

I SISTEMI DI GESTIONE DELLE ACQUE A NORA (SARDEGNA) IN ETÀ PUNICA E ROMANA: LE OPERE DI CANALIZZAZIONE

ABSTRACT

Gli apparati di convogliamento, distribuzione e deflusso dell'acqua delle città antiche rivestivano un'importanza focale e imprescindibile, in quanto senza il loro corretto funzionamento non si sarebbe potuto ovviare nemmeno alle necessarie attività quotidiane connesse all'uso dell'acqua. Essi presumevano dunque una precisa progettualità e volontà costruttiva nella gestione delle acque, nonché nel controllo e nella manutenzione dei sistemi. Il sito di Nora in Sardegna ha presentato in questo senso un ampio ventaglio di casi di studio, analizzati sia negli aspetti tecnico-costruttivi che in relazione all'evoluzione storico-urbanistica del sito: dalle reti di distribuzione e deflusso private e pubbliche, costruite con materiali lapidei impermeabilizzati, in opera cementizia, in appositi tubuli in ceramica o in laterizi, oppure con una serie di anfore inserite l'una nell'altra, fino ad alcuni esempi di fistulae in piombo, all'acquedotto che convogliava le acque verso la città e alle fognature sotterranee.

The systems for conveying, distributing and discharging water in ancient cities were of a focal and indispensable importance, because without their proper functioning it would not have been possible to overcome even the necessary daily activities related to the use of water. They therefore assumed a precise planning in the construction of water management systems, as well as in the control and maintenance of them. In this regard, the city of Nora in Sardinia presented a wide range of exemplars, analyzed both in the technical-constructive aspects and in relation to the historical-urban evolution of the site: from private and public distribution and drainage networks, built with waterproofed stone materials, in opus caementicium, in specific ceramic tubules or bricks, or with a series of amphorae inserted one into the other, to some examples of lead fistulae, to the aqueduct that conveyed the water towards the city and to the underground sewers.

Il presente contributo si propone di completare una delle linee di ricerca - lo studio delle strutture idriche - condotte nel corso degli ultimi anni nella città antica di Nora, ubicata all'estremità occidentale del golfo di Cagliari in Sardegna, tramite un'analisi nel dettaglio delle infrastrutture di "gestione" dell'acqua, e in particolare delle opere di canalizzazione, funzionali sia all'adduzione sia al deflusso delle acque.¹

Nelle aree costiere del Mediterraneo centro-meridionale e occidentale, caratterizzate oggi come in antichità da una fascia climatica a carattere arido o semi-arido, la ricerca

¹ Questo articolo è il risultato di una borsa di ricerca post-dottorale annuale finanziata dalla Fondazione Fratelli Confalonieri di Milano, a cui vanno i miei più sentiti ringraziamenti. L'indagine è stata svolta su autorizzazione della Soprintendenza Archeologia belle arti e paesaggio per la città metropolitana di Cagliari e le province di Oristano e Sud Sardegna, Prot. N. 15243, Class. 28.13.10/57 del 24/07/2017, che ringrazio; inoltre, la mia gratitudine va ai professori B.M. Giannattasio (Università di Genova) e J. Bonetto (Università di Padova) per il permesso ad analizzare i manufatti presenti nelle rispettive aree di ricerca del sito.

e la gestione delle risorse idriche rappresentavano (e rappresentano tuttora) una delle problematiche più incisive per ogni gruppo umano stanziato.

Durante le età punica e romana, si cercò di supplire alla mancanza d'acqua innanzitutto tramite la costruzione di pozzi che intercettavano la falda freatica sotterranea e di cisterne che raccoglievano e conservavano quella piovana. D'altra parte, le opere di canalizzazione risultavano ugualmente indispensabili, da quelle di ripartizione infra-urbana, che alimentavano strutture idriche private e pubbliche, a quelle tecnicamente più elaborate e monumentalizzate, come gli acquedotti,² a quelle altrettanto fondamentali di scolo e di deflusso.

ASPETTI TECNICI E COSTRUTTIVI

L'indagine sul campo³ e l'analisi del materiale edito ha portato alla catalogazione complessiva di più di 100 opere per la canalizzazione idrica, distinte in vari livelli, dai più contenuti manufatti privati ai più importanti collettori di tipo pubblico. Il primo fondamentale criterio di distinzione è quello riferibile alla loro principale funzione, ovvero quella di adduzione o di deflusso dell'acqua (Fig. 1).

Tutti i sistemi di adduzione sono direttamente connessi e funzionali, e non potrebbe essere altrimenti, ad alimentare altrettante strutture idriche (cisterne, pozzi, fontane, vasche, serbatoi). In particolare, se per quanto riguarda fontane o strutture per l'accumulo e la conservazione idrica, i sistemi di adduzione sono evidentemente fondamentali e necessari al funzionamento delle stesse, tutte le canalette connesse ai pozzi sono risultate essere di adduzione. Tale aspetto risulta molto interessante in quanto sottolinea come in numerosi pozzi norensi l'acqua di falda, almeno da un certo momento storico, dovesse spesso essere integrata tramite l'apporto di acqua piovana, probabilmente a causa di una non eccelsa qualità, dimostrata da recenti analisi chimico-fisiche,⁴ e di una possibile diminuzione nella portata, provocata forse da un aumento demografico che sembra riconoscersi nella città antica a partire dall'età tardo-repubblicana.⁵

Viceversa, la maggior parte delle canalizzazioni di deflusso è collegata allo scolo dell'acqua dai tetti degli edifici o dagli spazi aperti (privati o pubblici) e ai condotti fognari, eccetto alcune documentate in connessione a cisterne e fontane, funzionali all'eliminazione di eventuali sovrabbondanze idriche o allo svuotamento della struttura per permetterne la pulizia e/o la manutenzione. In tre casi si creò un particolare apprestamento, in cui la canaletta di deflusso di una cisterna era allo stesso tempo di adduzione per un vicino pozzo, in cui vi convogliava l'acqua in eccesso, evidente-

² Ben noti e studiati sono gli acquedotti di età romana (per la Sardegna, dove gli acquedotti vennero edificati a partire dall'età imperiale, una panoramica generale con bibliografia di riferimento in GHIOTTO 2004), mentre le identificazioni di acquedotti di epoca cartaginese rimangono ancora ipotetiche (CINTAS 1976, pp. 136-137; WILSON 1998, p. 68).

³ Ringrazio il dott. M. Galli per l'aiuto fornito durante alcune operazioni di rilevamento e disegno delle strutture.

⁴ Di GREGORIO *et al.* 2005-06, pp. 55, 84; CESPÀ 2018, pp. 292-294.

⁵ CESPÀ 2018, pp. 257-259.

mente per poterla riutilizzare.⁶ In generale, le canalizzazioni direttamente connesse alle cisterne e ai pozzi, che siano state private o pubbliche, risultano di dimensioni abbastanza contenute e standardizzate per quanto riguarda la larghezza e l'altezza, comprese normalmente tra gli 8 e i 35 cm, mentre la lunghezza dipendeva in maniera diretta dalla distanza tra il punto di raccolta e quello di scarico e poteva variare da pochi centimetri a diversi metri, a seconda della necessità.⁷

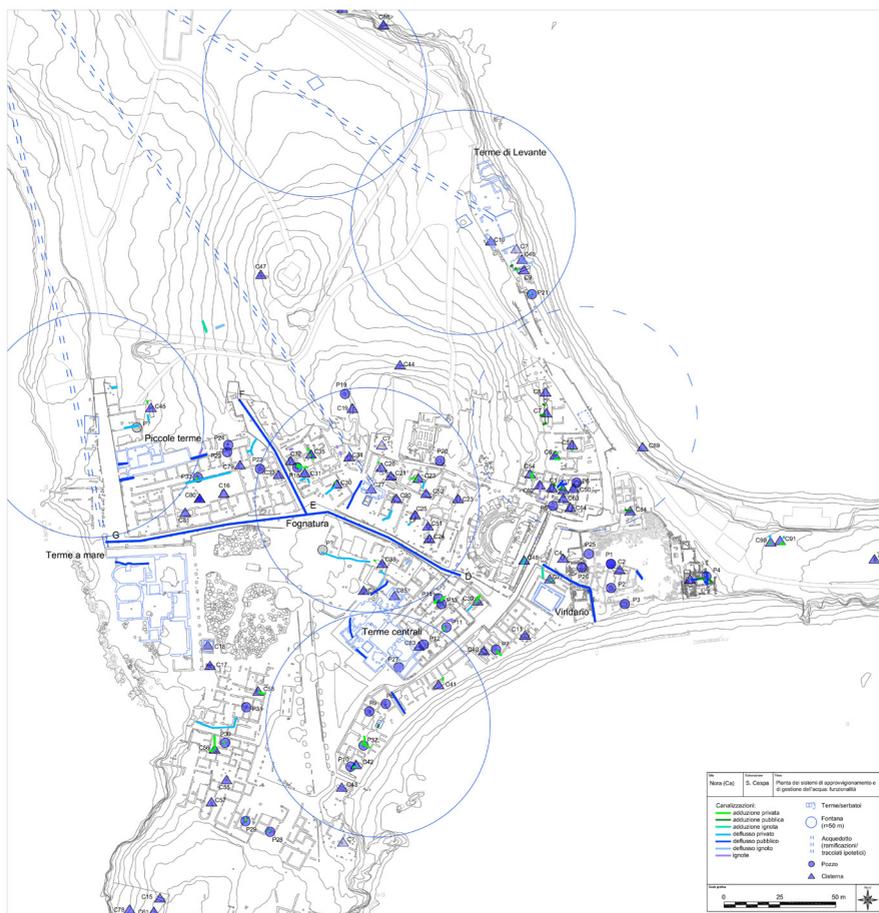


Fig. 1. Pianta dei sistemi idrici di Nora: opere di canalizzazione analizzate e loro funzionalità (elaborazione dell'autore).

