non si può non menzionare il Pozzo di San Patrizio a Orvieto: costruito agli inizi del XVI secolo su progetto di Antonio da Sangallo il Giovane, è particolare in quanto attorno alla canna cilindrica, profonda 62 m, si sviluppano due scale a cordonata che prendono luce da finestre praticate sull'interno del pozzo. Pertanto, sezioni e dimensioni differenti possono essere state adottate nella medesima opera, non solamente a seguito di rifacimenti.

La profondità è invece soggetta alla quota dell'acquifero da captare, e generalmente non si spinge oltre i 60 m, seppure le eccezioni siano varie e possano anche giungere ai 100 m, come nel pozzo seicentesco scavato nella fortezza di Verrua (Torino), che captava (prima dell'improvvida obliterazione avvenuta ad opera della Cementi Victoria alla fine degli anni Cinquanta del XX sec.) l'acqua di subalveo del fiume Po. Altro esempio è dato dal Pozzo di Moncrivello (Vercelli) scavato in un terreno morenico e profondo 85,48 m. Il diametro interno varia da 1.3 a 1.2 m, è interamente rivestito in mattoni e al momento dell'esplorazione

(settembre 2005) è risultato asciutto (figg. 2.37, 2.38, 2.39, 2.40, 2.41).

L'acqua si attingeva per mezzo di un cilindro o altra struttura, su cui era fissata la corda con il secchio, e girato da una manovella (fig. 2.42). Oppure si faceva scorrere la corda nella gola di una rotella (o carrucola) agganciata a una sovrastruttura che poteva essere anche di eleganti forme. Un altro sistema era quello di tenere imperniata una lunga stanga, recante a un'estremità la secchia e all'altra un contrappeso. Questo semplice e discontinuo metodo d'innalzamento dell'acqua (shaduf) è tuttora praticato in alcune zone del Nordafrica e dell'Oriente (fig. 2.43); antiche raffigurazioni ci vengono da un sigillo cilindrico del periodo accadico (terzo millennio a.C. circa) e da alcune tombe a Tebe (1500 e 1300 a.C. circa). Nonostante il possibile utilizzo di sistemi abbastanza elementari, corde o catene venivano fatte scorrere anche direttamente sul puteale. L'acqua si poteva



Fig. 2.35 - Puteale fittile etrusco rinvenuto nell'area meridionale della città etrusca di Marzabotto (Bologna) ed ora esposto al locale museo.



trarre in superficie adottando ruote a cassette, norie, coclee, pompe a stantuffo. Non conoscendo esattamente le modalità di scavo dei pozzi nell'antichità, possiamo farcene un'idea seguendo i trattati d'ingegneria mineraria. Oppure recuperandone la memoria storica, dal momento che ne sono stati scavati manualmente fino ai primi



Fig. 2.37 - Rilievo del Pozzo Vecchio di Villa Crivelli – Pusterla a Mombello (Monza Brianza), profondo 34 m; è stato pubblicato dalla F.N.C.A. in: “Archeologia del Sottosuolo nella Provincia di Monza Brianza. Villa Pusterla Carcano Arconati Crivelli a Mombello”. Era già stato esplorato da G. Padovan nel 1983.



Fig. 2.38 - Pozzo di Moncrivello (Vercelli), profondo 85,48 m; è stato esplorato e rilevato da R. Basilico, D. e G. Padovan nel 2005 (squadra d'appoggio esterna: S. Bianchi, C. Ninni, A. Thum, A. Vediani) (foto di Roberto Basilico).

del Novecento. Drower dice che il sistema usato anticamente non doveva discostarsi da quello impiegato dai Beduini nomadi dell'Arabia.

I pozzi vengono praticati, come afferma anche la Tölle-Kastenbein, nel momento in cui l'uomo sceglie di assumere dimora, di costituire un insediamento stabile, ma vanno associati anche alla necessità d'irrigare i coltivi. Il primo acquedotto di Roma è l'*aqua Appia*, costruito nel 312 a.: Frontino dice che prima di allora i Romani si contentavano dell'acqua che attingevano dal Tevere, dai pozzi o dalle fonti.



Fig. 2.39 - Fondo del Pozzo di Moncrivello; la scheda catastale di quest'opera è stata pubblicata dalla F.N.C.A. nel libro: “Archeologia dell'Acqua Potabile a Milano. Dagli antichi pozzi ordinari al moderno sistema di acquedotto urbano”.



Fig. 2.40 - Pozzo dell'Imperiale (Rovello Porro), profondo 33,9 m.; è stato esplorato e rilevato da R. Basilico, C. Ninni e G. Padovan nel 2008.



Da una acquisita conoscenza, sia del territorio che del terreno, è senza dubbio possibile che l'uomo abbia cominciato a praticare perforazioni nel suolo allo scopo di ricercarvi l'acqua. Si potrebbe inoltre ipotizzare che dopo le inumazioni e le abitazioni ad uso privato, i pozzi siano le opere architettoniche realizzate in maggior numero, unitamente alle cisterne. Generalmente situati presso i centri abitati, internamente alle case, nei cortili, anche in prossimità di cisterne e ghiacciaie, oppure connessi a opere pubbliche, presso edifici templari, o nelle piazze, i pozzi si trovano quasi ovunque (figg. 2.44, 2.45). Non mancano nei campi, con fini irrigui, o per l'abbeveraggio degli armenti; oppure in pieno deserto, lungo le vie carovaniere, o fiancheggiando le strade di grande percorrenza.



Fig. 2.41 - Pozzo dell'Imperiale (Rovello Porro): dalla sua incamiciatura in ciottoli e mattoni si apre il "passaggio segreto", il quale conserva qualche debole traccia di affresco.

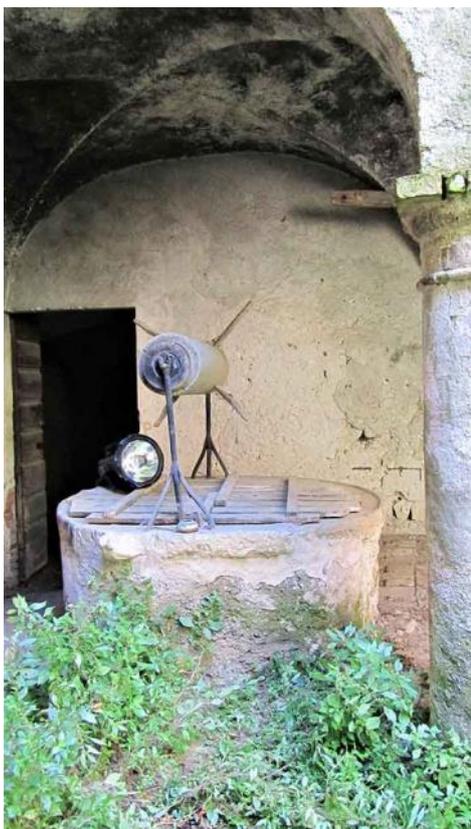


Fig. 2.42 - Antico puteale con "girgillus".



Fig. 2.43 - Shaduf (Rosellini I., *I monumenti dell'Egitto e della Nubia*, II, Pisa 1834).





Fig. 2.44 - Operazioni di rilievo all'interno del pozzo esterno del Castello di Vinzaglio (Novara). Interamente in mattoni, l'opera presenta la parte inferiore a sezione circolare, mentre quella superiore quadrangolare è verosimilmente frutto di un intervento successivo.

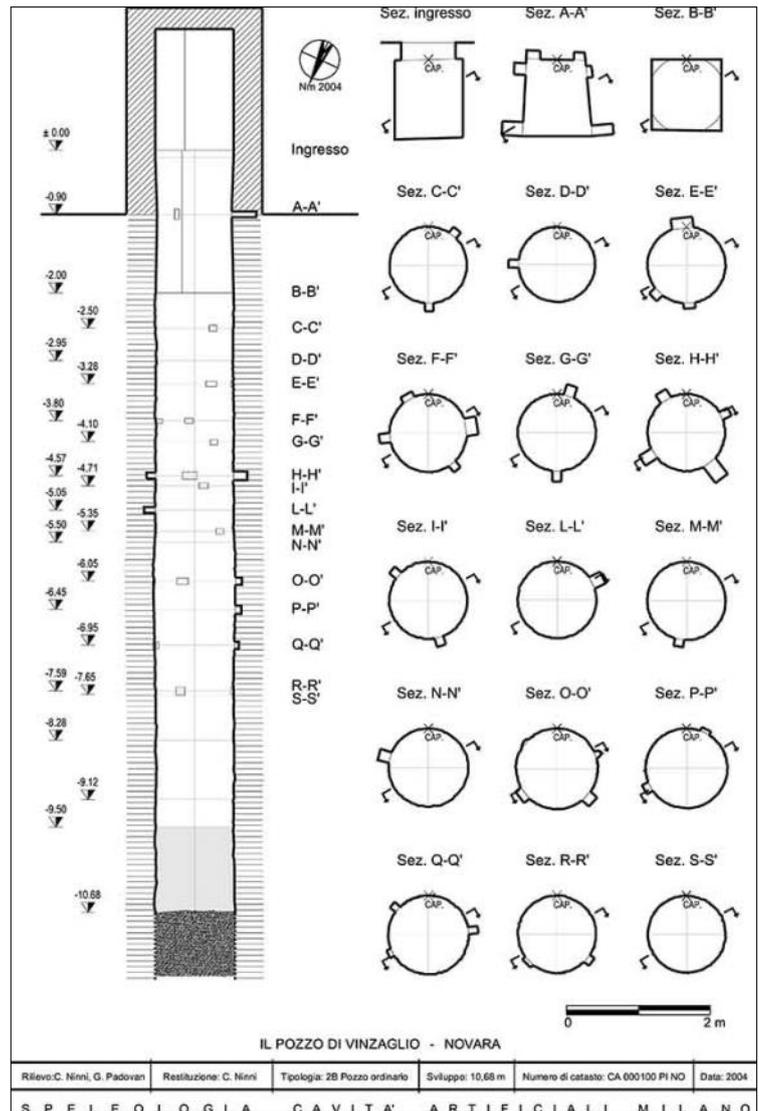


Fig. 2.45 - Rilievo del pozzo del castello di Vinzaglio, catalogato con il numero CA 00002 PI NO nel Catasto Nazionale Cavità Artificiali della Federazione Nazionale Cavità Artificiali (Restituzione grafica di Claudia Ninni; Archivio Associazione S.C.A.M.-F.N.C.A.).

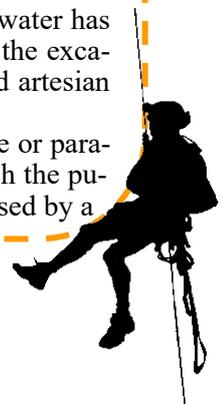
TRASLATION

TYPOLOGY N. 2b: VERTICAL CAPTURE SHAFTS

The term 'well' generally refers to an artificial tunnel with vertical axis. By extension, the term well also applies to the vertical tunnel of a natural cavity. Vegezio states that a city should always have perennial sources of water within its walls. Where there are no perennial water-sources, wells must be excavated and water must be lifted using ropes (fig. 2.32).

A well's purpose depends on the geological terrain within which it has been excavated, on the type of architecture used in its lining and above all to that which it connects. At first glance, the purpose of every well would seem to be that of collecting groundwater. However, after due exploration, it is often "revealed" that the well leads to an underground aqueduct or is in fact a cistern or a man-made structure which requires further investigation before its purpose can be ascertained. In use since antiquity, wells were manually excavated until at least the beginning of this century, despite the introduction of boring machines. Having explained that the ground may naturally release exhalation gases, Vitruvio recommends that a lit oil lamp be lowered into the well: should the flame go out, two lateral wells should be dug to release the gas from the soil. Once water has been reached, he recommends that the well be covered to avoid blocking the vein. If the purpose of the excavation is to reach a groundwater aquifer for drinking water or irrigation purposes, ordinary wells and artesian wells will be created.

By extension, the section surrounding the mouth is also known as well, or more appropriately as edge or parapet, or as puteal or well-curb. The external part of the well consists of a pedestal, on which the puteal rests (fig. 2.34). Sometimes made of stone and elegantly shaped, the well could be closed by a



lid (or hatch). Wells sometimes had a lid support or an architrave, to which the water pulley, with its rope or chain and bucket were attached. Metallic arch-shaped elements had the same support function. All such elements could be found at the uppermost access of both wells and cisterns. The section, which widens just below the pedestal, at the beginning of the actual well, is known in Italian as “gola”. There are sometimes beams or arches to support the puteal and the vault near the well’s opening. However, two stone rafters support the arches in the Sorbello Well in Perugia.

Wells may be lined with stone, cobbles, blocks and bricks or with pieces of special curved earthenware, held together with lead clamps or strips. Forbes tells us of Mycenaean and Cretan wells, the bricks of which were replaced with earthenware pipes while in temporary dwellings the ancient Romans used timber frames or barrels. In 1938, several wells lined with curved sheets of tuff and equipped with footholds, were uncovered in the Quirinale area of Rome. A quadrangular mediaeval well with interlocking timber lining and approximately 7 m deep was uncovered in Happisburg, Norfolk.

If excavation takes place in unconsolidated soil, a lining is required, as exemplified by the wells in Milan or those of Ancient Ostia, where earthenware “dolio” or “orcio” vases were sometimes placed beneath the puteal. However, even rock-cut wells may be lined. A XV century well, engineered by Vercellino can be seen in a house in Trezzo sull’Adda (Milan): the well was cut into well consolidated conglomerate (“Ceppo d’Adda”) and is fully-brick lined. Perfectly cylindrical, it is just over 40 m deep. Towards its base, at the site of small vacuums containing sand and on a lesser scale, clay, the lining has come away. Wells are sometimes lined with lime.

Footholds are a characteristic feature. These are indents in the wall, which eased both descent and ascent during the well’s construction. Footholds were normally carefully cut into the rocky walls and positioned at regular distances along adjacent or opposite sides of the well. Less frequently, these were irregular and placed without apparent order. Footholds can also be found in specific types of cladding, such as in Greek and Roman cladding. They are also to be found in large structures, which do now allow opposing movement and may be linked to larger indents, some of which may point upwards and were especially made to support beams used as ladders. In some Milan wells of uncertain chronological date, there are regular spaces in the brick layers, which may have been footholds. These may also have held timber frames, during the placing of the cladding.

