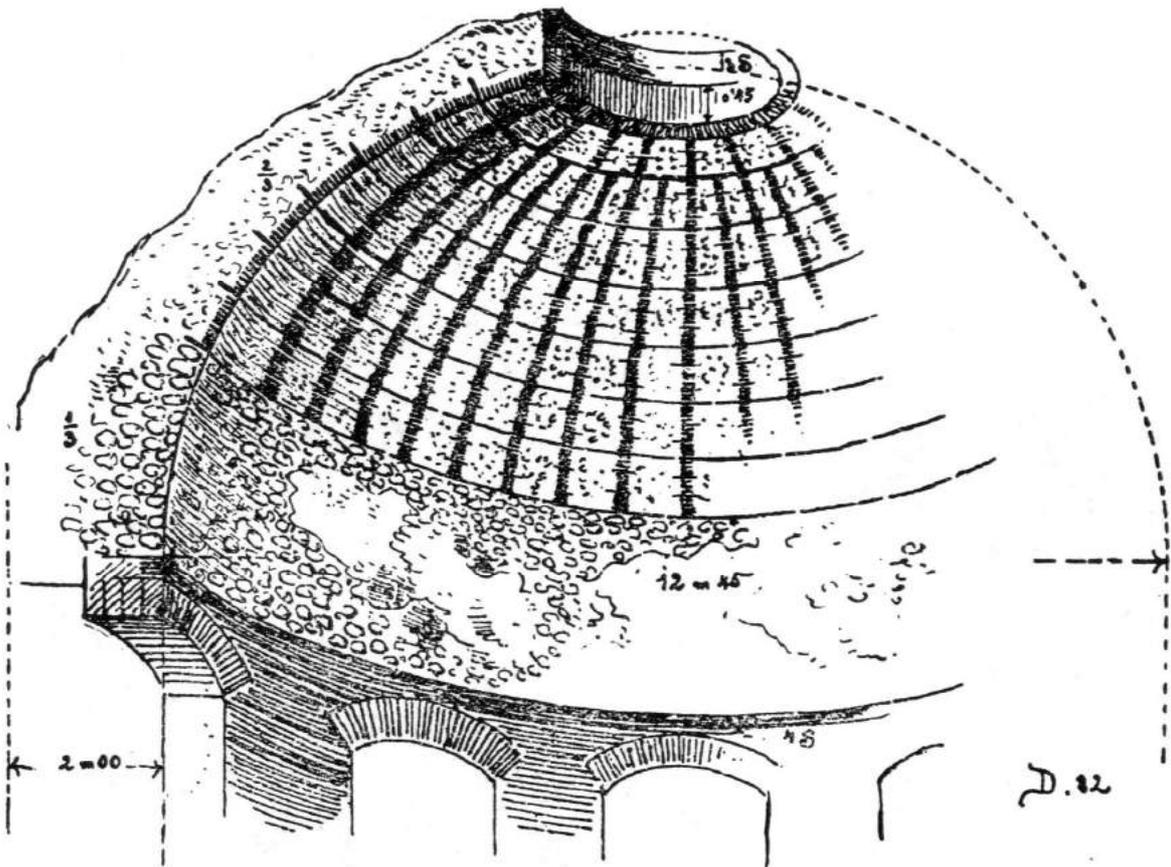


PARTE TERZA

GLI EDIFICI IN OPERA CEMENTIZIA



Capitolo I

Il materiale

1) La calce

Nella prima parte del volume abbiamo accennato brevemente al procedimento di fabbricazione della calce. Diamo qui alcuni approfondimenti su questo prodotto e sui suoi derivati¹:

Il **ciclo della calce** si suddivide in tre tappe fondamentali:

1) La **calcinazione**. Le pietre calcaree, ammassate in una fornace, vengono cotte a una temperatura minima di 800 gradi. Con la cottura il carbonato di calcio (CaCO_3) libera il biossido di carbonio – o anidride carbonica – (CO_2) e resta l'ossido di calcio (CaO), detto **calce viva**. Le pietre diventano notevolmente più leggere, perdendo fino al 44 % della massa iniziale, ma conservano il volume.

2) Lo **spegnimento** (o estinzione). Si effettua immergendo la calce viva nell'acqua. Si ha una reazione esotermica che sviluppa un grande calore con fenomeni di ebollizione a temperature generalmente comprese tra 150 e 200 gradi, ma che possono arrivare fino a 400 gradi. Miscelando l'ossido di calcio con l'acqua [$\text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$] si ottiene idrossido di calcio [$\text{Ca}(\text{OH})_2$], detto **calce spenta**, una sostanza plastica e collosa che funziona come legante.

3) La **carbonatazione**. La calce spenta si asciuga lentamente, indurendosi e facendo presa (essiccamento). A contatto con l'atmosfera assorbe biossido di carbonio (CO_2) e si trasforma in calcare, il composto originario da cui era stata prodotta [$\text{Ca}(\text{OH})_2 - \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3$]. Il processo è molto lungo; si calcola che nelle murature dopo due/tre settimane circa il 60/70 % della calce si è trasformata in carbonato, ma che bisogna attendere più di un anno per una completa carbonatazione

Poiché la sostanza ottenuta alla fine del ciclo ha la stessa composizione mineralogica di quella originaria, l'analisi chimica non è in grado di riconoscere la calce derivante dal normale ciclo di cottura rispetto a una polvere ottenuta mediante la semplice frantumazione delle rocce calcaree. Le due

diverse sostanze possono essere invece identificate tramite una scansione al microscopio elettronico poiché la combustione provoca un'alterazione definitiva della microstruttura (cfr. p. 30).

Per quanto riguarda i procedimenti utilizzati nell'antichità le maggiori informazioni sono relative all'attività edilizia di epoca romana perchè è in tale ambito che si è sviluppata la più grande produzione di calce. Vitruvio² prescrive di usare pietre bianche oppure selce (quest'ultima è invece sconsigliata sia da Catone³ che da Plinio⁴) e aggiunge che le pietre compatte e dure sono migliori per la muratura, quelle porose per gli intonaci. Catone ci ha lasciato un'accurata descrizione del metodo di costruzione di una **fornace**⁵. Gli scavi archeologici hanno individuato resti di impianti di questo tipo in varie parti del mondo, generalmente limitati al piano di cottura, più o meno infossato nel terreno, e allo spiccato dei muri perimetrali. Le ipotesi ricostruttive delle fornaci antiche si avvalgono anche del confronto con analoghi manufatti di tipo tradizionale in uso nel mondo moderno (figg. 415, 416).

Il focolare di queste strutture poteva essere più o meno infossato nel terreno. Il taglio della cavità era in genere rivestito da pietre o mattoni coperti da un intonaco di terra. Le pietre da cuocere venivano impilate intorno e sopra il focolare realizzando una volta a mensola; spesso venivano disposte su una centina di legno che restava in opera ed era destinata a bruciare. Sopra la volta si ammassavano le altre pietre formando un cumulo troncoconico alto alcuni metri (il forno di Catone era largo 10 piedi e alto 20). Le dimensioni dei blocchi erano decrescenti verso l'alto: le pietre più grosse cuocivano più lentamente e quindi dovevano stare più vicino al fuoco. Si lasciavano interstizi per far circolare l'aria. Il materiale da cuocere doveva essere chiuso tutto intorno da una struttura compatta priva di fessure. Le soluzioni adottate erano diverse. In molti casi le fornaci erano strutture permanenti con muri molto robusti e refrattari che venivano riempite e svuotate prima e dopo ogni ciclo di cottura, operando sia dall'alto che dal basso attraverso le aperture. Altrimenti erano opere provvisorie, sigillate da uno strato compatto di terra, che venivano demolite dopo

² VITR., II, 5, 1

³ CATO, *De Agr.*, 38, 2

⁴ PLIN., *NH*, XXXVI, 174.

⁵ CATO, *De Agr.*, 38, 1-4. Cfr. GIULIANI 2006, pp. 210-212 con la ricostruzione della fornace descritta da Catone alla fig. 8.

¹ Sull'argomento in generale cfr. soprattutto ADAM 1989, pp. 69-84, GIULIANI 2006 pp. 209-226, COUDELAS 2009

la combustione. Molte volte la struttura permanente abbracciava la sola parte inferiore del cumulo, mentre sopra si avvolgevano le pietre da cuocere con un rivestimento temporaneo, oppure un lato della fornace era addossato a un terrapieno e solo sul lato opposto veniva alzato un muro libero. In alto si lasciava un largo foro per l'evacuazione del fumo, in basso era situata la bocca per l'alimentazione, spesso protetta da muretti antivento (prefurnio); talora nella parte inferiore della struttura erano praticate due aperture sovrapposte: sopra per l'alimentazione, sotto per l'evacuazione delle ceneri e il tiraggio dell'aria.

Il calore doveva svilupparsi molto lentamente per non spaccare le pietre e provocare il crollo della volta. Dopo un certo tempo si aumentava considerevolmente la quantità di combustibile e la potenza del fuoco. Si chiudeva l'imboccatura e si lasciava solo un piccolo spiraglio che garantiva la circolazione dell'aria, mantenendo la temperatura a circa 800-900 gradi. Il fuoco doveva essere costantemente alimentato. Secondo Catone quando la fiamma fumava meno significava che le pietre si



Fig 416 - Calcara moderna in Sardegna

erano schiacciate in quanto finalmente erano giunte a cottura. Dall'osservazione etnografica di impianti moderni di tipo tradizionale risulta che un forno con diametro di 1 m e un carico di 1m³ necessita di tre giorni e tre notti di combustione, mentre in un forno più grande, da 5 a 7 metri di diametro con un carico in proporzione, servono una settimana per ottenere il giusto calore e altri cinque giorni per cuocere a temperatura costante. In merito al consumo di combustibile occorrono da 1,5 a 3 m³ di legna per produrre 3 m³ di calce⁶.

Gli scavi archeologici hanno messo in luce molte fornaci isolate, connesse a singoli cantieri, ma non mancano esempi di veri e propri impianti industriali che svolgevano un'attività permanente. A Iversheim in Germania è stato individuato un laboratorio di epoca tardo-imperiale legato all'esercito romano, che impiegava circa sessanta soldati appartenenti in gran parte alla trentesima legione, comprendente una batteria di sei forni con una capacità produttiva di più di 200 tonnellate di calcare al mese; la fabbrica funzionava in maniera continuativa con cicli di lavoro di sei giorni⁷ (figg. 417, 418). Uno stabilimento di importanza analoga, datato al I sec. d.C., è stato scoperto nel centro dell'agglomerazione antica a Jouars – Pontchartrain (vicino Parigi); dotato di due file di quattro forni esso era in grado di assicurare una produzione continua che dovette accompagnare l'espansione edilizia dell'abitato⁸. In un impianto di età augustea, scavato recentemente a nord di Roma, vicino *Lucus Feroniae*, accanto ai

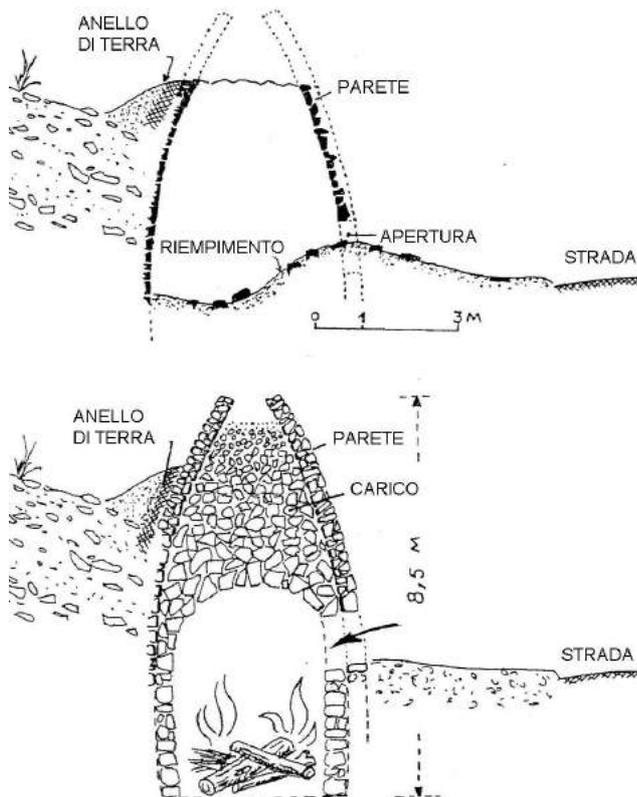


Fig. 415 - Fornace da calce moderna in Francia, ancora in uso nel XX secolo. Sezione degli elementi conservati e ricostruzione (COUDELAS 2009)

⁶ COUDELAS 2009, pp. 40-42

⁷ SÖLTER 1970

⁸ COUDELAS 2009, pp. 55-56

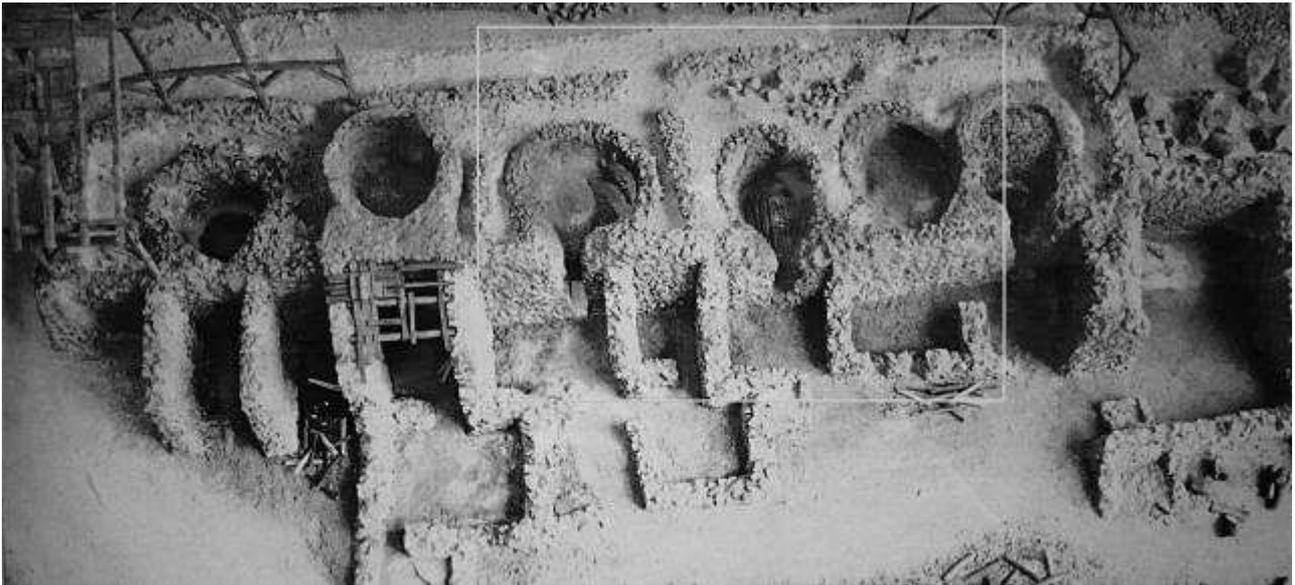


Fig. 417 - Iversheim (Nordrhein-Westfalen). Impianto per la produzione della calce. Veduta dall'alto delle sei fornaci emerse dallo scavo



Fig. 418 - Iversheim. Particolare di una delle fornaci

resti di una vasta villa e a breve distanza dal Tevere, sono rinvenuti i resti di tre grandi forni – di cui uno, tagliato da uno sbancamento moderno, a pianta ovale misurante forse in origine 7,50 x 5 m – oltre a una serie di ambienti annessi che erano usati probabilmente per l'alloggio dei lavoratori (fig. 419). Le caratteristiche strutturali e l'ampiezza dello stabilimento, che è stato scavato solo in parte per cui non è da escludere la presenza di altre fornaci, fanno ritenere probabile una produzione di calce su larga scala protrattasi per alcuni decenni e una esportazione anche verso Roma per via fluviale⁹.

⁹ FONTANA 1995

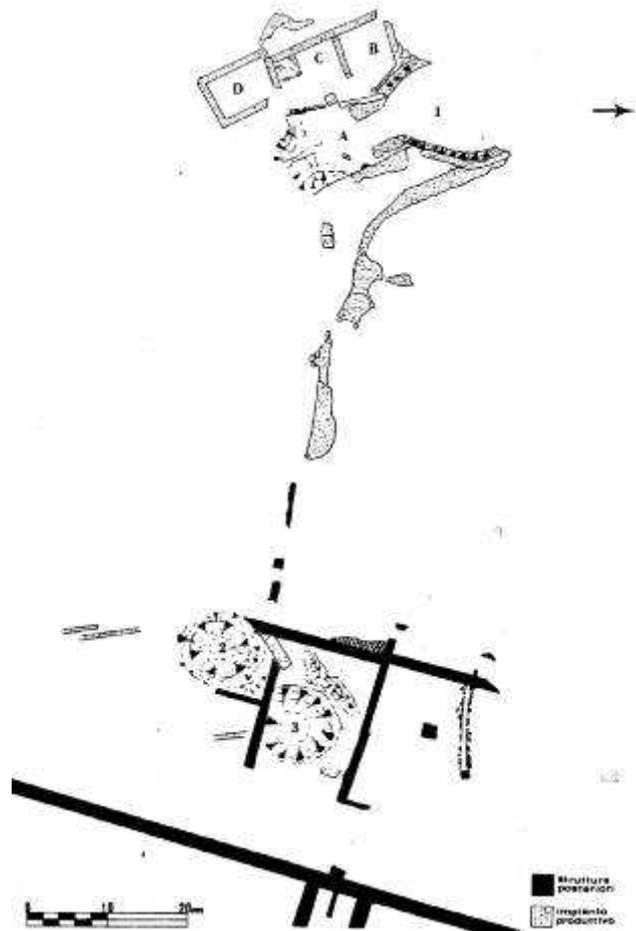


Fig. 419 - *Lucus Feroniae*. Pianta dello scavo dell'impianto produttivo con i resti di tre fornaci (1, 2, 3) e ambienti annessi (B, C, D) (FONTANA 1995)

Gli scavi archeologici hanno inoltre individuato in numerose località varie fornaci di epoca medievale che si erano stanziate nelle aree monumentali delle città antiche in abbandono per calcinare i blocchi di marmo, di travertino e di pietra calcarea degli edifici in rovina.

Lo spegnimento si può attuare in due maniere differenti: **per aspersione** o **per immersione**. Nel primo caso la calce viva viene ridotta in piccoli frammenti che vengono spruzzati di acqua oppure sistemati in un recipiente che viene immerso in una vasca e poi tirato su appena l'acqua bolle. Il liquido in superficie viene assorbito dalle pietre che si frantumano ulteriormente per la reazione. Questo metodo che era molto utilizzato nel XIX secolo, non è però testimoniato nell'antichità. Il sistema per immersione era invece normalmente adottato dai romani. La calce viva veniva gettata dentro una fossa piena d'acqua dove avveniva una violenta ebollizione; le pietre si spappolavano, parte dell'acqua evaporava, il resto veniva assorbito dalla calce che aumentava di volume. Veniva poi lasciata nella fossa a macerare. Le indagini archeologiche hanno identificato resti di **vasche di spegnimento** rettangolari adibite a questo scopo foderate da tegole¹⁰. In linea generale queste installazioni erano situate direttamente nei cantieri. I grandi stabilimenti di fornaci esportavano la calce viva che aveva il vantaggio di pesare poco. Bisognava però fare assolutamente attenzione che essa non venisse in contatto con l'acqua durante il viaggio. Sappiamo da Teofrasto che una nave con un carico di questo tipo s'incendiò e affondò perché l'acqua del mare era penetrata nella stiva e aveva reagito con la calce¹¹.

2) Le malte

La calce è un materiale che trova le applicazioni più disparate. Per gli impieghi edilizi si provvede a mescolarla con dei materiali granulari (**inerti**) che hanno proprietà stabilizzanti – esattamente come gli sgrassanti delle malte di terra – e quindi conferiscono una maggiore solidità e resistenza meccanica, compensano la perdita di volume dovuta all'essiccamento limitando i rischi di fessurazione, danno una porosità che consente anche alla parte interna di venire a contatto con l'aria. L'operazione

si compie dopo la fase di spegnimento, quando la calce è ancora idrata e allo stato plastico. Questa viene in genere trasportata per mezzo di recipienti e gettata direttamente sul cumulo degli inerti, conformato a forma di cratere; si provvede quindi a impastare accuratamente le due sostanze aiutandosi con una zappa dal lungo manico.

Dal punto di vista granulometrico l'inerte ideale per la calce, utilizzato fin dal neolitico, è la **sabbia** (da 0,0625 a 2 mm) (cfr. p. 26). Un inerte troppo fine, come l'argilla, non ha proprietà stabilizzanti e si mescola male. Ciò è ben noto anche a Vitruvio il quale invita a fare attenzione che la sabbia (*harena*) non contenga *terra*; la migliore, sostiene, “è quella che sfregata in mano scricchiola” (II, 4, 1). Egli distingue poi tra sabbia di cava (*fossicia*), fluviale e marina; la prima va bene per le murature a patto che non sia cavata da troppo tempo perché esposta alle intemperie si sgretola; quella fluviale essendo più magra è preferibile per gli intonaci; quella marina ha il difetto di asciugare troppo lentamente, inoltre la salsedine sgretola l'intonaco dei muri (II, 5). Più avanti Vitruvio si sofferma a parlare di un “genere di polvere che fa per sua natura cose ammirevoli. Si trova nella regione di Baia e nei territori dei municipi che sono intorno al Vesuvio. Mescolata alla calce e alle pietre non solo conferisce solidità a ogni genere di edifici, ma consente anche alle costruzioni realizzate in mare, di indurirsi sott'acqua” (II, 6). Si tratta della sostanza che altri autori antichi chiamano “*pulvis puteolanis*”¹², (polvere di Pozzuoli, che la è città più importante situata vicino ai giacimenti flegrei) da cui deriva il termine moderno di **pozzolana**.

La pozzolana è una cenere piroclastica (cfr. p. 108) con una granulometria variabile, che va dal limo alla sabbia (tav. II a p. 106). È un prodotto delle eruzioni non solo dei vulcani campani, ma anche di quelli laziali. Le sue proprietà fondamentali sono esattamente quelle descritte da Vitruvio: le malte a base di pozzolana hanno una maggiore resistenza meccanica e fanno presa anche sott'acqua. Per questo secondo motivo vengono definite **malte idrauliche**. Un'altra loro caratteristica molto apprezzata, che consente di rendere più spedito il processo di costruzione, è quella di fare presa in assai minor tempo. È una qualità che Vitruvio riconosce all'*harena fossicia* rispetto alla sabbia fluviale e soprattutto a quella

¹⁰ COUTELAS 2009, pp. 50-52

¹¹ THEOPHRASTUS, *fragm.* 2, 49, 69

¹² PLIN., *NH*, XXXV, 166; SENECA, *Quaest. Nat.* III, 20, 3.

marina (II, 4, 3). L'*harena fossicia* cui sui riferisce in realtà non è altro che la pozzolana laziale la quale veniva estratta in cava, sia a cielo aperto che in galleria, e ha le stesse proprietà di quella flegrea.

Vitruvio riteneva erroneamente che le particolari caratteristiche delle pozzolane derivassero dal forte calore che si sviluppava nel sottosuolo in prossimità degli apparati vulcanici ancora attivi. Oggi sappiamo che in realtà sono dovute alla presenza di un'alta percentuale di silice (SiO₂) e di ossido di alluminio (o allumina) (Al₂O₃). Queste due sostanze, che possiedono in sé poco o nessun valore colloidale, divise molto finemente e in presenza di umidità reagiscono chimicamente col calcare formando un composto che possiede proprietà cementizie. La reattività della pozzolana con la calce è migliore se è più fine, perché in questo modo aumenta la superficie di contatto fra l'una e l'altra, e se possiede una maggiore quantità di silice amorfo rispetto a quello cristallino. Queste due condizioni dipendono dal regime di raffreddamento sperimentato dalle particelle di cenere; possono variare da una regione vulcanica all'altra ma anche nella stessa regione in relazione alla distanza dal luogo di eruzione. Le pozzolane campane e laziali, entrambe largamente utilizzate nell'edilizia romana, hanno goduto fino all'età moderna di un grandissimo prestigio. In epoca romana, quelle flegree in particolare, furono oggetto di esportazione in varie parti del Mediterraneo. Si sa per certo che furono utilizzate nel I sec. d.C. per la costruzione del porto di Caesarea in Palestina¹³. Altri giacimenti si trovano a Santorini, nelle isole Cicladi, sfruttati già in età classica per confezionare prevalentemente malte di rivestimento di vasche e cisterne, ad Adernach in Renania (Trass) e a Bessan in Linguadoca.

Recenti sperimentazioni effettuate su numerosi campioni a diverse stagionature, da sette giorni a un anno, hanno riscontrato che il valore medio di resistenza a compressione delle malte di pozzolana rispetto ad analoghe malte di calce e sabbia risulta circa otto volte maggiore¹⁴. I valori più alti per tutti i campioni si riscontravano a circa un anno di stagionatura (120 kg/cm² quello dei composti pozzolanici)¹⁵. La resistenza del materiale infatti

aumenta gradualmente con il processo di carbonatazione che è molto più lungo della presa. Si calcola che quest'ultima nelle malte idrauliche abbia inizio dopo 1 – 3 ore e si compia in 10 – 12 ore¹⁶.

La resistenza meccanica della malta dipende anche dal rapporto proporzionale fra la calce e gli inerti. Vitruvio dà nel merito delle precise disposizioni: una parte di calce va mescolata con due parti di sabbia se questa è di fiume o di mare, con tre parti di sabbia se invece è di cava¹⁷. Plinio alza questi rapporti rispettivamente da 1:2 a 1:3, per l'*harena marina* e quella *fluviatilis*, da 1:3 a 1:4 per l'*harena fossicia*¹⁸. Per quanto riguarda infine le opere da realizzare sott'acqua Vitruvio propone una parte di sabbia e due di pozzolana flegrea¹⁹. Esperimenti recenti dimostrerebbero che il rapporto migliore per le malte pozzolaniche è quello prossimo a 1:3 sia per le opere subacquee che per quelle terrestri. Una serie di cilindri confezionati in laboratorio con miscele di calce e pozzolana di Bacoli in diverse proporzioni, con rapporti 1:1, 1:2, 1:3 e 1:4, sono stati sottoposti a test di compressione a differenti livelli di stagionatura, fino a un massimo di 180 giorni. I risultati migliori si sono ottenuti a 180 giorni con il rapporto 1:3; la diminuzione della resistenza era modesta nel rapporto 1:4, molto più consistente nel rapporto 1:2²⁰. Un test analogo è stato effettuato su un blocco di pozzolana di 8 m³ confezionato in acqua, nel porto di Brindisi, seguendo le procedure indicate da Vitruvio; la parte superiore del blocco contenente una maggiore percentuale di pozzolana (rapporto calce/pozzolana = 1:2,7) ha dimostrato migliori performance meccaniche rispetto alla parte inferiore, realizzata con una proporzione 1:2, e caratteristiche fisiche più simili a un campione di calcestruzzo antico prelevato da strutture marittime della villa di Domizio Enobarbo a Santa Liberata²¹. Importante infine è anche la proporzione di acqua nel composto. La malta deve essere lavorabile, quindi sufficientemente plastica, ma anche il più dura possibile; la sua resistenza aumenta con la diminuzione dell'acqua.

¹³ OLESON – BRANTON 1992; BRANDON 2008

¹⁴ SAMUELLI FERRETTI 1997, p. 70 e fig. 4.

¹⁵ Il periodo di circa un anno per la sostanziale stagionatura del materiale viene confermato da altri esperimenti. Cfr. ad es. GOTTI *et alii* 2008

¹⁶ COUDELAS 2009, pp. 16-17

¹⁷ VITR., II, 5, 1.

¹⁸ PLIN., *NH*, XXXVI, 175

¹⁹ VITR. V, 12, 2 ("la polvere delle regioni che stanno tra Cuma e il promontorio di Minerva").

²⁰ GOLDSWORTHY – MIN 2009

²¹ GOTTI – OLESON *et alii* 2008.

Malte idrauliche con caratteristiche analoghe a quelle sopra descritte possono essere altrimenti ottenute dalle **pozzolane artificiali**. Una di queste, largamente utilizzata nell'antichità, è il **cocciopesto** (fig. 426), costituito da laterizi minutamente frantumati. I minerali argillosi hanno in genere un alto tenore di silicio e di allumina come le pozzolane. Con la cottura e la perdita dell'acqua di costituzione ne risulta un materiale ricco di silice amorfo che in ambiente umido reagisce rapidamente con la calce. Non tutte le terrecotte assicurano proprietà idrauliche perché dipende anche dal tipo di argilla contenuta, ma in ogni caso l'aggiunta di frammenti laterizi alla calce aumenta la resistenza meccanica e la durezza del materiale. Vitruvio ne conosce le proprietà e consiglia di aggiungere una terza parte di laterizi battuti e sminuzzati alla sabbia di mare e di fiume da mescolare con la calce per ottenere un composto di migliore qualità²². La malta idraulica si può altrimenti ottenere dalla cottura di calcari impuri ricchi di argilla (fino a un 20%). In questo modo il silicio e l'allumina sono trasferiti direttamente alla calce in fase di cottura; ne deriva la **calce idraulica** che, mescolata con altri inerti, formerà una malta con caratteristiche simili alla pozzolana. Si ritiene che quest'ultimo sistema non fosse utilizzato nell'antichità visto che gli autori romani prescrivono la calcinazione di pietre bianche o comunque pure; ma ovviamente non si possono escludere usi locali diversi, condizionati dalle particolari caratteristiche delle rocce disponibili sul territorio²³.

3) *I calcestruzzi: opera cementizia, opus signinum, cocciopesto.*

La malta, dopo che è stata impastata e si trova ancora allo stato plastico, viene impiegata in diversi modi. Nella costruzione di un edificio si hanno due tipi fondamentali di applicazione: a) rivestimento del suolo e delle pareti (intonaco); b) legante dei materiali del muro. Nel primo caso la malta viene

spalmata sull'intera superficie del pavimento o della parete dove forma uno strato di spessore omogeneo. Sui muri si stendono di solito due o più strati sovrapposti, quello interno più grossolano (figg. 609, 610 a p. 336). Nelle epoche più antiche come si è visto si utilizzavano malte di terra, ma lo strato esterno, già nel Neolitico, veniva spesso realizzato con una malta più resistente – di gesso oppure di calce – la quale costituiva un sottile involucro che proteggeva l'intonaco sottostante e la parte interna del muro dalle intemperie, destinato a ricevere una decorazione dipinta. In gran parte degli intonaci di epoca romana tutti gli strati sono costituiti da malte a base di calce; gli inerti sono gradualmente più fini dallo strato interno a quello superficiale. Le malte idrauliche a base di pozzolana o di cocciopesto vengono impiegate per ricoprire tutte le superfici che necessitano di un'adeguata impermeabilizzazione, quindi vasche, cisterne, canali di scarico, terrazze e anche pareti soggette a umidità di risalita oppure addossate a terrapieni.

La malta si usa altrimenti per cementare i materiali del muro, a eccezione dei grossi blocchi di pietra che sono stabilizzati dal loro peso. Nelle murature a mattoni tradizionali, come quelle mesopotamiche ma anche alcune cinte fortificate italiche di epoca repubblicana dove tali elementi riempiono l'intero spessore della parete, sulla superficie di attesa di ogni assisa veniva steso un letto sottile e uniforme di malta su cui si incollavano i mattoni del filare soprastante. In alternativa il muratore provvedeva volta per volta a spalmare il legante sulla superficie di posa del mattone che teneva in mano prima di collocarlo. Di regola uno strato di malta separava anche le facce laterali dei laterizi. Nelle murature costituite da pietrame e da altri elementi di forma irregolare e di piccole dimensioni è necessaria una quantità di malta assai più considerevole per riempire tutti gli spazi intermedi. Nel III-II sec. a.C. i romani introducono in questo tipo di strutture le malte di calce in sostituzione della terra che era utilizzata come legante da millenni. L'impasto composto dalla malta di calce e dai frammenti di pietre e altri materiali inseriti nel muro (*caementa*) veniva chiamato *structura caementicia* o *opus caementicium*²⁴, da cui deriva l'odierna denominazione di **opera cemen-**

²² VITR., II, 5, 1.

²³ Si veda ad esempio il recente contributo di G. Toprak sulle caratteristiche delle calce prodotte con la cottura di vari tipi di roccia delle isole di Marmara e dei dintorni di Muğla in Turchia. Quelle ottenute dalla cottura di pietre calcaree contenenti diatomite (sostanza che si caratterizza per un'alta percentuale di diossido di silicio) hanno dimostrato una spiccata idraulicità e una superiore resistenza alla compressione. L'autore ritiene probabile che questo tipo di calce fosse prodotta in "historic kilns" (TOPRAK 2007).

²⁴ Termini che sono ripetutamente utilizzati da Vitruvio. Propriamente la definisce "*structura ex caementis calce et harena*" (V, 12, 5). Per un elenco completo delle fonti cfr. LUGLI 1957, pp. 363-364.

tizia (fig. 420). Sarà questo il sistema costruttivo fondamentale dei Romani, il quale si tramanderà all'architettura medievale e moderna.

I *caementa*, a meno che non si tratti di elementi molto piccoli, raramente vengono mescolati con la malta prima della messa in opera. L'unione tra i due materiali avviene durante la costruzione del muro. La maniera ordinaria consiste nello stendere un letto di malta alto qualche centimetro, disporvi sopra a mano uno strato di *caementa*, coprirli con una gettata di malta e così via. La malta è allo stato plastico e quindi la costruzione va effettuata dentro una scatola che la trattiene e dà forma al muro. Il procedimento è diverso per le fondazioni, l'alzato e le volte. Nel primo caso il lavoro viene effettuato dentro una trincea; la gettata dell'opera cementizia viene contenuta lateralmente dalle pareti di terra della fossa (**fondazione in cavo libero**) oppure, come è più frequente, soprattutto se è la trincea è profonda, viene realizzata un'armatura di legno, detta **sbatacciatura**, che impedisce alla terra di franare e funge da cassaforma (**fondazione in cavo armato**) (fig. 421).

Nella costruzione dell'elevato la scatola è costituita dal paramento della parete (fig. 422). Si alzano sui due lati del muro alcuni filari della cortina, in blocchetti di pietra o in laterizi, legandoli con la malta di calce, poi si riempie la cavità che risulta nel mezzo alternando come al solito uno strato di malta con uno strato di *caementa*; si riprende a salire all'esterno disponendo altri elementi del paramento, si colma poi internamente e così via. Bisogna avere cura che il nucleo si leghi saldamente con il paramento, altrimenti dopo l'essiccamento si rischia di avere un muro costituito da tre lastre verticali separate, con inevitabile distacco delle due cortine. I risultati migliori si

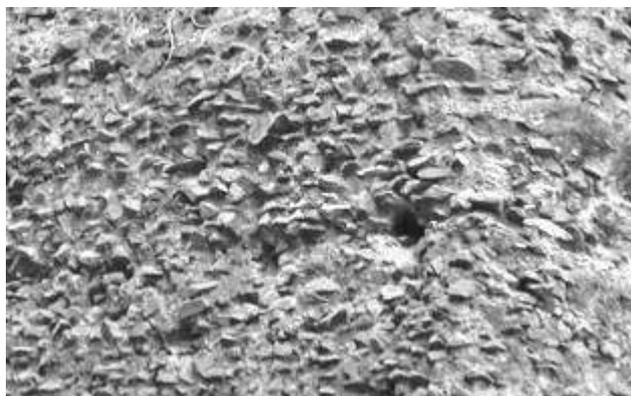


Fig. 420 - Particolare del nucleo in opera cementizia di un mausoleo sulla via Appia a Roma

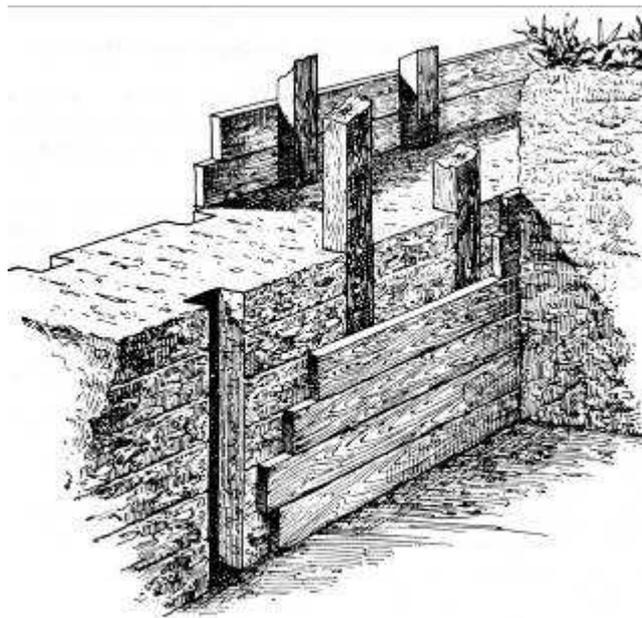


Fig. 421 - Fondazione in cavo armato (LUGLI 1957)



Fig. 422 - Capua (S. Maria Capua Vetere). Anfiteatro Campano. Il paramento in mattoni del muro è stato in gran parte asportato. È messa a nudo l'opera cementizia del nucleo comprendente numerosi frammenti di laterizi.

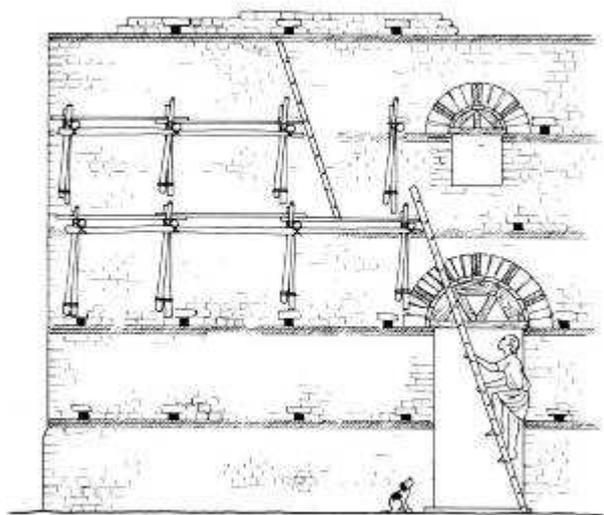
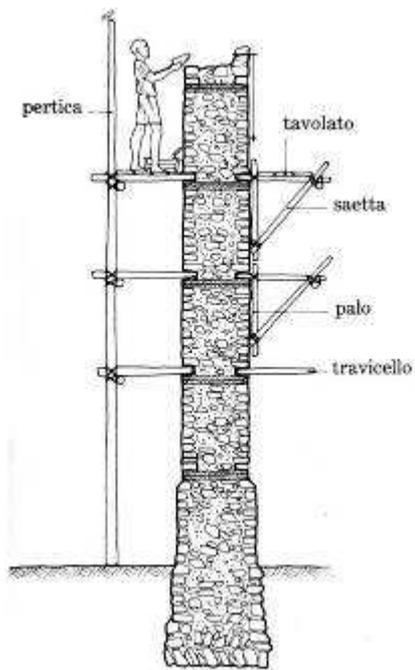


Fig. 423 – Esempi di impalcature (ADAM 1989)

ottengono utilizzando nel paramento dei blocchetti di forma conoide e allungata oppure mattoni triangolari che penetrano nell'opera cementizia del nucleo. E' importante anche che la malta utilizzata all'interno della parete sia uguale a quella che lega le cortine. Il paramento poteva essere altrimenti costituito da grossi blocchi parallelepipedi (opera quadrata) disposti l'uno sull'altro a secco. Grazie al loro peso essi contenevano saldamente le spinte laterali della massa fluida del conglomerato. Dopo

l'essiccamento c'era però il rischio che le due parti del muro, costruite in maniera completamente diversa, restassero scollegate. Si ovviava, come consigliato da Vitruvio, collegando i blocchi fra loro e questi al nucleo per mezzo di grappe²⁵. Un altro sistema, già utilizzato nei muri in opera quadrata con *emplekton*, era quello di alternare i blocchi per lungo a blocchi di testa con la parte interna affogata nel nucleo (fig. 281 a p. 175, nn. 8-9).

Arrivati a una certa altezza gli operai devono lavorare su **impalcature** a più piani; queste vengono ancorate al muro per mezzo di travicelli che vanno a incastrarsi entro delle cavità risparmiate nel paramento, più o meno regolarmente distanziate (fig. 423). Talora sono fori passanti che consentono di inserire dei travicelli più lunghi che incatenano le impalcature opposte.

Il conglomerato della volta viene gettato su una centina lignea, fissa a terra oppure a sbalzo, procedendo gradualmente dal basso verso l'alto, ossia dalle imposte verso la chiave. Lateralmente viene contenuto dalla cortina della parte superiore dei muri circostanti che viene tirata su prima della gettata (fig. 552 a p. 310). La centina viene smontata dopo molti giorni, quando finalmente è avvenuta la presa, e con molte cautele per evitare vibrazioni e formazione di lesioni²⁶.

Ovviamente uno o più lati della scatola, cui si appoggia la massa fluida dell'opera cementizia, possono corrispondere a muri preesistenti, anche tirati su in una fase precedente del cantiere.

Spesso quando si costruivano le fondamenta i vari strati di *caementa* messi in opera venivano sottoposti a battitura allo scopo di far penetrare la malta in tutti gli interstizi, rimuovendo l'aria intrappolata. Sopra un letto di malta alto circa 10-15 cm si stendeva uno strato di *caementa* di spessore uguale o leggermente superiore che veniva poi pressato con appositi strumenti²⁷. Le tracce di questa tecnica sono leggibili sulla superficie esterna di molti muri di fondazione i quali presentano una conformazione nettamente stratificata a fasce orizzontali di elementi lapidei molto addensati che si alternano a gettate di malta (fig. 424). Negli elevati invece l'opera cementizia non veniva compressa perché il paramento non avrebbe sopportato la spinta laterale. Facevano eccezione i grossi muri rivestiti dai più pesanti e resistenti blocchi

²⁵ VITR. II, 8, 4

²⁶ GIULIANI 2006, pp. 130-139, figg. 43-48.

²⁷ CHOISY 1873, pp. 13-16

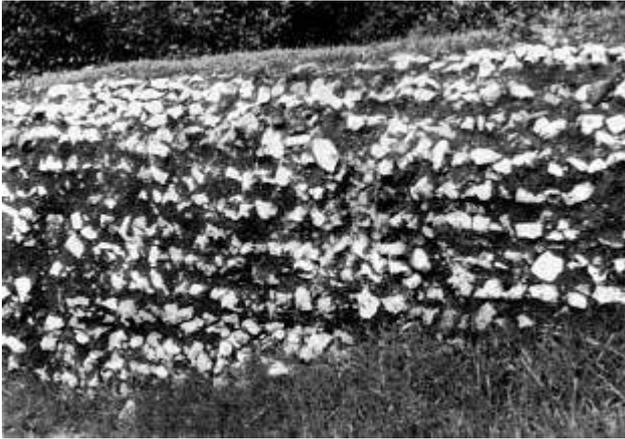


Fig. 424 - Roma. Foro Romano. Fondazioni del vestibolo neroniano. La disposizione stratificata dei *caementa* è dovuta al procedimento di battitura (LUGLI 1957)

di opera quadrata, come i basamenti delle tombe.

I *caementa* sono costituiti dai più diversi tipi di pietra e molto spesso anche da frammenti di laterizi (figg. 420, 422, 424). Si utilizzano ciottoli raccolti da terra o dai letti dei fiumi, scarti di lavorazione del cantiere, materiali provenienti dalla demolizione di edifici preesistenti. Si definiscono **scaglie** i piccoli pezzi spigolosi derivanti dalla lavorazione dei materiali da costruzione; gli **scapoli** sono elementi un po' più grandi di forma poliedrica. Nella maggior parte dei muri romani i *caementa* hanno dimensioni non superiori a quelle dei blocchetti o dei mattoni del paramento, l'altezza raramente supera i dieci centimetri. Molti elementi vengono appositamente spezzati a colpi di mazza prima della messa in opera. Se gli inclusi sono troppo grossi la malta fa meno presa perché diminuisce la superficie di contatto e la struttura del muro risulta disomogenea. Questi sistemi sembrano trovare un parziale riscontro nella legislazione dell'epoca. La *lex puteolana parieti faciundo* del 105 a.C. prescriveva una proporzione 1:4 tra calce e pozzolana e stabiliva un limite massimo per il peso e le dimensioni dei materiali utilizzati²⁸.

La resistenza meccanica delle murature in opera cementizia dipende in parte dalla malta – come si è

²⁸ CIL X 1781; WAELE 1995. “*Quod opus structile fiet in terra calcis restinctai partem quartam indito nive maiorem caementa struito quam quae caementa arda pendat p. XV nive angolariam altiorenciis quatuor cum unciae triente facito*”. I limiti imposti dalla legge (un peso massimo di 15 libbre = 4,91 kg per i “*caementa arda*”) appaiono però ancora molto alti rispetto a quello che sarà lo standard delle murature romane in opera cementizia.

visto quelle idrauliche sono notevolmente più forti – ma anche dalla composizione dei *caementa*, dalla loro tessitura e dal rapporto percentuale tra gli inclusi e il legante. Innanzitutto i *caementa* debbono essere di piccole dimensioni. Quando gli scapoli sono più abbondanti rispetto alla malta la resistenza del muro aumenta nettamente²⁹. Poi conta molto la durezza dei materiali. Fra quelli più utilizzati nei muri romani si può dare la seguente graduatoria: tra i più duri ci sono i basalti, le leucititi e le selci; poi i marmi con i calcari puri e i travertini; quindi i laterizi; infine i calcari marnosi e i tufi³⁰. L'impiego di frammenti di laterizi aumenta considerevolmente in epoca imperiale data la grande produzione che comporta anche molto materiale di scarto. I frammenti di mattoni, che sono piatti e hanno un'altezza uniforme, si prestano a essere disposti su strati orizzontali, separati da letti di malta relativamente sottili, formando masse murarie compatte e omogenee che possono arrivare a valori di resistenza a compressione addirittura di 460 kg/cm²³¹; mentre nei conglomerati più comuni formati da una miscela di frammenti di tufo e di laterizio in proporzioni più o meno simili e da un 50-60 % di malta sono state rilevate resistenze pari mediamente a 60 kg/cm²³².

I costruttori romani, soprattutto in epoca imperiale, cercano di sfruttare nel modo più conveniente le diverse caratteristiche meccaniche dei *caementa* in modo da mettere quelli più duri e resistenti in corrispondenza delle parti più sollecitate della muratura e alleggerendo gradualmente tutta la costruzione dal basso verso l'alto. Quindi i materiali più pesanti vanno soprattutto nelle fondazioni; le volte sono irrobustite alle reni e notevolmente alleviate nella parte superiore. Questo sistema trova un'esemplare dimostrazione nella sezione del

²⁹ SAMUELLI FERRETTI 1997, pp. 70-72.

³⁰ Cfr. GIAVARINI – SAMUELLI FERRETTI – SANTARELLI 2006, pp. 109-112. Prove di resistenza a compressione effettuate su scapoli di pietra di dimensioni simili a quelle dei *caementa* dei conglomerati antichi restituiscono valori da 20 a 36 kg/cm² per il “tufo nero”, circa 100 kg/cm² per il “tufo medio”, dai 360 ai 500 kg/cm² per il peperino e il travertino. Analoghi esperimenti effettuati su vari frammenti di mattoni di diversa composizione e provenienza danno valori che variano da 100 a 400 kg/cm²:

³¹ LAMPRECHT 1968, pp. 41-67

³² GIAVARINI – SAMUELLI FERRETTI – SANTARELLI 2006, p. 117

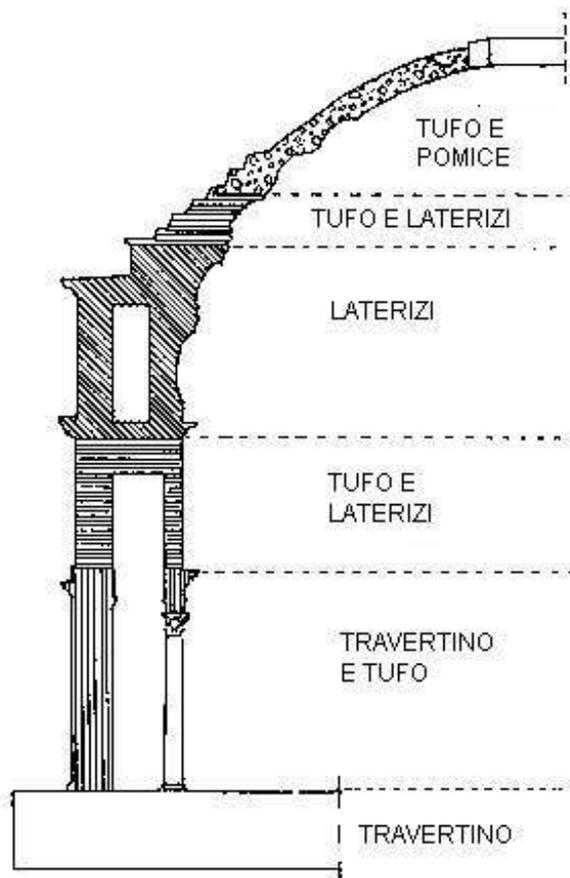


Fig. 425 - Roma. Sezione del Pantheon. Sono indicati i materiali utilizzati nei *caementa* del nucleo.

Pantheon³³ (fig. 425). L'opera cementizia della fondazione è composta da scaglie di travertino; quella del muro perimetrale per un'altezza di m. 12,30, dal pavimento fino alla prima cornice, comprende frammenti di travertino e tufo; dalla prima cornice fino all'imposta della volta è composta da strati di tufo alternati a strati di frammenti di mattoni disposti ad assise regolari nella malta; fin qui è pertanto progressivamente più leggera. L'anello soprastante – per un'altezza di 11,75 m dall'imposta – che corrisponde alle reni della cupola ed è quindi particolarmente sollecitato, è composto da una muratura più dura: tutti gli inclusi del conglomerato sono frammenti di laterizi. Sopra subentra una fascia meno pesante (tuffi e mattoni); infine la parte superiore della cupola è

³³ LUGLI 1957, I, pp. 666-667. L'A. riporta alcune notizie della relazione di A. Terenzio il quale, nella sua qualità di Soprintendente ai Monumenti di Roma, eseguì nel 1930 il restauro del Pantheon.

composta da strati alternati di tuffi e pomice vulcaniche molto porose. Gli stessi criteri sono adottati anche nei paramenti quando questi sono composti da materiali diversi, come è il caso dell'opera mista (*opus mixtum*) in laterizi e blocchetti di tufo: i primi vengono collocati nelle zone più sollecitate della parete come gli angoli, lo zoccolo, le spalle delle porte (fig. 461 a p. 268). Nell'opera mista si riscontra qualche volta anche una correlazione tra i materiali della cortina e quelli del nucleo: per cui dietro i mattoni il conglomerato è composto in prevalenza da frammenti di laterizi; in corrispondenza dei blocchetti di tufo si trova invece un'opera cementizia costituita da elementi tufacei oppure da una miscela di tuffi e laterizi.

L'opera cementizia romana a base di malta pozzolanica dimostra anche una discreta resistenza a trazione. Non è infrequente trovare nei muri antichi delle ampie aperture – causate da crolli, smottamenti oppure passaggi praticati in un'epoca successiva – con il conglomerato soprastante che si trova sospeso nel vuoto e lavora come un vero e proprio architrave³⁴ (fig. 495 a p. 284). In ogni caso per prudenza nei muri in conglomerato qualunque tipo di apertura era sormontata da un arco o da una piattabanda; quest'ultima era protetta a sua volta da un arco di scarico (fig. 549 a p. 308).

L'opera cementizia è considerata un **calcestruzzo**. Questo termine identifica i composti a base di calce comprendenti numerosi inclusi di taglia superiore ai 2 mm, quindi di dimensioni maggiori della sabbia. Due calcestruzzi speciali utilizzati nell'edilizia romana sono il cocchiopesto e l'*opus signinum*³⁵. Il **cocchiopesto**, come si è visto sopra, quando è composto da una sottile polvere di laterizi è una malta; di frequente però comprende numerosi frammenti più grandi, spessi qualche millimetro, molti dei quali anche superiori a un centimetro. In questo caso si qualifica come un calcestruzzo. Sia il tipo più fino che quello a grossi grani hanno una spiccata idraulicità che è dovuta alla presenza dei laterizi. Il secondo, però, come tutti

³⁴ Giuliani presenta altri due esempi molto significativi: un'apertura che venne praticata alcuni secoli fa nel muro di spina del c.d. Pecile di Villa Adriana, con una di luce di 3,60 m (GIULIANI 1997 pp. 51-52, fig. 1) e il pavimento in cocchiopesto di una cisterna di Atri, ampio circa 12 m², che si trovava sospeso nel vuoto a causa di uno smottamento del terreno (GIULIANI 2006, p. 223).

³⁵ Sull'argomento si veda in particolare GIULIANI 1992 e GIULIANI pp. 222-226, il quale ha chiarito la differenza tra i due composti su cui si faceva molta confusione.

i calcestruzzi, si caratterizza per una maggiore portanza. Negli intonaci impermeabili di vasche, cisterne e pareti soggette a umidità era adoperato per lo strato interno più grossolano (fig. 426). Nelle terrazze e negli ambienti all'aperto costituiva lo strato di preparazione (*nucleus*) del pavimento in mosaico o in laterizi. Dal VI sec. d.C. venne usato nei muri e nelle volte di alcune chiese bizantine compresa Santa Sofia a Costantinopoli³⁶. Dell'*opus signinum* parla Vitruvio a proposito della realizzazione delle cisterne. E' un composto costituito da malta di pozzolana e da pietre dure, di piccola taglia, "non più pesanti di una libbra"³⁷. L'impermeabilità era dovuta in questo caso all'abbondante quantità di pozzolana. Gli inclusi sia del cocchiopesto che dell'*opus signinum*, essendo di piccole dimensioni, venivano mescolati con la malta prima di eseguire la gettata.



Fig. 426 - Capua (S. Maria Capua Vetere). Anfiteatro Campano. Rivestimento in cocchiopesto della parte inferiore di un muro a scopo di protezione dall'umidità di risalita

Capitolo II

L'impiego dell'opera cementizia nelle costruzioni

1) L'uso della malta di calce nell'edilizia preromana

La calce era utilizzata nel Vicino Oriente come collante fin dall'epipaleolitico (circa 12.000 a.C.). Tra il IX e l'VIII millennio a.C. in alcuni centri palestinesi avviene un'importante innovazione: l'aggiunta di un granulato (sabbia) consente di trasformare questa sostanza in un materiale più resistente (malta di calce) che può essere impiegato nell'edilizia (cfr. p. 30). In questo ambito, come si è visto, troverà due tipi fondamentali di applicazione: come rivestimento del suolo e delle pareti (intonaco) e come legante dei materiali del muro.

Fino al IV sec. a.C. nell'edilizia antica la calce è utilizzata quasi esclusivamente come materiale di rivestimento. Nella prima parte del volume si è visto che già nell'VIII millennio i pavimenti delle abitazioni palestinesi erano realizzati con una gettata di calce molto dura e di ottima qualità derivante da un regolare processo di cottura. A partire da quest'epoca la calce venne spesso utilizzata anche negli intonaci parietali; generalmente costituiva una sottile guaina posta a protezione di un più spesso strato di terra che aderiva alla parete. Essa è attestata in varie civiltà e in diverse epoche ma non in tutti gli edifici. Nella maggior parte delle abitazioni rurali ancora in età storica si useranno solo intonaci di terra. Quelli egiziani invece erano a base di gesso. Spesso poi si confezionavano malte impure dove la calce derivava dalla frantumazione di rocce calcaree non sottoposte a cottura oppure era mescolata con un'abbondante quantità di terra. In ogni caso sia le analisi di laboratorio che le definizioni fornite dagli archeologi (che il più delle volte descrivono questo materiale come "duro e di colore bianco") testimoniano una notevole diffusione di intonaci con un'alta percentuale di carbonato di calcio nel mondo antico nei più disparati contesti geografici e cronologici, dai villaggi palestinesi e anatolici di età neolitica all'Etruria del VI sec. a.C. In Grecia già in età arcaica la malta di calce viene inoltre frequentemente impiegata come rivestimento impermeabile di vasche e cisterne. Vengono confe-

³⁶ EMERSON – VAN NICE 1943, pp. 416-418.

³⁷ VITR., VIII, 7, 14.

zionate a questo scopo anche malte idrauliche a base di cocchiopesto o pozzolana di Santorini.

L'impiego della malta di calce come legante dei materiali del muro prima dell'epoca romana è invece molto raro. L'unica significativa eccezione è forse quella di una parte delle murature mesopotamiche in mattoni cotti e prevalentemente in età neobabilonese e achemenide. Le ragioni di questo prolungato disinteresse sono molteplici. In parte dipende dai materiali da costruzione utilizzati. Le strutture in mattoni crudi, diffusissime nel mondo antico in particolare in Egitto e nel Vicino Oriente, richiedevano una malta di terra di composizione simile ai mattoni. La malta di calce costituisce invece un legante ideale per i mattoni cotti avendo caratteristiche fisico-meccaniche analoghe. In Mesopotamia è stata in parte utilizzata, ma le è stata largamente preferita la malta a base di bitume che era ricavata da importanti giacimenti presenti sul territorio; era molto più economica e doveva dare anche ottimi risultati stando alla testimonianza di Cassio Dione sulla durezza dei muri babilonesi (cfr. p. 31). Va comunque fatto presente che i mattoni cotti riempivano l'intero spessore del muro, disposti su letti orizzontali; la malta era impiegata solamente nei giunti che erano molto sottili rispetto allo spessore dei laterizi (generalmente meno di 1/6), quindi non superava mai il 15-20 % del volume complessivo. Era una percentuale minima rispetto alla quantità richiesta dalle più irregolari murature in pietrame (nell'opera cementizia romana il volume della malta arriva spesso oltre il 50 %). La robustezza dei muri mesopotamici, più o meno equivalente a quella delle murature in conci, era dovuta proprio al fatto che i laterizi costituivano una massa piena e compatta ed erano accuratamente confezionati su assise orizzontali con giunti molto sottili. In strutture di questo tipo le differenze tra una malta di calce e sabbia e una malta di bitume e frammenti di asfalto erano pressoché irrilevanti per la determinazione dei valori di resistenza del muro.