Sotto l'aspetto della tecnica costruttiva, le canalizzazioni di Nora manifestano un'ampia gamma di differenti soluzioni (fig. 2). Come materiale da costruzione ven-

⁶ CESPÀ 2018, pp. 200, 269-270.

⁷ Di dimensioni maggiori risultano invece le opere di canalizzazione riferibile all'acquedotto cittadino e alle fognature sottostradali, le quali necessariamente andavano a convogliare liquidi in quantità maggiore: cfr. *infra*.

ceramica (a sezione circolare),⁹ contrapposta a quelli di deflusso costituiti in prevalenza da laterizi e scapoli lapidei maggiormente eterogenei.¹⁰

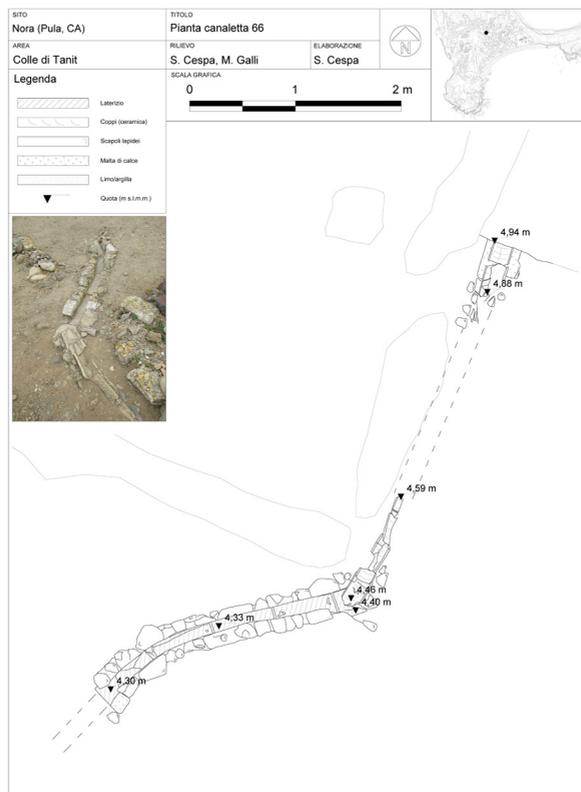


Fig. 3. Nora. Canalizzazione a tecnica mista (coppi, arenaria, laterizi) sul versante sud del colle di Tanit (elaborazione dell'autore).

La pietra arenaria risulta facilmente lavorabile e reperibile in abbondanza nel sito norense;¹¹ per queste sue caratteristiche, essa venne utilizzata in gran parte degli edifici della città antica. Per quanto riguarda le opere di canalizzazione, essa si prestava molto bene come elemento costruttivo delle spallette, del fondo e delle coperture; data la sua porosità, doveva essere successivamente impermeabilizzata tramite malta idraulica. Riguardo quest'ultima, negli esempi analizzabili essa è molto spesso costituita da una stesura di malta di calce abbastanza depurata, lisciata in superficie e nella maggior parte dei casi con pochi (o nessuno) inclusi. A livello macroscopico, si

⁹ Utilizzati in 43 casi sui circa 75 analizzabili.

¹⁰ Utilizzati in 24 casi sui circa 45 analizzabili.

¹¹ Da ultima, cfr. PREVIATO 2016.

ricosce l'utilizzo della cenere nell'impasto in due canalette del foro romano (cfr. *infra*), mentre più comune è la presenza di frammenti fittili di minuscole dimensioni, in entrambi i casi utilizzati come additivi impermeabilizzanti.¹²

I tubuli in ceramica¹³ sono manufatti che fungevano nello specifico da collettori d'acqua; sebbene il costo della loro produzione non doveva risultare particolarmente elevato, essi dovevano essere ad ogni modo appositamente creati. È possibile dunque che fossero preferiti, a Nora, in particolare come elementi di adduzione, anche in relazione alla migliore salubrità dell'acqua trasportata.¹⁴ Di medesima efficienza, ma di più semplice realizzazione, risultano le canalizzazioni ottenute tramite il riutilizzo di manufatti in terracotta con differenti finalità originarie (anfore, coppi, tegole), comunque attestati in numero minore a Nora.¹⁵

Di uguale rilevanza, ovviamente, erano i sistemi di deflusso; tuttavia, il fattore fondamentale era che essi fossero proporzionati e impermeabilizzati. Per tale motivo, si potrebbe ipotizzare che l'uso di pietre eterogenee e del laterizio, di più facile reperibilità, costituisse la scelta migliore nel rapporto tra funzionalità ed economicità. L'opera cementizia, invece, sebbene sia stata riscontrata in alcune canalette minori, venne utilizzata in particolar modo nelle opere maggiori, come nell'acquedotto cittadino o nei sistemi di smaltimento pubblici connessi ai grandi monumenti (foro, teatro, terme, fognature sottostanti agli assi viari).

Un'altra soluzione costruttiva riscontrata in alcune canalizzazioni norensi e che merita una menzione in particolare è quella delle *fistulae* in piombo. A Nora sono sette le condutture plumbee identificate ancora oggi *in situ*;¹⁶ se il contesto di appartenenza di tre di queste è purtroppo ignoto, quattro risultano in connessione a strutture idriche e svolgevano una funzione di adduzione dell'acqua. Due alimentavano due cisterne e risultano al momento le uniche attestazioni nella Sardegna antica di condutture in piombo direttamente connesse ad una cisterna.¹⁷ Le altre due, invece, alimentavano rispettivamente una fontana ed un bacino quadrangolare di un probabile *viridarium*. In quasi tutta la totalità dei casi, esse si conservano o sono analizzabili solo in maniera parziale. Tuttavia, è possibile definirne alcune caratteristiche tecniche. Quella meglio conservata è la canaletta che alimentava la vasca del viridario: di essa permangono tre segmenti inseriti l'uno dentro l'altro, di cui quello centrale è l'unico di Nora conservato integralmente nel suo aspetto originale.¹⁸

¹² In generale su questo tema a Nora, con particolare riferimento ai rivestimenti delle cisterne, cfr. da ultimo CESPÀ 2018, pp. 225-235.

¹³ I diametri dei tubuli ceramici di Nora sono compresi tra gli 8 cm (la cifra maggiormente attestata) e i 16 cm.

¹⁴ Vitr. VIII, 6, 10.

¹⁵ Cfr. *infra*.

¹⁶ Oltre a queste descritte, ne sarebbero state rinvenute altre *in situ* nell'area urbana, citate o descritte ma ad oggi non più analizzabili: nella fontana ai piedi del colle di Tanit (cfr. PESCE 1972², p. 78) e lungo la strada G-H (cfr. PESCE 1972², p. 83).

¹⁷ Cfr. MEZZOLANI 2014, p. 144.

¹⁸ NERVI 2003; la lunghezza di quest'ultimo è di 2,66 metri, esattamente 9 piedi romani.

La sezione delle *fistulae* norensi è sia ellittica, con la larghezza leggermente maggiore rispetto all'altezza, sia "a goccia", in cui è il vertice alto a restringersi rispetto al profilo semicircolare della parte inferiore. In tutti i casi, la tecnica di realizzazione della *fistula* doveva partire da un foglio di piombo che veniva ripiegato su se stesso; in questo modo, la giuntura veniva in seguito saldata sulla parte superiore del condotto, secondo una modalità ampiamente attestata nel mondo antico.¹⁹ La condotta della fontana circolare, di cui è visibile l'imboccatura finale posta in verticale proprio sul fondo della fontana, presenta una forma a gomito, passando in orizzontale al di sotto del fondo, da cui era probabilmente collegata ad un bacino di carico retrostante.²⁰ La tubatura, nella sua parte terminale, presenta una sezione cilindrica.

La grande maggioranza delle canalizzazioni rinvenute ha una disposizione orizzontale con un grado di pendenza più o meno accentuato; solo poche, invece, si sono conservate nel loro tratto verticale, soprattutto a causa della generale distruzione degli elevati delle strutture murarie sulle quali erano installati. Gli esempi verticali analizzabili sono tutti rappresentati da tubuli in ceramica,²¹ più leggeri e dunque probabilmente più adatti a sopperire alla funzione di discendenti.

Per quanto riguarda le coperture, la più rappresentata è decisamente quella piana, costituita il più delle volte da apposite lastre squadrate di arenaria o di altri elementi lapidei, oppure dalle pavimentazioni stesse degli ambienti sotto alle quali le condutture scorrevano. Non mancano tuttavia esempi di coperture in laterizi o tegole, i quali sono anche gli elementi costituenti l'altra tipologia di copertura riscontrata a Nora, ovvero quella "a doppio spiovente", in cui coppie di queste lastre di terracotta venivano sistemate a triangolo al di sopra delle canalizzazioni.