The drainage of certain wells, such as the Marzabotto and Populonia wells, has revealed a terminal indentation in the rock (fig. 2.35, 2.36). Presumably, its purpose was to collect sediment. Several wells with filtering systems have been uncovered in Milan. These are thought to be Roman, however, analysis of the construction method used has proved insufficient. As such, precise dating has not been possible.

Although normally circular, the shape of the section may be elliptic, square, polygonal or mixed. In one of the semi-subterranean environments of the Cloisters of Saint Eustorgius in Milan, the first section of the well’s shaft is square, while the second section is circular. St Patrick’s well in Orvieto is also worthy of mention: built at the beginning of the XVI century and designed by Antonio da Sangallo the Younger, it is of particular interest in that a double-helix staircase, with internal windows as a source of light, lines the walls of the 62 m well. Thus, different shapes and sizes can be adopted within the same work from the start and does not only result from subsequent restoration.

The depth, on the other hand, depends on the aquifer’s altitude, rarely exceeding 60 m. There are of course, exceptions, where depths of up to 100 m have been reached, such as the XVII century well in the Verrua Stronghold (Turin), which captured under-river water from the River Po (until its improvident obliteration on the part of Cementi Victoria at the end of the 1950s). The Montecrivello Well (Vercelli) is another example. Excavated in moraine terrain and 85.48 m deep, its internal diameter varies between 1.3 m and 1.2 m, the well is fully brick-lined and was held not water at the time of exploration (September 2005) (fig. 2.37, 2.38, 2.39, 2.40, 2.41).

Water was obtained by means of cylinder or other structure, equipped with a rope and turned by a crank (fig. 2.42). Alternatively, the rope was lowered by means of a wheel mechanism (or pulley), which was hooked onto an, often elegantly shaped, overlying structure. Another system was that of hinging a long rod, with a bucket on one end and a weight on the other. This simple and discontinuous method of obtaining water (“shaduf”) is still used today in some areas of North Africa and the Far East (fig. 2.43); ancient depictions in the form of a cylindrical seal from the accadic period (circa the third millennium B.C.) and from several Theban tombs, circa 1500 and 1300 B.C.). Despite the fact that relatively basic systems could be used, ropes and chains were still directly attached to the puteal. Water could be lifted to the surface using bucket wheels, bucket chains, pumps and pistons. The exact excavation method for building wells in antiquity is unknown, however some indication is provided by mining engineering treatises. Alternatively, some indication of how they were built can be found by tracing the well’s history, as some wells were manually excavated until the beginning of the XX century. Drower tells us that the ancient system could not have been very different to that used by the Bedouin nomads in Arabia.

As Renate Tölle-Kastenbein attests, when man chose his dwelling place and took the decision to build a permanent settlement, he created wells. However, wells were also required for crop irrigation purposes. The *aqua Appia*, built in 312 B.C. was the first Roman aqueduct. Frontino explains that prior to this, the Romans



made do with water from the Tiber, from wells and from springs.

From our knowledge of both the territory and the soil, man undoubtedly began to make tunnels in the ground during his search for water. It could also be hypothesized that after inhumations and private dwellings, wells and cisterns were the most commonly built architectonic works. Normally found near towns and villages, inside houses, in courtyards, near cisterns and icehouses, or linked to public structures, in temples and similar buildings, or in squares, wells are to be found almost everywhere (figg. 2.44, 2.45). There are also no shortages of wells in fields, where they were used for irrigation purposes or to provide drinking water for the herds; or in the desert, along the caravan routes or along heavy traffic roads.

* * *

TIPOLOGIA N. 2b: POZZO ARTESIANO

Se l'acqua è contenuta in strati permeabili sottostanti ad uno impermeabile, nella perforazione che la raggiunge può presentarsi con pressione tale da risalire e talvolta zampillare liberamente fino alla quota della superficie piezometrica della falda, che prende il nome di artesianiana (fig. 2.46). Il nome deriva da "artésien", ovvero "dell'Artois", regione della Francia dove tale tipo di pozzo, detto appunto artesianiano, è in uso da lungo tempo. Ma, in realtà, si tratta più correttamente di "pozzi alla modenese", opere che hanno trovato impiego innanzitutto nel territorio di Modena.



Fig. 2.46 - Impianto di sollevamento sotterraneo di un pozzo artesianiano dell'Acquedotto Civico di Milano.

TIPOLOGIA N. 2b: POZZO A GRADONI

La particolare architettura dell'opera consentiva di raggiungere l'acqua sorgiva o di falda, posta in profondità, mediante una scalinata generalmente dotata di volta. In Sardegna vi sono esempi di pozzi a gradoni d'epoca nuragica e alcuni potrebbero avere rivestito caratteri di sacralità.

TIPOLOGIA N. 2b: POZZO GRADUATO

Il pozzo graduato è un normale pozzo propriamente detto, la cui funzione è quella di misurare il livello delle acque, grazie alla graduazione segnata in modo indelebile internamente, nonché di fare previsioni sulle piene. Il più noto esempio è il "nilometro", in Egitto (fig. 2.47).

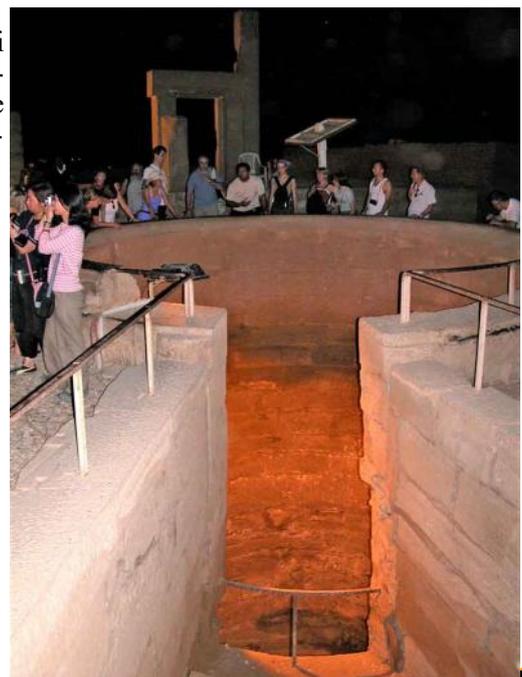


Fig. 2.47 - Nilometro di Kom Ombo presso il Tempio di Sobek (Egitto) (foto di Rino Trani).



TRASLATION

TYOLOGY N. 2b: ARTESIAN WELL

Where water is contained in the permeable strata below impermeable strata, natural pressure sometimes causes the water to rise and flow to the piezometric surface, known as an artesian well (fig. 2.46). The name originates from “artésien”, or rather from “de l’Artois”, the region in France where the artesian well has been in use for a very long time.

But, in reality, it is more correctly a question of “Modena-style wells”, works that have found use primarily in the Modena area.

TYOLOGY N. 2b: STEPPED WELL

The structure’s particular design, allowed deep spring water and gravitational water to be reached by means of a vaulted stairway. Sardinia has various examples of stepped wells from the Nuragic period, some of which may have been used for religious purposes.

TYOLOGY N. 2b: GAUGE WELL

A gauge well is an ordinary well, which, thanks to the depth markings created inside it, was used for measuring water levels and predicting floods. The most famous example of such a well is the Egyptian Nilometer (fig. 2.47).

* * *

TIPOLOGIA N. 2b: POZZO ORDINARIO

Quando un pozzo ordinario giunge a una falda freatica l’acqua di questa non sale mai al di sopra del piano di campagna, a meno che il pozzo si trovi in prossimità della zona di scarico della falda. Secondo Vitruvio, per individuare le fonti sotterranee è sufficiente stendersi col mento a terra ed osservare in quale zona si levasse dal terreno un’esile e fugace refolo di vapore: quello è il punto dove effettuare lo scavo (fig. 2.48).



Fig. 2.48 - Sistema per individuare le fonti sotterranee secondo Marco Vitruvio Pollione (Cesare Cesariano, Vitruvio de Architectura, Como 1521).

Un esempio è dato dal pozzo del Castello di Pavarolo (Torino), situato all’interno di una costruzione, addossata alla parte interna della superstite ala dell’edificio medievale. Scavato nelle arenarie fossilifere di età miocenica, è profondo 64.48 m e sommerso per 6.26 m; l’accesso misura 1.38 m di diametro, mentre a -56.64 ha un diametro di 3.08 m e mantenendo la sezione quasi costante fino al fondo. Per 14.6 m presenta un paramento murario in mattoni, al di sotto dei quali la roccia è a vista; con ogni probabilità è stato scavato in due momenti distinti e in un primo non doveva essere più profondo di una ventina di metri (fig. 2.49).



TRASLATION



TYPOLOGY N. 2b: ORDINARY WELL

When an ordinary well comes into contact with a water table, water never rises above the natural ground level unless the well is near the site of groundwater discharge. According to Vitruvio, by lying down and keeping your chin to the ground you will be able to identify underground springs by the thin and fleeting bursts of vapour: this is the point where digging should begin (fig. 2.48). The well at Pavarolo Castle (Turin), situated inside a building, on the internal part of the surviving wing of the mediaeval building, is one such example. Created in fossiliferous sandstone during the Miocene epoch, the well is 64.48 m deep, of which 6.26 m is submerged; its access measures 1.38 m in diameter while from -56.63 m, the diameter remains an almost constant 3.08 m. Its brick masonry facing, under which the rock is visible, is of 14.6 m; it was probably excavated over two separate periods, the first excavation taking it to no more than 20 m in depth (fig. 2.49).

* * *

Fig. 2.49 - Pozzo del Castello di Pavarolo (Torino), profondo 64,8 m.; esplorato e rilevato da R. Basilio e G. Padovan nel 2002.

TIPOLOGIA N. 2b: POZZO ORDINARIO A RAGGIERA

Se il pozzo è poco profondo o comunque praticato in un terreno scarso d'acqua, talvolta si possono praticare uno o più bracci per aumentare la sua capacità di raccolta. Possiamo avere anche pozzi a raggiera aventi alla base dello scavo, o in prossimità, uno o più bracci che vanno a cercare la falda o semplicemente a emungere un acquifero anche modesto (fig. 2.50).



Fig. 2.50 - Milano, Centrale di Pompaggio, pozzo radiale dismesso.

TRASLATION

TYPOLOGY N. 2b: ORDINARY RADIAL WELL

If the well is not particularly deep or has been excavated in soil where water is scarce, one or more branches can be created to increase the well's water capture capacity. There are radial wells with one or more branches at or near their base, which link to a water table or drain even small aquifers (fig. 2.50).

* * *



TIPOLOGIA N. 2c: CONSERVA

La necessità di conservare l'acqua soprattutto a fini potabili ha lasciato una vasta gamma di opere di conserva, gran parte delle quali oggi cadute in disuso, o destinate ad usi prevalentemente irrigui, con la realizzazione dei moderni acquedotti per l'acqua potabile (fig. 2.51).

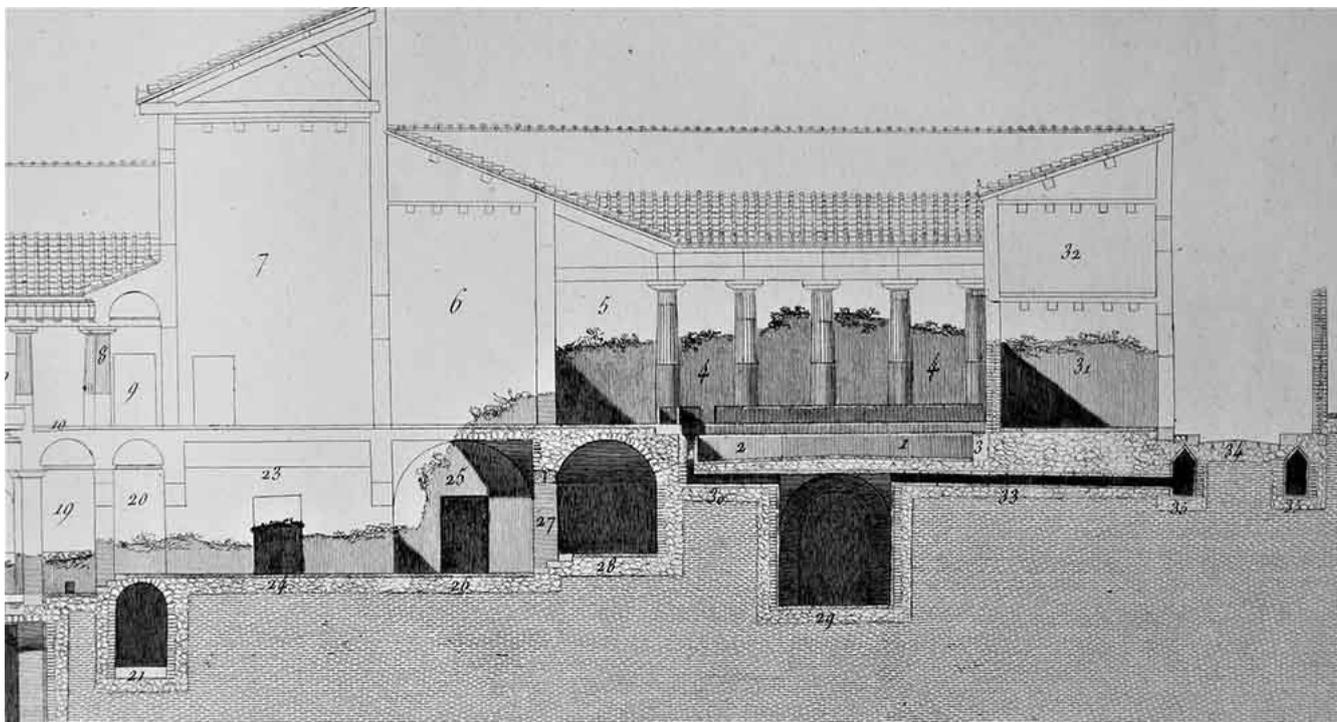


Fig. 2.51 - Cisterne e fognature sotto i resti di un palazzo di Pompei (Francesco Piranesi, *Antiquités de la Grande Grèce aujourd'hui Royaume de Naples*, Paris 1804).