Fuori dalla Mesopotamia i mattoni cotti ebbero una diffusione molto scarsa in quanto le stesse funzioni strutturali e di rivestimento erano quasi dappertutto delegate alla pietra. La malta non è necessaria per le apparecchiature in blocchi di grandi dimensioni che sono tenuti insieme dalla forza di attrito statico. Serve invece per il pietrame di piccolo taglio; la malta di calce è il legante migliore per questo materiale. Eppure l'architettura

antica per millenni è riuscita a farne a meno. Le pietre di grandi dimensioni, come ci dimostra soprattutto l'architettura egiziana, hanno consentito di realizzare opere grandiose. Per le costruzioni meno impegnative sul piano strutturale, soprattutto le abitazioni comuni, ci si affidava al pietrame cementato dalla terra, rinforzato da catene in legname o in blocchi lapidei. In qualche caso si utilizzava come legante anche il fragile gesso. In definitiva è un problema di costi-benefici. La malta di calce costava molto, perché durante la cottura veniva consumato un volume di legna pari quasi a quello della malta prodotta (cfr. p. 238). I rinforzi lignei inseriti nel muro richiedevano una quantità di legname assai minore, e si riusciva forse persino a compensare il maggior prezzo che dovevano avere le lunghe e spesse travi portanti rispetto ai tronchetti e alle fascine che si gettavano in fornace. Il combustibile necessario per produrre la calce costituiva un onere molto pesante soprattutto nelle regioni orientali povere di vegetazione. Gli egiziani, nonostante disponessero di ottimi giacimenti di calcare bianco, evitarono di produrre la calce persino per gli intonaci, preferendogli largamente il gesso, altro materiale disponibile sul loro territorio il quale aveva il pregio di comportare costi di produzione enormemente inferiori dato che cuoce a 120-200 gradi invece che a 800-900 gradi come la pietra calcarea e in minor tempo.

In definitiva le malte di calce ordinarie che erano da sempre utilizzate per la confezione degli intonaci, mescolate con sabbie locali di origine fluviale o desertica, non erano neanche così robuste da sollecitare un convinto investimento nel processo di produzione. Costituivano un eccellente involucro protettivo per salvaguardare le murature in mattoni crudi e il primo strato di intonaco argilloso dall'erosione degli agenti atmosferici, ma non conferivano una maggiore resistenza alle murature in maniera così decisiva. Per quanto questi valori siano suscettibili di notevoli oscillazioni perché contano molto anche i materiali utilizzati e la loro tessitura, si può dire grosso modo che la resistenza a compressione di un muro in pietrame cementato da malta di calce mescolata con sabbia ordinaria è mediamente doppia rispetto a una struttura analoga a secco o legata da malta di terra, ma può essere inferiore ad un quarto rispetto a un muratura in grandi conci lapidei. Le malte idrauliche non erano sconosciute. In Grecia le malte a base di cocchiopesto o di pozzolana di Santorini che erano adoperate

come intonaco impermeabile, in qualche raro caso sono state utilizzate come legante nelle murature di cisterne (Tera)³⁸ e opere portuali (Delo)³⁹; si tratta in ogni modo di iniziative sporadiche, limitate allo stretto necessario a causa del costo ancora elevato di questo materiale.

I costruttori preromani sapevano disporre i diversi materiali nella maniera più razionale riuscendo in questo modo ad innalzare edifici alti vari piani. Il procedimento costruttivo si basava su due principi fondamentali: 1) l'edificio era progressivamente alleggerito dal basso verso l'alto impiegando materiali di peso specifico e di dimensioni diverse; per cui ad esempio si aveva uno zoccolo – oppure l'intero piano terreno – in opera quadrata, sopra stava una muratura in pietrame e ancora più in alto eventualmente una struttura in mattoni crudi; 2) il pietrame e i mattoni crudi erano imbrigliati in un telaio portante in travi di legno – oppure a pilastri litici – che raccoglieva e convogliava i carichi gravanti. Non mancava inoltre la capacità di realizzare murature in pietrame particolarmente dure e resistenti costipando accuratamente gli elementi lapidei e sottoponendoli a battitura. Plinio ci informa che in Africa e in Spagna i muri venivano costruiti pressando le pietre e la terra dentro una cassaforma lignea e che ne risultava una struttura più dura del cemento, incorruttibile alle intemperie⁴⁰. Per l'archeologia è difficile riuscire a identificare murature di questo tipo, perché dopo migliaia di anni tutte le strutture legate da malta di terra sono soggette a un consistente e inevitabile deterioramento. Ma è probabile che anticamente esse fossero molto diffuse, soprattutto in determinati contesti geografici.

Si è visto poi come anche le murature in mattoni crudi fossero in grado di assicurare prestazioni molto elevate. In Mesopotamia e in Egitto disponendo questi elementi modulari su assise orizzontali per l'intero spessore del muro si ottenevano strutture meno resistenti di quelle in mattoni cotti, ma sufficientemente affidabili per realizzare edifici molto alti, probabilmente articolati anche in vari piani, non diversi da quelli che si possono vedere ancora oggi in varie città dell'Oriente (cfr. pp. 48-49). L'alleggerimento della struttura verso l'alto si attuava in questo caso

semplicemente con la progressiva riduzione dello spessore dei muri da un piano all'altro. Inoltre le volte radiali in mattoni crudi si impostavano con facilità sulle strutture d'alzato grazie al loro scarso peso. In Egitto e in Mesopotamia esse venivano disposte in serie per coprire lunghe file di ambienti e non si può escludere, come si è già detto, una loro diffusione anche in Grecia e in Italia dall'età arcaica.

2) *L'esordio dell'opera cementizia a Roma e in Campania*

L'uso della malta di calce come legante degli elementi del muro si afferma in maniera decisa e definitiva nell'architettura romana tra il III e il II sec. a.C. Il risultato è un sistema costruttivo nuovo che nel giro di breve tempo finirà per trasformare profondamente la morfologia degli edifici e che non sarà mai più abbandonato, fino a quando non verrà superato – verso la fine del XIX secolo – dalla introduzione del cemento armato. I motivi per cui i costruttori romani in quest'epoca si decidono a intraprendere con convinzione questo passaggio sono più di uno. Certamente conta molto la capacità d'iniziativa e la voglia di sperimentare da parte di un popolo giovane, ricco di risorse, che si sta affermando in questo momento nel mondo politicamente ed economicamente. Ma contano pure, in questo caso come sempre nella storia dell'edilizia, i materiali da costruzione disponibili localmente. Le montagne appenniniche fornivano rocce di ottimo calcare bianco e grandi riserve di legname da utilizzare come combustibile, ma soprattutto le pozzolane campane e laziali consentivano di confezionare malte e conglomerati particolarmente robusti, con valori di resistenza addirittura otto volte superiori rispetto alle malte di sabbia ordinarie come è stato calcolato. I muri in opera cementizia confezionati con questo tipo di malte si configuravano quasi come dei monoliti. I primi risultati erano sicuramente assai incoraggianti e quindi si è andati avanti senza indugio in questa direzione. La fase sperimentale e di passaggio si coglie in alcuni edifici pompeiani di III-II sec. a.C., non perché questa città fosse all'avanguardia nella utilizzazione delle nuove tecnologie ma perché è l'unico contesto che ci ha tramandato numerosi muri di quest'epoca in discreto stato di conserva-

³⁸ WILSKI 1904, p. 116

³⁹ CAYEUX 1907, pp. 107-108

⁴⁰ PLIN., *NH*, XXXV, 169.

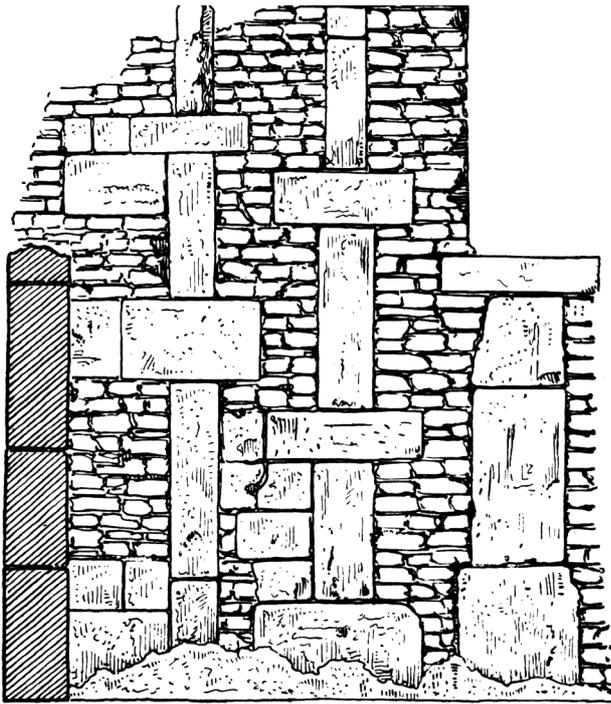


Fig. 427 - Pompei, VII, 3, 16. Parete a nervature litiche della prima età sannitica (OVERBECK – MAU 1884)

zione⁴¹. Le murature più antiche, databili per lo meno a partire dalla prima metà del III sec. a.C., sono realizzate con blocchetti ben accostati e legati ancora da una malta di terra, disposti su ricorsi orizzontali fra nervature in grossi blocchi lapidei molto ravvicinate (fig. 427). In seguito, tra la fine del III e la prima metà del II sec. a.C., i blocchetti divengono di forma più irregolare e appaiono cementati da una malta abbondante con calce e sabbia che riempie i larghi interstizi; le catene sono notevolmente più distanziate. Intorno alla metà del secolo, grazie alla migliore qualità della calce, si ha la definitiva sostituzione della tecnica a nervature litiche con una struttura muraria autoportante interamente in calcestruzzo; i conci lapidei si limiteranno agli angoli e ad altri punti esposti (fig. 428), fino ad essere rimpiazzati da catene in blocchetti di pietra o laterizi.

⁴¹ Le numerose indagini effettuate a Pompei negli ultimi anni (in particolare nell'ambito del Progetto Regio VI) hanno consentito una più sicura datazione delle varie tecniche edilizie attestate nelle *domus*, anche per quanto riguarda le fasi più antiche. Fra le numerose pubblicazioni in materia segnalo in particolare PESANDO 2008 con bibliografia.

In linea generale i calcestruzzi utilizzati nelle abitazioni comuni di Pompei non hanno una grande qualità. Ancora in epoca imperiale le murature presentano spesso malte terrose, friabili, mal mescolate e con grossi noduli di calce⁴². Spesso si incontrano pareti composte da un nucleo in pietrame con una malta ancora terrosa di cattiva qualità e una scatola esterna in elementi lapidei cementati invece da una malta di calce pura e compatta⁴³. Si cerca per quanto è possibile di economizzare in considerazione del fatto che gli edifici sono bassi; i muri in opera cementizia sono gravati al massimo dalle pareti, più sottili, di un solo piano superiore, spesso realizzate in pietrame entro telaio ligneo. I conglomerati migliori già nel II sec. a.C. si affermano negli edifici pubblici che sono più grandi, pesanti e strutturalmente complessi, come il tempio di Giove (circa 150 a.C.) e soprattutto la basilica (ultimo quarto del II sec. a.C.), la quale presenta peraltro una particolarissima innovazione connessa all'utilizzo delle malte di calce: le colonne scanalate dell'ordine gigante sono costituite da mattoncini pentagonali disposti intorno un elemento centrale circolare, tenuti insieme da letti sottili di una malta di calce e pozzolana molto tenace; le scanalature triangolari formate dai laterizi erano poi sagomate da un rivestimento di intonaco bianco che imitava il marmo (figg. 484 n. 1, 485 a pp. 280-281).



Fig. 428 – Pompei. Basilica. Particolare del muro perimetrale con lo stipite di un portale Ultimo quarto del II sec. a.C.

⁴² Si veda soprattutto un'indagine compiuta da Adam su vari edifici pompeiani (ADAM 1986). Malte terrose di questo tipo si ritrovano anche nelle Terme Centrali.

⁴³ Cfr. CARRINGTON 1933, p. 130

Le prime grandi costruzioni in opera cementizia note a Roma risalgono al pieno secondo secolo a.C. Si distingue fra queste un gigantesco complesso architettonico a carattere utilitario situato in prossimità del Tevere nella pianura dell'*Emporium*, corrispondente all'odierno quartiere del Testaccio, tradizionalmente identificato con la *porticus Aemilia* menzionata da Livio⁴⁴; secondo una recente proposta, che è stata largamente condivisa dagli altri studiosi, si è invece voluto riconoscervi un arsenale militare (*navalia*) realizzato sul modello dei *neosoikoi* greci⁴⁵. Si è suggerito inoltre di attribuirne la progettazione all'architetto Ermodoro di Salamina, attivo a Roma negli anni centrali del II sec. a.C., autore nel 147 a.C. del tempio marmoreo di Giove Statore nel Campo Marzio e del portico circostante (*porticus Metelli*)⁴⁶. Sia l'edificio al Testaccio che la *Porticus Metelli* sono realizzati in opera cementizia rivestita da una cortina in blocchetti tufacei di forma irregolare (opera incerta) con caratteristiche molto simili, il quale è tipico di quest'epoca e che già alla fine del secolo a Roma sarà soppiantato dall'opera quasi-reticolata (cfr. p. 268).

L'impianto del Testaccio aveva un'estensione planimetrica di 487 x 60 m ed era suddiviso internamente in una serie di 50 lunghi vani paralleli coperti da volte a botte, disposte su quattro livelli decrescenti (figg. 429-431). Secondo la più recente

⁴⁴ Negli anni trenta del secolo scorso G. Gatti eseguì una serie di indagini che consentirono di fissare il perimetro del grande edificio di cui sono visibili consistenti avanzi nel quartiere del Testaccio e ne riconobbe la planimetria in quattro frammenti della *Forma Urbis*; uno di questi contiene l'iscrizione incompleta ...LIA che venne integrata dal Gatti nella forma [AEM]LIA (GATTI 1934); egli ritenne infatti di poter identificare tale edificio, in base alla sua posizione topografica, con il "*porticum unum extra portam Trigeminam*," menzionato da Livio, fatto costruire nel 193 a.C. dagli edili M. Aemilius Lepidus e L. Aemilius Paullus (Liv. XXXV, 10, 12) e ricostruito nel 174 a.C. (Liv. XLI, 27, 8).

⁴⁵ COZZA – TUCCI 2006; l'ipotesi dei due studiosi poggia da una parte sull'inquadramento delle caratteristiche tecniche e funzionali dell'impianto, dall'altra sulla rilettura delle iscrizioni superstiti sui frammenti della *FU*, in particolare quella preparatoria corsiva apposta su uno di essi dove si leggono chiaramente le lettere *a l i a*, da cui l'integrazione [NAVA]LIA del testo principale in capitale. In epoca imperiale i *navalia* furono trasformati in edificio commerciale e l'area verso il Tevere venne edificata (fig. 430)

⁴⁶ Ipotesi che è stata riproposta ultimamente anche da A. D'Alessio il quale sottolinea che Cicerone (*de orat.* I, 14, 62) aveva attribuito ad Ermodoro di Salamina la costruzione di *navalia* e sostiene che le caratteristiche del paramento in opera incerta dell'edificio al Testaccio si inquadrano nel pieno secondo secolo a.C. (D'ALESSIO 2008)

ipotesi ricostruttiva il pavimento degli ambienti non era articolato in quattro gradoni corrispondenti ai salti di quota delle volte, come era stato proposto in passato, ma presentava un piano di fondo inclinato in direzione del Tevere che favoriva le operazioni di traino e di ricovero delle imbarcazioni. La planimetria, che si caratterizza per una serie di camere parallele suddivise da pilastri è stata correttamente paragonata a quella di alcuni arsenali greci (Pireo, Oiniadai⁴⁷). La conformazione dell'alzato era però completamente diversa rispetto a quel tipo di impianti, i quali dovevano essere dotati di tetti a capriate impostate su sostegni verticali isolati, e trova confronto piuttosto con alcuni vasti complessi di ambienti a schiera in mattoni crudi dell'antico Oriente – come ad esempio i magazzini del Ramesseum a Medinet Habu del XIII sec. a.C. – che erano coperti da volte a botte impostate sui muri divisorii (cfr. pp. 71-73, figg. 106-108). Lo schema di base dunque non era certamente nuovo. Corrispondeva a formulazioni modulari che erano le più razionali per complessi a carattere utilitario, in cui le volte a botte essendo di pari dimensioni poiché era costante la larghezza degli ambienti, potevano contrastarsi reciprocamente annullando le spinte laterali. Non è da escludere che impianti analoghi più piccoli con alzati e volte in mattoni crudi, oppure con pareti in pietrame e volte a mattoni avessero trovato una relativa diffusione anche in Grecia e in Italia. In ogni modo ciò che fino a quel momento era stato realizzato con altre tecniche, qui per la prima volta in forme grandiose viene eseguito in opera cemen-



Fig. 429 – "*Porticus Aemilia*". Particolare del muro di fondo in opera incerta

⁴⁷ Cfr. BLACKMAN 1968 sul *neosoikos* del Pireo, SEARS 1904 su quello di Oiniadai. Le planimetrie dei due edifici sono riportate in COZZA – TUCCI 2006



Fig. 430 - Roma, Museo della Civiltà Romana, plastico di Roma antica. Veduta sul quartiere dell'Emporium; al centro la è la ricostruzione della "Porticus Aemilia".

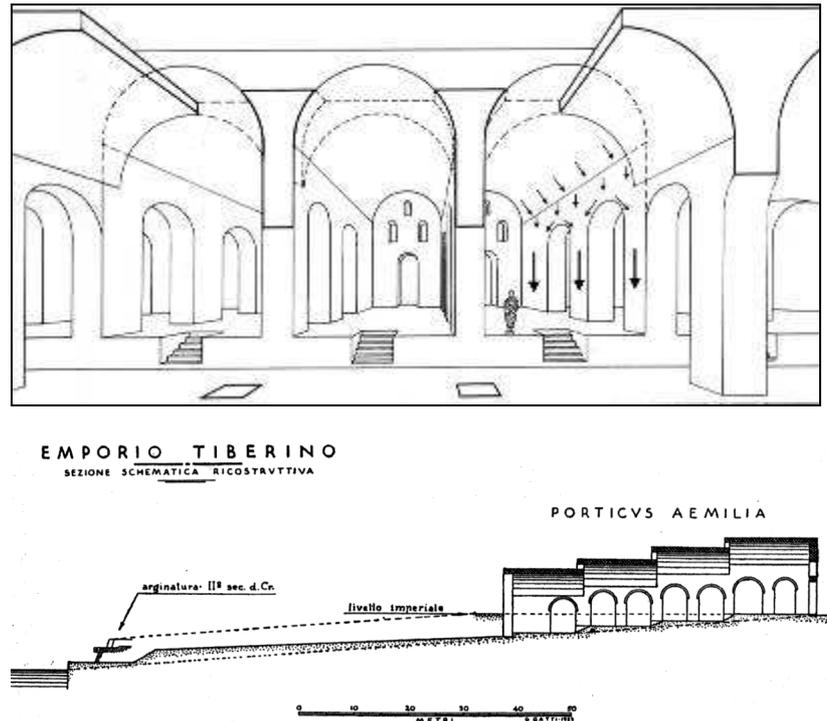


Fig. 431. – Sopra: ricostruzione dell'interno della "Porticus Aemilia" e schema della ripartizione dei carichi nella struttura muraria (GROS 1987, rielab. dell'autore). Sotto: Emporio tiberino e "Porticus Aemilia". Sezione trasversale ricostruttiva (GATTI 1934). Il pavimento degli ambienti in realtà doveva essere inclinato

tizia. Il vantaggio non è solo quello di aver creato una costruzione in materiali durevoli e più resistenti lavorando alla stessa velocità, e forse anche più rapidamente, di come si faceva prima. L'opera cementizia mostra pienamente la sua maggiore duttilità. Le pareti fanno a meno di elementi di rinforzo perché il peso delle volte a botte grava sui muri divisorii in modo uniforme. Anche i magazzini del Ramesseum, come tutte le grandi costruzioni in mattoni crudi sia egiziane che mesopotamiche, potevano fare a meno del telaio ossaturale, ma i muri in compenso erano molto più spessi in proporzione alla luce dei vani. Nell'edificio del Testaccio i setti trasversali sono più sottili grazie alla maggiore resistenza dell'opera cementizia e sono perforati da numerose aperture arcuate che mettono in diretta comunicazione gli ambienti adiacenti, soluzione che sarebbe stata imprudente e di più complicata realizzazione in un analogo edificio in mattoni crudi. Gli archi in blocchetti di tufo radiali delle porte raccolgono il carico delle volte a botte soprastanti e lo convogliano sulle parti piene del muro (fig. 431).

Ne risulta una vera e propria struttura a pilastri con percorsi longitudinali e trasversali che consentono una fruizione molto più flessibile dello spazio interno. Il terreno era in lieve discesa verso il Tevere. L'uso delle centine e la particolare malleabilità del materiale avevano consentito di articolare la copertura di ogni ambiente in quattro tratti impostati a quote decrescenti; sulla fronte di ogni settore risultava un'apertura che consentiva l'illuminazione dell'interno. In questa grande fabbrica del II sec. a.C. l'opera cementizia mostrava *in nuce* le grandi potenzialità del nuovo materiale da costruzione che giocavano a favore di una maggiore articolazione dello spazio architettonico.

3) La statica delle costruzioni in opera cementizia

L'opera cementizia rispetto alle tecniche tradizionali dimostrò in breve tempo due fondamentali vantaggi: innanzitutto il minor costo del procedimento di costruzione che compensava ampiamente quello del combustibile necessario alla

cottura della calce⁴⁸. Il lavoro era veloce e soprattutto non richiedeva come l'opera quadrata una mano d'opera artigianale specializzata. In particolare l'allettamento dei materiali a strati alterni dentro il "cassone" era un'operazione semplice che poteva essere svolta contemporaneamente da due operai, addetti l'uno al getto della malta, l'altro alla posa dei *caementa*. Il secondo vantaggio era dovuto alla grande flessibilità del materiale da costruzione. Ciò permetteva da una parte di variare la composizione e la tessitura dei *caementa* all'interno dell'edificio; dall'altra di modellare più liberamente i volumi. Le centine lignee consentivano di dare forma a qualunque tipo di volta (cfr. fig. 583 a p. 324). Le coperture potevano adattarsi alle planimetrie più irregolari oppure al contrario condizionare l'intera articolazione del fabbricato.

Differenziando i *caementa*, come si è visto a proposito della sezione del Pantheon, si poteva ottenere un progressivo alleggerimento delle masse murarie dal basso verso l'alto ma anche rinforzare eventualmente in modo adeguato alcune parti della costruzione che erano maggiormente sollecitate, in particolare i pilastri. In conclusione l'opera cementizia consentiva soluzioni strutturali che da sempre caratterizzavano le costruzioni antiche, ma definendole al proprio interno. Gettate di malta uniformi coprivano e legavano i diversi tipi di *caementa* sistemati dentro la stessa scatola muraria; ne risultava una struttura unica, compatta, monolitica che poteva però essere sollecitata in modo diseguale dai carichi gravanti per cui le parti soggette a una maggiore compressione erano rinforzate da scapoli più fitti e di materiale più duro. Spesso anche il paramento esterno nei punti staticamente più difficili viene confezionato con una cura maggiore, ad esempio cementando i mattoni o i blocchetti di pietra con letti di malta più sottili, oppure impiegando materiali più duri rispetto al resto della parete.

⁴⁸ Catone (*De Agricultura*, 14) indica i costi di costruzione di una villa in opera cementizia e di una villa in mattoni crudi, aventi caratteristiche analoghe, in base alla superficie coperta che viene calcolata in tegole. Quella in mattoni crudi costa 1 sesterzio e mezzo per tegola, quella in opera cementizia 2 sesterzi per tegola. E' una differenza non grande se consideriamo i numerosi vantaggi strutturali della seconda tecnica. Non abbiamo dati a riguardo, ma è ovvio che i costi dell'opera cementizia fossero già in quel tempo largamente inferiori rispetto all'opera quadrata.

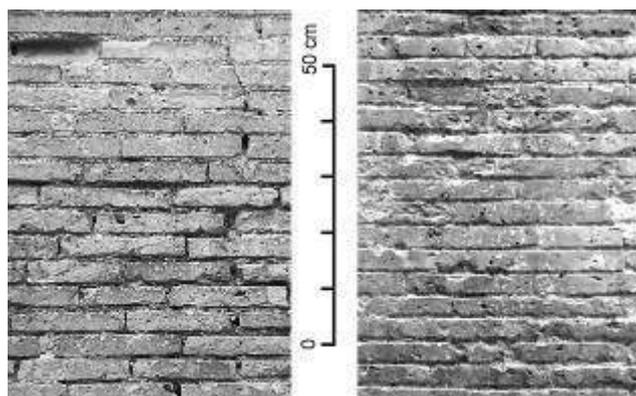


Fig. 432 – Roma. Mercati di Traiano. A sinistra: campione di opera laterizia di una parete ordinaria. A destra: campione di opera laterizia di uno dei pilastri d'imposta della volta a crociera della Grande Aula

Per fare un esempio: nella Grande Aula dei Mercati di Traiano a Roma l'opera laterizia dei pilastri su cui s'imposta la volta a crociera presenta letti di malta notevolmente più sottili rispetto alle altre pareti dell'edificio (mediamente 0,7/1 cm contro 1/1,5 cm) mentre lo spessore dei mattoni è lo stesso, sicché l'altezza di dieci ricorsi di laterizi (modulo) si riduce qui a circa 43 cm contro una media di 47 cm nel resto del monumento. Inoltre i *caementa* del nucleo sono costituiti esclusivamente da frammenti di mattoni allettati su strati orizzontali molto compatti che corrispondono alle assise del paramento, laddove negli altri muri sono utilizzati scapoli tufacei misti a laterizi, disposti in maniera più irregolare e affogati in una più abbondante quantità di malta⁴⁹ (fig. 432).

Se le forze che agivano nel muro erano troppo disomogenee si poteva altrimenti decidere di svincolare le varie parti in modo da assecondare i diversi lavori delle compressioni ed evitare la formazione di lesioni. Una soluzione di quest'ultimo tipo è qualche volta attestata nelle costruzioni romane in opera cementizia. In questi casi i muri che sostenevano le volte venivano costruiti per primi; in una fase di cantiere successiva vi si appoggiavano le pareti situate sotto gli archi di testata della copertura le quali avevano una mera funzione di chiusura dello spazio interno. Un esempio importante è quello della fronte orientale della basilica di Massenzio⁵⁰; la giuntura di cantiere che chiude la navata tra il muro di imposta della

⁴⁹ BIANCHINI 2010 a

⁵⁰ AMICI 2005 b, p. 133, fig. 5.13

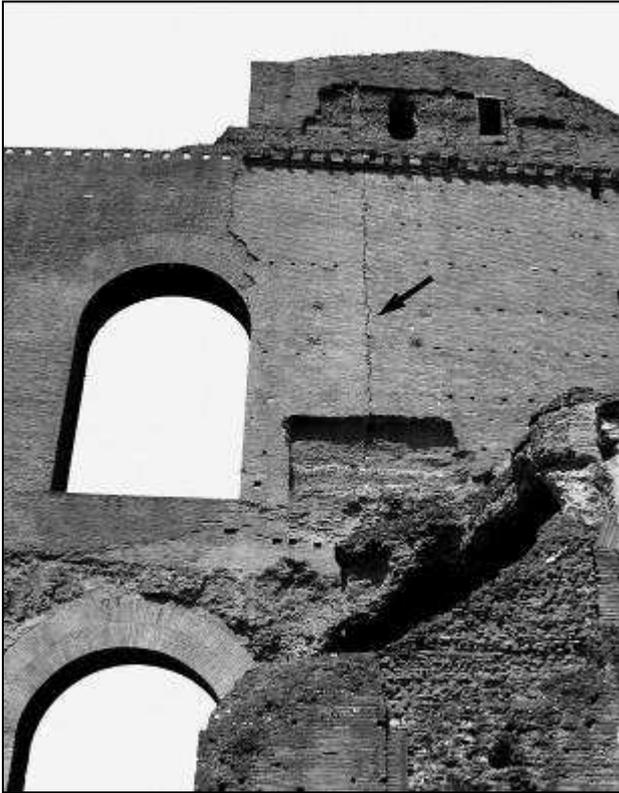


Fig. 433 - Roma. Basilica di Massenzio. Giuntura di cantiere tra il muro d'imposta della volta a botte e la parete finestrata che chiude l'aula centrale (AMICI 2005 b, rielab. dell'autore)

volta e il setto finestrato centrale di minore impegno statico presenta un profilo lievemente irregolare che è determinato dalla disposizione sfalsata dei mattoni del paramento, simile a quello di una vera e propria lesione verticale (fig. 433). Come è stato osservato, la si può definire una "lesione programmata", volutamente collocata tra due settori sottoposti a carichi diversi laddove si sarebbe potuta formare altrimenti una frattura incontrollata durante la fase di essiccamento. Si tratta però di soluzioni abbastanza eccezionali. Nella grande maggioranza dei casi i muri meno sollecitati vengono invece saldamente ancorati a quelli portanti in modo da irrigidire la scatola muraria. È indispensabile soprattutto realizzare un tenace collegamento tra le facciate e i muri divisorii interni, ortogonali a quelle; altrimenti le prime sarebbero facilmente soggette a distacchi, fuori piombo e nel caso di un evento sismico rischierebbero di crollare.

Molto significativo è anche il rapporto tra l'opera cementizia e l'opera quadrata nel quale entrano in gioco problemi di ordine strutturale ma è condizionato anche dalla funzione decorativa che veniva tradizionalmente assegnata alla pietra.

Nell'edilizia domestica, come si è detto, l'opera cementizia arriva presto a soppiantare quasi completamente i grossi blocchi parallelepipedi e i monoliti che venivano inseriti nel muro con una funzione portante, peraltro invisibili dietro il rivestimento di intonaco. Tra il II e il I sec. a.C. i conci posti sulle testate dei muri in opera incerta (fig. 428) vengono progressivamente sostituiti da fasce angolari (**cantionali**) con nucleo in opera cementizia e paramento in elementi lapidei rettangolari di piccolo taglio – o in laterizi – disposti su assise orizzontali, con una tessitura più curata rispetto al resto della cortina. I due diversi paramenti si ammorsano solitamente con denti rettangolari larghi un piede/un piede e mezzo e alti altrettanto, che ripetono lo schema delle catene in conci lapidei delle murature tradizionali (fig. 434).

L'opera cementizia tenderà a sostituire anche i muri interamente in opera quadrata non visibili come le fondazioni lineari continue o i setti interni alle sostruzioni, compresi i podi dei templi.

Negli alzati degli edifici monumentali di epoca repubblicana si usano blocchi di tufo o di calcare tenero che il più delle volte sono intonacati e quindi hanno una funzione solamente strutturale. A partire dalla metà del II sec. a.C. in alcuni templi si introduce il marmo bianco, materiale prestigioso che resta in vista. Nelle costruzioni più lussuose, come il Tempio rotondo del Foro Boario⁵¹ (seconda metà del II sec. a.C.), il marmo è usato non solo nel colonnato esterno ma anche nel muro della cella che

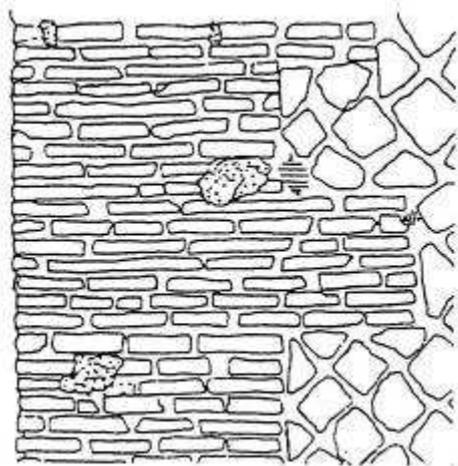


Fig. 434 – Pompei. Tempio dei Lari Pubblici. Ammorsature tra il cantonale in opera laterizia e il paramento in opera quasi-reticolata del resto della parete (MEDRI 2001)

⁵¹ RAKOB – HEILMEYER 1973

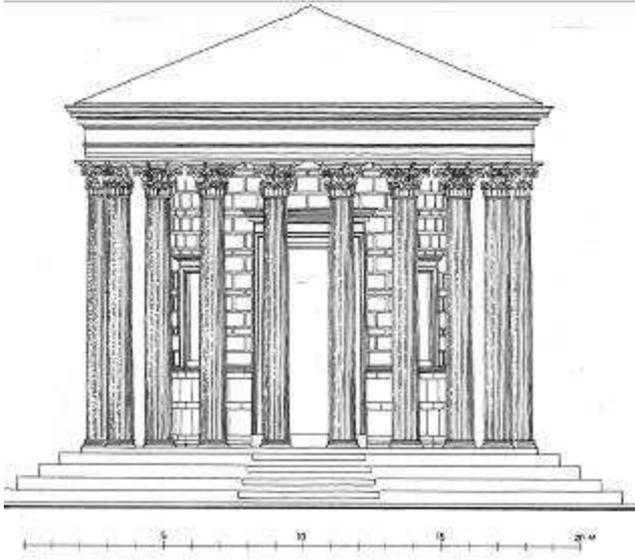


Fig. 435 - Roma. Tempio rotondo del Foro Boario. Prospetto ricostruttivo (RAKOB – HEILMEYER 1973)

è in opera pseudoisodoma a giunti simmetrici secondo i canoni dell'architettura classica (figg. 435, 436). Ma nella maggior parte dei casi l'uso del materiale lapideo si limita alle colonne, alle trabeazioni e alle cornici, che sono le parti più visibili ma anche le più sollecitate, mentre le pareti della cella sono in opera cementizia rivestita d'intonaco o di incrostazioni marmoree. Nel Tempio rotondo dell'acropoli di Tivoli⁵² (fine II sec. a.C), costruito a fianco di un precedente tempio rettangolare pseudoperiptero interamente in opera quadrata, sono realizzati in blocchi di travertino a vista il rivestimento del podio, le colonne e la trabeazione della facciata, il soffitto a lacunari della peristasi, le cornici del portale e della finestra; ma il muro perimetrale della cella è costruito per il resto interamente in conglomerato cementizio con paramento in opera incerta (figg. 437, 438).

In epoca imperiale l'uso dell'*opus caementicium* si generalizza anche nelle pareti dei templi più importanti e diventano comuni le volte a botte in calcestruzzo perforate da lacunari in luogo delle tradizionali coperture lignee o a cassettoni lapidei. I muri con paramento in opera laterizia o in opera mista sono rivestiti da sottili *crustae* di marmi colorati allettate in uno strato di intonaco; l'interno è spesso movimentato da avancorpi a colonne con i blocchi della trabeazione che s'incastrano entro

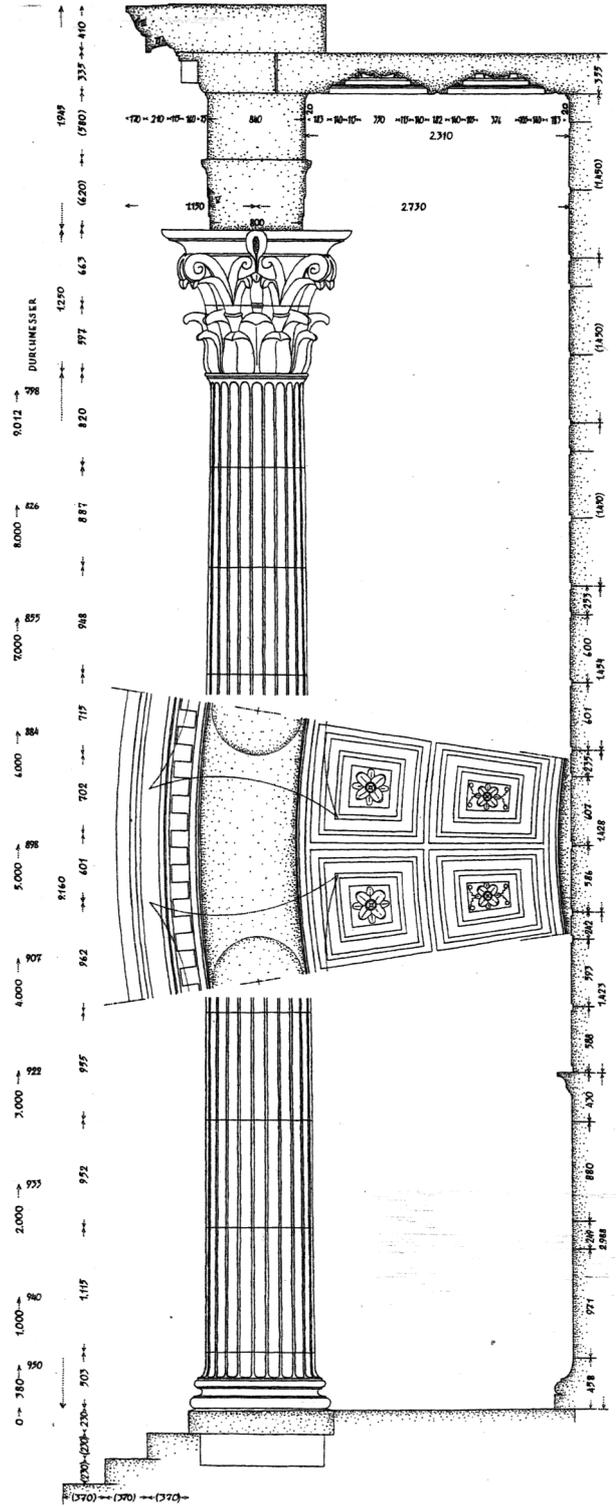


Fig. 436 - Roma. Tempio rotondo del Foro Boario. Sezione trasversale ricostruttiva della peristasi e pianta di un settore del soffitto (RAKOB – HEILMEYER 1973)

⁵² GIULIANI 1970 pp. 132-143

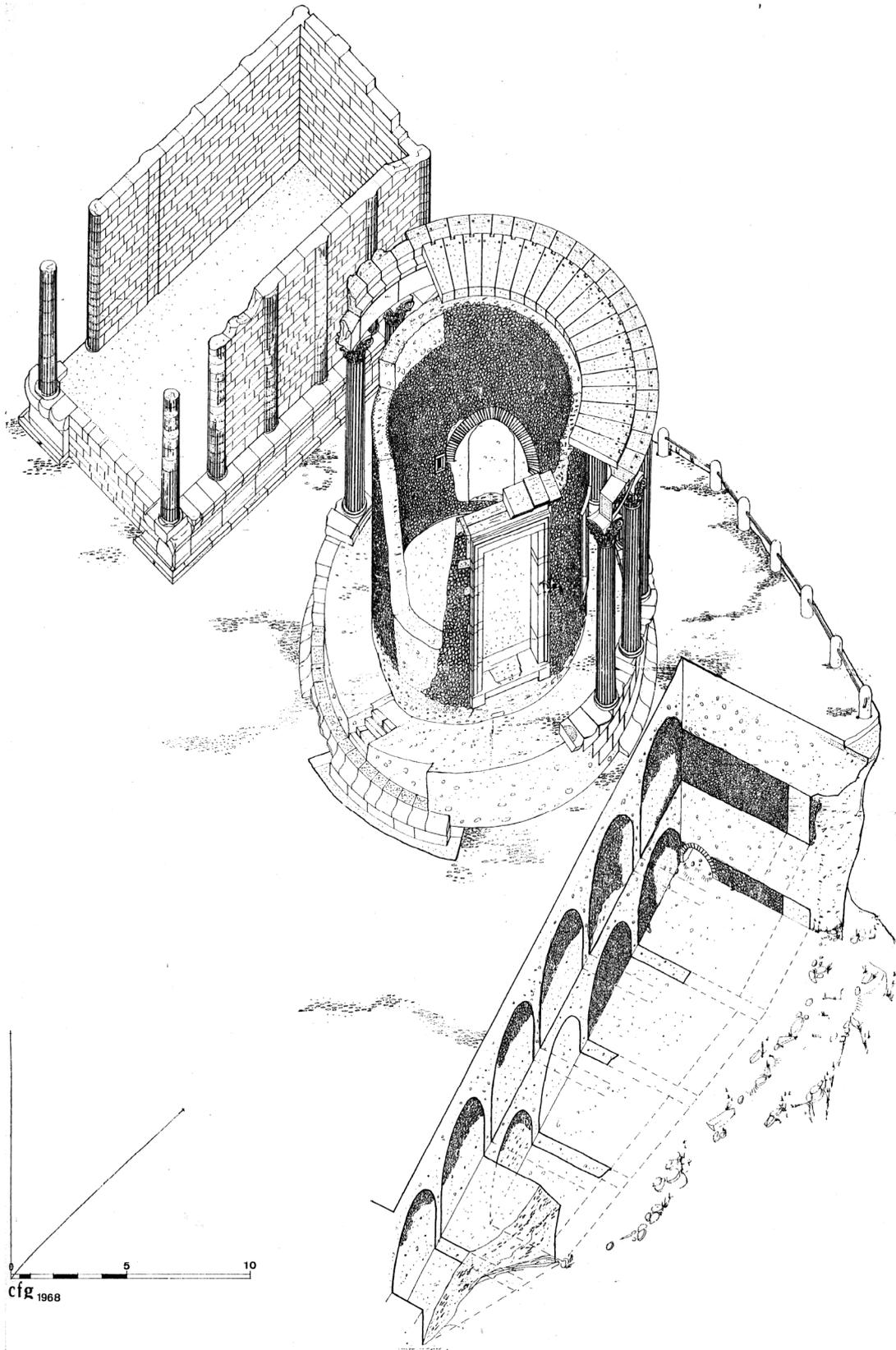


Fig. 437 - Tivoli. Assonometria delle sostruzioni e dei templi dell' acropoli (GIULIANI 1970)

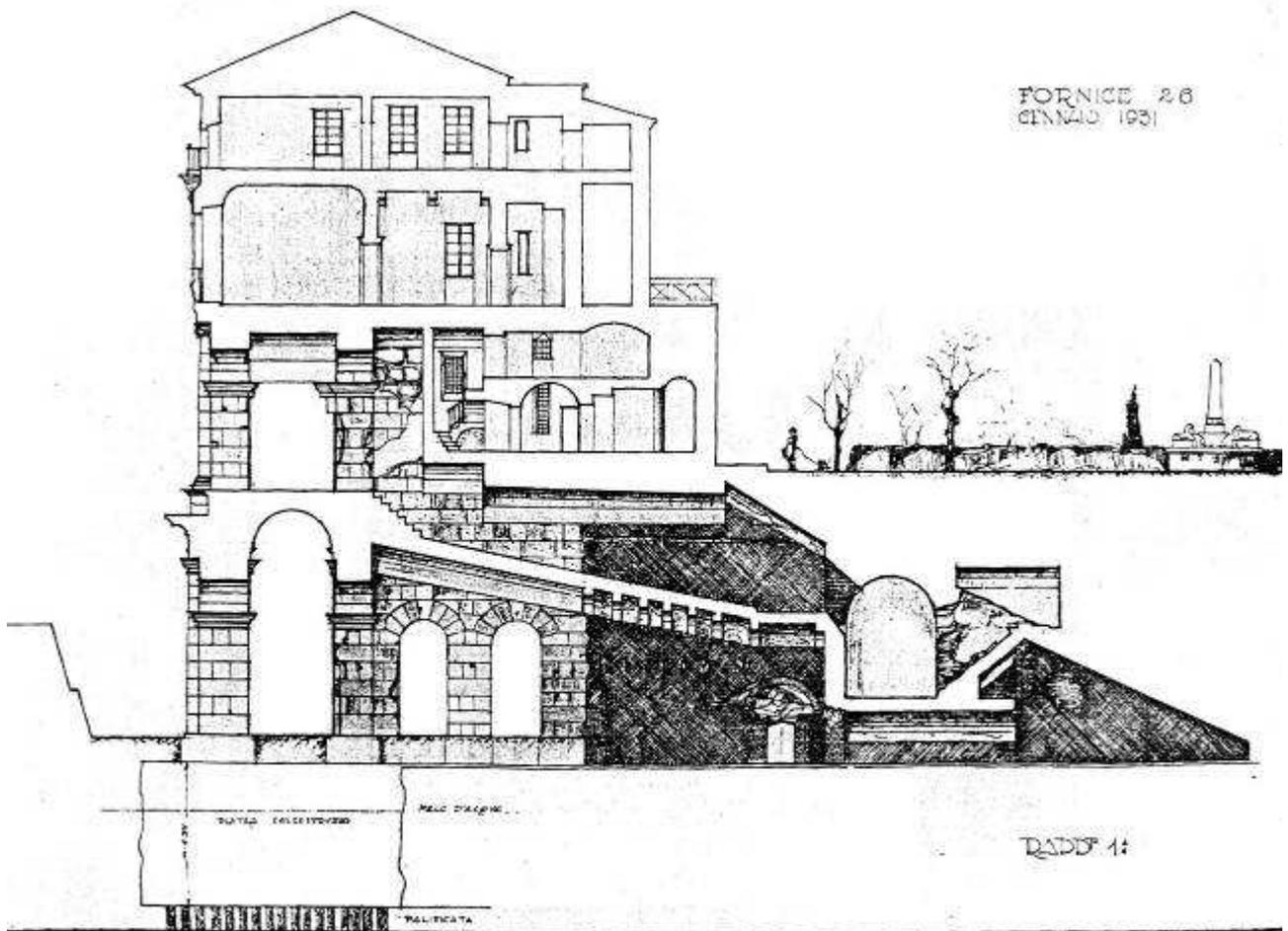
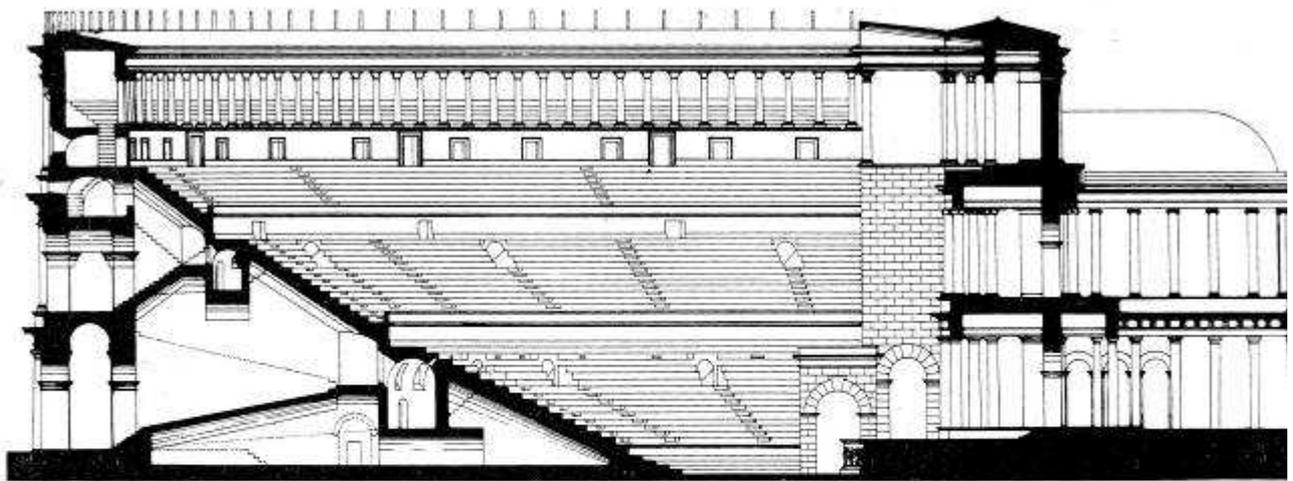


Fig. 441 - Roma. Teatro di Marcello. Sopra: sezione-prospetto ricostruttiva. Sotto: sezione dei resti attuali e del soprastante Palazzo Orsini (FIDENZONI 1970)

carico concentrato molto pesante, soprattutto nelle fondazioni delle colonne e dei pilastri (fig. 301 a p. 184). Nei grandi edifici per spettacoli gli anelli esterni sono realizzati interamente in conci lapidei perché costituiscono la parte più alta del fabbricato, gravata da un maggiore carico verticale ma anche dalle sollecitazioni laterali del complesso sistema di volte interne; l'opera cementizia prevale in corrispondenza dell'*ima* e *media cavea* che sono parti più basse e di minore impegno statico. La sezione del Teatro di Marcello⁵⁴ (seconda metà del I sec. a.C.) è un paradigma: dall'esterno verso l'interno con la progressiva diminuzione dell'altezza dell'edificio sono impiegati materiali via via meno resistenti (fig. 441). La fronte è in opera quadrata di travertino; il semicerchio dietro la facciata è in conci di tufo litoide con gli archi rinforzati da blocchi di travertino nei punti più sollecitati (in chiave e alle reni); sono costruiti in opera quadrata di tufo anche i muri radiali per una profondità verso l'interno di circa 10 m. Tutta la parte interna delle costruzioni, posta sotto la *media* e *ima cavea*, è invece in conglomerato cementizio. I muri radiali hanno un paramento in opera reticolata di tufo, quelli degli ambulacri semicirculari sono in opera laterizia, materiale che è più resistente del primo e trova anche in questo caso una ragione statica. Sulla serie di muri radiali si impostano volte a botte di uguali dimensioni che si contrastano reciprocamente trovandosi in perfetto equilibrio; alle pareti dei corridoi semianulari che stanno sotto le *precinctiones* compete una più impegnativa funzione di contropinta dei settori più alti della cavea; le volte a botte sono inoltre gravate dal peso dei *baltea* e delle prime file di sedili retrostanti.

L'Anfiteatro Flavio (72 - 80 d.C.) è invece costituito da un vero e proprio scheletro portante in pilastri di travertino collegati alla sommità da grossi archi di mattoni bipedali o in conci di travertino⁵⁵ (fig. 442). I piloni formano sette anelli concentrici e il loro ingombro aumenta progressivamente verso l'esterno in proporzione alla maggiore altezza dell'edificio. Quelli degli anelli interni (dal terzo al sesto) sono collegati da setti radiali – in opera quadrata di tufo al pian terreno, in più leggero calcestruzzo con paramento in mattoni (opera laterizia) nel secondo ordine – i quali sono completamente svincolati dai pilastri e costituiscono

pertanto una mera tamponatura. Sui piloni lapidei e gli archi a mattoni del telaio s'impostano le volte in opera cementizia, inclinate e a botte, che sostengono la cavea (fig. 443). L'alta facciata è in opera quadra-

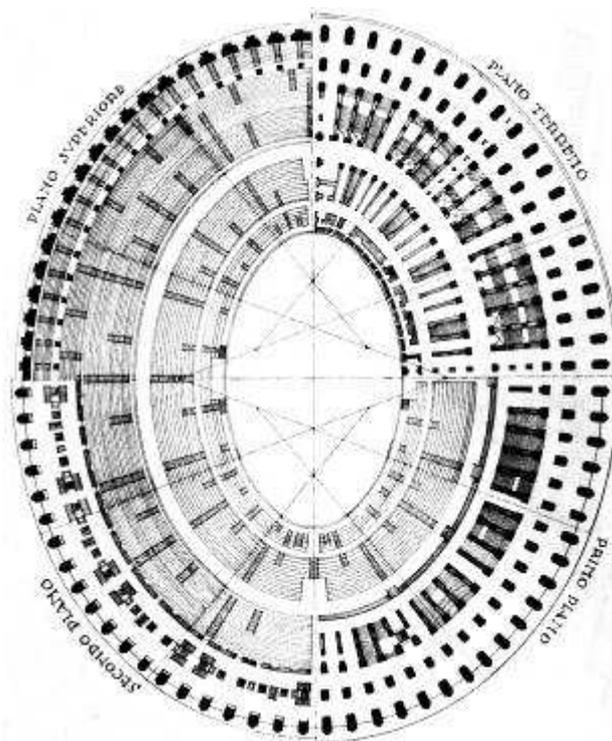


Fig. 442 - Roma. Anfiteatro Flavio. Pianta dell'edificio divisa in quattro settori corrispondenti a quattro diversi livelli. È indicata in nero la distribuzione delle strutture portanti in travertino (COZZO 1971)

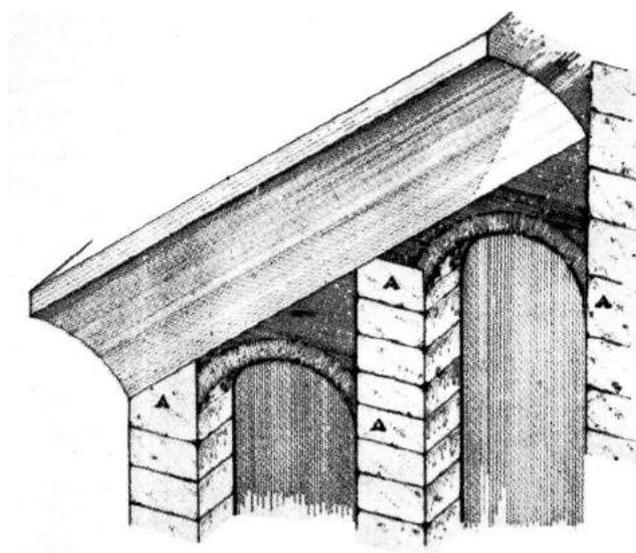


Fig. 443 - Roma. Anfiteatro Flavio. Schema delle pilastrate sorreggenti la volta della cavea (COZZO 1971)

⁵⁴ FIDENZONI 1970 p. 51

⁵⁵ COZZO 1971, pp. 34-44; REA - BESTE - LANCASTER 2002, pp. 365-374



Fig. 444 - Capua (S. Maria Capua Vetere). Anfiteatro Campano. Particolare degli ambienti radiali al piano terreno (SPINA 1997)

ta di travertino (fig. 368 a p. 215), mentre le costruzioni dei due settori inferiori della cavea fanno a meno dell'ingabbiatura litica e sono quindi interamente in opera laterizia. Nell'Anfiteatro Campano di Capua⁵⁶ (fine I sec. – inizio II sec. d.C.), che è il più grande edificio di questo genere in Italia dopo il Colosseo, i pilastri e le arcate dei tre anelli esterni sono in conci di calcare bianco, ma il resto della struttura qui è interamente in opera laterizia. Il carico delle volte a botte degli ambulacri ellittici e degli ambienti radiali si distribuisce uniformemente su tutti i muri, i quali presentano un nucleo cementizio molto resistente e di ottima fattura, costituito da frammenti laterizi fittamente disposti su letti orizzontali che corrispondono ai ricorsi dei mattoni del paramento (fig. 444). Una parte dei muri sono costituiti interamente da questo tipo di calcestruzzo; in altre pareti esso costituisce un robusto involucro, con uno spessore di almeno trenta centimetri, che racchiude un nucleo in opera cementizia con scapoli di tufo.

⁵⁶ SPINA 1997; GIULIANI 2001

La grande architettura in opera cementizia di epoca imperiale saprà affrancarsi totalmente dai rinforzi lapidei inseriti negli elevati. La diffusione delle cupole e delle volte composte e l'adozione degli archi di scarico nelle murature porteranno alla moltiplicazione di strutture a telaio, che saranno realizzate interamente in calcestruzzo. Le arcate e gli spigoli delle volte si impostano su piloni o sulle teste dei muri divisorii degli ambienti adiacenti, mentre gli spazi intermedi restano aperti oppure sono tamponati da diaframmi murari di scarso impegno statico. Nelle costruzioni in calcestruzzo la maggiore resistenza delle strutture sottoposte a un forte carico si realizza non solo utilizzando *caementa* più duri e in strati più fitti, ma anche aumentando lo spessore della massa muraria. Piloni e muri portanti su cui si impostano le volte sono notevolmente più grossi delle pareti che hanno una mera funzione di chiusura dello spazio interno. Negli edifici a più livelli tutti i muri sono inoltre progressivamente più sottili da un piano all'altro, con scarti di almeno 15 cm (fig. 544 a p. 306); eventualmente si ha anche una graduale diminuzione del peso specifico grazie all'uso di materiali più leggeri.

