

Meccanizzazione della produzione e pratiche di riutilizzo.

Una nota archeologica¹

Andrea Vanni Desideri

Abstract: The author points out some reflections on hydraulic machines for the production of semi-finished wood and stone products between antiquity and the Middle Ages. Particular emphasis is placed on the role that stone cutting machines had in some cities of the Near East in the treatment of precious materials removed from ancient monuments for the creation of the large mosaic coverings of churches.

Nei cicli produttivi del legname e della pietra, che nel mondo antico e medievale presentano caratteri di media complessità tecnica e organizzativa, le fasi finali di trasformazione e le procedure di cantiere possono contare su un'abbondante letteratura², mentre sono meno affrontate le fasi intermedie che danno luogo ai semilavorati che rivestono invece un ruolo rilevante per le attività di mercato e di trasporto, in quanto è proprio in questo stadio intermedio di lavorazione che le materie prime, oggi come nell'antichità, vengono spesso commercializzate (Coppola 2015, 199-200). Questa carenza di studi è dovuta, oltre che alla scarsa disponibilità di fonti materiali, anche al fatto che le tracce di questi trattamenti preliminari vengono spesso cancellate dalle operazioni conclusive del ciclo produttivo, ad esempio dall'adeguamento dimensionale, dalla sagomatura o dalla finitura superficiale³.

¹ Dedico a Guido questo pegno della nostra lunga, sincera e solida amicizia, nata cinquant'anni fa come suo allievo, e in segno di gratitudine per i quasi quarant'anni di attività nella 'sua' missione "Petra Medievale", alle cui esperienze hanno in qualche modo attinto queste poche righe.

² Si considerino, a puro titolo esemplificativo, Cagnana 2000; Mannoni e Giannichedda 1996; Coppola 2015 (soprattutto il capitolo 5 dedicato al legno, alle pp. 189-237); Antico Gallina 2011; Augenti 2004; Galetti 2004.

³ Si veda ad esempio il sovrapporsi delle tracce di lavorazione sul legname da cantiere (Vanni Desideri 2015, 365-66, figg. 10-11).

Andrea Vanni Desideri, University of Florence, Italy, andrea.vannidesideri@gmail.com, 0000-0002-8058-6130

Referee List (DOI 10.36253/fup_referee_list)

FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup_best_practice)

Andrea Vanni Desideri, *Meccanizzazione della produzione e pratiche di riutilizzo. Una nota archeologica*, © Author(s), CC BY 4.0, DOI 10.36253/979-12-215-0376-0.41, in Michele Nucciotti, Elisa Pruno (edited by), *Florentia. Studi di archeologia. Vol. 5 - Numero speciale - Studi in onore di Guido Vannini*, pp. 557-566, 2024, published by Firenze University Press, ISBN 979-12-215-0376-0, DOI 10.36253/979-12-215-0376-0

Le produzioni in legno e pietra sono quelle che, forse più di altre, si sono prestate allo sviluppo, in determinate e favorevoli condizioni economiche e culturali, di soluzioni meccaniche in grado di assolvere alla domanda di grandi forniture di semilavorati in modo più efficiente, rapido ed economico. Le assi, in primo luogo, prima di essere sagomate per adattarsi ai diversi usi nella carpenteria navale e edile, erano l'unico elemento 'modulare' realizzabile con un procedimento meccanico seriale. Per l'età antica, nonostante il generale incremento del tonnellaggio delle navi in età ellenistica e il probabile aumento della domanda di semilavorati in legno (Nantet 2020), non disponiamo ancora di sicure prove documentarie e archeologiche di macchine per il taglio del legname, mentre abbiamo invece per i mulini idraulici il cui principio sta alla base di queste⁴.