Sotto forma solida l'acqua è stata anche raccolta e contenuta in appositi locali (ghiacciaie e neviere) per facilitare la conserva dei cibi. Possono esservi anche cisterne per lo stoccaggio dell'olio e per la lavorazione e l'immagazzinamento del vino.

————— **TRASLATION** —————

TIPOLOGY N. 2c: STORAGE

The need for water storage, above all drinking water, has resulted in a wide range of storage works. Due to the advent of modern aqueducts for drinking water, these have largely fallen into disuse or are now used for irrigation purposes (fig. 2.51).

Water is collected in its solid form and deposited in special areas (icehouse and snowstores) for food preservation purposes. This typology also includes oil storage cisterns and wine treatment and storage cisterns.

* * *

TIPOLOGIA N. 2c: CISTERNA

La cisterna può essere descritta come un grande recipiente di solito sotterraneo, per quanto non manchino esempi semisotterranei o costruiti in alzato. Realizzata in qualsiasi tipo di terreno e nelle forme più svariate, è destinata alla conserva dell'acqua piovana, generalmente raccolta dai tetti delle abitazioni oppure su apposite superfici (fig. 2.52).

Veniva usata quando non si poteva avere acqua in altro modo e rappresentava comunque un sistema semplice ed efficace, a patto che venisse periodicamente manutentata. Vegezio prescrive che in tutti gli edifici pubblici e possibilmente anche in quelli privati si costruiscano le cisterne

Fig. 2.52 - Antica cisterna a Gargnano (Brescia) situata all'interno di una villa privata.



per la raccolta dell'acqua piovana dai tetti. Avendo il compito di contenere e preservare, tale "contenitore" doveva preferibilmente essere a tenuta stagna. Le forme delle cisterne sono quanto mai varie e ciò dipende da molteplici fattori quali, ad esempio, il materiale adoperabile, la disponibilità economica, la tecnologia a disposizione, la funzione (considerando soprattutto la potabilità) e non ultimi il terreno geologico e il contesto in cui sono realizzate. Si prospetta un elenco dei tipi meglio noti di cisterne sotterranee (figg. 2.53, 2.54).



Fig. 2.53 - Pozzo per il sollevamento dell'acqua dalla sottostante cisterna nel cortile di Palazzo Vitelleschi a Tarquinia (Viterbo).

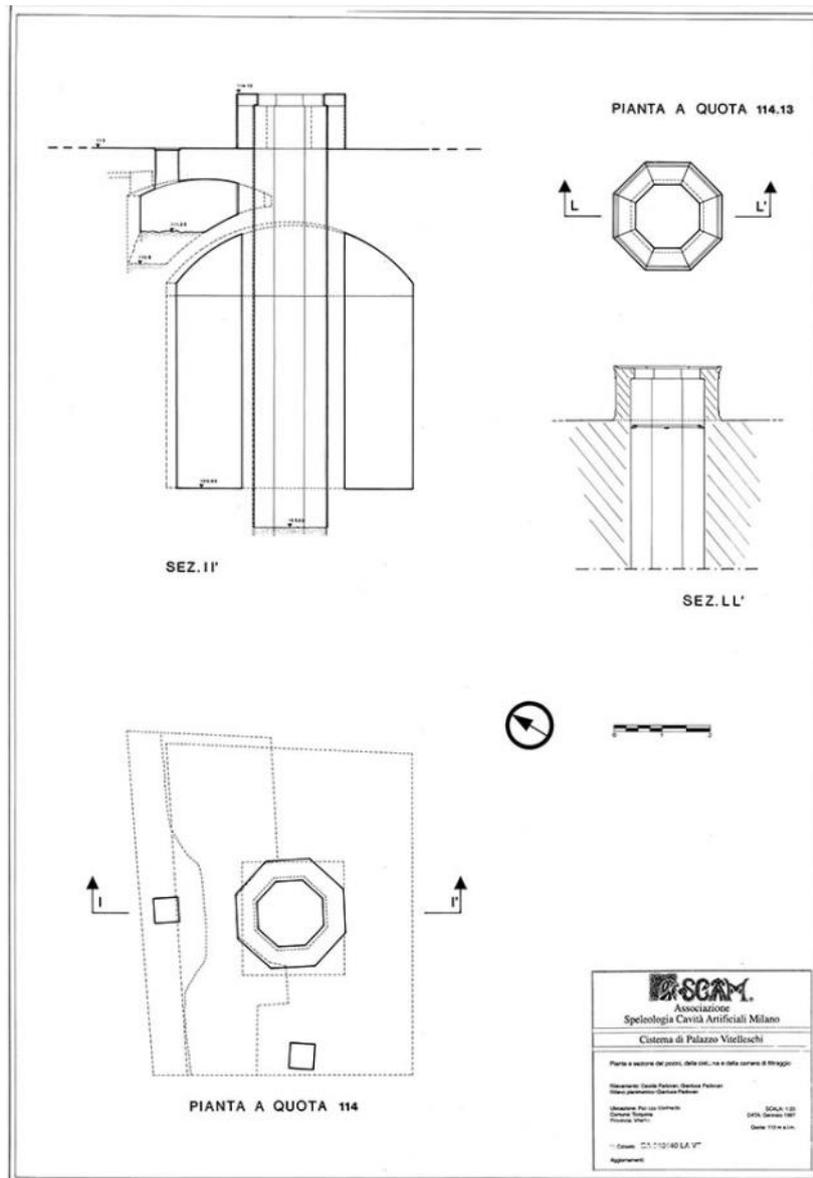


Fig. 2.54 - Rilievo della cisterna situata nel cortile di Palazzo Vitelleschi a Tarquinia (Viterbo). Si compone di una camera sotterranea a pianta trapezoidale per lo stoccaggio dell'acqua meteorica, servita da due vasche per il filtraggio e un pozzo a canna ottagonale per il sollevamento dell'acqua e comunicante con la camera mediante quattro tubi fittili (Restituzione grafica di Gianluca Padovan; Archivio Associazione S.C.A.M.).



Cisterna a fossa:

Semplice scavo nel terreno o nella roccia, fino a realizzare una sorta di fossa, per consentire di raccogliere l'acqua meteorica senza implicare particolari oneri (fig. 2.55). Talvolta le cosiddette "marmitte dei giganti" (cavità più o meno cilindriche formate dall'azione esercitata dalla sabbia e dai ciottoli trascinati dalle acque di torrenti subglaciali, etc.) sono state utilizzate per la raccolta e la conserva dell'acqua, come si può osservare in un esempio presso la località Belvedere a Chiavenna (Sondrio), internamente ai resti del castello medievale.

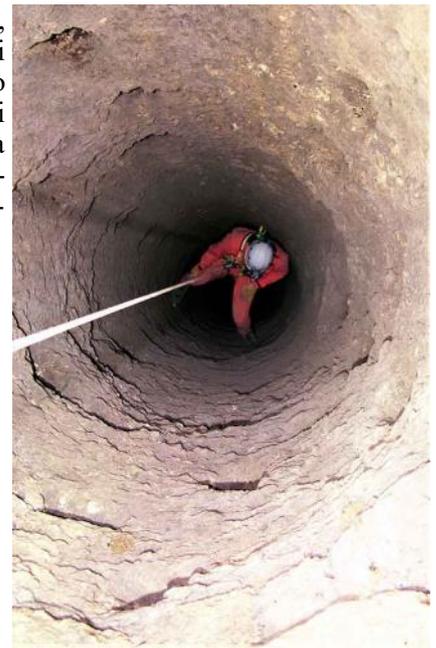


Fig. 2.55 - Pozzo di Santa Maria in Castello (Tarquinia): si tratta di una semplice perforazione ad asse verticale della matrice rocciosa (Macco Tarquiniese), profonda 12 m., precedente alla costruzione della chiesa e destinata alla raccolta dell'acqua meteorica, analogamente a quanto riscontrato in altre cisterne della Civita di Tarquinia. L'interno, non rivestito, è caratterizzato dalla presenza di pedarole.

Cisterna scoperta:

Analoga alla cisterna a fossa, ha maggiori dimensioni ed è dotata di articolati sistemi di raccolta e di distribuzione. Laureano parla di "cisterna a cielo aperto" nel descrivere, ad esempio, i sistemi di raccolta dell'acqua utilizzati a Qana (Yemen) costituiti da vasche e forniti di dispositivi di filtraggio e decantazione.

Cisterna a camera singola:

È il tipo più frequente e senza dubbio più noto, comprendente una vasta gamma di risoluzioni architettoniche (fig. 2.56). Nelle forme più semplici si hanno cisterne cilindriche, troncoconiche, a bottiglia, a damigiana, a *tholos*, o con forma irregolare, con molteplici varianti. Un tipo è chiamato "cisterna a bagnarola": è rettangolare con i lati minori arrotondati ed è stata documentata presso l'insediamento di *Tharros*, in Sardegna. Identica forma la si riscontra in cisterne presenti nell'antica città di Cosa (Grosseto). Maggiori sono quelle a parallelepipedo, più o meno regolare, non foss'altro perché sono gli esempi che in maggior numero sono giunti fino a noi.

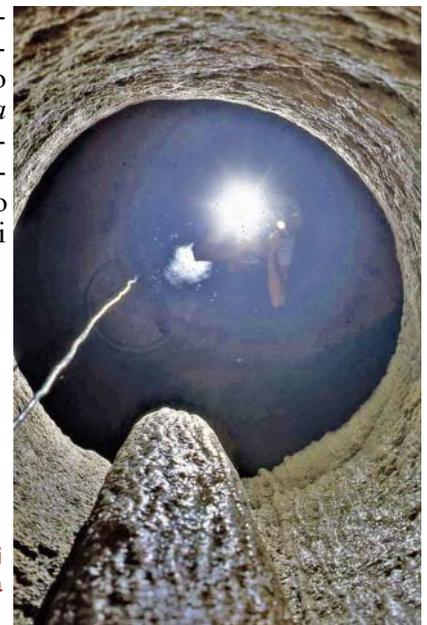


Fig. 2.56 - Cisterna della Stalattite (Civita di Tarquinia), composta da una sola camera a pianta circolare (CA 01014 LA VT).

Cisterna pluricamerale:

Meno usuale, in genere si tratta della giunzione di due o più cisterne. Talvolta può essere ricavata da ambienti destinati solo successivamente alla conserva del liquido e di cui si è persa l'originaria funzione.

Cisterna a doppia camera:

È costituita da due vani concentrici, a sezione quadrangolare o circolare, di cui l'interno è la camera di conserva e l'esterno quella di filtraggio, che comunica attraverso bocchette di travaso; un esempio è dato dalla cisterna di Palazzo Veracchi-Crispolti a Perugia.



Cisterna a cunicoli:

Generalmente è costituita da un impianto di cunicoli tra loro comunicanti, nelle cui forme più complesse l'aspetto è assimilabile a una coltivazione a camere e pilastri (fig. 2.57).

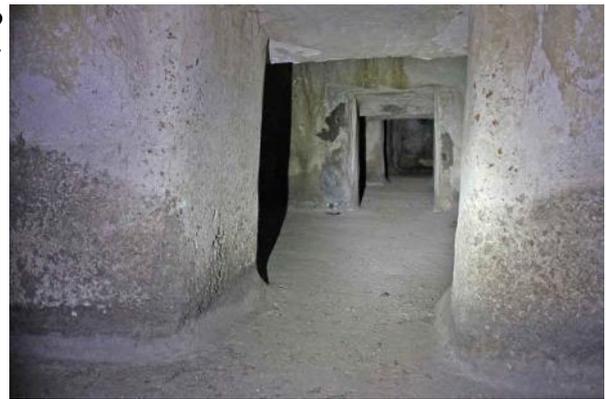


Fig. 2.57 - Cisterna "a pettine", d'epoca presumibilmente romana, situata nei pressi della città etrusco-romana di Cosa in Toscana.

Cisterna filtrante:

Tra i vari tipi di cisterna questa offriva una buona garanzia di potabilità. Il tipo più noto è detto "cisterna alla veneziana". Consiste in uno scavo di forma tronco conica della profondità di almeno 3 m, con le pareti e il fondo rivestiti di uno strato di argilla e sabbia compresse. Dal centro del fondo s'innalza un pozzo cilindrico il cui interno è in comunicazione con la parte inferiore dello scavo tronco conico; lo spazio compreso tra il pozzo e la parete è riempito con sabbia silicea ben lavata. L'acqua piovana raccolta viene convogliata da un canale e penetra nella massa di sabbia e quindi nel pozzo, dal quale è prelevata. In periodi di siccità non era infrequente riempirle con acqua trasportata in botti o altri recipienti (figg. 2.58, 2.59, 2.60).

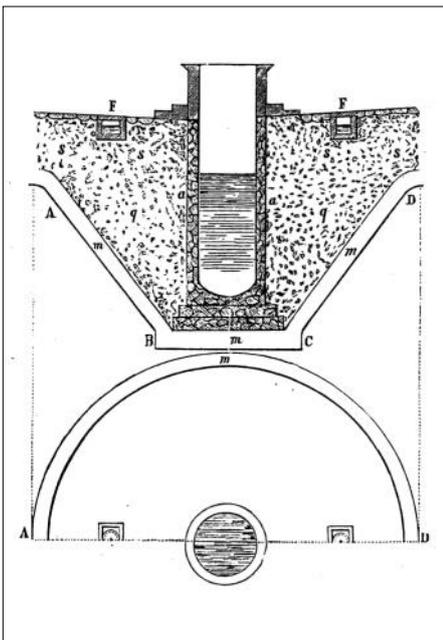


Fig. 2.58 - Cisterna alla veneziana. A-B -C-D: invaso in muratura; m: strato di argilla; a: camicia del pozzo permeabile; q: sabbia silicea; F: "cassettoni" per la raccolta dell'acqua piovana caduta sul soprastante selciato (Donghi D., Manuale dell'architetto, Torino 1923).