¹⁹ Ad esempio, cfr. HODGE 1992, pp. 307-315; TÖLLE-KASTENBEIN 2005², pp. 103-106. Non è attestata a Nora alcuna iscrizione incisa sui tratti di *fistulae* analizzabili (cfr. ad esempio BRUUN 2001); un unico segno distintivo (punzonatura?), potrebbe essere riconosciuto, in via assolutamente ipotetica, in uno dei due segmenti presenti sul versante ovest del colle di Tanit, costituito da una forma con tre cerchi ed una linea rettilinea che parte da quello centrale (fig. 6).

²⁰ MEVIO 2012.

²¹ BONETTO *et al.* 2012b; BEJOR 2017, pp. 59, 65; un alloggiamento per un discendente si è invece conservato nell'*Insula A* (GUALANDI – RIZZITELLI 2000, p. 140), mentre "attacchi" tra la parte iniziale di canalette orizzontali e il tratto finale in verticale si possono analizzare ad esempio nel tempio del foro (NOVELLO 2009, p. 416), nel Quartiere Centrale (BASSOLI 2010, p. 102) e in una cisterna del cd. Tempio romano. Sono anche in terracotta i segmenti di condutture conservati in verticale ad esempio a Cagliari, nella casa "del Tablino dipinto" (PESCE 1964-65), e a Tharros (RIGHINI CANTELLI 1981; MEZZOLANI 2014, pp. 144-145), così come a Cartagine, sulla collina della Byrsa (THUILLIER 1979, p. 233) e nel "Quartier Magon" (STANZL 1991, pp. 212-214). Non mancano comunque esempi di tubature verticali in piombo (a Nora non testimoniate) ad esempio a Cartagine (THUILLIER 1979, p. 232) o a Pompei (JANSEN 2001), ulteriore segno di un'ampia variabilità costruttiva nel panorama antico.

ASPETTI STORICI E FUNZIONALI

In questo paragrafo si vuole proporre una sintesi storica dei sistemi di gestione idrica noresi in relazione allo sviluppo topografico ed urbanistico della città antica, per cercare di riconoscere una loro eventuale evoluzione nelle scelte costruttive.

Le opere di gestione dell'acqua nelle fasi più remote della storia di Nora sono, alla fase attuale degli studi, praticamente sconosciute. Per quanto riguarda l'epoca fenicia (VII-VI sec. a.C.) non ci è giunta nemmeno alcuna documentazione di manufatti per l'approvvigionamento idrico. Come già discusso in altra sede,²² è possibile ipotizzare che i gruppi umani qui certamente presenti e attivi in questa fase storica e di cui sono testimoniate varie azioni antropiche,²³ supplissero alle quotidiane operazioni connesse all'uso dell'acqua tramite l'attingimento ed il trasporto manuale della stessa dal vicino fiume, da qualche vicina sorgente o dalla raccolta per mezzo di collettori deperibili, e la conservassero in seguito in recipienti mobili o semi-mobili, ad ogni modo non strutturati. Anche il deflusso (o la rimozione di ristagni causati dalle precipitazioni meteoriche) doveva probabilmente essere effettuato manualmente o, laddove la morfologia del territorio lo consentiva, questo doveva verificarsi per ruscellamento in maniera naturale.

I primi apprestamenti idrici strutturati si riconoscono allo scorcio dell'età arcaica (fine VI-inizi V sec. a.C.), quando almeno tre pozzi che intercettavano la falda freatica sotterranea vennero ricavati all'interno di un nuovo quartiere,²⁴ edificato nell'area che sarà in seguito occupata dal foro romano. Tale settore risulta in effetti, a partire da questo momento storico, concretamente monumentalizzato; la volontà di insediamento stabile si denota dunque, oltre che dalla costruzione di edifici con fondazioni in pietra e la realizzazione di una strada di carattere pubblico, anche dalla creazione di strutture idriche permanenti, che potevano sopperire quotidianamente al necessario fabbisogno d'acqua potabile degli abitanti.

Non sono tuttavia attestati contemporanei sistemi di canalizzazione dell'acqua, né riferibili alla sua adduzione,²⁵ né al suo deflusso. In relazione a quest'ultimo, tuttavia, è stato constatato²⁶ che il modesto declivio dell'area, con leggera pendenza da nord a sud in direzione della linea di costa, ne avrebbe facilitato lo scorrimento verso mare, così come evidentemente doveva avvenire anche durante l'epoca precedente. Inoltre, la strada stessa non presenta, nel tratto messo in luce, eventuali canali di scolo delle acque; ciononostante, anche in relazione alla sua antichità, la realizzazione in grossi ciottoli poteva probabilmente agevolare un parziale assorbimento e deflusso delle acque meteoriche.

²² CESPÀ 2018, pp. 238-243.

²³ BONETTO 2009, pp. 47-65.

²⁴ BONETTO 2009, pp. 175-195.

²⁵ Questi potevano anche non essere previsti, in quanto i pozzi erano alimentati direttamente dalla falda sotterranea; ad ogni modo sono stati ipotizzati sulla base del loro posizionamento adiacente alle strutture murarie (cfr. BONETTO 2009, p. 125).

²⁶ BONETTO 2009, p. 177.

Durante tutta l'età classica (o medio-punica) di Nora (V-IV secolo a.C.) non si riscontrano al momento altri apprestamenti di carattere idrico, a parte per l'attestata continuità di vita, senza particolari modifiche, di quelli appena descritti nel settore del futuro foro romano. Quest'assenza di testimonianze, d'altra parte, non sembra imputabile ad uno scarso sviluppo urbano o ad una fase statica nell'evoluzione del centro norense,²⁷ bensì proprio alla carenza di dati archeologici per i manufatti idraulici nella grande maggioranza delle aree della penisola riferibili a questa fase storica.

Essi diventano invece man mano più numerosi a partire dal III secolo a.C. in avanti: se ancora durante il III sec. a.C. ed il II sec. a.C. nessun cambiamento è attestato nei tre pozzi del quartiere sottostante al foro romano, in altre aree del sito si sono messe in luce alcune evidenze che sembrano a ragione essere riferibili ad operazioni espressamente progettate per la gestione delle risorse idriche.

Queste sono riconoscibili almeno in due distinti settori della penisola, sia nella zona sud-occidentale che in quella nord-occidentale, fino a questo momento solo parzialmente o per nulla interessate da frequentazioni antropiche; tali evidenze hanno portato ad ipotizzare uno sviluppo urbanistico verso tali direttrici proprio a partire da questo momento storico.²⁸

Nello specifico, si tratta in entrambi i casi di due interventi atti a incidere il piano di frequentazione di riferimento, per la creazione di canalizzazioni di probabile deflusso idrico;²⁹ tali "solchi" avrebbero potuto essere utilizzati direttamente come collettori delle acque, oppure sarebbero stati funzionali all'alloggiamento di una canalizzazione meglio elaborata, costituita ad esempio da anfore riutilizzate. In particolare, durante le fasi tardo-repubblicane e proto-imperiali di Nora (II sec. a.C.-inizi I sec. d.C.), infatti, sono state riconosciute alcune canalizzazioni proprio di questa tipologia, ottenute tramite l'utilizzo di anfore ormai "fuori uso", opportunamente tagliate all'altezza del puntale e dell'orlo e inserite l'una nell'altra.³⁰ Sono sempre state interpretate come anfore puniche,³¹ che per la loro forma allungata risultavano particolarmente adatte anche alla funzione di canalizzazioni (fig. 4); almeno in due contesti sarebbero da porre in relazione a tratti stradali, in cui una di esse era direttamente connessa ad un pozzo/cisterna.

²⁷ Che invece in questo momento è caratterizzato da grande dinamicità, come è possibile riconoscere, ad esempio, dalla ricca cultura materiale e dagli importanti complessi sacro-templari distribuiti in diversi punti del sito (cfr. BONDI 2012; BONETTO 2016, pp. 168-171).

²⁸ Da ultimo, cfr. BONETTO 2016, pp. 172-174.

²⁹ Per la cd. area "C", cfr. GIANNATTASIO 2000; GRASSO 2001; GRASSO 2003; GIANNATTASIO 2004; per il contesto precedente alla cd. *domus* "dell'atrio tetrastilo", cfr. MINOJA *et al.* 2014, pp. 122-137.

³⁰ Tale metodo si può riconoscere in altri centri del Mediterraneo, anche in età precedente: per Cagliari, cfr. TRONCHETTI 1990, p. 26; TRONCHETTI – CHESSA 1992, p. 32; per Cartagena in Spagna, cfr. EGEEA VIVANCOS 2004, pp. 532-533. A Nora stessa, nel riempimento di una cisterna defunzionizzata agli inizi del II sec. d.C. si sono rinvenuti un tubulo ed un'anfora tagliata che rappresentavano molto probabilmente il suo sistema di adduzione (FINOCCHI – GARBATI 2007, pp. 215-220).

³¹ BONETTO 1997; BONETTO 2000; BERTO *et al.* 2012, pp. 2916-2918; BONETTO *et al.* 2012a, pp. 210-211; CARBONI 2017, pp. 159-160.



Fig. 4. Nora. Esempio di canalizzazione tramite anfore (da BONETTO *et al.* 2012a, p. 211, fig. 9).