Per il Medioevo, come ha mostrato Muendel per Pistoia (Muendel 1974, 210-212), prima del XV secolo le notizie sull'impiego di più complessi meccanismi che sfruttavano l'energia idraulica per il taglio del legname inducono a pensare che questi congegni fossero comuni già nel secolo precedente, come del resto dimostra anche la macchina disegnata da Villard de Honnecourt (Fig. 1.A) (Wirth 2015). Questi congegni, pensati per moltiplicare la produzione nell'unità di tempo, continuavano a utilizzare la forza motrice idraulica, fondamentalmente applicando il principio meccanico del mulino con opportune modifiche, ottenute soprattutto con l'introduzione di sistemi di trasmissione capaci di trasformarne il moto circolare in moto alternato. Doveva essere di questo stesso tipo la macchina di cui, nel 1435, Firenze ordina la costruzione presso il ponte di Cappiano, nel Basso Valdarno, per rifornire di assi la magistratura dei Consoli del Mare che sovrintendeva alle costruzioni navali (Malvolti 2014, 197). Malgrado i documenti non siano sufficienti a delinearne i componenti, la menzione di fuselli indicherebbe che il congegno fosse dotato di un sistema di trasmissione del tipo a rubecchio-lanterna⁵. Disporre di questo congegno era oltretutto utile e vantaggioso poiché si collocava vicino alla fonte della materia prima da trattare, cioè ai boschi delle Cerbaie dai quali si riforniva l'arsenale pisano e sulla riva destra del fiume Usciana da cui il legname poteva essere facilmente avviato fino a Pisa.

Sia Francesco di Giorgio Martini che Leonardo disegnano macchine per il taglio del legname che sfruttano l'energia idraulica, con il principio meccanico del mulino: una ruota a pale, messa in movimento da un flusso d'acqua che scorre alla sua base e che imprime un moto rotatorio a un asse orizzontale. In entrambi i casi, la trasformazione del moto rotatorio in moto alternato è affidato alla coppia biella-manovella (Fig. 1.B e 1.C), secondo una configurazione simile a quella proposta, quasi tre secoli prima, da Villard de Honnecourt.

⁴ Sull'origine antica del mulino idraulico, nonostante la persistente tradizione della sua nascita medievale (Frugoni 2019), vedi Fleury 2015 e Russo 2017, 387-97. Per una esemplificazione di macchine molitorie mosse da energia idraulica si vedano Bourgaut et al. 2007; Leveau 2007; Brun 2007.

⁵ Sulla magistratura dei Consoli del Mare vedi ora Plebani 2019.

Più tardi, nel 1629, nella macchina di Giovanni Branca un albero a camme trascina in alto il telaio porta lama che, una volta disimpegnato, discende per semplice gravità determinando il taglio (Branca 1629, figura XVIII)⁶. Un meccanismo a camme è quello utilizzato, fin dagli inizi del XIV secolo nelle gualchiere del monumentale impianto di Rémoles, sull'Arno a monte di Firenze (Fabbri 2004), basato su un principio risalente ai primi mulini da carta abbasidi. Questi ultimi, secondo al-Qazwini, furono costruiti a Samarcanda su indicazioni di prigionieri cinesi catturati durante la battaglia sul fiume Talas nel 751 e, entro il X secolo, questa conoscenza tecnologica si era già diffusa in Medio Oriente (ad esempio, a Damasco, Tiberiade e Tripoli) da dove, attraverso il Maghreb, avrebbe raggiunto la Spagna e la Sicilia musulmane⁷.

Per quanto riguarda la pietra, nonostante Giovanni Ambrogio Mazenta nelle sue *Memorie de' fatti di Leonardo da Vinci a Milano e dei suoi libri* faccia riferimento alla diffusione di macchine idrauliche per il taglio del legno e della pietra (Gramatica 1919), l'unico disegno leonardiano di una macchina per ottenere lastre di pietra è quello contenuto nel Codice Atlantico alla carta 1r (Fig. 2.A) nella quale, poiché la progressione del taglio avviene per semplice gravità del telaio porta lama, è possibile cospargere con acqua e sabbia il solco che va aprendosi nella pietra, aumentando così l'effetto abrasivo della lama che, come è stato ipotizzato, avrebbe anche potuto essere priva di denti (Mangartz 2007).

Meccanismi progettati per moltiplicare la produzione di lastre in pietra cominciano ad essere sempre più ampiamente documentati almeno per la tarda antichità. A Gerasa, in Giordania, all'interno del basamento dell'Artemision, nell'area settentrionale della città, è stata rinvenuta la struttura muraria che sosteneva un meccanismo idraulico. Lo studio dei resti strutturali e delle tracce d'uso lasciate dalla macchina, come i tagli interrotti di due rocchi di colonne, ha permesso la ricostruzione del complesso congegno progettato e utilizzato in età giustiniana per il riutilizzo degli elementi architettonici asportati dalle strutture dell'Artemision (Seigne 2002; Seigne et Morin 2007)⁸. Il caso è particolarmente significativo perché è in evidente rapporto con le necessità di un'attività edilizia in sviluppo che progressivamente andava trasformando l'aspetto della città tardoantica, soprattutto nelle sue strutture pubbliche. Per l'approvvigionamento di questi cantieri vengono messe in campo tecniche preindustriali di rilavorazione del materiale di spoglio prelevato degli edifici pubblici e religiosi che assumono quindi il ruolo di cave di materiale edilizio e soprattutto di quel-

⁶ In realtà è assai inverosimile che la sola gravità fosse sufficiente a vincere gli attriti e effettuare il taglio.