Tornando a forme semplici, esistenti presso gli insediamenti rupestri sia dei Sassi di Matera sia in quelli minori dislocati lungo i margini delle gravine, si riscontrano cisterne anche interne alle abitazioni, descritte come a forma di pera o di campana, e scavate nella viva roccia. Laureano riporta un particolare tipo chiamato "cisterna a tetto" e presente sull'altopiano delle Murge per abbeverare il bestiame: l'acqua viene raccolta per microinfiltrazione direttamente nella camera rettangolare scavata nella roccia. Coperta da un tetto a doppio spiovente, al centro è provvista di un foro per il prelievo; l'acqua è poi versata in una canaletta che dal tetto confluisce negli abbeveratoi. Sempre Laureano ci parla della "camera di condensazione", la cui alimentazione è costituita dalla condensa che si forma sulla copertura delle perforazioni.

Un altro particolare tipo di camera di raccolta e di stoccaggio è rappresentato dalle cisterne di Conversano, in Puglia. All'interno e ai margini di vari laghi, spesso stagionali, sono state costruite delle camere sotterranee di raccolta delle acque, utilizzate e restaurate fin quasi ai giorni nostri. Si tratta di opere a forma di tholos o di campana, rivestite in pietrame o conci, della profondità compresa tra i 4 m e i 12 m. Le sezioni orizzontali possono essere sia circolari che ellittiche. Il fondo delle opere non è visibile a causa dell'accumulo del limo, o per intero. Servivano ad assicurare una

riserva idrica quando i laghi si asciugavano o comunque riducevano il bacino ad uno specchio melmoso. Inoltre, nell'area



Fig. 2.59 - Puteale di una cisterna veneziana.

del Gargano, le opere di presa e di conserva sono associate a solchi vallivi fossili, doline e depressioni naturali del terreno e vengono localmente indicate con i nomi di piscina, cutino o pozzo.

Altro sistema per immagazzinare l'acqua, utilizzato ad esempio anche nello Yemen del Nord, è la costruzione d'una diga di sbarramento per chiudere il cor-





Fig. 2.60 - Puteale di una cisterna veneziana.

so di un wadi: il bacino così formato ha carattere alluvionale e il suo riempimento dipende unicamente dall'incoostante portata del wadi, che alterna periodi di secca ad altri di piena a seconda delle precipitazioni. La più imponente era la diga di Ma'rib, che chiudendo il corso del Wadi Adhana si sviluppava per circa 600 m e con un'altezza di 15 m; era dotata di tre chiuse con le quali si regolava il flusso d'acqua necessario all'irrigazione dei sottostanti coltivi. Il Corano riporta il crollo della diga, avvenuto attorno alla metà del VI sec.

Un'ulteriore distinzione si può operare nel caso in cui la cisterna sia stata ricavata, ad esempio, da una cava (nel qual caso verrà indicata e censita come cava riutilizzata per lo stoccaggio dell'acqua). A Cagliari, il Cisternone Vittorio Emanuele II è una cava data per punica e riutilizzata in epoca romana come serbatoio (fig. 2.61). Nel vic-

ino anfiteatro l'acqua meteorica veniva raccolta in appositi canali scavati nella roccia e tramite un condotto sotterraneo provvisto di piscina limaria versata nella cava anch'essa sotterranea, impermeabilizzata in cocciopesto. Per quanto riguarda i rivestimenti, le soluzioni possono essere svariate. Vi possono essere opere incamiciate con pietrame, mattoni, conci e impermeabilizzate mediante argilla o malta idraulica. In esempi più recenti o a seguito di riutilizzi, s'impiega cemento o ancora calcestruzzo. Non mancano esempi privi di rivestimento, scavate in rocce impermeabili e non fessurate. Le volte di copertura possono essere aggettanti, a tutto sesto, a sesto ribassato, a sesto acuto, a catino, oppure sorrette da colonne (fig. 2.62). Presso il convento di San Cosimato (Roma)

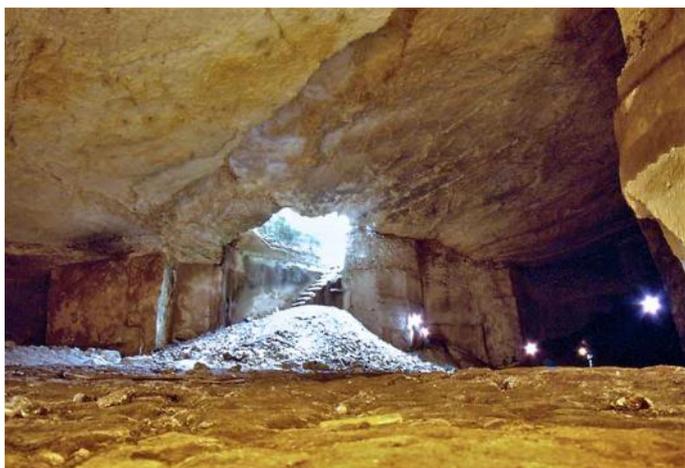


Fig. 2.61 - Cagliari: il Cisternone Vittorio Emanuele II.



Fig. 2.62 - Fontana del Latér, situata a Bergamo Alta, alimentata da due sorgenti captate mediante condotti sotterranei in muratura.

si può osservare una cisterna, a pianta rettangolare, scavata nella roccia in cui si sono ricavati a risparmio due pilastri (fig. 2.63). Le camere possono altresì presentare forme o elementi architettonici particolari.

Fino agli anni Sessanta del XX secolo, nelle zone di Alberobello, Cisternino, Martina Franca e Locorotondo in Puglia, si scavava il suolo per una profondità di 50-70 cm per raccogliere un'argilla rossiccia e pastosa chiamata 'vuolo', con cui impermeabilizzare internamente le cisterne destinate alla raccolta dell'acqua piovana. Scavate nella roccia, le cisterne erano a forma di damigiana, di fiasca, o di pera. Periodicamente, ogni uno o due anni, venivano scrostate, ripulite, talvolta disinfettate con la calce, e si riapplicava uno strato d'argilla spesso circa 5-10 cm. Trattando la circolazione delle acque nelle grotte, Leonardo da Vinci parla di come l'argilla sia impermeabile, ricordando: «potrebbe ben dire in tali fossi la densità della creta ovviare e proibire la penetrazione dell'acqua sotto di sé, come si vede nelle cisterne fatte nell'acque salse, le quali sono attorniate, fori dalla lor muraglia e rena, di questa terra, di che si lavora li vasi, finissima, e mai la potenza dell'acqua salsa nolla può penetrare, e così l'acqua si conserva dolce nelle (caver) cisterne» (Leonardo da Vinci, *Cod. Leicester*, f. 3-r.).

Generalmente l'acqua meteorica raccolta per l'uso potabile era decantata e filtrata. Un sistema poteva essere quello di dotare la cisterna di un piccolo locale adiacente e suddiviso in due scomparti: il primo è sostanzialmente un bacino di decantazione, da cui l'acqua passa nel successivo per tracimazione; il secondo serve al filtraggio e contiene strati di ghiaia, sabbia e carbone di legna, che il liquido attraversava prima di giungere alla camera di stoccaggio attraverso una o più tubature. Nel corso delle indagini non è sempre possibile



capire se una cisterna fosse o meno provvista di questi elementi. Buona parte delle camere di conserva all'interno presenta ancora doccioni o bocchette d'adduzione fittili, ma non sempre si riesce a stabilire se provengano o meno da impianti di decantazione e filtraggio, a patto d'avere la possibilità di eseguire scavi in tutta l'area circostante (fig. 2.64). Inoltre, come ad esempio nella cisterna a doppia camera e in quella alla veneziana, il sistema decantazione-filtraggio può avvenire adottando varie e differenti soluzioni costruttive.

Il pozzo trecentesco e la cisterna rettangolare, del secolo successivo, presso il Monastero di Sant'Agnese a Perugia sono dotate di pozzetto di raccolta (cutino o catino); in particolare, dal rilievo planimetrico di quest'ultima, nella sezione si vede molto bene che il pavimento è inclinato proprio nella direzione della conca circolare. Lo stesso dicasi per il pozzo prospiciente la Porta della Civita di Tarquinia, svuotato da Romanelli (Pozzo E), che nella relazione di scavo riporta come nel piano di fondo sia visibile una concavità larga 20 cm e profonda 10 cm.

È utile ricordare l'epidemia, probabilmente di peste, che colpisce anche Atene nel 430 a.C., come concorso di vari fattori. Oltre a descriverne i sintomi e gli effetti, Tucidide ci parla

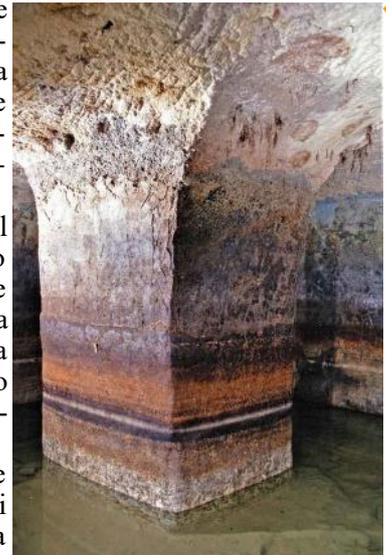


Fig. 2.63 - Uno dei due pilastri della Cisterna di San Cosimato sull'Aniene (Roma).



Fig. 2.64 - Quartiere industriale dell'abitato di San Giovenale (Viterbo) dove si sono ritrovati resti d'insediamenti che vanno dal periodo villanoviano a quello medievale, quest'ultimo caratterizzato dalla presenza di un castello. L'immagine mostra la bocca di una cisterna in cui s'immette la canaletta d'alimentazione.

dell'approvvigionamento idrico del Pireo, privo di *krenai* (sorgenti, fontane) e del fatto che il "morbo" investe quasi unicamente i centri più popolati, in cui affluiscono i profughi di guerra contribuendo a rendere precaria la situazione igienica. Come i pozzi, anche le cisterne sono opere che accompagnano la vita dell'uomo. Non mancano esempi di camere di conserva per l'olio e per il vino.

Le cisterne possono essere veri e propri "contenitori d'informazioni", come nel caso studiato a Pizzighetone (Cremona). Dotato di fortificazioni in più momenti storici, il borgo assume i connotati di una piazzaforte bastionata posta a cavaliere del fiume Adda e dal 1648 al 1656 il governatore di Milano Marchese di Caracena ne fa rafforzare l'intera struttura. Nel 2002 un intervento archeologico effettuato all'interno delle mura riporta alla luce una cisterna utilizzata come discarica di rifiuti organici e inorganici. Questo ha consentito il recupero del materiale, datato tra la seconda metà del XV sec. e i primi decenni del successivo.

TRASLATION

TYPOLOGY N. 2c: CISTERN

A cistern can be described as a large container. These are normally to be found underground, although there are many semi-subterranean and surface examples. The many types of cistern are to be found in all soil types and are used for the storage of rainwater, collected from roofs or special collecting surfaces (fig. 2.52).

Cisterns were used when there were no other means of obtaining water. The system was simple and efficient so long as periodic maintenance took place. Vegezio ordered that all public buildings and where possible, private buildings, build cisterns for the collection of rainwater from the roofs. Its task being that of collecting and storing water, a watertight 'container' was preferable. Cisterns come in many shapes and sizes, dependant on multiple factors, e.g. the material to be used, available funding, available technology, their purpose (potability being a major concern) and last but not least, the geological soil and the environment where they are to be built. A list of the most common types of underground cistern is detailed below (figg. 2.53, 2.54).

Pit cistern:

Simple ditch-shaped excavation in either soil or rock, for the collection of meteoric water; financially economic (fig. 2.55). The so-called 'giants' kettles' (more or less cylindrical cavities formed by the action of sand and coarse gravel dragged by subglacial stream currents, etc.) were used to collect and store water. One example can be seen at the Belvedere locality of Chiavenna (Sondrio), together with the remains of



the mediaeval castle.

Open-air cistern:

Similar to the pit cistern but larger with articulated collection and distribution systems. Laureano mentions «open-air cisterns» when describing the water-collection systems used in Qana (Yemen), consisting of tanks and filtering and decantation devices.

Single chamber cistern:

This is the most common and undoubtedly the most well known, providing a wide range of architectonic solutions (fig. 2.56). In its most basic form, a cistern can be cylindrical, tronococonical, bottle-shaped, demijohn or dome-shaped (*tholos*) or irregular in shape, with multiple variants. One type is known as the “bagnarola cistern”. Rectangular in shape, its lower sides rounded, records of this type of cistern were documented at the *Tharros* settlement in Sardinia. The same shape can be found in the cisterns of the ancient city of *Cosa* (Grosseto). The most common type of cistern are those with a, more or less regular, parallelepiped shape although it may well be that these appear more common since many such examples survive.

Multi-chamber cistern:

This type of cistern is less common and generally consists of two or more cisterns, which have been joined together. Sometimes this type of cistern was created in environments, which were only subsequently used for water storage and whose original purpose is unknown.

Dual-chamber cistern:

This consists of two concentric chambers, which can be round or square, the internal chamber being the storage chamber and the external chamber being used for filtering purposes. The two chambers are joined via the transfer outlet. One example of such chambers is provided by the Veracchi-Crispoliti Palace in Perugia.

Cistern with passages:

Normally consists of a network of connecting passages; in its more complex form, it is not dissimilar to a room and pillar mine (fig. 2.57).

Filtering cistern:

Of the various types of cistern, this ensured a good degree of potability. The most common type is known as the “Venetian-style cistern”. This consists of a conical excavation, which is at least 3 m deep, the walls and base of which, are lined with a layer of compressed sand and clay. A cylindrical well, which communicates directly with the lower section of the conical excavation rises centrally from the cistern’s base. The gap between the well and the wall is filled with washed silica sand. Collected rainwater is filtered by the sand and channelled into the well, from where it is then removed. During dry spells, the cistern was often filled with water collected in barrels or other containers (figg. 2.58, 2.59, 2.60).