Una delle più grandiose strutture a pilastri portanti interamente in opera cementizia è la rotonda del Pantheon⁵⁷ (figg. 445-448). Il muro perimetrale, che all'esterno ostenta una superficie curvilinea continua, è in realtà costituito da otto enormi piloni lunghi ca. 9 m, spessi 6,30 m, alti quasi 30 m, assimilabili a delle torri, i quali sono perforati al loro interno da tre ordini di concamere voltate che consentono un risparmio di muratura senza indebolirne la funzione statica; essi si alternano ad ampi vuoti corrispondenti al portale d'ingresso e a sette nicchie alternativamente semicircolari e rettangolari (fig. 446). La parete di fondo di quest'ultime, che si lega alla muratura delle parti piene adiacenti, ha uno spessore di appena 1,70 m. ca. Tutto il carico della copertura è convogliato sugli otto pilastri da due file sovrapposte di archi di scarico in mattoni, situati rispettivamente in corrispondenza del secondo ordine interno e nella parte inferiore della cupola (fig. 448). Le colonne marmoree delle nicchie svolgono una funzione portante del tutto secondaria; esse servono a sostenere la trabeazione e i setti murari dei vani del secondo ordine, ma sono completamente risparmiate

⁵⁷ FINE LICHT 1968

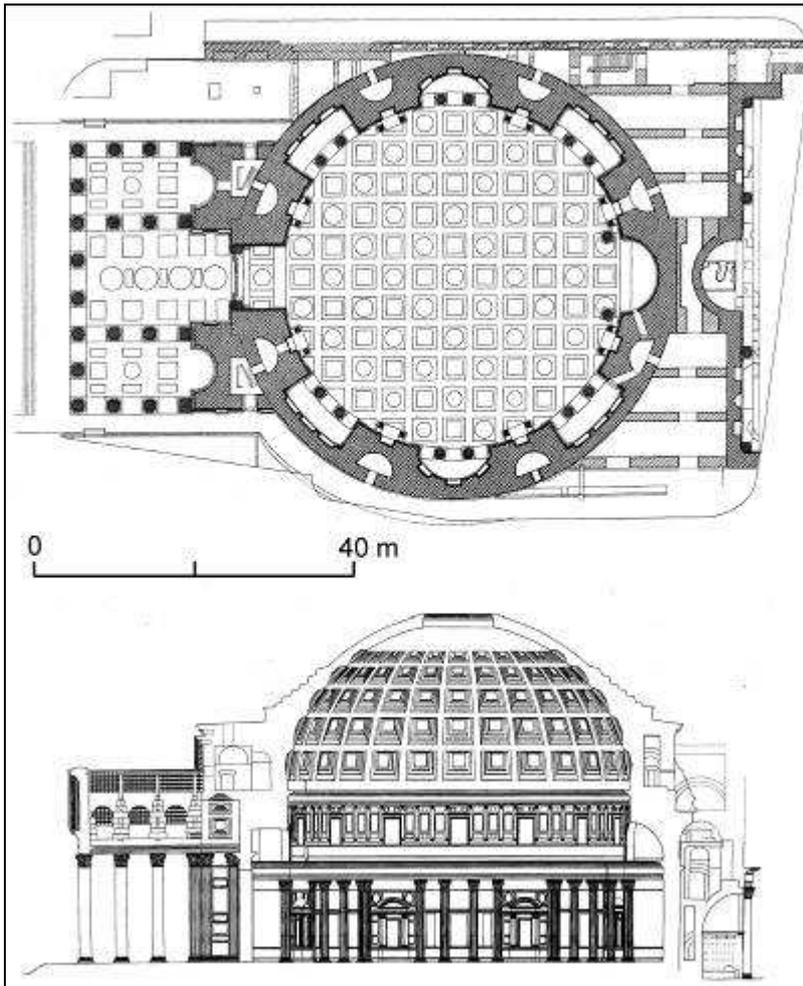


Fig. 445 – Roma. Pantheon. Pianta e sezione longitudinale (FINE LICHT 1968)

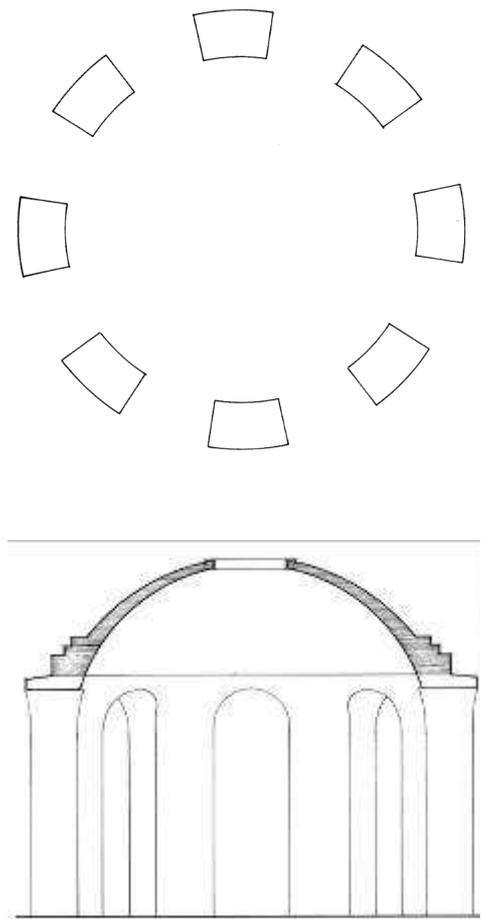


Fig. 446 – Schema della struttura portante del Pantheon (PELLICCIONI 1984)

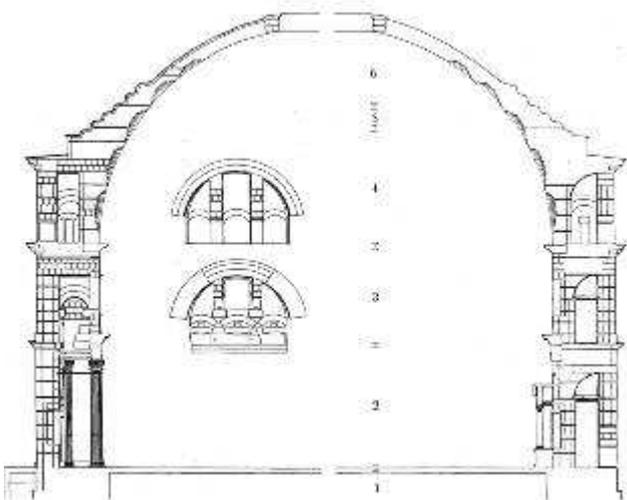


Fig. 447 - Roma. Pantheon. Sezione trasversale (a sinistra su una nicchia, a destra su un pilastro con relative concamere) e schema degli archi di scarico (FINE LICHT 1968)

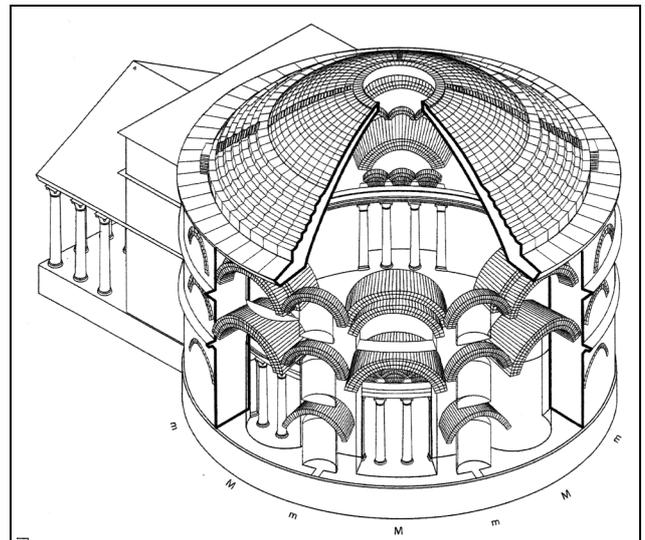


Fig. 448 - Disegno assometrico che mostra l'organizzazione degli archi di scarico nel muro perimetrale del Pantheon. "M" indica gli archi maggiori che collegano i pilastri; "m" indica gli archi minori situati dentro i pilastri (LANCASTER 2005)

dal peso della copertura grazie agli archi di scarico soprastanti (fig. 448).

La rivoluzione architettonica dell'opera cementizia iniziata con la "Porticus Aemilia", edificio che parte da schemi molto tradizionali anche se è già parzialmente innovativo rispetto ai modelli precedenti, troverà il suo punto di arrivo in queste grandi strutture a telaio in calcestruzzo di epoca imperiale. Le soluzioni adottate nel Pantheon si tramanderanno in forme più snelle nelle rotonde tardo-antiche e bizantine (fig. 560 a p. 313). Tra gli organismi a pianta rettangolare una delle più importanti eredità saranno le basiliche romaniche con arcate e volte a crociera impostate su potenti pilastri a mattoni che consentono una fruizione totale e multidirezionale dello spazio costruito.

Capitolo III

Le cortine lapidee

1) L'opera incerta

I muri in opera cementizia, come si è detto, hanno origine da quelli in pietrame di piccolo taglio che erano largamente diffusi sia nel Lazio che in Campania a partire dall'età arcaica. La sostituzione delle malte di terra con la calce è un processo graduale che si attua forse nel corso di un secolo. I materiali del muro verranno saldamente cementati da un legante molto più tenace, ma le dimensioni e la dislocazione delle pietre risponderanno agli stessi criteri di prima senza sostanziali cambiamenti. Fra i materiali a disposizione si sceglieranno, come era sempre stato fatto, gli elementi più levigati o di forma più regolare da mettere in facciata, assemblandoli con maggior cura rispetto al nucleo e accostandoli il più possibile. Cortine di questo tipo presentano infinite varianti che dipendono dalla grandezza, dalla forma e dalla durezza delle pietre utilizzate. Per cui ad esempio ciottoli di forma allungata o lastre ricavate da formazioni rocciose di tipo scistoso tenderanno a disporsi su ricorsi approssimativamente orizzontali, mentre sassi di altezze variabili verranno collocati l'uno sull'altro in maniera più disordinata cercando le superfici di

contatto. Le pietre più dure vengono messe in opera così come sono, quelle tenere possono essere invece sommariamente sbazzate per adattare a quelle vicine. La maggiore forza coesiva della calce rispetto alle tradizionali malte di terra rende possibile semmai una maggiore "disinvoltura" nel confezionamento delle cortine. Sicché ad esempio a Pompei i muri in opera incerta del II sec. a.C. si caratterizzano per la disposizione molto irregolare degli scapoli lapidei con larghi interstizi riempiti da un'abbondante quantità di malta, mentre invece nelle murature a telaio di età sannitica i blocchetti tendevano a una maggiore regolarità, anche con piani di posa orizzontali e la ricerca di frequenti superfici di contatto tra le pietre, a garanzia di una maggiore stabilità del muro (figg 427, 428 a p. 250).

Le murature con paramenti in blocchetti lapidei di forma irregolare prendono il nome di **opera incerta** (*opus incertum*) sulla base della definizione



Fig. 449 - Alba Fucens. Parete in opera incerta



Fig. 450 - Roma. "Porticus Aemilia". Particolare di una parete in opera incerta (LUGLI 1957)

data da Vitruvio⁵⁸ per questa “*structura*” in cui “gli scapoli giacciono l’uno sull’altro e sono legati fra loro disordinatamente”. Questo sistema costruttivo, che Vitruvio designa “*antiquum*” a differenza del “*reticulatum*” che è usato al suo tempo, caratterizza tutta l’edilizia del II sec. a.C. e perdurerà nei primi decenni del secolo successivo dove verrà poi gradualmente sostituito dall’opera reticolata. Le costruzioni del II sec. a.C. in particolar modo mostrano un quadro molto eterogeneo che è condizionato anche dalla natura del materiale utilizzato. A Cosa, come a Pompei e ad Alba Fucens (fig. 449) le cortine appaiono in linea generale confezionate in maniera abbastanza rozza con scapoli di forma e dimensioni assai variabili cementati da abbondante malta. Tra le pareti della “*Porticus Aemilia*”, a Roma, si riscontrano diversità di esecuzione che fanno pensare all’intervento di varie maestranze, come è logico per un edificio di tali dimensioni. Complessivamente l’opera incerta appare confezionata con cura, gli scapoli di forma trapezoidale o poligonale sono ben combacianti e hanno facce lisce (fig. 450). La regolarità del lavoro è dovuta alle dimensioni e all’importanza dell’edificio ma è merito anche del materiale tufaceo utilizzato che si presta a essere tagliato con facilità. Aspetti più o meno simili si ritrovano nei paramenti in blocchetti di tufo di edifici romani del II sec. a.C. come una sostruzione ad archi del *Clivus Capitolinus*, datata al 174 a.C.⁵⁹, e la *Porticus Metelli* (147 a.C.)⁶⁰.

L’opera incerta di migliore fattura caratterizza alcuni grandi cantieri laziali a partire dagli ultimi decenni del II sec. a.C., come il santuario della Fortuna Primigenia a Palestrina⁶¹, il tempio di Giove Anxur a Terracina⁶² (fig. 510 a p. 292), il tempio di Apollo *ad clivum Fundanum* presso Itri⁶³, il santuario di Ercole Vincitore a Tivoli⁶⁴ (fig.

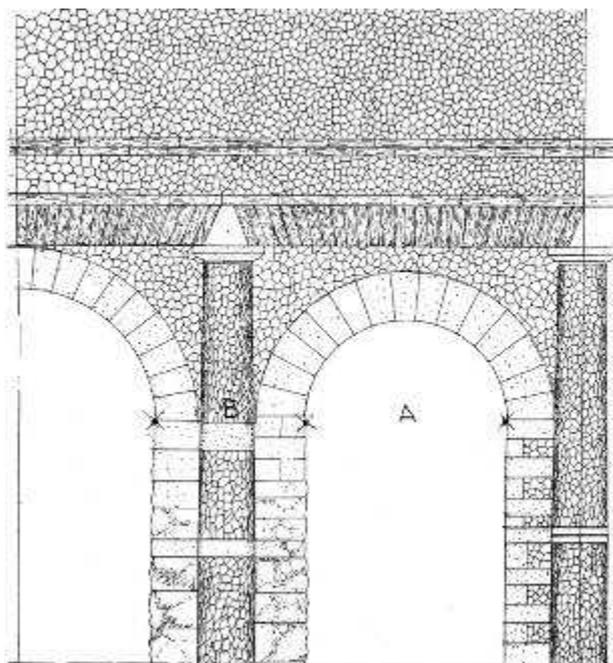


Fig. 451 - Tivoli. Santuario di Ercole Vincitore. Prospetto del portico inferiore dell’area sacra (FASOLO – GULLINI 1956)

451), le mura di Cori⁶⁵ e di Fondi⁶⁶. Si è acquisita la capacità di tagliare in modo accurato anche la dura pietra calcarea. Se ne ricavano scapoli di forma irregolare ma di dimensioni omogenee, levigati in facciavista i quali vengono fittamente accostati, in molti casi con un vero e proprio lavoro a intarsio. Le pietre assumono una forma conoide in modo da ammorsarsi più saldamente con il nucleo. Molti muri presentano dei piani di posa che erano realizzati a intervalli regolari mettendo a filo i blocchetti del paramento; servivano a ridare una orizzontalità alla costruzione e segnano delle pause nel lavoro che corrispondono ai diversi piani delle impalcature, delle quali restano visibili in molti casi i fori da ponte. Nelle sostruzioni i piani di posa potevano dare luogo a delle lievi riseghe che determinavano una progressiva rastremazione del muro (fig. 452).

Gli angoli e le teste dei muri, nei primi tempi, erano rinforzati da grossi conci di pietra (fig. 453, fig. 428 a p. 250). Ad Alba Fucens in particolare è un sistema ricorrente⁶⁷. In seguito verranno utilizzati blocchetti parallelepipedi (opera vittata) (fig. 454), oppure laterizi, che si ammorsano all’opera incerta

⁵⁸ VITR. (II, 8, 1): “Ci sono due generi di murature: la reticolata, che ora tutti usano, e quella antica che è detta incerta”.

⁵⁹ LUGLI 1957, II, tav. CVIII n. 4

⁶⁰ LAUTER 1980-81; BIANCHINI 2008 b, par. 3, fig. 1

⁶¹ FASOLO – GULLINI 1956. La datazione alla metà del II sec. a.C. proposta dai due autori è stata in seguito confutata da A. Degrassi il quale, in base all’esame della documentazione epigrafica, l’ha fissata alla fine del II sec. a.C. (DEGRASSI 1969)

⁶² LUGLI 1926, pp. 166-178; QUILICI 2004, pp. 109-113. Cfr. anche QUILICI 2005 dove si ribadisce la tradizionale identificazione dell’edificio con il tempio di Giove Anxur.

⁶³ QUILICI 2003

⁶⁴ GIULIANI 2004

⁶⁵ BRANDIZZI VITTUCCI 1968, pp. 31-58; PALOMBI 2000

⁶⁶ QUILICI – QUILICI GIGLI 2007

⁶⁷ MERTENS J. 1969

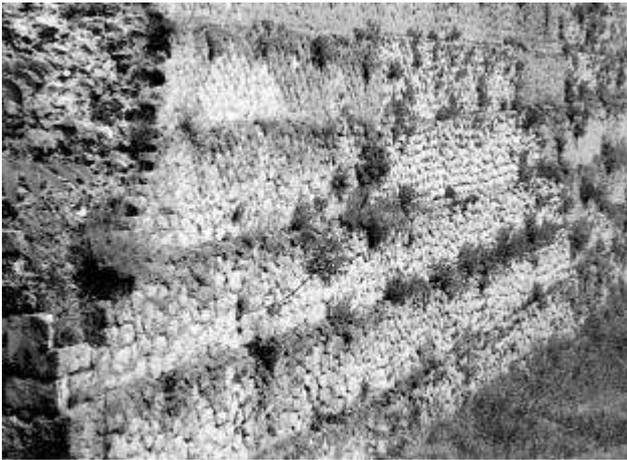


Fig. 452 - Sulmona. Santuario di Ercole Curino. Muro di sostruzione a risalti con paramento in incerto e in quasi reticolato



Fig. 453 - Alba Fucens. Muri in opera incerta con conci angolari di rinforzo

con denti squadrati. L'uso di elementi di forma rettangolare si rendeva indispensabile per chiudere gli spigoli laddove i piccoli scapoli dal profilo irregolare risultavano poco stabili e rischiavano di fuoriuscire dal muro. Conci cuneiformi più o meno grandi vengono adoperati per gli archi e le piattabande (figg. 451, 510). Nel santuario di Palestrina e nel tempio di "Giove Anxur" a Terracina i piani di imposta delle volte sono marcati da cornici modanate in blocchi di pietra (fig. 509 a p. 292). Nel santuario di Ercole Vincitore a Tivoli la decorazione architettonica in rilievo viene invece modellata con l'opera cementizia e i suoi materiali di rivestimento, conformemente a un nuovo uso che avrà grande fortuna nell'architettura romana di epoca imperiale (fig. 451).

A Roma a partire dall'inizio del I sec. a.C. l'opera incerta comincia a essere gradualmente soppiantata dall'opera reticolata. Il sistema

tradizionale resiste più a lungo nei territori laziali situati su montagne calcaree dove la roccia è meno facilmente lavorabile in forme geometriche; perdura inoltre in alcune ville rustiche e in vari edifici di città provinciali, generalmente in associazione con l'opera laterizia (fig. 455). Rispetto ai nuovi tipi di cortine che si stanno affermando l'opera incerta è una tecnica relativamente economica e più sbriga-

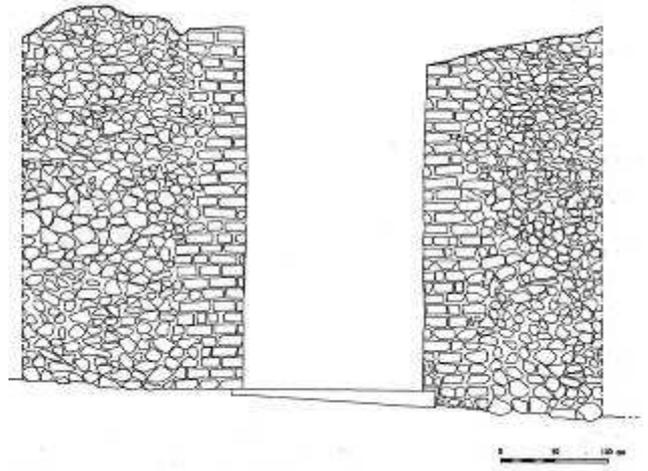


Fig. 454 - Pompei. Insula VII. Fase 3 (I sec. a.C.). *Domus* meridionale. Ingresso. Facciata nord. Prospetto esterno del paramento in opera incerta e cantonali in opera vittata (AMOROSO 2007)

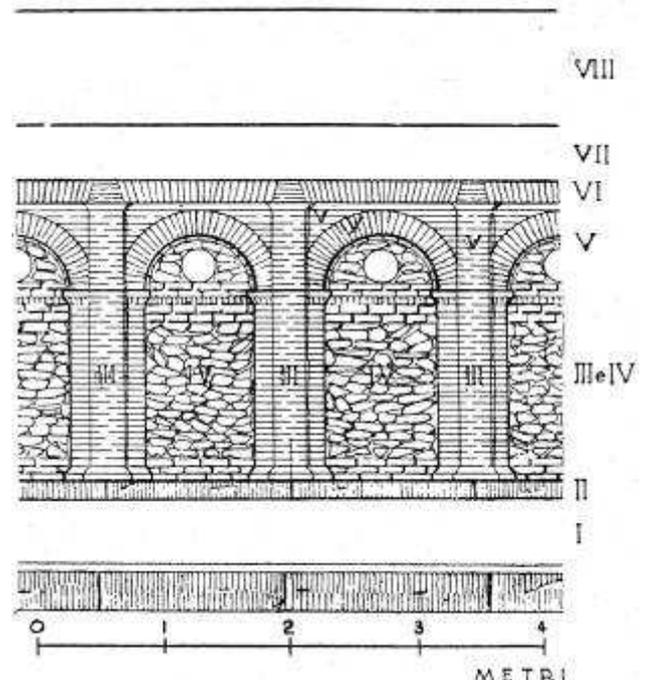


Fig. 455 - Roma. Villa dei Centroni. Muro di sostruzione a lato della *natatio* con struttura portante in opera laterizia e tamponatura delle arcate in opera incerta. In numeri romani è indicata la progressione delle fasi di lavoro (COZZA 1952)



Fig. 456 - Teatro di Aosta. Particolare della muratura in opera quadrata e in opera incerta

tiva, anche se ugualmente solida, alla quale si fa ricorso ancora in epoca imperiale per alcuni edifici utilitari di grandi dimensioni come quelli per spettacoli e spesso in associazione con altri materiali come l'opera quadrata o l'opera laterizia (teatro di Aosta⁶⁸, teatro di Verona⁶⁹, teatro e anfiteatro di Catania⁷⁰, gran parte degli edifici monumentali di Merida⁷¹) (fig. 456). Perdura in aree provinciali poste in prossimità di giacimenti di ciottoli fluviali, come ad esempio nella valle del Tanaro nel Piemonte sud-orientale⁷². Caratterizza inoltre gran parte dei lavori di ricostruzione a Pompei, in seguito al terremoto del 62 d.C., dove i blocchetti di forma irregolare vengono ricavati dalle macerie degli edifici preesistenti e sono frequentemente associati ad ammorsature e fasce orizzontali in mattoni.

In alcune murature, che sono chiaramente influenzate dai procedimenti di costruzione per piani orizzontali dell'opera laterizia e dell'opera vittata, vengono utilizzati blocchetti lapidei di forma allungata, spesso anche ciottoli di fiume, i quali si dispongono su filari paralleli separati da abbondanti letti di malta. In molti casi la si può definire una versione trascurata dell'opera vittata. Muri in opera

cementizia con paramenti di pietre di forma irregolare e delle più svariate dimensioni saranno comunissimi sia nel medioevo che in epoca moderna.

2) L'opera reticolata

Il termine **opera reticolata** (*opus reticulatum*) definisce un tipo di paramento, che si afferma nel corso del I sec. a.C., costituito da blocchetti lapidei di forma piramidale – detti *cubilia* o *tesserae* – con i vertici che penetrano in profondità nel nucleo e le basi quadrate in facciavista disposte su allineamenti obliqui. Il passaggio dall'opera incerta all'opera reticolata avviene in modo graduale, quasi spontaneamente. In alcuni cantieri si comincia a sagomare il lato a vista degli scapoli in forma quadrangolare invece che poligonale e a disporre tali elementi su file inclinate che risultano ad andamento sinusoidale poiché i singoli pezzi hanno ancora contorni e dimensioni lievemente diverse (**opera quasi-reticolata**) (fig. 457). In seguito si attua una standardizzazione del procedimento di lavoro che porta a una produzione di blocchetti lapidei di dimensioni uniformi i quali possono essere collocati nel muro più rapidamente, senza doversi preoccupare di cercare volta per volta gli accostamenti più adatti come si faceva prima (fig. 458). Trattandosi di elementi a base quadrata di piccole dimensioni, con lato generalmente compreso tra i 5 e i 10 cm, la collocazione in diagonale serve a evitare allineamenti di giunti sulla stessa verticale che darebbero luogo a lesioni. Ciò nonostante Vitruvio⁷³ ritiene che sia più solida l'opera incerta; l'opera reticolata, che è più bella, sarebbe invece soggetta a fratturarsi perché i *cubilia*, che non sono disposti disordinatamente come gli scapoli dell'altro tipo di cortina, non hanno una forte legatura. La diffidenza di Vitruvio non trova però conferma nella osservazione dei resti antichi che si sono conservati i quali appaiono anzi ben coesi soprattutto grazie alla forma allungata delle *tesserae* piramidali che si legano in profondità con il conglomerato del nucleo. Plinio, a proposito della "*reticulata structura*", scrive che la muratura deve essere fabbricata con la livella e la squadra e deve corrispondere con la perpendicolare⁷⁴. Si intende che gli spigoli dei *cubilia* debbono disporsi su assi verticali per cui di

⁶⁸ BAROCELLI 1948, pp. 167-173

⁶⁹ VERZÁR BASS 1990

⁷⁰ BACCI 1980-81; SPOSITO 2003

⁷¹ DURAN CABELLO 1991-92

⁷² PREACCO 2007, p. 23

⁷³ VITR. II, 8, 1

⁷⁴ PLIN., NH, XXXVI, 172

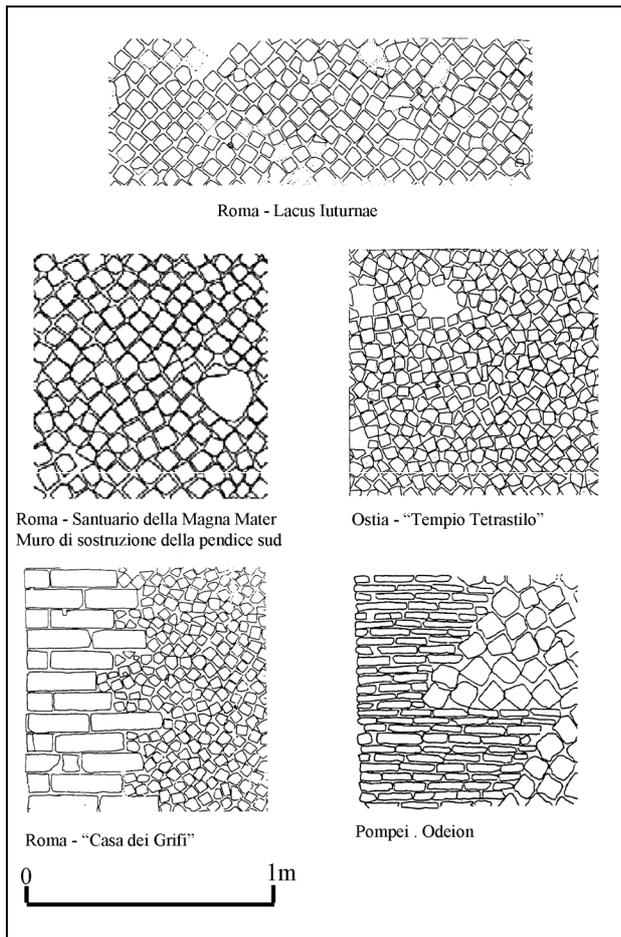


Fig. 457 - Campioni di opera quasi-reticolata (il campione della Magna Mater è in D'ALESSIO 2009, gli altri sono in MEDRI 2001)

conseguenza i lati dovranno allinearsi a 45 gradi, che è quanto effettivamente si riscontra nelle costruzioni migliori. Per ottenere questo risultato si utilizzava probabilmente l'archipendolo che era una squadra a forma di triangolo rettangolo con i cateti di uguale lunghezza (cfr. p. 221, fig. 384). Sull'angolo retto era fissato un filo a piombo il quale incrociava l'ipotenusa; se veniva calato esattamente al centro di questa i due cateti si trovavano a 45 gradi rispetto alla verticale. Le diagonali durante la costruzione del muro venivano forse materializzate con dei cordini. Le *tesserae* collocate lungo i margini della parete, o a fianco di un paramento diverso ad assise orizzontali (*opus vittatum*, opera laterizia), erano tagliati a triangolo sulla diagonale.

Più comunemente le *tesserae* sono realizzate in tufo litoide, materiale che si presta a essere squadra-

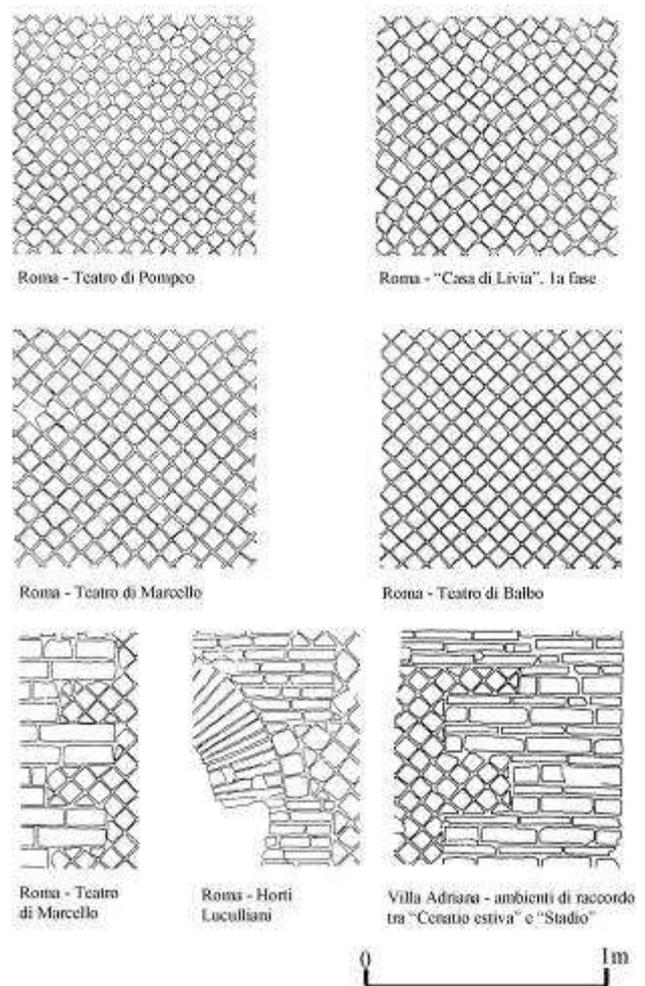


Fig. 458 - Campioni di opera reticolata (MEDRI 2001)

to con facilità. In alcune aree vengono lavorati comunque materiali locali più duri come il calcare, la lava leucitica o il travertino. Qualche volta sono stati confezionati dei paramenti policromi utilizzando *cubilia* di vari materiali e con tonalità differenti, alternandoli a formare un semplice disegno a scacchiera, ma anche componendo figure e schemi modulari più complessi come si può vedere in particolare sui muri esterni di alcune *tabernae* pompeiane (fig. 460). E' probabile che il più delle volte queste composizioni avessero una funzione decorativa e quindi restassero in vista, come sembra il caso di diversi muri che non conservano tracce di intonaco, ad esempio a Pompei ma anche nei terrazzamenti di alcune ville⁷⁵. Negli interni dovevano invece essere intonacate, come è il caso ad esempio dei muri delle celle dei tre tempie

⁷⁵ LUGLI 1957, II, tav. CXLVI



Fig. 459 – Chieti. Tempio del Foro, in opera reticolata con *tesserae* di pietra calcarea e laterizi

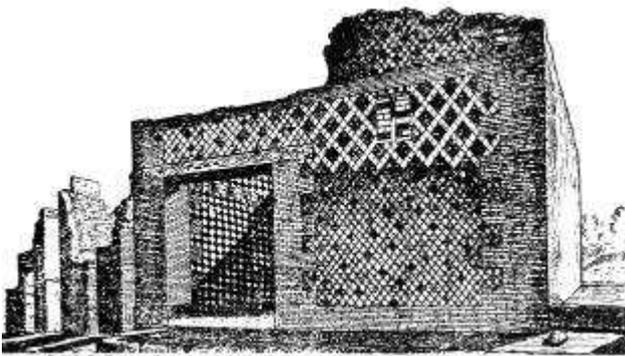


Fig. 460 - Pompei, VIII, 2, 31. Prospetto di una *taberna* in opera reticolata policroma (MAIURI 1942)

del Foro di Chieti (fig. 459) e del *Capitolium* di Terracina⁷⁶, dove si conservano tracce di intonaco e si notano anche diverse imperfezioni nella muratura. In entrambi i casi i *cubilia* formano un disegno a scacchiera a due colori. A Terracina sono in calcare bianco e in tufo lionato. A Chieti, dove le pareti sono in opera mista di *reticulatum* e laterizio, le due

⁷⁶ LUGLI 1926 pp. 83-85; fig. 27

diverse tonalità sono ottenute alternando blocchetti di pietra calcarea con *tesserae* eccezionalmente realizzate in terracotta, ricavate forse dal taglio di mattoni più spessi del normale (7,5 cm) fabbricati appositamente. *Tesserae* bicrome sono attestate anche nelle specchiature in *reticulatum*, separate da fasce di opera laterizia, del teatro di Chieti⁷⁷; in questo caso la disposizione dei due diversi tipi è senza ordine e le pareti erano sicuramente intonacate.

L'opera quasi-reticolata comincia a vedersi a Roma tra la fine del II e gli inizi del I sec. a.C. nel bacino del *lacus Iuturnae*⁷⁸, nella "Casa dei Grifi"⁷⁹, nella *domus* repubblicana sotto la casa di Augusto⁸⁰, nelle sostruzioni del santuario della Magna Mater⁸¹ (fig. 457). Nella stessa epoca è attestata nel "Tempio Tetrastilo" e nei "Quattro Tempietti" a Ostia. A Pompei la si ritrova in alcuni edifici realizzati dopo

⁷⁷ ANNIBALDI 1942

⁷⁸ STEINBY 1989, STEINBY 1996

⁷⁹ MORRICONE MATINI 1971, p.13

⁸⁰ MORRICONE MATINI 1967, pp. 43-44

⁸¹ D'ALESSIO 2009

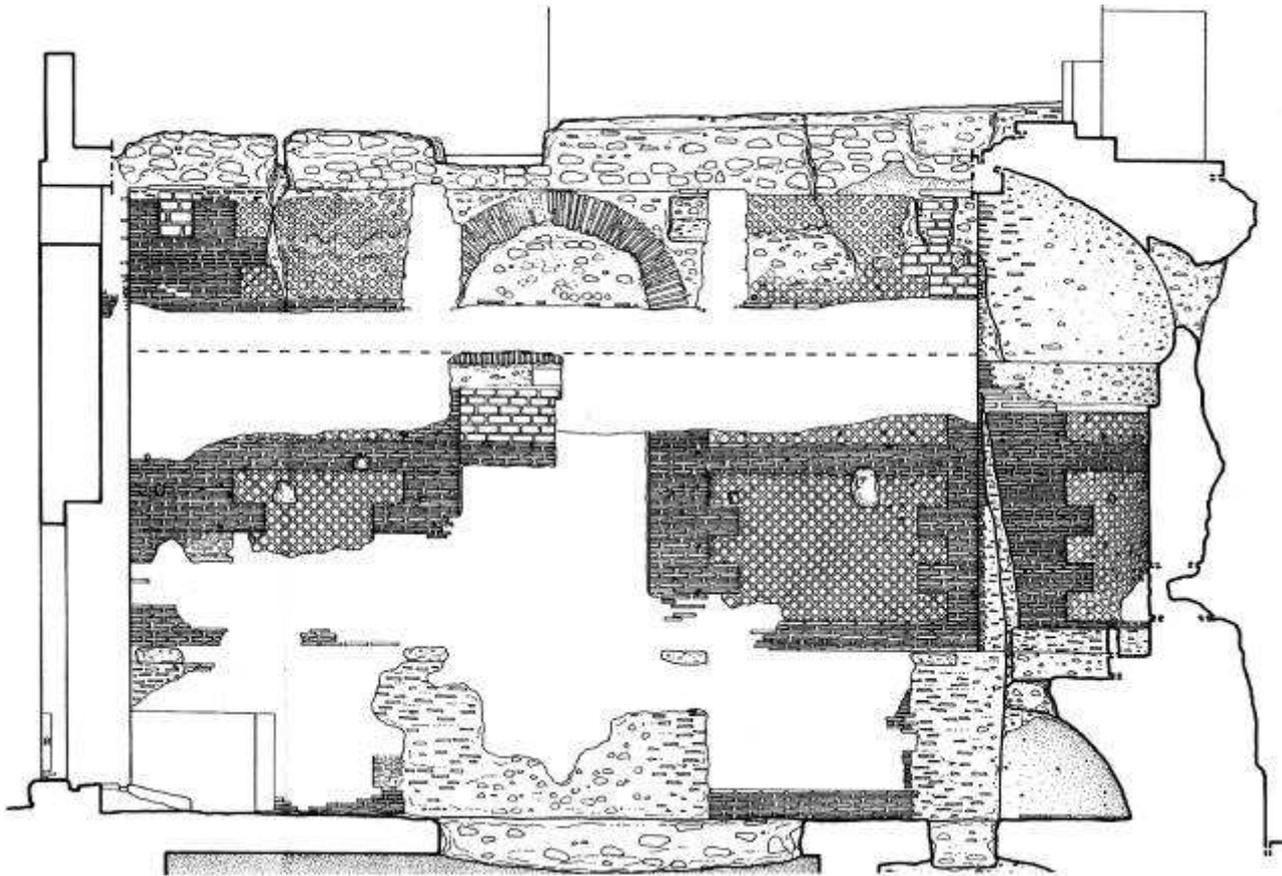


Fig. 461 – Cuma. Tempio della Masseria del Gigante (età flavia). Sezione longitudinale della cella. Resti della struttura originaria in *opus mixtum* fra ampie risarciture di epoca moderna (in bianco) (CORAGGIO 2007, rilievo M. Bianchini, R. Di Re, A. Pollio)

la fondazione della colonia sillana (80 a.C.) come il “Tempio dei Lari Pubblici”⁸², l’Odeion⁸³, le Terme del Foro⁸⁴, l’Anfiteatro⁸⁵. A Roma il primo edificio noto in cui si trova impiegato il vero e proprio *opus reticulatum* è il Teatro di Pompeo (55 a.C.), dove gli allineamenti dei *cubilia* non sono però ancora perfettamente regolari. La maggiore accuratezza si registra a partire dall’età augustea (fig. 458). Questa tecnica caratterizzerà l’edilizia di età tardo repubblicana e augustea a Roma, Ostia, in Campania, in numerosi centri laziali e del Sannio. È invece scarsamente attestata nel resto dell’Italia – in molte aree è addirittura del tutto assente – sia nelle colonie greche che nelle province settentrionali. Nel resto dell’impero si hanno sporadiche attestazioni in varie regioni intorno al Mediterraneo, in Spagna, Gallia, Grecia, Anatolia, Palestina, e soprattutto in

Africa, relative in genere ad edifici di una certa rilevanza architettonica, forse di committenza pubblica, legata al potere centrale romano come è stato ipotizzato⁸⁶. A Cesarea si hanno almeno una decina di esempi, tutti del I sec. d.C., che comprendono anche colombari e ville extraurbane, quindi almeno in questo ambito connessi anche a una committenza privata.

L’opera quasi-reticolata non è necessariamente una fase anteriore al *reticulatum*; paramenti di questo tipo si continuano a vedere ancora in epoca imperiale anche in connessione con l’opera laterizia; è un modo di costruire più trascurato adottato talvolta su grandi superfici come basamenti e criptoportici di ville suburbane, mura di città (*Aeclanum*⁸⁷, Sepino⁸⁸, Telesia⁸⁹), anfiteatri (Cassino⁹⁰). Dipende

⁸² RICHARDSON 1977

⁸³ MUROLO 1959

⁸⁴ ESCHEBACH 1991

⁸⁵ SPANO 1953; WELCH 2007 pp. 74-78

⁸⁶ MEDRI 2001; v. anche SPANU 1996

⁸⁷ COLONNA 1960

⁸⁸ FERRERATO 1982

⁸⁹ QUILICI 1966

⁹⁰ TANZILLI 2004

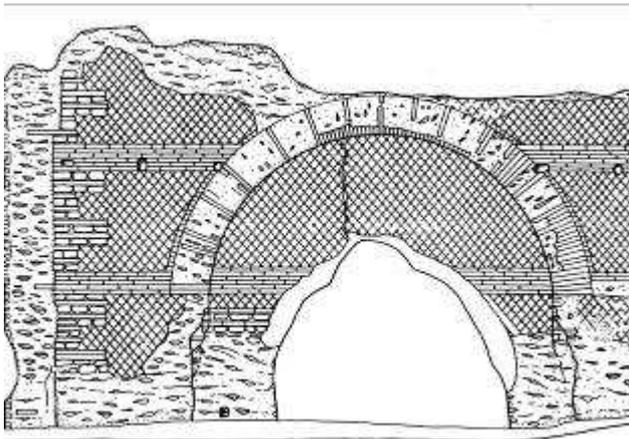


Fig. 462 - Roma. Villa delle Vignacce. Parete in opera mista con specchiature in reticolato, ghiera degli archi e fasce orizzontali in laterizi, cantonali in blocchetti di tufo e laterizi. Età adrianea (rilievo M. Bianchini, R. Di Re – Studio Tau)

anche dal materiale a disposizione. Le pietre più dure, come il calcare, erano più difficili da tagliare in forme perfettamente regolari.

Fino all'età augustea gli angoli sono costituiti prevalentemente da blocchetti di pietra rettangolari (*opera vittata*) che si legano al *reticulatum* con le consuete ammorsature a dente; le ghiera degli archi sono in piccoli conci lapidei cuneiformi. Non mancano tuttavia già in quest'epoca esempi di archi e ammorsature in laterizi, alcune delle quali "a vela", forma forse ritenuta più adatta ad assecondare l'orditura obliqua dei *cubilia* (fig. 457); in seguito si generalizzano le ammorsature a denti rettangolari (figg. 458, 461). Sotto Tiberio inizia la grande produzione di mattoni e la maggior parte delle pareti sono realizzate interamente in opera laterizia. Il *reticulatum* continua a essere usato nel I e II sec. d.C., ma sempre in associazione con i laterizi. Si parla in questo caso di **opera mista** (*opus mixtum*). I mattoni vengono usati agli angoli, come già si faceva con l'opera vittata, dove tendono a occupare uno spazio maggiore a scapito delle specchiature in opera reticolata. Le pareti vengono inoltre scandite da uno o più fasce orizzontali di mattoni, più spesso alte un piede, che sono vere e proprie catene di rinforzo e di assestamento del muro. I mattoni sono inoltre sempre usati negli archi e nelle piattabande (figg. 461, 462). I muri in *opus mixtum* presentano pertanto una vera e propria conformazione a telaio dove le parti rinforzate dall'opera laterizia corrispondono a quelle più sollecitate.

L'opera mista in *reticulatum* e laterizi trova la sua maggiore diffusione in età adrianea; ma alla fine del secolo la tecnica dell'opera reticolata tramonterà definitivamente. Gli ultimi esempi noti (*Castra Albana*⁹¹) sono stati datati all'età di Settimio Severo. L'*opus reticulatum* è l'unico tipo di paramento adottato nelle costruzioni romane che non si tramanderà all'edilizia medievale e moderna.

3) L'opera vittata

Le cortine in blocchetti di pietra di forma rettangolare a ricorsi orizzontali prendono il nome di **opera vittata** (*opus vittatum*), termine che deriva dal latino *vitta* che significa benda o fascia (fig. 463). È una definizione assegnata dagli archeologi moderni, che non trova riscontro nella letteratura antica. In alternativa si usa anche la denominazione di **opera a blocchetti**. Il termine **opera listata** viene impiegato preferibilmente quando le assise in blocchetti lapidei si alternano a uno o più filari di mattoni (altrimenti "*opus vittatum* misto di pietra e laterizio") (fig. 464).



Fig. 463 - Roma. Villa dei Quintili. Muratura in opera vittata della *basis villae* (PARIS 2000)



Fig. 464 - Roma. Villa dei Quintili. Particolare della muratura in opera vittata mista del c.d. Teatro Marittimo (PARIS 2000)

⁹¹ TORTORICI 1975

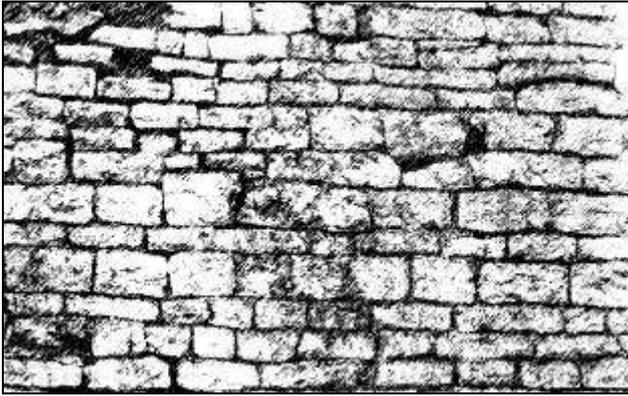


Fig. 465 – Assisi. Particolare della cortina in opera vittata del teatro (LUGLI 1957, rielab. dell'autore)

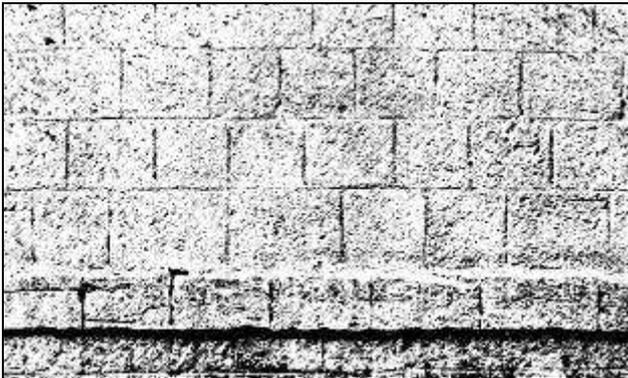


Fig. 466 – Spello. Particolare della cortina in opera vittata delle mura (LUGLI 1957, rielab. dell'autore)

Paramenti di questo tipo, ricavati da un lavoro di taglio della pietra, si trovano già in alcuni muri a tessitura litica anteriori all'opera cementizia, ma la grande diffusione avviene soprattutto a partire dal I sec. a.C. in sostituzione dell'opera incerta e *a latere* dell'opera reticolata. Fino all'età augustea i blocchetti rettangolari sono utilizzati comunemente nelle catene angolari delle pareti in *opus reticulatum* (fig. 458), con altezze spesso pari alla diagonale dei *cubilia* in modo da potersi allineare. Non mancano sia in Campania che nel Lazio vari esempi di strutture costruite interamente in opera vittata, come i basamenti di varie ville o l'edificio di Eumachia⁹² a Pompei di età augustea. L'opera vittata si afferma però soprattutto nelle regioni dove si costruiva con l'opera cementizia, ma non si faceva uso dei paramenti in opera reticolata, quindi in gran parte delle province occidentali, compresa tutta l'Italia centro-settentrionale⁹³. In Africa è frequentemente utilizzata nelle tamponature dei muri a tessitura litica.

⁹² SPANO 1961; KOCKEL 2005

⁹³ MAGGI 1996

Mentre l'opera reticolata era una tecnica molto particolare che richiedeva maestranze specializzate, la collocazione dei blocchetti su filari orizzontali era un procedimento sicuramente più semplice e spontaneo. Le cortine risultavano tuttavia collegate al nucleo in maniera meno salda perché le pietre, per quanto sagomate lievemente a cuneo verso l'interno, erano in genere messe in opera solo per lungo formando una lastra superficiale di spessore omogeneo.

Le murature di questo tipo mostrano aspetti molti diversi per quanto riguarda la qualità del lavoro. Le più rozze, che confinano con l'opera incerta, sono composte da pietre sommariamente squadrate e allineate. Di regola nello stesso filare si mettono blocchetti di altezza più o meno uguale e si evitano riseghe. Più frequentemente i blocchetti hanno altezze comprese tra 8 e 15 cm e lunghezze tra 12 e 25 cm. In molti muri, come ad esempio nei teatri di Gubbio⁹⁴ (seconda metà del I sec. a.C) e di Assisi⁹⁵ (forse del I sec. d.C.), si hanno ricorsi di altezze diverse con larghi interstizi e con un andamento ondulato dovuto a lievi differenze di altezza tra le pietre (fig. 465). All'opposto si hanno cortine di ottima fattura con pietre squadrate perfettamente combacianti, di cui un bellissimo esempio in Italia sono le mura di Spello⁹⁶ (fig. 466), della prima età augustea, e l'anfiteatro di Padova⁹⁷; ci sono paramenti addirittura di tipo "isodomo" con filari di uguale altezza e giunti simmetrici, come quello dell'acquedotto da Gorze a Metz⁹⁸ in Francia della fine del I sec. d.C., dove i blocchetti appaiono peraltro saldamente collegati al nucleo grazie alla notevole profondità e ad alla pronunciata rastremazione. La differenza tra questo tipo di paramenti e l'opera quadrata, la quale come si è visto veniva utilizzata come cortina dell'opera cementizia in numerosi edifici monumentali, è solamente dimensionale.

A Mileto, Efeso, Pergamo e in altri centri dell'Asia Minore molti edifici monumentali del I-II sec. d.C. presentano un nucleo in opera cementizia con un rivestimento in blocchetti lapidei rettangolari più o meno ben squadrate spesso associati a conci lapidei più grandi, questi ultimi collocati soprattutto

⁹⁴ SEAR 2004

⁹⁵ LUGLI 1957, II, tav. CXCI, fig. 3;

⁹⁶ BAIOLINI 2002, pp. 72-90

⁹⁷ TOSI 1987, pp. 170-175

⁹⁸ HEIN 1990; LEFEBVRE 1997 con un particolare dell'opera vittata alla fig. 14

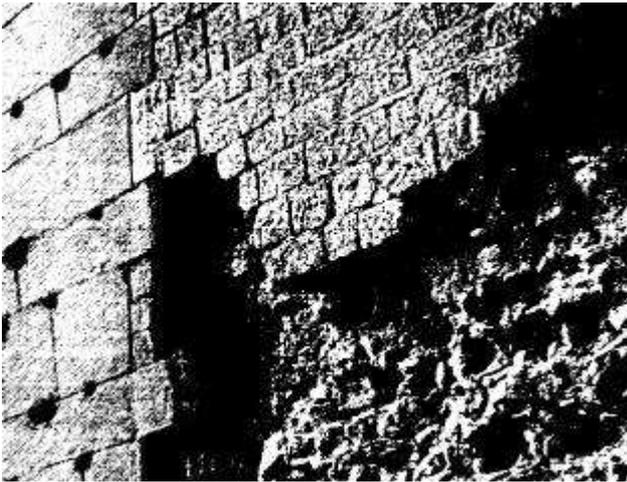


Fig. 467 - Pergamo. Muratura dell'Anfiteatro. II sec. d.C. (WARD PERKINS 1958)



Fig. 468 - Pergamo. Asklepieion. Metà del II sec. d.C. (WARD PERKINS 1958)

agli angoli⁹⁹ (figg. 467, 468). Si può parlare quindi di muri in opera vittata con cantonali in opera quadrata. Il calcestruzzo è molto meno compatto rispetto a quello delle costruzioni romane a causa della cattiva qualità delle malte e si trovano frequenti vuoti tra i materiali causati dal ritiro della calce in fase di essiccamento. La quantità delle pietre rispetto alla malta è molto elevata. Gli scapoli, di varia forma e dimensione, sono messi in opera su ricorsi orizzontali insieme ai corrispondenti filari del paramento posti allo stesso livello, prima dei filari soprastanti. Le cortine sono ben cementate ma non sono solidali con il nucleo.

In epoca imperiale diventa comune sia in Occidente che nel mondo greco l'associazione con l'opera laterizia (**opera vittata mista**). Molte murature di questo tipo seguono gli stessi schemi delle pareti in *opus mixtum* di reticolato e laterizio,

⁹⁹ WARD PERKINS 1958, pp. 82-83, tavv. 24-28.

per cui ampie specchiature comprendenti numerosi filari di blocchetti di tufo si alternano a poche fasce di opera laterizia alte mediamente un piede e si ammorsano lateralmente con catene verticali di mattoni (ad esempio nel teatro di Trieste, del I-II sec. d.C.)¹⁰⁰ (fig. 469). Parallelamente si afferma un tipo di muratura, che diventerà prevalente in epoca tardo-antica, con fasce alternate di pietre e mattoni composte da una o poche assise e senza cantonali (figg. 470, 471). L'opera vittata mista si impone precocemente in ambiente provinciale. A Roma e dintorni, dove nel I-II sec. d.C. domina l'opera laterizia eventualmente in associazione con il reticolato, il *vittatum mixtum* si comincia a vedere, salvo qualche rara eccezione di epoca precedente (villa dei Centroni vicino *Bovillae*¹⁰¹), a partire dal-

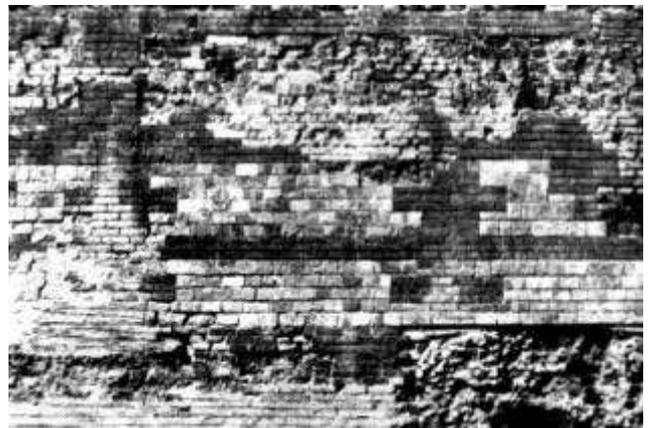


Fig. 469 - Trieste. Teatro. Particolare del muro esterno. I-II sec. d.C. (LUGLI 1957)

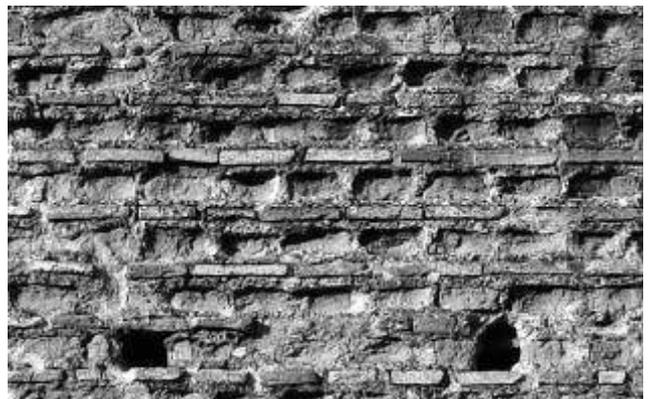


Fig. 470 - Roma. Mausoleo di Romolo. Muratura in opera vittata mista. Inizio IV sec. d.C.

¹⁰⁰ VERZÁR BASS 1991

¹⁰¹ Nella Villa dei Centroni insieme ai laterizi si trovano paramenti sia in opera incerta sia in blocchetti regolarmente squadrate. Cfr. COZZA 1952; DE ROSSI 1979, pp. 70-96; DE FRANCESCHINI 2005, pp. 163-166. Il recente articolo di DI MATTEO 2002 è dedicato alle fonti storiche e al territorio.

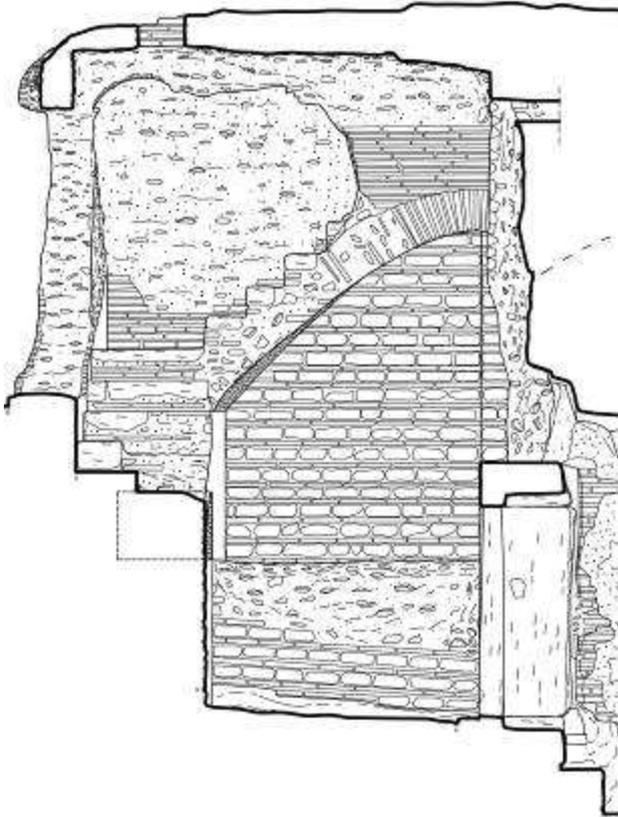


Fig. 471 - Roma. Necropoli di via Basiliana. Mausoleo in opera vittata mista (seconda metà del II sec. – inizio III sec. d.C.). Sezione dell'anticamera con i resti della scala per il piano superiore (rilievo M. Bianchini; sulla necropoli e il mausoleo cfr. BUCCELLATO 2006)

l'età adrianea e prevalentemente in ville e sepolcri del Suburbio (tra i primi esempi la "Roccabruna" di Villa Adriana)¹⁰². Questa tecnica, nella versione a fasce alternate, fa il suo ingresso definitivo nell'edilizia ufficiale sotto Massenzio nel 306-312 (Circo di Massenzio¹⁰³ e mausoleo di Romolo sulla via Appia, restauri alle Mura Aureliane¹⁰⁴) e caratterizzerà la maggior parte dell'edilizia monumentale tardoantica e altomedievale, non solo a Roma ma anche nelle nuove capitali imperiali, come a Treviri (Terme di Costantino¹⁰⁵) (fig. 472) e soprattutto a Costantinopoli (fig. 473). La sua fortuna a partire dal IV sec. è dovuta anche alla crisi della produzione laterizia per cui si economizza sui mattoni, che sono in gran parte di

spoglio, alternandoli a un materiale meno costoso e ovunque facilmente reperibile. Gli elementi lapidei del paramento, non di rado tagliati da elementi architettonici di reimpiego, sono in genere sommariamente sbazzati e cementati da letti di malta molto abbondanti. I laterizi sono utilizzati sempre nelle ghiera degli archi, talvolta alternandosi con i cunei lapidei. Negli edifici romani tardoantichi e altomedievali i paramenti sono quasi sempre composti da uno o due filari di mattoni alternati a uno o due filari di tufelli (figg. 470, 471). A Costantinopoli e nell'area balcanica le fasce dei due materiali, soprattutto quelle lapidee, sono in genere molto più alte (fig. 473). La concezione della struttura muraria resta quella tipica del mondo greco-orientale dei primi secoli dell'Impero: le cortine non legano con il nucleo, ma formano un cassone rigido che al suo interno è riempito da pietrame e calce di cattiva qualità mista a terra.



Fig. 472 - Treviri. Terme di Costantino. Veduta esterna



Fig. 473 - Costantinopoli. Veduta dell'antemurale antistante la Porta d'Oro, 405-413

¹⁰² LUGLI 1940

¹⁰³ PISANI SARTORIO 2001

¹⁰⁴ MANCINI R. 2002; MANCINI R. 2008

¹⁰⁵ REUSCH 1971

Capitolo IV

Le cortine laterizie

1) Tegole e mattoni

Il termine **opera laterizia** identifica propriamente tutte le cortine confezionate con questo materiale, quindi sia frammenti di tegole che mattoni (figg. 474, 475). L'equivalente denominazione in latino, utilizzata dalla letteratura archeologica moderna, è *opus testaceum*, in base al testo di Vitruvio che definisce “*structura testacea*” e “*lorica testacea*” questo tipo di muratura che al suo tempo era composta da tegole spezzate¹⁰⁶. La parola *lateres* anticamente era invece associata ai mattoni crudi.

Trattando dell'architettura in mattoni si è visto che a partire dal IV a.C. alcune città dell'Italia centro-settentrionale si erano dotate di cinte fortificate realizzate interamente in mattoni cotti, assemblati secondo i sistemi tradizionali, con giunti alternati e riempiendo l'intero spessore del muro (cfr. p. 85 e fig. 130). Erano mattoni veri e propri, cotti in fornace, rettangolari o quadrati, di forma e dimensioni analoghe ai più diffusi mattoni crudi. È un tipo di produzione che resta abbastanza eccezionale e circoscritto ad alcuni contesti geografici. Fino all'età augustea la fabbricazione dei laterizi è limitata quasi esclusivamente alle tegole; si tratta in ogni caso di un'industria tutt'altro che trascurabile se consideriamo che quasi tutti i tetti degli edifici erano rivestiti da questi elementi. A partire soprattutto dal I sec. a.C. le tegole cominciano a essere utilizzate nelle cortine dei muri in opera cementizia. Quelle destinate alle pareti venivano private delle alette e ridotte in pezzi più piccoli con una profondità analoga ai blocchetti lapidei; se i tagli erano trasversali risultavano di forma lievemente trapezoidale, se erano spezzate in diagonale si ottenevano dei triangoli; il lato più lungo veniva messo in facciata. La forma triangolare consentiva un legame più saldo con il nucleo.

