

Argomenti per considerare le navi di Nemi come giganteschi *organi idraulici* dell'imperatore romano

Pier Gabriele Molari

già ordinario di Costruzione di Macchine nell'Università di Bologna¹

Riassunto

Dopo una breve premessa sul funzionamento degli *organi idraulici* e un cenno della loro diffusione nella Grecia antica e nell'impero romano, superando il *mistero sommerso nel lago* (My), si pone l'ipotesi che le cosiddette *navi romane di Nemi* potessero essere parte essenziale di giganteschi organi musicali suonati dall'imperatore o per l'imperatore nello *specchio di Diana*. Se ne argomentano i motivi e si chiude sperando che si possano in qualche modo riascoltare le armonie di allora in un luogo così pieno di storia e di magia.

Premessa

Nell'antichità sono noti molti impieghi della aria in pressione, per esempio negli strumenti musicali e nelle armi (Vitruvio, Erone). 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, Meneghetti, Moretti). Nel caso di impiego della miscela aria-acqua, il miscelamento dei due fluidi avviene o sfruttando la depressione provocata dall'effetto Venturi oppure da vortici generati, in camere circolari aperte, da getti d'acqua tangenziali o in imbuto troncoconico, con o senza alette incanalanti il flusso², 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 Fig.1 (Hachette, Vekteris et alii).

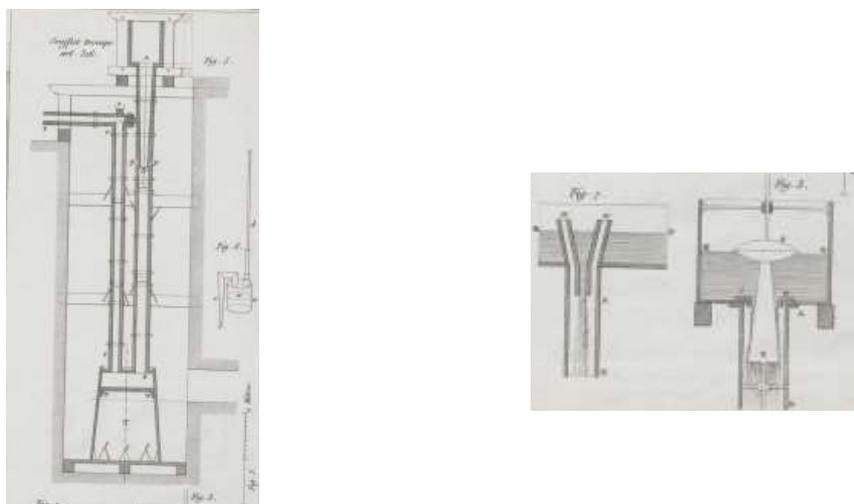


Fig. 1 Lo schema di un impianto industriale del 1700 per produrre aria in pressione e i particolari delle bocche di ingresso dell'aria (Hachette 1808)

Il funzionamento degli organi musicali ad acqua dai riferimenti bibliografici e dai reperti

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 soffietti o da stantuffi entro cilindri e mantenuta in pressione da una colonna d'acqua Fig.2. I ritrovamenti di Dion del I sec d.C. o quello di Aquincum del 288 d.C.

¹ pg.molari@gmail.com piergabriele.molari@unibo.it

² I famosi *calices*, di adduzione dell'acqua alle varie utenze degli acquedotti romani, distribuivano la quantità assegnata, perché di diametro fisso sotto battente costante, e la ossigenavano con il vortice che provocavano.

ne sono esempi. Si sono ritrovate inoltre terrecotte (Louvre) o mosaici che raffigurano questo strumento. Si trovano anche esempi di organi azionati con flussi costanti di acqua (Branca) Fig.3.



Fig. 2 Uno schema di *organo idraulico* nel quale l'aria viene pompata da uno stantuffo mosso a mano in un cilindro dove la pressione viene mantenuta costante dal livello dell'acqua (Moretti), a destra un organo del 288 d.C. di Aquincum, Budapest (Museo di Aquicum) e ricostruito con i pezzi originali, e una immagine su di un mosaico del periodo romano di Nenning



IL medesimo effetto fa questa figura che la passata, ne vi è altra differenza solo, che questa per il cannone H. dà il vento all'organo, & 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 v'ad esalare in L. alle canne dell'organo.



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. nell'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 il fiato all'ucello H. che ò fischia, ò canta secondo la preparatione del suo artificio, come insegna anco Enone ne' suoi spiritali.

Fig. 3 Impianti per produrre aria in pressione tramite un flusso d'acqua corrente e far suonare un organo idraulico o far "cantare uccelli" (Branca). La pressione dell'aria viene mantenuta costante tramite una valvola appositamente tarata o, più semplicemente da uno sfioro, posto ad una certa altezza, ovviamente ad un livello inferiore a quello di alimentazione.

Nella descrizione del funzionamento dell'organo "idraulico" azionato per via meccanica Moretti scrive: *In tale modo 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).

Nel *contorniato* di Nerone viene raffigurato un organo ed anche nel più tardo *contorniato* di Valentiniano III (V sec. d.C.) viene raffigurato un *organo idraulico* azionato per via meccanica tramite cilindri o mantici Fig.4. L'invenzione degli organi idraulici, detti *hydraulos*³, viene attribuita a Ctesibio (III sec. a.C). Lo strumento viene citato e descritto da numerosi autori (Vitruvio/fra Giocondo, Vitruvio/Marini, Erone, Altri autori citati in Moretti, Williams et alii) Fig. 5.



