

Ipotesi e argomentazioni sulla ricostruzione della Meta Sudans nell'acquedotto del Colosseo come piezometro e tromba idroeolica

Pier Gabriele Molari

ORCID: [0000-0001-5053-0833](https://orcid.org/0000-0001-5053-0833)

Già Alma Mater Studiorum - Università di Bologna, Dipartimento di Ingegneria industriale - DIN

24 ottobre 2024

Salvo eventuali più ampie autorizzazioni dell'autore, il contributo può essere liberamente consultato e può essere effettuato il salvataggio e la stampa di una copia per fini strettamente personali di studio, di ricerca e di insegnamento, con espresso divieto di qualunque utilizzo direttamente o indirettamente commerciale. Ogni altro diritto sul materiale è riservato.

DOI: <https://doi.org/10.6092/unibo/amsacta/7948>

Ipotesi e argomentazioni sulla ricostruzione della *Meta Sudans* nell'acquedotto del Colosseo come piezometro e tromba idroeolica

Pier Gabriele Molari

Riassunto

Dopo una breve introduzione per motivare lo studio, si descrive lo stato rilevato del rudere della *Meta Sudans* e si cerca di risalire alla forma e all'impiego del monumento basandosi sulle precise ricerche archeologiche condotte in varie campagne di scavo. Si passano in rassegna le fonti antiche, le monete che lo rappresentano e si riportano alcune ricostruzioni proposte. L'ampia bibliografia, consultata ed elencata nel lavoro [Panella 1996], mette in evidenza quanto pensiero sia stato dedicato a questo monumento.

In una seconda parte si argomenta una nuova interpretazione della funzione del monumento come piezometro per limitare la pressione nei condotti dei servizi e come *tromba idroeolica* per alimentarne gli organi musicali posti all'interno dell'anfiteatro Flavio, pensandolo come evoluzione di quanto rappresentato su di una lastra Campana. Si ricorda così che nell'antichità erano impiegati due diversi organi musicali ad aria: il primo, detto *aquicum*, descritto da Vitruvio, ed un secondo chiamato *aqua organa* descritto molto più tardi da Branca, ma che sembra logico considerare presente anche a Roma nei circhi in età imperiale, dato che usa un principio noto dai tempi di Ctesibio. La seconda macchina permette di essere impiegata in grandi spazi aperti, come negli anfiteatri, potendo contare su di una potente e durevole fonte di energia, infatti, l'aria in pressione è ottenuta da un flusso costante di acqua che viene miscelato con aria, l'aria viene poi separata sotto battente. Si chiude con uno disegno schematico della nuova proposta e con un calcolo approssimato della possibile altezza del monumento.

Introduzione e motivazione del lavoro

La *Meta Sudans* ha da sempre fatto parte dei monumenti della Roma imperiale, tanto importante da essere accostata al Colosseo nelle monete degli imperatori e tanto visitata da essere di riferimento [Nardini 1666] e da far parte dei percorsi turistici ancora nell'800, pur essendo ridotta a rudere, Fig.1.



Fig. 1 La *Meta Sudans* nel 1800

Il monumento, dopo aver subito nei secoli parziali distruzioni, viene in parte ricostruito e poi definitivamente abbattuto durante il periodo fascista per consentire il passaggio della cosiddetta via dei Fori imperiali. Ora, dopo recenti scavi archeologici, è ricordata solo con un'impronta rasoterra Fig.2.



Fig.2 L'impronta a terra della *Meta Sudans* oggi

Parte I

La descrizione fisica dai rilievi archeologici, dalle monete e dalle fotografie dei resti della *Meta Sudans*

La *Meta Sudans* è stata considerata da sempre una fontana e, per la sua forma, anche se di notevoli dimensioni, viene ricordata come *meta*, cioè come riferimento attorno al quale giravano le corse con cavalli negli stadi, ma per questa funzione era usuale impiegare tre pilastri che Colini definisce *basse colonne cuneiformi* [Colini 1937]. Nelle monete di Tito (79-81 d.C.), Alessandro Severo (222-235 d.C.) e Gordiano Pio (238-244 d.C.) la sua mole è considerevole confrontata con l'altezza del Colosseo Fig. 3. Appare quindi poco plausibile fosse una *meta* per le corse, come pure non sembra possibile considerarla una fontana, seppure a cascata.



Fig. 3 I contornati di Tito (79-81), Alessandro Severo (222-235) e Gordiano Pio (238-244 d.C.) [Colini 1938]

Riferimenti alla *Meta Sudans* sono presenti nei testi antichi di Seneca e nel più tardo annuario della città di Roma di Cassiodoro, ripreso da Eusebio:

In his, quae me sine avocatione circumstrepunt, essedas transcurrentes pono, et fabrum inquilinum, et ferrarum vicinum, aut hunc, qui ad Metam sudantem tabulas expeditur et tibus, nec cantat, sed exclamat.
Seneca Epist. Ad Lucilium LVI (21) [Seneca/Boella 1969] (62-65 d.C.)

His coss., insignissima Romae factae sunt ... Meta aurea, Meta sudans et Pantheon (Cassiodoro Chronicon)
Multa opera facta ... Mica aurea, Meta sudans, Pantheon Annuario (20) Domitianus IX et Clemens II
(Eusebio, Chronic, Lib. II Ann. Chr. 90) [Eusebio/Maius 1818] (83 d.C.)

Il monumento viene rappresentato in vari contornati, monete che sono *la pecunia relativa a tali ferie e ludi, e in genere alla vita urbana della plebe in Roma* [Mazzarino 1959] associandolo così ad una funzione ludica.

Il monumento viene anche considerato rappresentato nelle monete romane del periodo dell'imperatore Tito (79-81 d.C.) riportate in Fig. 4. Queste monete, da molti neppure ritenute originali [Canina 1851], sono state quasi sempre riferite dagli Studiosi alla *Meta Sudans* pur non essendovi riferimenti precisi, ma potrebbero riferirsi a normali fontane a parete nelle quali viene messa in evidenza la caduta dell'acqua che lambisce la parete stessa.

Vari e in gran numero sono i lavori che possono venire presi come riferimento per conoscere i resti del monumento in tutti i dettagli, dato che il monumento ha attirato l'attenzione di molti studiosi ed è stato oggetto di approfondite indagini archeologiche. In bibliografia se ne elencano alcuni [Panella 1966; Zeggio 1966, 2002, 2007. In [Panella 1996] si può trovare un ampio riferimento agli studi condotti.



Fig. 4 Non sembra che queste monete romane dell'imperatore Tito (79-81 d.C.) -da molti neppure ritenute originali [Canina 1851]- siano riferibili alla *Meta Sudans* perché potrebbero riferirsi a normali fontane a parete nelle quali viene messa in evidenza la caduta dell'acqua che lambisce la parete stessa.