Going back to the basic types of cistern used in rock settlements, pear or bell-shaped cisterns, cut directly into the rock, are often found inside dwellings in the Sassi di Matera settlement and in minor settlements situated along the edges of the ravine. Laureano reports of a particular type known as *roof cistern*, to be found on the Murge plateau, used to provide drinking water to livestock: water is collected directly, by micro-infiltration, into a rectangular chamber, cut directly in the rock. Covered by a double-pitched roof, a central opening is utilised for withdrawal of the water; the water then flows into a chute and is channelled from the roof into the water troughs. Laureano also refers to the “condensation chamber”, supplied by the condensation which forms on the cover of perforations.

The Conversano cisterns in Puglia are another type of collection and storage chambers. Underground water storage chambers were built both in or on the banks of lakes, often seasonal lakes. These were restored and utilised almost to the present day. These structures are *tholos* or bell-shaped, are lined with rocks or stone segments and are of between 4 m and 12 m deep. Their horizontal sections can be either circular or elliptic. The base of the structures is no longer visible due to the accumulation of silt or soil deposits. These ensured a water reserve when the lakes dried up and at any rate, reduced the basin-level to a pool of mud. Additionally, in the Gargano area, structures for the capture and storage of water are associated to fossiliferous valley rifts, dolines and natural depressions, known locally as pool, collection basin or well.

Another water storage system, also used in northern Yemen, was to build a dam to block the course of a *wadi*: the basin thus formed is alluvial in nature and is reliant on the wadi’s inconsistent flow, which alter-



nates between dry periods and floods depending on rainfall. The most imposing was the Ma'rib dam which, blocking the course of the Wadi Adhan, was 15 m height and extended for approximately 600 m; it had three sluice gates, which regulated the flow of water for irrigation of the underlying crops. The Koran tells of the collapse of the dam, which took place in the mid VI century.

Further distinction can be made where a cistern has been found in a quarry (in which case it will be classified and registered as a quarry for water storage). The "Cisternone Vittorio Emanuele II" in Cagliari is a Punic quarry (fig. 2.61), which was re-utilised during Roman times as a reservoir. In the nearby amphitheatre, meteoric rain was collected by special canals cut in the rock and by an underground channel equipped with an underground settling basin, rendered waterproof through the use of *opus signium* (lime mortar with an aggregate of coarse pieces of broken terracotta).

There are many lining solutions: There are structures with stone, brick and stone segment cladding, which are rendered waterproof with clay or hydraulic mortar. In more recent examples, or following re-utilisation cement or concrete are used. There is no shortage of unlined structures, cut into impermeable rock and presenting no fissures. The vaulted roofs may consist of overhanging, semi-circular, drop, pointed or conch vaults or of arches supported by pillars (fig. 2.62). The convent of San Cosimato (Rome) has a rectangular cistern, which was cut directly into the rock (fig. 2.63). Two pillars were uncovered here. Chambers may also have particular architectonic shapes or elements.

Until the 1960s, in the Alberobello, Cisternino, Martina Franca and Locorotondo areas of Puglia, the ground was excavated to a depth of 50-70 cm, to obtain reddish and pasty clay called "vuolo", used as a waterproof lining for the cisterns used to collect rainwater. Cut into the rock, the cisterns were demijohn, flask or pear-shaped. Every one or two years, these were de-scaled, cleaned and sometimes disinfected with lime before re-applying a 5-10 cm layer of clay. On the subject of water circulation in caves, Leonardo da Vinci mentions the impermeable properties of clay: «the density of clay could well obviate and prevent underlying water penetration as demonstrated by saline water cisterns, which have outwith their walls and gravel, a layer of the fine clay from which vases are made. Saline water shall never penetrate this material thus the water within the cisterns (*caver*) shall always be fresh» (Leonardo da Vinci, *Cod. Leicester*, F. 3 - r.).

Rainwater, collected for drinking purposes was generally decanted and filtered. One system may have been the addition of a small compartment to the cistern, which was then subdivided into two smaller compartments: the first is essentially a settling pond - from here water overflows into the next compartment; the second serves as a filter and contains layers of gravel, sand and wood charcoal through which the liquid must pass before reaching the storage chamber via one or more pipes. During investigations, it is not always easy to establish whether a cistern has these elements.

Many storage chambers still have internal waterspouts or water supply inlets, although it cannot always be established whether these originate from decantation and filtering systems unless excavation of the surrounding areas can be carried out (fig. 2.64). Furthermore, the decantation-filtering system can take place by using various construction solutions as exemplified by double-chamber and Venetian cisterns.

The XIV century well and the XV century rectangular cistern of the Sant'Agnese Monastery in Perugia both have a collection basin ("cutino" or "catino"); the planimetric survey of the latter clearly shows that the inclined floor slopes towards the circular depression. The same can be said of the well overlooking the Civita di Tarquinia Gate, drained by Romanelli ("Pozzo E"), who reports in his field report that a 20 cm by 10 cm depression is visible on the well floor.

The epidemic, possibly of plague, which also strikes Athens in 430 B.C., should be regarded as a culmination of events. In addition to describing its symptoms and effects, Thucydides tells us about water supply in Piraeus, carried out without *krenai* (streams, fountains) and about how the 'epidemic' almost always affects the populated centres to which war refugees flock, thus rendering the sanitation situation precarious (Thucydides, II, 47, 1-54, 5). Like wells, cisterns are also structures which accompany Man in his journey through life. There are many examples of oil and wine storage chambers.

Cisterns, such as the one investigated in Pizzighettone (Cremona), can be true 'mines of information'. Equipped with fortifications in different historical periods, the village takes on the aspect of a bastioned stronghold, astride the River Adda and from 1648 to 1656, Marchese di Caracena (the Governor of Milan) has the entire structure reinforced. An archaeological operation carried out inside the town walls in 2002, reveals a cistern, once used as for the disposal of organic and inorganic waste. The organic matter was recovered and dated back to the latter half of the XV century and the first few decades of the XVI century.

* * *



TIPOLOGIA N. 2c: GHIACCIAIA

Locale destinato al mantenimento del ghiaccio sia raccolto durante l'inverno, sia cavato e trasportato da cavità naturali o da ghiacciai montani. La ghiacciaia poteva essere costruita o ricavata in vari modi:

- ghiacciaia fuori terra;
- ghiacciaia semisotterranea (figg. 2.65, 2.66);
- ghiacciaia costruita nel sottosuolo (figg. 2.67, 2.68, 2.69);
- ghiacciaia scavata nel sottosuolo o in una parete rocciosa;
- ghiacciaia ricavata sfruttando una cavità naturale.

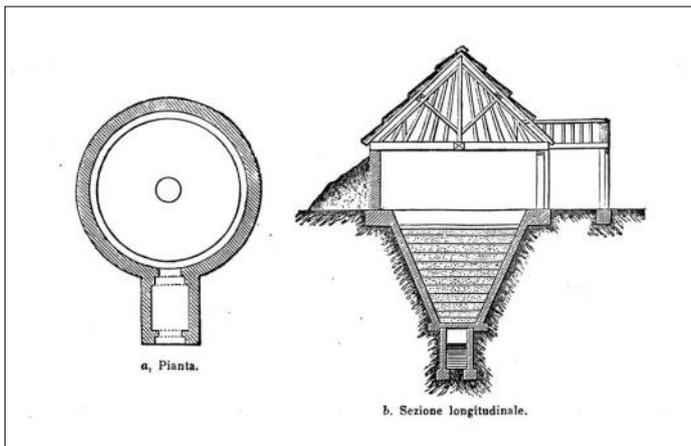


Fig. 2.65 - «Fossa da ghiaccio con copertura sopraelevata» (Donghi D., *Manuale dell'architetto*, Torino 1923).

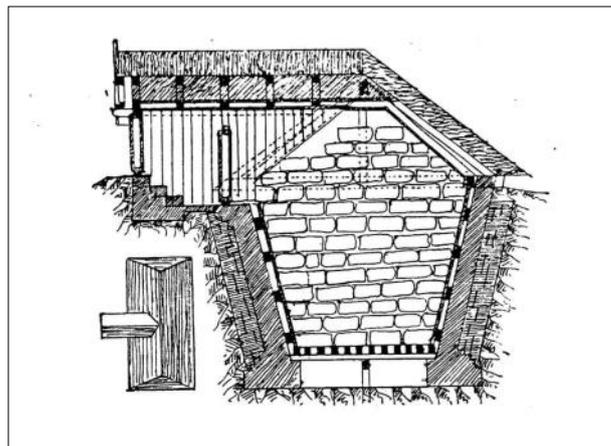


Fig. 2.66 - «Fossa da ghiaccio» (Donghi D., *Manuale dell'architetto*, Torino 1923).

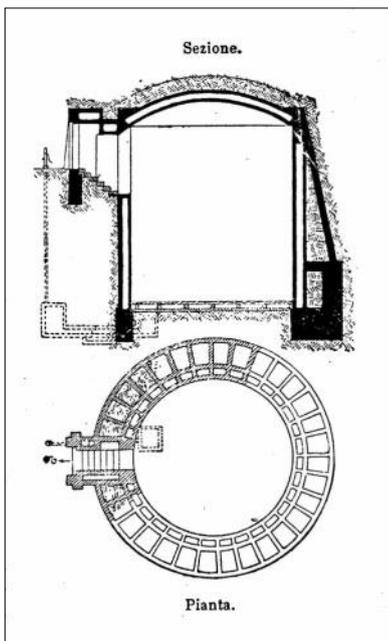


Fig. 2.67 - «Ghiacciaia sotterranea cilindrica» (Donghi D., *Manuale dell'architetto*, Torino 1923).

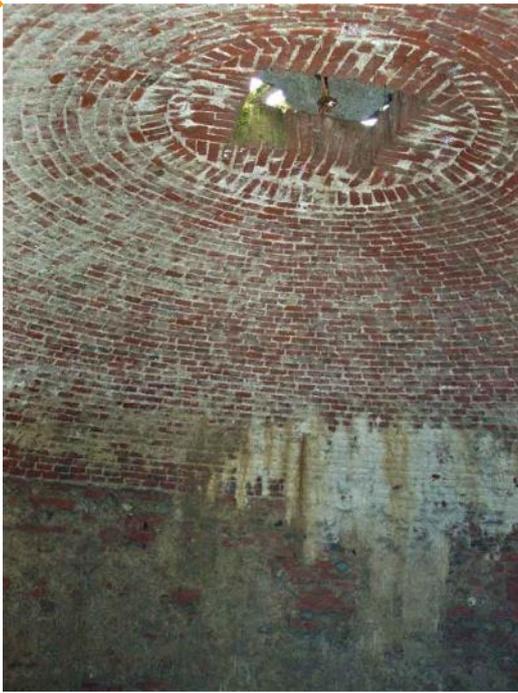
Le ghiacciaie più comuni sono costituite da un ambiente sotterraneo, semisotterraneo o anche sopra terra, con mura spesse e il cui isolamento termico è rinforzato con intercapedini sia piene che vuote; termicamente isolati debbono essere anche il pavimento e la copertura. Talvolta le strutture solo parzialmente interrato potevano essere ricoperte di terra, fino a formare una sorta di tumulo, per ottenere una maggiore coibentazione. Il locale, generalmente a pianta circolare, viene reso impermeabile a infiltrazioni esterne, ha una ventilazione che consente di eliminare o limitare la formazione di condensa sulle pareti e un sistema di smaltimento dell'acqua di fusione. Il ghiaccio era accumulato attraverso il corridoio d'accesso, oppure da appositi condotti inclinati che dall'esterno giungevano direttamente nella camera (figg. 2.70, 2.71, 2.72). Il ghiaccio poteva essere conservato per essere venduto nei mesi caldi, oppure servire in loco alla conservazione di cibi come carne, pesce, burro, etc.

Presso l'ex Monastero Olivetano di S. Maria a Baggio (oggi quartiere di Milano), meglio conosciuto come Cascina Monastero, ancora ai primi del XX sec. in inverno si usava allagare appositamente alcuni campi in modo che l'acqua potesse stagnare e gelare. Le sottili lastre di ghiaccio venivano tagliate, sovrapposte e lasciate nuovamente gelare, per essere poi raccolte e depositate nella grande ghiacciaia semisotterranea. Il ghiaccio, conservato a strati tra segatura e pula di riso era poi venduto a Milano nei mesi estivi. La "giazera" di Comabbio (Varese) è una costruzione in mattoni a pianta circolare, di una decina di metri di diametro, altrettanto



Fig. 2.68 - Ghiacciaia sotterranea di Villa Rasini a Limbiate (Monza Brianza); la volta a cupola ribassata era coperta esternamente con uno spesso strato di argilla fine per garantire l'impermeabilizzazione (foto di Davide Padovan).





profonda e di poco emergente dal terreno. Per accedervi vi è un'anticamera a corridoio provvista di tre porte. Probabilmente costruita alla fine del XVIV sec., serviva ai pescatori locali per la conserva del pesce.

La Ghiacciaia di Piantelli, nel comune di Cairo Montenotte (Savona), è un esempio realizzato alla fine dell'Ottocento di ghiacciaia semisotterranea. È composta da quattro camere di conserva monumentali, con una capacità complessiva di stoccaggio di oltre 6.000 m³ e di un tratto di galleria dove giungeva un troncone ferroviario per il carico; oggi è in totale abbandono e una camera è completamente allagata. Il ghiaccio prodotto a San Giuseppe di Cairo veniva trasportato e utilizzato nei grandi ospedali genovesi e nei mercati rivieraschi del pesce.

Fig. 2.69 - Interno della ghiacciaia di Villa Rasini a Limbiate; di forma troncoconica, ha il fondo inclinato verso il centro dove si apre il pozzetto di esfiltrazione dell'acqua di fusione.



Fig. 2.70 - Volantino che pubblicizza la ghiacciaia situata nel borgo medioevale di Amagno-Strozza (Bergamo).