Fig. 4 Organi idraulici in medaglie romane, il *contorniato* di Nerone (I sec d.C.) e quello di Valentiniano III (V sec d.C.) da (Williams et alii)

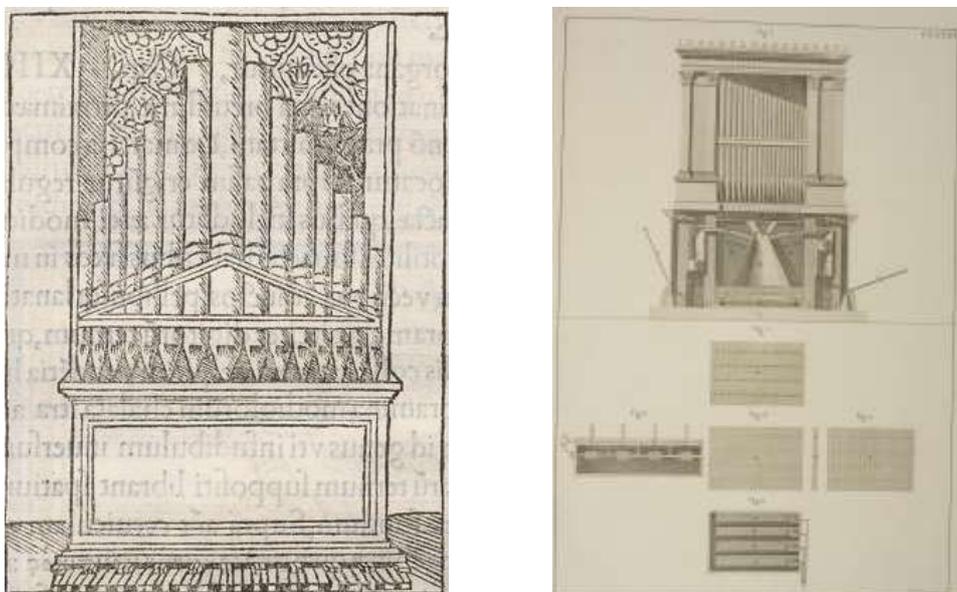


Fig. 5 I disegni di Fra Giocondo e di Marini per illustrare l'organo descritto da Vitruvio (Vitruvio / Fra Giocondo, Vitruvius / Marini)

³ Il termine *Hydraulos* deriva dall'antico strumento *Aulos*, una specie di zampogna, dove viene sostituito l'otre di cuoio con una camera fissa e con una sorgente di aria in pressione generata, come sopra descritto, attraverso un salto di acqua. Da *Aulos* il nostro termine *aulico*, *celestiale* quando l'organo divenne da strumento per divertimento usato negli stadi ad uno strumento da suonare nelle cerimonie religiose.

Le navi di Nemi

Si tralascia di descrivere le navi rinvenute a Nemi e la loro modalità di recupero Fig. 6, dati i tanti studi e la numerosa bibliografia sull'argomento (Malfatti, Ucelli, Bonino, De Stefani) e se ne dà per scontata la loro conoscenza.

Si mettono in evidenza solo le contraddizioni che sono nate nel tempo nella ricostruzione della funzione delle navi, contraddizioni che hanno portato a definire *il mistero sommerso nel lago* (My).

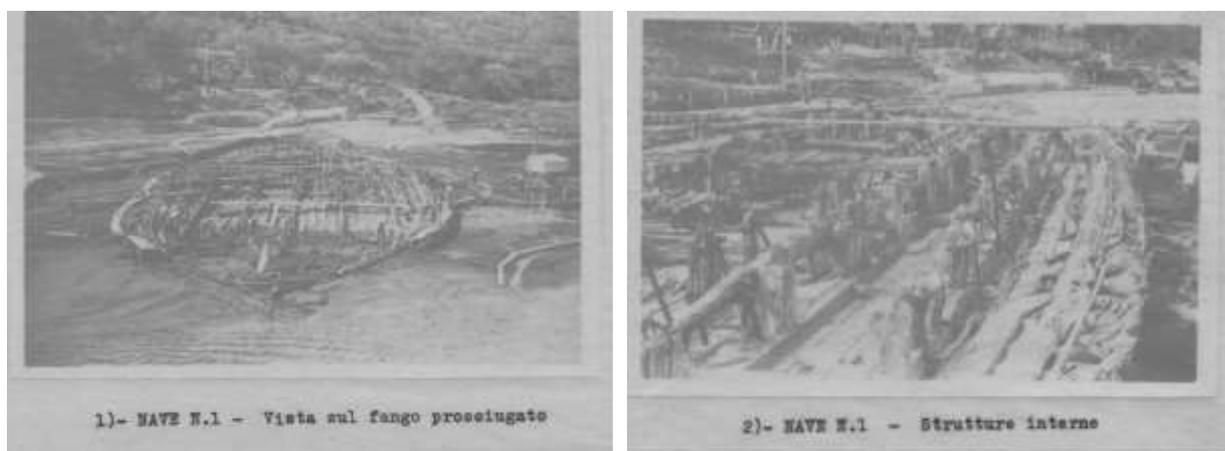


Fig. 6 La prima nave durante il recupero (RIV)

Già Flavio Biondo nel 1474 riferisce dei tentativi di recupero dell'Alberti e basandosi sui tubi ritrovati pensa che venissero impiegati per l'acquedotto di *case sontuose e belle, che noi crediamo, fossero sopra quelle navi edificate* (Biondo f.110 v.) Fig.7. Una replica venne esposta a Roma per la Mostra Romana del 1911 considerata come residenza imperiale Fig.8. Galle nel XVI sec. immagina la nave come una villa sontuosa posta al centro del lago di Nemi. Fig.9. Nei nostri giorni, Bonino Fig. 10 dedica un capitolo alla ricostruzione delle sovrastrutture delle navi pensandole come un'appendice della villa imperiale di Caligola. Varie sono le incertezze, dato che il recupero delle navi è perdurato per cinque secoli e dati i numerosi prelievi del materiale, soprattutto tavole, che le navi contenevano⁴, si deve considerare una notevole quantità di rulletti e di sfere con perni, teste in bronzo di animali con anelli e pochi altri oggetti come parti di colonne e tavolini di terracotta.