A quanto si può analizzare nella città norense, in un momento successivo, riferibile agli scorcî del I secolo a.C. e poi successivamente durante tutta l'età romana imperiale, si iniziarono ad utilizzare in maniera molto maggiore tecniche costruttive differenti. Se alcune delle canalizzazioni tramite anfore sopra descritte rimasero ancora in uso durante la prima età imperiale, in generale ad esse sembrano subentrare tubuli in ceramica appositamente creati. Si utilizzarono sempre più spesso laterizi e tegole riutilizzate,³² oltre al largo uso di blocchetti lapidei (in particolar modo di arenaria, più facilmente lavorabile e reperibile), e alla malta di calce sia come legante che come stesura di impermeabilizzazione, a volte con l'aggiunta di cenere³³ o minuti frammenti di ceramica nell'impasto;³⁴ infine, venne introdotta anche l'opera cementizia, in particolare nelle opere maggiori a carattere pubblico.³⁵

Caratteristiche diventano, come detto, le condutture costituite da appositi tubuli in ceramica, a volte associate anche a tratti posti in verticale, che si riscontrano in numerosi contesti norensi databili in un esteso arco temporale, dal I fino al V sec. d.C.³⁶

³² Ad esempio come fondo della canalizzazione di scolo del nuovo complesso forense, databile alla fine del I sec. a.C. (GHOTTO 2009, p. 267).

³³ Visibile in due canalette del foro romano, probabilmente riferibili alla sua prima fase costruttiva (fine I sec. a.C. GHOTTO 2009, p. 277; NOVELLO 2009, pp. 395-397).

³⁴ Nei casi databili, riconducibili a contesti di I-III sec. d.C.

³⁵ Tra le prime, la grande canalizzazione di deflusso che prendeva avvio dal teatro, riferibile ad una seconda fase edilizia ma precedente alla strada di fine II sec. d.C. (BEJOR 2000, p. 178; GHOTTO 2004, p. 80; GHOTTO 2009, pp. 286-287).

³⁶ Soprattutto in questo caso, molto ampio è il ventaglio di confronti riscontrabile nel Mediterraneo

Una delle più particolari è quella che riforniva una cisterna precedente al complesso del cd. Tempio romano: essa infatti è costruita con tre distinti segmenti di terracotta, di cui due modellati a gomito, inseriti l'uno nell'altro (fig. 5).



Fig. 5. Nora. Tubuli fittili di adduzione (archivio fotografico UniPd).

Un'altra innovazione che a Nora appare introdotta nel corso dell'età romana imperiale è l'utilizzo di canalette in piombo (fig. 6). L'uso di queste condotte è ampiamente attestato nel mondo antico, in particolare in quello romano,³⁷ anche se non mancano testimonianze ad esempio di età punica.³⁸

Sebbene nessuna sia databile con assoluta precisione, è molto probabile che esse siano da riferirsi ad un momento non anteriore alla fine del I sec. d.C. sulla base dei loro contesti di appartenenza, che si dividono tra privati e pubblici. Se le due cisterne (cfr. *supra*) sono da riferirsi a due abitazioni, ancora non certa è l'attribuzione dell'edificio con viridario,³⁹ mentre sicuramente pubblica era la fontana circolare nella piazzetta del quartiere S-E.

antico in differenti epoche storiche: per Tharros e Olbia, cfr. da ultima MEZZOLANI 2014, pp. 144-145; per Cartagine, cfr. THULLIER 1979, p. 232; STANZL 1991, pp. 212-214; WILSON 1998; per Morgantina, BRUNO – RENNA 2000; per Solunto, cfr. CUTRONI – TUSA *et al.* 1994, *passim*. In generale, cfr. ad esempio HODGE 1992, pp. 106-115; CROUCH 1993, pp. 219-275; TÖLLE-KASTENBEIN 2005², pp. 99-103; BEL-LWALD 2008, pp. 90-95.

³⁷ Per una panoramica generale, cfr. HODGE 1992, pp. 307-315; TÖLLE-KASTENBEIN 2005², pp. 103-106; inoltre, cfr. *infra* per alcuni riferimenti specifici.

³⁸ A Cartagine, nel quartiere tardo-punico della Byrsa (THULLIER 1979, p. 232) e nella cisterna dell'area dell'Università di Amburgo (DOCTER *et al.* 2007, p. 140); a Kerkouane, cfr. EGEE VIVANCOS 2004, p. 531.

³⁹ Da datarsi probabilmente al II sec. d.C. (TRONCHETTI 2001², p. 30).

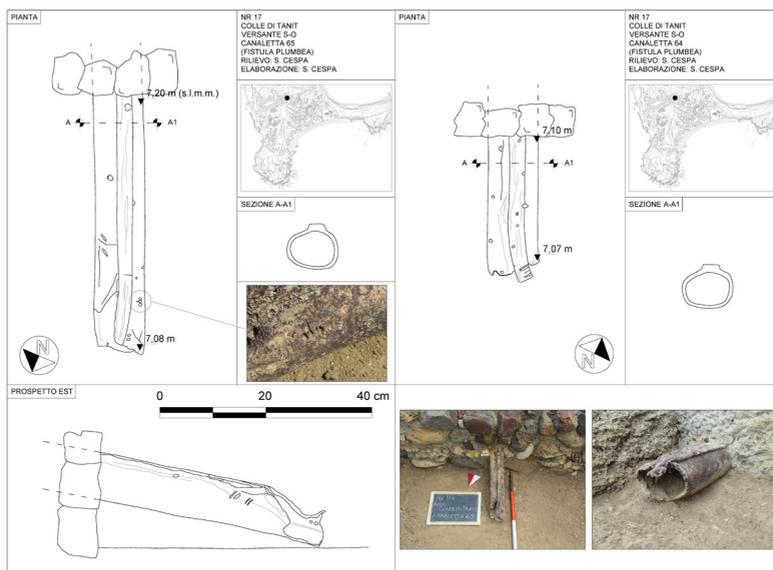


Fig. 6. Nora. *Fistulae plumbeae* dal settore occidentale del colle di Tanit (elaborazione dell'autore).

Il discrimine più importante ed evidente nella storia della città antica di Nora dal punto di vista delle opere idriche è rappresentato, ad ogni modo, dalla costruzione dell'acquedotto cittadino, attualmente datata ad un periodo compreso tra la seconda metà del II sec. d.C. e gli inizi del III sec. d.C.⁴⁰

Questa fondamentale innovazione è legata a due chiavi tecniche correlate tra loro: da una parte, la “sorgente” di approvvigionamento della materia prima (cioè dell'acqua), dall'altra, la possibilità di progettazione nella distribuzione della stessa. La grande maggioranza delle canalizzazioni precedenti all'acquedotto, infatti, fungeva in diretta relazione all'acqua piovana, assolutamente incostante nella zona climatica di Nora, dove si alternano stagioni invernali piovose a stagioni estive con scarse o nulle precipitazioni. L'acqua veicolata dall'acquedotto, invece, doveva risultare molto più costante nella portata, tale da permettere agli antichi abitanti di calcolarne con buona sicurezza la quantità giornaliera disponibile.

⁴⁰ Durante l'età romana medio-imperiale, l'utilizzo dell'opera cementizia, spesso associata ad un largo uso del laterizio, divenne preponderante nella costruzione delle strutture idriche, in particolare nelle opere maggiori. Vennero così realizzati sia l'acquedotto stesso, di cui rimangono *in situ* alcuni piloni delle arcate e in situazione di crollo vari altri segmenti, sia le canalizzazioni di deflusso su scala urbana (fognature sottostradali, con fondo, pareti e copertura “a doppio spiovente” in laterizi, rivestiti da una gettata di opera cementizia, cfr. BONETTO 2003), sia di edifici pubblici (complessi termali: IACOVINO – MECOZZI 2012; MAGLIANI 2017) che privati (BEJOR 2017).

In questo modo, se prima dell'acquedotto era la superficie di raccolta dell'acqua piovana la variabile principale per il calcolo dell'adduzione o del deflusso, più che le canalizzazioni in sé (che costituivano in sostanza il tramite con cui veicolare l'acqua),⁴¹ in seguito le condutture potevano essere progettate in relazione alla quantità d'acqua voluta e/o richiesta.

Si vuole dunque cercare di proporre il calcolo di quella che poteva essere la disponibilità idrica giornaliera trasportata a Nora dall'acquedotto. Tale cifra va presa con assoluta cautela, in quanto molte delle variabili necessarie sono - e rimarranno - solamente ipotetiche, poiché l'acquedotto stesso si conserva nel suo aspetto originario solo in minima parte. Tuttavia, pur in queste condizioni, si ravviserà quanto, anche utilizzando parametri minimi, tale opera risultò fondamentale nella storia della città.