⁷ Sui magli di Samarcanda per il pestaggio del lino da carta, mossi da un meccanismo a camme, vedi la testimonianza di al-Bīrūnī (citato in Aime 2023, 133), Hassan Hill 1992, 191; al-Khalili 2012, 43.

⁸ Da ultimo vedi anche Lusuardi Siena e Siena 2012. Un caso di taglio interrotto, questa volta a carico di una statua antica, è documentato ad Assisi su una statua di divinità seduta del II secolo a. C., forse pertinente al tempio di Minerva, anche se in questo caso non vi è necessità di pensare a un meccanismo complesso come quello geraseno.

lo di pregio, come dimostra in modo esplicito proprio il rinvenimento del meccanismo⁹. La macchina, per la cui realizzazione e funzionamento è certamente stato necessario l'impegno di progettisti, costruttori e operatori specializzati, insieme a una corrispondente disponibilità economica, si giustifica solo pensando a un suo impiego continuativo e massiccio per la fornitura di un grande cantiere urbano come quello che, entro il V secolo, riutilizzò il materiale lapideo del tempio di Artemis per la realizzazione degli apparati decorativi musivi e in *opus sectile* del vicino e monumentale complesso architettonico della cosiddetta 'cattedrale' (Piccirillo 1992; 2002, 113-18).

In questo meccanismo, una ruota da mulino messa in movimento da una caduta d'acqua proveniente da un bacino di raccolta collocato a monte, imprime un moto alternato rettilineo, tramite una doppia coppia biella-manovella, a due telai con quattro lame che tagliano altrettanti rocchi di colonne in marmo per ottenere lastre da rivestimento. A Hierapolis, il coperchio del sarcofago di *M. Aurelios Ammianos* rappresenta una delle macchine che il defunto era in grado di progettare, costruire e gestire nella seconda metà del III secolo d.C. Si tratta di un meccanismo idraulico i cui due bracci, grazie alle relative coppie biella/manovella, mettevano in funzione altrettante lame montate su telai per il taglio della pietra (Fig. 2.B) (Grewe and Kessener 2007)¹⁰. Assai più tardi, tra la fine del VI e gli inizi del VII secolo, nel suburbio di Efeso, era in funzione una macchina idraulica per il taglio della pietra che sfruttava una caduta d'acqua (Fig. 2.C) (Mangartz 2007; 2010; Wefers 2015; Ladstätter 2018).

Ma se le documentazioni archeologiche di Gerasa, Hierapolis e Efeso provano l'esistenza e l'uso di macchine utensili idrauliche per la trasformazione di materiale di recupero, è solo grazie ai recenti rinvenimenti di *Caesarea Marittima* che siamo in grado di mettere in sicura relazione il lavoro di queste macchine complesse con l'attività di laboratori e manodopera specializzata nelle realizzazioni musive. L'esistenza di una macchina idraulica tagliapietre a lame multiple è stata recentemente individuata dai suoi scarti di lavorazione in un edificio dell'insula W2S4 nella capitale della *Palaestina Prima*, abbandonato nel 640-64 (Gersht and Gendelman 2019, 59, fig. 5 b; 60, fig. 6 b). La macchina tagliava il materiale lapideo di spoglio della città tardoantica per la produzione di lastre da rivestimento, tasselli sagomati per pavimenti in *opus sectile* e tessere di mosaico (Fig. 3). L'importanza di questo ritrovamento, oltre che documentare l'esistenza a *Caesarea Marittima* di una macchina simile a quella di Gerasa, risiede però soprattutto nell'aver rivelato e documentato per via archeologica una relazione

⁹ Si veda anche il riutilizzo di marmi antichi nella chiesa di Santa Maria a Petra (Kanellopoulos and Schick 2001, 193-94, figg. 2-3).