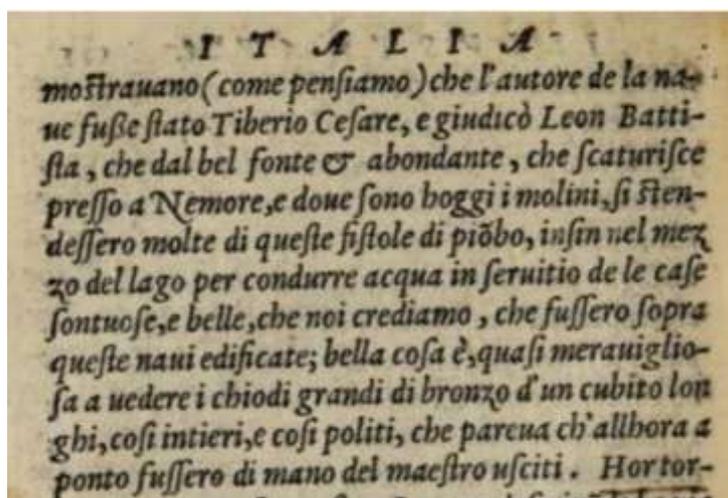


Fig. 7 Flavio Biondo riporta delle indagini dell'Alberti e ritiene che *case sontuose e belle, che noi crediamo, fossero sopra quelle navi edificate* (Biondo/Fauno)

⁴ Uno per tutti: dai legni prelevati Colonna fece fare un pavimento a palazzo Venezia e varie tabacchiere che regalò agli amici (Malfatti).

Fra gli impieghi possibili di queste navi, dato il luogo del ritrovamento, sembra spontaneo pensare ad un palcoscenico di un grande anfiteatro naturale quale è il lago di Nemi, che avrebbe potuto ospitare tranquillamente e senza enormi difficoltà, tecniche ed economiche, le famose naumachie, non si trovano tuttavia le gradinate per gli spettatori e il luogo sacro non avrebbe permesso di trasformare questo luogo adattandolo a spettacoli.

Esiste negli scritti di Svetonio un forte contrasto fra Caligola ed il sacerdote, custode di questi luoghi, che veniva chiamato il re di Nemi⁵, tanto che venne fatto uccidere:

35 .. Il sacerdote, che abitava nel boschetto consagrato a Diana, e perciò era chiamato il re Nemorense, aveva molti anni godutosi quel nome, e quel sacerdozio; onde Caligola mosso ad invidia gli messe addosso un fuggitivo molto valente e gagliardo, acciocchè e' venisse con quello alle mani, e lo spogliasse insieme della vita e del sacerdozio (Svetonio).

La cosa fa propendere per una forte ingerenza dell'imperatore in questi luoghi che venivano ritenuti sacri.



Fig. 8 Una *replica* della Nave esposta alla mostra romana del 1911, impiegata come centro di ristoro dell'esposizione (Lancellotti)

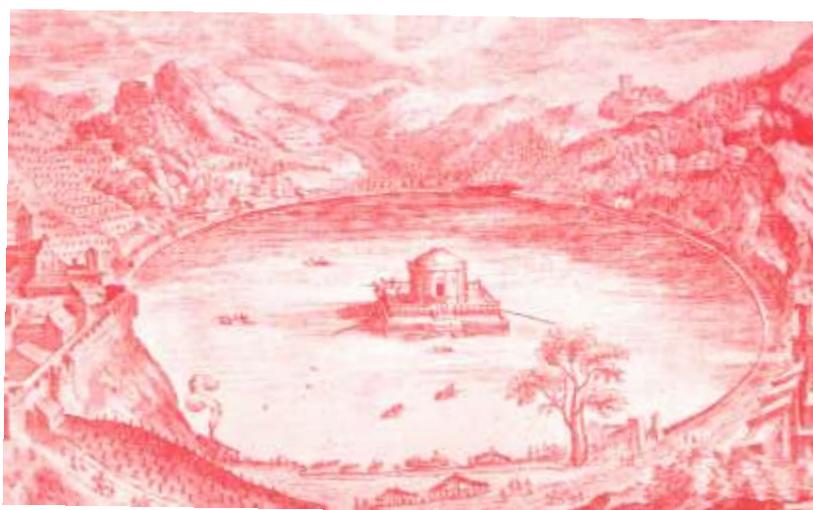


Fig. 9 Una incisione del Galle del XVI sec. (Malfatti) che immagina la nave al centro del lago di Nemi.

⁵ Una vecchia leggenda riferisce Nemi come luogo nel quale fu definita l'alleanza fra i Romani e gli Albani e che il garante di tale alleanza fosse il cosiddetto *re nemorense* che doveva abitare proprio a Nemi nel tempio di Diana.

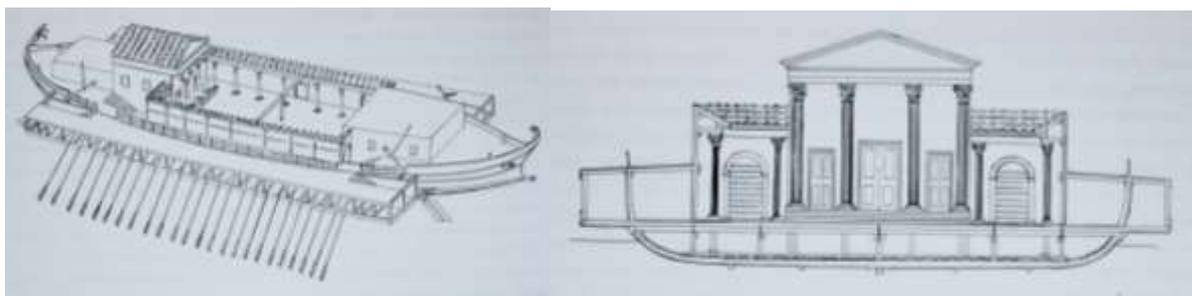


Fig. 10 La ricostruzione della *seconda* nave come residenza dell'imperatore: una vista d'insieme ed una sezione trasversale (Bonino).