La formula base utilizzata è quella di Gauckler-Strickler per il calcolo della portata di un fluido:⁴²

$$Q = k_s \cdot A \cdot r_H^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

Per l'acquedotto norense, gli unici elementi certi di cui disponiamo sono la larghezza dello *specus* (cioè della canalizzazione vera e propria), misurata in 0,48 m,⁴³ mentre l'altezza massima conservata (0,80 m) non è in realtà evidenza della reale altezza dell'acqua (che risultava sicuramente molto inferiore), in quanto questa era progettata anche e soprattutto in previsione delle operazioni di costruzione e di manutenzione del canale.⁴⁴

Non avendo dunque la possibilità di conoscere né l'altezza (o la velocità) del flusso d'acqua, né la pendenza dello *specus*, si sono scelti due valori che corrispondono a medie minime (0,20 m e 0,10 m) rispetto ad altri studi sulle portate di alcuni acquedotti di età romana;⁴⁵ inoltre, la pendenza proposta (1 m/1200 m), oltre ad essere in linea con altri esempi del mondo antico, è calcolata sulla base della distanza e della differenza di quota assoluta tra il supposto punto di *caput aquae* più vicino al centro antico (Sa Guardia Mongiata)⁴⁶ e la penisola stessa.

⁴¹ Dei grandi bacini idrici precedenti all'acquedotto, nessuno sembra esser stato dotato di un sistema di distribuzione pubblico, nemmeno "di quartiere" o collegato a una fontana. È chiaro dunque che se questi avessero rappresentato una scorta d'acqua comunitaria per fronteggiare eventuali periodi di siccità, questa doveva essere attinta manualmente da parte degli abitanti.

⁴² Ringrazio moltissimo mia sorella Alice, ingegnere civile e ambientale, per il grande aiuto in questo particolare ambito della ricerca. Nella formula, Q è la portata in m³/s, k_s il coefficiente di scabrezza dipendente dal materiale della canalizzazione, A è l'area bagnata (base della canalizzazione per altezza del fluido, in m²), r_H è il raggio idraulico (cioè il rapporto tra area bagnata e perimetro bagnato, che si ottiene con la formula b·h/ b + 2h) e i è la pendenza della condotta, in m/m.

⁴³ GHOTTO 2004, p. 148: larghezza minima; in PAOLETTI 1997, p. 161, infatti, è indicata in 0,60 m.

⁴⁴ BODON *et al.* 1994, pp. 493-499.

⁴⁵ HODGE 1992, pp. 215-245, 346-348; BODON *et al.* 1994, pp. 479-503; TÖLLE-KASTENBEIN 2005², pp. 100, 107, 180-188.

⁴⁶ PAOLETTI 1997; GHOTTO 2004, pp. 146-148.

Con questi fattori,⁴⁷ nel caso di un'altezza di 0,20 m per il flusso d'acqua, si avrebbe una portata giornaliera di circa 3283 m³/g,⁴⁸ mentre per un'altezza di 0,10 m, la quantità sarebbe di circa 1226 m³/g.⁴⁹ Un ulteriore calcolo può essere proposto sulla base di dati attuali sulla portata di alcune sorgenti odierne dell'area di Pula.⁵⁰ Esse risultano molto povere (circa 1,40 l/s); se riferiamo questo stesso dato, sempre in via assolutamente ipotetica, alla possibile sorgente che poteva alimentare l'acquedotto in antichità, la portata risulterebbe di 121 m³/g.

Se questi dati, ed in particolare l'ultimo, dovessero sembrare non particolarmente abbondanti rispetto ad altri esempi dell'antichità,⁵¹ si osserverà come in realtà non lo siano in relazione alle quantità d'acqua di cui potevano disporre fino a quel momento gli abitanti di Nora.

Infatti, se si prende ad esempio un giorno di altissima piovosità in relazione ad una media superficie di raccolta della città antica (3 mm/g, superficie di raccolta di 120 m², con il 30% di perdita stimato)⁵² si avrà una quantità di circa 0,30 m³/g. Considerando la stessa piovosità relazionata all'ipotetica area di raccolta complessiva cittadina (40000 m²) si avrebbero 120 m³/g, ovvero praticamente la stessa quantità proposta come minima per l'acquedotto. Se si valutasse la piovosità media (1,3 mm/g circa), la quantità d'acqua "cittadina" sarebbe di 52 m³/g, meno della metà; nei giorni poco o per nulla piovosi, che a Nora sono prevalenti, le medesime quantità si abbasserebbero in maniera esponenziale.

Allo stesso modo, si possono proporre alcune considerazioni sulle condutture in piombo della città. Sulla base delle loro dimensioni, è possibile cercare di definire la loro "portata" in relazione alle misure romane riportate da Frontino.⁵³ La più piccola di esse, almeno nella sua parte terminale, è quella della fontana circolare. È stato ipotizzato⁵⁴ che la sua funzionalità fosse quella di far zampillare l'acqua dal fondo verso l'alto; un'imboccatura più stretta nel tratto finale avrebbe provocato una mag-

⁴⁷ Per il valore di ks si è scelto 60, laddove in BODON *et al.* 1994, pp. 497-503, il valore di 70 era rappresentato dall'intonaco (cocciopesto) ben levigato, mentre nei frammenti di *specus* analizzabili a Nora l'impermeabilizzazione appare più grezza; è chiaro che anche questo valore, relativo alla differente scabrezza della conduttura, potrebbe variare e con esso varierebbe il calcolo complessivo delle portate.

⁴⁸ $60 \cdot 0,096 \cdot 0,228 \cdot 0,029 = 0,038 \text{ m}^3/\text{s} = 3283 \text{ m}^3/\text{g}$.

⁴⁹ $60 \cdot 0,048 \cdot 0,170 \cdot 0,029 = 0,014 \text{ m}^3/\text{s} = 1226 \text{ m}^3/\text{g}$.

⁵⁰ Da *Le sorgenti italiane*, IV. Sardegna, Sezione idrografica di Cagliari, pp. 264-265.

⁵¹ Cfr. ad esempio le cifre proposte in HODGE 1996, pp. 347-348: per Cartagine, circa 17.000 m³/g, per Roma oltre i 500.000 m³/g; per città più piccole, per Arles in Francia è calcolata in 8.000 m³/g, per Segovia in Spagna in circa 1.700 m³/g.

⁵² Considerazioni sui rapporti tra piovosità e superfici di raccolta in relazione alle possibilità di approvvigionamento idrico dell'acqua piovana in CESPÀ 2018, pp. 293-306.

⁵³ Frontin. 24-63; cfr. ad esempio HODGE 1996, per Pompei; EGEA VIVANCOS 2002 per *Cathago Nova* (Cartagena) in Spagna; KESSENER 2003. Bisogna segnalare che non sempre le standardizzazioni riportate da Frontino (*tabula fistularum*) hanno trovato precise affinità con le testimonianze archeologiche, sebbene lo stesso autore antico segnali variazioni regionali nelle misure delle condutture (Frontin. 24; cfr. in particolare BRUUN 1991; DESSALES 2007). Come si vedrà, ad ogni modo, le *fistulae plumbee* analizzabili a Nora sarebbero ben rapportabili alle indicazioni standard frontiniane.

⁵⁴ MEVIO 2012.

giore pressione dell'acqua e dunque generato il voluto zampillio.⁵⁵ Nell'impossibilità di analizzare la restante parte della *fistula*, si può comunque notare come la stretta imboccatura misuri poco meno di 3 cm, che potrebbero corrispondere esattamente alla misura base riportata da Frontino, ovvero la quinaria (2,31 cm), oppure a quella appena maggiore, la senaria (2,77 cm); la quantità d'acqua giornaliera sarebbe stata compresa tra i 40 ed i 58 m³/g.

Il restante tratto, se l'ipotesi del restringimento fosse attendibile, dovrebbe necessariamente presentare diametro maggiore. Confrontando dunque le altre *fistulae* rinvenute a Nora, si nota come i due segmenti conservati nella zona occidentale del cd. colle di Tanit mostrino entrambi un diametro interno di forma ellittica di 8,2 cm di asse maggiore e di 6,2 cm di asse minore, misure che si avvicinano molto alla *fistula denum quinum* frontiniana (3 dita e $\frac{3}{4}$, cioè tre volte una quinaria, 6,94 cm), esattamente come quella del viridario (diametro di circa 7 cm). Pur nell'impossibilità di misurare le altre due *fistulae*, quella rinvenuta al di sotto della *porticus post scaenam* del teatro potrebbe risultare della medesima dimensione, mentre quella che alimentava la cisterna C38 sembra leggermente maggiore.⁵⁶

Il calcolo sulla portata a sezione completa della *fistula* della vasca del viridario, ottenuta con la medesima formula sopra proposta, porterebbe ad una cifra di circa 230 m³/g. Tali possibilità di adduzione dell'acqua, in rapporto alle dimensioni dei descritti bacini idrici (il volume della vasca del viridario, ad esempio, è inferiore ai 40 m³), risultano decisamente molto alte. Se da un lato bisogna valutare che il carico d'acqua all'interno delle *fistulae* doveva risultare molto spesso a sezione parziale, ovvero che le canalizzazioni non erano completamente riempite, dall'altro è comunque necessario ipotizzare e considerare che tutti questi sistemi fossero dotati di apparecchiature di regolarizzazione del flusso, rappresentate probabilmente da rubinetti o chiusure, d'altra parte testimoniati in molte altre città antiche,⁵⁷ che permettessero di bloccare l'adduzione dell'acqua qualora si fosse raggiunto la capacità massima.