Leggendo questi lavori nasce spontanea la domanda di ricercare i motivi per i quali i Romani, così brutalmente essenziali, abbiano costruito un monumento così massiccio solo per una fontana, essendo questo dotato di una vasca circolare avente 25 metri di diametro con un nucleo di circa 18-20 metri di diametro alla base e tanto sviluppato in altezza da essere paragonato a quella del Colosseo. Ci si può chiedere anche perché i Romani abbiano costruito questo monumento proprio su di un preesistente *castellum* Fig. 5 a destra¹ e quindi per distribuire l'acqua da esso e perché, se era a disposizione un flusso di acqua capace di raggiungere una quota piezometrica così elevata, limitarne la pressione e quindi la distribuzione partendo dalla quota della vasca a terra. Nei report sui grandi lavori di scavo che hanno interessato la zona nel 2003, si introduce il termine "saliente" considerando *molto alta* la parte centrale del manufatto senza tuttavia menzionare il termine *fontana*.

Giovanna Tedeschi Grisanti [Tedeschi 1986] si pone questa domanda partendo dal termine *saliens* usato da Vitruvio VII 6,2 [Vitruvius 1836], lo associa al *lacus*, impiegato anche da Frontino IX,9; LXXVI,2; LXXXVII,5; XCVII,8; CIII,4; CIV, 1-3 [Frontino 1722], e scrive:

Una interpretazione possibile è di attribuirlo a una normale fontana nella quale l'acqua arriva in pressione e può quindi zampillare (salire) verso l'alto. Lo stesso effetto di risalita lo si può ottenere anche da un tubo piezometrico inserito nei punti bassi di un sifone rovescio, realizzando fontane del tipo Meta Sudans, che però nessun autore indica come saliens. Questa soluzione può essere sia fine a se stessa come semplice fontana, sia come dispositivo di protezione da possibili colpi d'ariete nei sifoni rovesci, questi ultimi utilizzati nell'attraversamento di avvallamenti. Un'ipotesi semplificativa potrebbe essere la stessa Meta Sudans, che potrebbe aver funzionato da cuscinetto contro il colpo d'ariete (tubo piezometrico) nel collegamento con sifone rovescio della valle interposta tra Celio e Palatino [Reina 1911]. L'ipotesi è accettabile, anche se non comprovata da testimonianze archeologiche, in base alle quote relative dei colli e della valle e all'altezza della Meta basata su ricostruzione [Colini 1937, p.31 fig 13]

¹ Il *castellum* era un punto di arrivo e distribuzione di condotti di acqua. Come noto, i Romani proibivano di edificare in corrispondenza degli acquedotti interrati e così queste zone, una volta rimosso il condotto, rimanevano libere divenendo strade. Si comprende così anche il riferimento della *Meta Sudans* come crocevia che rimase nella viabilità normale ancora nell'800.

I colpi d'ariete, come si legge nei trattati di Idraulica, possono generarsi nei condotti a seguito di rapide intercettazioni dei flussi con sovrappressioni che si propagano a monte dei condotti stessi. Era prassi consolidata negli acquedotti romani *tagliare*, per così dire, con condotti verticali, in asse con la conduttura principale, la pressione in più punti, a distanze costanti come a Rimini o a Pompei [Molari 2024]. Vitruvio nella descrizione degli acquedotti sotterranei (L 8, VI,3) scrive “*Puteique ita sint facti uti inter duos sit actus*” [Vitruvius/ Marini 1836]. Occorre sottolineare come per questa funzione sarebbe stato sufficiente inserire, come già detto, un solo tubo verticale sulla condotta e non un complesso sistema di tubazioni Fig. 6, come quello messo in luce degli scavi, non collegato direttamente al tubo centrale, con una alimentazione che circonda il nucleo centrale avente una saracinesca per permettere di “by-passare” l'alimentazione laterale.

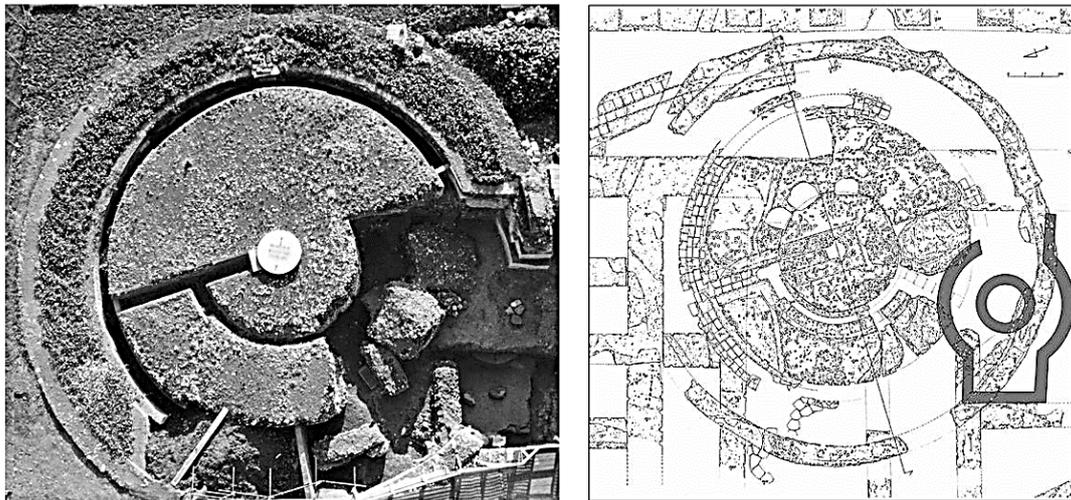


Fig. 5 I resti della *Meta Sudans* in pianta e a destra la posizione dell'antico *castellum* [Panella 2013]

Il presente lavoro si pone l'obiettivo di comprendere il funzionamento della *Meta Sudans*. Esso nasce da una ricerca sulla ricostruzione della fontana di Rimini [Molari 2024] e ancora da un precedente lavoro sulle navi di Nemi [Molari 2020] dove vengono portati argomenti per considerare l'alimentazione di organi musicali con aria in pressione generata mediante metodi idraulici. Quando infatti si deve generare suono in luoghi aperti occorre disporre di una considerevole quantità di energia, che con i mezzi di allora poteva venire prodotta soltanto utilizzando una sorgente idraulica o sfruttare, come nel caso di Rimini, il naturale contenuto dell'aria presente nell'acqua.