Ipotesi di lavoro

Dopo quanto detto, l'ipotesi di lavoro che qui si pone è pensare queste navi come giganteschi organi idraulici costruiti ed utilizzati per diletto dell'imperatore. La rilettura di quanto scrive Svetonio sulle *grandezze* di Caligola e sui suoi comportamenti fanno già pensare ad una tale impiego delle navi, ma altri e numerosi sono gli indizi per far pensare nelle navi di Nemi vi fossero alloggiati grandi organi ad acqua: la grande camera del vento separata da quella di distribuzione, le *sospensure* del ponte superiore anche con distanziali isolanti di terracotta, il legname di grande spessore, l'*aposticcio* a forma di parallelepipedo e raccordato con il primo ponte, il rivestimento in tessuto di lana e lastre di piombo accompagnato sull'interno da vernice gialla di stagnatura e isolamento acustico delle camere, le camere che potevano essere impiegate per dividere i flussi di aria e fungere da grandi serbatoi, i boccaporti con graticci per il passaggio dell'aria, la valvola di grande diametro per l'intercettazione del flusso della miscela aria-acqua, il punto a mezza costa di captazione e di alimentazione dell'acqua, le tubazioni di piombo per la messa in pressione e per la distribuzione dell'acqua, gli anelli di bronzo che potevano venire battuti per provocare suono che veniva poi amplificato da casse risonanti, le decorazioni di abbellimento aventi una foggia simile a quella che ancora oggi si ammira negli organi di chiese o di auditori, la mancanza di remi e di scanni per rematori nelle navi, la modalità di affondamento senza danneggiamenti dello scafo, la grande quantità di legname recuperata nelle varie campagne dei tentativi di recupero (Malfatti, Ucelli) sui ponti e, non ultimi, gli elementi rotolanti per diminuire l'attrito nella catenaggiatura, cioè per aprire o chiudere con un modesto sforzo i registri e le bocche del gigantesco strumento, gli strati di cuoio impiegati per evitare il cigolio dei perni con la parte superiore della boccola di sostegno.

Dall'esame dei numerosi indizi sopraelencati, accompagnati da quanto scritto dagli autori latini, si argomenta l'impiego, di almeno uno di questi grandi scafi, come supporto di un colossale organo idraulico alimentato da una miscela di aria ed acqua.

Come poteva configurarsi l'organo ad acqua di Nemi

Da quanto rinvenuto sulle navi balza evidente l'imponente sistema idraulico che portava acqua a bordo⁶. Esso è stato ipotizzato, pensando alle navi come appendici di una residenza imperiale, con molti particolari (Bonino) Fig 10.

Nelle condotte romane, l'acqua dalla sorgente entrava nel canale detto *specus*, che era interamente impermeabilizzato da uno strato di *opus signinum*, entrava in serbatoi detti *castellum* e veniva di qui prelevata con *calices* adduttori di forma tronco conica aventi un orifizio tarato in modo da prelevare una fissata quantità d'acqua. L'acqua scorreva quindi in tubi in piombo ricavati da fusioni o da lastre calandrate con i nomi del fabbricante o dell'imperatore (se la condotta era pubblica) o di terracotta dette *fistulae* o in canali chiusi ricavati con laterizi.

L'impianto, così dettagliatamente descritto in (Bonino) Fig.11, con l'ipotesi posta, va sostanzialmente pensato per l'ingresso della miscela acqua-aria in una fistula di grande diametro, diametro che può essere misurato sull'attacco della grande valvola di intercettazione rinvenuta sulla prima nave (Ucelli).

⁶ Biondo scrive dell'esistenza di una sorgente di grande portata che al suo tempo veniva impiegata per alimentare due mulini (Biondo f. 111 v).

Dalla misura del diametro esterno della parte sporgente della valvola rinvenuta a Nemi pari a 115 mm e a 10 mm di spessore, il diametro interno è uguale a 95 mm. Stando alle dimensioni delle condotte di Frontino, la condotta impiega, previa una leggera allargatura, "fistulae trigintariae" che hanno diametro interno di $(6+17/96)$ dita pari a 114 mm. Questa tubazione poteva assicurare, considerando il rapporto fra le aree delle sezioni rette, una portata 24,4 volte quella di una quinary (Vegezio). La condotta si doveva raccordare all'ingresso ai *calices*, generalmente in bronzo, dotati di un foro di ugual diametro e con una lunghezza non minore di dodici dita pari a 222 mm.

Esperti del settore potranno valutare la portata d'aria richiesta per il funzionamento dell'organo a seconda della dimensione delle canne e della catenacciatura della macchina, e quindi valutare in quanto tempo l'organo potesse essere utilizzato in modo continuo, anche considerando un certo abbassamento della pressione. Qui si vuole solo considerare l'impiego non tradizionale di queste grandi navi.

Da notare anche la zavorra presente nella nave maggiore, ottenuta con ben 250 m³ di sabbia e la necessità di poter disporre di pompe per portare fuori bordo acqua o per riabbassare il livello dell'acqua quando necessario.

Le dimensioni delle tavole, così superiore all'usuale, soprattutto quelle del ponte superiore, sembra dovuto ad evitare vibrazioni e a resistere alla pressione interna dell'aria che, seppure non molto alta, ma, data la grande dimensione della macchina, comporta la necessità di vincere una notevole spinta globale Fig.12.