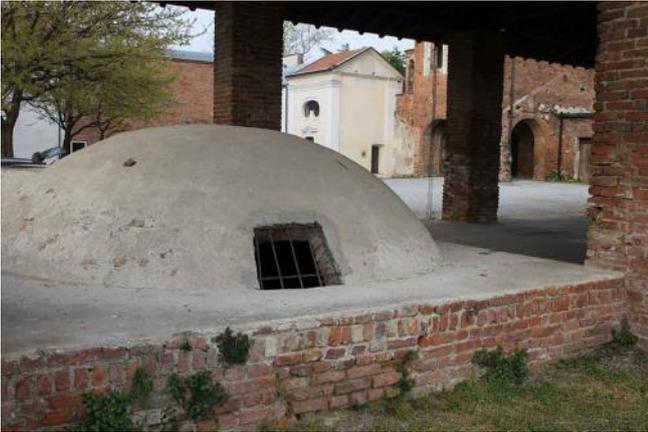


Fig. 2.71 - Castello San Giorgio di Legnano (Milano): all'interno vi è la l'antica ghiacciaia, recentemente studiata e rilevata dall'Ass.ne S.C.A.M. - F.N.C.A.



Fig. 2.72 - Interno della Ghiacciaia del Castello San Giorgio: la volta è stata rifatta in tempi recenti, ma il fondo dell'opera troncoconica è colmo di macerie e spazzatura.

TRASLATION

Typology n. 2c: Icehouse

Room for the storage of ice either collected during the winter or dug and transported from natural cavities or mountain glaciers. There were various methods of building or obtaining icehouses:

external icehouse;

- *semi-subterranean icehouse* (figg. 2.65, 2.66);
- *underground man-made icehouse* (figg. 2.67, 2.68, 2.69);
- *underground icehouse, excavated in the ground or cut into a rocky wall;*
- *icehouse obtained from the exploitation of a natural cavity.*

The most common types of icehouse are those constructed with thick underground, semi-subterranean or even surface walls. Thermal insulation is improved by empty or filled gaps and the floor and the roof of such structures must also be thermally insulated. For additional insulation purposes, those structures which were only partially underground could sometimes be covered with soil, until a mound was formed. These generally circular-shaped rooms are rendered impermeable to external infiltration, have their own ventilation which can eliminate or limit the formation of condensation on the walls and a system for the disposal of icewater. Ice deposits were made via the access corridor or via special external, inclined channels which led directly into the chamber. The ice could be stored and sold during the summer months or could be used on-site for the preservation of food such as meat, fish, butter, etc. (figg. 2.70, 2.71, 2.72).

As recently as the beginning of the XX century some fields at the former Olivetano Monastery of S. Maria a Baggio (now a district of Milan), better known as the Cascina Monastery, were still purposefully flooded during the winter so that water would stagnate and freeze over. The fine layers of ice were then cut, laid one on top of the other and once again frozen at which point the ice was collected and taken to the large underground icehouse. The ice, preserved between layers of sawdust and rice meal was sold in Milan during the summer months.

The Comabbio (Varese) "giazera" is a circular, brick structure, with a diameter of approximately ten metres and a similar depth. It emerges only slightly above the ground. It is accessed via a corridor ante-chamber with three doors. Most probably built at the end of the XVIV century, it was used by local fishermen for the preservation of fish.

The Piantelli icehouse in the municipality of Cairo Montenotte (Savona) is a semi-subterranean icehouse built at the end of the XIX century. It has four monumental preservation chambers with an overall storage capacity of over 6,000 m³ and a section of railway tunnel which was used for loading; this is now in disuse and one chamber is completely flooded. The ice produced at San Giuseppe di Cairo was transported and used in the large Genovese hospitals and in riverside fish markets.



TIPOLOGIA N. 2c: NEVIERA

Grotta, cantina o locale apposito, destinato in passato a deposito della neve, per il raffreddamento di cibi e bevande, anche utilizzata per la conserva di alimenti facilmente deperibili. Non di rado con il termine di neviera viene indicata la ghiacciaia. Invece di prelevare lastre di ghiaccio si accumulava la neve nel locale e la si pressava (figg. 2.73, 2.74).

All'interno del Forte di Fuentes (Lecco), nel terrapieno del bastione situato a ridosso del Palazzo del Governatore, vi è un pozzo cilindrico



Fig. 2.74 - Interno della neviera cilindrica: sul fondo si scorge il pozzetto rivestito di ciottoli per l'esfiltrazione dell'acqua di fusione.

non regolare provvisto di un corridoio di accesso in muratura e un tempo dotato di volta di copertura, di cui rimangono brevi tratti aggettanti. Il paramento murario è costituito da pietra locale, con una parte, verso il fondo, poggiante alla roccia; è impermeabilizzato con malta.

Profondo 4.4 m all'interro e con un diametro massimo di 3.3 m, è identificabile come neviera o ghiacciaia.

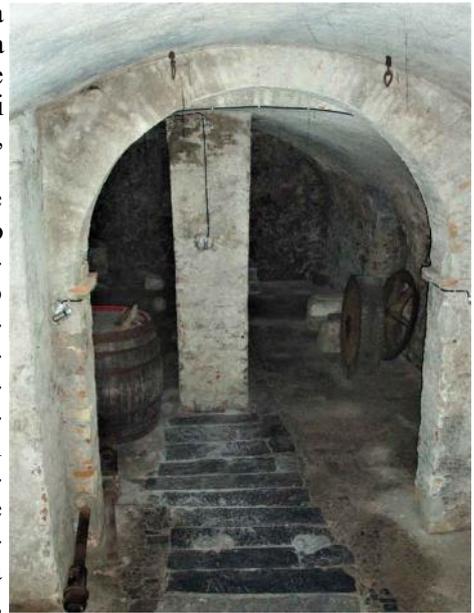


Fig. 2.73 - Antica villa di Lecco con cantina sotterranea e neviera cilindrica.

TRASLATION

TIPOLOGY N. 2c: SNOWSTORE

Cave, cellar or special chamber used in the past to hold snow for the chilling of food and drink and the preservation of perishable food. Icehouses are often referred to as snowstores. Instead of removing layers of ice, snow was placed inside the room and compacted (figg. 2.73, 2.74).

Inside the Fort at Fuentes (Lecco), in the terreplein of the bastion near the Governor's Palace, is an irregular cylindrical well with a masonry access; overhanging parts of its vaulted roof have survived to this day. The well's facing is made of local stone and the lower part of the well rests on the rock; the facing is rendered impermeable by mortar. With an internal depth of 4.4 m and a maximum diameter of 3.3 m, it falls under the classification of snowstore or icehouse.

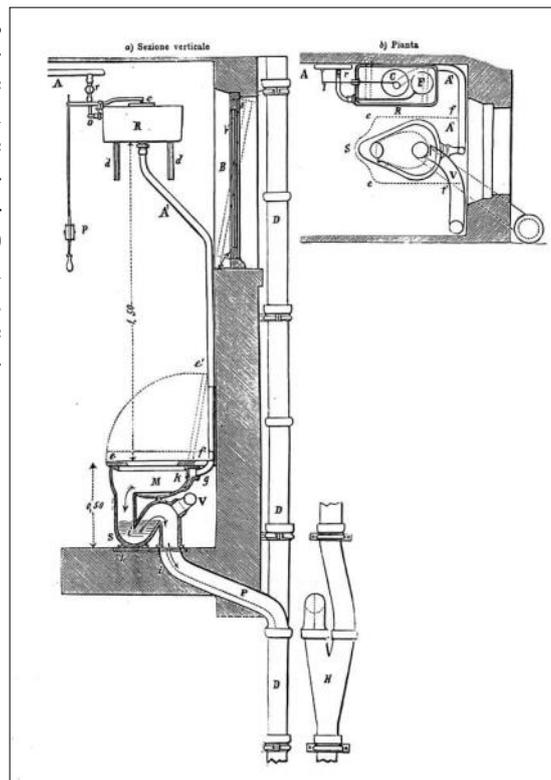
* * *



TIPOLOGIA N. 2d: SMALTIMENTO

Il sistema di smaltimento si rende necessario quando l’Uomo, presa coscienza di sé, si organizza in comunità. Con la formazione degli aggregati urbani i sistemi di smaltimento delle acque bianche e delle acque nere diviene indispensabile. Si tratta quindi di smaltire i rifiuti organici, le acque reflue degli opifici, le acque meteoriche, occupandosi inoltre dei corsi d’acqua naturali divenuti vere e proprie fogne a cielo aperto (fig. 2.75). Nei centri urbani uno smaltimento inadeguato all’espansione creava (e crea) seri inconvenienti sia alla salute pubblica, con il manifestarsi d’infezioni ed epidemie, sia in caso di forti precipitazioni perché, nel qual caso, i sistemi non erano in grado di fare adeguatamente defluire i carichi, dando luogo a straripamenti e con le immaginabili conseguenze.

Fig. 2.75 - «Particolare degli apparecchi di una latrina idraulica. S, sifone del vaso con becco i pescante cm. 3-4; M, calotta d’acqua profonda circa cm. 3,5; e f, sedile di legno verniciato alzabile a cerniera; V, tubo di aerazione del sifone del vaso; P, raccordo di scarico in piombo, innestato nel raccordo doppio H del tubo di scarico DD di tutte le latrine sovrapposte; R, vaschetta di cacciata alimentata dalla condotta A; r, robinetto di arresto; o, robinetto con galleggiante F; C, campana di sifonatura della vaschetta innalzantesi mediante il tiro dell’asta o catenella guidata in P; A’, tubo di caduta dell’acqua nel vaso di latrina; g, sbocco del getto d’acqua di lavatura tanto sotto la conchiglia k, produttore ventaglio d’acqua, quanto nel canaletto superiore di contorno del vaso; B, vetrata a bilico di aerazione del gabinetto» (Donghi D., *Manuale dell’architetto*, Torino 1923).



TIPOLOGIA N. 2d: FOSSA SETTICA

Detta anche *fossa biologica*, o *fossa a depurazione biologica*, la fossa settica è generalmente sotterranea e composta da due camere stagne e perfettamente chiuse dove affluiscono le materie di scarico solide che vi subiscono spontaneamente la fermentazione anaerobica.

TRASLATION

TYOLOGY N. 2d: DISPOSAL

The waste disposal system became necessary when Man, developed self-awareness and organised his community. With the advent of urban complexes, white water and black water disposal systems became vital. This typology therefore deals with the disposal of organic waste, waste water from mills and meteoric water as well as of natural watercourses which have become real open-air sewers (fig. 2.75). In urban centres, disposal which is not in line with expansion, caused (and still causes) serious public health issues with the manifestation of infections and epidemics. Similar issues arose during heavy rainfall, when the systems were unable to adequately drain the matter, resulting in flooding with evident consequences.

TYOLOGY N. 2d: SEPTIC TANK

Also known as a *biological tank* or *biological purification tank*, the septic tank is usually located underground and generally consists of two completely enclosed, watertight chambers. Solid waste is channelled into the chambers where anaerobic fermentation takes place.

* * *



TIPOLOGIA N. 2d: FOGNATURA

La fogna è il canale sotterraneo per la raccolta e l'eliminazione delle acque reflue. Con il termine di *cloaca* o di *chiavica* si indica il condotto sotterraneo che raccoglie e convoglia altrove le acque piovane e i liquidi di rifiuto. Le fognature possono classificarsi in statiche e dinamiche (figg. 2.76, 2.76a).



Fig. 2.76 - Milan Underground!



Fig. 2.76a - Dettaglio.

Fognatura statica:

Realizza la raccolta, la depurazione e l'eliminazione delle acque reflue mediante fosse biologiche o settiche, oppure con pozzi neri.

Fognatura dinamica:

Raccoglie e allontana continuamente le acque reflue mediante una rete di canalizzazioni, generalmente dopo averle depurate in appositi impianti (figg. 2.77, 2.78).



Fig. 2.77 - Vecchia fognatura sotto il centro storico di Milano.



Fig. 2.78 - Milano: Nodo fognario Bonomelli: «Occupava una superficie di 2250 metri quadrati (...), e si spinge fino ad una profondità di 9 metri rispetto al piano stradale. La sua costruzione, iniziata nel 1900, fu ultimata nel 1927. I canali che lo costituiscono sono in calcestruzzo con rivestimento delle pareti in intonaco di cemento, mentre il rivestimento del fondo è costituito da masselli di granito e mattoni posati a coltello» (Gentile A., Brown M., Spadoni G., *Viaggio nel sottosuolo di Milano tra acque e canali segreti*, Comune di Milano, Milano 1990).

Una distinzione tra i sistemi di fognatura è stabilita in base alla natura delle acque in essi convogliate:

- acque bianche, sono essenzialmente le acque meteoriche le quali in genere contengono quantità poco rilevanti di impurità (fig. 2.79);
- acque nere o luride, sono le acque di rifiuto dei centri urbani, così dette perché contengono anche le deiezioni umane e animali (fig. 2.80).



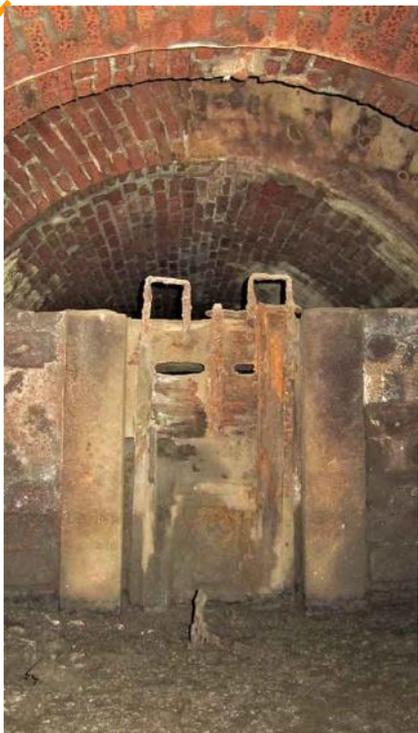


Fig. 2.80 - Vecchia fognatura milanese.

Fig. 2.79 - Roggia Castello meridionale utilizzata per la raccolta delle acque meteoriche.