I laterizi rispetto ai blocchetti lapidei, soprattutto quelli di tufo che erano utilizzati a Roma e in Campania, presentavano alcuni fondamentali vantaggi: una migliore capacità di sopportare



Fig. 474 – Alba Fucens. Particolare di un muro in opera laterizia

l'umidità e gli sbalzi di temperatura e una superiore resistenza allo schiacciamento. Quest'ultima dipendeva non solo dalla durezza del materiale ma anche dalla forma piatta e liscia dei laterizi i quali si prestavano a essere disposti su letti orizzontali uniformi con giunti molto sottili formando una massa compatta. Pertanto nei primi tempi essi furono destinati essenzialmente alle cortine degli ipocausti degli edifici termali dove si sviluppava un calore molto forte, agli ambienti ipogei o semipogei soggetti a una forte umidità oppure erano impiegati negli archi, nelle piattabande, nelle fasce angolari ed orizzontali di rinforzo delle cortine in opera incerta, reticolata o vittata (figg. 434, p. 254; 457, p. 266). Talvolta il conglomerato cementizio del nucleo situato in corrispondenza era confezionato con frammenti dello stesso materiale. Vitruvio, che scrive in un'epoca in cui l'opera laterizia viene ancora impiegata in questi modi, suggerisce di costruire alla sommità della facciata, sotto le tegole del tetto, una “*structura testacea*” alta un piede e mezzo comprendente il cornicione e il gocciolatoio, che serve a proteggere la sottostante muratura in mattoni crudi dalle infiltrazioni d'acqua¹⁰⁷. In sostanza è ancora la stessa funzione di impermeabilizzazione che veniva assegnata ai mattoni cotti nell'architettura mesopotamica.

A Roma i primi esempi noti di pareti con cortine interamente di laterizi si datano con sicurezza a partire dalla metà del primo secolo a.C., fra questi il corridoio e la camera sepolcrale della Tomba di

¹⁰⁶ VITR. II, 8, 18. Sul tema cfr. LUGLI 1957, pp. 529-533.

¹⁰⁷ VITR. II, 8, 18.



Fig. 475 - Roma. Muri in opera laterizia della *Domus Augustana* sul Palatino. La parte superiore è di restauro

Cecilia Metella¹⁰⁸ sulla via Appia, il recinto del sepolcro di Aulo Irzio sotto il palazzo della Cancelleria¹⁰⁹, gli ambulacri interni del Teatro di Marcello¹¹⁰. Sotto Tiberio l'opera laterizia diviene finalmente il paramento esclusivo delle pareti nella maggior parte degli edifici romani in calcestruzzo. I *Castra Praetoria*¹¹¹ e la *Domus Tiberiana*¹¹² sul Palatino sono i primi grandi monumenti romani realizzati con questa tecnica. Le cortine in entrambi gli edifici sono composte per la maggior parte da tegole fratte. Ma è proprio a partire da quest'epoca che si avvia la grande produzione di mattoni cotti destinati ai paramenti murari in sostituzione delle tegole.

I mattoni fabbricati nelle officine hanno forme quadrate che corrispondono a quelle degli stampi di legno (fig. 476). I tipi più comuni erano i *bipedales*, che misuravano due piedi per lato (0,592 m), i *sesquipedales*, con lato di un piede e mezzo (0,444 m) e i *bessales*, pari a due terzi di piede (0,197 m). I

mattoni interi erano utilizzati per le pavimentazioni e per le ghiera degli archi; in quest'ultimo caso si utilizzavano anche i mezzi mattoni ottenuti spezzando a metà gli elementi originali. Quelli destinati alle pareti erano invece divisi con tagli diagonali da cui si ricavano vari elementi di forma triangolare. I bessali si dimezzavano in due triangoli; i sesquipedali e i bipedali erano divisi prima in due o tre rettangoli, poi da ogni rettangolo si ottenevano due o tre quadrati, infine ciascun quadrato era spezzato in due triangoli. Dai sesquipedali si potevano altrimenti ottenere quattro triangoli con tagli sulle diagonali ed eventualmente altri triangoli più piccoli. Di regola l'ipotenusa andava in facciavista e i due cateti all'interno del muro. Per effettuare il taglio si utilizzavano due sistemi:

- con la segazione: si sistemava su un cavalletto una pila di mattoni, che venivano stretti con una morsa, e si segava gettando acqua e sabbia sotto la lama come si faceva con le pietre;
- con la percussione: si incideva un solco sulla superficie del mattone e si dava un colpo secco con un martello o un oggetto pesante.

Il secondo metodo era più veloce; ma ne risultava un lato dal profilo irregolare; se questo andava in facciavista doveva essere spianato con la martellina oppure arrotato con sostanze abrasive, operazione che forse in molti casi si eseguiva dopo la messa in opera. I tagli, soprattutto quelli operati a percussione, non erano mai perfettamente precisi e comportavano una notevole perdita di materiale che

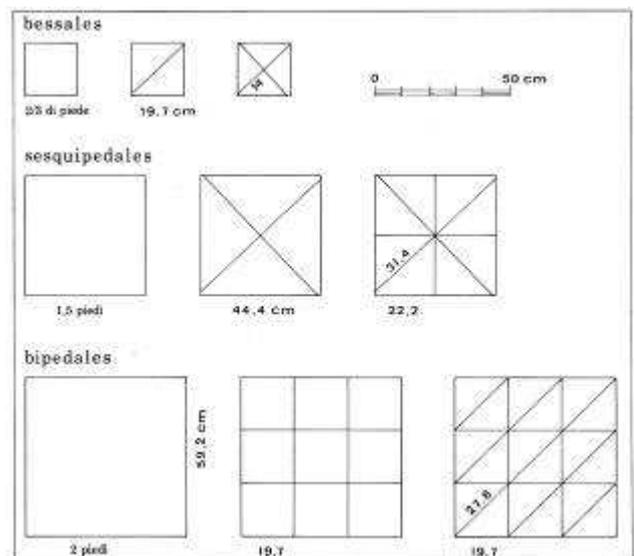


Fig. 476 - Sistemi di divisione dei mattoni quadrati (ADAM 1989)

¹⁰⁸ QUILICI 1972

¹⁰⁹ MAGI 1945, p. 45

¹¹⁰ FIDENZONI 1970

¹¹¹ CAVILLIER 2007

¹¹² GIAVARINI 1998

però non andava sprecato; i frammenti venivano impiegati nel conglomerato. Gli spigoli si frantumavano facilmente per cui i mattoni che si ritrovano nei muri presentano lunghezze variabili e sempre inferiori alla diagonale teorica. Non di rado anche nei muri di migliore fattura si osservano diversi laterizi molto corti che derivano dalla rottura accidentale dei triangoli in ulteriori pezzi. Non sempre inoltre i mattoni erano tagliati in triangoli. Soprattutto in Italia settentrionale nelle cortine erano frequentemente impiegati mattoni rettangolari interi di un piede e mezzo per un piede, di grosso spessore (oltre 6 cm.), disposti per lungo e di testa; questo tipo di cortina era chiaramente influenzato dai sistemi di costruzione tradizionali. Le fortificazioni di alcune città della valle del Po ancora nel I sec. a.C. erano edificate con mattoni cotti di analogo formato che costituivano l'intera struttura muraria (cfr. p. 85). Lo stesso tipo di produzione era evidentemente destinato anche alle cortine dei muri in opera cementizia. Anche in Grecia in epoca imperiale, dove si verifica una notevole diffusione del materiale laterizio, con una importante produzione locale, si usano preferibilmente formati rettangolari di un piede per un piede e mezzo¹¹³.

In alcuni cantieri, soprattutto di età domiziana, era invalso l'uso di collocare nelle pareti, a determinate distanze l'uno dall'altro (più spesso ogni 3-4 piedi), dei ricorsi di bipedali, interi o tagliati a rettangolo, che determinavano dei piani di posa uniformi e perfettamente orizzontali nello spessore del muro (fig. 477, fig. 539 a p. 304). Lo scopo era quello di livellare la costruzione realizzando piani di posa uniformi e perfettamente orizzontali. Più frequentemente i ricorsi in bipedali venivano limitati alla risega di fondazione, dove svolgevano la stessa funzione dell'*euthynteria* delle costruzioni greche in opera quadrata, e all'imposta della volta.

La maggior parte dei mattoni hanno altezze comprese fra i 3 e i 4 cm, valori che sono lievemente superiori a quelli delle tegole. I letti di malta misurano in genere tra 0,5 e 2 cm; la cortina è più resistente quando lo spessore della malta è minore; pertanto gli strati più sottili si ritrovano negli edifici di maggior impegno statico o nelle parti più sollecitate del muro. In linea generale i grandi edifici pubblici presentano paramenti

confezionati con maggior cura rispetto alle abitazioni comuni, con mattoni di taglio più uniforme, allisciati in facciavista e letti di malta meno spessi. Le cortine costituite da materiale di spoglio sono riconoscibili perché i laterizi presentano altezze diverse e sono frequenti i pezzi piccoli; gli strati di malta hanno mediamente uno spessore maggiore per compensare i dislivelli fra i mattoni (fig. 478). Il fenomeno del reimpiego è particolarmente diffuso nell'edilizia tardoantica, ma non è un fenomeno esclusivo di quest'epoca. Materiali provenienti dalle demolizioni di fabbriche preesistenti erano normalmente adoperati anche nelle costruzioni dei primi due secoli dell'impero. Nelle costruzioni migliori venivano frantumati e



Fig. 477 - Roma. Mercati di Traiano. Ricorsi di bipedali sulla muratura del livello inferiore del Grande Emiciclo

¹¹³ Sull'argomento cfr. da ultimo VITTI M. 2010 b con bibliografia.



Fig. 478 – Roma. Basilica dei SS. Nereo e Achilleo (795-816). Muro del lato sud. La cortina è costituita da mattoni di reimpiego (MARTA 1989)

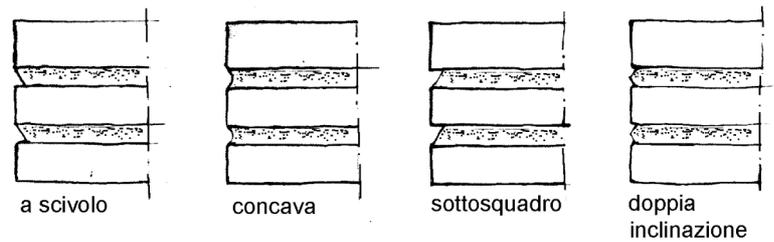


Fig. 479 – Sistemi di stilatura (MARTA 1986, rielab. dell'autore)

riutilizzati nell'opera cementizia mentre le cortine normalmente erano tirate su a regola d'arte con mattoni nuovi. Ma ad esempio ci sono muri della Domus Aurea, che sono stati costruiti in gran fretta dopo l'immane incendio del 64 d.C., dove nel paramento sono adoperate tegole e diversi tipi di mattoni provenienti dalle rovine di fabbricati preesistenti che hanno altezze molto diverse anche nello stesso filare e i ricorsi sono pareggiati da abbondanti strati di malta¹¹⁴. A un esame superficiale potrebbero essere scambiati per muri di epoca tarda.

Dopo la posa dei mattoni spesso si provvedeva ad asportare con la cazzuola la malta in eccesso (**stilatura**) (fig. 479). Questa operazione lasciava un caratteristico solco a dente di sega, lungo il bordo superiore dei mattoni se era tracciato dall'alto, lungo il margine inferiore se invece era eseguito dal basso; è tutt'ora riconoscibile nei muri che si sono discretamente conservati. Più rare erano le stilature a doppia inclinazione, eseguite su entrambi i margini dei mattoni, oppure ad incavo curvilineo. La **lisciatura** era un intervento di rifinitura che si effettuava molte volte nelle cortine che restavano in vista; si pareggiavano i giunti aggiungendovi una piccola quantità di malta che veniva poi levigata con la cazzuola a filo con i mattoni.

Le cortine laterizie distinguono la maggior parte degli edifici in calcestruzzo dei primi tre secoli dell'era cristiana. A partire dal III sec. d.C. si registrano un rallentamento dell'attività edilizia e

una crisi nella produzione laterizia che portano all'affermazione di murature miste e quindi a un risparmio di mattoni negli edifici; aumenta soprattutto la quantità di materiali di reimpiego. Una notevole ripresa si registra in età tetrarchica in varie città dell'Impero dove i mattoni sono utilizzati per la costruzione di importanti edifici pubblici (fra cui le Terme di Diocleziano¹¹⁵ e la Basilica di Massenzio¹¹⁶ a Roma, la Basilica di Treviri¹¹⁷, il complesso galeriano a Tessalonica¹¹⁸). La produzione laterizia torna in seguito a declinare; non cessa però del tutto in età tardoantica, protraendosi fino al VI secolo e oltre, come testimoniato dai bolli laterizi. I mattoni, sia di recente fabbricazione che di spoglio, vengono destinati soprattutto agli edifici principali e di maggiore complessità strutturale. Ancora nel IV secolo diversi grandi monumenti pubblici, mausolei e basiliche cristiane vengono realizzati interamente in opera laterizia.

2) Produzione e siglatura

In epoca imperiale la produzione dei laterizi viene condotta da imprenditori privati (**officinatores**) su terreni (**praedia**) che sono di proprietà di grandi famiglie senatorie (**domini**) sulla base di un rapporto contrattuale di locazione. Gli **officinatores**, i quali dirigono una mano d'opera salariata, si occupavano sia dello sfruttamento delle cave di argilla che della gestione delle **officinae**, comprendenti le fornaci, eventuali depositi di stoccaggio dei materiali e gli strumenti di lavoro. Il

¹¹⁴ Cfr. LUGLI 1957, II, tav. CLXVII, fig. 4. Nel corso del novecento era invalso il metodo di datare gli edifici misurando il modulo della cortina laterizia, ossia l'altezza di cinque filari di mattoni e dei corrispondenti letti di malta. In realtà per tutte le ragioni dette sopra è un criterio assolutamente aleatorio e fuorviante.

¹¹⁵ AURIGEMMA 1963; SERLORENZI – LAURENTI 2002

¹¹⁶ GIAVARINI 2005

¹¹⁷ ZAHN 1991

¹¹⁸ VITTI M. 1993



1. - C.I.L., XV, 966, 7: *Metra (...)*
Qvrti (= Curti) (servus). I sec. av. Cr.



4. - C.I.L., XV, 1000 a: *Primigen(ius)*
duo(rum) | Domitior(um) ser(vus) f(ecit).
Età dei Flavi.



8. - C.I.L., XV, 1097 f: *Gn. Domi(ti) Amandi. Valeat qui fe- ce(it)*. Sistro. Età di Vespasiano.



9. - C.I.L., XV, 29 c: *Brutiana (figlina M. Rutili) | Lupi*.
Tre palme. Età di Traiano.



12. - Cfr. C.I.L., XV, 277: *Gn. Domiti Carpi, dol(iare) d(e) L(icinianis) Dom(itiae) Lucil- (iae). Apronian(o) et P(aretino) cons(ulibus)*. Anno 123 d. Cr.



14. - C.I.L., XV, 1221 a: *Gallicano et Vetere cons(ulibus)*.
Opus fig(linum) (ex) offic(ina) Iuliae Saturnin(ae). Bucranio.
Anno 130 d. Cr.



17. - C.I.L., XV, 371: *Op(us) dol(iare) ex prasid(is) Aug(usti) n(ostri), fig(linas) Oceanas Ma- iores*. Età Severiana.



19. - C.I.L., XV, 406: *Op(us) dol(iare) ex praed(iis) C. Ful- (vi) Plaud(iani) praefecti praefec- torio) e(larissim) v(iri), cons(ul- lis) iterum, ex figl(inis) Ponti- culanis*. Anno 203 circa d. Cr.



21. - C.I.L., XV, 1563: *(Ex of- ficina) Claudiana*. Monogram- ma costantiniano. Lettere cave.
2ª metà del IV secolo d. Cr.



23. - C.I.L., XV, 1669: *Reg(nante) D(omino) n(ostro) Theode(rico) felix Roma*.
Età di Teodorico.

Fig. 480 - Esempi di bolli laterizi (LUGLI 1957)

termine *figlinae*, ricorrente in forma abbreviata sui bolli laterizi, definiva probabilmente sia le cave che i mezzi di produzione. Resta discussa l'ipotesi di un intervento diretto dei *domini* in alcune fasi del processo produttivo, anche per mezzo di loro rappresentanti, come il trasporto e lo smistamento¹¹⁹. Durante il secondo secolo si ha una diminuzione del numero dei *domini* privati e una concentrazione delle *figlinae* e dei *praedia* nel *patrimonium* imperiale, processo che si accelera drasticamente con l'avvento dei Severi; ma a partire dall'età tetrarchica si registra un parziale ritorno di attori privati sulla scena¹²⁰.

La maggior parte delle *figlinae* romane si concentrava nella valle del Tevere, territorio che offriva condizioni topografiche e ambientali ottimali: estesi giacimenti di argilla, boschi che fornivano il combustibile per le fornaci, la vicinanza del fiume che consentiva il trasporto dei manufatti sulle navi. Le ricerche per la localizzazione delle *figlinae* si sono basate sullo studio dei toponimi medievali che derivano dai nomi dei *domini* e degli *officinatores* romani e su ricognizioni del territorio le quali hanno portato alla individuazione di diverse aree di frammenti fittili, riferibili alla presenza di complessi produttivi¹²¹. Sono invece ancora molto scarsi e di difficile interpretazione i rinvenimenti di resti murari riconducibili a strutture pertinenti alle *officinae* (fornaci, magazzini, ecc.). È molto probabile come si è detto nella prima parte del volume che per i grandi quantitativi di laterizi fosse utilizzato il sistema della cottura in cumulo (cfr. pp. 76-78 e fig. 115).

I manufatti delle *figlinae* tiberine venivano esportati via mare anche verso località molto distanti¹²². A *latere* delle c.d. produzioni "urbane", condotte su terreni di proprietà delle famiglie senatorie romane o dell'imperatore, sono attestate anche varie produzioni "municipali", a carattere locale, talvolta organizzate da personaggi che rivestivano cariche pubbliche nelle città di provincia; i manufatti venivano commerciati in maniera quantitativamente ridotta e a breve raggio¹²³. Importanti industrie laterizie erano inoltre

direttamente gestite da varie legioni romane di stanza nelle province.

Una parte dei laterizi prodotti dalle officine romane venivano siglati per mezzo di un sigillo di legno, conformemente a un uso antichissimo (cfr. pp. 54, 78). In epoca repubblicana i **bolli** hanno iscrizioni generalmente molto brevi, ad una sola riga entro un cartiglio rettangolare, dove è riportato più spesso il nome dell'*offinator* (fig. 480). A partire dall'età flavia assumono una caratteristica forma lunata; il cerchio interno (*orbiculus*) con il tempo va gradualmente a restringersi fino a divenire un piccolissimo occhio. All'inizio del III secolo i due apici si riuniscono, dando origine a un bollo perfettamente circolare. Dopo Caracalla i mattoni cominciano a essere contrassegnati solo da marchi anepigrafi; la siglatura con le iscrizioni riprenderà in età tetrarchica. Questo lungo periodo di interruzione coincide probabilmente, come è stato sostenuto, con il monopolio dell'amministrazione imperiale. I bolli tardoantichi saranno rotondi, ottagonali e poi soprattutto rettangolari.

Le iscrizioni più lunghe sono quelle dei mattoni lunati di epoca imperiale, in particolare quelli del II sec. d.C. dove simboli e lettere sono distribuiti su tre cerchi concentrici. Le indicazioni che si possono leggere sono di vario tipo e non tutte vengono riportate nello stesso marchio:

- il nome del proprietario del fondo preceduto dalla formula *ex pr(aedis)* o anche *ex p(raedis)*;
- la denominazione della fabbrica, preceduta da *ex fig(linis)* o *ex f(iglinis)*, che talvolta può corrispondere con il nome dell'*offinator* (o *figulus*). In questo caso l'abbreviazione "fig" (o "f") può tradursi con *figulinis*;
- il nome di un servo che ha fabbricato l'oggetto, introdotto da *s(ervus)* o *ser(vus)*, eventualmente con l'aggiunta della specificazione *f(ecit)*;
- la data consolare, più spesso riportata in una riga separata e associata con l'abbreviatura *cos*. L'indicazione della coppia consolare comincia a Roma nel 110 d.C. e cessa dopo il 164 d.C.¹²⁴;
- la formula introduttiva *op(us) dol(iare)* che si riferisce in senso generico alla lavorazione delle terrecotte, sia vasellame che laterizi;
- un emblema figurato – *signum* – che può avere significati diversi; molto spesso è una traduzione

¹¹⁹ STEINBY 1982

¹²⁰ LO CASCIO 2005

¹²¹ GASPERONI 2003; FILIPPI – STANCO 2005

¹²² STEINBY 1981; THÉBERT 2000; ZACCARIA – GOMEZEL 2000.

¹²³ GLIOZZO 2005

¹²⁴ STEINBY 1978, p. 1503

grafica del nome dell'*offinator* (*signum* "parlante")¹²⁵.

I **bolli legionari** sono composti solitamente dal solo nome della legione entro un cartiglio rettangolare (fig. 481). Alcuni bolli laterizi delle legioni germaniche, apposti su laterizi prodotti tra il 110 e il 125 d.C., contengono anche il nome di un individuo non specificato il quale doveva avere un ruolo di rilievo nel processo di produzione (*namenstempel*)¹²⁶.

I marchi di fabbrica sono importanti perché consentono, come si è già detto, di datare l'edificio da cui provengono. L'indicazione della coppia consolare in carica fornisce una cronologia precisa. I nomi degli altri personaggi sono riconducibili a un determinato periodo, più o meno lungo, che corrisponde al loro coinvolgimento nel processo produttivo e che può essere circoscritto incrociando le informazioni provenienti dai vari tipi di bolli che contengono gli stessi nomi. Marchi di fabbrica simili potrebbero infatti essere stati rinvenuti dentro altri edifici che sono datati dalle fonti letterarie oppure da sondaggi stratigrafici. Ricerche sistematiche di questo tipo sono state effettuate in passato sui bolli laterizi di Roma¹²⁷ e su quelli delle legioni di stanza in Germania¹²⁸; in seguito sono state arricchite da nuovi importanti contributi¹²⁹. Più recentemente sono state effettuate indagini approfondite sui marchi di fabbrica di alcuni particolari contesti, tra cui Ostia¹³⁰, Pompei¹³¹, Aquileia¹³², l'Etruria¹³³, Salonico¹³⁴, che hanno portato anche alla individuazione di produzioni locali a fianco dei manufatti provenienti dalle officine "urbane" della valle del Tevere.

Naturalmente occorre tenere presente che i mattoni costituiscono un *terminus post quem*. Non sempre vengono messi in opera appena usciti dalla fabbrica, ma possono restare in giacenza diversi anni. Le indagini effettuate in passato a Roma



Fig. 481 - Bollo su mattone della Legio XI Claudia Pia Fidelis. Vindonissa Museum

hanno per esempio individuato una grande quantità di mattoni che recavano la data consolare del 123 d.C.¹³⁵ La sovrapproduzione di quell'anno venne smaltita in un lungo periodo di tempo. In alcuni edifici i mattoni del 123 sono stati trovati accanto ad altri marchi con data posteriore di oltre un decennio. Pertanto la cronologia offerta dai marchi di fabbrica sarà più affidabile nel caso in cui nello stesso edificio se ne troveranno vari esemplari da mettere a confronto. Bisogna soprattutto fare attenzione che non si tratti di materiale di reimpiego. Un altro dato da considerare è che la costruzione di un edificio può protrarsi per molti anni. È importante stabilire una cronologia relativa tra le varie parti del fabbricato sulla base di un'attenta lettura stratigrafica delle pareti che consenta di individuare le varie fasi di cantiere ed eventuali interventi di epoca successiva. La sequenza temporale deve considerare anche eventuali strati di terra adiacenti che sarà utile indagare con saggi di scavo mirati; la ceramica rinvenuta potrà fornire preziosi termini cronologici *post quem* e *ante quem* rispetto ai muri. I marchi di fabbrica individuati nelle pareti andranno pertanto assegnati alle rispettive unità stratigrafiche e poi messi a confronto. Se i bolli che recano una data anteriore rispetto ad altri vengono a trovarsi in una fase più recente del diagramma stratigrafico, potrebbe trattarsi di mattoni rimasti in giacenza per un certo periodo di tempo prima della messa in opera. Incrociando tutti i dati a disposizione sarà particolarmente utile riuscire a riconoscere e a datare le unità meno recenti che corrispondono alle fasi iniziali del cantiere.

3) Laterizi speciali

La produzione laterizia di epoca imperiale non si limitava ai mattoni e alle tegole. Le officine sfornavano numerosi tipi che trovavano gli impieghi

¹²⁵ BODEL 2005

¹²⁶ BLOCH 1947, pp. 332-334

¹²⁷ BLOCH 1947

¹²⁸ STEINER 1903; STEINER 1911

¹²⁹ Sull'industria laterizia di Roma soprattutto HELEN 1975, STEINBY 1974-75 e STEINBY 1986. Sulla cronologia dei bolli legionari BRANDL 1999; sull'argomento cfr. anche KUZMANN 2006

¹³⁰ DE LAINE 2002

¹³¹ STEINBY 1993

¹³² ZACCARIA 1995; GONEZEL 1996; CIPRIANO – MAZZOCCHIN 2007

¹³³ GLIOZZO 2005, MANACORDA 2008

¹³⁴ VICKERS 1973; VITTI M. 2010 b

¹³⁵ BLOCH 1947, pp. 320-334

più svariati nell'edilizia. I più diffusi erano i seguenti:

- Sesquipedali e bipedali lavorati a cuneo da utilizzare nelle ghiera degli archi (fig. 528, p. 300).

- Mattoncini rettangolari per pavimentazioni in *opus spicatum* (fig. 620 a p. 341).

- Mattoni di forme geometriche diverse (triangolari, romboidali, esagonali, ottagonali, lunati) per pavimenti in *opus testaceum*.

- Tubi cilindrici cavi, provvisti di una risega lungo il bordo inferiore che ne consentiva l'incastro con l'elemento adiacente. Erano utilizzati per le condutture dell'acqua, sia adduttrici (*fistulae*) che di scarico. Condotti verticali in terracotta inseriti dentro i muri servivano a convogliare le acque piovane provenienti dal tetto verso le fognature. In altri casi, quando gli ambienti erano coperti a volta, servivano a verificare gli allineamenti dei muri in costruzione al piano superiore con le pareti del piano sottostante, calandovi all'interno un filo a piombo.

- *Tubuli* a sezione rettangolare destinati a rivestire le pareti dei vani riscaldati dentro i quali circolava l'aria calda che saliva dall'ipocausto (fig. 482, fig. 624 a p. 344).

- *Tegulae mammatae*. Erano laterizi rettangolari di spessore analogo ai mattoni i quali erano dotati agli angoli o lungo i bordi di elementi distanziatori (*mammae*). Venivano disposti sulle pareti per creare intercapedini isolanti dall'umidità oppure attraversate dall'aria calda proveniente dall'ipocausto (fig. 483, fig. 627 a p. 345). Alcuni mattoni ordinari presentavano agli angoli delle piccole protuberanze che servivano invece a proteggerli dagli urti durante il trasporto e venivano tagliate prima della posa (fig. 117 a p. 78).

- Mattoni circolari, con diametro in genere di 0,22 m, destinati ai pilastri (*pilae*) di alcuni ipocausti (in luogo dei più comuni bessali quadrati).

- Mattoni destinati alla costruzione delle colonne. Venivano disposti a raggiera, il più delle volte intorno a un elemento centrale costituito da un mattoncino circolare oppure intorno a un nucleo in calcestruzzo molto resistente composto da fitti strati di frammenti laterizi (fig. 484). Il lato esterno era sagomato con un profilo curvilineo oppure con una sporgenza che serviva a formare la scanalatura, eventualmente rifinita con l'intonaco. Il loro impiego è molto precoce. Sono frequenti negli atrii e nei peristili già in epoca repubblicana con una funzione di irrobustimento delle colonne che sono

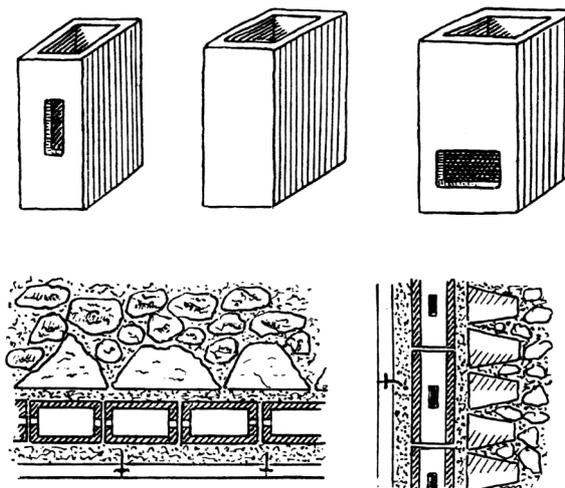


Fig. 482 - Sopra: *tubuli* a sezione rettangolare per intercapedine riscaldata con fori laterali che consentono la circolazione dell'aria calda anche in senso orizzontale. Sotto: pianta e sezione di pareti fornite di mattoni tubolari (LUGLI 1957)

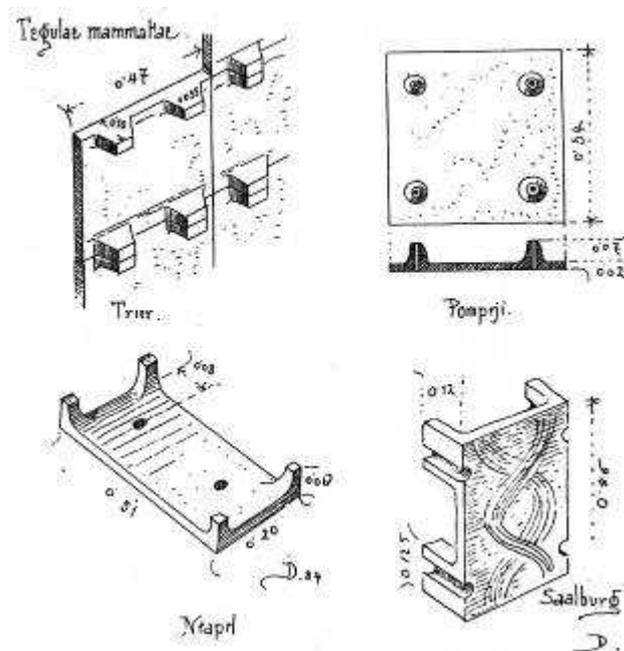


Fig. 483 - Esempi di *tegulae mammatae* per intercapedine (DURM 1905)

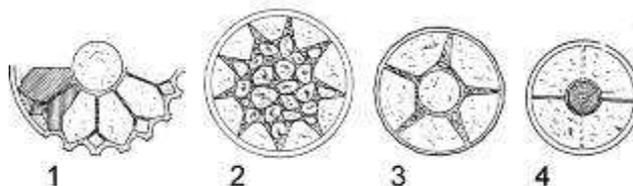


Fig. 484 - Sezioni di colonne costruite con materiale laterizio (LUGLI 1957)



Fig. 485 – Pompei. Basilica. Resti di una colonna in laterizio dell'ordine gigante.

gravate dal carico della trabeazione; di frequente strati composti da alcune assise di mattoni si alternano a tamburi in opera reticolata. Nell'architettura monumentale la prima importante attestazione, come si è visto, è quella delle colonne dell'ordine gigante della basilica di Pompei (ultimo quarto del II sec. a.C.) (figg. 484 n. 1, 485).

Nel corso del II secolo d.C. esplose la moda delle decorazioni architettoniche in laterizi. Vengono fabbricati a questo scopo vari tipi di mattoni modanati che sono applicati nelle cornici, nelle basi e nei capitelli di semicolonne e lesene. Uno degli esempi più pregevoli nell'ambito dell'architettura monumentale è il secondo ordine del Grande Emiciclo dei c.d. Mercati di Traiano a Roma, dove i mattoni modellano le lesene, le cornici lievemente aggettanti che circondano le finestre e tutta la trabeazione, caratterizzata da un'alternanza di timpani semicircolari, triangolari e spezzati; lungo il fregio corre un'assisa di laterizi lavorati in forma di dentelli finissimi; elementi analoghi sono collocati sotto le cornici dei timpani¹³⁶ (fig. 486). La facciata non era intonacata e il linguaggio decorativo era affidato al contrasto cromatico tra i laterizi e il travertino, che era impiegato nelle basi e nei capitelli delle lesene e nelle cornici correnti poste tra un piano e l'altro.

Le decorazioni architettoniche in mattoni si diffondono in particolar modo nei portali di abitazioni, con molti esempi a Ostia, e di edifici



Fig. 486 - Roma. Mercati di Traiano. Particolare del secondo ordine del Grande Emiciclo



Fig. 487 - Ostia. Portale d'ingresso degli *Horrea Epagathiana et Epaphroditiana*

¹³⁶ BIANCHINI 1991 pp. 110-121; UNGARO 1993

Capitolo V

Le fondazioni

1) Il procedimento di costruzione

Le fondazioni in opera cementizia si sostituiscono a quelle in pietrame o in opera quadrata. Le tipologie più comuni restano quelle già affermate (cfr. pp. 172-173): fondazioni lineari semplici che corrispondono alla planimetria dell'edificio; fondazioni discontinue a plinti isolati di calcestruzzo sotto piloni e colonne. Negli edifici di maggiore impegno statico si costruiscono fondazioni a griglia con rinforzi in blocchi lapidei nei punti di carico concentrato, in corrispondenza di colonne o pilastri, e strutture in calcestruzzo di raccordo.

Per quanto riguarda il modo di costruzione si distinguono le fondazioni **in cavo libero** da quelle **in cavo armato**. Nel primo caso la gettata del calcestruzzo veniva effettuata in una trincea priva di armature; questo sistema era utilizzato in terreni compatti per strutture destinate a rimanere interrate, come le cisterne o i sepolcri, oppure per fondazioni poco profonde relative ad elevati di modesto impegno. Manufatti di questo tipo sono facilmente riconoscibili perché presentano una superficie irregolare che corrisponde alla forma delle pareti della trincea cui aderiva la massa plastica del calcestruzzo (fig. 489). Il sistema in cavo armato era più comune, soprattutto per le fondazioni più grandi. La **sbatacciatura** (o sbadacchiatura) serviva a impedire che la terra franasse e fungeva da cassa-



Fig. 488 - Roma. Sepolcro di Annia Regilla. Particolare della decorazione architettonica in laterizio

pubblici (*Excubitorium* della VII coorte dei vigili a Roma¹³⁷, *Horrea Epagathiana* a Ostia¹³⁸) (fig. 487), ma soprattutto nei sepolcri. Tra questi ultimi si distingue, grazie soprattutto al suo ottimo stato di conservazione, la tomba di Annia Regilla (circa 160 d.C.), situata tra la via Appia e la via Latina a Roma¹³⁹. La decorazione dell'esterno è qui giocata sul doppio colore del rivestimento laterizio che è dovuto all'impiego di due diversi tipi di mattoni, bessali gialli per le pareti e laterizi rossi, ricavati da tegole, per gli elementi architettonici (fig. 488). Questi ultimi danno forma alle lesene, alle semicolonne poligonali della facciata, al fregio a meandro che corre a metà altezza; elementi di terracotta appositamente sagomati erano impiegati nei capitelli e nelle ricche modanature delle cornici intorno le iscrizioni, del cornicione e del frontone.

La policromia dei laterizi è un aspetto tipico di questo genere di paramenti i quali erano sicuramente destinati a restare in vista.



Fig. 489 - Fondazione in cavo libero e resti dell'alzato in opera reticolata. Sullo spiccatto si trova un marcapiano in laterizi (GIULIANI 2006)

¹³⁷ ZACCAGNINO 2004

¹³⁸ BECATTI 1940

¹³⁹ RIVOIRA 1921, pp. 191-192, fig. 177

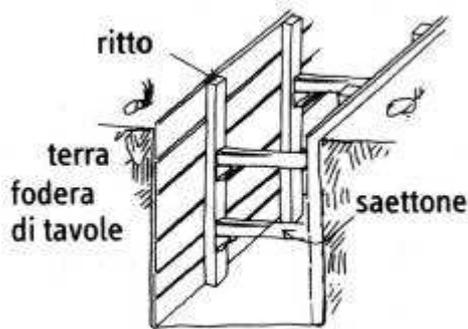


Fig. 490 – Allestimento della trincea di fondazione con sbatacciature (GIULIANI 2006)

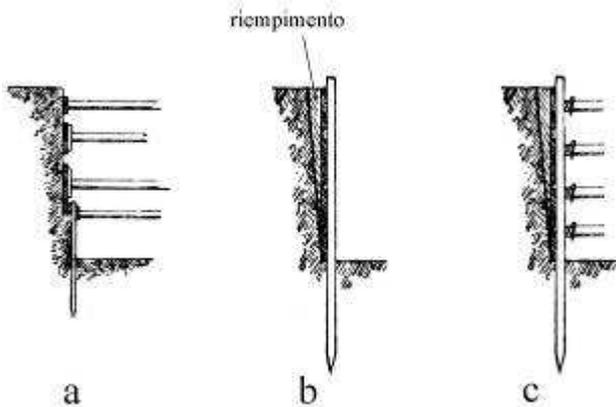


Fig. 491 - Sbatacciatura di una trincea profonda. L'armatura realizzata a più riprese viene regolarizzata alla fine dello scavo (DONGHI 1906, rielab. dell'autore)

forma per la gettata del calcestruzzo (fig. 490). Il procedimento era il seguente: si scavava una fossa fino alla profondità voluta; sul fondo lungo i bordi venivano conficcati dei pali verticali più o meno regolarmente distanziati; dietro a questi, verso la parete, venivano disposte le tavole orizzontali che formavano un manto continuo¹⁴⁰. Le coppie di ritto collocate lungo i lati opposti della fossa erano puntellate da travicelli orizzontali (saettoni). Quando la trincea era molto profonda si eseguiva la sbatacciatura a più riprese nel corso dello scavo (fig. 491 a). Si cercava, scendendo, di mantenersi sulla verticale. Se le pareti erano lievemente a scarpa o presentavano degli scalini, una volta giunti sul

¹⁴⁰ Le dimensioni di questi elementi, restituite dai rilievi, sono abbastanza standardizzate: i ritto sono travi squadrate più spesso con lato di 15 cm e sono collocati a distanze comprese tra 0,90 e 1,50 m; la larghezza delle tavole è in genere intorno 0,22 cm (un palmo)

fondo conveniva impiantare dei ritto di altezza pari a quella della trincea in modo da regolarizzare il profilo della cassaforma. I vuoti che restavano tra il tavolato e le pareti della fossa venivano riempiti di terra (fig. 491, b, c).

Il materiale da costruzione veniva disposto dentro il cassone alternando, come si è detto, un letto di malta a uno strato di pietrame il quale veniva sottoposto a battitura. Le gettate dei singoli strati avvenivano probabilmente utilizzando dei secchi o delle casse di legno, secondo il sistema in uso ancora in età moderna. La cassaforma veniva lasciata a marcire nella trincea. Solamente i saettoni erano recuperabili, a cominciare da quelli più bassi, man mano che la fossa era riempita. Le fondazioni rinvenute dagli scavi archeologici presentano in maniera molto evidente le impronte dell'orditura lineare, caratterizzate dai grossi solchi lasciati dai ritto e spesso anche da sottili sbavature orizzontali formate dalla malta che colava negli interstizi fra le tavole (fig. 421 a p. 243).

La faccia superiore delle fondazioni in calcestruzzo, che corrisponde allo **spiccato** del muro d'alzato, veniva portata perfettamente a livello; era spesso sormontata da un marcapiano in blocchi di pietra oppure, com'era più comune, in mattoni. Lo spiccato presenta quasi sempre una risega perché l'elevato ha uno spessore minore (fig. 492). Va tenuto presente tuttavia che alcuni tratti delle fondazioni, come era frequente nelle costruzioni in pendio, potevano essere edificati fuori terra tra due cortine e successivamente venivano coperti da colmate di terra da riporto le quali innalzavano il

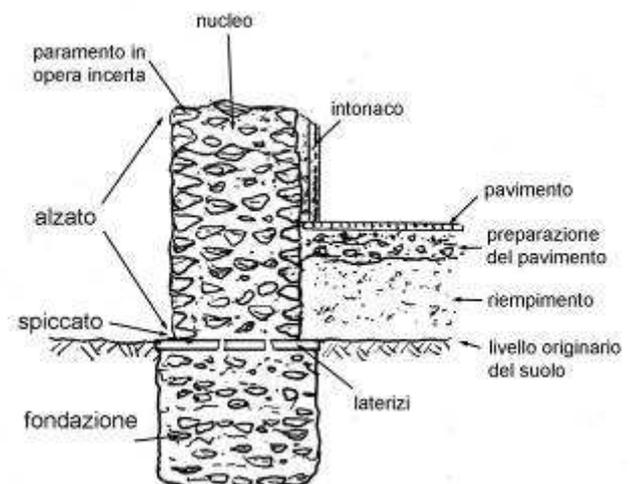


Fig. 492 –Rapporto tra fondazione, livello del suolo originario e livello di calpestio definitivo (disegno dell'autore)

livello di camminamento dell'area (fig. 492). Pertanto il margine superiore delle fondazioni realizzate in cavo armato, identificabili per le impronte delle sbatacciature e per l'assenza del paramento, ci restituisce la quota del terreno in cui venne scavata la trincea, che corrisponde al piano di cantiere, ma non necessariamente coincide con quella della pavimentazione definitiva. Molte volte i tratti di fondazione costruiti fuori terra si distinguono dall'elevato per la diversa fattura della cortina e perché restano sotto la risega che definisce lo spiccato. Ma non è una regola. In altri casi la parte inferiore del muro destinata a essere interrata è uguale all'alzato e si imposta su una fondazione in cavo armato, più larga, situata in profondità (fig. 492). Il margine superiore delle fondazioni edificate nei terreni in forte pendenza raramente è inclinato; di regola presenta un andamento a gradoni che asseconda grosso modo quello del terreno circostante.

2) Alcuni esempi di grandi fondazioni in opera cementizia

L'opera cementizia ebbe il vantaggio di consentire la realizzazione di fondazioni grandiose a un costo sostenibile, impensabili con le tecniche tradizionali. Scavi e demolizioni effettuati in epoca moderna hanno portato in luce vari esempi di strutture di questo tipo, scandite dagli incavi dei ritii, con uno sviluppo verticale di diversi metri. Una delle opere più impressionanti, alta almeno dodici metri, sulla quale era impostata una fila di *tabernae* di età neroniana, è stata messa in vista a Roma con il taglio della collina della Velia per la costruzione di via dell'Impero, a fianco del Tempio di Venere e Roma¹⁴¹ (fig. 493). Tali dimensioni erano dovute alla natura incoerente del suolo limoso della collina che aveva costretto a scavare fino a grande profondità per trovare un terreno più compatto.

L'uso degli archi in mattoni portò all'invenzione di un nuovo tipo di fondazione, detto **a pilastri ed archi** (oppure a pozzi e barulle), che ha avuto fortuna ancora in età moderna in quanto ha il vantaggio di economizzare nel lavoro di scavo e di muratura. La parte più profonda della struttura è costituita da una serie di grossi piloni di calcestruzzo fondati dentro pozzi quadrangolari che

sono disposti in corrispondenza degli assi di divisione del fabbricato dove si esercita il maggior carico (fig. 494). La parte superiore è fondata in una trincea continua ed è organizzata con una serie di archi a mattoni che convogliavano sui piloni sottostanti tutto il peso della costruzione. In una fondazione di questo tipo che si è ben conservata sul versante orientale del Palatino le arcate a doppia ghiera di bipedali sono interamente affogate nella massa del calcestruzzo alta circa cinque metri¹⁴²



Fig. 493 - Roma. Velia. Fondazione di un edificio neroniano presso il tempio di Venere e Roma

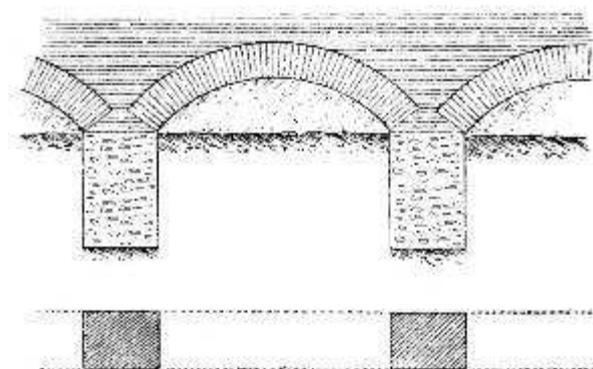


Fig. 494 - Fondazione a pilastri ed archi (GELATI 1899, rielab. dell'autore)



Fig. 495 - Roma. Fondazione nel lato orientale del Palatino. Prima metà del II sec. d.C. (LUGLI 1957)

¹⁴¹ LUGLI 1957, II, tav. CIII, fig. 1

¹⁴² LUGLI 1957, II, tav. CIV, fig. 3

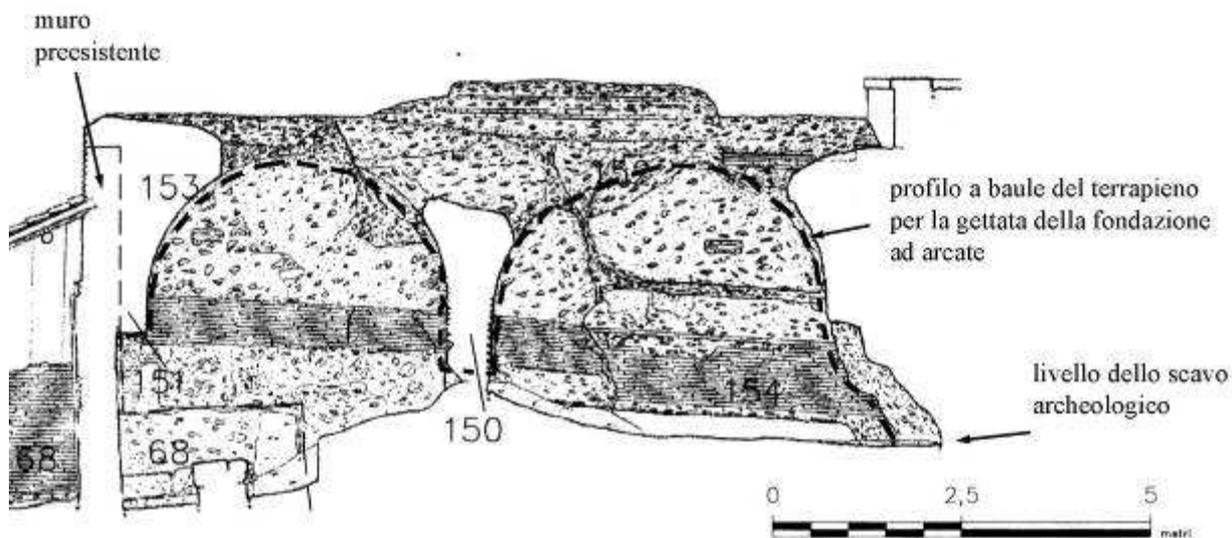


Fig. 496 - Roma. Mercati di Traiano. Fondazione con volte a botte gettate su un riempimento costituito in gran parte dalle demolizioni di edifici preesistenti (BIANCHINI 2005, rilievo e rielab. M. Bianchini)

(fig. 495). La compatta struttura monolitica attualmente si trova sospesa nel vuoto a causa del dilavamento del terreno dimostrandoci la grande resistenza a trazione dell'opera cementizia a base di malta pozzolanica. Si tratta tuttavia di una formulazione poco razionale perché la maggior parte della massa muraria è posta inutilmente sotto gli archi dove non riceve il carico dell'edificio soprastante. La costruzione degli archi dentro la cassaforma doveva risultare inoltre assai complicata: i mattoni erano posti in opera a partire dalle imposte insieme agli strati orizzontali dell'opera cementizia e dovevano essere tagliati in obliquo in corrispondenza dei ritzi.

Un tipo di fondazione analogo che trova una più convinta e diffusa applicazione è costituito da volte a botte, impostate su setti murari fondati in trincea, le quali sono gettate direttamente sul terreno che viene appositamente sagomato con un profilo curvilineo (a baule) per servire da centina (fig. 496). Opere di questo tipo sono comuni soprattutto in pendio. Talvolta si tratta di strutture parzialmente in elevato assimilabili a sostruzioni dove le volte sono gettate su centina lignea. Sotto risultano degli spazi vuoti (concamerazioni o cassoni) che restano chiusi in mezzo alla griglia dei muri; oppure sono raggiungibili tramite delle aperture e utilizzati come vani di servizio. Questa soluzione viene adottata anche nei podi dei templi, dove le concamere coperte da volte a botte tendono a sostituirsi alle tradizionali ossature murarie a reticolo con i cassoni



Fig. 497 - Roma. Tempio di Apollo Sosiano. Concamera con volta a botte all'interno del podio in opera cementizia.

riempiti da argilla (fig. 497). I vantaggi sono molteplici: i pavimenti sono solidamente fondati sulla struttura cementizia delle volte, si evita il riempimento, le concamere possono essere utilizzate come magazzini o depositi.

L'opera cementizia si prestava per la sua economicità anche alla realizzazione di fondazioni compatte o a platea le quali riempivano tutta l'area occupata dall'edificio e che erano indispensabili per costruzioni pesanti impiantate su suoli instabili. L'opera più grandiosa, parzialmente esplorata con indagini stratigrafiche, è la platea di fondazione dell'Anfiteatro Flavio¹⁴³ il quale venne eretto da

¹⁴³ MOCCHEGIANI CARPANO 1977; REA - BESTE - LANCASTER 2002, pp. 341-354

Vespasiano in una conca paludosa, che era stata sistemata da Nerone con un lago artificiale. Le trivellazioni effettuate in profondità hanno rilevato dal basso verso l'alto un deposito di sedimenti di limo palustre, uno strato di limo di ambiente lacustre non stagnante e sopra a questo un letto di sabbia grossolana con frammenti di laterizi, che costituiva molto probabilmente lo strato di preparazione della fondazione con una funzione di consolidamento e di stabilizzazione del suolo. La grande platea, in forma di ciambella ellittica corrispondente all'ingombro della cavea e della facciata, era alta dodici metri ed era composta da un conglomerato cementizio di malta pozzolanica e scapoli di selce (fig. 498). La metà inferiore, profonda sei metri, era stata fondata in trincea nel

sottosuolo; la gettata di tutta la parte superiore, alta altrettanto, era invece stata effettuata in elevato, contenuta lungo il perimetro, sia all'interno che all'esterno, da robuste strutture in opera laterizia (A, B). Sopra, con un'ulteriore gettata di opera cementizia, venne realizzato un rialzamento a schiena d'asino per il deflusso su due versanti delle acque provenienti dai piani superiori (C). Tutta l'area esterna è stata quindi colmata e innalzata di sei metri. La massa piena del conglomerato della parte superiore della platea mostra quattro grandi interruzioni in corrispondenza degli assi del monumento che servivano ad alloggiare i collettori fognari e alcuni vani di servizio. L'ellisse centrale era occupata dagli ambienti sotterranei e dalle loro fondazioni.

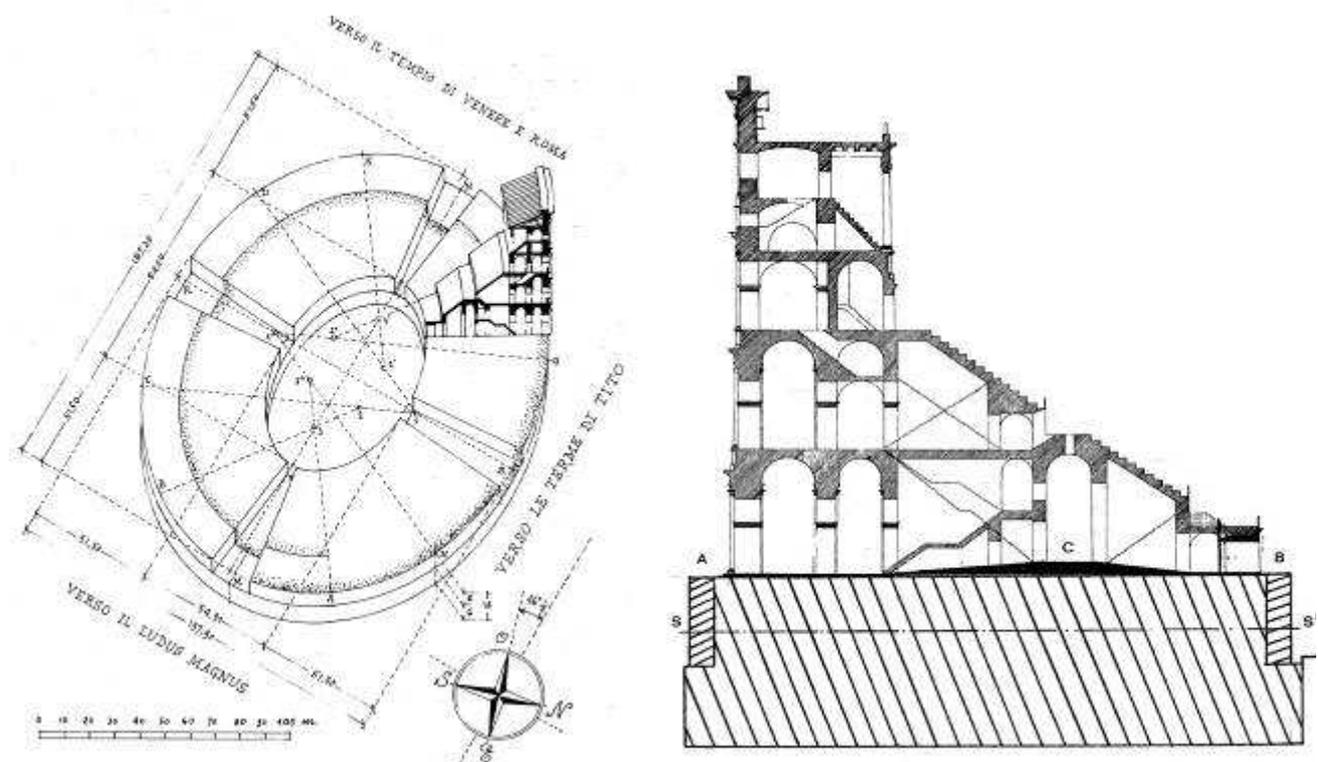


Fig. 498 - Roma. Anfiteatro Flavio. A sinistra: Ricostruzione assonometrica schematica dell'ellisse di fondazione. A destra: Sezione ricostruttiva della fondazione e dell'alzato (MOCCHIEGANI CARPANO 1977, dis. di G. Zander)

Capitolo VI

Le sostruzioni

1) Il procedimento di costruzione

Un muro di sostruzione in opera cementizia, destinato a contenere un terrapieno posto alle spalle, può essere realizzato in diversi modi. Il sistema ordinario, adottato anche con le strutture in blocchi di pietra, consiste nello scavo di una fossa dove viene gettata la fondazione; poi viene costruito il muro d'alzato tra due cortine. L'area a monte del muro viene quindi colmata e resta in vista solo il lato a valle (fig. 499 A, fig. 218 a p. 144). La possibilità di fondare a grande profondità grazie all'impiego delle armature lignee favorisce un altro procedimento di costruzione, che consiste nel gettare l'opera cementizia all'interno di una trincea armata profonda diversi metri. Dopo la presa il terreno a valle della fondazione viene sbancato, lasciando nel sottosuolo solamente la parte inferiore

della struttura. Su questo lato le sbatacciature che si trovano fuori terra vengono smantellate, si tamponano i solchi dei ritti e la ruvida superficie dell'opera cementizia priva di paramento viene regolarizzata con uno spesso strato di intonaco. La parte posteriore del muro resta invece interrata (fig. 499 B, fig. 524 a p. 298).

Un terzo sistema consiste nell'effettuare uno sbancamento preventivo e arginare il taglio verticale del terreno con una paratia; ai piedi del taglio si scava quindi la fossa per la fondazione. L'alzato viene costruito davanti la paratia, disponendo i blocchetti o i mattoni del paramento solamente sul lato a valle ed effettuando le gettate dei vari strati di calcestruzzo fra la cortina e il tavolato posto sul retro (fig. 499 C). La paratia che contiene il terrapieno, formata dai ritti e dal tavolato orizzontale, per sostenersi ha bisogno di adeguati puntelli; questi andranno posizionati in modo da interferire il meno possibile con la costruzione del muro ed eventualmente spostati in corso d'opera. La soluzione più razionale è quella di incatenare i ritti a dei pali conficcati verticalmente nel terreno retrostante.