Le strutture a bordo e il ponte isolato

Gli elementi che fanno pensare ad un gigantesco organo:

- La grande camera del vento separata da quella di distribuzione, le sospensioni del ponte superiore anche con distanziali isolanti di terracotta, il legname di grande spessore, l'*aposticcio* a forma di parallelepipedo e raccordato con il primo ponte Figg.10, 13, il rivestimento in tessuto di lana e lastre di piombo accompagnato sull'interno da vernice gialla di stagnatura e "antirombo" delle camere che potevano agire come casse risonanti, i boccaporti con graticci per il passaggio dell'aria, la valvola di grande diametro per l'intercettazione del flusso della miscela aria-acqua.
- Il punto a mezza costa di captazione e di alimentazione dell'acqua. Le tubazioni di piombo per la messa in pressione e per la distribuzione dell'acqua. La presenza di un bozzello di grandissime dimensioni (non giustificabili altrimenti) per la tesatura di una fune, pure di grande diametro, per sostenere le suddette tubazioni, con i tanti ganci di metallo ritrovati fuori bordo.
- Gli anelli di bronzo che potevano venire battuti per provocare suono che veniva poi amplificato da casse risonanti.
- Le decorazioni di abbellimento che ancora oggi ornano gli organi nelle chiese o negli auditori. La mancanza di remi nella *prima* nave.
- E non ultimi gli elementi rotolanti, dotati anche di particolari cuscini smorzanti, per ridurre l'attrito ed il cigolio per aprire o chiudere i registri e le bocche del gigantesco strumento.

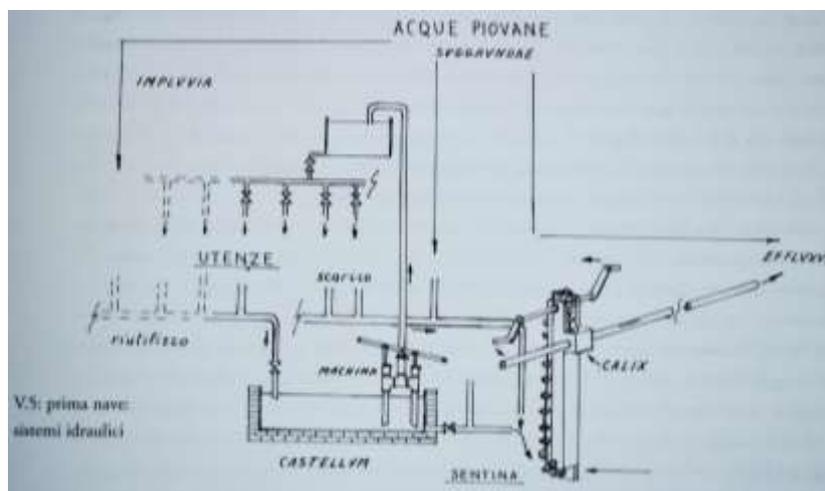


Fig. 11 L'impianto idraulico sulla prima nave di Nemi ipotizzato da Bonino (Bonino).

Dall'esame degli indizi, accompagnati da quanto scritto dagli autori latini, si argomenta l'impiego di questi grandi scafi appunto come parti di giganteschi organi con uno schema dell'impianto simile a quanto riportato nello schizzo di Fig.12.

La "seconda nave", più piccola della prima, può essere considerata un organo di contralto per le note alte, dato che canne di diametro inferiore richiedono una minore quantità di aria.

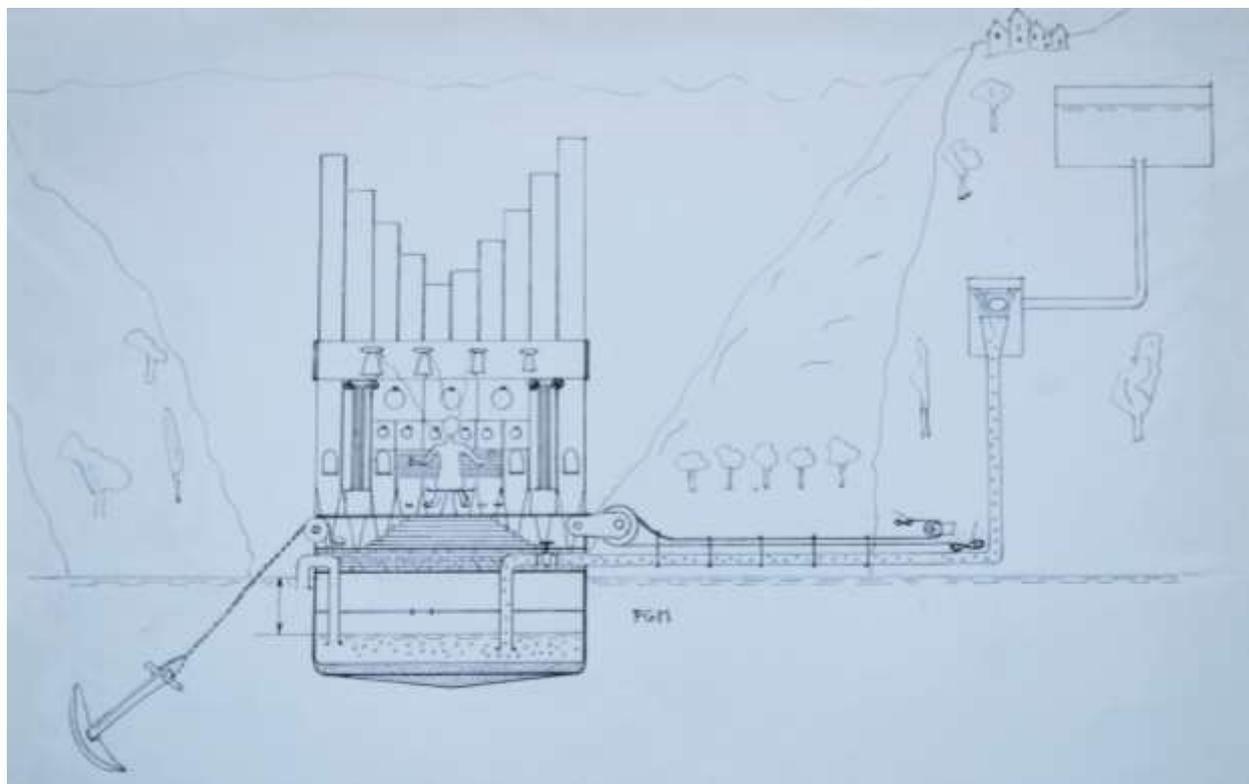


Fig. 12 Uno schizzo della possibile disposizione impianto-nave dell'organo idraulico di Nemi qui proposta