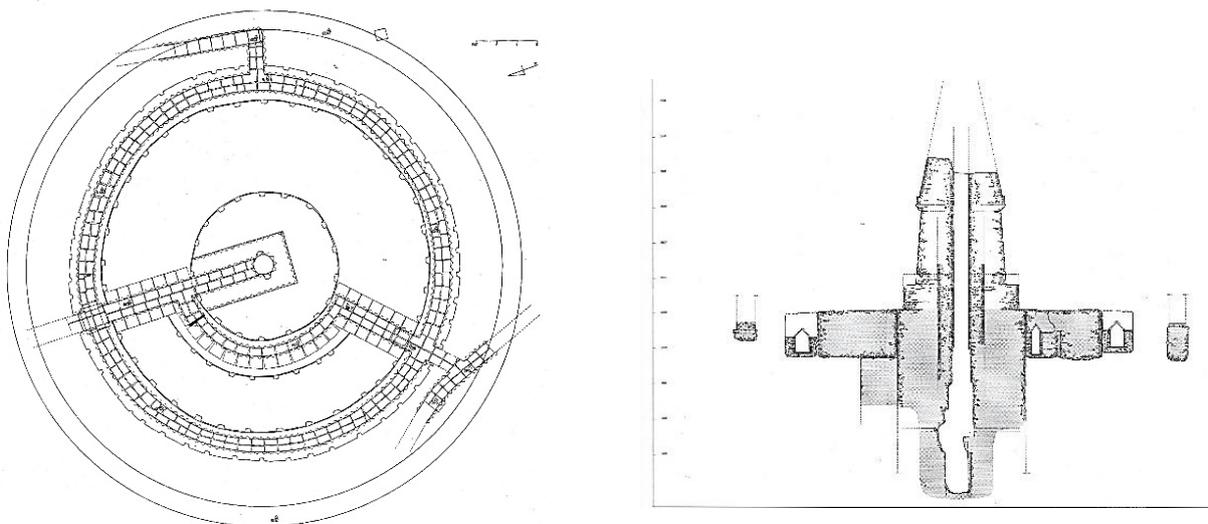


Fig. 6 I condotti della *Meta Sudans*. A sinistra in pianta l'arco del condotto di ingresso con paratia di intercettazione sull'uscita posta a nord e rivolta al Colosseo. A destra la sezione con l'uscita del condotto centrale a circa 8 m sotto il livello stradale [Panella 1996].

Come già detto, si rimanda ai più ampi lavori [Panella 1996; Zeggio 1996] la descrizione del monumento e della sua storia. Si riassumono qui solo alcune caratteristiche che appaiono utili per argomentare la tesi proposta.

Innanzitutto, la fondazione: dalle campagne di scavo si rileva che all'interno della grande vasca circolare, avente diametro di 25 metri, sorgono due manufatti, in parte separati, composti da un corpo centrale, avente alla base diametro di 7 m, sostegno di un tubo di piombo di circa 90 cm di diametro, e da un guscio esterno con diametro esterno di 18 m. Fra questi due corpi, solo in parte separati, corre un condotto in comunicazione con la mandata dell'acqua.

Al monumento facevano riferimento vari condotti sotterranei. Un condotto a voltine era diretto verso il Colosseo ed aveva la particolarità di essere interrato ad una profondità di circa 8 m Fig. 6 a destra. Si pensa che questo condotto terminasse in una vasca all'interno del Colosseo dove separare, sotto battente, l'aria dall'acqua, proprio in corrispondenza della posizione degli organi musicali presenti nell'Anfiteatro.

Dalla posizione del condotto di ingresso e da quello di uscita l'acqua entrava dalla parte del colle Celio e usciva verso il Colosseo, viene così confermata l'impossibilità che la *Meta Sudans* fosse una fontana con il tubo interno in piombo come *saliente*. L'acqua doveva salire nell'intercapedine lasciata in un arco di circa 100 gradi fra il guscio esterno e la parte centrale di sostegno del tubo. Si comprende così anche l'aggettivo *sudans* che marca l'impossibilità di realizzare una tenuta perfetta con presenza di zampilli e trasudamenti oltre alle saltuarie tracimazioni dall'altro per sovrappressioni o portate elevate.

Le ricostruzioni proposte

Nel corso dei secoli sono varie le ricostruzioni proposte della *Meta Sudans*, quasi tutte simili [Rocchi 1908]. Se ne elencano alcune Figg. 7, 8, 9. Il presupposto comune è che si tratti di una fontana, definita alta 18 metri posta nello stesso luogo.

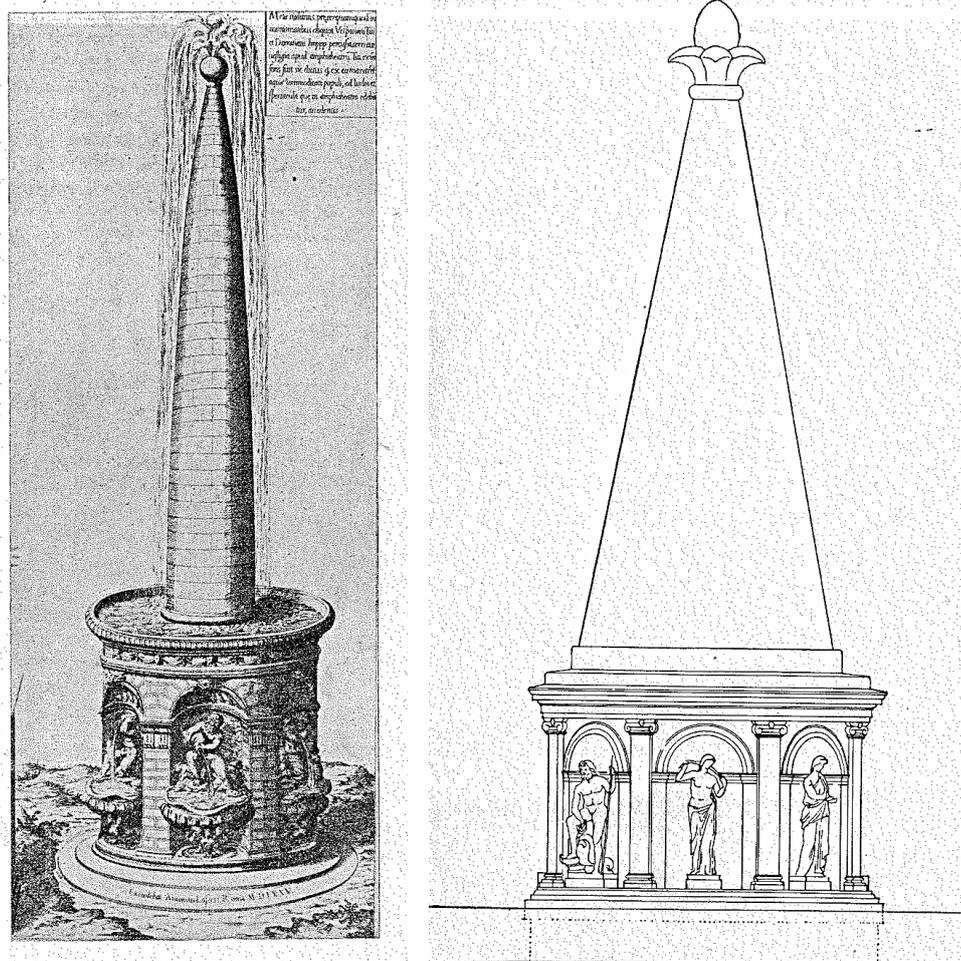


Fig. 7 A sinistra la ricostruzione di A. Lafrery 1575, a destra quella proposta da I. Gismondi [Colini 1938]