¹⁰ Poiché, secondo questi autori, l'uso della coppia biella-manovella è anche il presupposto per la realizzazione degli automi, le testimonianze letterarie di questi ultimi – ad esempio la statua di Apollo a Ierapoli Bambycae in grado di muoversi ed esprimere oracoli oppure il simulacro di Glicone a Ionopoli (rispettivamente Luciano di Samosata 2019, 111-12, par. 36 e 240-41) – potrebbero essere assunte come tracce indirette della conoscenza e dell'applicazione di questo tipo di trasmissione meccanica. Sugli automi vedi anche Guillaumin 2015.

diretta tra i suoi prodotti e l'approvvigionamento dei cantieri di realizzazione di decorazione architettoniche. In entrambe le città, la necessità dei cantieri delle chiese di grandi quantità di semilavorati nel quadro dei programmi di realizzazione o di rinnovamento dei rivestimenti parietali o degli apparati musivi, sta evidentemente alla base della realizzazione di macchine per il taglio multiplo della pietra, localizzate infatti presso le fonti di approvvigionamento della materia prima di recupero¹¹.

Riferimenti bibliografici

- Aime, M. 2023. *La carovana del sultano. Dal Mali alla Mecca: un pellegrinaggio medievale*. Torino: Einaudi.
- Antico Gallina, M., a cura di. 2011. *Archeologia del legno. Uso, tecnologia, continuità in una ricerca pluridisciplinare*. Milano: Feltrinelli.
- Augenti, A. 2004. "Fonti archeologiche per l'uso del legno nell'edilizia medievale in Italia." In *Civiltà del legno. Per una storia del legno come materia per costruire dall'antichità a oggi*, a cura di P. Galetti, 37-55. Bologna: CLUEB.
- Bloch, M. 1981. "Avvento e conquiste del mulino ad acqua." In M. Bloch, *Lavoro e tecnica nel Medioevo*, 73-110. Bari: Laterza.
- Bourgaut, R. et al. 2007. "Un moulin hydraulique du IIe siècle après J.-C. dans l'établissement de L'Auribelle-Basse (Pézenas, Hérault)." In *Énergie hydraulique et machines élévatrices d'eau dans l'Antiquité*, édité par J. P. Brun, et J. L. Fiches, 115-48. Naples: Publications du Centre Jean Bérard.
- Brun, J.-P. 2007. "Les moulins hydrauliques en Italie romaine." In *Énergie hydraulique et machines élévatrices d'eau dans l'Antiquité*, édité par J. P. Brun, et J. L. Fiches, 201-14. Naples: Publications du Centre Jean Bérard.
- Brun, J. P., et J. L. Fiches, édité par. 2007. *Énergie hydraulique et machines élévatrices d'eau dans l'Antiquité*. Naples: Publications du Centre Jean Bérard.
- Cagnana, A. 2000. *Archeologia dei materiali da costruzione*. Mantova: SAP Società Archeologica s.r.l.
- Coadic, S. 2007. "Le renvoi de forces dans les machines d'élévation d'eau." In *Énergie hydraulique et machines élévatrices d'eau dans l'Antiquité*, édité par J. P. Brun, et J. L. Fiches, 67-75. Naples: Publications du Centre Jean Bérard.
- Coppola, G. 2015. *L'edilizia nel Medioevo*. Roma: Carocci.
- Fabbri, L. 2004. "«Opus novarum gualcheriarum»: gli Albizzi e le origini delle gualchiere di Remole." *Archivio Storico Italiano* CLXII, 3: 507-60.
- Fleury, P. 2015. "L'invention du moulin à eau." In *Machines et inventions: le mythe et la technique*. Actes de la journée scientifique du XLIV^e congrès de l'APLAES, édités par F. Le Blay, 29-47. Paris: Annales de l'APLAES.
- Frugoni, C. 2019. *Medioevo sul naso. Occhiali, bottoni e altre invenzioni medievali*. Bari: Laterza.
- Galetti, P., a cura di. 2004. *Civiltà del legno. Per una storia del legno come materia per costruire dall'antichità a oggi*. Bologna: CLUEB.

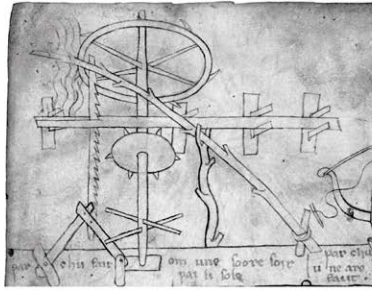
¹¹ Si tratta peraltro di un fenomeno proseguito, soprattutto in ambito urbano, oltre un secolo dopo la battaglia dello Yarmouk (636), come prova l'esempio d'ambito transgiordano (Michel 2011 *passim*, con bibliografia specifica).