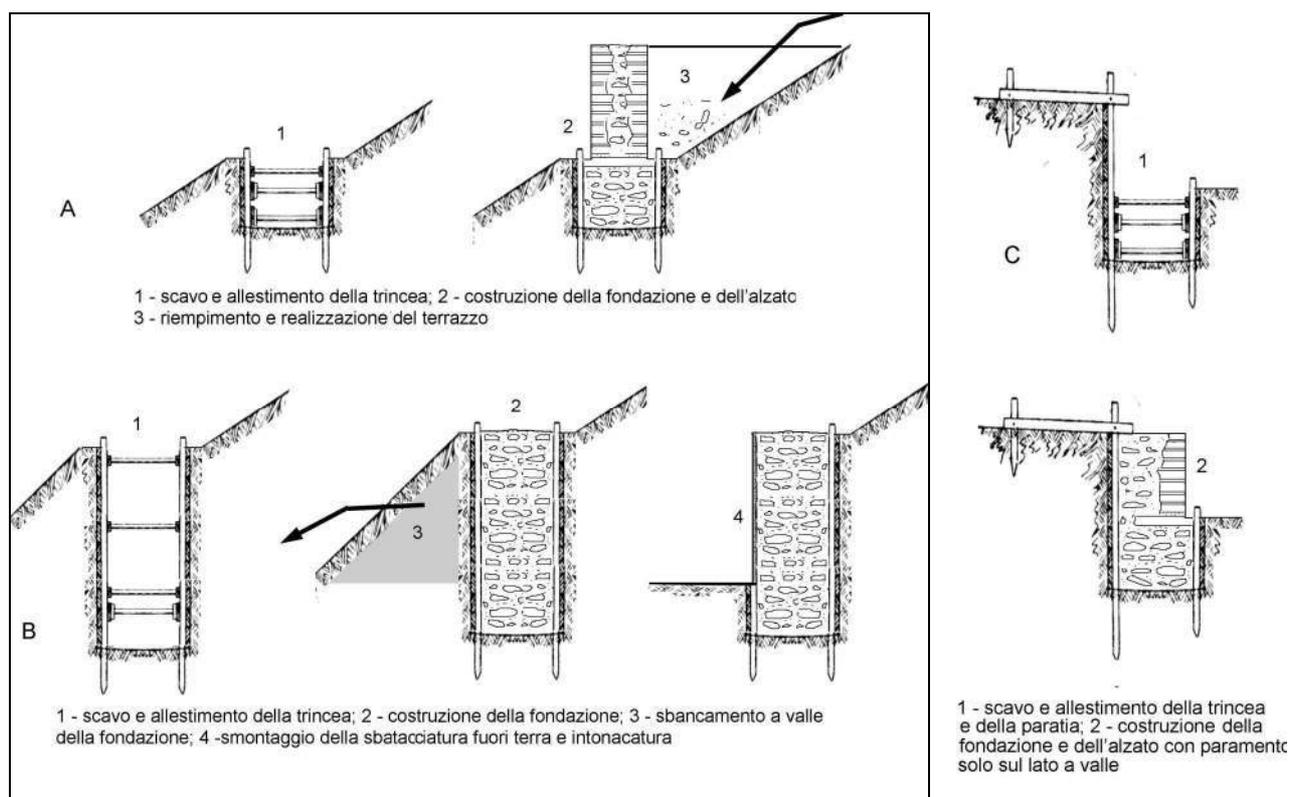


Fig. 499 - Sistemi di realizzazione delle sostruzioni in opera cementizia (dis. dell'autore)

2) La morfologia

Le costruzioni delle numerose ville extraurbane edificate su terreno declive (*basis villae*) presentano le soluzioni più svariate: lunghe pareti rettilinee addossate al terrapieno, spesso provviste di denti ortogonali dalla parte interna, talvolta ritmate da contrafforti sull'esterno. Appaiono altrimenti articolate in vari ambienti, criptoportici perimetrali, oppure file di vani ortogonali al pendio coperti da volte a botte, in alcuni casi in forma di nicchie absidate. Tutte queste formulazioni, come vedremo qui di seguito, concorrono in varia misura ad aumentare la capacità resistente della muratura¹⁴⁴.

Le più imponenti costruzioni di epoca repubblicana conservate sono relative ad alcuni grandi complessi culturali del Lazio. Il Santuario superiore della Fortuna Primigenia a Palestrina¹⁴⁵ (130-100 a.C.) è costituito da una ripida e compatta sequenza di terrazzamenti in opera incerta, collegati da due grandi rampe simmetriche e più in alto da un lungo scalone assiale che sale a una terrazza più ampia e profonda delle altre, detta "della Cortina", sovrastata da una cavea teatrale (figg. 500, 501). La *summa cavea* era conclusa da una galleria colonnata, a cui si è sostituito l'attuale emiciclo di Palazzo Barberini, dietro la quale una piccola *tholos* costituiva il vertice di tutto il complesso. L'impianto architettonico è influenzato dai grandi santuari ellenistici dell'Egeo, ugualmente articolati a terrazze (Coo, Lindo, Camiro) (cfr. p. 211); ma ciò che altrove era stato realizzato in un periodo molto lungo con giustapposizioni che sono frutto di progetti diversi maturati nel corso del tempo e danno luogo a inevitabili irregolarità planimetriche, qui viene risolto in maniera rigorosamente simmetrica e coerente sulla base di un programma unitario che viene portato a termine nell'arco di pochi decenni. Questo risultato è merito delle grandi capacità economiche delle famiglie prenestine dell'epoca, impegnate con remunerativi commerci in Oriente, le quali finanziarono i lavori; ma è chiaro che l'enorme "colata" di calcestruzzo che modella le costruzioni abbia consentito in tempi rapidi e a costi limitati di terrazzare un'area molto vasta, con un grande dislivello, risolvendo problemi strutturali complessi.

¹⁴⁴ MARI 2003. Per una disamina dei tipi di costruzione attestati in Italia tra II e I sec. a.C. cfr. D'ALESSIO 2006

¹⁴⁵ FASOLO – GULLINI 1956; KÄHLER 1958

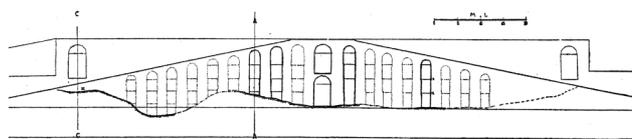


Fig. 500 - Praeneste (Palestrina). Santuario della Fortuna Primigenia. In alto: Veduta del santuario superiore. Sotto: Sezione longitudinale della costruzione delle rampe porticate (FASOLO – GULLINI 1956)

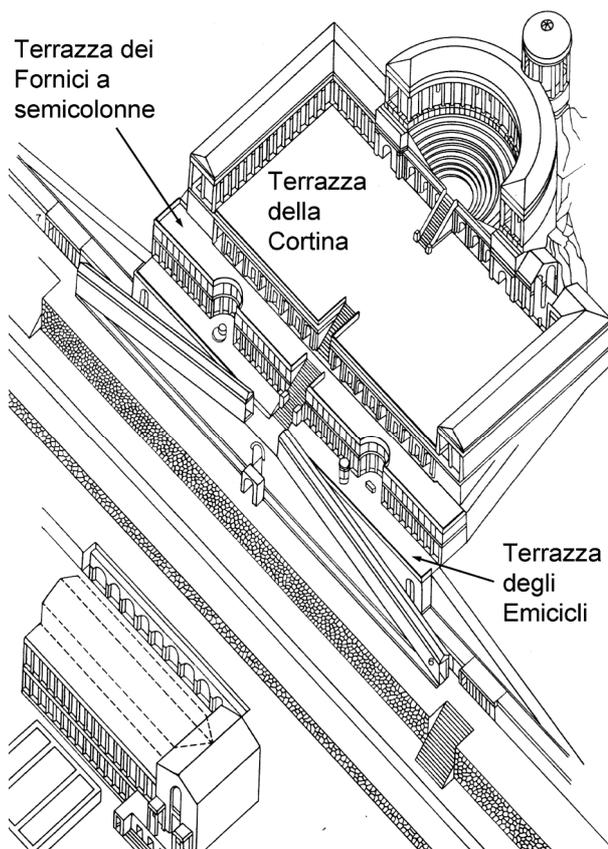


Fig. 501 - Praeneste. Santuario della Fortuna Primigenia. Ricostruzione assonometrica (KÄHLER 1958)

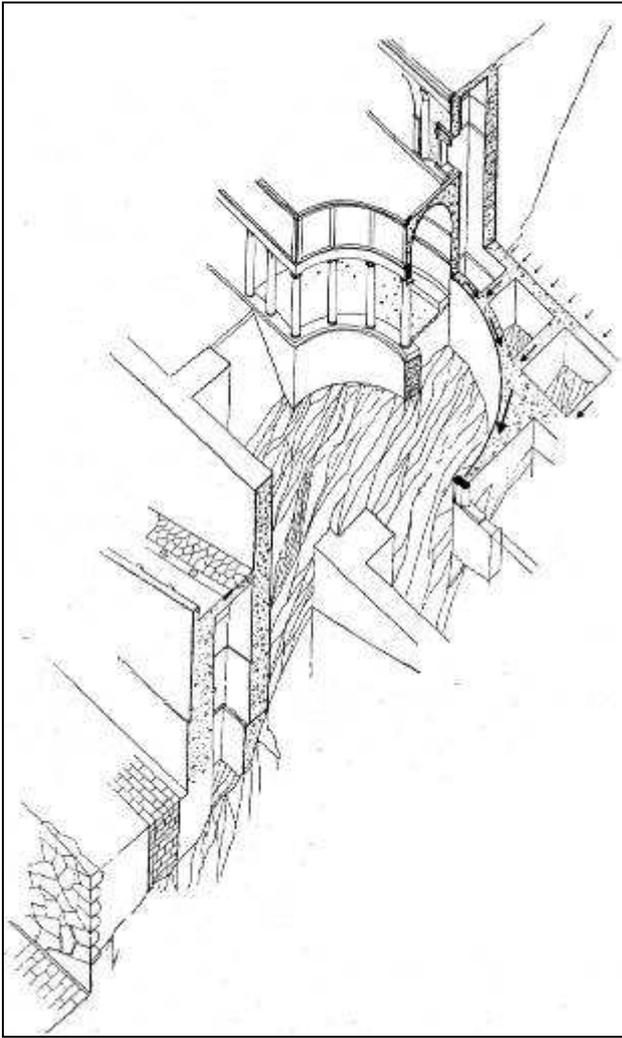


Fig. 502 - Praeneste. Santuario della Fortuna Primigenia. Sezione assonometrica ricostruttiva delle sostruzioni in corrispondenza dell'emiciclo occidentale (FASOLO - GULLINI 1956)

Tutti i muri di terrazzamento della *substruction* cementizia, che si erge al di sopra di alcuni gradoni in opera poligonale, svolgono la loro funzione contenitiva secondo un sistema già collaudato nelle sostruzioni in opera quadrata (cfr. p. 211). A ogni livello le spinte del terreno sono arginate da file di muri ortogonali al pendio la cui stabilità è aumentata dal peso delle volte a botte che si impostano su di essi contrastandosi reciprocamente e realizzando un percorso praticabile al livello soprastante. L'ossatura della doppia rampa, costituita da una serie di arcate su setti murari di altezza crescente dai due margini verso il centro, resta alla spalle di una parete piena di forma triangolare, a eccezione dei due nicchioni centrali che sono visibili e praticabili (fig. 500). I

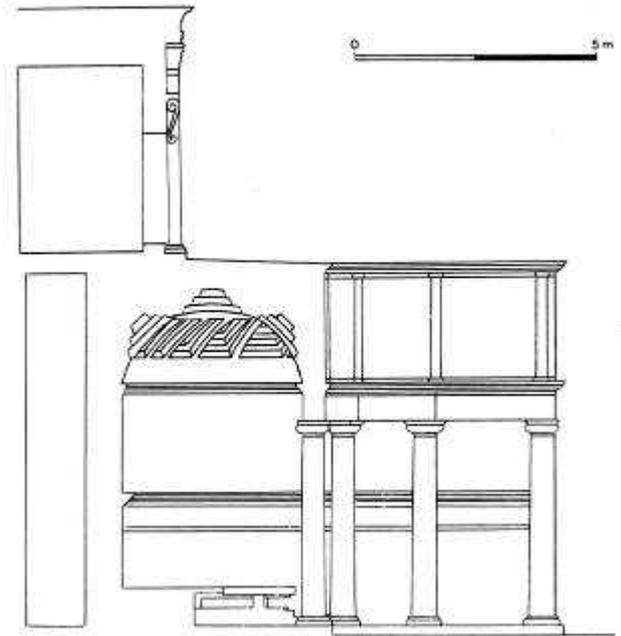


Fig. 503 - Praeneste. Santuario della Fortuna Primigenia. Sezione trasversale ricostruttiva dell'emiciclo orientale e della soprastante terrazza dei Fornici a semicolonne (GROS 1987)



Fig. 504 - Praeneste. Santuario della Fortuna Primigenia. Veduta dei resti attuali dell'emiciclo orientale

fornici dei livelli soprastanti sono agibili, ma mascherati da prospetti a colonne o semicolonne.

L'elemento di novità è costituito dalle due esedre simmetriche della "Terrazza degli Emicicli", le quali servono a inquadrare e a fare spazio a dei piccoli monumenti cultuali collocati all'esterno, ma hanno anche una funzione di contenimento del terreno retrostante, che qui è stato imbrigliato in una serie di cassoni rettangolari (figg. 502, 503, 504). Il muro a curvatura orizzontale, con la convessità a monte, è un arco sdraiato che lavora a compressione e oppone quindi una resistenza maggiore rispetto alla parete rettilinea che invece è sollecitata a trazione come un

architrave. Le spinte del terreno vengono scaricate verso i vincoli laterali della struttura curvilinea che vanno adeguatamente rinforzati aumentandone lo spessore e dotandoli eventualmente di contrafforti. L'emiciclo è un elemento architettonico che verrà ampiamente sviluppato nelle costruzioni romane grazie alla tecnologia del calcestruzzo. Un'analoga struttura in opera quadrata può svolgere la stessa funzione in quanto le singole assise lavorano come

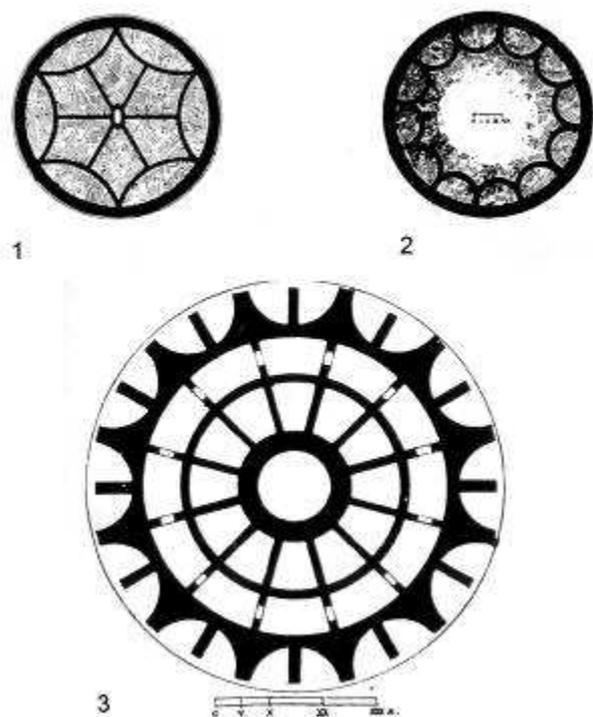


Fig. 505 – Planimetrie di mausolei. 1) tumulo alla Marcigliana (*Crustumarium*) presso la via Salaria, a nord di Roma; 2) tumulo detto degli Orazi, sulla via Appia a Roma; 3) Mausoleo di Augusto (MARTA 1985)

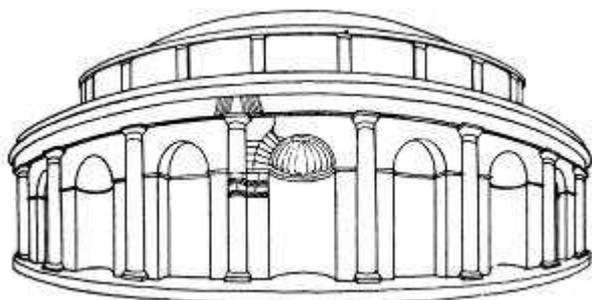


Fig. 506 - Capua (S.M. Capua Vetere). Mausoleo detto "Le Carceri Vecchie", I sec. d.C. Ricostruzione (MARTA 1985)

archi radiali in conci cuneiformi ma certamente una costruzione di questo tipo, dove ogni blocco deve essere appositamente sagomato, risulta molto più costosa e richiede anche un elevato livello di specializzazione. Un'edera in opera cementizia viceversa viene tirata su molto rapidamente, partendo da un semicerchio tracciato a terra con una corda e poi mettendo in opera i materiali come si fa con gli altri muri. Elementi strutturali di questo tipo, come si è visto, più o meno nella stessa epoca vengono inseriti all'interno del podio del Tempio B di Pietrabbondante per aumentare la resistenza del muro perimetrale alla pressione verso l'esterno esercitata dal riempimento (fig. 296 a p. 181). Allo stesso scopo verranno disposti radialmente intorno al riempimento di alcuni grandi sepolcri a pianta circolare (figg. 505, 506).

Le cavee dei teatri, che sono realizzati in alcuni santuari per consentire lo svolgimento di spettacoli e cerimonie culturali, hanno la medesima funzione di contenimento. I sedili compongono una serie di archi concentrici in conci cuneiformi contrapposti al pendio. In molti casi poggiano su una massiciata di calcestruzzo che è la parte più direttamente sollecitata dalla spinta del terreno e su setti di fondazione radiali¹⁴⁶; in ogni modo le file di sedili lapidei costituiscono degli anelli di rinforzo.

Le costruzioni del tempio di Apollo *ad clivum Fundanum* sulla via Appia, presso Itri, sono composte da una serie di grandi blocchi a pianta quadrangolare giustapposti e realizzati in fasi diverse, tra il II e il I sec. a.C., contenenti lunghe camere parallele, coperte da volte a botte, utilizzate come cisterne (fig. 507). I muri divisorii costituiscono i denti della *substructio*; il ritmo serrato e lo sviluppo in lunghezza sono fattori che determinano una maggiore resistenza alle spinte del terreno retrostante e hanno altresì il vantaggio di estendere al massimo l'area scoperta soprastante pertinente al santuario.

La terrazza inferiore del Tempio di Giove Anxur a Terracina¹⁴⁷, datato agli inizi del I sec. a.C., è posta su uno sperone che domina il mare. L'orientamento della *substructio* si adatta al profilo dell'altura e diverge da quello N-S del tempio che è dettato evidentemente da motivi rituali (fig. 508). La parte posteriore è tagliata nella roccia, quella

¹⁴⁶ Si veda ad esempio la cavea del teatro del santuario di Ercole Vincitore a Tivoli in GIULIANI 2004, pp. 46-47, figg. 30-33.

¹⁴⁷ BORSARI 1894; LUGLI 1926, pp. 166-178; QUILICI 2004

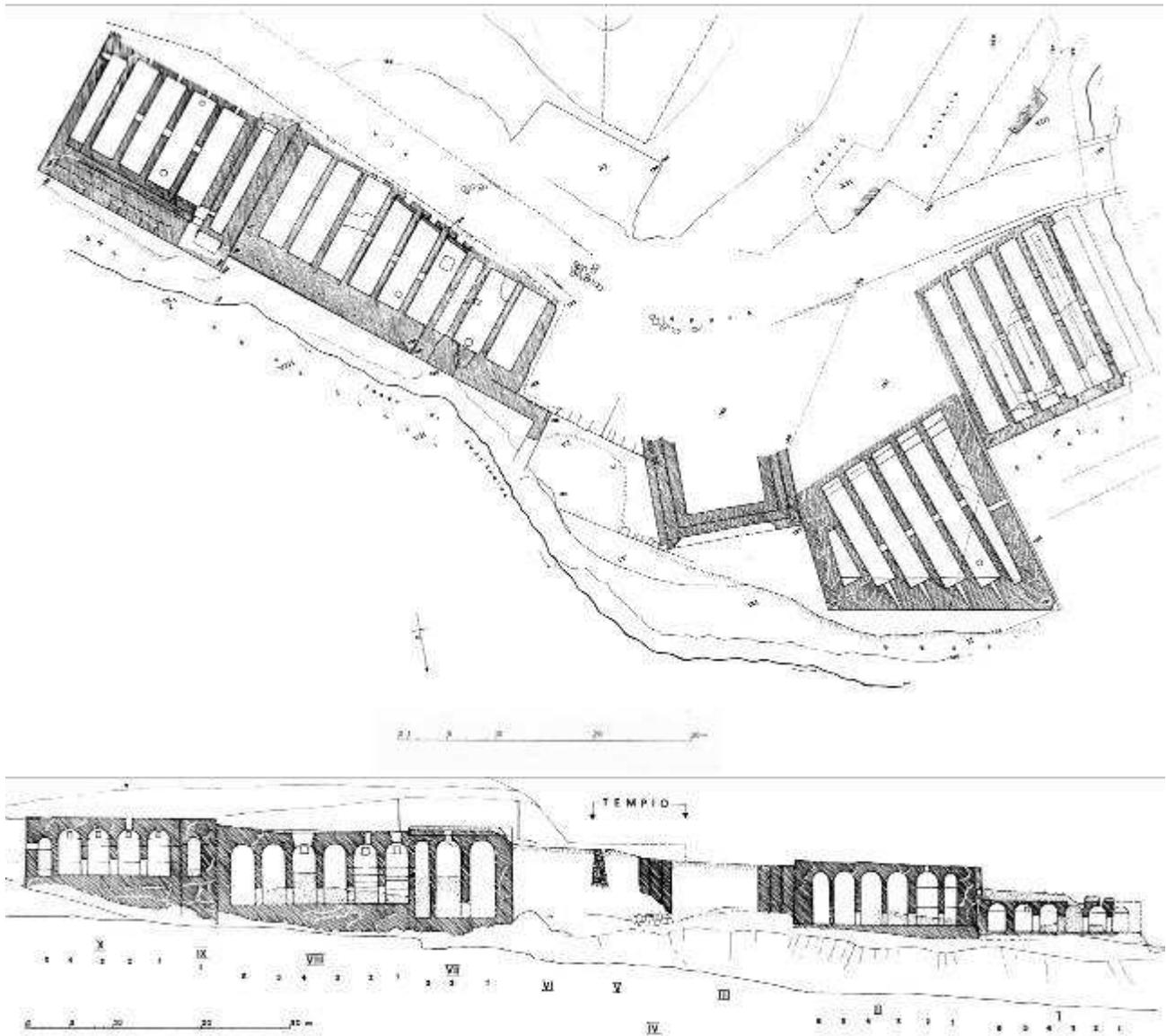


Fig. 507 - Itri. Santuario di Apollo *ad clivum Fundanum* sulla via Appia. Sopra: pianta del complesso. Sotto: sezione dei terrazzi sul fosso di Sant' Andrea. Schizzo (QUILICI 2003)

anteriore è sostenuta su tre lati da una serie di muri in opera incerta coperti da volte a botte. La disposizione delle strutture combina due fondamentali principi di contraffortamento per mezzo delle coperture voltate. Il lato corto a NO, come a Palestrina, è risolto da setti murari ortogonali al terrapieno su cui è impostata una serie di volte a botte contigue (fig. 508 A). Lo schema del lato opposto a SE è analogo, salvo il fatto che i setti trasversali e le arcate hanno una profondità minima configurandosi come nicchie (figg. 508 B, 509). L'impegno statico di questa parte del muro peri-

metrale è probabilmente minore, essendo più distante dal tempio; ma non è da escludere l'esistenza anche di denti interni conformemente alla buona regola costruttiva che verrà ribadita da Vitruvio (VI, 11, 6-7). Sul lato lungo a SO la funzione di contenimento è delegata invece a una lunga volta a botte, che copre un corridoio, la quale non è ortogonale al terrapieno, ma parallela (fig. 508 C). Nel primo caso l'azione di contrasto è risolta in modo statico da una grande massa muraria che fa resistenza con il proprio peso, nel secondo

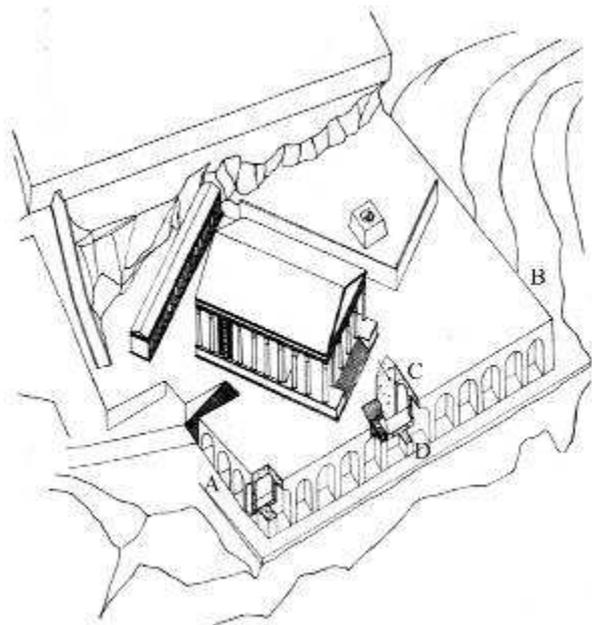
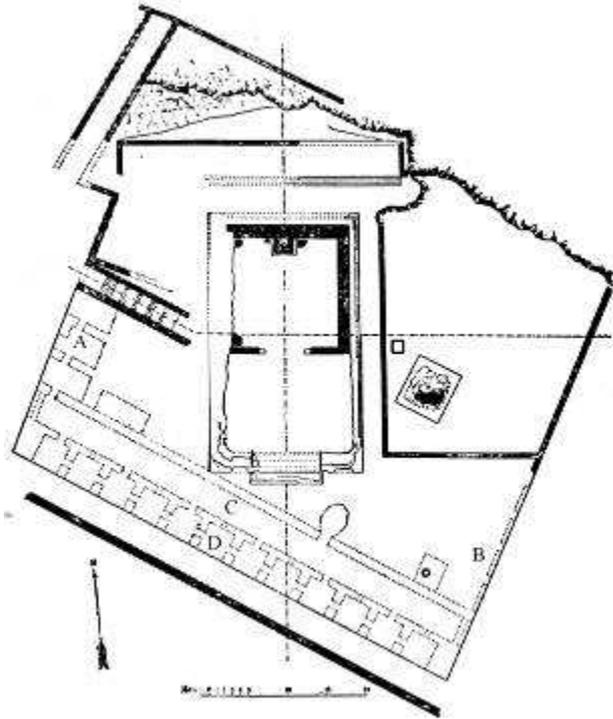


Fig. 508 - Terracina. Santuario di Giove Anxur. Sopra: pianta (BORSARI 1894). Sotto: Assonometria ricostruttiva (FASOLO - GULLINI 1956)

è di tipo dinamico opponendo alle spinte oblique del terrapieno la sollecitazione di segno contrario esercitata dalla volta. La copertura spinge però anche sul lato opposto, dove va contraffortata; si



Fig. 509 - Terracina. Santuario di Giove Anxur. Veduta del lato SE della costruzione

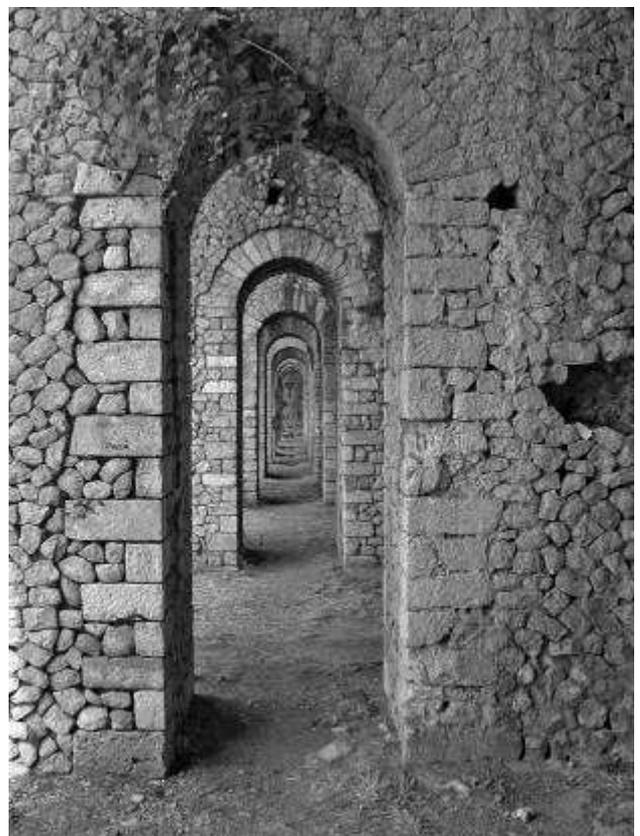


Fig. 510 - Terracina. Santuario di Giove Anxur. Percorso longitudinale attraverso i setti del lato SO della costruzione

risolve addossandole dalla parte esterna una fila di muri e volte a botte ortogonali (figg. 508 D, 510).

L'articolazione interna della *substructio* di Terracina, che comporta coperture diversamente orientate, serve a ricavare una serie di ambienti dove si svolgono alcune attività del santuario. Il lungo corridoio longitudinale del lato SO ad esempio

conduce ad una grotta che era forse connessa al culto. Nei muri divisorii sui cui si impostano le serie di volte a botte vengono praticate delle aperture arcuate in asse che determinano un secondo percorso longitudinale secondo uno schema già visto nella “*Porticus Aemilia*” (fig. 510, fig. 431 a p. 252).

Combinando nel modo più razionale la disposizione dei muri e l’orientamento delle coperture la *substructio* romana riuscirà a diventare non solamente il sostegno di una terrazza, ma anche un grande contenitore. In questo tipo di organismi lo sviluppo planimetrico può essere notevolmente più articolato di quello necessario al contenimento dell’altura perché destinato ad accogliere attività di vario tipo. Tale processo mostra la sua piena maturazione nel santuario di Ercole Vincitore a Tivoli¹⁴⁸ (figg. 511, 512). L’area sacra, con il teatro e il tempio sull’asse centrale, circondata da portici a due piani su tre lati, sorge su un terreno in pendenza che a NO precipita verso l’Aniene. Essa è stata realizzata operando sbancamenti a SE e costruendo una grande sostruzione dalla parte opposta (fig. 513); la terrazza copre un tratto della via Tiburtina che è in ripida salita da O a E in direzione di Tivoli. La funzione della *substructio* è pertanto anche quella di consentire il passaggio della strada in galleria (*via tecta*) e di affiancarla con una serie di ambienti che offrono servizi ai viaggiatori, i quali sono gestiti dal santuario garantendo a quest’ultimo un’importante fonte di reddito. La parte più ampia della sostruzione corrisponde al terzo livello, posto grosso modo in quota con il percorso stradale (fig. 514); questo ingloba una fila di ambienti di epoca precedente allineati sul lato a monte della via e aggiunge sul lato a valle – sopra le strutture dei due livelli sottostanti – decine di vani, con una ripartizione a pettine dello spazio interno che è definita dai muri ortogonali alla facciata settentrionale sulla base di una cellula larga circa 5 m. Alcuni denti sono mancanti per fare posto a delle grandi sale con luce doppia rispetto agli altri vani e con profondità pari a quella del blocco esterno della sostruzione; gli spazi tra gli altri muri sono invece quasi sempre ripartiti nel senso della profondità in una serie di ambienti minori. La pianta del piano superiore, posto a livello dell’area sacra, è organizzata sulla base della medesima disposizione a pettine dei muri divisorii in tre settori;

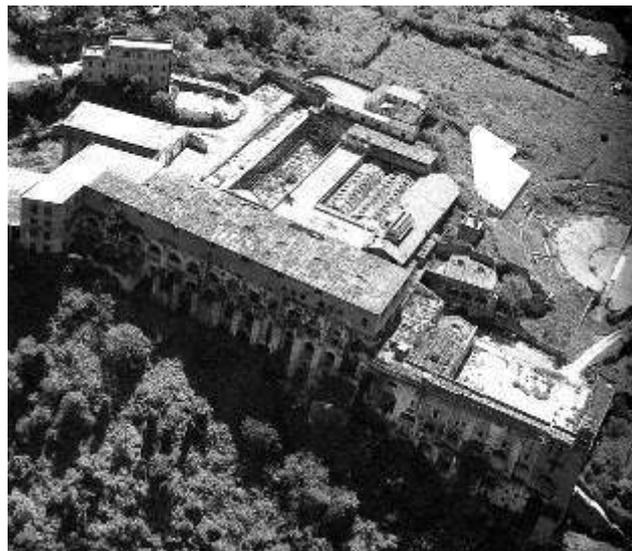


Fig. 511 - Santuario di Ercole Vincitore. Veduta aerea da NO (GIULIANI 2006)

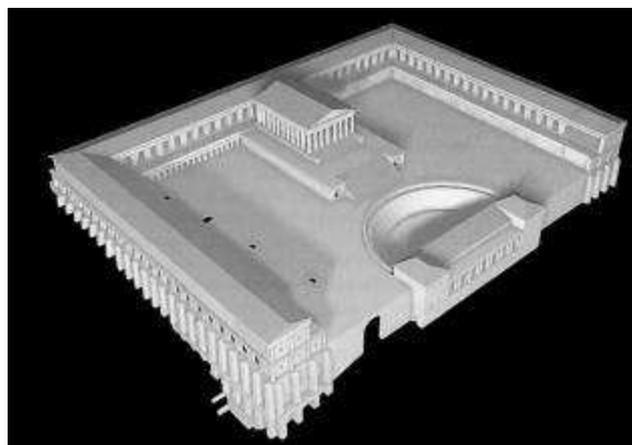


Fig. 512 - Tivoli. Santuario di Ercole Vincitore. Ricostruzione (GIULIANI 2004)

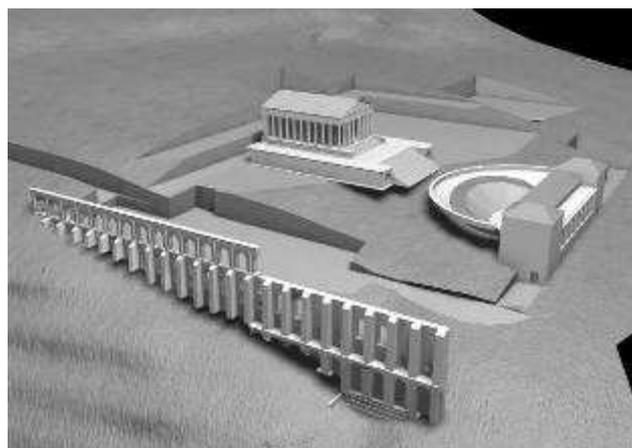


Fig. 513 - Tivoli. Santuario di Ercole Vincitore. Rapporto tra gli sbancamenti e la costruzione (GIULIANI 2004)

¹⁴⁸ GIULIANI 2004

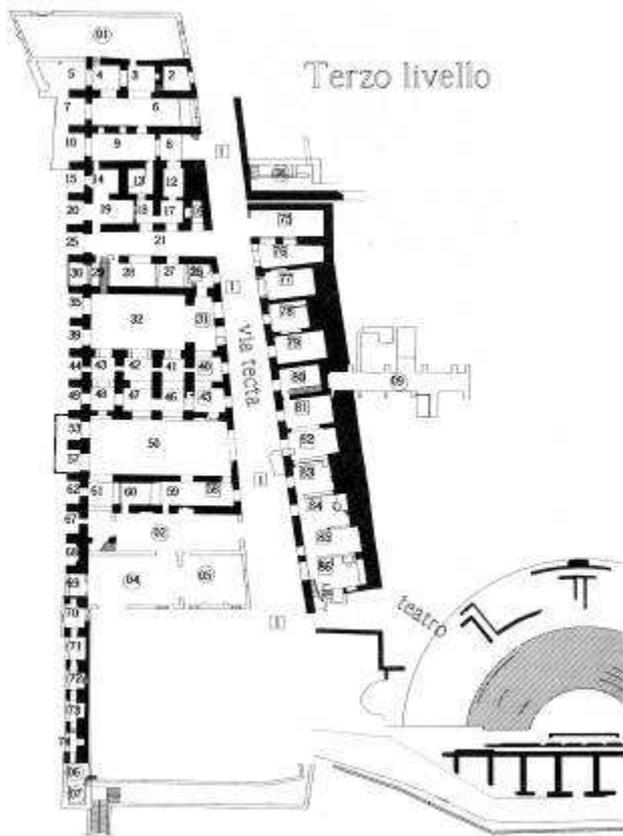


Fig. 514 - Tivoli. Santuario di Ercole Vincitore. Pianta del III livello (GIULIANI 2004)



Fig. 515 - Tivoli. Santuario di Ercole Vincitore. Veduta della via tecta. Sono visibili i due lucernai superstiti (GIULIANI 2004)

quello più interno corrisponde al portico inferiore della piazza (fig. 516). Alcuni setti murari, sia trasversali che longitudinali, poggiano sulle volte a botte delle sale più grandi del livello sottostante che quindi sono rinforzate da arconi trasversali in travertino (fig. 517).

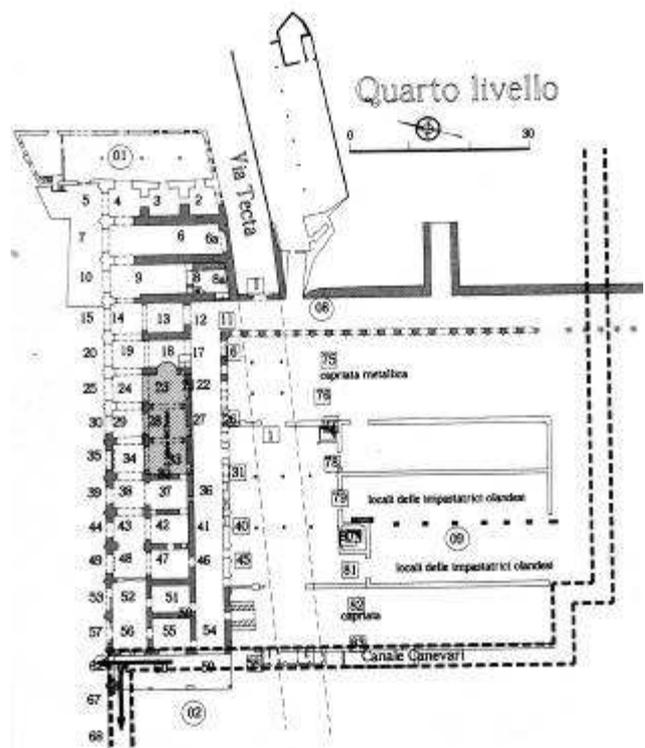


Fig. 516 - Tivoli. Santuario di Ercole Vincitore. Pianta del IV livello (GIULIANI 2004)

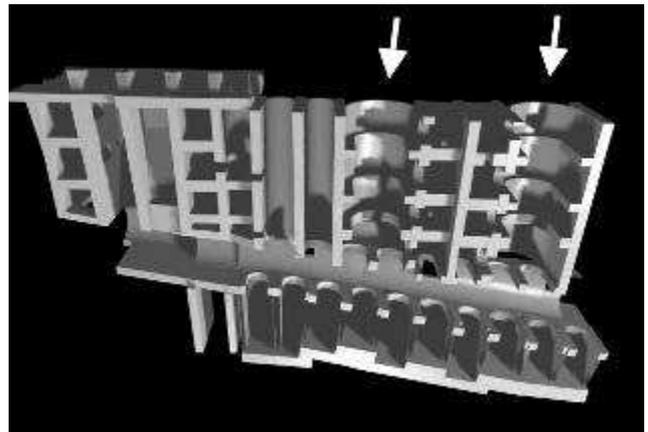


Fig. 517 - Tivoli. Santuario di Ercole Vincitore. Ricostruzione del III livello. Veduta dal basso del sistema voltato (GIULIANI 2004)

Le volte del terzo livello della sostruzione appaiono sapientemente inserite nella griglia di base, dove si contrastano reciprocamente con orientamenti diversi che raccolgono e smorzano la potente spinta obliqua della grande volta a botte della via tecta. Lo scopo è quello di attutire le sollecitazioni laterali verso l'alta facciata settentrionale, la quale viene in ogni caso rinforzata da contrafforti collocati in corrispondenza dei muri

divisori dei tre livelli inferiori (fig. 513). Lo sviluppo in profondità delle sostruzioni certamente penalizza l'illuminazione interna. Anche questo aspetto a Tivoli si tenta di risolverlo nel modo più razionale. Le sale maggiori del terzo livello, ciascuna delle quali affacciava verso l'Aniene con due grandi finestre, davano luce indirettamente ai piccoli vani laterali (fig. 517). La *via tecta*, che restava all'esterno del corpo di fabbrica soprastante, poteva essere illuminata da una serie di lucernai che si aprivano nel piano dell'area sacra (fig. 515).

Sul Palatino un esempio di sostruzione a più livelli con volte a botte contigue chiuse sul davanti da un'alta facciata verticale è quella sul lato N della terrazza della Vigna Barberini, datata all'età adrianea¹⁴⁹ (figg. 518, 519). L'interno ha qui uno scarso spessore, quanto basta per arginare il terrapieno retrostante; in ogni modo è organizzato

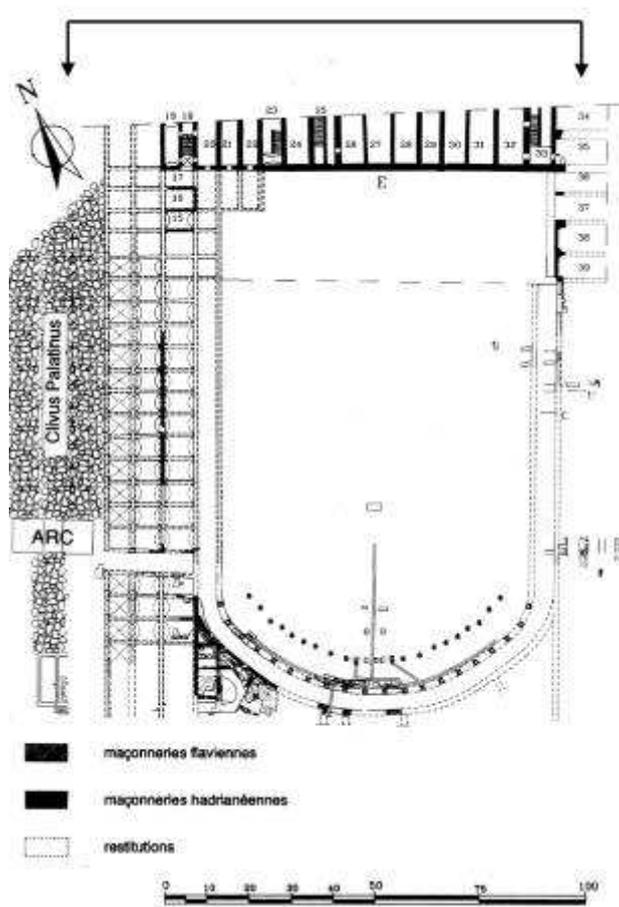


Fig. 518 - Roma. Palatino. Terrazza della Vigna Barberini. Pianta della sostruzione all'epoca di Adriano (VILLEDEIU – VELTRI 1999)

¹⁴⁹ VILLEDEIU – VELTRI 1999

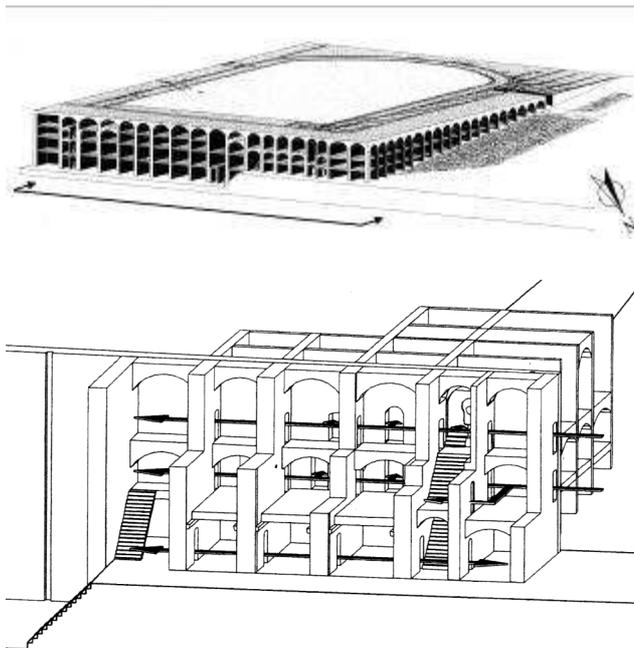


Fig. 519 - Palatino. Terrazza della Vigna Barberini. Sopra: ricostruzione assometrica delle sostruzioni all'epoca di Adriano. Sotto: particolare dell'angolo NO (VILLEDEIU – VELTRI 1999)

con file di ambienti paralleli ben illuminati dalle finestre che si aprivano nella facciata e collegati da tre corpi-scala, che erano spazi vivibili forse utilizzati come alloggiamenti delle guardie del palazzo, oppure come uffici, secondo le diverse ipotesi che sono state avanzate. Lo scheletro portante è costituito da una teoria di volte che si svolge sulla sommità dell'edificio impostandosi su alti muri verticali; i piani sottostanti sono definiti da semplici solai di legno impostati su cornici a mattoni. Solamente il settore compreso tra i due corpi-scala occidentali è più massiccio, dotato di una fila di volte anche al livello intermedio, perché in questo tratto la parte superiore della sostruzione aveva una profondità maggiore, comprendendo altri ambienti, ed era quindi più pesante (fig. 519).

Diversa è la conformazione delle sostruzioni della *Domus Tiberiana*¹⁵⁰ e del Palazzo dei Flavi¹⁵¹, composte da pochi gradoni di profondità crescente che preparano le grandi spianate del livello di rappresentanza (fig. 520).

Le varie formulazioni adottate nelle grandi fabbriche romane edificate in pendio raggiungono il

¹⁵⁰ GIAVARINI 1998; KRAUSE 2009

¹⁵¹ WATAGHIN CANTINO 1966; GIULIANI 1982 b; WULF RHEIDT 2009

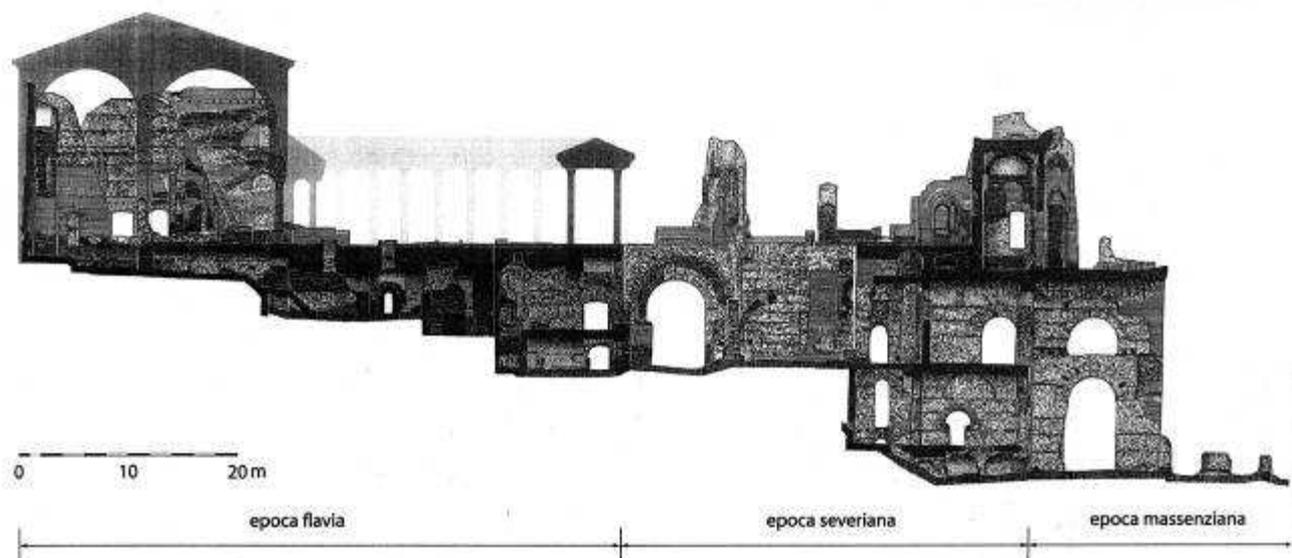


Fig. 520 - Roma. Palatino. *Domus Augustana*. Sezione delle strutture superstiti con la ricostruzione schematica dei corpi di fabbrica di epoca flavia al livello superiore (WULF RHEIDT 2009)

loro più alto livello di sintesi nei c.d. Mercati di Traiano, vasto complesso amministrativo – e non certamente un *macellum*¹⁵² – che venne edificato tra la fine del I e l’inizio del II sec. d.C. in prossimità dei Fori Imperiali¹⁵³ (fig. 521). La sua costruzione è connessa a un’ambiziosa operazione urbanistica intrapresa da Domiziano che comportò l’abbattimento di una sella montuosa situata dietro il lato settentrionale del Foro d’Augusto la quale collegava il Quirinale con il colle Capitolino. Il compito primario dell’insieme di edifici è quello di rivestire e contenere il fianco del Quirinale tagliato dalle operazioni di sbancamento. Il complesso è articolato in quattro principali gradoni di profondità crescente, sul più alto dei quali sono impostati altri due piani completamente in elevato (fig. 522). La funzione contenitiva ai livelli inferiori, dove è più forte la pressione del terreno, è affidata a una serie di emicicli. Quello centrale – detto “Grande Emiciclo” – con un diametro in facciata di 58,40 m, è rinforzato da file di muri radiali coperti da volte a botte, che delimitano stanze vivibili, i quali al livello inferiore presentano lo spessore eccezionale

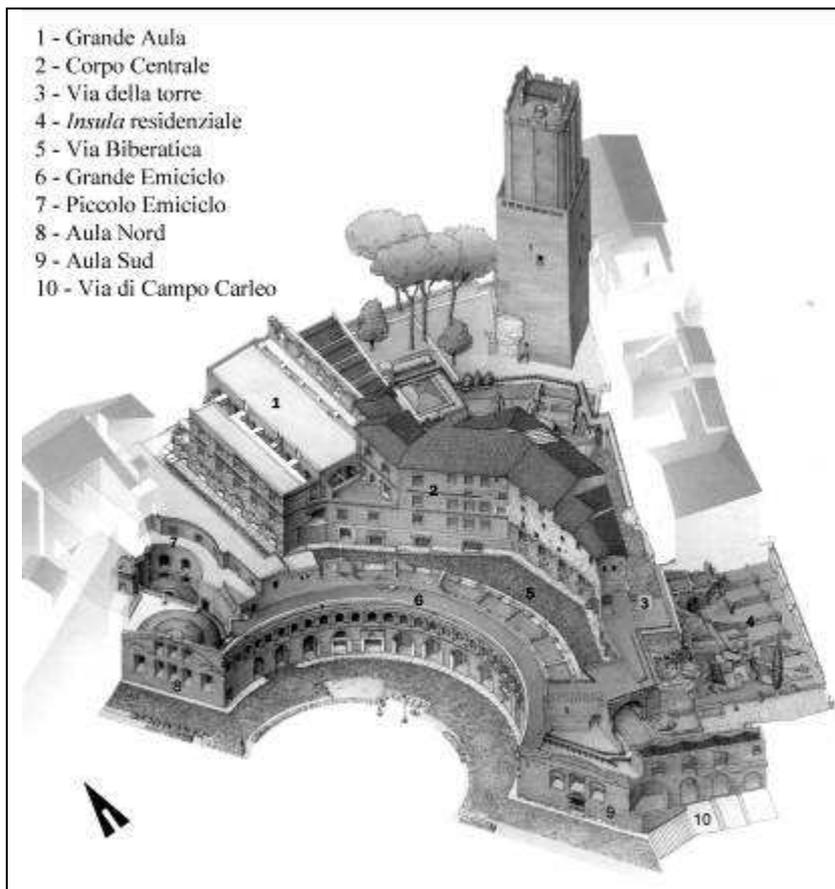
di 3m/3,60 m, mentre quello del muro curvilineo addossato alla parete della collina è pari a 2,40 m.

Il Grande Emiciclo rappresenta sul piano spaziale il centro del quartiere; ne è l’ingresso principale dalla parte del Foro di Traiano e lo schema della facciata si ispira volutamente a quello delle porte urbane¹⁵⁴. L’asse centrale dell’edificio non coincide però con la posizione del crinale della sella montuosa abbattuta. Questo passava più a sud, alle spalle del Foro di Augusto, dove il taglio del Quirinale è stato contenuto da un’*esedra* più piccola schermata sul davanti da un’alta facciata che definisce un’aula semicircolare – detta “Aula di testata sud” (fig. 523). Questo settore dei Mercati si configura come uno sperone avanzato verso la spianata del Foro di Traiano il quale ha il proprio fulcro nell’*esedra* della sala ed è delimitato lateralmente dalle due diagonali quasi simmetriche del primo tratto della facciata del Grande Emiciclo e della fronte di un altro corpo di fabbrica, posto lungo l’attuale via di Campo Carleo; da queste due pareti si dipartono a pettine le sequenze di muri di spina che arginano da direzioni opposte la testata dell’altura risultante dagli sbancamenti (fig. 525). Al centro la pressione del terreno è contenuta non solo dall’*esedra* ma anche dalla *semicupola* della sala la quale è impostata sull’emiciclo e quindi scarica a monte tutto il suo peso (fig. 524).

¹⁵² Sulla destinazione d’uso dei c.d. Mercati di Traiano cfr. BIANCHINI 1992

¹⁵³ Sulla datazione delle prime fasi della costruzione del complesso architettonico all’età di Domiziano e sulla descrizione delle strutture di costruzione del settore meridionale dei Mercati di Traiano, connesse al taglio della sella montuosa, cfr. BIANCHINI 2005

¹⁵⁴ BIANCHINI 1991, pp. 110-121



▲ Fig. 521 - Roma. Mercati di Traiano. Assonometria dello stato attuale del complesso (UNGARO 2007, dis. di Inklink)



► Fig. 522 - Roma. Mercati di Traiano. Assonometrie schematiche dei sette livelli principali del complesso (ricostr. M. Bianchini, in www.rilievoarcheologico.it)

Le quote degli spiccati delle fondazioni del settore meridionale dei Mercati di Traiano restituiscono il profilo altimetrico dell'area prima degli sterri e consentono di comprendere con quali modalità vennero condotti gli sbancamenti. L'edera dell'Aula sud e i muri del piano inferiore della sostruzione di via di Campo Carleo, come dimostrano i grandi solchi dei ritti delle sbadacciate che perforano queste pareti per tutta la loro altezza (fig. 524), vennero costruite come fondazioni in cavo armato, scavate in grande profondità nel terreno a partire da una quota almeno otto metri più alta rispetto a quella raggiunta dalla sistemazione definitiva (fig. 526). Avvenuta la presa, si procedette agli sbancamenti eliminando tutta la terra situata a valle di queste strutture le quali, nate come fondazioni, divennero muri

perimetrali in elevato degli ambienti del livello inferiore. Tolti i pali delle sbatacciate, i solchi vennero tamponati con opera laterizia e le pareti furono intonacate. Solo la parte più profonda venne lasciata sotto terra dove continuava a lavorare come fondazione. Il gradone superiore di questo settore dei Mercati è stato ricavato invece con una parziale sopraelevazione del livello originario del pendio, edificando a partire dal piano di cantiere intermedio un alto muro di contenimento che venne colmato alle spalle con i detriti provenienti dalle demolizioni dei fabbricati preesistenti. Sull'interro vennero infine gettate le volte a botte che sostruivano il terrazzo soprastante. A valle si era scavato, a monte si innalzava. Il risultato finale è che in corrispondenza dell'Aula di testata sud il dislivello complessivo, risolto da un solo gradone

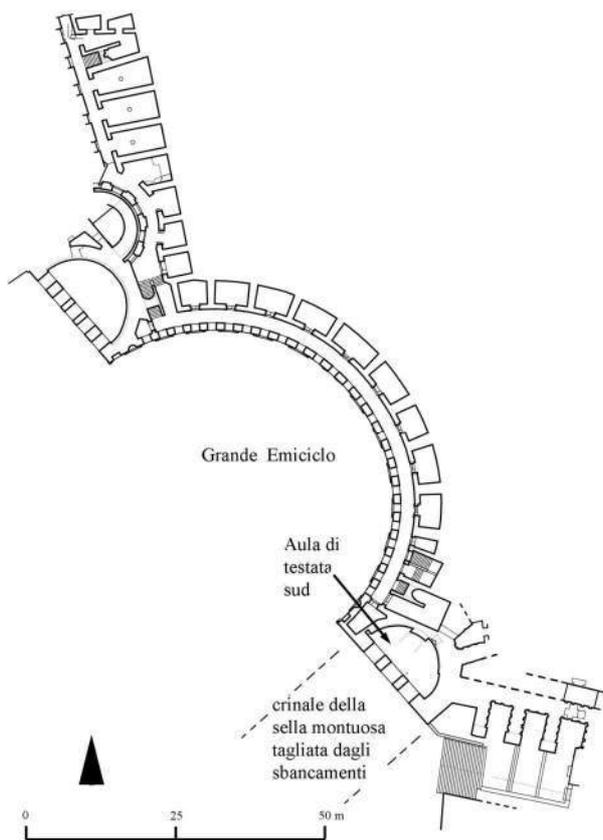
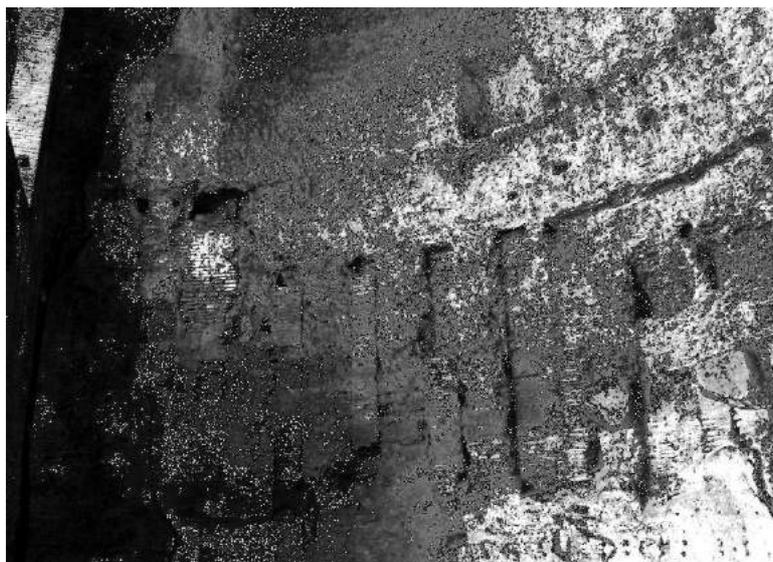


Fig. 523 - Roma. Mercati di Traiano. Pianta del secondo livello (LANCASTER 1998b, rielab. dell'autore; rilievo M. Bianchini - Studio Tau)

intermedio profondo 10 m, sarà di 22 m contro i circa 10 m della situazione iniziale. Sarà proprio questo il punto più ripido di tutto il quartiere quindi il più delicato sul piano strutturale.