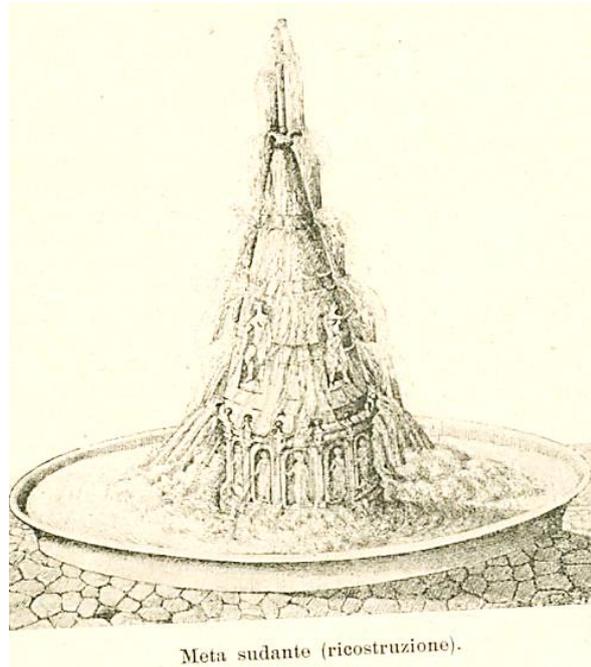
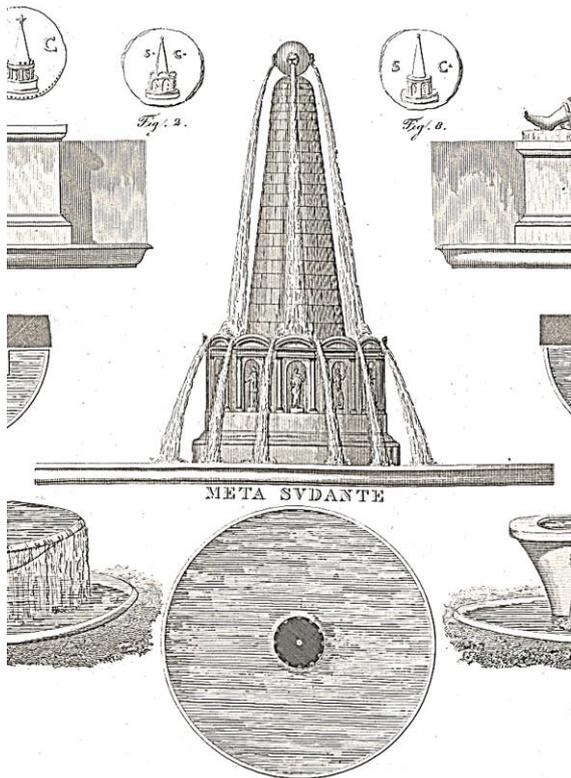


Fig. 8 Altre ricostruzioni riportate in [Canina 1851; Rocchi 1908]



Fig. 9 Ricostruzione della Meta Sudans in una incisione del 1624 [Lauro 1624]

Parte II

In questa seconda parte si discutono argomenti per considerare la *Meta Sudans* come piezometro per limitare la pressione nei condotti dei servizi e come tromba idroeolica per alimentarne gli organi musicali posti all'interno dell'anfiteatro Flavio. Si inizia ricordando quali fossero i tipi di organi musicali allora in uso, si considera il *betilo* della piastra Campana (riportata in Fig. 17) come la *Meta Sudans* al tempo di Nerone e come possa essere stata trasformata al tempo della sopraelevazione del Colosseo.

I tipi dell'organo musicale al tempo di Roma

Nell'antichità sono noti molti impieghi della aria in pressione, per esempio negli strumenti musicali e nelle armi descritti da Erone e Vitruvio. L'aria può essere compressa attraverso mantici o soffietti o utilizzando il moto di una colonna d'acqua miscelando aria con acqua e poi separando l'aria in un barilotto. La pressione viene quasi sempre mantenuta costante sfruttando la pressione idrostatica di una colonna d'acqua o, a volte, attraverso valvole tarate (Hachette 1808; Moretti 1997; Marchesi 2004; Meneghetti 2016). Nel caso di impiego della miscela aria-acqua, il miscelamento dei due fluidi avviene o sfruttando la depressione provocata da un restringimento della vena (effetto Venturi) oppure da vortici generati, in camere circolari aperte, da getti d'acqua tangenziali o in imbuto troncoconici, con o senza alette incanalanti il flusso, o da entrambi i fenomeni agenti contemporaneamente. Questa tecnica rimasta, nella sostanza, immutata per secoli, può essere bene illustrata dai disegni di impianti industriali settecenteschi [Hachette 1808].

L'organo romano descritto da Vitruvio detto *aquicum* e quello descritto da Branca detto *organa hydraulica* sono due organi fatti suonare con due differenti energie: quella umana e quella idraulica.

Questi due tipi di organo, come aveva già fatto Barbaro, sono descritti in [Moretti, 1997] con precisione il primo e in modo sfuggente il secondo. ... *l'aria all'interno del contenitore, grazie alla spinta che riceve dall'acqua della vasca circostante, viene mantenuta ad una pressione costante a prescindere dal più o meno veloce ed energico azionamento della pompa. In pratica, questo accorgimento idraulico funzionava proprio come gli attuali "mantici" dell'organo, il cui compito è, precisamente, quello di mantenere l'aria ad una pressione costante e regolare. Questo tipo di organo fu poi elaborato ulteriormente, soprattutto quando venne portato a Roma e venne subito adottato come strumento musicale per l'accompagnamento dei giochi circensi. In questo periodo 'romano', all'Hydraulos vennero applicati alcuni accorgimenti che riuscivano a fare suonare le file delle canne separatamente le une dalle altre (una specie di comando dei registri ante litteram) e diverse migliorie tecnico-idrauliche che ne stabilizzavano e rendevano ancora più regolare l'emissione dell'aria.* Moretti descrive il primo tipo di organo in dettaglio, meno il secondo tipo del quale sono messe in evidenza soprattutto le migliorie che i registri apportano a livello musicale. Nei trattati sulla storia degli strumenti musicali vengono messi in evidenza gli organi idraulici, quasi sempre, riferendosi agli impianti nei quali l'aria viene pompata da mantici o da stantuffi entro cilindri e mantenuta in pressione da una colonna d'acqua Fig.10 come nei ritrovamenti di Dion del I sec d.C. o quello di Aquicum del 288 d.C..