- Galletti, G., e A. Malvolti. 1989. *Il Ponte medico di Cappiano. Storia e restauro*. Fucecchio: Edizioni dell'Erba.
- Gersht, R., and P. Gendelman. 2019. "Architectural Decoration in Roman and Late Antique Caesarea Maritima and Its Periphery: Production, Importation and Reuse." In *Proceedings of the 19th international congress of classical Archaeology, Cologne/Bonn, 22-26 may 2018, Archaeology and Economy in the Ancient World*, edited by M. Bentz, and M. Heinzmann, vol. 44, *Judaea/Palaestina and Arabia: Cities and Hinterlands in Roman and Byzantine Times*, edited by A. Lichtenberger, O. Tal, and Z. Weiss, 53-66. Heidelberg: Propylaeum.
- Gramatica, L. 1919. *Le memorie su Leonardo da Vinci di Don Ambrogio Mazenta*. Milano: Alfieri & Lacroix.
- Grewe, K., and P. Kessener. 2007. "A stone relief of a water-powered stone saw at Hierapolis, Phrygia: a first consideration and reconstruction attempt." In *Énergie hydraulique et machines élévatrices d'eau dans l'Antiquité*, édité par J. P. Brun, et J. L. Fiches, 227-34. Naples: Publications du Centre Jean Bérard.
- Guillaumin, J.-Y. 2015. "Les automates dans l'Antiquité de la légende mythologique aux traités techniques." In *Machines et inventions: le mythe et la technique*. Actes de la journée scientifique du XLIV^e congrès de l'APLAES, 1-15. Paris: Annales de l'APLAES.
- al-Hassan, A. Y., and D. R. Hill. 1992. *Islamic Technology. An illustrated history*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kanellopoulos, C., and R. Schick. 2001. "Marble Furnishings of the Apses and Bema, Phase V." In S. T. Fiema, C. Kanellopoulos, T. Waliszewski, and R. Schick, *The Petra Church*, 193-213. Amman: American Center of Oriental Research.
- al-Khalili, J. 2012. *The pathfinders. The Golden Age of Arabic Science*. London: Penguin.
- Ladstätter, S. 2018. "Eine Archäologie von Ephesos und Ayasoluk. Die transformation einer antiken Großstadt während der byzantinischen Zeit (6.-15. Jahrhundert)." *Mitteilungen zur Christlichen Archäologie* 24: 80-105.
- Leveau, P. 2007. "Les moulins de Barbegal 1986-2006." In *Énergie hydraulique et machines élévatrices d'eau dans l'Antiquité*, édité par J. P. Brun, et J. L. Fiches, 185-99. Naples: Publications du Centre Jean Bérard.
- Lusuardi Siena, S., e A. Siena. 2012. "La segheria idraulica bizantina di Gerasa." In *La Giordania che abbiamo attraversato. Voci e immagini da un viaggio*, a cura di S. Lusuardi Siena, e C. Perassi, 209-22. Milano.
- Malvolti, A. 2014. *La comunità di Fucecchio nel Medioevo. II. Boschi, acque, campagne. Ricerche sul territorio fucecchiese tra Medioevo ed età moderna*. Vicopisano.
- Mangartz, F. 2007. "The Byzantine Hydraulic Stone Cutting Machine of Ephesos (Turkey): a Preliminary Report." In *Énergie hydraulique et machines élévatrices d'eau dans l'Antiquité*, édité par J. P. Brun, et J. L. Fiches, 235-42. Naples: Publications du Centre Jean Bérard.
- Mangartz, F. 2010. *Die byzantinische Steinsäge von Ephesos*. Mainz (Monographien des Römisch-Germanisches Zentralmuseum, 86).
- Mannoni, T., ed E. Giannichedda. 1996. *Archeologia della produzione*. Torino: Einaudi.
- Michel, A. 2011. "Le devenir des lieux de culte chrétiens sur le territoire jordanien entre le VIIe et le IXe siècle: un état de la Question." In *Le Proche-Orient de Justinien aux Abbassides. Peuplement et dynamiques spatiales*. Actes du Colloque «Continuités de l'occupation entre les périodes byzantine et abbasside au Proche-Orient, VIIe-IXe siècle», Paris, 18-20 octobre 2007, édité par A. Borrut, M. Deblè, A. Papaconstantinou, D. Pieri, et J.-P. Sodini, 233-69. Turnhout: Brepols.