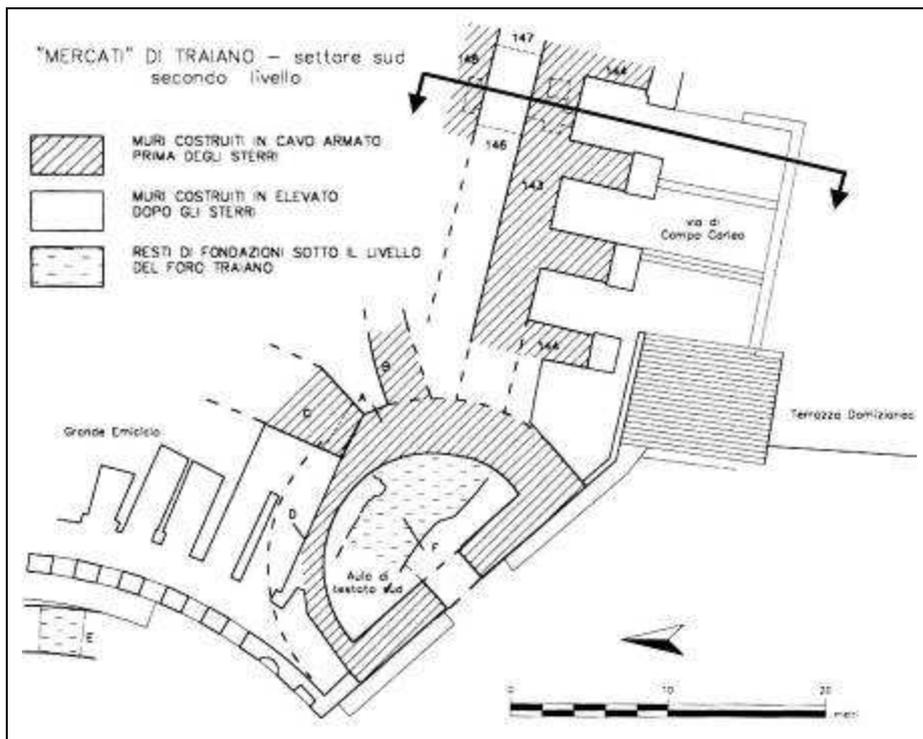
A partire da questa zona procedendo verso nord i



◀ Fig. 524 - Roma. Mercati di Traiano. Aula di testata sud. Particolare dell'emiciclo dell'aula. Il muro è stato costruito dentro una profonda trincea di fondazione. Dopo lo sbancamento del terreno antistante, i solchi dei ritti sono stati tamponati con opera laterizia; la parete è stata poi intonacata (cfr. figg. 526, 499 B a p. 287)

gradoni artificiali del complesso tendono ad allargarsi a ventaglio, con conseguente diminuzione della pendenza complessiva (figg. 521, 522). Il profilo planimetrico della fronte a valle è condizionato dall'orientamento che il progetto di sistemazione della vasta area aveva assegnato alla piazza antistante, dove verrà edificato il Foro di Traiano, ma è divergente rispetto alle isoipse. L'Aula di testata nord del Grande Emiciclo è simmetrica a quella meridionale, ma la sua esedra non ha la stessa funzione strutturale dell'altra; da questa parte il contenimento dell'altura è delegato a un altro emiciclo situato in posizione più arretrata (figg. 521 n. 7, 523).

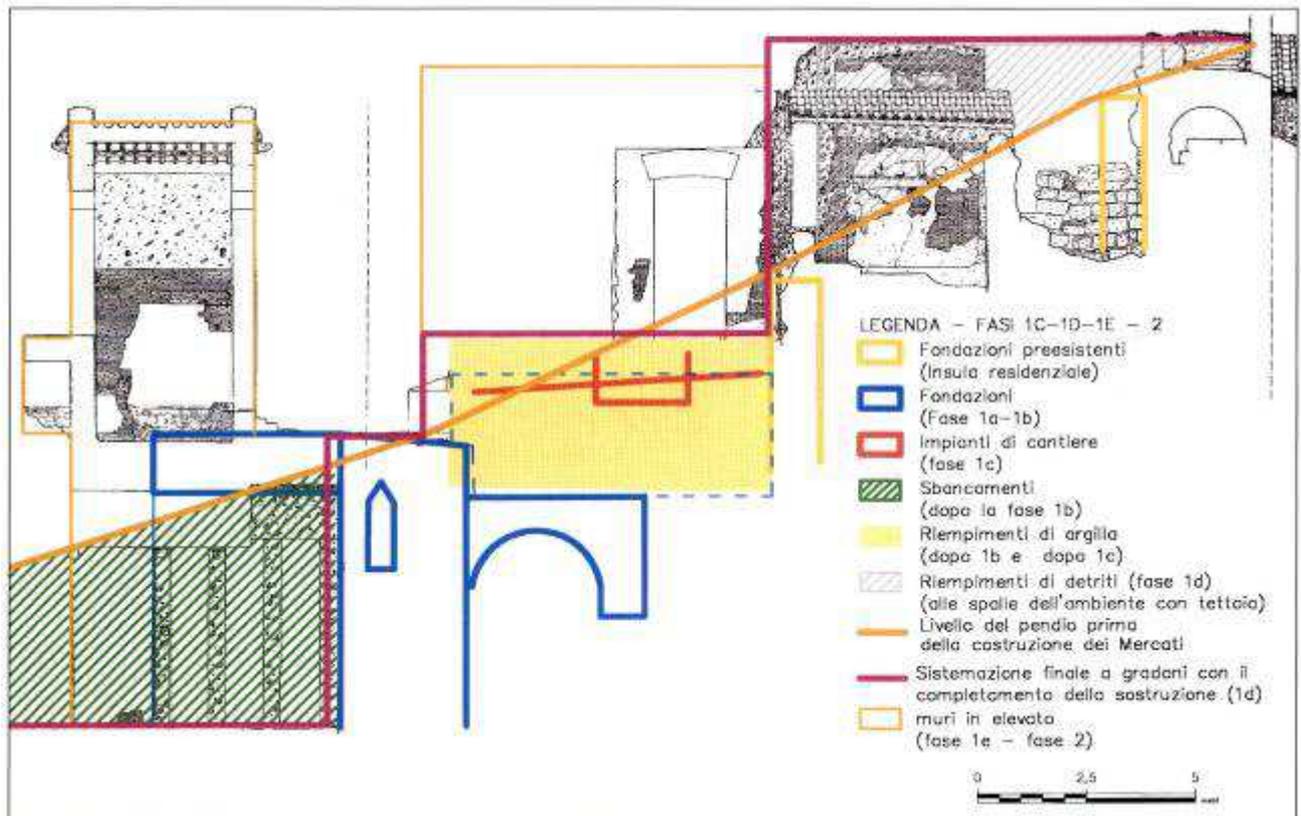
L'impegno statico delle grandi dighe in calcestruzzo diminuisce gradualmente dal basso verso l'alto. Il profilo a onde degli emicicli si smorza al livello superiore in una spezzata poligonale che lavora a trazione contro il terrapieno, rinforzata da file di muri ortogonali, la quale definisce il profilo planimetrico dei corpi di fabbrica superiori (fig. 522). L'articolazione degli edifici ai vari piani è concepita in modo che tutti gli ambienti addossati alla parete montuosa possano ricevere una illuminazione sufficiente, affacciandosi direttamente sullo spazio esterno oppure indirettamente da un corridoio di distribuzione che corre dietro la facciata (fig. 523). Il gradone del terzo livello, che è il più profondo, è percorso al centro da una strada pedonale - la via Biberatica - che costituisce il principale asse di collegamento del quartiere ma funge anche da pozzo di luce per i corpi di fabbrica che la costeggiano su entrambi i lati.



◀ Fig. 525 - Roma. Mercati di Traiano. Settore meridionale. Planimetria del sistema di sostruzioni. E' indicato il tracciato della sezione alla fig. 526 (BIANCHINI 2005)

Fig. 526 - Roma. Mercati di Traiano. Sezione del versante meridionale del complesso con l'indicazione delle fasi costruttive (BIANCHINI 2005)

▼



Capitolo VII

La struttura di archi e volte.

1) Il procedimento di costruzione degli archi

Nella prima parte del libro si è specificata la differenza fra arco e volta; il primo corrisponde allo spessore di un muro, la seconda alla superficie di un vano. La distinzione ha conseguenze pratiche; la diversa posizione dei due elementi architettonici rispetto alla griglia muraria determina comportamenti statici difforni da cui deriva di conseguenza – nelle costruzioni in opera cementizia, assai più che nelle tradizionali fabbriche in mattoni o in conci lapidei – una differente struttura. L'arco è un elemento portante che è sollecitato dal carico della muratura posta al di sopra; la volta è un massa muraria che deve resistere solamente al proprio peso e gravare il meno possibile sui muri d'alzato. L'arco di conseguenza deve essere confezionato con una tessitura più compatta e resistente. Negli edifici in opera cementizia gli archi sono comunemente realizzati con elementi lapidei o laterizi, posizionati radialmente sopra la centina a partire dalle imposte in direzione della chiave e cementati con sottili letti di malta. Inizialmente, nelle murature in opera incerta e poi in quelle in opera reticolata, si usano blocchetti lapidei cuneiformi (fig. 510 a p. 292); a partire dal I sec. a.C. cominciano a essere adoperati i mattoni, comunemente sesquipedali o bipedali, talvolta in alternanza con gli elementi lapidei. Il loro impiego, in associazione alle murature in opera laterizia e in opera mista, diventerà pressoché esclusivo in epoca imperiale. Nelle costruzioni tardoantiche in opera vittata mista gli archi sono più spesso composti da soli mattoni, ma non sono infrequenti quelli in cui uno o più laterizi si alternano a conci o blocchetti lapidei.

Negli archi si usano mattoni speciali appositamente sagomati a cuneo, ma quasi sempre mischiati a mattoni ordinari a larghezza costante (fig. 528). Il numero e la posizione dei laterizi dell'uno e dell'altro genere è variabile. Le maestranze fanno un uso discrezionale dei due tipi scegliendo volta per volta il profilo più adatto per mantenere la perfetta ortogonalità dei mattoni alla curvatura della centina. A questo scopo si cura anche lo spessore dei singoli letti di malta

sagomandoli in forma più o meno rastremata. La disposizione esattamente radiale dei mattoni è garanzia di una maggiore stabilità dell'arco. Si evita pertanto di costruire le ghiera nel modo che si riscontra di frequente nelle costruzioni mesopotamiche in mattoni cotti, dove i laterizi erano messi in opera con un'inclinazione minore rispetto al raggio per cui si divaricavano gradualmente verso l'alto; ne risultava in chiave un triangolo che andava

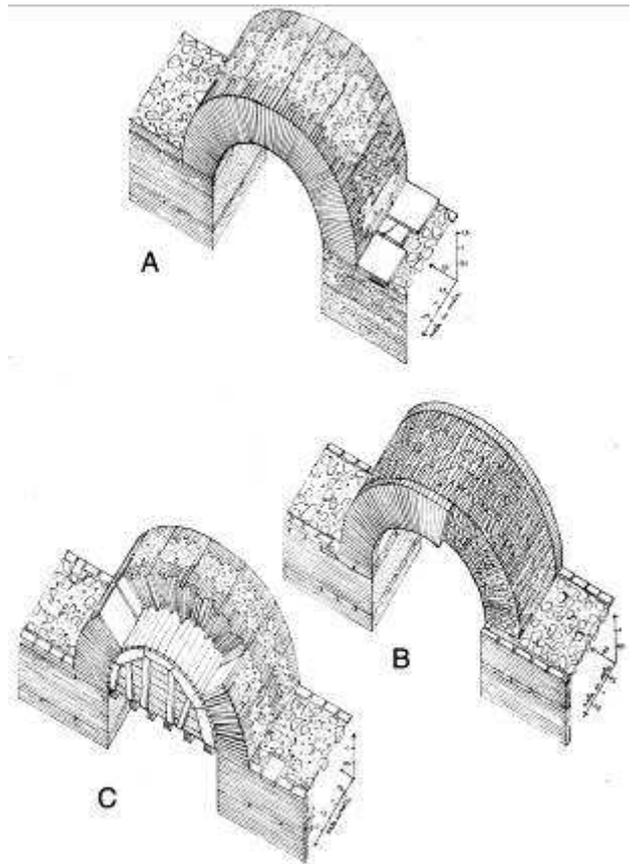


Fig. 527 - Struttura degli archi in mattoni (VITTI P. 2006)



Fig. 528 - Roma. Mercati Traiano. Arco a sesto ribassato in mattoni sesquipedali



Fig. 529 - Ostia. *Domus* del Ninfeo. Collegamento fra le ghiere di due archi adiacenti

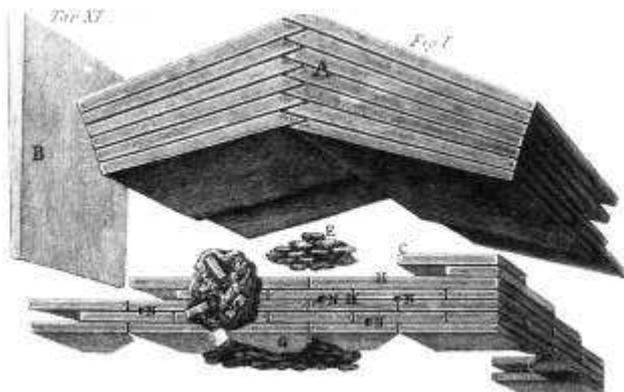


Fig. 530 - Particolari costruttivi del castello dell'acqua Giulia a Roma (disegno di Piranesi in PANIMOLLE 1982)

colmato con alcuni elementi fortemente rastremati (cfr. fig. 102 a p. 69).

I blocchetti cuneiformi o i mattoni riempivano l'intero spessore dell'arco (fig. 527 B) oppure venivano collocati in facciata e lo spazio interno era colmato con il calcestruzzo (A). Il rivestimento esterno, che costituisce la parte visibile dell'arco, prende il nome di **ghiera** (o armilla). Nelle ghiere degli archi in laterizio con nucleo in calcestruzzo si adoperavano sesquipedali o bipedali tagliati in fette rettangolari, larghe mediamente 9-15 cm, mettendo in facciavista il lato lungo corrispondente al profilo

originario; a determinati intervalli, che diventavano più frequenti presso la chiave, venivano collocati mattoni interi i quali attraversavano l'arco da parte a parte legando le due ghiere e realizzando una robusta struttura a cassoni che venivano riempiti da un calcestruzzo denso di frammenti laterizi. Gli archi più grandi erano talvolta costituiti da due o tre armille sovrapposte.

Le serie di archi contigui si impostano su mensole, colonne, pilastri o setti murari la cui larghezza è spesso inferiore a quella di due armille. Il rapporto tra gli elementi direttamente a contatto delle due ghiere adiacenti si risolve in vari modi. Comunemente i mattoni vengono tagliati praticando uno smusso in corrispondenza dell'angolo inferiore in modo da attestare gli uni agli altri su una linea verticale di mezzeria (fig. 529); altrimenti sono tagliati i mattoni di una sola delle due armille che vengono appoggiati a quelli interi dell'altra ghiera messi in opera per primi. Negli archi laterizi di maggiore impegno statico spesso invece si risolve ammorsando i mattoni di una ghiera a quelli dell'altra con accavallamenti alternati (fig. 530); in tal caso si opera un taglio sulla parte superiore, presso l'angolo, di ogni mattone ammorsato in modo da farlo aderire con quello soprastante per-

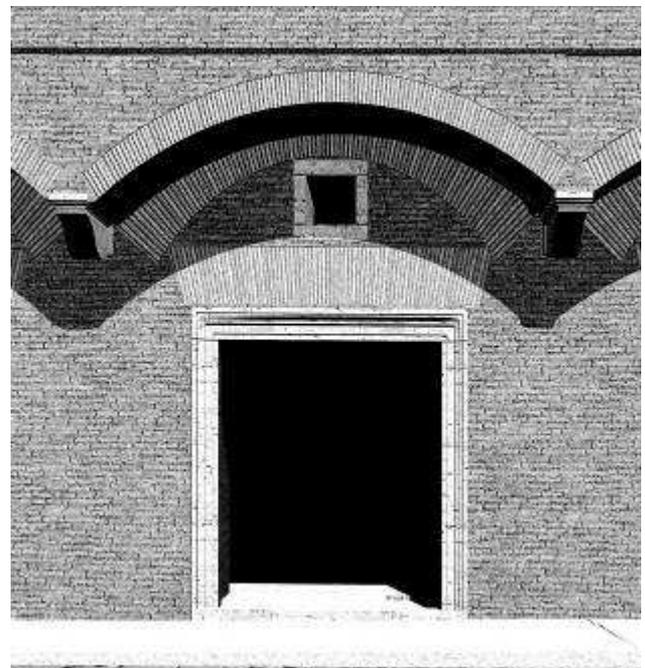


Fig. 531 - Roma. Mercati di Traiano. Ricostruzione della fronte di una delle *tabernae* lungo la via Biberatica. Sopra l'ingresso si trova una pensilina ad archi ribassati impostati su mensole (ricostruzione M. Bianchini in www.rilievoarcheologico.it)

tinente l'altra ghiera, orientato in simmetria. È un modo di legare gli archi più saldamente alla base creando una sorta di telaio continuo.

Negli edifici romani in calcestruzzo sono molto frequenti gli **archi di scarico** (o sordini) inseriti nel pieno del muro allo scopo di proteggere un'apertura situata più in basso e di convogliare i carichi gravanti sulle parti più resistenti della muratura.

La curvatura degli archi varia dal tutto sesto alla piattabanda. Quest'ultimo come si già detto è il tipo di arco meno resistente essendo a freccia nulla; viene risparmiato dal carico della muratura soprastante ponendolo sotto un'apertura oppure proteggendolo con un arco di scarico. A sua volta la piattabanda può svolgere una funzione di scarico a protezione di un architrave situato al di sotto. Lo schema più comune delle facciate delle *tabernae* romane comprende un largo portale con una cornice lapidea in cui è alloggiata la porta in legno del negozio, sormontato da una piattabanda; più in alto si trova un sordino a tutto sesto o a sesto lievemente ribassato che corrisponde alla volta a botte della *taberna*; tra la piattabanda e il sordino viene ricavata una finestra che alleggerisce l'elemento sottostante e illumina un mezzanino ricavato sopra un solaio ligneo (fig. 531).

2) Il procedimento di costruzione delle volte

Nelle volte in calcestruzzo dei primi edifici in opera incerta prevale la tendenza a disporre gli elementi lapidei sulle centine radialmente (fig. 532). La differenza rispetto agli archi è data solo dalla minore accuratezza della muratura che viene confezionata con pietre di forma irregolare allungata e con molte zeppe negli interstizi, cementate con una malta più abbondante. Uno degli ultimi esempi di questo tipo è la sottile cupola del c.d. tempio di Mercurio a Baia¹⁵⁵, datata all'inizio dell'età augustea, con lunghi scapoli di tufo conoidi, molti dei quali corrispondono quasi all'intero spessore della struttura (figg. 533, 590). In molti casi mentre gli elementi radiali messi sulla centina erano cementati con una malta di calce di buona qualità, la muratura di rinfianco era invece costituita con una gettata di materiale incoerente con pietrame misto a una malta terrosa di scadente qualità, secondo lo stesso sistema che si riscontra nei primitivi muri in opera incerta, caratterizzati da



Fig. 532 - Praeneste. Santuario della Fortuna Primigenia. Particolare delle volte delle *tabernae* ai piedi del santuario superiore (LUGLI 1957)

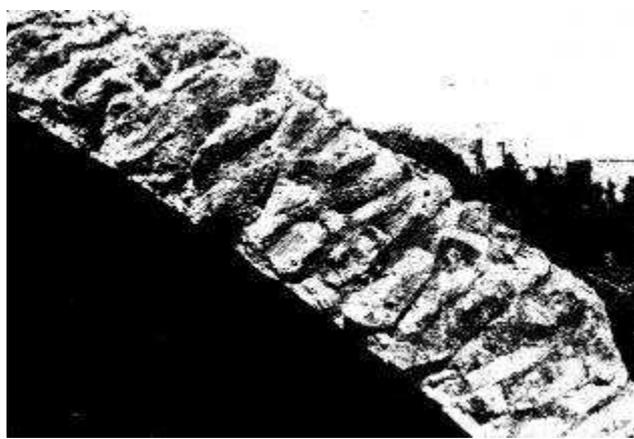


Fig. 533 - Baia. C.d. Tempio di Mercurio. Particolare dell'opera cementizia della cupola (LUGLI 1957)

un paramento ben cementato che forma un involucro rigido riempito da un nucleo incoerente. Ma già verso la fine del II sec. a.C. comincia ad affermarsi il sistema che diventerà comune in tutte le volte romane; il calcestruzzo, composto da scapoli di piccole dimensioni – generalmente di lunghezza inferiore ai 10 cm – immersi in una malta abbondante, viene gettato sulle centine a strati orizzontali come si faceva nelle fondazioni e nei muri d'alzato (cfr. fig. 552 a p. 310).

In epoca imperiale in Grecia e in Asia Minore saranno comuni le volte interamente costituite da elementi lapidei disposti radialmente, eventualmente coperti da una gettata di calcestruzzo (figg. 534-536). Spesso sono composte da grossi conci cuneiformi, soprattutto negli edifici monumentali; in altri casi si tratta invece di pietre più piccole e di forma irregolare che ricordano le

¹⁵⁵ BORRIELLO - D'AMBROSIO 1979, tav. 2



Fig. 534 - Mileto. Terme di Faustina. Terzo quarto del II sec. d.C. Particolare della volta (WARD PERKINS 1958)



Fig. 535 - Pergamo. Ginnasio. Prima metà del II sec. d.C. (WARD PERKINS 1958)

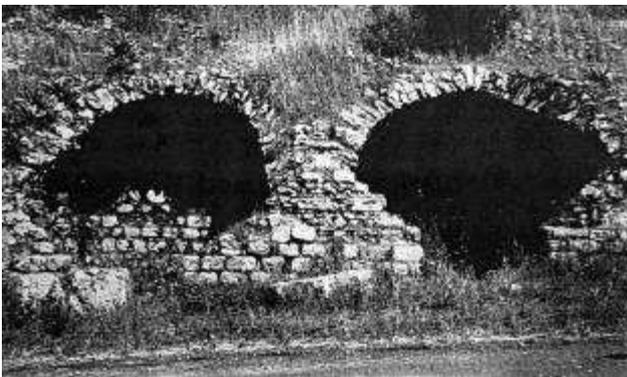


Fig. 536 - Efeso. Terme di *Vedius*. Metà del II sec. d.C. Fronte delle *tabernae* sul lato occidentale (WARD PERKINS 1958)

primitive volte in calcestruzzo laziali e campane¹⁵⁶ (fig. 536). Il metodo di costruzione è giustificato in queste regioni dalla cattiva qualità delle malte, per cui la volta vera e propria è costituita dagli elementi radiali; il conglomerato soprastante e di rinfiacco è

¹⁵⁶ WARD PERKINS 1958, p. 84, tavv. 26-27.

un mero riempimento il quale ha scarsa coesione¹⁵⁷. La stessa concezione caratterizzerà anche le volte in mattoni che saranno molto diffuse nel mondo greco in tutta l'epoca imperiale (cfr. pp. 318-321).

Numerose volte romane, soprattutto nel II sec. d.C., presentano nell'intradosso un rivestimento di mattoni quadrati messi di piatto (figg. 537, 538). Più frequentemente i laterizi sono disposti in doppio strato: all'esterno si trova un manto di bipedali che riveste completamente la superficie dell'intradosso, all'interno uno strato di mattoni più piccoli (bessali). Questi ultimi formano talora un letto continuo, altre volte sono collocati a distanze regolari, in corrispondenza degli incroci dei bipedali, e gli intervalli sono riempiti di calcestruzzo; oppure sono disposti su file trasversali continue più o meno distanziate. In qualche caso si hanno anche mattoni messi di coltello che entrano in profondità nel nucleo. Probabilmente la funzione di questi manti laterizi era quella di creare uno schermo rigido che si interponeva tra la gettata del conglomerato e la centina, facilitando lo smontaggio di quest'ultima (fig. 539). Era un metodo seguito da alcune maestranze; ma la maggior parte continuava a effettuare la gettata direttamente sul legno secondo il sistema tradizionale. All'interno dello stesso edificio molto spesso sono testimoniati entrambi i procedimenti¹⁵⁸. In ogni caso, dopo aver rimosso le

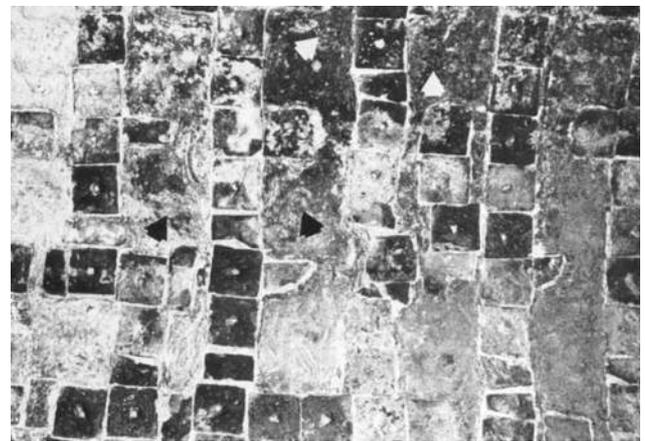


Fig. 537 - Roma. Mercati di Traiano. Particolare del manto di mattoni bessali nell'intradosso di una volta a botte nei c.d. Magazzini dell'olio (LANCASTER 1998 b)

¹⁵⁷ Laddove invece, come a Coe, si usa un cementizio migliore per la disponibilità di pozzolane locali, il conglomerato non a caso è gettato direttamente su centina (LIVADIOTTI 2005)

¹⁵⁸ Sull'argomento cfr. LANCASTER 1998 b, pp. 300-305. L'A. discute anche le varie opinioni sull'utilità di questa tecnica espresse in passato da altri studiosi.

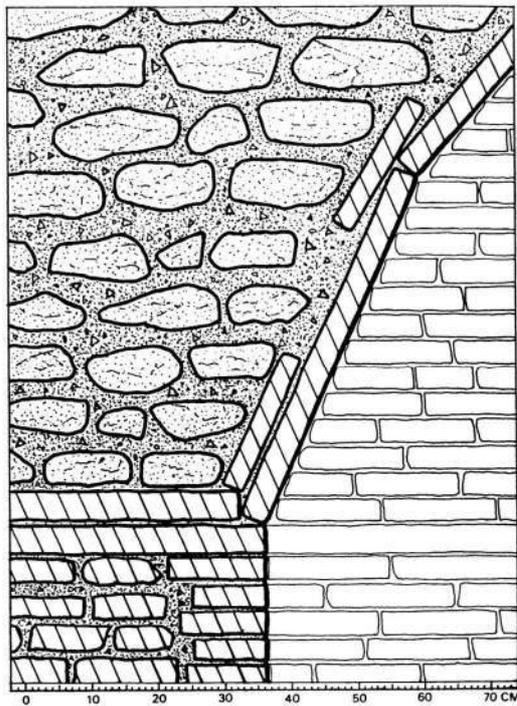


Fig. 538 - Roma. Mercati di Traiano. Sezione ricostruttiva di uno dei manti di mattoni che rivestono le volte al livello inferiore del Piccolo Emiciclo e nei c.d. Magazzini dell'olio (LANCASTER 1998 b)

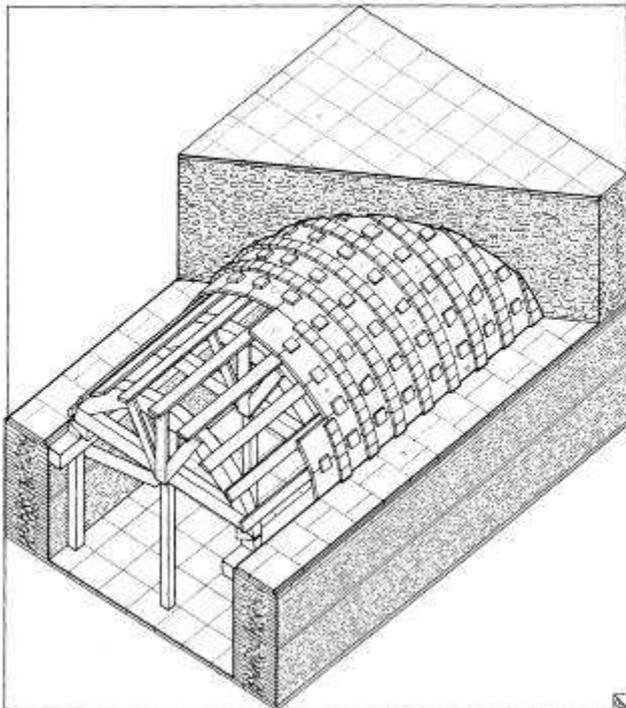


Fig. 539 - Disposizione del manto di mattoni sulla centina in fase di costruzione della volta a botte (LANCASTER 1998 b)

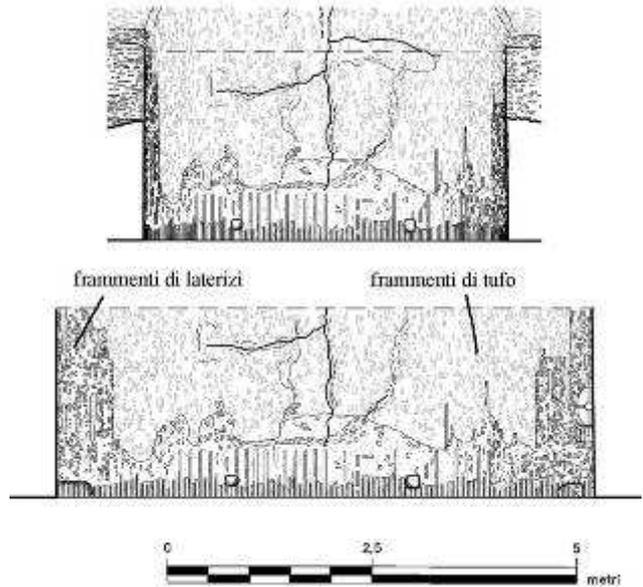


Fig. 540 - Roma. Mercati di Traiano. Pianta di uno degli archi di testata sul lato occidentale della volta a crociera della Grande Aula. Sopra: proiezione ortogonale. Sotto: proiezione cilindrica (BIANCHINI 2008 a, rilievo M. Bianchini)

centine, le volte venivano intonacate con un risultato uniforme.

Nei primi tempi i *caementa* utilizzati nel calcestruzzo delle volte hanno una composizione omogenea. In epoca imperiale, soprattutto nei grandi edifici monumentali di Roma in conseguenza anche dell'avvio della produzione dei laterizi su scala industriale e delle numerose demolizioni e ricostruzioni degli edifici urbani, si ha una maggiore varietà e disponibilità di materiali da utilizzare nel calcestruzzo, per cui si afferma l'uso di differenziare la composizione degli scapoli all'interno delle volte, mettendo quelli più pesanti nel registro inferiore. Una delle soluzioni più comuni è quella di impiegare in basso, fra l'imposta e le reni, prevalentemente frammenti di laterizi, nella parte superiore scapoli di tufo (fig. 425 a p. 246). Oppure lo strato inferiore è composto da tufi litoidi, quello soprastante da tufi semilitoidi¹⁵⁹. In molti casi la zona più alta viene ulteriormente alleggerita mescolando piccoli pezzi di pietra pomice ai *caementa* tufacei. Nella copertura a crociera della Grande Aula dei Mercati di Traiano sono utilizzati solo due tipi di *caementa*, laterizi nella parte inferiore, scapoli di tufo giallo della via Tiberina

¹⁵⁹ Cfr. BIANCHI 2000, tabella 3, p. 154.



Fig. 541 - Praeneste. Santuario della Fortuna Primigenia. Particolare della volta dell'emiciclo orientale

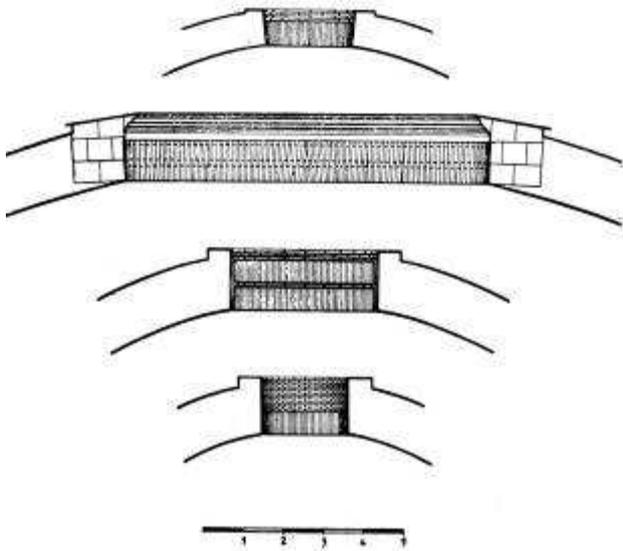


Fig. 542 - Esempi di occhialoni nei cervelli delle volte. Dall'alto: Ninfeo detto La rotonda ad Albano; Pantheon; Terme di Diocleziano; c.d. Tempio della Tosse a Tivoli (G. De Angelis d'Ossat in LUGLI 1957)

nella zona superiore; i due diversi conglomerati, con una soluzione che non è comune nelle volte, si ammorsano con lunghi denti di forma irregolare¹⁶⁰ (fig. 540).

Le volte degli ambienti di rappresentanza negli edifici monumentali erano spesso decorate da **lacunari**, i quali venivano modellati nella massa del conglomerato posizionando a distanze regolari sopra la centina delle forme in legno. L'esempio più antico è quello delle volte a botte anulari della

Terrazza degli Emicicli nel santuario della Fortuna a Palestrina (fig. 541).

I cassettoni, che imitavano quelli lapidei, avevano forma quadrata, a losanghe od ottagonale, con due o più risalti raccordati da modanature; gli elementi decorativi erano realizzati in legno o stucco e dipinti. La funzione dei lacunari era anche strutturale in quanto alleggerivano la copertura e favorivano l'aerazione della parte più interna della massa di calcestruzzo accelerando il processo di essiccamento e di carbonatazione (figg. 445, 555).

Le volte a cupola erano perforate al centro da un **occhialone** cilindrico, in casi eccezionali di forma poligonale, – aula del "Planetario" nelle Terme di Diocleziano¹⁶¹ (fig. 561), Terme di Pisa¹⁶² (fig. 594) – foderato sul bordo da un anello di mattoni; questo era costituito in genere da un cerchio di laterizi verticali nella fascia inferiore e da alcune assise orizzontali nella parte superiore (fig. 542). La funzione statica dell'occhialone era quella di togliere la muratura in calcestruzzo nella zona in cui essa era più pericolosamente sollecitata a trazione a causa dell'andamento quasi orizzontale della curvatura dell'intradosso, in particolare nelle cupole a sesto ribassato come quella del Pantheon (fig. 445 a p. 261). L'introduzione di nervature e costolature meridiane in laterizio a partire dal III sec. d.C. contribuirà notevolmente al consolidamento della parte superiore della cupola (fig. 561 a p. 313). L'occhialone, che può ora appoggiarsi saldamente agli archi radiali, è un elemento che non scompare e non è da escludere che in qualche caso esso sostenesse un lucernaio (cfr. p. 312).

3) Gli estradossi

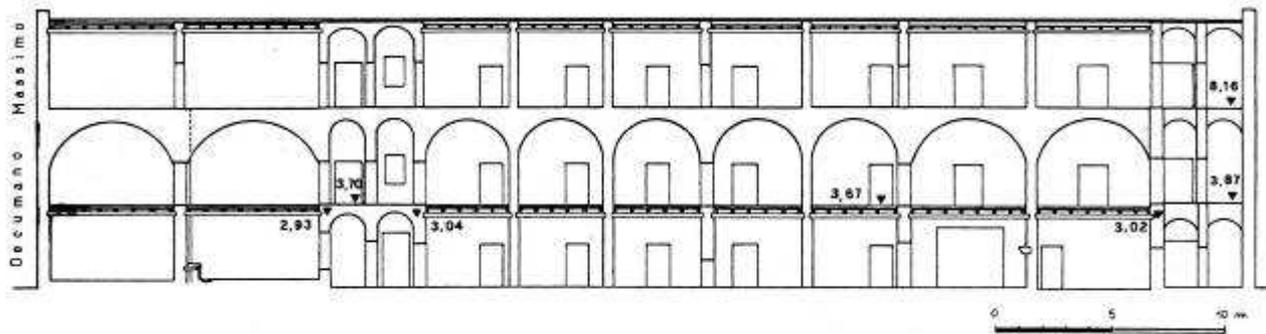
Tra un piano e l'altro la gettata in calcestruzzo riempiva tutto il rinfiacco della volta in modo da realizzare un pavimento orizzontale al livello soprastante. Lo spessore delle volte in chiave comunemente era compreso tra 45 e 90 cm; allo stesso piano dell'edificio era costante. Se gli ambienti avevano dimensioni diverse, si mettevano le chiavi allo stesso livello e variava da una stanza all'altra la curvatura dell'intradosso, talora anche la quota delle imposte (figg. 543, 544).

Il tetto sopra le volte poteva essere a terrazza, a

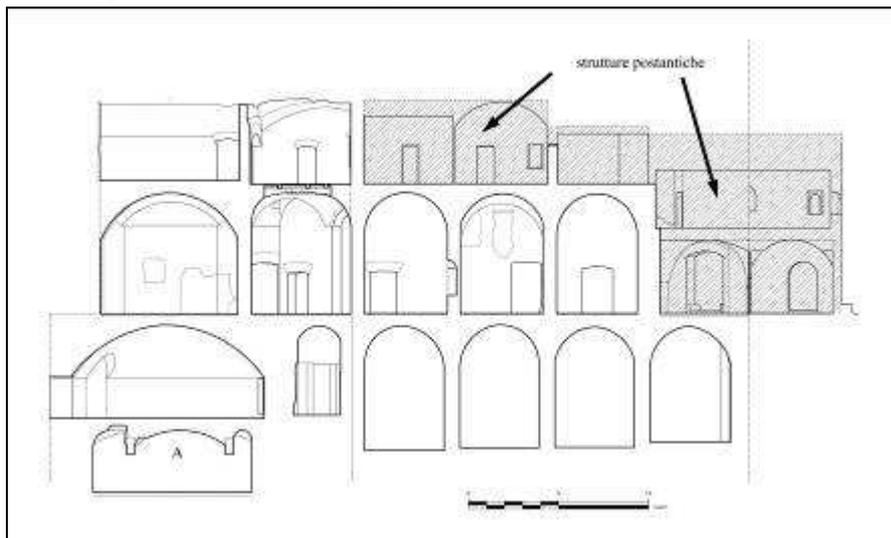
¹⁶⁰ BIANCHINI 2010 a

¹⁶¹ GISMONDI 1929; LUGLI 1957 fig. 140

¹⁶² NEPPI MODONA 1953, pp 13-14, figg. 3-7.

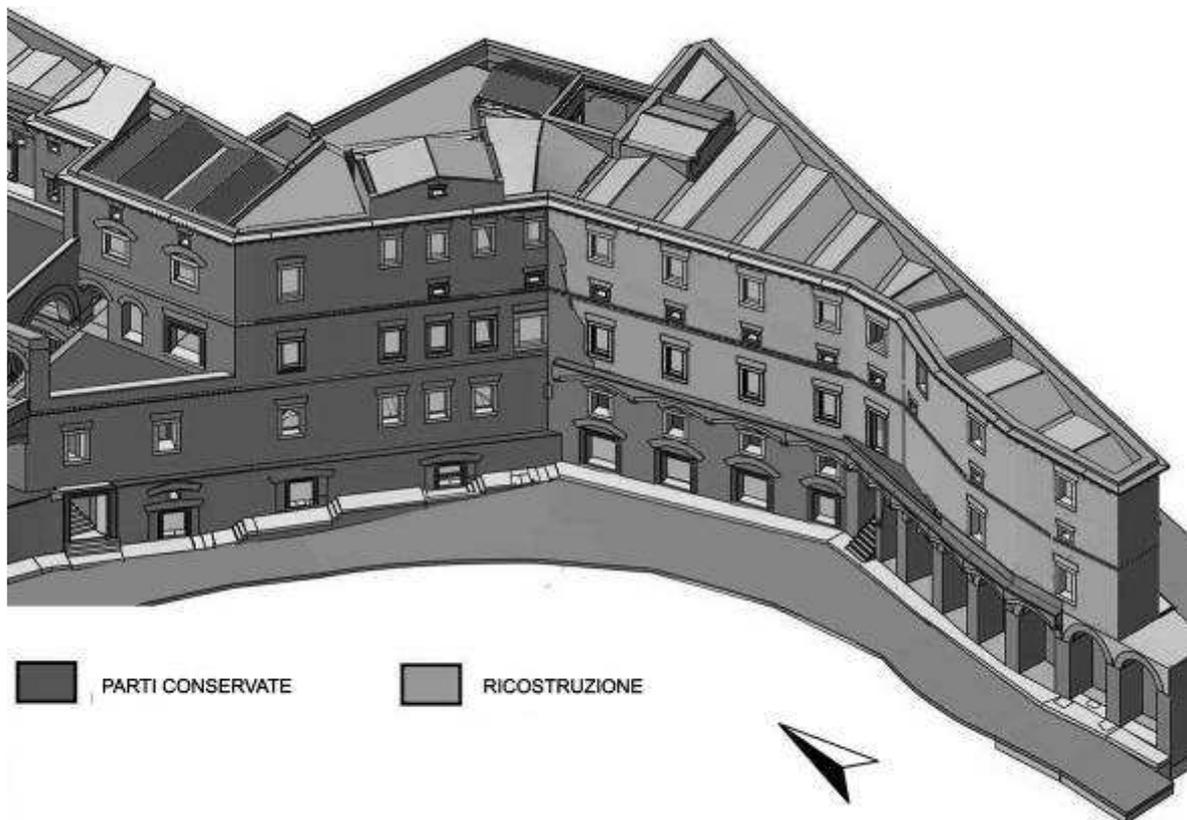


▲ Fig. 543 - Ostia (V, VI, 1). Caseggiato del Sole. Sezione prospetto del muro di fondo delle *tabernae* su via del Sole, con la ricostruzione dei piani alti (BIANCHI 1998)



◀ Fig. 544 - Roma. Mercati di Traiano. Sezione longitudinale del Corpo Centrale (UNGARO 2005, rilievo e rielab. M. Bianchini)

Fig. 545 - Ricostruzione del Corpo Centrale dei Mercati di Traiano. Veduta del lato occidentale lungo la via Biberatica (BIANCHINI 2010 b, ricostruzione M. Bianchini)



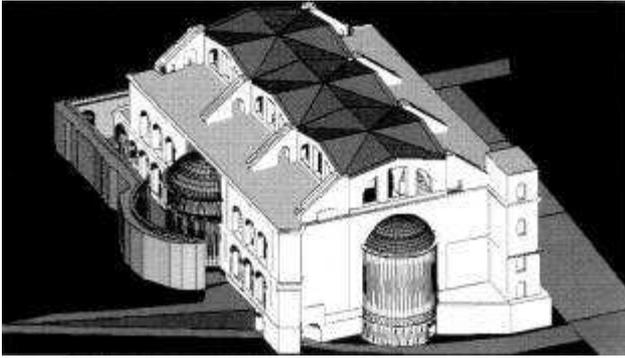


Fig. 546 – Roma. Basilica di Massenzio. Assonometria ricostruttiva (AMICI 2005 a)

spioventi oppure **estradosso**, cioè a profilo curvilineo. I tetti spioventi a due falde erano comuni sopra le volte a botte (fig. 545); sulle volte a crociera le due falde spioventi che stavano sopra ogni unghia s'intersecavano con le altre dando luogo a otto falde triangolari (fig. 546). Sulle volte più grandi e in particolare sopra le cupole il tetto era estradosso in modo da diminuire il carico nella parte superiore della struttura (fig. 547). Lo spessore tendeva ad assottigliarsi verso l'alto; tra l'imposta e le reni, prolungando il muro perimetrale verso l'alto, veniva realizzato un robusto anello murario di rinfianco che aveva funzione di contrappeso delle spinte laterali e inibiva eventuali deformazioni della volta verso l'esterno (cfr. pp. 325-326) (figg. 447 a p. 261, 547). Talvolta l'estradosso era conformato a gradoni oppure era solcato da una o più scalette modellate nel calcestruzzo, le quali erano utilizzate dagli operai in fase di costruzione e potevano servire per future ispezioni (figg. 547, 548 B). Alla base del tetto, in corrispondenza del muro perimetrale, si trovano spesso dei canali di raccolta delle acque piovane, scavati nella muratura e rivestiti da malta idraulica, i quali si collegavano a dei discendenti¹⁶³ (fig. 548 A). I tetti a terrazza erano coperti da vari strati impermeabilizzanti; sia a Villa Adriana che ai Mercati di Traiano si trovano dall'alto in basso un letto di cocchiopesto, un pavimento in *opus spicatum*, un altro strato di cocchiopesto, il pavimento definitivo in mosaico¹⁶⁴ (cfr. p. 342). Sui tetti estradosati e a spioventi di regola era steso un solo strato di cocchiopesto in

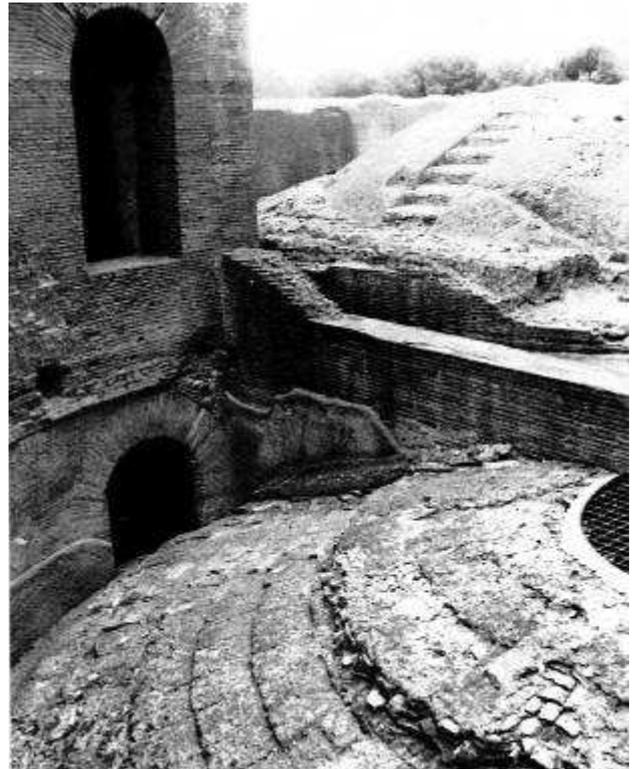


Fig. 547 - Roma. Mercati di Traiano. Veduta degli estradossi delle semicupole dell'aula iscritta nel Piccolo Emiciclo (in primo piano) e dell'aula di testata nord del Grande Emiciclo. Sullo strato di cocchiopesto della prima semicupola sono visibili le impronte del manto di tegole. Nell'estradosso dell'altra è ricavata una scaletta di servizio; lungo il perimetro la struttura è rinforzata da uno spesso anello di muratura

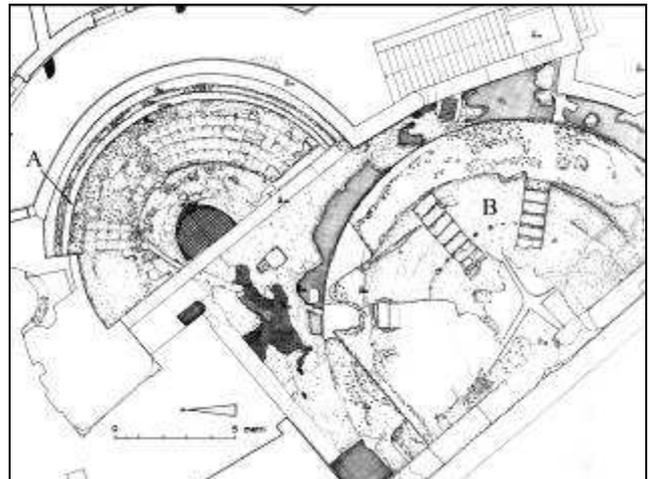


Fig. 548 - Roma. Mercati di Traiano. Planimetria delle semicupole dell'aula iscritta nel Piccolo Emiciclo (A) e dell'aula di testata nord del Grande Emiciclo (B) (ALUNNI 2005, p. 368; rilievo M. Bianchini-Studio Tau)

¹⁶³ Cfr. VITTI M. 2010 a, sui tetti dei Mercati di Traiano.

¹⁶⁴ Per la disamina delle pavimentazioni dei Mercati di Traiano cfr. UNGARO – VITTI 2001; per un inquadramento di questo tipo di pavimentazioni cfr. GIULIANI 2006, pp. 181-184

cui erano cementate le tegole¹⁶⁵ (fig. 547).

Le volte in calcestruzzo non costituivano il sistema di copertura esclusivo degli edifici in opera cementizia. I tetti in travi di legno troveranno *a latere* una grande diffusione fino all'epoca tardoantica tramandandosi alle basiliche paleocristiane. Le capriate verranno utilizzate per la copertura di grandi aule rettangolari, come l'Aula Regia sul Palatino¹⁶⁶ e la navata centrale della Basilica Ulpia¹⁶⁷ (figg. 324, 329, 330, pp. 195-199). Nelle *insulae* comunemente le strutture voltate coprivano il piano terreno o il primo piano, mentre le altre ripartizioni orizzontali erano risolte da solai lignei (fig. 543).

4) Archi di testata, costoloni, nervature

Se la volta attraversa il muro perimetrale per aprirsi sulla facciata, la parte frontale - detta **arco di testata** - è rivestita da una ghiera in conci, blocchetti lapidei o laterizi a seconda del tipo di paramento che è utilizzato negli alzati. Le ghiera in laterizio degli archi di testata sono confezionate con mattoni interi (in genere bipedali o sesquipedali) che si alternano a vari laterizi tagliati in fasce rettangolari meno profonde; la frequenza dei mattoni interi è maggiore presso la chiave (fig. 540). Le facciate di molti edifici romani di epoca imperiale sono scandite da serie di archi che corrispondono al profilo delle volte a botte interne - assimilandosi per questo agli archi di testata - i quali fungono da archi di scarico a protezione delle porte o delle finestre che si aprono al di sotto (fig. 549).

Quando la volta è intersecata al piano soprastante da un muro, si provvede a rinforzarla in corrispondenza con un arco radiale in conci, blocchetti lapidei o laterizi (**costolone**, costolatura o arco massiccio). È il caso ad esempio delle sale maggiori al terzo livello delle costruzioni del santuario di Ercole Vincitore a Tivoli sulle cui volte

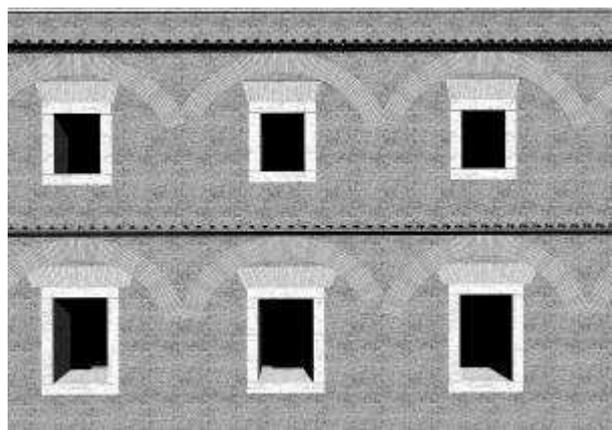


Fig. 549 - Roma. Mercati di Traiano. Ricostruzione di un settore della facciata occidentale dell'edificio della Grande Aula (ricostruzione M. Bianchini in www.rilievoarcheologico.it)

a botte sono impostati i setti murari che delimitano gli ambienti più piccoli al piano superiore¹⁶⁸ (fig. 517 a p. 294). Queste volte sono scandite da possenti arconi in travertino fortemente aggettanti dall'intradosso, posti sulla verticale dei muri trasversali soprastanti, i quali servono a sostenere anche un muro longitudinale che corre sull'asse della chiave: una soluzione quest'ultima che è molto rischiosa perché l'intera struttura grava sulla parte più sottile della volta e in genere viene evitata. Nell'Anfiteatro Flavio dove alcuni muri radiali sono posizionati sull'asse della chiave delle volte a botte dei sotterranei si è risolto diversamente¹⁶⁹: il muro al livello superiore è stato costruito sopra un arco a mattoni che si imposta sulla chiave di due robusti costoloni trasversali in conci di travertino; il cervello del tratto di volta in calcestruzzo intermedio viene in questo modo completamente risparmiato; tutto il carico grava sulle chiavi degli archi di travertino e forse anche questa formulazione non è molto prudente (fig. 550). Un caso particolare è quello delle latrine traianee del Foro di Cesare dove non c'è alcuna corrispondenza planimetrica tra gli ambienti a pianta rettangolare del livello inferiore e l'emiciclo del piano superiore¹⁷⁰ (fig. 551). Le volte a botte sottostanti sono scandite da frequenti costoloni in mattoni nei settori attraversati dai muri curvilinei in modo da aumentare la solidità complessiva della base d'appoggio. Quelli sotto la facciata dell'emiciclo sono posti in corrispondenza

¹⁶⁵ L'esempio più antico, con tegole e coppi ancora perfettamente conservati, è il tetto di uno dei portici della Terrazza della Cortina nel Santuario della Fortuna a Palestrina (cfr. FASOLO - GULLINI, pp. 177-178). I tetti dei Mercati di Traiano sono fra quelli maggiormente conservati e più accuratamente documentati (cfr. VITTI M. 2010 a, BIANCHINI 2010 b); per i tetti della Basilica di Massenzio cfr. AMICI 2005, p. 138 fig. 5.19.

¹⁶⁶ GIULIANI 1977

¹⁶⁷ AMICI 1982

¹⁶⁸ GIULIANI 1998, p. 43

¹⁶⁹ LANCASTER 2005, pp. 88-91, fig. 68

¹⁷⁰ LANCASTER 2005, p. 98, figg. 78-79.

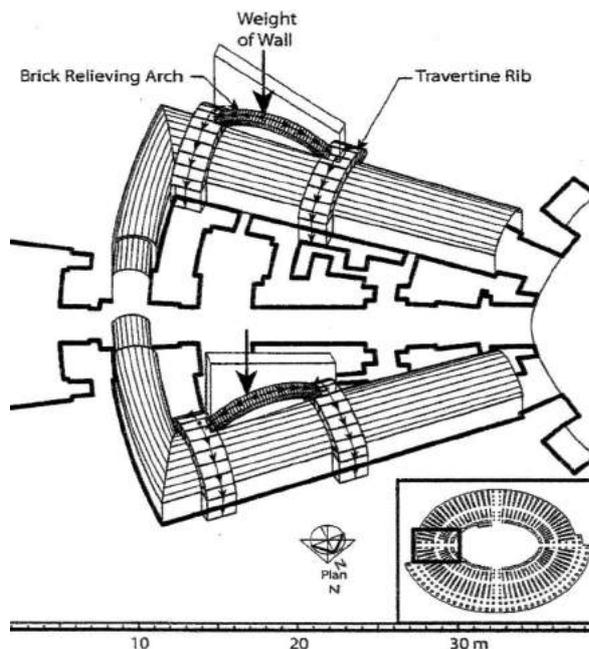


Fig. 550 – Roma. Anfiteatro Flavio. Arco di sostegno di un muro radiale impostato sui costoloni in travertino della volta a botte sottostante (LANCASTER 2005)

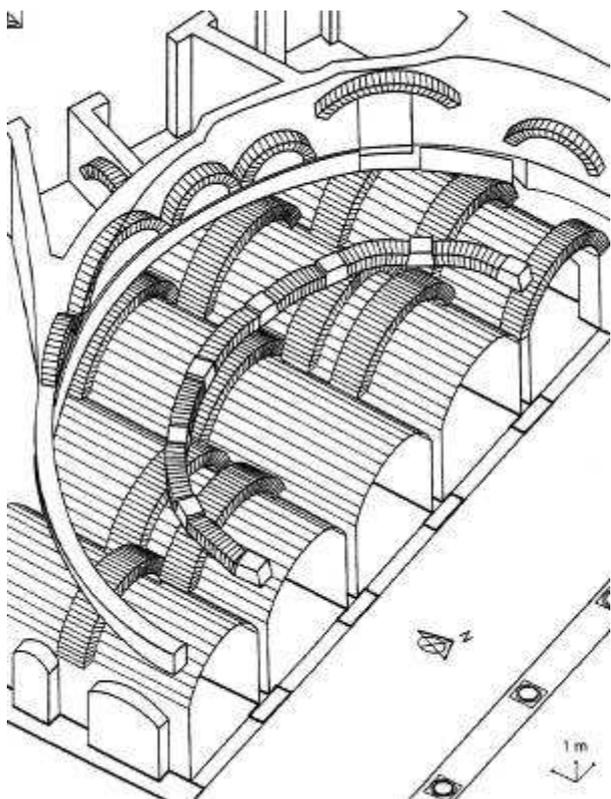


Fig. 551 - Roma. Latrine di età traiana nel Foro di Cesare. Il disegno mostra la relazione fra i costoloni delle volte al livello inferiore e i sostegni verticali del piano superiore su cui gli archi di scarico convogliano il peso della copertura (LANCASTER 2005)

delle colonne le quali raccolgono e convogliano verso il basso il carico della copertura.

In linea generale si evita di impostare strutture a sbalzo sopra le volte; ci si limita agli attraversamenti ortogonali alle linee d'imposta i quali possono essere raccolti da archi di rinforzo posti esattamente sulla verticale. Questi ultimi comunemente non sono realizzati in aggetto, come nel santuario di Ercole Vincitore, ma con l'intradosso a filo della volta in calcestruzzo adiacente in modo da poter sfruttare la stessa centina.

I costoloni non sempre e non necessariamente costituiscono il sostegno di un muro posto al piano superiore. Talora hanno funzione di raccordo tra volte con diversa curvatura che coprono lo stesso ambiente; in questi casi il costolone è più sporgente e le due volte gli si appoggiano lateralmente come se fosse un muro divisorio (fig. 544 A). Più spesso scandiscono volte con uguale curvatura, come ad esempio le volte a botte o le serie di crociere che coprono lunghi corridoi. In questi casi le costolature s'impostano sulle teste dei muri divisorii dei vani adiacenti e li collegano scavalcando gli ambienti di passaggio; ne risulta una struttura portante a reticolo – uno degli esempi più rappresentativi di questo genere è la maglia ossaturale dell'Anfiteatro Flavio – costituita da pilastri e da muri che sono collegati fra loro per mezzo di archi radiali trasversali e longitudinali; gli intervalli tra gli archi sono riempiti da volte in calcestruzzo¹⁷¹.