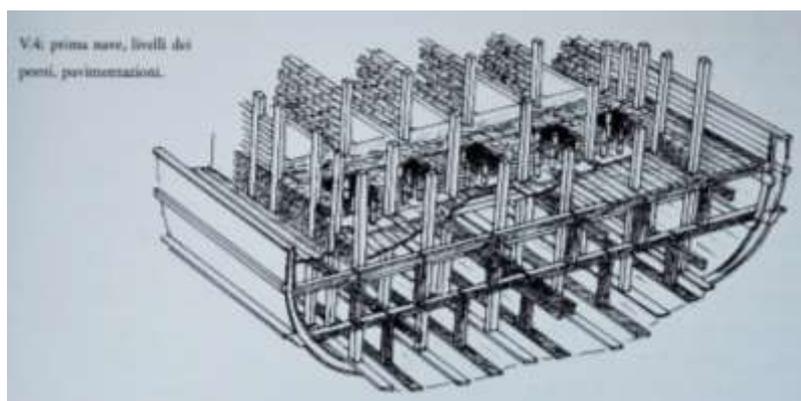


Fig. 13 Una ricostruzione della struttura interna della prima nave di Nemi (Bonino)

Gli anelli di bronzo e analisi delle ipotesi poste

L'organista associava al suono delle canne anche suoni di campanelli, come tramandato avvenisse nel medioevo Fig.14 e, come si vede nella stessa figura a destra, l'organo sulla fiancata poteva essere dotato di battacchi. Gli anelli ritrovati sulle navi di Nemi alloggiati su supporti di fattura particolarmente accurata, Fig.15 sono stati fino ad ora identificati come terminali dei bagli longitudinali o bitte, mentre in questo contesto generale sembrano avere un ruolo completamente diverso.



Fig. 14 A sinistra: l'organista di questa miniatura medievale suonava l'organo e agitava campanelli, a destra: battacchi a forma di anelli sulla fiancata dell'organo Jost Amman (Amman)

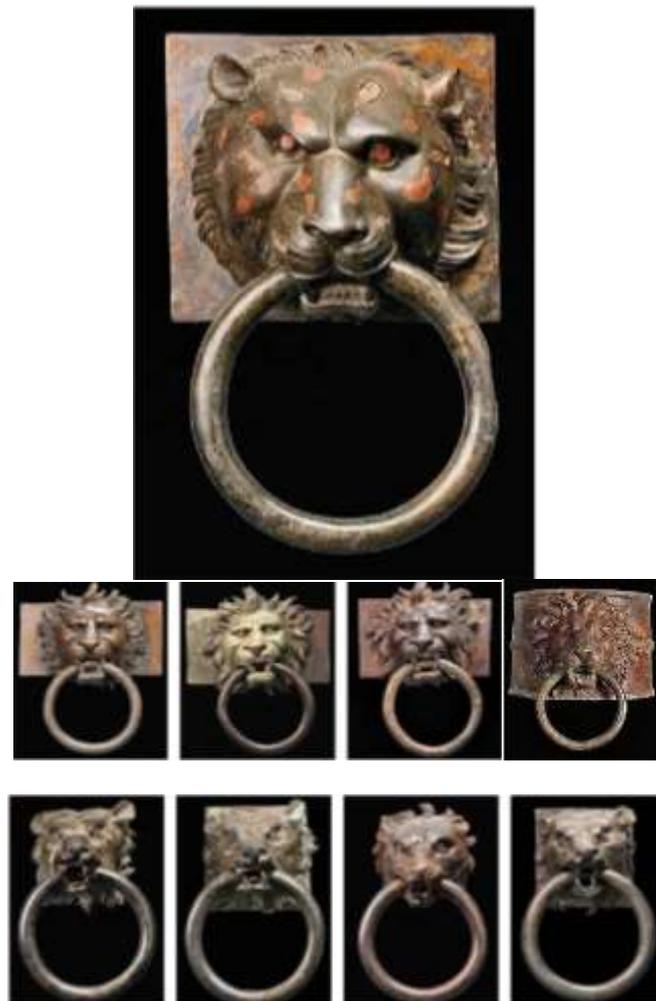


Fig. 15 Le teste in bronzo di animali: leoni, lupi, pantere, con i loro battacchi rinvenute sulle navi di Nemi (De Stefani)

In (De Stefani) si legge:

La posizione originaria di questi bronzi alla poppa della prima nave è stata ipotizzata in modo convincente già negli anni Trenta per le protromi animali con l'anello in bocca e l'odierna sistemazione al Museo Nazionale Romano ne tiene conto: essi erano alle testate dei bagli e dei correnti longitudinali sporgenti al livello inferiore. La testa di Medusa doveva occupare una posizione diversa, ritengo nell'angolo superiore del lato sporgente dell'apposticcio e questo pare coerente con il fatto che le protromi munite di anello potevano servire per annodare ghirlande o simili ornamenti e quindi dovevano essere accessibili.

Per questi anelli vengono da altri (Bonino, Ucelli) sollevati dubbi su cosa potessero essere, data la loro inadeguatezza ad ancorare così grandi natanti. Con questa nuova interpretazione sembrano essere proprio le *Rota tintinnabulis* citate in tutti i testi di storia della musica (Moretti ed altri). Potevano agire come battacchi, del tutto simili a quelli in uso sui portoni fino a qualche tempo fa prima dei pulsanti per azionare campanelli elettrici. In questo caso sembra potessero agire su casse per amplificarne il suono. Ma anche l'oggetto definito come *bittone guardaormeggi* (Ucelli, Bonino) sembra proprio essere una campana da percuotere per ottenere un suono. Sembra interessante poter studiare l'ancoraggio dell'oggetto e risalire alla frequenza del suono che produce.