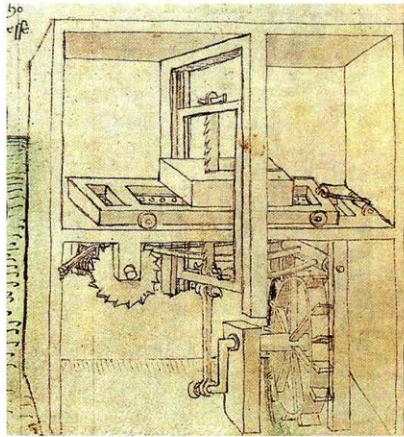
- Muendel, J. 1974. "The Horizontal Mills of Medieval Pistoia." *Technology and Culture* 15, 2: 194-225.
- Nantet, E. 2020. "The Rise of the Tonnage in the Hellenistic Period." In *Sailing from Polis to Empire: Ships in the Eastern Mediterranean during the Hellenistic Period*, Nouvelle édition [en ligne], edited by E. Nantet, 75-89. Cambridge: Open Book.
- Parenti, A. 2020. "«Il Zodiaco rubecchio» (Purg., IV 64)." *Rivista di Studi Danteschi* XX, 1: 134-57.
- Piccirillo, M. 1992. *The Mosaics of Jordan*. Amman: American Center of Oriental Research.
- Piccirillo, M. 2002. *Arabia cristiana*. Milano: Jaca Book.
- Plebani, E. 2019. *I Consoli del Mare di Firenze nel Quattrocento*. Roma: Sapienza Università Editrice.
- Russo, L. 2017. *La rivoluzione dimenticata. Il pensiero scientifico greco e la scienza moderna*. Milano: Feltrinelli.
- Seigne, J. 2002. "A sixth century water-powered Sawmill at Jerash." *Annual of the Department of Antiquities of Jordan* 46: 205-14.
- Seigne, J., et T. Morin. 2007. "Une scierie hydraulique du VI^e siècle à Gerasa (Jerash, Jordanie): remarques sur les prémices de la mécanisation du travail." In *Énergie hydraulique et machines élévatrices d'eau dans l'Antiquité*, édité par J. P. Brun, et J. L. Fiches. Naples: Publications du Centre Jean Bérard.
- Vanni Desideri, A. 2015. "Archeologia dell'architettura a Firenze. La prima stagione (1986-1999): esperienze tra restauro e storia della città." In *Archeologia a Firenze. Città e territorio*. Atti del Workshop Firenze 12-13 aprile 2013, a cura di V. d'Aquino, G. Guarducci, S. Nencetti, e S. Valentini, 357-72. Oxford: Archaeopress.
- Wefers, S. 2015. *Die Mühlenkaskade von Ephesos. Technikgeschichtliche Studien zur Versorgung einer spätantiken bis frühbyzantinische Stadt*. Mainz (Monographien des Römisch-Germanisches Zentralmuseum, 118).
- Wirth, J. 2015. *Villard de Honnecourt, architecte du XIII^e siècle*. Genève: Librairie Droz.

Fonti edite

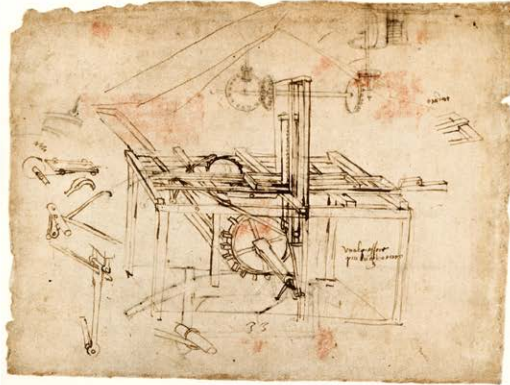
- Branca, G. 1629. *Le Macchine*, a cura di L. Firpo, Torino (1977): Unione Tipografico-Editrice Torinese.
- Luciano di Samosata. 2019. *La dea Siria*, a cura di F. Sorbello, con prefazione di A. Beltrametti. Milano: La Vita Felice.