I costoloni sono elementi portanti dell'edificio. Quelli laterizi sono costituiti da mattoni radiali interi, sesquipedali o bipedali, talvolta collocati anche su due o più file affiancate. Per la loro struttura si distinguono dalle più sottili **nervature** in mattoni che si diffondono a partire dalla seconda metà del II sec. d.C. Quest'ultime sono costituite da archi (o ghiera) non sporgenti, distanziati o collegati tra loro, composti da mattoni di forma rettangolare larghi un terzo di un bipedale (circa 0,20 x 0,60 cm) che si alternano – più spesso ogni 4-9 mattoni – con un bipedale intero (figg. 552, 553). Negli archi isolati i bipedali interi sono centrati rispetto a quelli più sottili in modo da ammorsarsi su entrambi i lati con la massa di conglomerato (fig. 553 A). Più di frequente le ghiera sono collocate a distanze ravvicinate, a coppie o in numero maggiore, e collegate trasversalmente da bipedali disposti a cavallo (fig. 553 B, C). Ne deriva una struttura che è

¹⁷¹ COZZO 1971, pp. 34-44

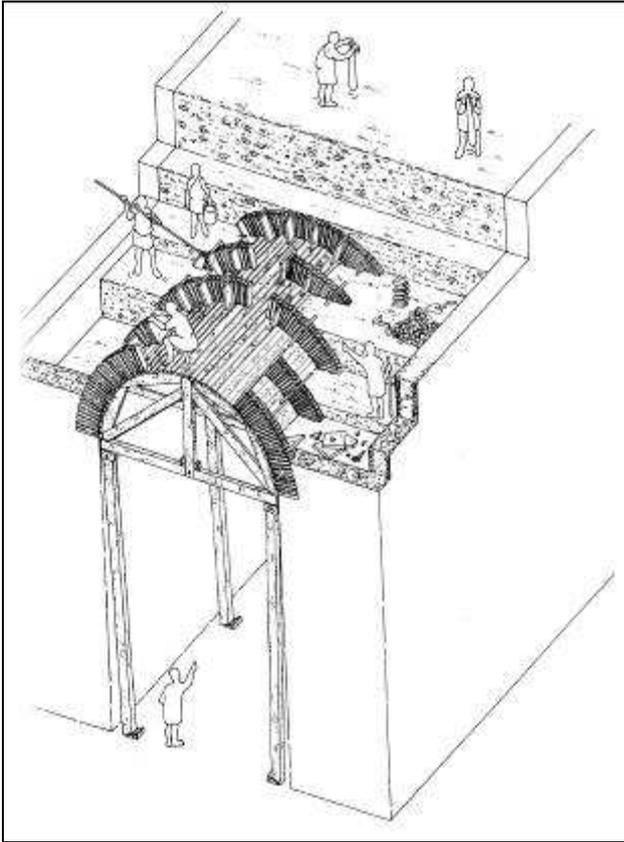


Fig. 552 - Fasi costruttive di una volta a botte con nervature (BIANCHI 2000)

denominata “a cassetta”, costituita da un reticolo di mattoni i cui spazi intermedi sono riempiti dallo stesso calcestruzzo che forma il resto della volta. Si definiscono nervature “a rete” quelle che rivestono completamente l’intera superficie intradosale di una volta o di una cupola (fig. 554). Si parla invece di nervature “in sistemi” quando singole ghiera oppure serie di ghiera collegate fra loro si alternano a tratti di volta interamente in calcestruzzo (fig. 557).

In merito alla funzione di questi elementi non si può dare una interpretazione univoca¹⁷². Le nervature a rete hanno una logica diversa da quelle in sistemi e nell’ambito di quest’ultime è necessario operare alcune distinzioni. Le nervature a rete realizzano una volta che nel suo insieme è più resistente perché costituita da una fitta struttura a telaio in laterizi, con uno spessore di 0,60 m nel quale i mattoni occupano circa 1/3 del volume.

¹⁷² In merito alle svariate opinioni espresse dagli studiosi cfr. BIANCHI 2000, pp. 106-111.

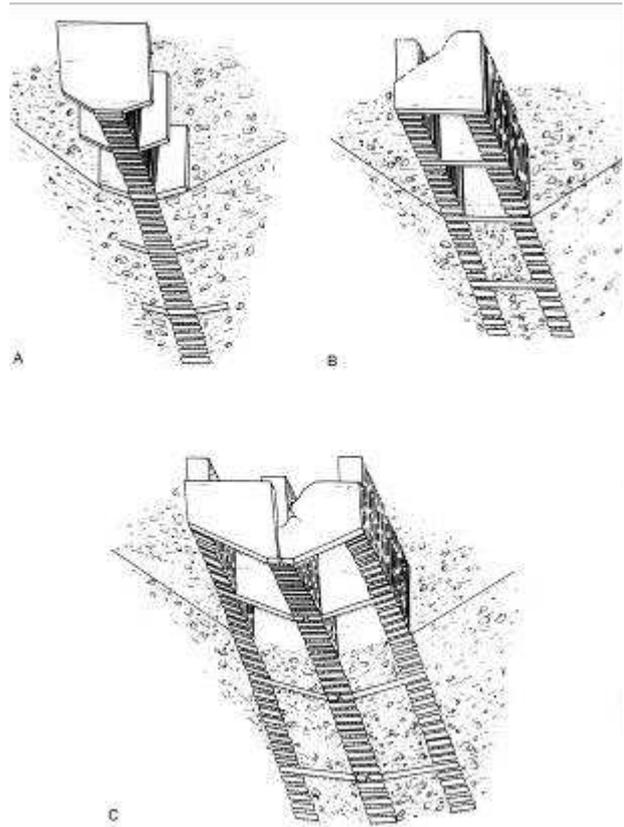


Fig. 553 - Esempi di nervature poste all’incontro delle vele di una crociera, composte da una, due o tre ghiera (BIANCHI 2000)

Il migliore esempio di questo tipo è quello delle volte a botte delle sostruzioni massenziane del Palatino¹⁷³ (fig. 554). Le ghiera delle botti laterali della basilica di Massenzio, collegate trasversalmente da ricorsi orizzontali di bipedali, risultano lievemente più distanziate poiché si alternano ai grandi cassettoni ottagonali; ne risulta una struttura reticolare dove viene amplificata l’alternanza di parti resistenti e parti leggere che coincidono rispettivamente con i pieni e i vuoti della massa muraria¹⁷⁴ (fig. 555). Le nervature in sistemi in alcuni casi hanno una semplice funzione di consolidamento di angoli, spigoli e parti laterali della copertura. La tipologia più diffusa in questo ambito è quella delle nervature realizzate sugli spigoli delle crociere, costituite in genere da un’unica ghiera oppure da tre ghiera con struttura a cassetta di cui quella centrale sullo spigolo, eccezionalmente anche da due ghiera (villa dei Sette

¹⁷³ BIANCHI 2000, p. 140, figg. 25-30

¹⁷⁴ AMICI 2005 b, pp. 134-136, figg. 5.16-5.18

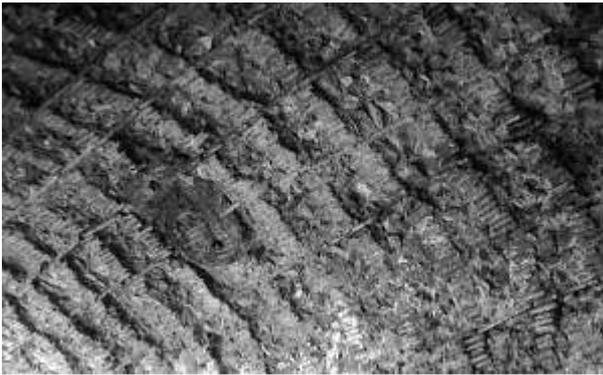


Fig. 554 - Roma. Sostruzioni Massenziane del Palatino. Volta a botte con nervature a rete

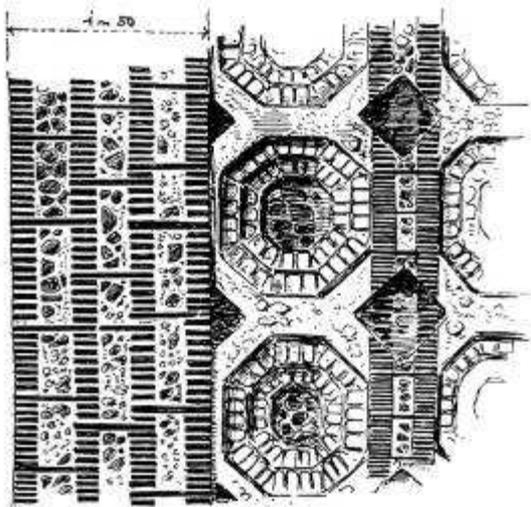


Fig. 555 - Roma. Basilica di Massenzio. Nervature e lacunari delle volte a botte (DURM 1905)

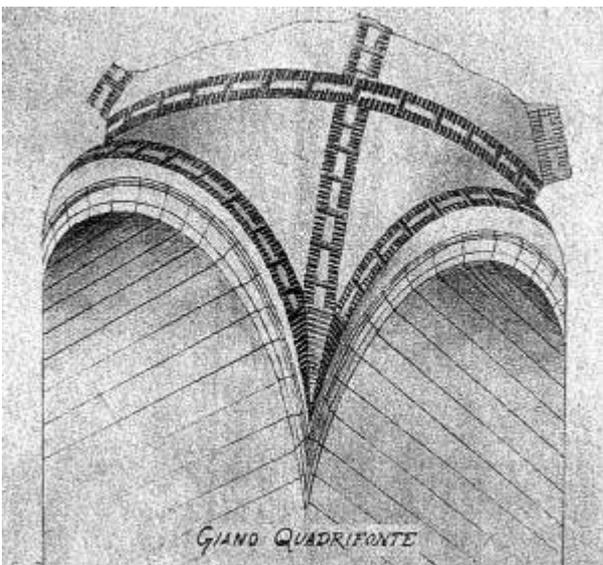


Fig. 556 - Roma. Arco quadrifronte del Velabro. Volta a crociera con nervature a due ghiera sulle diagonali e negli archi di testata (RIVOIRA 1921)



Fig. 557 - Roma. Anfiteatro Flavio. Nervature in sistemi nella volta di età severiana nell'ambulacro esterno del quadrante NO al I livello (BIANCHI 2000)

Bassi¹⁷⁵, arco quadrifronte del Velabro¹⁷⁶) (fig. 556). Analoghi reticoli formano talvolta gli archi di testata. Le nervature in sistemi nell'ambulacro esterno del I livello dell'Anfiteatro Flavio, nel quadrante NO restaurato in età severiana, sono invece veri e propri costoloni pertinenti alla struttura portante dell'edificio che sostituiscono quelli originari di età flavia costituiti da soli bipedali interi. Quelli severiani vengono realizzati con due ghiera sottili collegate da singoli bipedali regolarmente distanziati da cui risulta la consueta struttura a cassetta, soluzione che consente un risparmio di materiale laterizio rispetto al tipo precedente e che in quest'epoca è entrata ormai nell'uso corrente¹⁷⁷ (fig. 557).

Intorno al secondo decennio del III secolo d.C. ha inizio un uso sistematico delle nervature nelle volte a cupola (fig. 558). Gli archi, singoli o in

¹⁷⁵ LUPU 1937

¹⁷⁶ BIANCHI 2000, p. 142, fig. 32

¹⁷⁷ LANCASTER 1998 a, p. 154, figg. 9, 10, 23.

gruppi, sono disposti a raggiera e collegati da file orizzontali più o meno distanziate di bipedali. Le cupole della sala ottagonale della villa dei Gordiani¹⁷⁸ e del c.d. Tempio della Tosse¹⁷⁹ a Tivoli presentano fitte nervature a rete che costituiscono un telaio di tipo cellulare analogo a quello delle volte a botte delle costruzioni massenziane del Palatino (fig. 559). Nella maggior parte dei casi le nervature meridiane sono invece organizzate in sistemi di tre, quattro, talvolta anche cinque ghiera collegate fra loro da file isolate di bipedali interi, le quali si impostano in punti più o meno distanti del muro perimetrale. Esse costituiscono delle costolature portanti su cui si distribuisce il maggior carico della copertura, che viene convogliato sulle parti più resistenti dell'elevato. La cupola più rappresentativa di questo genere è quella del c.d. Tempio di Minerva Medica¹⁸⁰ comprendente dieci nervature principali, ciascuna composta da cinque ghiera che si riducono a tre nella parte più alta, le quali corrispondono ai pilastri angolari della sala (fig. 560). In ciascuno dei settori intermedi nella parte inferiore della cupola si aggiunge una coppia di nervature secondarie a doppia ghiera collegate da archi di scarico che indirizzano sulla struttura reticolare il peso della massa di conglomerato soprastante. Negli edifici a pianta poligonale o polilobata, come l'aula del "Planetario" nelle Terme di Diocleziano¹⁸¹ (fig. 561) e il c.d. Tempio di Minerva Medica, la funzione delle nervature radiali è anche quella di risolvere la graduale transizione tra gli angoli dell'alzato e la forma emisferica della copertura. In quasi tutte le cupole servono, come si è detto, anche a sostenere l'anello laterizio dell'occhialone centrale, che forse in qualche caso era gravato dal carico di un lucernaio. Sul piano strutturale gli archi meridiani su cui si imposta la muratura circolare dell'occhialone svolgono in definitiva la stessa funzione delle travi radiali del tetto dell'Arsinoeion di Samotracia che sostenevano il camino centrale in bronzo, poi in marmo, lavorando a compressione (cfr. p. 202 e fig. 337).

In diverse cupole tardoantiche le nervature in sistemi sono sostituite da veri e propri costoloni in bipedali interi i quali hanno la medesima funzione portante (rotonda di San Bernardo nelle Terme di

Diocleziano¹⁸², Mausoleo di Santa Costanza¹⁸³), talvolta realizzati in aggetto, come nel tempio di Portunus¹⁸⁴ a Porto, di età severiana, e forse anche nelle rotonde di S.Andrea e S.Petronilla presso S.Pietro (IV-V sec. d.C.)¹⁸⁵.

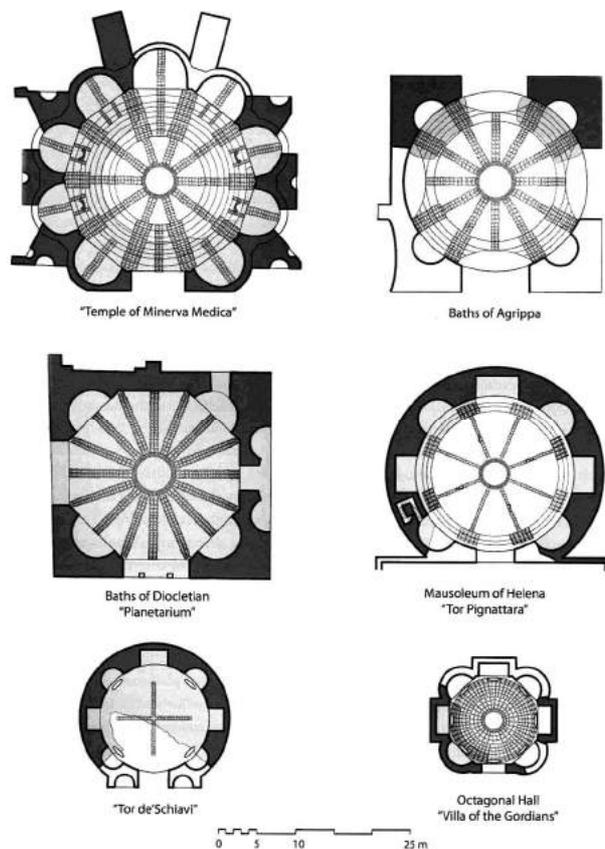


Fig. 558 - Esempi di volte a cupola con relative nervature (LANCASTER 2005)

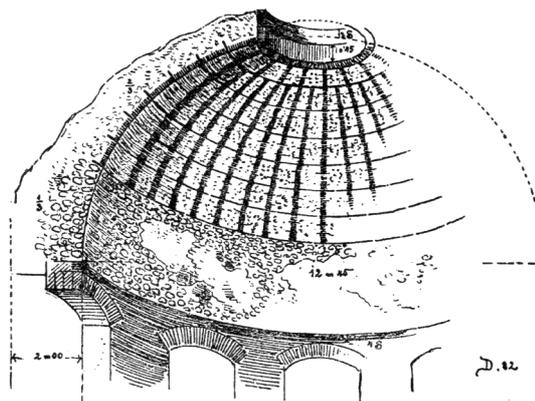


Fig. 559 - Tivoli. Volta del c.d. Tempio della Tosse (DURM 1905)

¹⁷⁸ LUGLI 1957, fig. 146

¹⁷⁹ GIULIANI 1970, pp. 203-215; TSCHIRA *et alii* 1998

¹⁸⁰ CARAFFA 1944; BIASCI 2000; BARBERA - DI PASQUALE - PALAZZO 2007

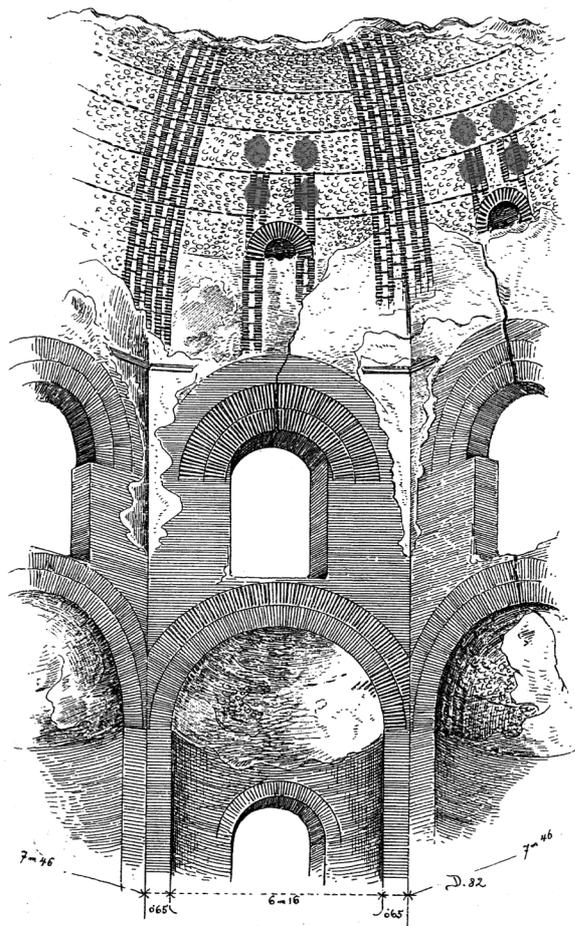
¹⁸¹ GISMONDI 1929; LUGLI 1957 fig. 140

¹⁸² DE ANGELIS D'OSSAT 1938

¹⁸³ DE ANGELIS D'OSSAT 1940; FRUTAZ 1960; PELLICIONI 1986, pp. 26-32.

¹⁸⁴ LUGLI - FILIBECK 1935, p. 93, figg. 60-61

¹⁸⁵ RASCH 1990



Kuppelgewölbe über zehneckigem Raum. — Minerva Medica in Rom.

Fig. 560 - Roma. C.d. Tempio di Minerva Medica (DURM 1905, rielab. dell'autore: è indicata la posizione delle anfore di alleggerimento nella parte superiore della volta secondo LANCASTER 2005)

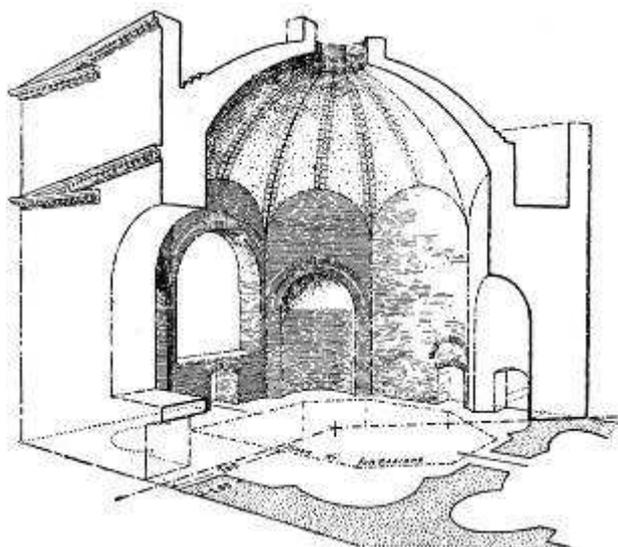


Fig. 561 - Roma. Terme di Diocleziano. Aula del "Planetario" con volta a spicchi (I. Gismondi in LUGLI 1957)

5) Vasi di alleggerimento e vasi echistici

Nelle volte in calcestruzzo, soprattutto in epoca tarda, è frequentemente attestato l'uso di elementi fittili cavi (tubuli, anfore, olle), isolati oppure disposti su file e incastrati l'uno nell'altro. I vasi vuoti isolati hanno sicuramente una funzione di alleggerimento quando sono situati nella parte alta della volta, come è il caso ad esempio delle anfore nella cupola del c.d. Tempio di Minerva Medica, che sono poste subito sotto lo strato superiore di calcestruzzo con pomici (fig. 560). Quando stanno tra l'imposta e le reni (sala rotonda della villa delle Vignacce, mausoleo di Sant'Elena¹⁸⁶) (fig. 562) si tratta invece di un risparmio di muratura. Le cupole e le semicupole presentano infatti un notevole ispessimento della parte inferiore che serve a incrementare il carico verticale sui muri perimetrali per contrastare le spinte laterali della copertura. L'estradosso si porta sul filo della parete esterna a una quota notevolmente più alta rispetto all'imposta dell'intradosso, che corrisponde grosso modo a quella delle reni (figg. 447, 561-563). Può sembrare un controsenso creare dei vuoti in questo robusto anello murario; in realtà la parte della struttura che grava verticalmente e agisce da contrappeso è quella che corrisponde alla metà esterna del muro perimetrale, mentre quella interna è sollecitata dalle spinte oblique. Il suo parziale svuotamento consente di risparmiare materiale inutile¹⁸⁷ e favorisce l'essiccamento del cementizio, riducendo l'entità della massa umida¹⁸⁸. Tra la fine del III e gli inizi del IV secolo d.C. si usano a Roma prevalentemente anfore olearie iberiche del tipo Dressel 23, molto grandi, le quali risultano particolarmente robuste per la forma globulare e il consistente spessore delle pareti. In altri edifici la parte inferiore della volta è stata "scavata" con lo stesso scopo seguendo modalità diverse. Nel Pantheon sono state ricavate delle concamere (fig. 447); nella cupola su pennacchi che copre la cella superiore a pianta quadrata di un sepolcro presso Casal de' Pazzi, a Roma¹⁸⁹, sono presenti invece delle cavità a sezione triango-

¹⁸⁶ L'elenco completo dei monumenti con anfore nelle volte è in SPANU 2007

¹⁸⁷ Cfr. LANCASTER 2005, pp. 76-77. L'A. ha calcolato che nel Circo di Massenzio sono state usate da seimila a diecimila anfore vuote con un risparmio di circa 300-400 m³ di materiali.

¹⁸⁸ SPANU 2007, pp. 215-217

¹⁸⁹ CREMA 1959, p. 340

lare (fig. 563).

Occorre tenere conto anche dell'ipotesi che taluni recipienti fittili isolati potessero fungere da **vasi echistici** destinati a migliorare l'acustica della sala. Vitruvio, che deriva le sue informazioni dagli *Elementi di Armonia* di Aristosseno, parla diffusamente dei vasi acustici collocati nelle cavee teatrali¹⁹⁰. Questi avevano dimensioni diverse che corrispondevano a differenti frequenze della sorgente sonora e vibravano per simpatia dando



Fig. 562 - Roma. Mausoleo di Sant'Elena ("Tor Pignattara"). Particolare dei recipienti fittili inglobati nel calcestruzzo della cupola (LANCASTER 2005)

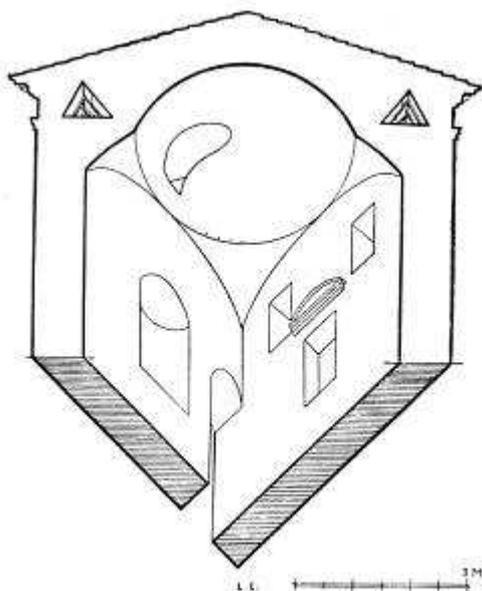


Fig. 563 - Roma. Sepolcro presso Casal de' Pazzi a Roma. Sezione assometrica del vano superiore (CREMA 1959)

¹⁹⁰ VITR. V, 5. Sull'acustica dei teatri antichi si veda in particolare MAZZEO 2001, pp. 97-227.

luogo all'amplificazione della voce. Erano di bronzo e stavano dentro apposite celle tra i sedili del teatro, senza toccare alcun muro in modo da avere intorno uno spazio vuoto, rovesciati e con dei cunei di supporto (fig. 564). Non erano necessari nei teatri in legno ma in quelli in muratura, costituiti da materiali duri che non rimbombano. Vitruvio sostiene che al suo tempo mancavano nei teatri di Roma, mentre esistevano in vari luoghi d'Italia e in molte città dei Greci. Di quanto da lui descritto non si hanno purtroppo attestazioni archeologiche sicure. Numerosi vasi acustici sono stati individuati in compenso nelle pareti e nelle volte di varie chiese medievali europee prevalentemente dell'XI-XIII

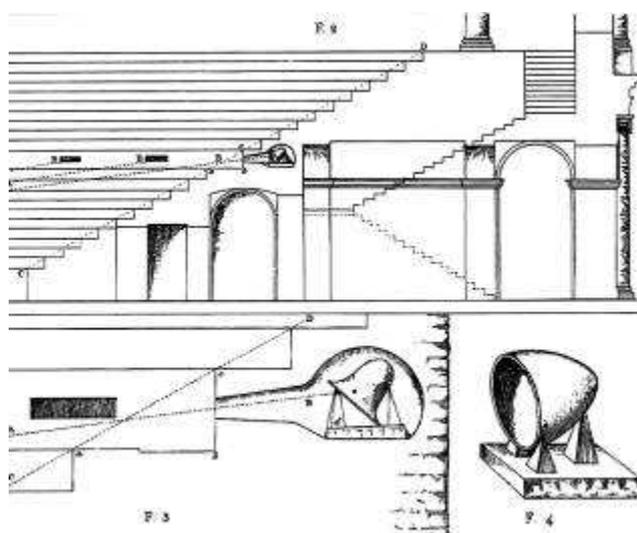


Fig. 564 - Ipotesi sulla disposizione dei vasi acustici nelle cavee teatrali (PAPPALARDO 2007)



Fig. 565 - Capua. Abside della chiesa dei SS. Rufo e Carponio (XII - XIII sec.). Nella semicupola sono visibili i fori circolari dei vasi acustici (FAVA 2007)

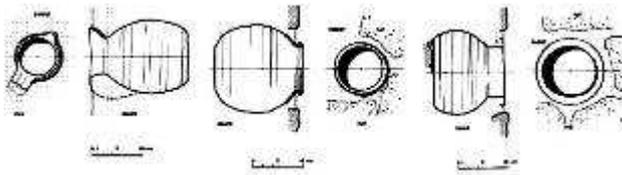


Fig. 566 - Esempi di vasi acustici della chiesa di Syens, nel Canton Vaud in Svizzera. XIII-XIV secolo (DESARNAULDS 2002)

secolo, di cui almeno venti in Svizzera¹⁹¹ (figg. 565, 566). In quest'epoca venivano utilizzati recipienti di uso quotidiano che presentano una molteplicità di forme. I vasi erano incastonati nella muratura in ortogonale, in genere vicino la zona riservata al coro, con la bocca che si apriva in facciavista per mezzo di un foro circolare. Non si può escludere che questi elementi, anche se finora non sono stati identificati con sicurezza in strutture di epoca precedente, possano essere stati impiegati già in epoca romana all'interno delle murature in calcestruzzo di vaste sale, anche in edifici civili, destinate a udienze, cerimonie e spettacoli.

6) Volte in tubi fittili

Una tipologia particolare è quella delle volte interamente costituite da tubi fittili. Si usavano tubuli uniformi, detti **a siringa**, fabbricati appositamente per questo impiego, più spesso di forma cilindrica e dotati di una terminazione a punta di forma troncoconica che serviva a innestare l'elemento nel fondo cavo del tubo successivo (fig. 567). Il legame era reso più stabile mediante l'impiego di un po' di calce. I tubuli erano aperti su entrambi i lati e presentavano molto spesso una superficie corrugata che favoriva l'aderenza con la malta. Più raramente erano usate al loro posto delle piccole anfore.

Il sistema di costruzione che evitava l'impiego delle centine anche grazie alla leggerezza del materiale era simile a quello delle volte in mattoni ad anelli trasversali. I tubuli incastrati l'uno nell'altro formavano file di archi affiancati. Si realizzava un arco per volta. Nelle più comuni volte a botte si cominciava dalla parete di fondo a cui si

¹⁹¹ DESARNAULDS 2002. Sui vasi acustici delle chiese medievali in generale cfr. FAVA 2007 con bibliografia; su quelle calabresi dell'XI e XII secolo è da segnalare anche il più recente contributo CUTERI 2009

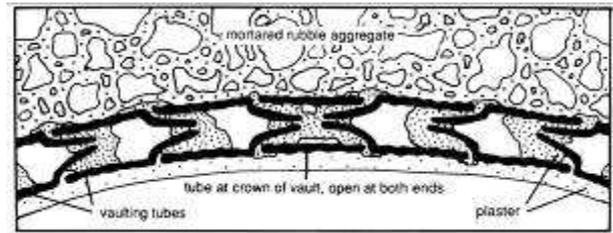


Fig. 567 - Disposizione dei tubi fittili nelle volte africane di epoca imperiale (WILSON 1992)

appoggiava il primo anello. Ogni arco veniva realizzato partendo da entrambe le imposte e mettendo le punte dei tubuli verso l'alto. La chiave veniva chiusa alla fine con un tubo più corto, appositamente tagliato secondo la misura necessaria, aperto su entrambi i lati. Si continuava il lavoro mettendo in opera l'anello a fianco e poi gli altri, fino a coprire tutto l'ambiente. Sopra la volta di tubuli veniva poi effettuata la gettata dell'opera cementizia, mentre la superficie inferiore veniva intonacata.

Sono attestate anche volte a padiglione, a crociera, a semicupola e a cupola costruite con lo stesso sistema. Nelle cupole la disposizione degli anelli era a file orizzontali concentriche, anche in questo caso conformemente a procedimenti di costruzione antichissimi. Nella volta a crociera della Maison de la Chasse a Bulla Regia gli anelli trasversali componevano le singole unghie diventando gradualmente più corti verso il centro e attestandosi sugli spigoli¹⁹² (fig. 568). Le volte in tubi fittili servivano a evitare l'uso delle centine di legno grazie al sistema di assemblaggio; talvolta hanno funzionato da vera e propria centina per una struttura costruita al di sopra (fig. 569). È il caso



Fig. 568 - Volta a crociera in tubi fittili a Bulla Regia (WILSON 1992)

¹⁹² WILSON 1992, p. 100. fig. 6

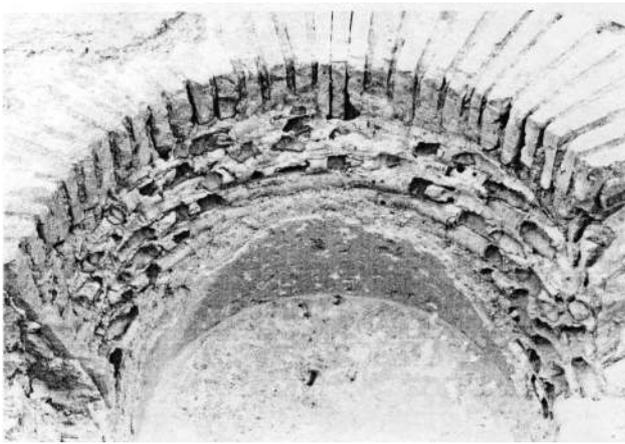


Fig. 569 - Thelepte (Tunisia). Volta in mattoni costruita su centina con dossale in tubi fittili che è stato inglobato nella struttura e intonacato (WILSON 1992)

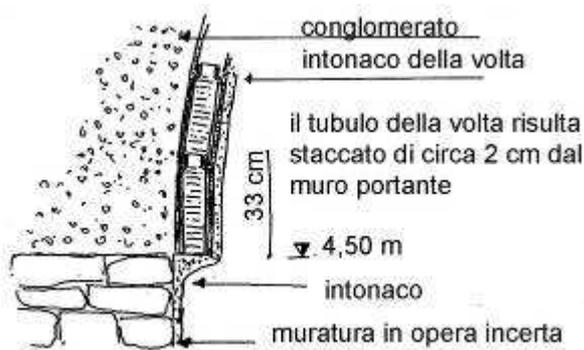


Fig. 570 - Pompei. Casa di Fabio Rufo. Volta in tubi fittili, sezione schematica, particolare (SCURATI MANZONI 1997)

anche della volta a botte che copre un breve tratto di un corridoio nella casa di Fabio Rufo a Pompei dove i tubuli inferiori, con la base coperta dall'intonaco di rivestimento, sono in aggetto rispetto al muro d'alzato; se ne deduce che i tubuli poggiassero su un supporto ligneo provvisorio sostituendo il manto di tavole della centina¹⁹³ (fig. 570). In ogni caso essi venivano integrati nella struttura e intonacati.

Il più antico esempio è costituito dai resti di una cupola con diametro di sei metri che copriva un ambiente termale di Morgantina, datato ai primi decenni del III sec. a.C. dalle evidenze numismatiche e abbandonato in seguito alla distruzione del 211 a.C. I tubuli, lunghi oltre 70 cm, sono molto più grandi rispetto a quelli di epoca successiva¹⁹⁴. Si ha poi qualche testimonianza a Pompei, che arriva

¹⁹³ SCURATI MANZONI 1997, fig. 4

¹⁹⁴ ALLEN 1974, pp. 376-379

forse al I sec. d.C., tra cui le volte a botte di due forni, pertinenti rispettivamente a un vasaio e a un'officina di lucerne fittili¹⁹⁵. La più grande quantità di strutture di questo tipo è stata rinvenuta in Tunisia e Algeria e si data soprattutto a partire dalla seconda metà del II sec. d.C. L'uso perdura almeno fino al VI secolo¹⁹⁶. I resti provengono da svariati tipi di edifici, sia pubblici che privati, in prevalenza da ambienti termali. I tubuli hanno lunghezze comprese tra 7 e 32 cm, soprattutto tra 12 e 20 cm, e diametri fra 5 e 11 cm. La grande fortuna di questo procedimento costruttivo nelle regioni africane è sicuramente dovuta alla scarsità del legname; nel V e nel VI secolo viene adottato anche in numerose chiese paleocristiane di altre aree geografiche, in particolare in Italia. Volte a botte, catini absidali e cupole in tubi fittili sono presenti in vari monumenti cristiani di Roma, Milano, Ravenna, Vercelli (fig. 571). Gli esempi più grandiosi sono le cupole del battistero della Cattedrale (metà del V sec.) (figg. 572, 574) e della basilica di San Vitale (525-547) (fig. 573) a Ravenna con diametro rispettivamente di 11,30 m e 16 m, costituite da anelli orizzontali sovrapposti e digradanti¹⁹⁷; lo spessore in entrambi i casi corrisponde a due file concentriche di tubuli. La sommità della cupola

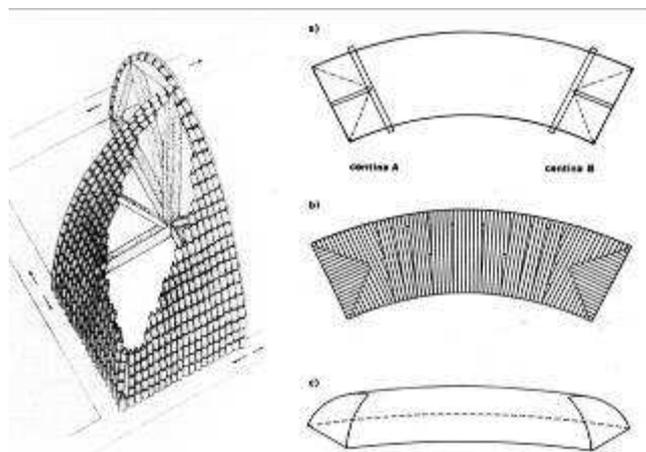


Fig. 571 - Roma. S. Stefano Rotondo. Ricostruzione della volta composita per gli ambienti interni dei settori diagonali. A sinistra: disposizione dei filari di tubi fittili a partire dalla centina. A destra: a) posizione delle centine A e B; b) disposizione dei filari di tubi fittili (schema); c) morfologia della volta composita: una volta a botte su pianta a settore circolare con due metà di una volta a padiglione (STORZ 1994)

¹⁹⁵ DURM 1905; CERULLI IRELLI 1977

¹⁹⁶ WILSON 1992

¹⁹⁷ BOVINI 1959; RUSSO 1996



Fig. 572 - Ravenna. Battistero della Cattedrale. Particolare della volta (BOVINI 1959)

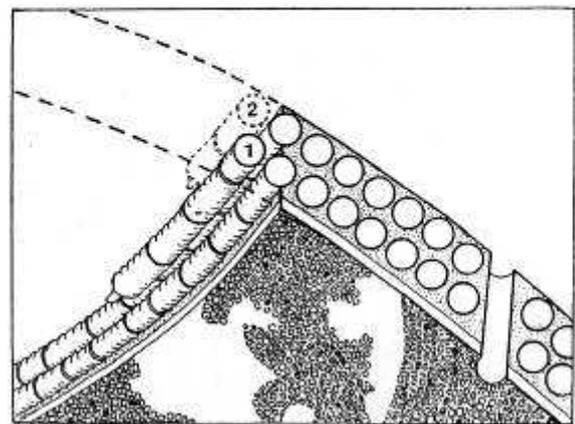
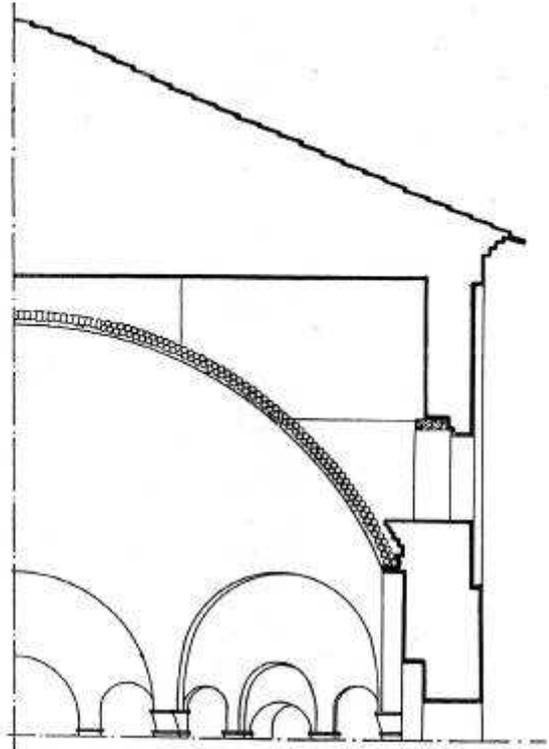


Fig. 574 - Ravenna. Battistero della Cattedrale. Sopra: sezione della cupola. Sotto: schizzo dimostrativo del sistema di costruzione della cupola; a destra si nota uno dei fori per i lampadari (DE ANGELIS D'OSSAT 1962)

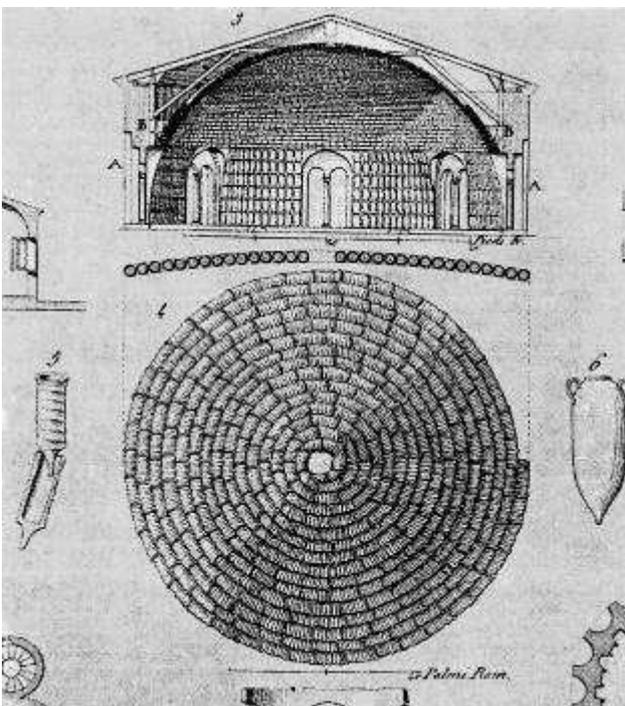


Fig. 573 - Ravenna. Ricostruzione della cupola di San Vitale (disegno di Seroux d'Agincourt in RUSSO 1996)

del battistero della Cattedrale, forse per la difficoltà di realizzare anelli molto stretti, è costituita da un disco irregolare di calcestruzzo dal diametro di circa due metri con scapoli di pietra pomice il quale deve essere stato gettato su una centina appositamente fabbricata. A San Vitale gli anelli di tubi arrivano fino al centro; i più alti, dall'andamento un po' irregolare, sono messi in opera con frammenti più piccoli. Al vertice risulta un foro con diametro di circa 15 cm che forse serviva al passaggio di un

lampadario poiché intorno si hanno tracce di usura causata dalle corde. Entrambe le calotte, leggere e di scarso spessore, con l'estradosso rivestito solo da un sottile strato di malta, sono completamente indipendenti dalla struttura soprastante impostata sul muro perimetrale, che costituisce il tetto piramidale coperto dalle tegole.

7) Volte in mattoni

In epoca imperiale in Grecia e in Asia Minore, ma anche altrove, si diffonde l'uso di volte interamente in mattoni cotti su edifici in opera cementizia (fig. 575). Queste strutture sono eventualmente integrate da una gettata di calcestruzzo sopra l'estradosso. I due sistemi fondamentali – a **mattoni radiali** longitudinali¹⁹⁸ e ad **anelli trasversali** (detto altrimenti a mattoni affiancati), spesso utilizzati insieme – ripropongono metodi già in uso nell'Oriente Antico e forse, non è da escludere, anche nelle costruzioni greche in mattoni crudi di epoca precedente (fig. 576). Sono strutture più resistenti delle volte interamente in calcestruzzo grazie alla massa compatta del materiale laterizio; d'altra parte suppliscono alla cattiva qualità dell'opera cementizia prodotta localmente, allo stesso modo delle volte realizzate interamente in conci o in blocchetti lapidei che sono anch'esse caratteristiche, come si è visto, della Grecia e dell'Asia Minore in epoca imperiale (cfr. pp. 302-303, figg. 534-536).

Il tipo a mattoni radiali è costituito da laterizi quadrati interi i quali vengono disposti sulla centina per filari convergenti verso il centro dell'arco, con i lati lunghi paralleli alle imposte e i giunti alternati (fig. 575). Un esempio significativo è quello del mausoleo RG 1 a Trezene, in Argolide, (forse del II sec. d.C.) in opera laterizia, a pianta quadrata, con lato di 7,50 m¹⁹⁹ (fig. 577). La volta a botte che copriva l'ambiente interno, composta da laterizi quadrati di un piede per lato, era estradosata e coperta da uno strato di cocchiopesto. Ai fianchi vennero aggiunti due corpi murari che prolungavano verso l'alto il muro perimetrale con la consueta funzione di contenere le spinte laterali e impedire le deformazioni della volta. Il primo tratto

della volta sopra l'imposta, fino a 18 gradi dall'orizzontale, distinguibile per i laterizi di colore diverso, venne realizzato senza centina poiché i mattoni restavano in posizione grazie alla loro modesta inclinazione e alla viscosità della malta. La centina, poggiata su travetti lignei di cui restano gli incassi nelle pareti, si rese invece necessaria per la parte superiore dove la maggiore inclinazione dei piani di posa non garantiva più la stabilità dei laterizi.

Nelle volte ad anelli trasversali, di cui si è parlato nella prima parte del volume (cfr. pp. 70-74), i mattoni sono disposti radialmente su file affiancate, ortogonali alle linee d'imposta, le quali si appoggiano l'una sull'altra e sono per questo lieve-

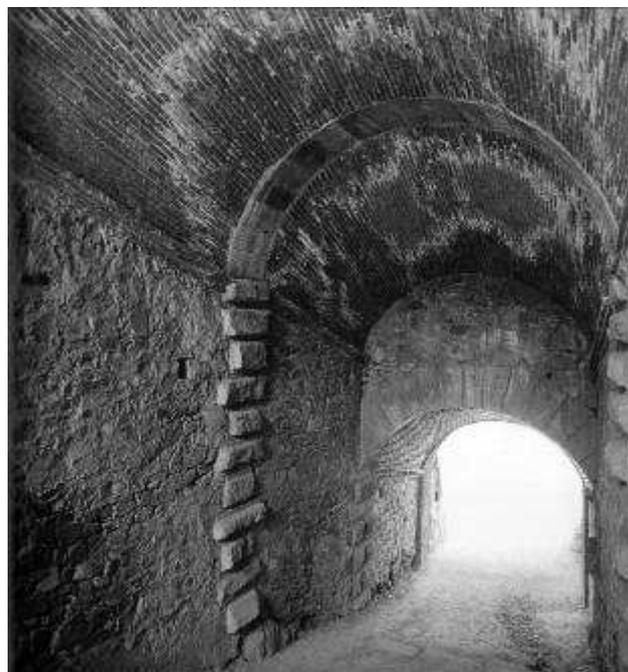


Fig. 575 - Merida. Teatro romano. Volta in mattoni del vomitorio

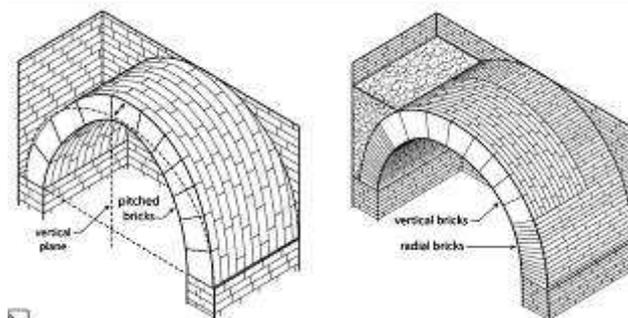


Fig. 576 - Tipi di volte in mattoni cotti in Asia Minore e in Grecia in epoca imperiale: ad anelli trasversali inclinati (a sinistra), a mattoni radiali longitudinali e ad anelli trasversali (a destra) (LANCASTER 2009)

¹⁹⁸ Per comodità – anche qui di seguito – si usa la definizione “mattoni radiali” dove l'orientamento longitudinale è sottinteso, anche se propriamente la disposizione radiale caratterizza entrambi i sistemi.

¹⁹⁹ VITTI M. – VITTI P. 2010

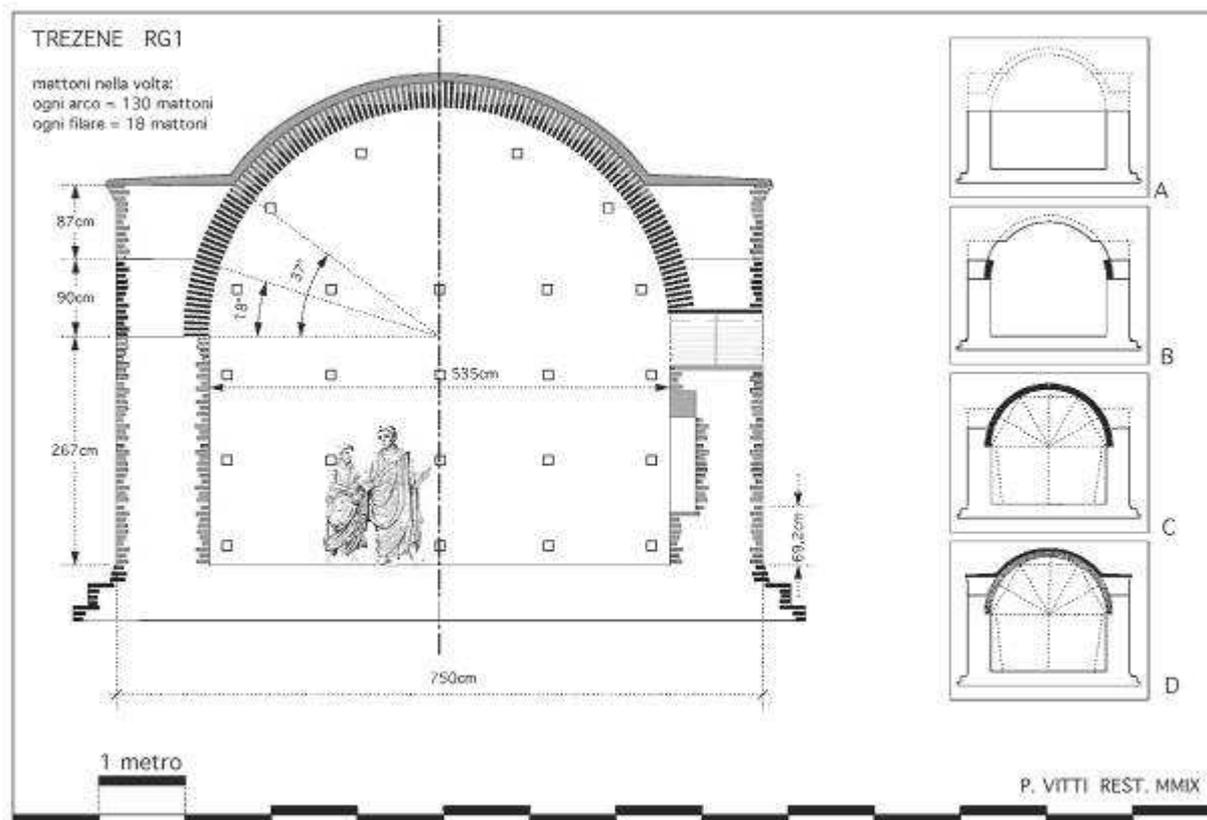


Fig. 577 - Trezene. Mausoleo RG1. Sezione trasversale ricostruttiva. A destra sono indicate le fasi costruttive della copertura (VITTI M. – VITTI P. 2010, ricostruzione di P. Vitti)



Fig. 578 - Aspendos. Sostruzioni della basilica. Volta a botte in mattoni. Gli anelli trasversali partono dalle reni.

mente inclinate (fig. 576, a sinistra). Si costruisce un anello per volta appoggiando i mattoni del primo a un muro o a un arco già messo in opera, procedendo dalle due imposte verso la chiave; l'anello successivo poggia su quello appena completato e così via. È lo stesso procedimento delle volte con i tubi fittili e serviva ad evitare l'uso

delle centine. In Grecia e in Asia Minore questo sistema appare spesso combinato con la tecnica dei mattoni radiali, soprattutto nelle volte a botte che coprono corridoi di scarsa luce (ambienti ipogei delle Terme presso il teatro di Argo, sostruzioni della basilica di Smirne, sostruzioni della basilica di Aspendos)²⁰⁰ (fig. 578). La parte inferiore della volta sopra le due imposte, come nel Mausoleo RG 5 di Trezene, viene costruita con mattoni radiali disposti su file longitudinali; quella superiore è costituita da anelli trasversali i quali si appoggiano a un arco radiale intero costruito a ridosso della parete di testata (fig. 576), talvolta, come ad Argo, anche ad una serie di archi radiali rompitratta. Volte di questo tipo potevano essere realizzate senza centine, a eccezione degli archi di testata e rompitratta.²⁰¹

²⁰⁰ LANCASTER 2009; VITTI P. 2010 b

²⁰¹ Ma nelle terme presso il teatro di Argo sono visibili sulle pareti degli incassi per la centina che fanno pensare che questa sia stata utilizzata anche per mettere in opera gli anelli trasversali inclinati (VITTI P. 2010 b, fig. 15).

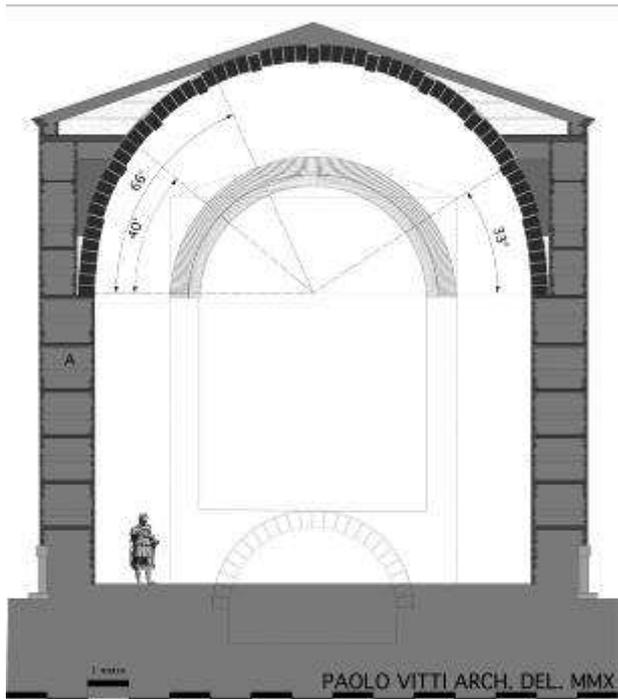


Fig. 579 - Argo. Grande aula delle terme presso il teatro. Sezione trasversale ricostruttiva (VITTI P. 2010 a)

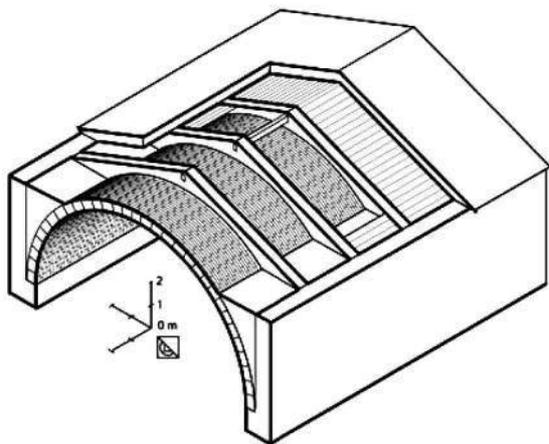


Fig. 580 - Argo. Grande aula delle terme presso il teatro. Ricostruzione assonometrica (LANCASTER 2009)

Sono attestate anche piccole volte a botte di corridoi costruite interamente ad anelli trasversali a partire dalle imposte (Eleusi, Istmia). Questa tecnica è esclusiva anche in alcune coperture di grandi ambienti. Nel mausoleo RG 5 di Trezene, forse della fine del II sec. d.C., il settore centrale dell'ampia sala rettangolare, con luce di 6,70 m, era coperto da una volta a vela costituita da quattro insiemi di anelli affiancati di mattoni quadrati con

lato di 21 cm, paralleli ai muri perimetrali, che si incontravano in corrispondenza delle diagonali dell'ambiente²⁰².

Un'ampia volta a botte ad anelli trasversali copriva una sala delle Terme III 2 B di Anamurium, sulla costa centro-meridionale dell'Anatolia (metà III sec. d. C.); un'altra botte realizzata con la stessa tecnica stava nella grande aula delle terme presso il teatro di Argo (fine I sec. d.C.), destinata in origine ad ambiente cultuale di un santuario di Serapide-Asclepio²⁰³ (figg. 579, 580). La volta di questa sala era costituita da anelli di mattoni di forma trapezoidale alti 41 cm, collocati con il lato breve sull'intradosso in modo da ottenere un migliore accostamento dei mattoni all'interno dell'arco e quindi una maggiore rigidità della struttura. Su entrambi i lati fino alle reni la volta era contenuta da un riempimento in opera cementizia gettato fra gli archi in mattoni e il muro perimetrale. Sopra al rinfianco furono edificati dei setti trasversali in opera incerta, distanti fra loro circa 2,50 m., che insistevano in parte sulla volta laterizia. Sulla sommità di questi furono poggiate delle tavole di legno su cui venne effettuata la gettata in opera cementizia che realizzava le due falde del tetto. Questa struttura costituisce un *unicum*; come è stato osservato sembra tradurre nell'opera cementizia gli elementi fondamentali dei tetti in travi di legno; i setti trasversali hanno la stessa disposizione dei puntoni, di cui condividono la funzione di armatura

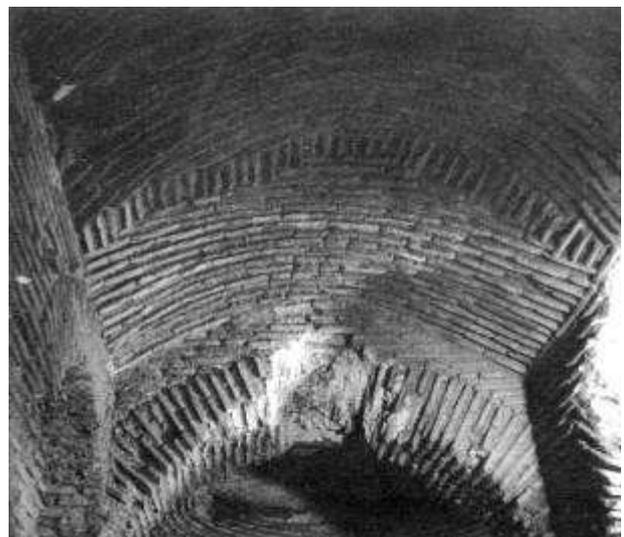


Fig. 581 - Costantinopoli. Sostruzioni del Gran Palazzo. Volta in mattoni ad anelli trasversali con archi rompitratta

²⁰² VITTI M. – VITTI P. 2010

²⁰³ AUPERT – GINOUVÈS 1989; VITTI P. 2010 a

primaria a sostegno del materiale che forma le lastre spioventi.

Le volte in mattoni ad anelli sono attestate in Egitto e in Oriente ancora in epoca imperiale; caratterizzeranno anche alcuni importanti monumenti del regno dei Parti, tra cui il palazzo reale di Assur del I sec. d.C.²⁰⁴ Si incontrano alcuni esempi di volte che combinano come in Grecia mattoni radiali disposti longitudinalmente e anelli trasversali. Questo patrimonio millenario di esperienze si tramanderà infine all'architettura bizantina e sasanide. Nelle costruzioni del Gran Palazzo di Costantinopoli ritroviamo le volte a botte ad anelli trasversali inclinati, impostati in questo caso direttamente sui muri d'alzato, che si intervallano ad archi radiali rompitratta²⁰⁵ (fig. 581). La volta del palazzo di Cosroe I a Ctesifonte presso Bagdad (seconda metà del VI d.C.), con luce di 26 m e dal profilo parabolico, era costituita fino alle reni da mattoni collocati radialmente, nella parte superiore da anelli trasversali e inclinati in vari strati sovrapposti²⁰⁶. Date le sue grandi dimensioni venne realizzata su centina.