Organi musicali sono descritti da Svetonio nella Vita dei Cesari [Svetonio 1951], dove si legge che Nerone è tanto coinvolto nella ammirazione all'organo che ha fatto costruire da dimenticare i suoi compiti pubblici. Infatti, quando a Napoli, nel marzo del 68 riceve la notizia dell'insurrezione delle Gallie, guidata da Giulio Vindice «*disturbato durante la cena da una lettera allarmante, limitò la sua collera a minacciare ogni male a coloro che si erano ribellati*» e accompagnò invece i commensali a visitare la macchina e solo dopo otto giorni di silenzio scrisse una lettera al Senato per chiedere a suo nome vendetta, giustificando la sua assenza per un mal di gola.

Sed urgentibus aliis super alios nuntiis Romam praetepidus rediit [...]. Ac ne tunc quidem aut senatu aut populo coram appellato quosdam e primoribus viris domum evocavit transacta que raptim consultatione reliquam diei partem per organa hydraulica novi et ignoti generis circumduxit, ostendens que singula, de ratione ac difficultate cuiusque disserens, iam se etiam prolaturum omnia in theatrum affirmavit, si per Vindicem liceat.

Che viene tradotto come: *Ma poiché le notizie si accavallavano le une alle altre, tornò spaventatissimo a Roma ... Ma nemmeno in questa circostanza arringò personalmente il popolo o il Senato, ma fece venire a casa sua alcune delle principali personalità, e dopo aver fatto una rapida consultazione passò il resto della giornata a mostrare loro degli organi idraulici di modello nuovo e sconosciuto, e ne fece esaminare ogni singola parte,*

illustrando il meccanismo e le complesse strutture che presentavano, e promettendo loro che li avrebbe ben presto fatti vedere in teatro, se Vindice glielo avesse permesso.

Svetonio ci fornisce così alcune notizie fondamentali [Dessi 2008]: Nerone possiede un organo del quale sa illustrare, con compiaciuto orgoglio agli ospiti i nuovi principi costruttivi, con le complesse strutture che rendono lo strumento «di modello nuovo e sconosciuto»; infine fa sapere di **voler portare in teatro questo strumento di nuova concezione**. Barbaro [Barbaro 1567] nel commento dell'organo descritto da Vitruvio [Vitruvius 1836] scrive in modo confuso di più varietà di organi musicali tanto da far pensare che non ne avesse chiaro il funzionamento: *affermando che Nerone tanto si diletta di queste macchine Hidraulice, che contenevano l'acqua, e per più canne mandando fuori l'aere con l'acqua insieme facevano un tremendo suono, che tra i pericoli della vita, e dello imperio, tra gli abbuttinamenti dei soldati, e dei capitani, nel soprastante e manifesto pericolo, non lasciava il pensiero, e la cura di quelle: e che poi essendo divulgati i libri di Vitruvio, Nerone non l'havesse così care, poi che con vulgata ragione fussero fabricate.*

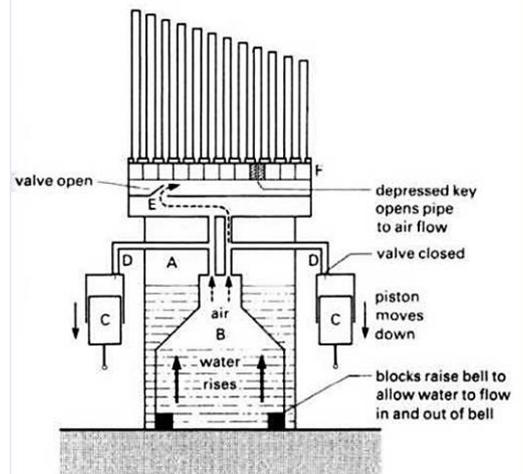


Fig. 10 Lo schema di un organo alimentato con mantici e mantenuto in pressione sotto battente di una colonna di acqua [Moretti 1997]

Sembra lecito pensare che l'organo "di nuovo modello" mostrato da Nerone fosse un organo azionato con aria messa in pressione da una colonna d'acqua dopo averla separata da essa in modo continuo. Sembra così lecito pensare che fossero proprio i suoi ingegneri Celere e Severo che, dopo aver seguito le regole, espone anche da Vitruvio, sull'impiego e sulla posizione dei "putei" in una condotta, abbiano utilizzato le intuizioni di Ctesibio per produrre artificialmente acqua gasata, e abbiano impiegato l'aria, una volta separata dall'acqua sotto battente, come energia negli organi, fino ad allora alimentati con aria pompata manualmente con mantici o spostando pistoni entro cilindri.

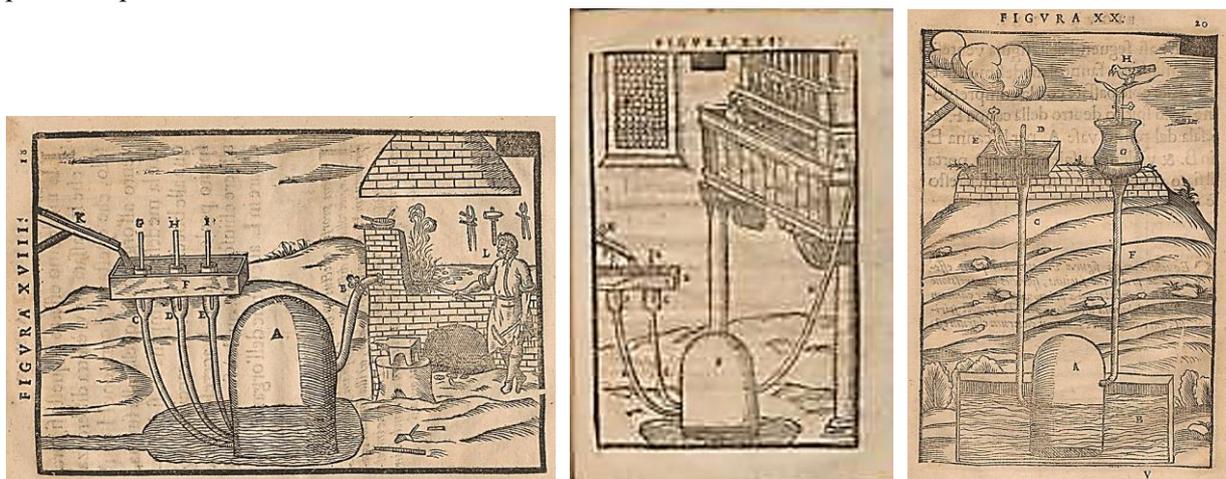


Fig. 11, 12, 13 Da destra. L'aria viene richiamata nei condotti tramite un restringimento della vena d'acqua, viene poi separata sotto battente nella camera A di qui viene inviata in una fucina. Lo stesso effetto viene sfruttato per fare suonare un organo o per simulare il canto di uccelli [Branca 1629]

Il principio della generazione di aria in pressione sfruttando energia idraulica viene descritto da Erone e più dettagliatamente nel 1570 da Branca.