Le parti e le tavole rinvenute sulla coperta delle due navi si possono pensare come supporto e abbellimento dell'organo e delle sue canne, nonché di casse di amplificazione del suono. Sono ovvie le similitudini con i grandi organi che si trovano nelle cattedrali o negli uditori.

Trovano così un motivo anche la presenza di tanti *rulletti* o le *sfere con perni* rinvenute sulle navi. Si possono infatti pensare come parti del catenacciamento degli organi per poter aprire o chiudere con poco attrito i condotti in corrispondenza delle canne. Anche in questo caso si erano sollevati dubbi sul loro impiego per sostenere grandi masse per la relativa scarsa dimensione del diametro dei *pernotti* sporgenti (RIV).

Da chi può essere stato commissionato un progetto così estremo?

Oltre alla scritta ritrovata su di una fistula acquaria di bronzo, che data e sancisce l'appartenenza delle navi di Nemi all'imperatore Gaio Giulio Cesare Augusto Germanico, detto Caligola (Bonino, De Stefani), si possono ricavare elementi per sostenere la tesi qui posta, anche dalla lettura di Svetonio (Svetonio):

11 .. *Dilettavasi grandemente delle commedie ed altre simili rappresentazioni. Dilettavasi ancora de'balli e canti;*

18 ... *Usò ancora molto spesso di fare recitare commedie e rappresentazioni di varie sorti; e molte ne fe recitar di notte, e tenere i lumi accesi per tutta la città.*

Ma anche

19 ... *Fece ancora celebrare certe feste non mai più udite, né vedute; perciò ch'egli gettò un ponte sopra il mare di tre mila seicento passi in circa, che teneva da Pozzuolo insino a Baia dove egli aveva messo alla fila di qua e di là di molte navi, e fermatole in sulle ancore, e fattovi sopra una bastia di terra⁷; ed acconciollo in modo, ch'è veniva appunto a dirittura della via Appia, ed egli passò in persona sopra il predetto ponte, andando e tornando: il primo giorno sopra a un bellissimo cavallo con la sua testiera ed altri abbigliamenti, avendo in testa una corona di quercia, una targa di cuoio e la spada ed una clamide indosso; l'altro giorno appresso vi passò sopra a una carretta tirata da due superbi corsieri in abito di uno di quelli, che guidano le carrette che sono tirate da quattro cavalli, rappresentando un fanciullo chiamato Dario, ch'era uno degli statichi de' Parti, avendo intorno a sé una squadra di soldati pretoriani, e dentro a certe carrette, un gran numero di suoi amici. So che molti hanno stimato, tal ponte essere stato edificato da Caligola ad imitazione di Serse; il quale ne gettò ancora egli uno al quanto più stretto sopra lo Ellesponto, che fu tenuto cosa maravigliosa. Altri dicono, che lo fece per ispaventare i Germani e gl'Inglesi, con qualche opera maravigliosa; a quali popoli egli aveva disegnato di muover guerra. Ma io, essendo ancor fanciullo, sentii dire al mio avolo, che i cortigiani più intrinsechi di Caligola gli dissono, che la cagione fu, che Trasillo matematico aveva affermato a Tiberio, il quale desiderava di sapere, chi gli avesse a succedere, come che egli con l'animo fosse più inclinato al suo vero nipote, a che Caio a quell'ora sarebbe imperadore, ch'egli correrebbe a cavallo pel golfo di Baia.*

⁷ Si trova così a chi può aver fatto riferimento Christo Yavachev per il *ponte galleggiante* sul lago d'Iseo nel giugno del 2016.

37... Fece fare alcune Liburniche (cioè navi così chiamate) di cedro; le cui poppe erano piene di gemme, e le vele erano di colori cangianti, nelle quali erano stufe, loggie e sale assai ben grandi; eranvi ancora viti ed altri alberi fruttiferi dentro: nelle quali tra musiche e canti e balli, standosi a banchettare tutto il giorno, se ne andava costeggiando la riviera di Napoli. Edificò pel contado casamenti e palazzi bellissimi, non avendo né regola, né misura alcuna nello spendere. E quanto le cose erano più impossibili a fare, tanto più si accendeva di farle. Edificò adunque nel profondo del mare, allora ch'egli era turbato.

Conclusioni

Dagli scritti di Svetonio appare evidente che Caligola cercasse di stupire se stesso ed il popolo romano con costruzioni gigantesche e si diletta di suonare strumenti musicali ed in particolare organi. E' anche documentata la sua presenza a Nemi, come già riferito, per il contrasto con il "re Nemorense".

Gli elementi raccolti e qui elencati portano tutti a pensare alle navi come a giganteschi organi. Si può poi pensare che la *seconda* nave rinvenuta a Nemi, quella più piccola, sia stata parte di un organo destinato alle note alte. Si auspica infine che questi antichi suoni, testimoni della capacità progettuale e realizzativa della Roma imperiale, possano essere riascoltati in un luogo così pieno di fascino e di magia come quello del lago di Nemi.

Ringraziamenti

Questo lavoro nasce dalla lettura degli studi sulle navi di Nemi e sulle *trombe ad acqua* rispettivamente di Marco Bonino e di Umberto Meneghetti che si ringraziano sentitamente.