A

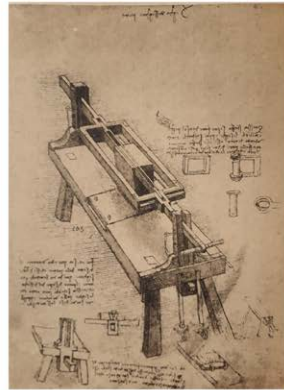


B

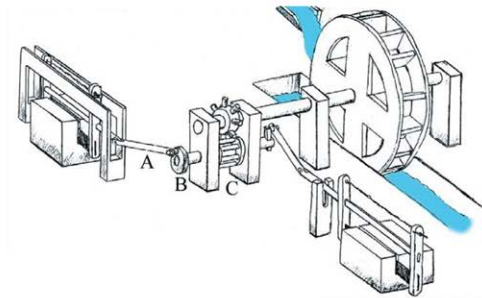


C

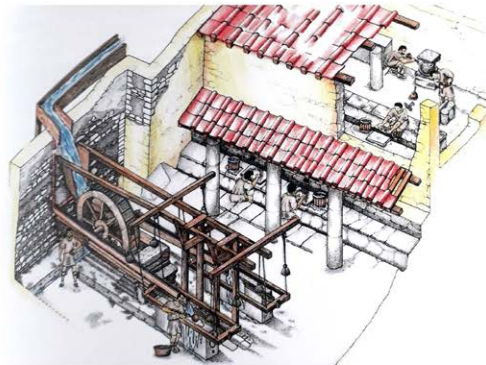
Fig. 1 – A, Villard de Honnecourt, macchina per il taglio del legno; B, Francesco di Giorgio Martini, macchina per il taglio del legno; C, Leonardo da Vinci, macchina per il taglio del legno, Codice Atlantico, f 1078a r.



A



B



C

Figura 2 – A, Leonardo da Vinci, macchina per il taglio della pietra, Codice Atlantico, f 1r.; B, Ricostruzione della macchina di Hierapolis (da Grewe, Kessener 2007); C, Ricostruzione della macchina di Efeso (da Ladstätter 2018).

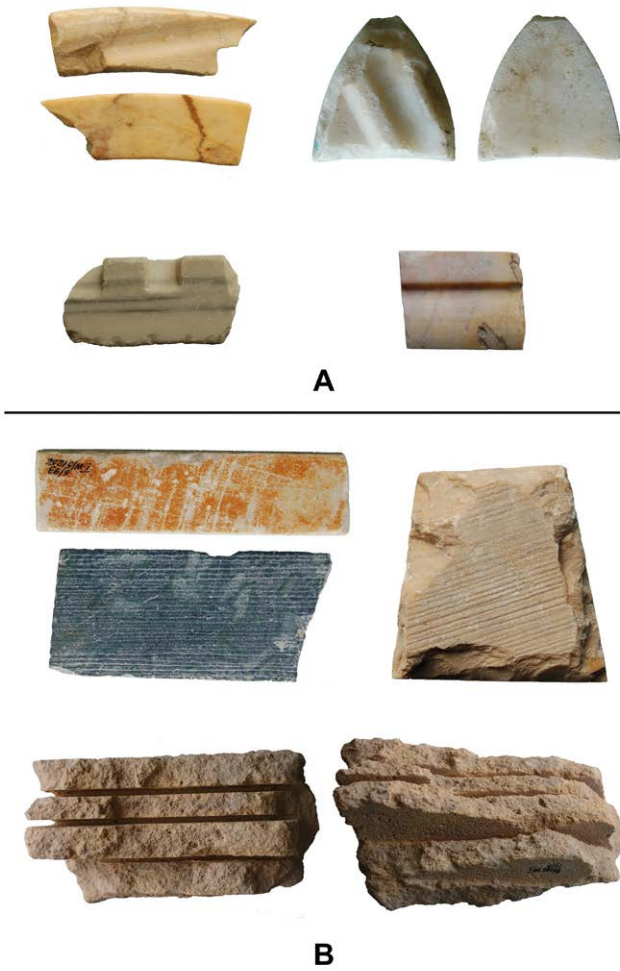


Figura 3 – Elementi di *opus sectile* ricavati da marmi di recupero (A) e tracce di taglio (B) da *Caesarea Maritima* (da Gersht and Gendelman 2019, figg. 5, 6 modificate).