Una seconda distinzione avviene in base al sistema:

Fognatura a sistema unitario (a canalizzazione unica, o fognatura mista, oppure a sistema romano):

Se le acque bianche e nere vengono convogliate nelle stesse canalizzazioni (figg. 2.81, 2.82, 2.83);

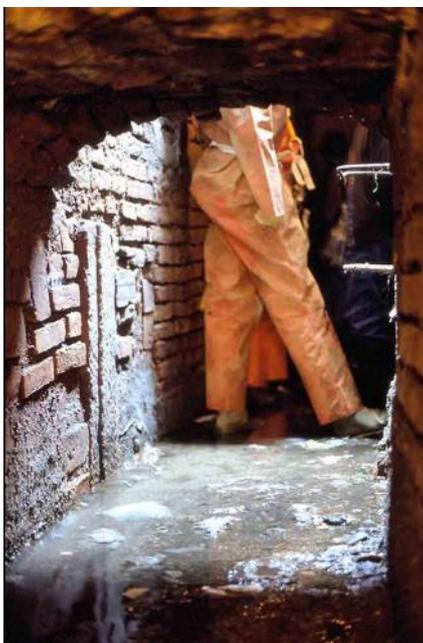


Fig. 2.81 - *Castrum Portae Jovis Mediolani*: al di sotto dell'odierno "fossato morto" corre un antico canale utilizzato fino al 2020 per scaricarvi le acque luride del Castello e quelle bianche dell'impianto di teleriscaldamento. Questo disattendendo le normative che imponevano al sistema fognario l'adozione della separazione tra acque bianche e acque nere.

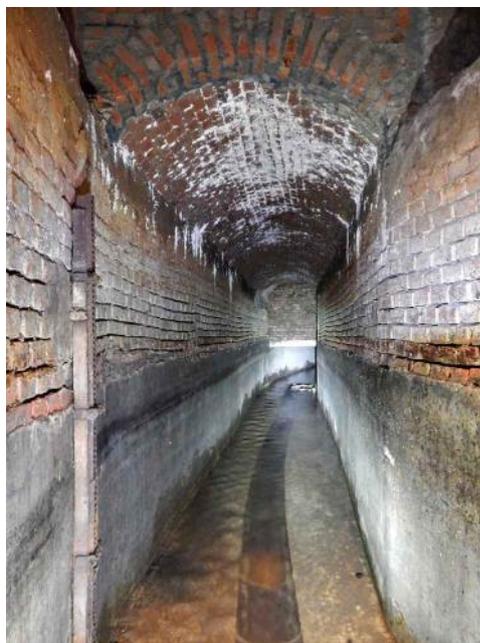


Fig. 2.82 - Passaggio Segreto del Castello visconteo-sforzesco di Milano, da noi denominato "Galleria dei Cavalieri": si noti l'inadeguato riutilizzo come condotto fognario.



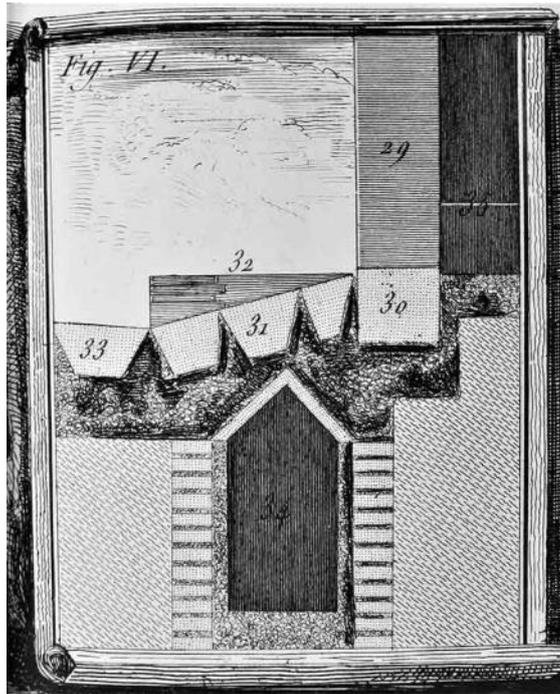


Fig. 2.83 - Pompei: condotto fognario con volta a doppio spiovente (Piranesi F., *Antiquités de la Grande Grèce aujourd'hui Royaume de Naples*, Paris 1804).

fognatura a sistema separatore (a canalizzazioni separate):

Se le acque bianche e nere vengono avviate in canalizzazioni distinte;

fognatura a separatore misto:

Se ammette nella rete delle acque nere una parte delle acque meteoriche, generalmente quelle che cadono sulle strade e quindi cariche d'impurità.

A seconda dell'adozione più o meno completa del sistema separatore e del modo come è promosso il moto delle acque luride nei rispettivi canali si hanno vari sistemi di fognatura. Le acque di rifiuto di un agglomerato urbano, che costituiscono l'effluente nero, provengono dalle abitazioni, dagli edifici pubblici, dagli stabilimenti dell'industria, dall'innaffiamento e dalla lavatura delle aree pubbliche. Esse trasportano deiezioni solide e altri residui organici e inorganici, che debbono essere allontanati il più rapidamente possibile perché possono contenere germi patogeni e sono, in ogni caso, facilmente putrescibili (fig. 2.84). Il volume delle acque di rifiuto di una città (effluente urbano) è strettamente legato a quello dell'acqua consumata, e eguaglia, in genere, i 4/5 di questo. La proporzione di acque industriali, le quali possono contenere particolari inquinamenti (macelli, concerie, industrie chimiche), dipende dalle condizioni locali. Le acque meteoriche formano l'effluente bianco e la loro portata può essere dedotta dallo studio della pluviometria della regione, al fine di prevedere le massime portate che si possono verificare e predisporre conseguentemente il sistema di raccolta e di smaltimento. La rete di canalizzazioni destinata all'allontanamento delle acque di rifiuto deve essere impermeabile, per impedire l'infiltrazione di acque nocive nel sottosuolo urbano, e isolata dall'atmosfera della città perché a questa non possano pervenire i gas che si sviluppano dai liquami (figg. 2.85, 2.86). Corsi d'acqua e canali artificiali successivamente dotati di copertura possono assumere la funzione di fogna.



Fig. 2.84 - Milano: volta a ombrello e oculo centrale del Collettore fognario Ponzio.





Fig. 2.85 - Muffa cresciuta sopra alcuni escrementi di ratto.



Fig. 2.86 - Un chilopode, occasionale abitatore delle fogne.

I *fognoli* costituiscono le ramificazioni estreme della rete di fognatura e sono costruiti al piede delle colonne di scarico dei tetti e delle latrine. Essi convogliano le acque di scolo in *canali maggiori* che sono situati generalmente sotto le strade; questi a loro volta confluiscono nei *collettori fognari* i quali sboccano nel *canale emissario fognario*.

Emissario di evacuazione:

Negli impianti di fognatura è il collettore generale, scorrente in galleria o anche, in lontananza dall'abitato, a cielo aperto, che congiunge direttamente l'agglomerato urbano alla stazione di bonifica o al luogo dove le acque vengono gettate nello scarico naturale. La disposizione della rete fognante è stabilita in relazione alla natura del sottosuolo, alla giacitura di eventuali corsi d'acqua, alla conformazione della rete stradale, all'ubicazione degli scarichi. Le soluzioni più frequenti si possono riassumere nei caratteristici tipi sottocitati.

Tipo perpendicolare:

I collettori di ogni singola zona scolante raggiungono, ciascuno indipendentemente dagli altri, il corso d'acqua recipiente, con andamento sensibilmente perpendicolare a questo (fig. 2.87). Considerato antiquato, attualmente lo si può adottare per le acque bianche nel sistema separatore, nel caso di abitati attraversati appunto da un corso d'acqua, oppure in riva del mare o di un lago.

Tipo ad intercettazione:

Conduce lo scarico finale dei collettori principali lontano dall'agglomerato urbano, mediante un *canale intercettatore*, in un recipiente o su campi di depurazione.

Tipo longitudinale:

È formato da collettori paralleli o inclinati all'asse del recipiente (fiume o spiaggia), che sfociano negli emissari e dividono il centro urbano in zone a gradini a differenti livelli.

Tipo a ventaglio:

Le zone urbane vengono divise con i propri collettori che convogliano le acque in un solo punto di raccolta.

Tipo a terrazzi:

Nell'agglomerato urbano i collettori sono specifici per le parti basse e le parti alte e la suddivisione si rende necessaria quando nelle prime si devono sollevare le acque cloacali ed eventualmente anche quelle pluviali; i collettori possono essere tra loro riuniti con canali sussidiari.

Tipo radiale:

L'agglomerato urbano è suddiviso in zone, ognuna con reti proprie e propri collettori radiali che, in genere, possono avere una diversa destinazione; è il tipo più adottato per le città in piano.

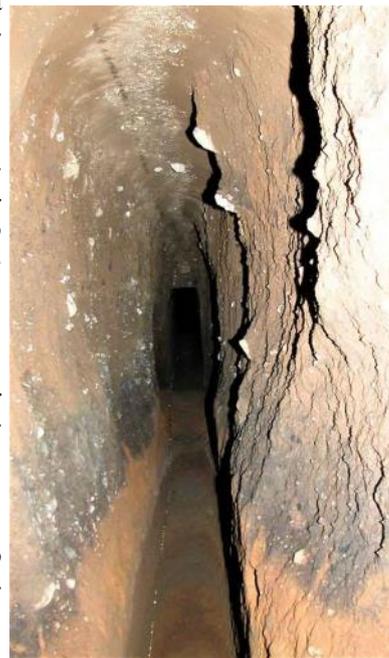


Fig. 2.87 - Fognatura antica situata al di sotto dell'abitato etrusco-romano di Volsinii (Bolsena).



A Mohenjo-Daro, in Pakistan, le abitazioni databili al secondo millennio avanti sono fornite di condotto di scarico e canaletti di scolo collegati a collettori secondari confluenti nei collettori principali. Per quanto riguarda lo studio delle città antiche fornite d'impianto fognario si riscontra che le canalizzazioni seguono i tracciati delle strade: questo consente oggi di rinvenirne gli assi viari.

Dopo la presa e la parziale distruzione di Roma da parte dei Galli nel V sec. a.C., Livio ci parla dell'arringa tenuta da Camillo a seguito della quale i romani decidono di ricostruire la propria città, dicendo che la fretta impedì il corretto allineamento delle vie e questo è il motivo per cui le vecchie cloache, che dapprima erano state fatte passare per il suolo pubblico, dopo correvano sotto le case dei privati (Livio, V, 55). Le fognature dell'antica Roma in genere si distinguono cronologicamente in base alla forma e ai materiali impiegati per la costruzione. Fognature più recenti sono costruite in mattoni, con volta a tutto sesto o ad arco ribassato, con fondo concavo o a cunetta sempre in mattoni (fig. 2.88), dotate o meno di banchine laterali. Si sviluppano ancora successivamente condotti la cui sezione è ovoidale, con la curvatura minore rivolta verso il basso (fig. 2.89).



Fig. 2.88 - Fondo di una vecchia fognatura milanese con mattoni posti di taglio.



Fig. 2.89 - Fognatura a sezione ovoidale, dismessa, a Saronno.

TRASLATION

TYOLOGY N. 2d: SEWAGE SYSTEM

A sewer is an underground canal for the collection and disposal of wastewater. The terms "cloaca" and sewer refer to the underground channel which collects and transports rain water and liquid waste elsewhere. Sewers can be classified as either static or dynamic sewers (fig. 2.76).

Static sewer:

Collects, purifies and disposes of wastewater via biological or septic tanks or via cesspits.

Dynamic sewer:

Collects and continually dispels wastewater via a network of channels, generally after having purified the water in special installations (figg. 2.77, 2.78).

A distinction between the sewage systems can be made according to the type of water intake:

- white waters essentially consist of meteoric water, which generally contains insignificant levels of impurity (fig. 2.79);
- black water or lavatory water, is waste water from urban centres, so-called on account of its content (human and animal faeces) (fig. 2.80).

A second distinction is made according to the system itself:

Single sewer (single channel or mixed sewer or a Roman system):

If white and black waters are transported in the same channels (figg. 2.81, 2.82, 2.83);



Separate sewer system (with separate channels):

Where white and black waters are transported in separate channels;

Mixed separator sewer:

Where a certain amount of meteoric water (usually groundwater which is full of impurities) is permitted within the black water network.

There are various types of sewer, depending on whether the full separator system is used and on the method utilised to channel the sewage waters into their respective canals. The black effluent consists of waste water from urban centres, namely from houses, public buildings and industrial sites, from irrigation and from the cleaning of public areas. Waste water carries solid human waste and other organic and inorganic residue, which must be removed as quickly as possible for two reasons: such waste is putrescible and may contain pathogenoues germs (fig. 2.84). The volume of a city's waste water (urban effluent) is strictly linked to the volume of water used and is generally equivalent to 4/5 of this. The proportion of industrial water, which may contain specific pollutants (from abbatoirs, tanneries and chemical industries) depends on local conditions. The white effluent consists of meteoric water, the volume of which can be calculated from the region's pluviometry. This assists in the estimation of maximum volumes, required for the implementation of a collection and disposal system. The network of waste water removal channels must be impermeable to prevent harmful water from infiltrating the urban subsoil (figg. 2.85, 2.86). The network must also be distanced from city to prevent sewage gases from polluting the air. Watercourses and artificial cavities, which were subsequently covered, may be used as sewers.

Drainage channels are the outer ramifications of the sewage system and are located under gutters and lavatories. They carry waste water to *primary canals*, generally situated under roads; these in turn carry the water into *sewage collectors*, which open onto the *sewage effluent canal*.

Drainage effluent:

In sewage systems this is the general collector and usually flows underground, although there are open-air canals in uninhabited areas. The effluent directly links urban centres to the rendering plant or, in the case of natural disposal, to the place where water is discharged. The layout of the sewage system is determined on the basis of underground itself, the presence of any watercourses, the road network and the location of drains. The most common solutions are summarised below, by characteristic type.

Perpendicular type:

Collectors from each individual drainage area run perpendicular to the watercourse and each reach said watercourse independently (fig. 2.87). Now considered antiquated, this is currently used for the discharge of white waters using the separator system either where a watercourse cuts through inhabited areas, or alternatively at the seaside or near a lake.