Questi calcoli, seppur ipotetici, sottolineano a mio avviso in maniera netta ed evidente la grande novità che l'acquedotto cittadino dovette apportare al centro di Nora. Le nuove e maggiori quantità d'acqua veicolate, infatti, diedero ai cittadini la possibilità di dotarsi di numerose strutture direttamente connesse a esso: allo stato attuale degli studi, si riconoscono quattro complessi termali, almeno cinque fontane e serbatoi pubblici di dimensioni decisamente maggiori rispetto a quelli costruiti in età precedenti.

Allo stesso tempo, esse resero necessarie, molto più di prima, corrispettive infrastrutture per il deflusso e per l'eliminazione delle eccedenze idriche (fig. 7). Pur nella carenza di informazioni relative ai sistemi stradali urbani precedenti all'età medio-im-

⁵⁵ Simili soluzioni, d'altra parte, vennero utilizzate ad esempio a Pompei: cfr. JANSEN 2001, pp. 30-31.

⁵⁶ La lastra plumbea semicircolare, parte iniziale della canaletta connessa alla cisterna C31, ha larghezza di 0,12 cm, ma è "aperta" verso l'alto e modulata come se avesse dovuto alloggiare un discendente dal tetto e dunque non rientra nel novero delle *fistulae* vere e proprie.

⁵⁷ Cfr. ad esempio per Pompei JANSEN 2001, pp. 29-31; DESSALES 2007, pp. 134-135; per il nord Africa in età romana, cfr. WILSON 2001, pp. 93-95; in generale, cfr. HODGE 1992, pp. 322-331; TÖLLE-KASTENBEIN 2005², pp. 121-124, 180-181.

periale, infatti, è evidente che queste importanti opere non riutilizzarono precedenti sistemi, bensì furono progettate e attuate proprio in questo momento storico.⁵⁸

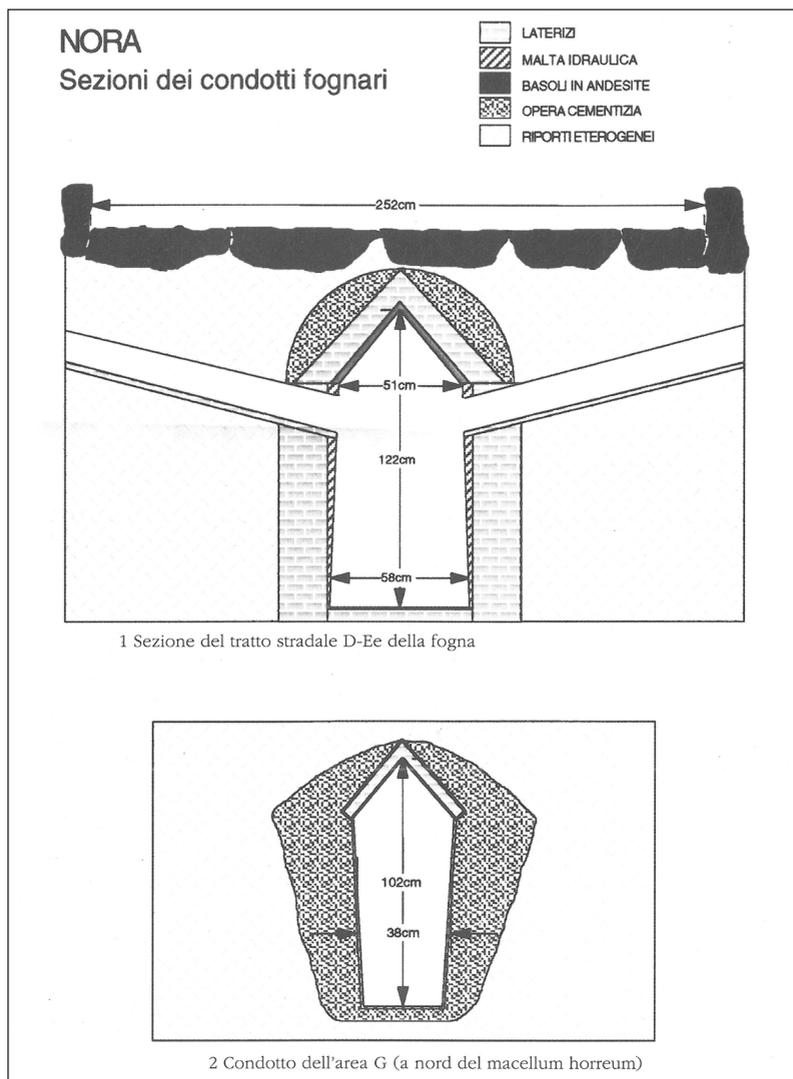


Fig. 7. Nora. Fognature pubbliche sottostradali (da BONETTO 2003, p. 36, Tav. I).

La costruzione delle terme e del sistema fognario va chiaramente visto in relazione alla volontà imperiale di aumentare gli standard di vita della popolazione cittadina;

⁵⁸ Le dimensioni dei tratti fognari analizzabili sono comprese tra i 1,02 e i 1,22 m di altezza, e i 0,38 e i 0,58 m di larghezza, mentre la lunghezza varia a seconda del tratto stradale: la maggiore risulta al momento quella al di sotto della strada D-E-G, di circa 165 m complessivi. Cfr. BONETTO 2003, pp. 29-31; IACOVINO – MECOZZI 2012, pp. 122-123. Per alcuni confronti nel nord Africa, cfr. WILSON 2000, pp. 307-309.

non si può ad ogni modo non valutare che questa dovette rispondere anche ad esigenze di carattere pratico. La nuova e di molto accresciuta quantità d'acqua veicolata dal nuovo acquedotto, sia in relazione ai complessi termali che alle fontane (e quindi alla possibilità di attingimento quotidiano da parte dei privati, con trasporto manuale verso la propria abitazione e la probabile conservazione dell'acqua nella propria cisterna) avrebbe portato alla necessità contingente di progettare e di definire parallele strutture di deflusso delle accresciute eccedenze idriche, che fino a quel momento, invece, venivano quanto più possibile tesaurizzate.

Tale cambiamento si potrebbe scorgere anche in alcuni ambiti privati. Infatti, due ricche *domus* costruite nel settore S-O del sito⁵⁹ ed il complesso edilizio della cd. *Insula A* nella zona nord-occidentale,⁶⁰ in rapporto alla loro notevole superficie, non presentano equivalenti e bilanciate strutture idriche (pozzi e cisterne), che invece risultano di piccole dimensioni, soprattutto in confronto a quelle di abitazioni molto minori.⁶¹ Inoltre, i loro sistemi di deflusso delle acque sono meglio definiti rispetto alle precedenti attestazioni di ambito abitativo, evidenza che porterebbe a considerare un'augmentata eccedenza idrica.

Pur rimanendo un'ipotesi, in quanto in tali edifici non sono attestabili strutture direttamente connesse all'acquedotto (canalizzazioni, fontane o ninfei privati), non è impossibile ipotizzare, sulla base di questi elementi e data la ricchezza almeno della cd. *domus* "dell'atrio tetrastilo", che esse abbiano potuto usufruire, almeno in parte, di acqua corrente, sull'esempio di altre testimonianze del Mediterraneo antico.⁶² Nella stessa Nora, d'altronde, è stata riconosciuta una sorta di fontanella privata in un'abitazione lungo la "via del porto", che potrebbe essere stata alimentata proprio da una ramificazione dell'acquedotto.⁶³

Durante gli ultimi secoli di vita della città norense, le conoscenze e le tecniche costruttive in merito ai sistemi di gestione dell'acqua non sembrano discostarsi molto rispetto all'epoca medio-imperiale, in particolare per quanto riguarda le canalizzazioni minori.⁶⁴ L'ultimo importante intervento è riferibile al restauro dell'acquedotto, datato tra il 425 e il 450 d.C. e celebrato da un'epigrafe,⁶⁵ prova di una fervente vitalità sociale e tecnica ancora alla metà del V sec. d.C.

Stefano Cespa
Eberhard Karls Universität Tübingen
cespa.stefano@gmail.com

⁵⁹ TRONCHETTI 2001², pp. 57-63; GHIOTTO 2004, pp. 170-173; BEJOR 2014; BEJOR 2017.

⁶⁰ GUALANDI – RIZZITELLI 2000, pp. 126-147.

⁶¹ CESPA 2018, pp. 314-318.

⁶² Per Pompei si veda HODGE 1992, pp. 306-328; CROUCH 1993, pp. 176-189; DE HAAN 2001; JANSEN 2001; DESSALES 2007. Sulle problematiche relative alla concessione dell'acqua pubblica ai privati, cfr. ad esempio MAGANZANI 2004; DESSALES 2008.

⁶³ GUALANDI – FABIANI 2011, p. 49.