Bibliografia (in ordine alfabetico)

- Jost Amman, *Das Ständebuch-Book of Trades Palates*, [Das Ständebuch – Book of Trades plates 1568 – from Wikimedia Commons](#), anche in Sachs, Hans and Jost Amman, *The Book of Trades: Ständebuch*. Dover Pub. New York 1973
- Autori Vari, *Caligola: la trasgressione al potere*, Roma : Gangemi, 2013, Catalogo della Mostra tenuta a Nemi nel 2013
- Flavio Biondo, *Roma restaurata et Italia illustrata. Trad. in buona lingua volgare per Lucio Fauno. Nouvamente da molti errori corrette et ristampate*. - Vinegia, Domenico Giglio 1558
- Marco Bonino, *Un sogno ellenistico: le navi di Nemi*, Felici Ed. Pisa, 2003
- Giovanni Branca, *Le machine*, Iacopo Manuci, Roma, 1629 da: <http://dx.doi.org/10.3931/e-rara-9544>
- Erone da Alessandria, *Heronis Alexandrini spiritalium liber*, traduzione dal greco in latino, Federico Commandino, Urbino, 1575, capp. 75, 76 <http://dx.doi.org/10.3931/e-rara-12978>
- Carla De Stefani, *Le decorazioni di bordo: i bronzi di Palazzo Massimo*, in Autori Vari, *Caligola. La trasgressione al potere*, Gangemi Ed. ISBN 978-88-492-1765-2
- Sextus Iulius Frontinus, Giovanni Poleni, *Frontini de aquaeductibus urbis Romae*, Manfè, Padova, 1722
- Jean Nicolas Pierre Hachette, *Programme du cours élémentaire des machines*, Ecole impériale polytechnique, L'imprimerie Impérial, Paris, 1808
- Arturo Lancellotti, *Le Mostre Romane del Cinquantenario*, Roma, [s.n.], 1931
- Umberto Meneghetti, *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., 2016 DOI 10.1007/978-3-319-22680-4, pagg. 309-325
- Vittorio Malfatti, *Le navi romane del lago di Nemi*, Officina Poligrafica Italiana, Roma, 1905
- Corrado Moretti, *L'organo Italiano*, Casa Musicale Eco Ed. 1997
- Massimo My, *Nemi: il mistero sommerso nel lago*, Istituto Luce, DVD, Roma, 2004
- Jean Perrot, *The Organ; from its Invention in the Hellenistic Period to the end of the Thirteenth Century*, Oxford Univ. Press, 1971
- RIV (Ufficio Studi), *Cuscinetti a rotolamento ed altri organi meccanici rinvenuti sulle navi di Nemi*, Report 864, Villar Perosa, Torino, 16 settembre 1932
- Caio Tranquillo Svetonio, *De Familia Cesarum*, Antonelli, Venezia 1844

- Ucelli, *Le navi di Nemi*, Istituto poligrafico dello Stato, Roma, 1940, 1950, 1970, 1996
- Vldas Vekteris, Andrius Styra, Vytautas Striška, Vadim Mokšin, *Investigation of the efficiency of water-jet ejectors*, 15th International Conference MT 2011, Prague, Czech Republic, 12-18 September 2011 pp.361-364; <http://www.tmt.unze.ba/zbornik/TMT2011/082-TMT11-205.pdf>
- Marco Pollio Vitruvio / Giovanni Giocondo, *M. Vitruvius per locundum solito castigatior factus cum figuris et tabula ut iam legi et intelligi possit*, Giovanni Tacuino Ed., Venezia, 1511
- Vitruvius Pollio / Marini Luigi, *Vitruvii De architectura libri decem*, Bibliothek Werner Oechsli Romae, 1836, <http://dx.doi.org/10.3931/e-rara-19458>
- Peter Williams, Barbara Owen, *The Organ*, W. W. Norton Ed., 1988
- Aloys Winterling, *Caligola: dietro la follia*, traduzione di Mauro Tosti-Croce, Roma e Bari, Laterza, 2005.

Bologna, 27 Marzo 2017

Appendice - Qualche calcolo

Considerando che la portata di una fistula quinaria può essere considerata pari a 41,5 m³ in 24 ore, cioè a circa 0,48 litri al secondo (Frontino). Nel nostro caso si può considerare per una fistula *trigentaria* una portata 24,4 volte superiore e cioè 24,4 x 41,5 ≈ 1000 m³ in 24 ore, vale a dire circa 12 litri/sec.

Pensando ad un ugual volume fra acqua che scorre ed aria risucchiata dai vortici nei *calices* o da appositi tubi di Venturi (Vekteris e altri), si può pensare di avere a disposizione un volume di 1000 m³ di aria al giorno.

Il dislocamento della prima nave è calcolato in 1684 m³, considerando un volume aggiuntivo fra la coperta ed il primo ponte circa uguale a questo, si può pensare ad un volume totale che può essere di:

1684 x 2 ≈ 3400 m³.

Per portare questo volume d'aria a 50 mm di mercurio⁸ (≈ 680 mm di acqua) sopra la pressione atmosferica, considerando una trasformazione a temperatura costante ($p \times v = \text{cost}$), deve essere pompato un ulteriore volume di 200 m³ di aria, che richiede 5 ore.

Una volta messo in pressione questo enorme volume, si hanno a disposizione, a portata dell'acqua e a pressione costanti, 43 m³ all'ora per azionare l'organo. Ammettendo di caricare ad una pressione di 70 mm di mercurio e di usare la macchina fra i 70 mm ed i 50 mm di mercurio, si devono pompare inizialmente 313 m³ per circa 7,3 ore ma si può contare su volume di 3500 m³, cioè suonando 8 ore si hanno a disposizione 430 m³ all'ora e 860 m³ per 4 ore.

Per le inevitabili perdite del/dei somieri, una volta che l'organo viene messo in riposo, occorre riportare il livello dell'acqua e occorrono 5 ore di flusso dell'acqua per riportare in pressione l'aria.

⁸ La pressione dell'aria è normalmente sui 40/45 mm con i somieri "a vento", sui 50/55 mm con i somieri "a tiro" rispetto alla pressione atmosferica (Moretti).