Interception type:

Carries final discharge from the main collectors away from the urban centre to a container or purification plant by means of an *interception canal*.

Longitudinal type:

This consists of collectors which are either parallel to the recipient's axis or inclined (river or beach). These flow into the effluents and divide the urban centre into stepped areas at different levels.

Fan type:

The urban areas are divided and the various collectors carry water to one single collection point.

Terraced type:

Within urban areas there are specific collectors for upper and lower parts of town; this subdivision is necessary when the former must remove cloacal water and possibly rainwater. The collectors may be linked together by subsidiary canals.

Radial type:

The urban centre is divided into areas, each with its own networks and radial collectors, which are



may be used for other purposes; this is the most common type of collector used for flatland cities.

In Mohenjo-Daro, in Pakistan, the drainage pipes and gutters of houses dating to the second millennium B.C. are linked to secondary collectors which are, in turn, linked to primary collectors. Studies carried out on ancient cities with sewage systems reveal that the channels follow the street layout: this allows location of the street axes.

After Rome was captured and partially destroyed by the Gauls in the V century B.C., Livy (Titus Livius) tells us of the harangue held by Camillus, following which, the Romans decided to rebuild their city. It appears that in their haste, the roads were not correctly aligned, and where the old sewers once passed through public land, they now ran under private houses (Livy, V, 55). The sewers of Ancient Rome are generally dated on the basis of their shape and the material used in their construction.

More recent sewers were made of brick, with semi-circular or segmental arches, concave or trench brick bases and either with or without lateral embankments (fig. 2.88). Later still, egg-shaped sewers were developed, the minor arch of which, pointed downwards (fig. 2.89).

* * *

TIPOLOGIA N. 2d: POZZO CHIARIFICATORE (O BIOLOGICO)

L'opera si può comporre di due camere, di cui quella superiore di chiarificazione e l'inferiore per il deposito dei fanghi. A forma di pozzo o di cisterna a camera, nelle aree rurali la fossa settica è uno dei sistemi tra i più diffusi per il trattamento dei liquami domestici, che all'interno dell'impianto vengono fatti parzialmente sedimentare (fig. 2.90). Attraverso uno sfioratore o un sifone le acque passano in fosse sotterranee, non stagne e contenenti pietrisco, da cui poi percolano nel suolo dove vengono ossidate aerobicamente. Il materiale sedimentato rimane invece nella fossa, dov'è decomposto anaerobicamente e poi rimosso.



Fig. 2.90 - Forte Montecchio Nord (Colico): indagine nella fossa biologica oramai in disuso.

TRASLATION

TYPOLOGY N. 2d: CLARIFICATION (OR BIOLOGICAL WELL)

The work can consist of two chambers: the upper clarification chamber and the lower, sedimentation chamber. Consisting of a well or chamber cistern, the septic tank is one of the most commonly used systems in the treatment of domestic sewage within rural areas (fig. 2.90). Partial sedimentation takes place inside the chamber. A spillway or syphon carries the sewage to permeable underground ditches filled with broken stones where the sewage is filtered and drains through the soil where it is undergoes anodic oxidation. The sediment remains in the ditch, where it is anaerobically decomposed and subsequently removed.

* * *



TIPOLOGIA N. 2d: POZZO DI DRENAGGIO

Nella tecnica idraulica i pozzi di drenaggio sono praticati in terreni poco permeabili e finalizzati a facilitare il deflusso delle acque, generalmente in sottostanti terreni permeabili. La tecnica di costruzione non differisce da quella dei pozzi ordinari, salvo nel caso serva alla sola dispersione delle acque e pertanto avrà nella camicia appositi fori per la lenta fuoriuscita del liquido. Si costruiscono anche opere atte al contenimento delle acque in eccesso, fornite di apposito sfioratore, per assolvere contemporaneamente alle funzioni di conservare e di smaltire.

Smaltitoio:

Con tale termine s'indica lo scavo a forma di trincea o di pozzo realizzato nei terreni a sottosuolo permeabile, per drenare laddove risulti difficoltoso lo smaltimento delle acque superficiali; può essere rivestito con muratura a secco o provvista di fori passanti, o semplicemente essere riempito di fascine o di pietrame.

TRASLATION**TYOLOGY N. 2d: DRAINAGE SHAFT**

In hydraulics, drainage wells are built in land with little permeability to facilitate the flow of water to underlying permeable soil. Their method of construction is no different to that of ordinary wells unless the well is to be used only for water dispersion, in which case small holes in the cladding allow the liquid to be slowly released. There are also structures for the storage of excess water, the spillways of which simultaneously store and drain water.

Drainage trench:

This term refers to a trench or well-shaped ditch made in permeable land to drain areas where surface water tends to stagnate; it can be lined with dry stone fill or can have through-holes or be simply filled with faggots or stone.

* * *

TIPOLOGIA N. 2d: POZZO NERO

Perforazione del terreno incamiciata e resa impermeabile, in cui vengono temporaneamente accumulate le materie di rifiuto degli scarichi, per essere poi rimosse periodicamente.

Presso l'acropoli dell'antica *Heracleia* (Matera) sono venuti alla luce complessi sistemi idraulici per la canalizzazione e lo smaltimento delle acque meteoriche.

TRASLATION**TYOLOGY N. 2d: CESSPIT**

Sealed, impermeable hole in the ground for the temporary accumulation of waste material from drains, which is periodically removed.

Complex hydraulic systems for the channelling and disposal of meteoric water have been uncovered at the ancient city of Heraclea (Matera).

* * *

TIPOLOGIA N. 2d: POZZO PERDENTE (ASSORBENTE)

Impianto che raccoglie il liquame generalmente proveniente da un impianto di chiarificazione in una perforazione generalmente cilindrica, in muratura di pietrame, di mattoni o di calcestruzzo, privo di platea e con il fondo in pietrisco. Il sistema è inadatto in terreni argillosi compatti o in rocce calcaree assorbenti con sottostante falda suscettibile d'utilizzazione.

TRASLATION**TYOLOGY N. 2d: ABSORBING WELL**

Generally, a cylindrical stone masonry, brick or concrete rimless depression with a stone base for the collection of sewage from a clarification system. This system is not suitable for compacted clay soil or porous limestone rock with underlying usable water table.





HYPOGEAN ARCHAEOLOGY
Research and Documentation of Underground Structures
 Edited under the Aegis of the Federazione Nazionale Cavità Artificiali (F.N.C.A.)
 No 10

Archeologia dell'Acqua Potabile a Milano

Dagli antichi pozzi ordinari al moderno sistema
 di acquedotto urbano

Maria Antonietta Breda
 Gianluca Padovan



BAR International Series 2894

2018

Fig. 2.91 - Pubblicazione inerente l'Acquedotto Civico di Milano. Un estratto con aggiornamento è stato pubblicato nel numero speciale: Storia dell'Acquedotto di Milano, in *Sopra e sotto il Carso* (Rivista on line del Centro Ricerche Carsiche "C. Seppenhofer" aps – Gorizia. Numero Speciale settembre 2021), Gorizia 2021.



SOPRA E SOTTO IL CARSO





HYPOGEAN ARCHAEOLOGY
 Research and Documentation of Underground Structures
 Edited under the Aegis of the
 Federazione Nazionale Cavità Artificiali (F.N.C.A.)
 No. 14

Castrum Portae Jovis Mediolani

*Il Castello Visconteo – Sforzesco di Milano dai disegni
 di Leonardo da Vinci all'Archeologia del Sottosuolo*

Gianluca Padovan

BAR INTERNATIONAL SERIES 2949

2019

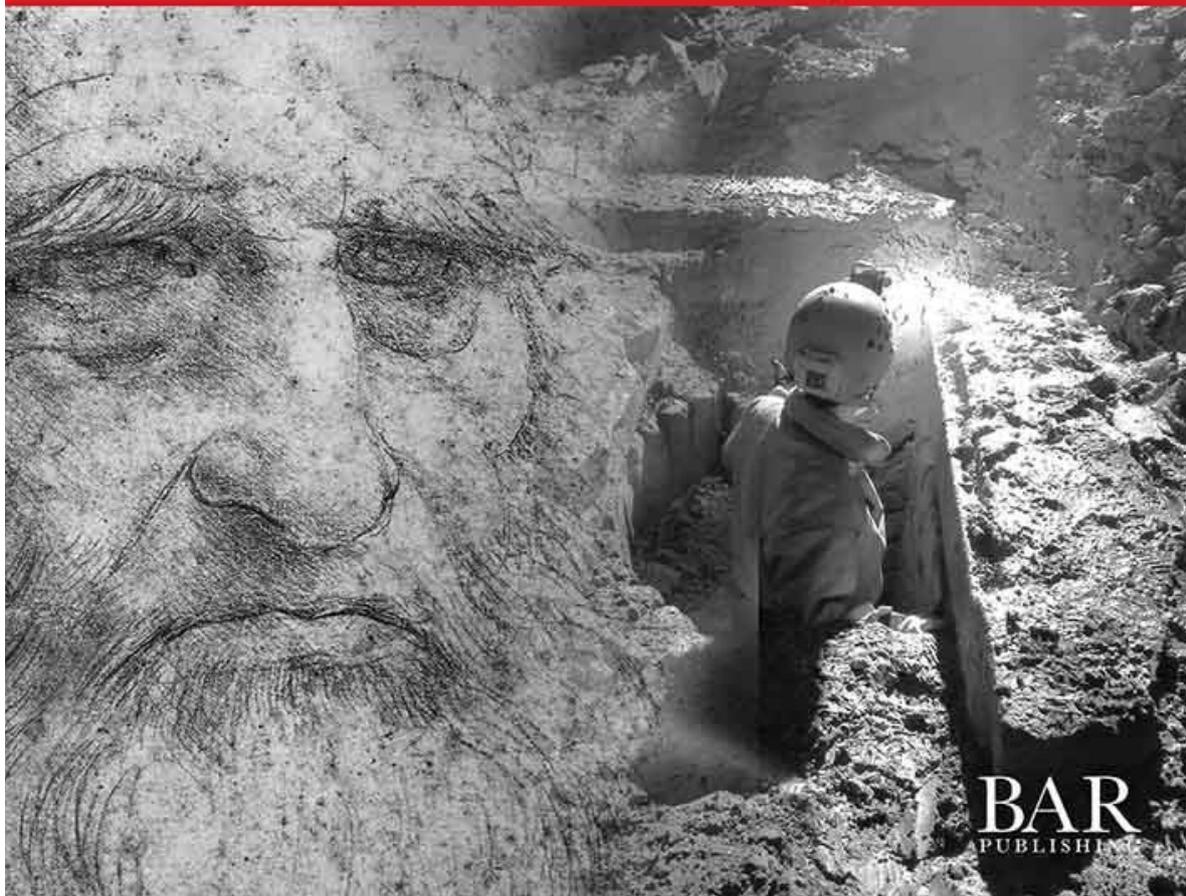


Fig. 2.92 - Pubblicazione inerente il Castello visconteo-sforzesco di Milano. Un estratto con aggiornamento è stato pubblicato nel numero speciale: *Sopra e sotto... il Castello di Leonardo* (Rivista on line del Centro Ricerche Carsiche "C. Seppenhofer" aps – Gorizia. Numero Speciale luglio 2021), Gorizia 2021.



SOPRA E SOTTO IL CARSO



SOPRA E SOTTO IL CARSO

Rivista on line del C.R.C. "C. Seppenhofer" aps

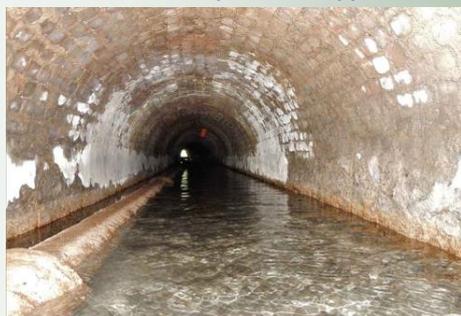
via Ascoli, 7

34170 GORIZIA

Tel.: 3297468095

E-mail: seppenhofer@libero.it

Sito web: <http://www.seppenhofer.it>

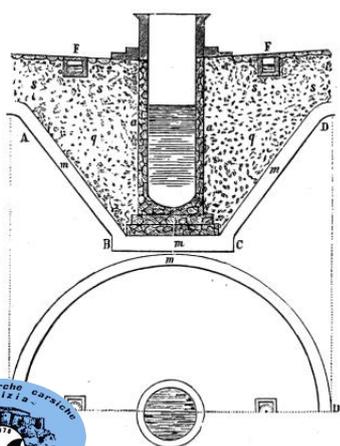


*" il Centro Ricerche Carsiche "C.
Seppenhofer" aps è un'associazione senza
fini di lucro"*



Chi siamo

Il Centro Ricerche Carsiche "C. Seppenhofer" (www.seppenhofer.it) è un'associazione senza fini di lucro, ufficialmente fondato a Gorizia il 25 novembre 1978. Si interessa di speleologia, nelle sue molteplici forme: dall'esplorazione di una grotta, fino alla protezione dell'ambiente carsico e alla sua valorizzazione naturalistica. E' socio fondatore della [Federazione Speleologica Isontina](#), collabora attivamente con diverse associazioni speleologiche e naturalistiche del Friuli Venezia Giulia. Ha svolto il ruolo di socio fondatore anche della [Federazione Speleologica Regionale del Friuli Venezia Giulia](#), ed è iscritto alla Società Speleologica Italiana. La nostra sede si trova a [Gorizia in via Ascoli, 7](#).



Il C.R.C. "C. Seppenhofer" ha edito numerose pubblicazioni, fra cui alcuni numeri monografici fra i quali "Le gallerie cannoniere di Monte Fortin", "Le gallerie cannoniere del Monte Sabotino", "La valle dello Judrio", "ALCADI 2002", "Il territorio carsico di Taipana", "Monteprato di Nimis", cura inoltre il presente notiziario "Sopra e sotto il Carso". Dal 2003 gestisce il [rifugio speleologico "C. Seppenhofer"](#) di Taipana, unica struttura del genere in Friuli Venezia Giulia.