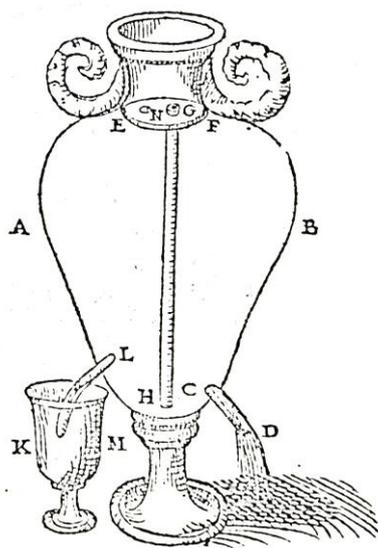
Con i disegni presi da Branca [Branca 1629] in Fig. 11 è rappresentata una macchina idraulica che genera aria in pressione con la didascalia: *Mostra la seguente machina un spiritale per mantice di fucina; chiusa la chiave B e collocata la campana A con la bocca in giù un terzo dentro l'acqua per li fori C D E quale entrando per le canne sudette non cresce in A, ma spinge del continuo l'aere in B e più e meno secondo che saranno aperti i sifoni in G H I o tutti o parte, e aperta poi la chiave B si dà il fiato alla fucina dove lavora il fabbro L l'acqua si dà in K come si vede.*

In Fig. 12 lo stesso effetto viene sfruttato per fare suonare un organo. *Il medesimo effetto fa questa figura che la passata, né vi è altra differenza solo, che questa per il cannone H dà il vento all'organo, e quella alla fucina, vi è la medesima campana A. Si dà l'acqua alle bocche D C che cacciando lo spirito per le canne K, I accresce forza all'aere chiuso in A, quale à forza vada ad esalare in L alle canne dell'organo.*

In Fig. 13 l'aria in pressione viene impiegata per simulare il canto di uccelli. *In questa figura non si muta cosa alcuna dell'artificio delle due passate; ma solo si varia l'effetto, che mentre è collocata la campana A dell'acqua B come si vede, e cacciando l'aere per la canna C con l'acqua E. Lo spirito, che moltiplica in A esala per la canna F e allentata la chiave dà fiato all'ucello H che ò fischia, o canta secondo la preparazione del suo artificio, come insegna anco Erone (I sec d.C.) ne' suoi spiritali [Erone 1575].*

Erone, contemporaneo di Nerone, riporta invenzioni di Ctesibio del terzo secolo a.C. in particolare nel Cap. XLIII [Erone/Commandino/Baldi 1575] vi è una tavola con un monumento con il canto degli uccelli o con suonatore di tromba Cap. XLIX nelle quali il suono viene prodotto attraverso la generazione di aria in pressione..... come traduce Giorgi [Erone/Giorgi 1591] : .. *c'insegna per via di spirito, ò aria rinchiusa di fare che suonino gli organi, come faceva Ctesibio, imitare le voci di varij ucelli, fischi di serpenti, e suoni di trombe, con le quali ragioni, ò simili si può credere, che fusse fabricata la statua di Mennone, ò di Sesostre; che come riferisce Pausania, ogni giorno a l'apparire del sole mandava fuori certo strepito armonico.*

In Erone è palese la evoluzione dell'impiego dell'acqua per mettere in pressione dell'aria, dapprima in modo discontinuo facendo svuotare l'aria "rinchiusa" in un recipiente immettendo acqua e poi, in modo continuo, come nel capitolo LXVI [Erone/Commandino/Baldi 1575] Fig. 14 dove miscela aria ed acqua per poi separarle. Nelle figure del Branca l'operatività di questa soluzione diviene prassi, come si vede nelle Figg. 11, 12, 13.



H · E · R · O · N · I · S
LXVI.

Si vas in basi existet, canalemque habeat supra fundum, & infusa in ipsum aqua, interdum quidem puram aquam fluere, interdum mixtum, interdum vero merum tantum.

Fig. 14 Dal capitolo LXVI [Erone/Commandino/Baldi 1575] si immette acqua dall'alto che si miscela con aria che si separa poi nel recipiente stesso.

Organi musicali sono rappresentati nelle monete romane, come si può vedere nei contornati riportati nelle Figg. 15, 16. Nel contornato di Nerone Fig. 15 non appaiono addetti per pompare aria nello strumento ma sono evidenti i condotti di ingresso dell'aria e mantici di piccole dimensioni, a differenza di quello successivo di Valentianiano III Fig. 16 nel quale sono raffigurati due addetti che azionano le lunghe leve dei mantici.



Figg. 15, 16 *Hydraulis* nel contorniato di Nerone (13 ottobre 54; 9 giugno 68) e a destra il contorniato di Valentiniano con gli addetti ai mantici (23 ottobre 425; 16 marzo 455)

L'interpretazione delle funzioni e proposta di ricostruzione del monumento originale nelle sue diverse fasi temporali



Fig. 17 Nella lastra Campana *Fanciulle che ornano un betilo* [Panella 1966] di età augustea si vedono due figure umane e vi sono vari strumenti musicali. Il *betilo* è legato da un nastro con un nodo che sembra proprio dire che la sorgente del suono è dovuta a questo oggetto.

Una immagine che viene sempre accostata al monumento è quella descritta nella terracotta di età imperiale che proviene dal tempio di Apollo Palatino Fig.17. In queste terrecotte, dette *piastre Campana* dal nome di chi le raccolse [Strazzulla 1990; Panella 1996], si vedono due figure umane e vari strumenti musicali a fiato. Il *betilo* è legato da un nastro con un nodo che sembra proprio dire che la sorgente del suono è a lui dovuta.

Come scrive Seneca (pag.2) suoni ad alto volume erano udibili attorno alla *Meta Sudans*. Dalle ricerche archeologiche, al tempo di Nerone in quel luogo vi era un castellum, non lontano dal lago della Domus Aurea,

e, riferendosi allo scritto di Svetonio, sembra logico pensare che “La *Meta Sudans*” al tempo di Nerone possa venire considerata simile, a quella descritta nella terracotta Campana, con la sua inusuale ed unica forma [Panella 1996; Rizzo1976-1977], ed edificata in corrispondenza del castellum dal quale veniva derivata acqua per alimentare il lago e la *Domus Aurea* e che servisse proprio per alimentare l’organo che, come sottolinea Svetonio, Nerone illustrò con tanto vanto agli Ambasciatori.

Prendendo spunto da questa immagine, nella versione finale del monumento, di altezza ben più alta della precedente, l’acqua sale all’interno della torre, raggiunge una vasca superiore e di qui scende nel tubo centrale, nella discesa aumenta la velocità e richiama aria dall’esterno che viene quindi miscelata con l’acqua. La colonna di acqua mette in pressione la miscela. L’aria viene quindi separata dall’acqua sotto battente per poter essere impiegata negli organi musicali dell’Anfiteatro.