⁶⁴ Cfr. ad esempio BEJOR 2000; COLAVITTI – TRONCHETTI 2000; BEJOR *et al.* 2003b; ARTIZZU 2012

⁶⁵ CIL, x, 2, 7542 = ILS, 5790 = CLE, 290.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- ARTIZZU 2012 : Danila Artizzu, *L'intervento archeologico presso l'area dell'Anfiteatro*, «Quaderni Norensi» 4 (2012), pp. 341-354.
- BASSOLI 2010 : Carlotta Bassoli, *Campagne di scavo 2006-2008. Gli ambienti Ce, Cj e Cl*, «Quaderni Norensi» 3 (2010), pp. 87-108.
- BEJOR 2000 : Giorgio Bejor, *Il settore nord-occidentale: l'area A-B*, in *Ricerche su Nora - I (anni 1990-1998)*, a cura di Carlo Tronchetti, Cagliari, Grafiche Sainas, 2000, pp. 19-32.
- BEJOR 2014 : Giorgio Bejor, *La "Casa del Direttore Tronchetti"*, «Quaderni Norensi» 5 (2014), pp. 77-81.
- BEJOR 2017 : Giorgio Bejor, *La "Casa del Direttore Tronchetti". Campagne 2014 e 2015*, «Quaderni Norensi» 6 (2017), pp. 57-66.
- BEJOR *et al.* 2003 = Giorgio Bejor – Hilda Campanella – Cristina Miedico, *Nora, lo scavo: Area E. La campagna 2002*, «QuadACagl» 20 (2003), pp. 88-124.
- BELLWALD 2008 : Ueli Bellwald, *The Hydraulic Infrastructure of Petra - A model for Water Strategies in Arid Land*, in Christoph Ohlig (ed.), *Cura aquarum in Jordanien*, Siegburg, Deutsche Wasserhistorische Gesellschaft, 2008, pp. 47-94.
- BERTO *et al.* 2012 = Simone Berto – Giovanna Falezza – Andrea Raffaele Ghiotto – Arturo Zara, *Il Tempio romano di Nora. Nuovi dati*, in *L'Africa romana*, 19, 3, a cura di Maria Bastiana Cocco – Alberto Gavini – Antonio Ibba, Roma, Carocci, 2012, pp. 2911-2929.
- BODON *et al.* 1994 = Giulio Bodon – Italo Riera – Paola Zanovello, *Utilitas necessaria*, Milano, Progetto Quarta Dimensione, 1994.
- BONDI 2012 : Sandro Filippo Bondi, *Nora, da insediamento fenicio a città cartaginese*, in Gian Maria Di Nocera, Marina Micozzi, Carlo Pavolini, Alessia Rovelli (a cura di), *Archeologia e memoria storica*, «Daidalos» 13 (2012), Viterbo, pp. 81-94.
- BONETTO 1996 : Jacopo Bonetto, *Nora IV. Lo scavo: area "G"*, «QuadACagl» 13 (1996), pp. 177-187.
- BONETTO 1997 : Jacopo Bonetto, *Nora V. Campagna di scavo 1995. L'area G*, «QuadACagl» 14 (1997), pp. 129-148.
- BONETTO 2000 : Jacopo Bonetto, *Lo scavo tra il macellum/horreum e le "Piccole Terme" (Area "G")*, in *Ricerche su Nora - I (anni 1990-1998)*, a cura di Carlo Tronchetti, Cagliari, Grafiche Sainas, 2000, pp. 95-104.
- BONETTO 2003 : Jacopo Bonetto, *I sistemi infrastrutturali di Nora romana: la viabilità e il drenaggio delle acque*, in *Ricerche su Nora - II (anni 1990-1998)*, a cura di Carlo Tronchetti, Elmas, Grafiche Sainas, 2003, pp. 21-38.

- BONETTO 2009 : Jacopo Bonetto, *L'insediamento di età fenicia, punica e romana repubblicana nell'area del foro*, in Jacopo Bonetto – Andrea Raffaele Ghiotto – Marta Novello, *Nora. Il foro romano. Storia di un'area urbana dall'età fenicia alla tarda antichità (1997-2006)*, I. *Lo scavo*, a cura di Jacopo Bonetto, Padova, Italgraf, 2009, pp. 39-243.
- BONETTO 2016 : Jacopo Bonetto, *Nora da colonia punica a municipio romano*, in *Il processo di romanizzazione della provincia Sardinia et Corsica*, a cura di Salvatore De Vincenzo – Chiara Blasetti Fantauzzi, Roma, Quasar, 2016, pp. 165-190.
- BONETTO *et al.* 2012a : Jacopo Bonetto – Simone Berto – Stefano Cespa, *Il saggio PSI. Campagne di scavo 2010-2011*, in «Quaderni Norensi» 4 (2012), pp. 201-220.
- BONETTO *et al.* 2012b : Jacopo Bonetto – Stefano Cespa – Rita Valentina Erdas, *Approvvigionamento idrico a Nora: nuovi dati sulle cisterne*, in *L'Africa romana*, 19, 3, a cura di Maria Bastiana Cocco – Alberto Gavini – Antonio Ibba, Roma, Carocci, 2012, pp. 2591-2624.
- BRUNO – RENNA 2000 : Giovanni Bruno – C. Elsa Renna, *La rete idrica di Morgantina: tentativo di definizione del livello dell'acqua all'interno delle condotte in terracotta*, in Gemma C.M. Jansen (ed.), *Cura aquarum in Sicilia*, Leiden, Stichting Babesch, 2000, pp. 69-78.
- BRUUN 1991 : Christer Bruun, *The Water Supply of Ancient Rome. A study of Roman Imperial Administration*, Helsinki, Societas scientiarum Fennica, 1991.
- BRUUN 2001 : Christer Bruun, *Imperial Water Pipes in Roman Cities*, in Ann Olga Koloski-Ostrow (ed.), *Water use and hydraulics in the roman city*, Dubuque, Iowa, Kendall/Hunt, 2001, pp. 51-63.
- BULTRINI *et al.* 1996 : Giuseppe Bultrini – Antonella Mezzolani – Alessia Morigi, *Approvvigionamento idrico a Tharros. Le cisterne*, in *Tharros 23*, «Rivista di Studi Fenici. Supplemento» 24 (1996), pp. 103-127.
- CARBONI 2017 : Romina Carboni, *Nora, Ex area militare. Settore sud-orientale. L'area meridionale (Università degli Studi di Cagliari)*, «Quaderni Norensi» 6 (2017), pp. 155-161.
- CESPA 2018 : Stefano Cespa, *Nora. I sistemi di approvvigionamento idrico*, Roma, Quasar, 2018.
- CINTAS 1976 : Pierre Cintas, *Manuel d'archéologie punique*, II, Paris, Picard, 1976.
- COLAVITTI – TRONCHETTI 2000 : Anna Maria Colavitti – Carlo Tronchetti, *Area M. Lo scavo di un ambiente bizantino: il vano M/A*, in *Ricerche su Nora - I (anni 1990-1998)*, a cura di Carlo Tronchetti, Cagliari, Grafiche Sainas, 2000, pp. 33-66.
- CROUCH 1993 : Dora P. Crouch, *Water Management in Ancient Greek Cities*, Oxford/New York, Oxford University Press, 1993.
- CUTRONI TUSA *et al.* 1994 : Aldina Cutroni Tusa – Antonella Italia – Daniela Lima – Vincenzo Tusa, *Solunto*, Roma, Libreria dello Stato, Istituto poligrafico e Zecca dello Stato, 1994.
- DE HAAN 2001 : Nathalie De Haan, *Si aquae copia patiat: Pompeian private baths and the use of water*, in Ann Olga Koloski-Ostrow (ed.), *Water use and hydraulics in the roman city*, Dubuque, Iowa, Kendall/Hunt, 2001, pp. 41-49.

- DESSALES 2007 : Hélène Dessales, *La distribution de l'eau   Pompéi : un cas hors norme?*, «Contributi di Archeologia Vesuviana» 3 (2007), pp. 129-141.
- DESSALES 2008 : Hélène Dessales, *Le prix de l'eau dans l'habitat romain: une étude des modes de gestion   Pompéi*, in Ella Hermon (ed.) 2008, *Vers une gestion intégrée de l'eau dans l'Empire Romain*, Roma, L'Erma di Bretschneider, 2008, pp. 55-66.
- DI GREGORIO *et al.* 2005-06 : Felice Di Gregorio – Claudio Floris – Pietro Matta – Carlo Tronchetti, *Ricerche geoarcheologiche sui centri fenicio-punici e poi romani della Sardegna centro-meridionale. Nora: nota 1*, «QuadACagl» 22.2 (2005-06), pp. 47-85.
- DOCTER *et al.* 2007 : Roald Docter – Hans Georg Niemeyer – Karin Schmidt, I. *Grabungs- und Baubefund. Stratigraphie und Chronologie*, in Hans Georg Niemeyer – Roald Docter – Karin Schmidt (Hrsg.), *Karthago. Ergebnisse der Hamburger Grabung unter dem Decumanus Maximus I*, Mainz am Rhein, von Zabern, 2007, pp. 45-174.
- EGEA VIVANCOS 2002 : Alejandro Egea Vivancos, *Ingenier a hidr ulica en Carthago Nova: las tuber as de plomo*, «Mastia» 1 (2002), pp. 167-178.
- EGEA VIVANCOS 2004 : Alejandro Egea Vivancos, *Abastecimiento y distribuci n urbana del agua en Qart-Hadast. La continuidad en  poca republicana*, in *El mundo p nico. Religi n, antropolog a y cultura material*, a cura di Antonino Gonzales Blanco – Gonzalo Matilla Seiquer – Alejandro Egea Vivancos Murcia, Universidad de Murcia, 2004, pp. 527-538.
- FINOCCHI – GARBATI 2007 : Stefano Finocchi – Giuseppe Garbati, *Il Colle e l'“Alto luogo di Tanit”: campagne 2005-2006. Lo scavo della cisterna: notizia preliminare*, «Quaderni Norensi» 2 (2007), pp. 211-233.
- GHIOTTO 2004 : Andrea Raffaele Ghiotto, *L'architettura romana nelle citt  della Sardegna*, Roma, Quasar, 2004.
- GHIOTTO 2009 : Andrea Raffaele Ghiotto, *Il complesso monumentale del foro*, in Jacopo Bonetto – Andrea Raffaele Ghiotto – Marta Novello (a cura di), *Nora. Il foro romano. Storia di un'area urbana dall'et  fenicia alla tarda antichit  (1997-2006)*, I. *Lo scavo*, a cura di Jacopo Bonetto, Padova, Italgraf, 2009, pp. 245-373.
- GIANNATTASIO 2000 : Bianca Maria Gannattasio, *L'area C di Nora, ovvero uno spazio aperto*, in *Ricerche su Nora – I (anni 1990-1998)*, a cura di Carlo Tronchetti, Cagliari, Grafiche Sainas, 2000, pp. 77-94.
- GIANNATTASIO 2004 : Bianca Maria Gannattasio, *Alcune osservazioni sulla funzione artigianale dell'area C di Nora*, «QuadACagl» 21 (2004), pp. 135-141.
- GRASSO 2001 : Luisa Grasso, *Nora. Area C: Campagne di scavo 1999-2000*, «QuadACagl» 18 (2001), pp. 137-150.
- GRASSO 2003 : Luisa Grasso, *Nora. Area C: Campagne di Scavo 2001*, «QuadACagl» 20 (2003), pp. 46-51.