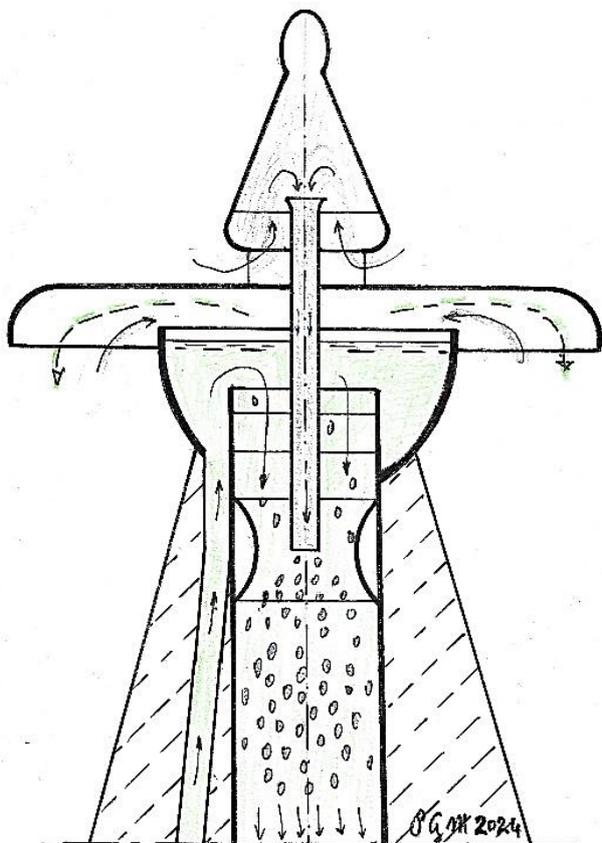


Fig. 18 Con riferimento alla sommità del *betilo*, di forma inusuale e unica, della lastra Campana (a destra), Fig. 16, nel disegno schematico dell’Autore l’acqua sale lateralmente nell’intercapedine fra il guscio esterno e il nucleo interno, raggiunge la sommità in una vasca e scende nel grande tubo centrale in piombo. Il moto e i restringimenti di sezione richiamano aria dall’esterno, aria che si miscela con l’acqua. Eventuali sovrappressioni o portate superiori fanno tracimare l’acqua che può quindi scendere sull’esterno del mantello e raccogliersi nella vasca a livello terra.

Al tempo di Diocleziano occorre fornire acqua al Colosseo, soprattutto durante la sopraelevazione, oggi diremmo, al foyer, in corrispondenza del terzo ordine del loggiato. Sembra logico pensare che l’idea della macchina così innovativa, costruita dagli ingegneri Neroniani Celere e Severo, non sia andata perduta ma sia stata ampliata per portare aria in pressione agli *aulos* presenti all’interno dell’anfiteatro, come si era impegnato a fare Nerone per i teatri. Musiche vere e proprie si potevano così udire in tutto l’anfiteatro anche in presenza di rumori della grande folla, dato l’elevato grado di potenza sonora della quale disponevano con una così elevata disponibilità di aria in pressione. Si considera quindi che la sommità della *Meta Sudans* potesse essere simile a quella della più ridotta macchina rappresentata nella lastra Campana ed avesse un funzionamento simile a quello sopradescritto e rappresentato nel disegno schematico di Fig. 18. Ciò sembra del tutto allineato, anche se con un differente obiettivo con quanto scrive Clementina Panella [Panella 1996]: ... *Meta Sudans* sia che essa sia una costruzione completamente flavia, come risulta dai resti oggi conservati, sia che essa riproduca, o monumentalizzi un “segno” già esistente. ... E’ fuori di dubbio che tale “oggetto” è molto simile

alla ricostruzione della fontana flavia, che sulla base delle monete e dei resti visibili fino al 1936, è stata più volte riproposta. La “Meta” delle lastre Campana è in sostanza un “betilo” o almeno svolge nell’immaginario dell’età di Augusto la medesima funzione dell’ipostasi di Apollo. Ci si può chiedere se anche la “fontana Meta” non sia un grande betilo, realizzato per la prima volta o ricostruito dai Flavi, in un luogo preciso, che, oltre a possedere una serie di valenze tipografiche, urbanistiche e monumentali più o meno esplicite, “evocava” anche e soprattutto il sito della casa natale di Augusto.

Nella versione *Meta Sudans* per l’anfiteatro Flavio, la vasca di separazione dell’aria dall’acqua dovrebbe essere stata presente negli ipogei dell’Anfiteatro, come pure una qualche forma di riduzione della pressione dell’aria per la grande altezza della colonna di acqua con conseguente alta pressione dell’aria che in genere veniva invece impiegata degli organi a pressione inferiore.

Qualche calcolo per ipotizzare l’altezza della *Meta Sudans* nel periodo dei Flavi

Il mantello esterno del monumento può essere considerato, per semplicità e in prima approssimazione, un tubo di spessore sottile soggetto a pressione interna, in realtà viene per circa metà unito a quello interno, lasciando uno spessore ad arco libero lungo il quale può salire l’acqua.

Si può quindi calcolare alla base del monumento una tensione principale circonferenziale pari a $\sigma_t = \frac{pR}{s}$ dove p è la pressione interna, R il raggio medio del “tubo” pari a 6,25 m (diametro esterno di 18 m e interno di 7 m) avente spessore s di 5,5 m. Ponendo questa tensione uguale alla tensione ammissibile si può ricavare la pressione massima che può sopportare e quindi l’altezza della colonna d’acqua. Considerando che i Romani utilizzavano conglomerato cementizio pozzolanico, con una tensione ammissibile di 0,82 N/mm², si può calcolare un’altezza massima di 73 m. Altezza che può essere ridotta a circa 45-50 m utile per assicurare acqua fino al colonnato interno del Colosseo dove era necessaria per i servizi.²

Conclusioni

Viene messa in evidenza la tormentata storia del luogo nel quale sorgeva la grande mole della *Meta sudans*, partendo da un castellum per distribuire l’acqua, proveniente dall’acquedotto Appio, con la presenza di un piezometro necessario per le differenze di quota del condotto e per evitare sovrappressioni, così dannose per la resistenza delle tubature e garantire uno sfiato dell’acquedotto. Si ricorda poi il potenziamento dell’acquedotto per portare acqua al lago che ornava la domus aurea. Si fa poi riferimento alle cronache e sembra lecito pensare che l’organo che destò tanta meraviglia da parte dell’imperatore Nerone, fosse un organo alimentato da un flusso d’aria messo in pressione da una condotta di acqua. Si può quindi pensare, partendo da queste premesse, che la *Meta sudans* al tempo di Diocleziano abbia mantenuto la sua funzione ma sia stata enormemente ingrandita per far fronte alle così aumentate necessità di disporre di acqua per il Colosseo, soprattutto per alimentare i servizi (e rendere possibili le naumachie, poi andate in disuso in questo anfiteatro) dopo la sopraelevazione del Colosseo stesso. Parallelamente a questo ampliamento viene resa necessaria aria in pressione per alimentare gli organi musicali all’interno dell’Anfiteatro. Si chiude descrivendo una ipotetica macchina idraulica capace di fornire questa aria, sfruttando lo stesso principio di quella, più modesta, già esistente ai tempi di Nerone ispirandosi alla forma inusuale e unica riportata sulla lastra Campana, già presente all’interno del tempio di Apollo Palatino.