- GUALANDI – FABIANI 2011 : Maria Letizia Gualandi – Fabio Fabiani, *L'università di Pisa a Nora: il recupero del quartiere lungo la via del porto*, in *Vent'anni di scavi a Nora. Ricerca, formazione e politica culturale. 1990-2009*, a cura di Jacopo Bonetto e Giovanna Falezza, Padova, Italgraf, 2011, pp. 43-55.
- GUALANDI – RIZZITELLI 2000 : Maria Letizia Gualandi – Claudia Rizzitelli, *L'insula A*, in *Ricerche su Nora - I (anni 1990-1998)*, a cura di Carlo Tronchetti, Cagliari, Grafiche Sainas, 2000, pp. 123-171.
- HODGE 1992 : A. Trevor Hodge, *Roman aqueducts & water supply*, London, Duckworth, 1992.
- HODGE 1996 : A. Trevor Hodge, *Anomalies in Flow at the Pompeii Castellum*, in Nathalie De Haan, Gemma C.M. Jansen (eds.), *Cura aquarum in Campania*, Leiden, Stichting Babesch, 1996, pp. 13-18.
- IACOVINO – MECOZZI 2012 : Cristina Iacovino – Pietro Mecozzi, *Le Terme Centrali. Il sistema di smaltimento delle acque*, «Quaderni Norensi» 4 (2012), pp. 115-124.
- JANSEN 2001 : Gemma C.M. Jansen, *Water Pipe Systems in the Houses of Pompeii. Distribution and Use*, in Ann Olga Koloski-Ostrow (ed.), *Water use and hydraulics in the roman city*, Dubuque, Iowa, Kendall/Hunt, 2001, pp. 27-40.
- KESSENER 2003 : Paul Kessener, *Roman Water Transport: Problems in Operating Pressured Pipeline Systems*, in Christoph Ohlig (ed.), *Wasserhistorische Forschungen. Schwerpunkt Antike*, Siegburg, Deutsche Wasserhistorische Gesellschaft, 2003, pp. 147-160.
- MAGANZANI 2004 : Lauretta Maganzani, *L'approvvigionamento idrico degli edifici urbani nei testi della giurisprudenza classica: contributi giuridici alle ricerche sugli acquedotti di Roma antica*, in Mariavittoria Antico Gallina (a cura di), *Acque per l'utilitas, per la salubritas, per l'amoenitas*, Milano, Et, 2004, pp. 185-220.
- MAGLIANI 2017 : Simona Magliani, *Area PT/mc. Campagna di scavo maggio-giugno 2015*, «Quaderni Norensi» 6 (2017), pp. 35-40.
- MEVIO 2012 : Silvia Mevio, *La fontana circolare nel settore D*, «Quaderni Norensi» 4 (2012), pp. 125-129.
- MEZZOLANI 2010 : Antonella Mezzolani, *Sistemi di raccolta idrica a Olbia: dati tipologici, strutturali e topografici sulle cisterne di età punica*, in *L'Africa Romana*, 18, 3, a cura di Marco Milanese - Paola Ruggeri - Cinzia Vismara, Roma, Carocci, 2010, pp. 1761-1775.
- MEZZOLANI 2014 : Antonella Mezzolani, *Le cisterne nella Sardegna di età punica: un quadro tipologico e comparativo*, in Thomas Schäfer – Frerich Schön – Andreas Gerdes – Jens Heinrichs (Hrsg.), *Antike und moderne Wasserspeicherung*, «TAF» 12 (2014), Rahden/Westf., Leidorf, pp. 135-155.
- MINOJA *et al.* 2014 : Marco Minoja – Maurizia Canepa – Mariella Maxia – Elisa Panero, *La Casa dell'Atrio Tetrastilo. Sondaggi archeologici negli ambienti D, I, L*, «Quaderni Norensi» 5 (2014), pp. 121-137.

- NERVI 2003 : Cristina Nervi, *La c.d. fullonica*, in *Ricerche su Nora – II (anni 1990-1998)*, a cura di Carlo Tronchetti, Elmas, Grafiche Sainas, 2003, pp. 61-75.
- NOVELLO 2009 : Marta Novello, *Il tempio del foro*, in Jacopo Bonetto – Andrea Raffaele Ghiotto – Marta Novello, *Nora. Il foro romano. Storia di un'area urbana dall'età fenicia alla tarda antichità (1997-2006)*, I. *Lo scavo*, a cura di Jacopo Bonetto, Padova, Italgraf, 2009, pp. 375-453.
- PAOLETTI 1997 : Stefania Paoletti, *Nora v. Soluzioni e tecniche dell'acquedotto romano di Nora*, «QuadACagl» 14 (1997), pp. 159-164.
- PESCE 1964-65 : Gennaro Pesce, *Case romane a "Campo Viale" in Cagliari*, «Studi Sardi» XIX (1964-65), pp. 329-348.
- PESCE 1972² : Gennaro Pesce, *Nora. Guida agli scavi*, Cagliari (1 ed. 1957), Fossatro, 1972.
- PREVIATO 2016 : Caterina Previato, *Nora. Le cave di pietra della città antica*, Roma, Quasar, 2016.
- RIGHINI CANTELLI 1981 : Valeria Righini Cantelli, *Tharros - VII. Su alcuni documenti fittili da Tharros*, «Rivista di Studi Fenici» 9 (1981), pp. 85-91.
- STANZL 1991 : Günther Stanzl, *Punische Bautechniken*, in Friedrich Rakob (Hrsg.), *Karthago I. Die deutschen Ausgrabungen in Karthago*, Mainz am Rhein, von Zabern, 1991, pp. 211-214.
- THUILLIER 1979 : Jean-Paul Thuillier, *Rapport préliminaire sur la campagne de 1976 (niveaux puniques). 1.2) Fouilles dans le secteur nord-est de l'îlot C*, in Serge Lancel (ed.), *Byrsa I. Mission archéologique française à Carthage. Rapport préliminaires des fouilles (1974-1976)*, Rome, École Française de Rome, 1979, pp. 225-240.
- TÖLLE-KASTENBEIN 2005² : Renate Tölle-Kastenbein, *Archeologia dell'acqua. La cultura idraulica nel mondo classico*, Milano (1 ed. it. 1993), Longanesi & C., 2005.
- TRONCHETTI 1990 : Carlo Tronchetti, *Cagliari fenicia e punica*, Sassari, Chiarella, 1990.
- TRONCHETTI 2001² : Carlo Tronchetti, *Nora*, Sassari (1 ed. 1986), Carlo Delfino ed. 2001.
- TRONCHETTI - CHessa 1992 : Carlo Tronchetti - Ignazia Chessa, *Lo scavo di via Brenta a Cagliari. I livelli fenicio-punici e romani*, «QuadACagl» 9, Suppl. (1992), Cagliari.
- WILSON 1998 : Andrew Wilson, *Water supply in ancient Carthage*, in John Teodor Peña – J. J. Rossiter – Andrew I. Wilson – Colin Wells – Maureen Carroll – Joann Freed – Daniel Godden (eds.), *Carthage papers: the early colonies economy, water supply, a public bath, and the mobilization of state olive oil*, Portsmouth, RI, 1998, pp. 65-102.
- WILSON 2000 : Andrew Wilson, *Incurring the wrath of Mars: sanitation and hygiene in Roman North Africa*, in Gemma C.M. Jansen (ed.), *Cura aquarum in Sicilia*, Leiden, Stichting Babesch, 2000, pp. 307-312.
- WILSON 2001 : Andrew Wilson, *Urban Water Storage, Distribution, and Usage in Roman North Africa*, in Ann Olga Koloski-Ostrow (ed.), *Water use and hydraulics in the roman city*, Dubuque, Iowa, Kendall/Hunt, 2001, pp. 83-96.