Bibliografia

- Barbaro D., 1567, *I dieci libri dell’Architettura di M. Vitruvio*, de’ Franceschi & Chrieger, Venezia
- Branca G./ Manuci I., 1629, *Le machine*, Roma, da: <http://dx.doi.org/10.3931/e-rara-9544>
- Canina L., 1851, *Gli Edifici di Roma Antica, Cogniti per alcune reliquie, descritti e dimostrati nell’intera loro architettura*, Stab. Tip. Di G.A. Bertinelli. Roma pagg. 100-101 Tav. 237
- Colini A. M., 1938, *Meta Sudans*, Atti Pontificia Accademica di Archeologia-Rendiconti vol XIII pagg. 15-39, Tip. Poliglotta, Vaticano
- Dessi P., 2008, *L’organo a palazzo nell’Impero di Nerone*, Philomusica on-line, 7- pagg 63-71, Atti del Secondo Meeting Annuale di ΜΟΙΣΑ, «La musica nell’Impero romano. Testimonianze teoriche e scoperte archeologiche»

² L’altezza calcolata, pur con grandi differenze nei carichi, sembra plausibile se confrontata con le dimensioni della torre Garisenda di Bologna costruita nel 1100 (che ha goduto recentemente di grande notorietà per un pericolo di crollo) che misura in altezza 48 m, in origine erano 60 m, che ha una base di 8,00 x 8,00 m, con spessore dei muri di 2,35 m.

- Erone da Alessandria /Commandino, 1575, *Heronis Alexandrini spiritalium liber, traduzione dal greco in latino*, Federico Commandino, Urbino, <http://dx.doi.org/10.3931/e-rara-12978>
- Erone/Giorgi, 1591, *Spiritali di Herone Alessandrino -Ridotti in lingua volgare da Alessandro Giorgi da Urbino*, Fratelli Ragusij, Urbino
- Eusebius Caesariensis / Maius A., Zohrabus J., 1818, *Chronicorum canonum libri II*, Regiis typis, Milano
- Frontinus Sextus Iulius/ Poleni G., 1722, *Frontini de aquaeductibus urbis Romae*, Manfè, Padova
- Hachette J.N.P., 1808 *Programme du cours élémentaire des machines*, Ecole impériale polytechnique, L'imprimerie Impérial, Paris
- Lauro, 1624, *Meta Sudans, vicino Colosseo, Roma Italia*, Incisione su rame
- Marchesi G., 2004, *Cosa stupenda et degna d'esser veduta- La tromba idraulica in Valle Sabbia agli inizi del Seicento*, Officina delle Idee, Comune di Lavenone, Brescia
- Mazzarino S., 1959, *Contorniat*, da Enciclopedia dell'Arte Antica, Treccani Roma
- Meneghetti U., 2016, *Trompes or Water Bellows. A Way of Producing Wind Throught the Fall of Water*, in Francesco Sorge, Giuseppe Genchi, *Essays on the History of Mechanical Engineering*, Springer Ed., pagg. 309-325
- Molari P.G., 2020, *Argomenti per considerare le navi di Nemi come giganteschi organi musicali idraulici dell'imperatore romano Caligola*, AMSacta, Università di Bologna, Bologna, <http://amsacta.unibo.it/6305/>
- Molari P.G., 2024, *Verso la ricostruzione del meccanismo della fontana sonora, che attirò l'attenzione di Leonardo a Rimini nel 1502*, X Convegno AISI - History of Engineering Napoli https://www.aising.eu/wp-content/uploads/2024/06/Atti_AISI_2024_Tomi_1_2_3_R-1.pdf pp.37-48
- Moretti C., 1997, *L'organo italiano*, Casa Musicale Eco Ed., Milano
- Nardini F., 1666, *Roma antica*, per il Falco, Roma
- Panella C., 1996, *Meta Sudans I, Un'area sacra in Palatio e la valle del Colosseo prima e dopo Nerone* Cap. II, Soprintendenza Archeologica di Roma – Università degli Studi di Roma 'La Sapienza'. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato – Libreria dello Stato
- Panella C., 2013, *Scavare nel Centro di Roma - Storie Uomini Paesaggi*, Edizioni Quasar, Roma
- Reina, 1911, *Media Pars Urbis*, Istituto Geografico Militare, Firenze
- Rizzo M.A., 1976-1977, *Su alcuni nuclei di lastre "Campana" di provenienza nota*, RIA n.s. 23-24 pp5-93
- Rocchi V., 1908 *Acquedotto Appio e Meta Sudans – Progetti di restauro*, Nuova antologia di Lettere, scienze ad arti, serie 5, v.137, pagg. 110-116
- Schlesinger K., 1970, *The Greek Aulos- A study of its mechanism and of its relation to the modal system of ancient greek music*, Bouma's Boekhuis N.V. Publisher, Groningen
- Seneca Lucius Annaeus / Boella U., 1969, *Lettere a Lucilio*, UTET, Torino
- Strazzulla Maria Josè, 1990, *Il principato di Apollo- Mito e propaganda nelle lastre Campana dal tempio di Apollo Palatino*, L'erma di Bretschneider, Roma
- Svetonio Caio Tranquillo/ Vitali G., 1951, *Le vite di dodici Cesari - testo latino e versione di Guido Vitali*, Zanichelli, Bologna
- Tedeschi Grisanti G., 1986, Comune di Roma - *Il trionfo dell'acqua – Pallani Ed. Roma 1986 a pag. 154 nel cap. I terminali degli acquedotti*
- Vitruvius Pollio / Marini Luigi, 1836, *Vitruvii De architectura libri decem*, Bibliothek Werner Oechslin Romae, <http://dx.doi.org/10.3931/e-rara-19458>
- Zeggio S., Pardini G., 2007, *Roma – Meta Sudans- I monumenti. Lo scavo. La storia*, The J. of Fast Online, 2007-99 pag. 1-25 www.fastonline.org/docs/FOLDER-it-2007-99.pdf
- Zeggio S., 2002, *Valle del Colosseo. Scavo dell'area della Meta Sudans (1996-2002). Spazi Urbani e Storia*
- Zeggio S., 1996, *Meta Sudans I, Un'area sacra in Palatio e la valle del Colosseo prima e dopo Nerone*, Cap.III, Cap. X, Soprintendenza Archeologica di Roma – Università degli Studi di Roma 'La Sapienza'. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato – Libreria dello Stato.

FINE

Bologna, 16 Ottobre 2024