8) Catene metalliche

Le principali caratteristiche meccaniche del ferro sono la durezza, la resistenza a compressione e soprattutto la resistenza a trazione. Gli architetti romani seppero sfruttare le sue proprietà realizzando catene metalliche per rinforzare volte e solai, sostenere le piattabande e alleggerire il carico gravante sui piedritti. Nei portici perimetrali di alcuni edifici è stata documentata l'esistenza di tiranti trasversali i quali ancoravano il muro della facciata alla parete interna per contrastare la spinta verso l'esterno della volta a botte²⁰⁷. Le due estremità delle aste erano lavorate ad artiglio o a coda di rondine per agganciarsi ad appositi incassi dei blocchi della trabeazione e di altri elementi lapidei inseriti nella muratura. Nel portico della Basilica Emilia verso la via Sacra (nella ricostruzione della fine del I sec. a.C.)²⁰⁸ e nel portico al secondo livello degli *Horrea Agrippiana*²⁰⁹ i tiranti erano situati all'altezza delle

reni della volta e quindi scavalcavano gli ambulacri restando quasi completamente in vista (fig. 582 a). Nelle navate laterali della Basilica Ulpia²¹⁰ e nei portici delle palestre delle terme di Caracalla²¹¹ e di Diocleziano le aste metalliche erano invece completamente affogate nell'opera cementizia delle volte, sopra la chiave, innestandosi a blocchi di pietra posti sulla verticale dei piedritti (b, c).

Nella Basilica Emilia i tiranti trasversali erano inoltre abbinati a delle catene longitudinali collocate nella muratura sopra la teoria di archi della facciata. In alcuni casi le aste metalliche, profittando dell'ottima resistenza a trazione del ferro, erano collocate longitudinalmente sopra i colonnati per sostenere delle piattabande in muratura che prendevano il posto degli architravi. Questo sistema è testimoniato in alcuni edifici di Villa Adriana (nel Teatro Marittimo, nella Sala dei Pilastri Dorici, nello Stadio e nel cosiddetto Ninfeo)²¹² (fig. 582 d). Le piattabande erano costituite da mattoni collocati radialmente sopra due o tre staffe di ferro parallele. Alle due estremità le aste erano piegate verso l'alto per alloggiarsi entro delle scanalature ricavate nelle facce laterali dei pulvini lapidei che stavano sopra i piedritti; la terminazione ad artiglio di ciascuna di esse si agganciava a un incasso sulla faccia superiore del pulvino. La struttura veniva poi rivestita da sottili lastre marmoree e sembrava un architrave in pietra. Altrove è testimoniato un sistema più semplice a staffa orizzontale unica, incassata alla base dei pulvini (criptoportico di Coninbriga in Portogallo).

Le *suspensurae* di alcuni impianti termali si configuravano come solai in vero e proprio calcestruzzo armato, rinforzati da griglie o aste parallele in ferro inserite nell'opera cementizia. I resti di una struttura di questo tipo sono rinvenuti ad esempio in un vano termale della Villa di Punta Eolo a Ventotene, datata all'inizio dell'età augustea²¹³. La grata di metallo, di cui sono rimaste evidenti tracce degli incastri sulle pareti circostanti, rinforzava un settore delle *suspensurae* che stava sotto la vasca del *caldarium* e quindi era soggetto a un carico maggiore. Sul pavimento dell'ipocausto sono state individuate inoltre le basi di alcuni ritti di

²⁰⁴ ANDRAE – LENZEN 1933, pp. 27, 43, tav. 10.

²⁰⁵ WARD PERKINS 1958, tavv. 5-7

²⁰⁶ DIEULAFOY 1884, tav. VI

²⁰⁷ Sull'argomento cfr. AMICI 1997

²⁰⁸ BAUER 1988; AMICI 1997, p. 86, fig. 1

²⁰⁹ BAUER – PRONTI 1978; BAUER 1978

²¹⁰ AMICI 1982, pp. 28-35

²¹¹ DE LAINE 1985, pp. 198-202

²¹² Sulle piattabande armate cfr. OLIVIER 1983; SCETTI 1996; GIULIANI 2006 p. 117, fig. 33

²¹³ DE ROSSI 1993, pp. 38-39.

ferro che si legavano probabilmente alla griglia soprastante.

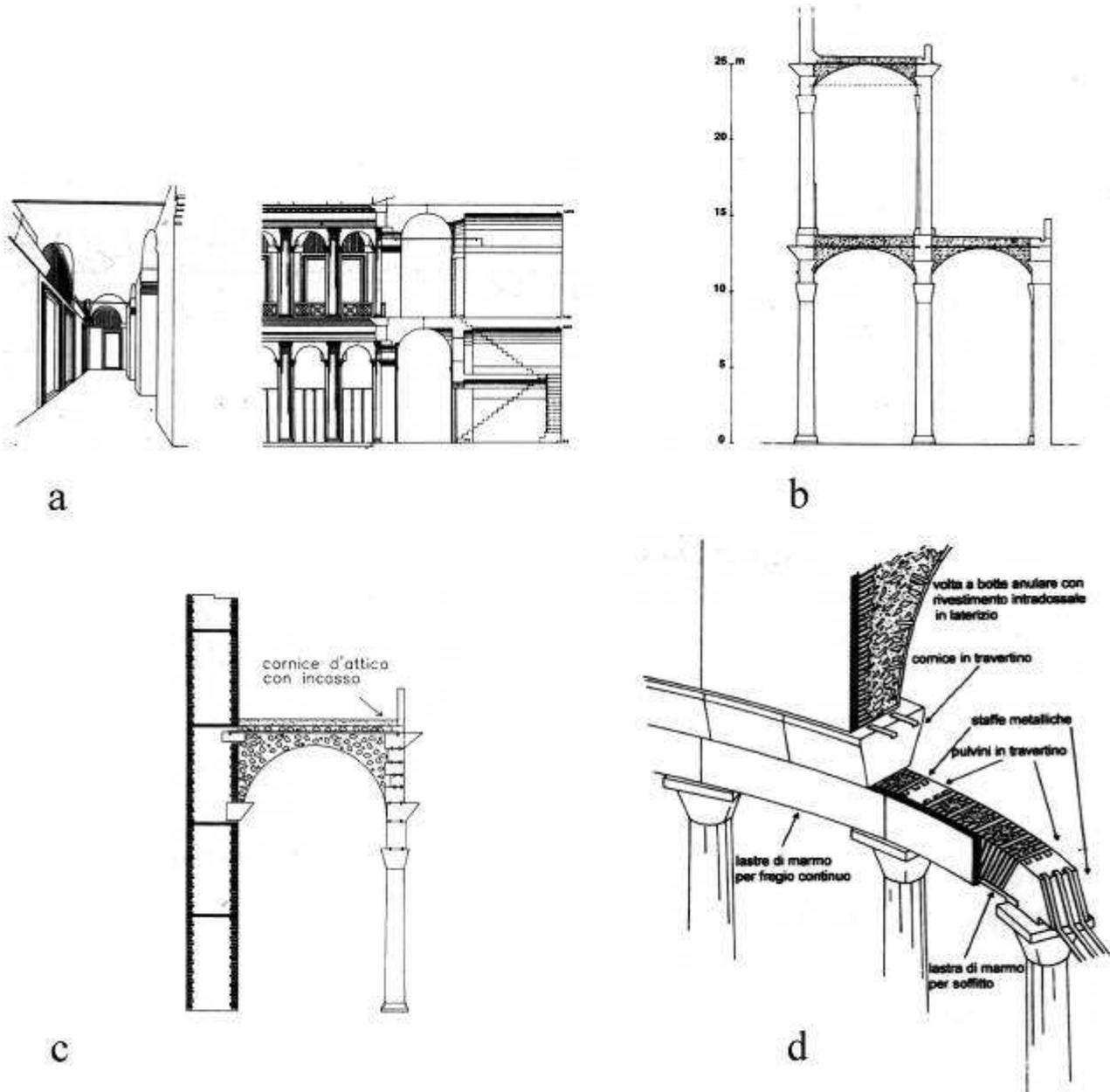


Fig. 582 - Catene metalliche nelle strutture romane: a) *Horrea Agrippiana*; b) Basilica Ulpia; c) Terme di Caracalla; d) Teatro Marittimo a Villa Adriana (AMICI 1997)

Capitolo VIII

Statica e morfologia delle volte

1) Tipi di volte

Per quanto riguarda la morfologia si distingue tra volte semplici e volte composte (**figg. 635-636 a pp. 353-354**). Le **volte semplici** presentano una superficie intradosale continua, priva di angoli e spigoli; si dividono nei seguenti tipi:

- la **volta a botte**. È determinata dalla proiezione di un arco (**arco di testata** o **direttrice**) lungo due **linee d'imposta** (o **generatrici**); se le imposte sono parallele la volta è detta **cilindrica**, se invece sono divergenti o convergenti si avrà una volta **conica** (o **conoidica**). La volta a botte si definisce **obliqua** o **inclinata** quando le linee d'imposta sono in pendenza; **anulare** se le generatrici hanno un andamento curvilineo; **elicoidale** se monta in curva; **zoppa** quando le due imposte stanno a quote diverse; **rampante** quando le imposte sono a quote diverse e una delle due corrisponde alla quota massima dell'arco; la **volta a collo d'oca** è una volta zoppa con un arco policentrico. In base al profilo della direttrice si distinguono inoltre: le volte **a tutto sesto** dove la freccia (o monta) è pari alla metà della luce; **a sesto ribassato** quando la monta è inferiore alla metà della luce; **a sesto rialzato** quando è maggiore della metà; **policentrica** se l'arco ha più centri di curvatura; **a sesto acuto** (o **ogivale**) quando è formata da due archi di cerchio che si incontrano a cuspide;

- la **cupola** è una volta a perfetta simmetria centrale equivalente nella forma più semplice a una porzione di sfera (**calotta**) tagliata orizzontalmente, altrimenti può essere in forma ellissoide od ovoide;

- la **semicupola** risulta dalla resezione di una cupola con un piano verticale;

- la **volta a vela** deriva da una cupola tagliata con quattro piani verticali.

Le **volte composte** sono formate dalla intersezione di volte semplici; presentano pertanto **spigoli** nell'intradosso che suddividono la superficie in **spicchi**. Questi ultimi se poggiano interamente sopra le linee d'imposta sono detti **fusi**, se stanno in corrispondenza degli archi di testata sono denominati **unghie** (o **vele**). I tipi di volte composte attestati negli edifici antichi sono:

- la **volta a botte lunettata** che risulta dalla intersezione di una volta a botte principale con una o più volte a botte che hanno la chiave a una quota inferiore;

- la **volta a crociera**: il tipo più semplice, **quadripartito**, formato da quattro unghie, risulta dalla intersezione ad angolo retto di due volte a botte; al centro le chiavi si incrociano alla stessa quota che può essere uguale o più alta di quella delle chiavi degli archi di testata; nel secondo caso si parla di volta a **crociera rialzata**. I tipi **esapartito** e **ottopartito** su vano a pianta centrale sono costituiti rispettivamente da sei e otto unghie a raggiera; in questi casi la crociera è sempre rialzata.

- la **volta a padiglione**: il tipo quadripartito risulta anch'esso dalla intersezione in chiave di due volte a botte, ma in questo caso è costituito da quattro fusi; i tipi esapartito e ottopartito sono formati rispettivamente da sei e otto fusi radiali;

- la **volta a unghie e fusi alternati** (veloidici e cilindrici): fonde i due tipi precedenti in una copertura caratterizzata da molteplici spicchi radiali sopra un vano a pianta centrale.

Il calcestruzzo, rispetto ai materiali tradizionali, presentava il grande vantaggio di essere totalmente malleabile grazie alla sua viscosità e di potere essere modellato in qualunque forma. La morfologia della volta era determinata da quella della centina lignea (fig. 583). L'introduzione delle volte composte negli edifici romani tuttavia non è immediata; avverrà prevalentemente in epoca imperiale in conseguenza dei progressi maturati nelle opere di carpenteria che consentiranno di realizzare centine più complesse e più efficienti per quanto riguarda le operazioni sia di montaggio che di rimozione. La progettazione delle volte composte è frutto anche delle elaborazioni formulate dagli studi di matematica e di geometria. In particolare il trattato sulle volte (*Kamarikà*), purtroppo andato perduto, che venne scritto nel I sec. d.C. dal matematico Erone di Alessandria dovette avere una grande influenza sugli architetti romani i quali furono denominati da Agazia Scolastico (*Historiarum libri quinque*), alla metà del VI secolo, i "mechanici della scuola di Erone". Proprio negli stessi anni Isidoro il Giovane, che ricostruì la cupola di Santa Sofia a Costantinopoli dopo il terremoto del 557 d.C., scrisse un commento all'opera di Erone.

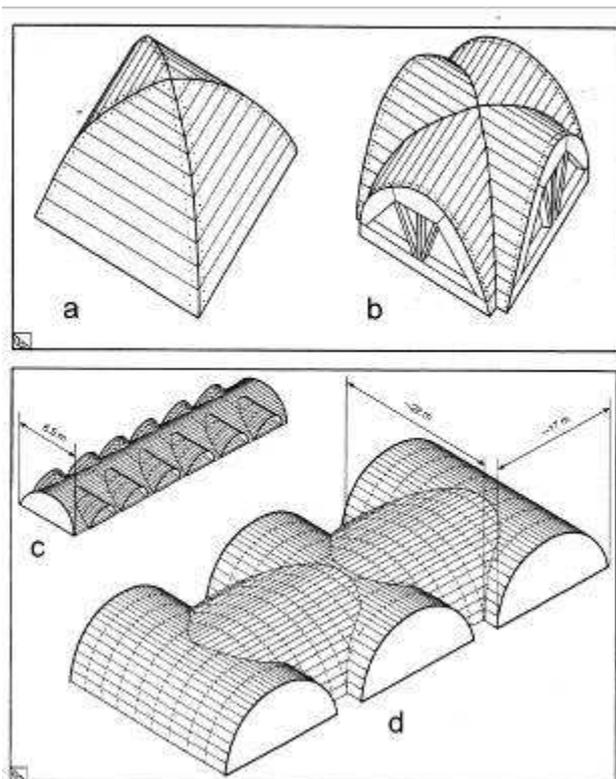


Fig. 583 - Esempi di centine per volte composte: a) volta a padiglione; b) volta a crociera; c-d) ricostruzione della centine per le volte a crociera della Grande Aula dei Mercati di Traiano (c) e del *frigidarium* delle Terme di Caracalla (d) (LANCASTER 2005)

2) Statica delle volte in calcestruzzo

Gli studi condotti negli ultimi decenni sulle strutture voltate in calcestruzzo di monumenti antichi e moderni, basati su un'attenta lettura del quadro fessurativo, hanno portato a una migliore comprensione del comportamento statico di questi organismi. Le volte in opera cementizia nella fase iniziale si caratterizzano come solidi blocchi più o meno monolitici che gravano verticalmente sulle strutture di sostegno. Si tratta di un regime transitorio, che può durare anche qualche decina di anni, in cui la forza di attrito dei materiali oppone una sufficiente resistenza alle tensioni che attraversano la struttura. In seguito le sollecitazioni a trazione finiscono per eccedere la capacità di resistenza del materiale; si producono allora delle lesioni che danno luogo a un regime definitivo in cui la volta non è più una struttura monolitica ma si

comporta come un arco in conci spingendo lateralmente sui suoi sostegni²¹⁴.

Le suddette trasformazioni sono in parte dovute a un fenomeno di graduale deformazione cui è soggetto il calcestruzzo durante il lungo ciclo della presa e della carbonatazione che porta a un abbassamento della parte superiore della volta e a una espansione sui fianchi. Di conseguenza si producono dei cambiamenti negli equilibri interni alla struttura che comportano anche un diverso andamento delle tensioni di trazione e un differente grado di resistenza dei materiali da cui deriva il processo di fessurazione. Il prodursi della spinta laterale può inoltre indurre una deformazione addizionale delle strutture di sostegno e una conseguente ulteriore deformazione della copertura la quale si adatta al movimento delle imposte.

La volta a botte inizialmente si comporta come un tetto a capriate; in seguito si producono svariate fratture ortogonali alle linee d'imposta che si approfondiscono nella struttura e la suddividono trasversalmente in una serie di archi semicircolari ognuno dei quali ha un comportamento statico indipendente dagli altri. Ciascuno di questi sarà inoltre interessato da fratture orizzontali conseguenti allo spostamento dei piedritti e all'abbassamento della chiave che lo trasformano in un arco in conci. Un fenomeno analogo si verifica sulle singole unghie delle crociere che vengono ripartite dalle lesioni trasversali in una serie di fasce di arco che si scaricano sulle diagonali (fig. 584).

Nelle cupole in conseguenza della doppia curvatura si verifica inizialmente una condizione di resistenza e di rigidità che è tipica dei gusci. La parte superiore della struttura si trova in uno stato di sollecitazione di compressione direzionato lungo gli assi meridiani che tende a flettere la muratura ma che è fortemente contrastato dalle fasce parallele, le quali costituiscono rigide cerchiature che impediscono l'aprirsi della cupola²¹⁵. La parte inferiore è soggetta lungo i paralleli a sollecitazioni di trazione; quando queste superano la capacità di resistenza del materiale si formano lesioni lungo i meridiani le quali si sviluppano a cuneo dal piano d'imposta verso l'alto. Le lesioni rompono l'azione di cerchiamento esercitata dagli anelli. La cupola pertanto si dilata nella fascia inferiore e si suddivide

²¹⁴ Tra i più recenti contributi sull'argomento cfr. LANCASTER 2005 pp. 130-148, COMO 2010

²¹⁵ La stessa condizione di rigidità e resistenza caratterizza anche le volte ad anelli orizzontali in mattoni e blocchi di pietra.

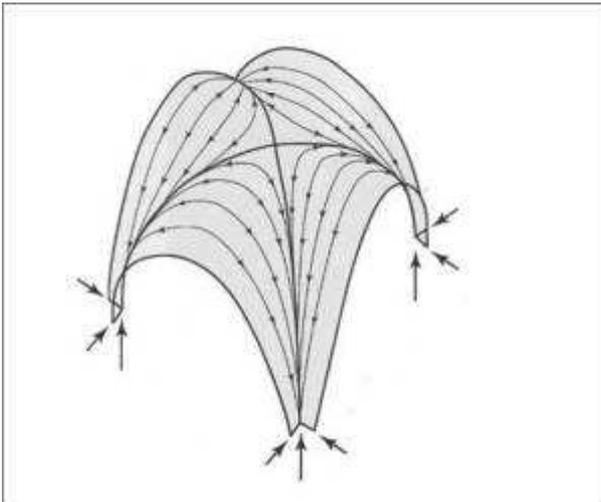


Fig. 584 - Andamento delle tensioni all'interno delle volte a crociera (LANCASTER 2005)

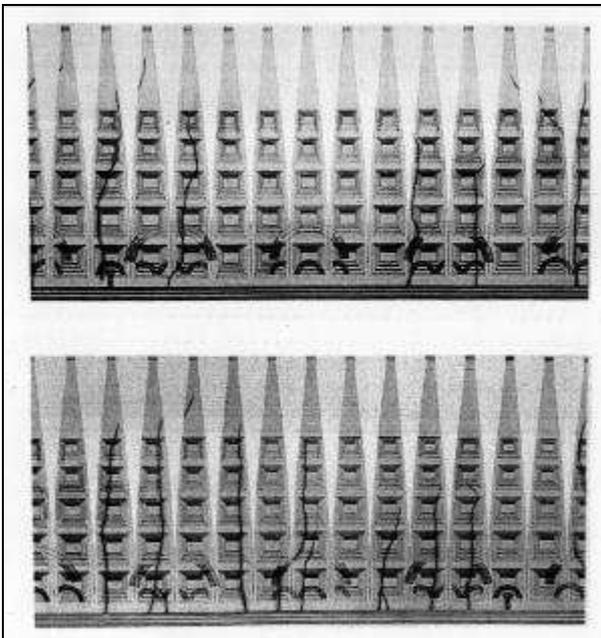


Fig. 585 - Lesioni meridiole rilevate nella cupola del Pantheon (FINE LICHT 1968)

in una serie di spicchi che si comportano a due a due come archi indipendenti, interessati da fratture circolari non passanti, e trasmettono una spinta laterale ai muri di sostegno. Indagini effettuate nel 1934 nella cupola del Pantheon consentirono di rilevare quattordici grosse lesioni meridiole, che interessavano in parte anche il cilindro, le quali furono sottoposte a riparazione, come testimoniato dai bolli laterizi, poco tempo

dopo la costruzione e circa sessant'anni più tardi all'epoca di Settimio Severo²¹⁶ (fig. 585).

Il comportamento statico delle volte interamente in mattoni e di tutti gli archi laterizi (ghiere degli archi di testata, costoloni, nervature, ecc.) è sostanzialmente analogo. Nella fase iniziale il legamento tra la malta dei giunti e i mattoni tende a creare una condizione di relativo monolitismo, perlomeno di notevole attenuazione delle spinte laterali rispetto a quanto si verifica negli archi in conci di pietra a secco. In seguito anche queste strutture sono interessate da fenomeni fessurativi; le lesioni si formano nei giunti, lungo i piani di contatto fra malta e mattoni, vincendo la resistenza di adesione fra i materiali e danno luogo a un vero e proprio arco a cunei. In ogni modo gli archi e le volte in laterizi hanno maggiore rigidità e resistenza rispetto alle volte in calcestruzzo grazie alla durezza del materiale e alla compatta tessitura degli elementi radiali. Per cui tali strutture trovano largo impiego nelle coperture voltate in opera cementizia allo scopo sia di sopportare il carico di muri soprastanti sia per imbrigliare e irrigidire la massa di calcestruzzo della volta.

La stabilità di una struttura voltata dipende in conclusione da due principali fattori: la capacità della copertura di sopportare il proprio peso senza sviluppare lesioni che potrebbero causarne il collasso e la capacità dei sostegni di sopportare le spinte laterali della volta senza ribaltarsi. I costruttori antichi ne erano ben consapevoli. Le strategie adottate negli edifici coperti da volte in calcestruzzo non differiscono da quelle già in uso nelle costruzioni con volte radiali in conci lapidei o in mattoni. Si fa un impiego sistematico delle serie di volte a botte contigue, che si contrastano reciprocamente, per coprire file di ambienti con ampiezza costante. Se la volta non è contro-bilanciata da un'altra struttura spingente si provvede a ispessire il piedritto in modo da accogliere la risultante delle sollecitazioni dentro il terzo medio. Le spinte laterali vengono inoltre contenute applicando dei contrappesi sull'imposta che gravano verticalmente. Negli edifici a più livelli questa funzione viene svolta dalle pareti dei piani soprastanti; altrimenti quando l'estradosso della volta corrisponde al tetto dell'edificio il muro perimetrale viene proseguito oltre la quota

²¹⁶ MARK – HUTCHINSON 1986. Si veda anche VOGEL 2009.

dell'imposta interna (figg. 447, 561, 577); il ruolo della fascia muraria che viene realizzata fra l'imposta e le reni è anche quello di limitare la deformazione dei fianchi della volta verso l'esterno. In diversi casi si fa uso di contrafforti all'esterno dei muri perimetrali. La spinta delle volte più grandi viene contenuta dai muri d'alzato e dalle coperture degli ambienti minori che si dispongono intorno. In merito a questi temi la grande creatività progettuale degli architetti romani porterà a formulare risposte molto diversificate e fortemente innovative.

3) Volte a botte

La volta a botte, con profilo a tutto sesto o a sesto lievemente ribassato, è il tipo più comune nelle costruzioni in calcestruzzo; per tutta l'epoca repubblicana resterà anzi quasi esclusivo. L'impiego più efficiente è quello in serie su file di ambienti paralleli e di uguali dimensioni che è testimoniato in numerose tipologie edilizie: sostruzioni, edifici per spettacoli, *horrea*, *macella* ecc. Nei fabbricati le serie di volte a botte sono ortogonali ai lati lunghi in modo da ridurre al minimo la coincidenza dei piani d'imposta con i muri perimetrali (cfr. figg. 543, 544 a p. 306). Le spinte laterali sono limitate in questo modo ai soli lati corti dove di regola si provvede ad aumentare lo spessore del muro; oppure si risolve – soprattutto in epoca imperiale – conformando diversamente le coperture degli ambienti posti alle estremità. Negli esterni, soprattutto sulle facciate delle *insulae*, i balconi (*maeniana*) saranno spesso costituiti da teorie di arcatelle a sesto ribassato impostate su mensole (fig. 586).

Le volte che hanno un notevole sviluppo longitudinale coprendo corridoi o sale allungate vengono contrastate, su uno o su entrambi i lati, dai muri divisorii e dalle volte a botte di una fila di ambienti disposti perpendicolarmente. In alcuni casi, come nelle sostruzioni del Tempio di Giove Anxur a Terracina, una delle due imposte grava su un muro di contenimento del terrapieno che spinge in senso contrario per cui si determina una situazione di equilibrio²¹⁷ (fig. 508 a p. 292). Spesso le coperture longitudinali di portici e corridoi si impostano direttamente sulla facciata dell'edificio. Nel Santuario della Fortuna a Palestrina l'impatto verso l'esterno è stato contenuto riducendo la

larghezza dei passaggi: il portico della Terrazza della Cortina è diviso in due strette navate, con luce di 4 m, coperte da due volte parallele, ulteriormente alleggerite dai lacunari; una di queste s'imposta sul colonnato esterno ma la spinta laterale è minima date le sue scarse dimensioni²¹⁸ (fig. 587). In seguito nei portici colonnati le spinte laterali verranno al-



Fig. 586 - Roma. Mercati di Traiano. Ricostruzione della facciata del Corpo Centrale lungo la via Biberatica (BIANCHINI 2010 b, ricostruzione di M. Bianchini)

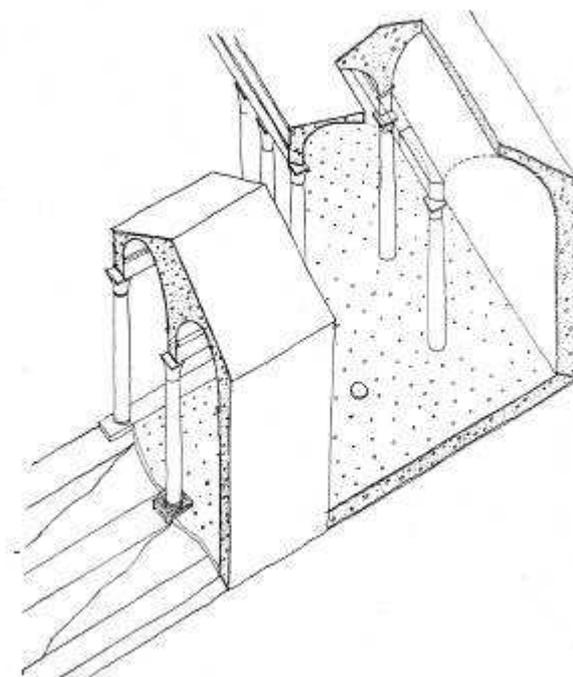


Fig. 587 - Praeneste. Santuario della Fortuna Primigenia. Ricostruzione dei portici della Terrazza della Cortina, particolare (FASOLO – GULLINI 1956)

²¹⁷ LUGLI 1926, pp. 166-167, fig. 14

²¹⁸ FASOLO – GULLINI 1956, pp. 172-183

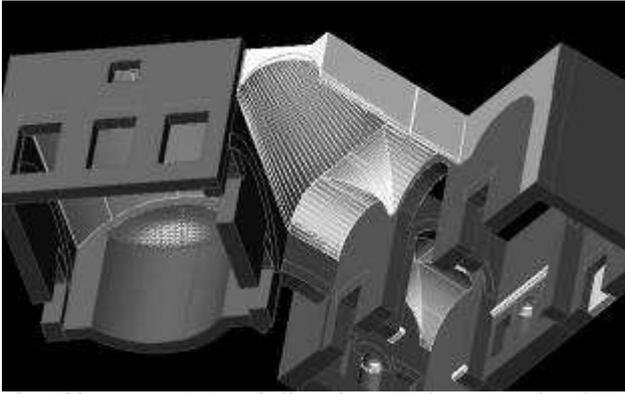


Fig. 588 - Roma. Mercati di Traiano. Volta composta al III livello del Corpo Centrale (BIANCHINI 2010 b, ricostruzione di M. Bianchini)

trimenti contrastate ancorando la parete esterna a quella interna per mezzo di catene in ferro (fig. 582 A). Nei corridoi anulari le spinte verso l'esterno sono contenute dal muro di facciata conformato a emiciclo il quale lavora a compressione sul piano orizzontale (cfr. p. 289). È la condizione in cui si trovano le volte delle due esedre della Terrazza degli Emicicli nel santuario di Palestrina (cfr. figg. 502-504). Talora dietro la facciata di un fabbricato si svolge un ambulacro longitudinale che disimpegna una fila di ambienti situati dalla parte interna (cfr. fig. 523 a p. 298). Se la facciata è scandita da una teoria di aperture arcuate, la volta a botte del corridoio è intersecata da lunette laterali che sottraggono volume diminuendone il peso; ne deriva una volta a botte lunettata la quale si imposta sulle parti piene del muro assimilandosi a una serie di crociere.

Le volte coniche che coprono ambienti a pianta irregolare più spesso hanno la chiave in piano, alla stessa quota di quella delle volte degli ambienti adiacenti, mentre le imposte sono inclinate; altrimenti hanno sia le imposte che la chiave in orizzontale e si modifica gradualmente il profilo dell'intradosso (fig. 588). Le rampe di scale che collegano i vari piani dei fabbricati sono coperte in genere da volte a botte inclinate oppure a settori rialzati e si impostano sulle volte oblique del livello sottostante oppure su volte zoppe, rampanti o a collo d'oca (fig. 635 a p. 353).

4) Cupole e semicupole

La volta a cupola è una forma antichissima che ha origine nelle costruzioni neolitiche in mattoni crudi o in pietra. È plausibile che già nel III secolo

a.C. cupole in calcestruzzo fossero edificate su vani termali a pianta circolare delle città campane e laziali, di cui non si sono conservati i resti ma che dovevano somigliare alle *tholoi* di alcuni impianti sopravvissuti nel mondo greco-ellenistico (Gortyna d'Arcadia²¹⁹, Serangeion del Pireo²²⁰). La prima cupola nota in opera cementizia è quella delle Terme Stabiane a Pompei²²¹, che viene datata al secondo decennio del I sec. a.C., di forma conica con *lumen* centrale, la quale copriva una sala rotonda forse in origine destinata a *laconicum* e in seguito trasformata in *frigidarium* (fig. 589). Il più antico esempio di copertura sferica di grandi dimen-



Fig. 589 - Pompei. Terme Stabiane. L'interno del *frigidarium*



Fig. 590 - Baia. C.d. Tempio di Mercurio. Veduta esterna della cupola

²¹⁹ GINOUVÈS 1959

²²⁰ TRAVLOS 1988, p. 343, fig. 439

²²¹ ESCHEBACH 1979

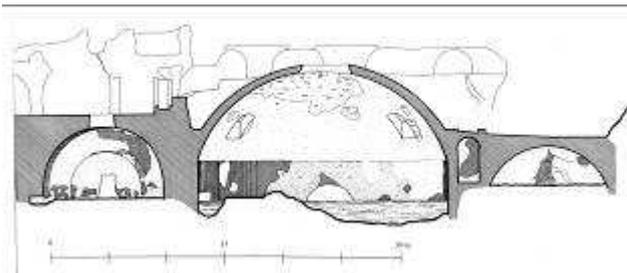


Fig. 591 - Baia. C.d. Tempio di Mercurio. Sezione della rotonda con volta a cupola e degli ambienti adiacenti (BORRIELLO - D'AMBROSIO 1979)

sioni (21,46 m di diametro) è la cupola del c.d. Tempio di Mercurio a Baia²²², della prima età augustea, che copre una sala rotonda la quale doveva far parte molto probabilmente di un complesso termale; la pianta circolare interna è iscritta in un quadrato che all'esterno lasciava in vista solo il volume emergente della volta (figg. 590-591). La cupola del Pantheon, di età adrianea, segna l'ingresso di questa tipologia architettonica nella grande architettura monumentale e di rappresentanza; la sua ampiezza (diametro di 43,30 m) resterà insuperata²²³ (figg. 445-448 a p. 261). Nelle costruzioni romane sono attestate anche cupole su ambienti a pianta quadrata (sepolcro presso Casal de' Pazzi e "Sedia del Diavolo" a Roma²²⁴) che si impostano su pennacchi conformemente a una soluzione già in uso nelle più antiche volte ad anelli orizzontali in mattoni o in blocchi lapidei (fig. 563). In alcune sale poligonali a pianta centrale la cupola si imposta invece direttamente sul muro perimetrale (c.d. Tempio di Minerva Medica, aula del "Planetario" nelle Terme di Diocleziano) (figg. 560, 561); la transizione dalla forma angolata a quella emisferica viene risolta nel registro inferiore della volta attenuando gradualmente gli spigoli che sono modellati dalle nervature laterizie. La c.d. Roccabruna di villa Adriana comprendeva due ambienti sovrapposti coperti a cupola. La volta della sala al livello superiore, con occhialone centrale, era impostata su una struttura relativamente leggera, a pianta circolare, costituita dal muro perimetrale e da una galleria colonnata esterna; la sala sottostante, circondata da nicchie rettangolari e semicircolari,

²²² BORRIELLO - D'AMBROSIO 1979, pp. 63-69, figg. 101-102, tavv. 1-3.

²²³ FINE LICHT 1968; MARTINES 2009

²²⁴ RIVOIRA 1921, p. 193, figg. 181-182; CREMA 1959 p. 340

era invece inserita in una struttura muraria a pianta rettangolare di grande spessore (fig. 592).

La semicupola costituisce la copertura di absidi e sale a emiciclo. Come è stato osservato essa tende a deformarsi maggiormente rispetto alla cupola; le tensioni lungo i meridiani non sono contrastate dalle fasce orizzontali perché queste non formano un cerchio completo; in seguito alla formazione delle lesioni la flessione degli spicchi, che non viene

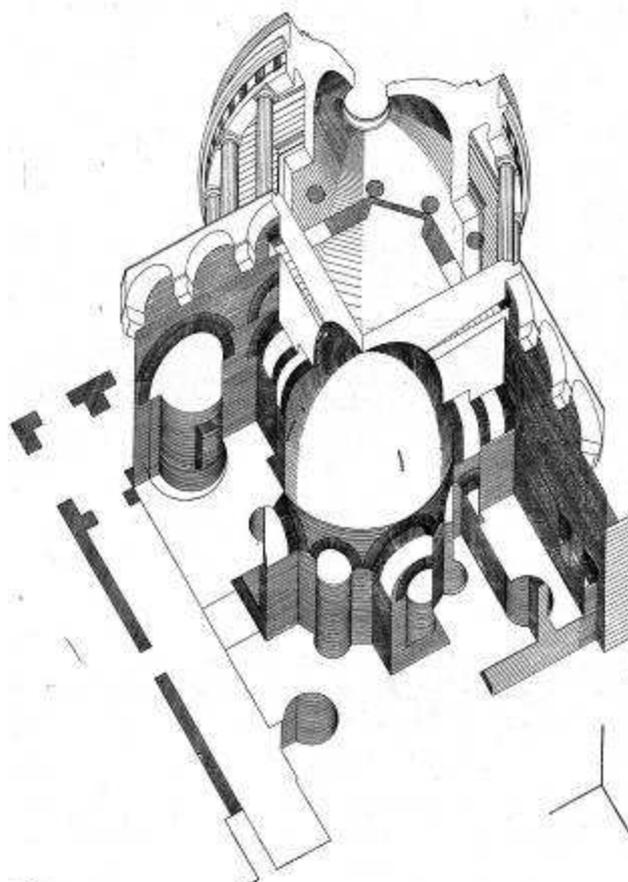


Fig. 592 - Tivoli. Villa Adriana. "Roccabruna". Spaccato assonometrico ricostruttivo (LUGLI 1940)

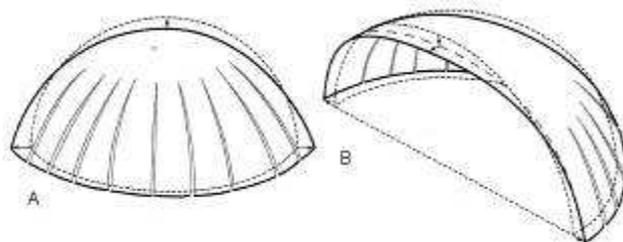


Fig. 593 - Schema delle lesioni meridiane e delle deformazioni cui sono soggette le volte in calcestruzzo a semicupola (LANCASTER 2005)

parzialmente controbilanciata sul lato opposto, spinge la parte superiore oltre il filo del lato rettilineo provocandone l'ulteriore abbassamento (fig. 593). Per questo motivo raramente sono costruzioni isolate, ma sono realizzate come appendici di strutture più grandi a cui si appoggia la fronte (fig. 608). Nelle sostruzioni la convessità rivolta verso il terrapieno può in ogni modo svolgere, grazie alla sua spinta laterale, una efficace azione di contenimento in aggiunta a quella esercitata dall'abside sottostante (fig. 524 a p. 298).

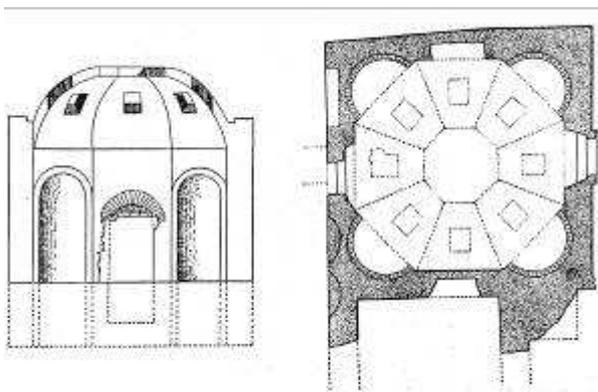


Fig. 594 - Pisa. Sala ottagonale dei c.d. Bagni di Nerone. Pianta e sezione (NEPPI MODONA 1953)



Fig. 595 - Roma. *Domus Aurea*. Interno della sala ottagonale

5) Volte a padiglione

La volta a padiglione fa la sua prima apparizione nel *Tabularium* a Roma²²⁵ e al quarto livello delle sostruzioni del tempio di Ercole Vincitore a Tivoli dove copre serie di vani a pianta quadrata²²⁶. In seguito viene sviluppata la forma ottagonale per la chiusura di ambienti a pianta centrale. Un esempio di questo tipo è la volta dell'aula ottagonale dei c.d. Bagni di Nerone, a Pisa, circondata da quattro absidi semicircolari e compresa in un robusto corpo di fabbrica quadrangolare²²⁷ (fig. 594). La parte centrale di ciascuna falda è alleggerita da un'apertura; gli spigoli della volta, che sono le zone più sollecitate, corrispondono ai pieni del muro perimetrale.

Un capolavoro di ingegneria è la copertura della sala ottagonale situata al primo livello della *Domus Aurea* sul colle Oppio, circondata da ambienti con volte a botte o a crociera di pari altezza²²⁸ (figg. 595, 596). Le otto falde della volta a padiglione si impostano audacemente su piattabande di amplissima luce che scavalcano le aperture lungo il perimetro. La cupola è sostenuta interamente da grandi pilastri triangolari che collegano la sala ottagonale agli ambienti circostanti, dentro i quali al pian terreno si aprono le porte di collegamento delle stanze radiali. I piloni sono in muratura piena sopra le porte fino al pavimento del piano superiore. Sull'estradosso della cupola sono impostati otto muri, anch'essi a pianta triangolare, i quali corrispondono ai pilastri laterali e si alternano a dei vuoti che consentono l'illuminazione dall'alto degli ambienti circostanti (fig. 596, 4-6). I muri triangolari sopra la volta funzionano da contrappesi perimetrali e convogliano sui piloni adiacenti le sollecitazioni laterali della struttura; il loro profilo planimetrico consente di lasciare il massimo spazio ai lucernai e fa in modo che la massa muraria gravante sulla volta si assottigli gradualmente verso l'alto. Al centro della volta si apre un grande *oculus*; l'intradosso, che in basso è ottagonale, sfuma gradualmente verso l'alto in una forma circolare, soluzione come si è visto che è attestata anche in alcune volte di epoca più tarda; nella *Domus Aurea* la transizione non è guidata dalle nervature laterizie

²²⁵ RIVOIRA 1921, p. 98, figg. 84-86

²²⁶ GIULIANI 1998, pp. 54-58

²²⁷ NEPPI MODONA 1953, pp 13-14, figg. 3-7

²²⁸ BALL 2003, pp. 207-220

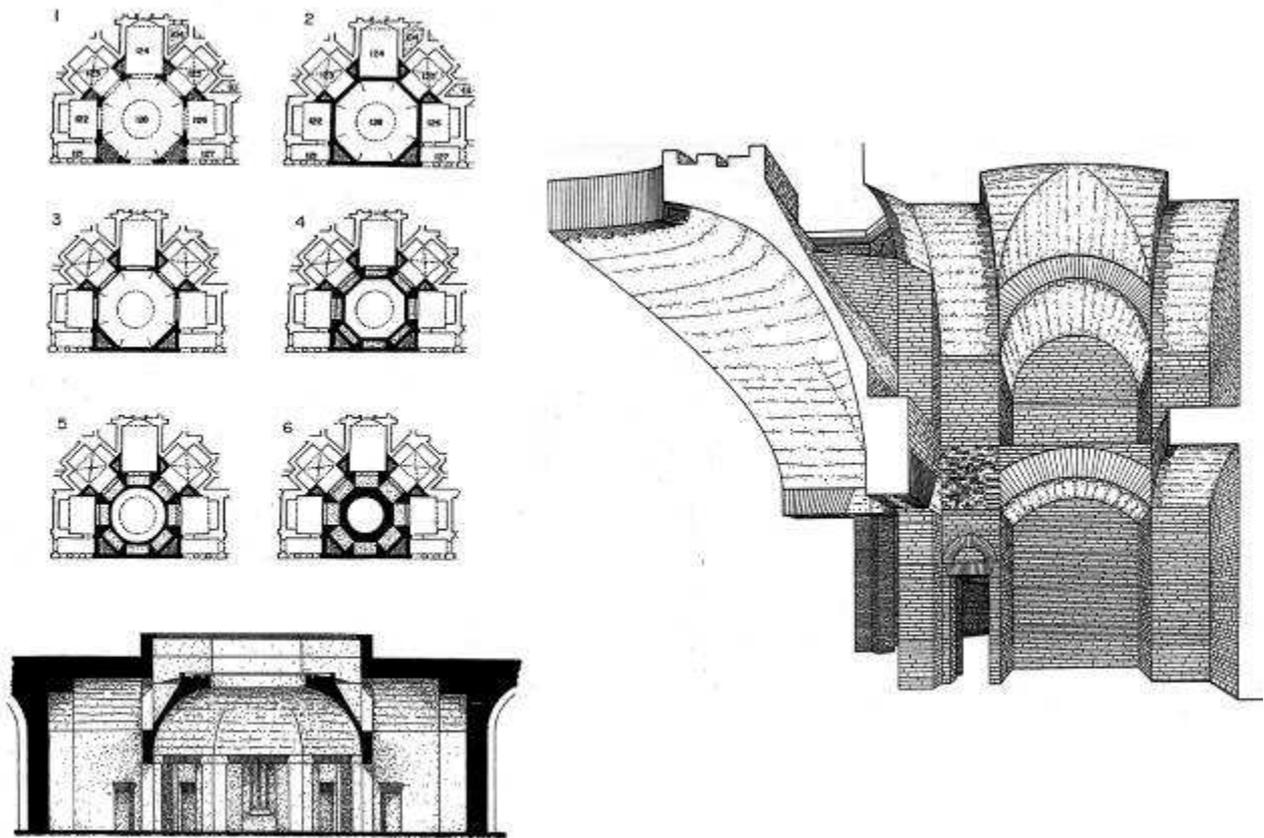


Fig. 596 - Roma. *Domus Aurea*. Sala ottagonale e ambienti annessi. In alto a sinistra: sezioni orizzontali della struttura muraria della sala a sei differenti livelli, in sequenza dal basso verso l'alto. In basso a sinistra: Sezione trasversale. A destra: Sezione longitudinale del settore NE della cupola e dell'ambiente adiacente; le strutture murarie sullo sfondo, verso NO, sono rappresentate in prospettiva (BALL 2003)

che danno forma agli spigoli ma è delegata interamente al tavolato della centina. L'estradosso invece mantiene la forma ottagonale fino alla sommità, in questo modo lo spessore della volta è maggiore in corrispondenza dei pilastri triangolari mentre si assottiglia sopra le piattabande. Il linguaggio è di tipo illusionistico perché il robusto sistema di strutture portanti resta pressoché invisibile dall'interno della sala; le porte che collegano gli ambienti radiali non fanno capire la consistenza dei pilastri triangolari e la copertura sembra reggersi su esili sostegni.

6) Volte a crociera

Nella volta a crociera le sollecitazioni agiscono sulle diagonali determinando un carico concentrato sui sostegni angolari (fig. 584). Gli architetti romani sapranno disporre nel modo più conveniente questo tipo di coperture all'interno degli edifici tenendo

conto della disposizione planimetrica dei muri circostanti; l'impiego più razionale è quello in serie perché le spinte angolari sono controbilanciate dalle diagonali delle crociere adiacenti e indirizzate ortogonalmente ai lati lunghi in direzione di pilastri intermedi o dei muri divisorii degli ambienti attigui. Il principio trova applicazione ad esempio nella galleria anulare al secondo ordine dell'Anfiteatro Flavio, dove il vantaggio delle crociere, che s'impostano da un lato sulle teste dei muri divisorii degli ambienti radiali dall'altro sui robusti pilastri della facciata, è quello di dare spazio ad alte aperture arcuate su ogni lato.

Le arcate laterali inoltre sottraggono massa muraria alleggerendo la struttura. Il volume di una volta a crociera, a seconda dello spessore in chiave, può essere inferiore dal 25 a oltre il 40 % rispetto a quello di una volta a botte di uguale estensione planimetrica. Per la sua relativa leggerezza e per il fatto che essa grava esclusivamente sugli angoli

risparmiando le pareti intermedie essa trova applicazione anche negli ambienti situati alle estremità dei fabbricati, con almeno due lati che corrispondono al perimetro dell'edificio. E' il caso del terzo piano del Corpo Centrale dei Mercati di Traiano²²⁹ realizzato interamente in elevato e con una planimetria irregolare condizionata dall'andamento delle strade circostanti (fig. 597). Le coperture degli ambienti sono costituite da volte a botte oppure da volte a crociera. L'adozione dell'uno o dell'altro tipo risponde a una logica rigorosa, per cui si vuole evitare che le volte a botte siano impostate sui muri perimetrali per non gravarli con le spinte laterali della loro consistente massa muraria. Fanno eccezione a questa regola, anche in altre parti del complesso architettonico, i corpi-scala a rampe affiancate che sono sempre collocati ai margini dei relativi corpi di fabbrica in relazione con gli ingressi; ma le loro coperture hanno una portata limitata e quindi il carico sulla parete è relativamente modesto (cfr. fig. 543 a p. 306). Le volte a botte coprono tutti gli ambienti che si allineano alle spalle delle due facciate principali contrastandosi reciprocamente e risparmiando il muro esterno. Le volte a crociera s'impongono invece nella parte posteriore dell'edificio dove a causa della presenza di un cortile e per la più complessa articolazione delle facciate a monte alcuni ambienti hanno due lati, fra loro ortogonali, che coincidono con i muri esterni. La copertura a crociera costituisce in questi casi la soluzione più sicura in quanto le sollecitazioni vengono scaricate lungo gli archi diagonali verso le più robuste zone angolari, risparmiando le due pareti che non sono controbilanciate all'esterno da altre volte.

Molto significativa è anche la conclusione a N della serie di volte a botte che riparavano gli ambienti dell'ultimo livello del vicino corpo di fabbrica della Grande Aula. La spinta laterale si smorza gradualmente nella copertura dell'ultimo vano, in seguito crollato, situato dietro la facciata settentrionale dell'edificio. Questo infatti nella metà interna presenta una struttura più massiccia, con tre piccole lunette che intersecano la volta longitudinale, per meglio controbilanciare le spinte della volta a botte dell'ambiente situato dall'altra parte (fig.598). La metà esterna, appoggiata al muro perimetrale, viene invece alleggerita con due ampie semicrociere. Le formule adottate, frutto di

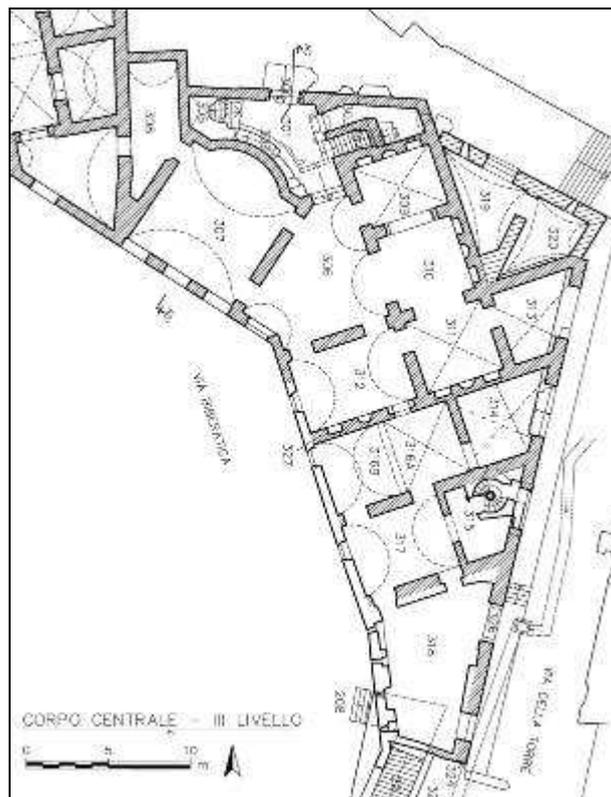


Fig. 597 - Roma. Mercati di Traiano. Planimetria del III livello del Corpo Centrale. Sono indicate le proiezioni delle volte a botte e a crociera; l'ambiente 310 è un cortile (BIANCHINI 2010 b, rilievo M. Bianchini – Studio Tau)



Fig. 598 - Roma. Mercati di Traiano. Ricostruzione dell'ambiente settentrionale al quarto livello dell'edificio della Grande Aula (www.rilievoarcheologico.it, ricostruzione M. Bianchini)

una progettualità molto sperimentale e creativa, dimostrano la grande versatilità delle volte in calcestruzzo che possono adattarsi ai più disparati contesti assumendo le forme più idonee a garantire la stabilità dell'insieme.

²²⁹ BIANCHINI 2010 b

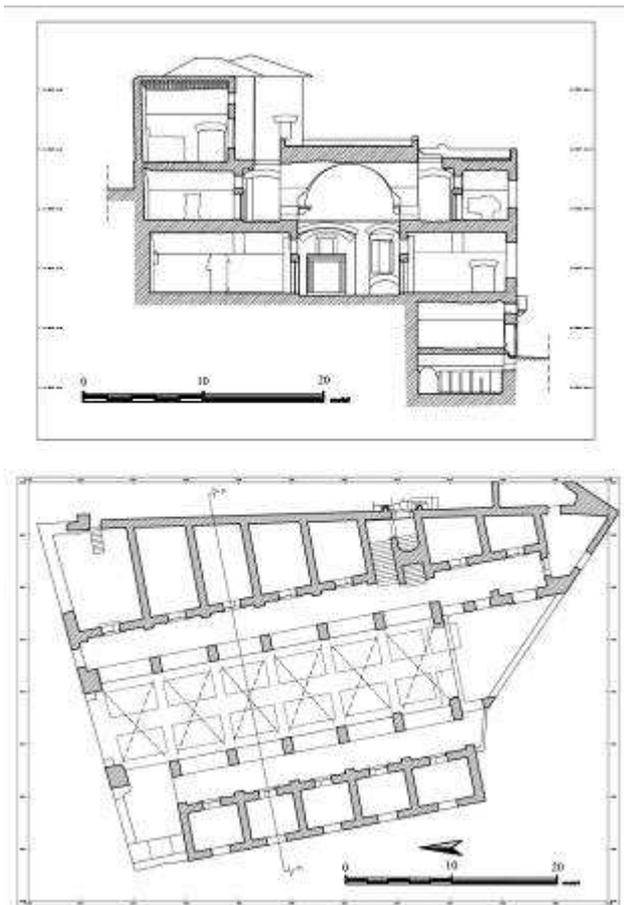


Fig. 599 - Roma. Mercati di Traiano. Edificio della Grande Aula. Pianta a livello delle tribune e sezione trasversale (BIANCHINI 2010 a, rilievo M. Bianchini – Studio Tau)

Le crociere in serie troveranno particolare fortuna per la copertura di grandi sale rettangolari circondate da altri ambienti che ne raccolgono le sollecitazioni. Una delle prime e più originali formulazioni di questo tipo è la volta della Grande Aula dei Mercati di Traiano²³⁰. Si tratta di un edificio molto sperimentale che traduce un impianto di tipo basilicale in una struttura interamente in calcestruzzo, collocata in pendio (figg. 521 n. 1, 599). L'aula centrale è coperta da sei crociere che sono a pianta rettangolare perché si impostano, per mezzo di pilastri in travertino, sulle teste dei muri divisorii degli ambienti laterali del pian terreno i quali hanno un'ampiezza minore della sala. La copertura della Grande Aula costituisce un corpo rettangolare coperto a terrazza delimitato sui lati lunghi da due gallerie che disimpegnano opposte file di ambienti e sono scavalcate dagli archi di contrasto della volta. Le tribune sono a cielo aperto

²³⁰ BIANCHINI 1991, pp. 102-110; BIANCHINI 2010 a

in modo da garantire un'adeguata illuminazione all'interno dell'aula (fig. 600). I pilastri raccolgono le imposte della volta longitudinale e quelle delle arcate laterali a quote diverse, mentre le chiavi sono allo stesso livello. Essi si prolungavano in aggetto rispetto ai muri del pian terreno sopra delle grosse mensole in travertino; sulle teste delle mensole erano impostati inoltre dei costoloni in mattoni sesquipedali, che vennero eliminati durante il riuso di età moderna, i quali scandivano le crociere ed erano interamente sporgenti dall'intradosso (fig. 601). Essi servivano ad aumentare la sezione della volta nelle parti più sollecitate, dove si incontravano le crociere, ma anche a ingrossare i pilastri. Questi ultimi avevano scarsa profondità per non interferire con il percorso delle gallerie ma le loro dimensioni erano insufficienti per contrastare efficacemente le spinte laterali delle crociere. Neanche gli archi di contrasto erano di grande aiuto, perché per consentire il passaggio sulle tribune stavano troppo in alto quindi il loro impegno statico era modesto²³¹. I costoloni in aggetto portavano un decisivo contributo alla stabilità della volta, in quanto aggiungevano massa muraria prolungando i pilastri in direzione dell'aula.

Questa formula architettonica rimarrà senza seguito a causa delle insite debolezze strutturali e di alcune soluzioni poco razionali che condizionavano negativamente la fruizione dell'edificio, a partire dalla mancata copertura delle gallerie per dare luce all'interno dell'aula. L'adozione delle crociere in



Fig. 600 - Roma. Mercati di Traiano. Edificio della Grande Aula. Ricostruzione della tribuna occidentale (BIANCHINI 2010 a, ricostruzione M. Bianchini)

²³¹ Sugli aspetti strutturali della volta della Grande Aula vedi anche PERUCCHIO – BRUNE 2010; SPERANZA 2010



Fig. 601 - Roma. Mercati di Traiano. Ricostruzione della Grande Aula, vista verso N (BIANCHINI 2010 a, ricostr. M. Bianchini)

serie per la copertura di grandi spazi a pianta rettangolare richiederà schemi più efficienti come le campate a pianta quadrata, volte direttamente impostate sulle testate dei muri laterali, robusti contrafforti che si sviluppano in profondità sopra i setti trasversali del piano inferiore, trovando una convinta applicazione in un tipo architettonico diverso, privo del secondo piano e con annessi laterali molto più ampi, il quale caratterizzerà i grandi *frigidaria* termali e infine la basilica di Massenzio. Nelle Terme di Diocleziano il peso delle tre grandi crociere del *frigidarium* si scaricava su una corona di crociere minori che s'impostavano su possenti pilastri angolari lasciando ampi passaggi longitudinali e trasversali (fig. 602). Nella basilica di Massenzio la funzione di contenimento delle crociere centrali era delegata agli spessi muri divisorii degli annessi laterali, alle grandi volte a botte soprastanti e ai contrafforti inclinati del livello superiore, il profilo dei quali assecondava la direzione obliqua della risultante delle spinte

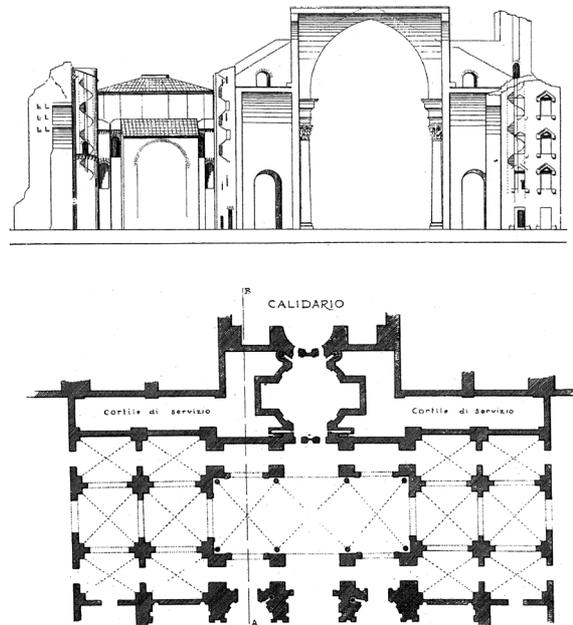


Fig. 602 - Roma. Terme di Diocleziano. Pianta e sezione del *frigidarium* e degli ambienti annessi (RIVOIRA 1921)

lateralis²³² (figg. 546, 603).

Nelle sostruzioni massenziane del Palatino le crociere di uguali dimensioni impostate su pilastri costituiscono invece elementi modulari disposti l'uno a fianco all'altro, teoricamente replicabili all'infinito²³³ (fig. 604).

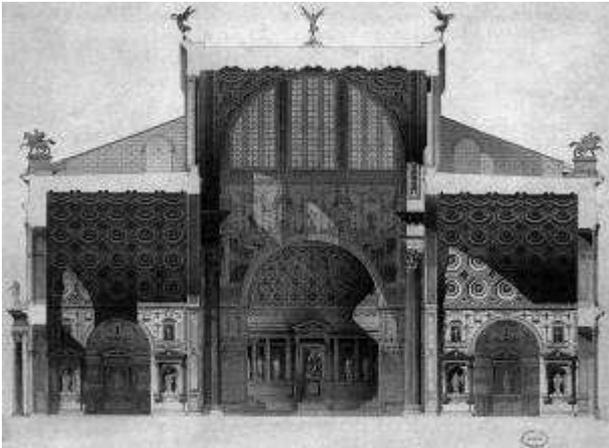


Fig. 603 - Roma. Basilica di Massenzio. Planimetria nello stato attuale e sezione trasversale ricostruttiva (disegni di H. D'Espouy, 1889, in AA.VV. 1985)

²³² AMICI 2005 a, pp. 42-48

²³³ CHOISY 1873, p. 78, tav. 1

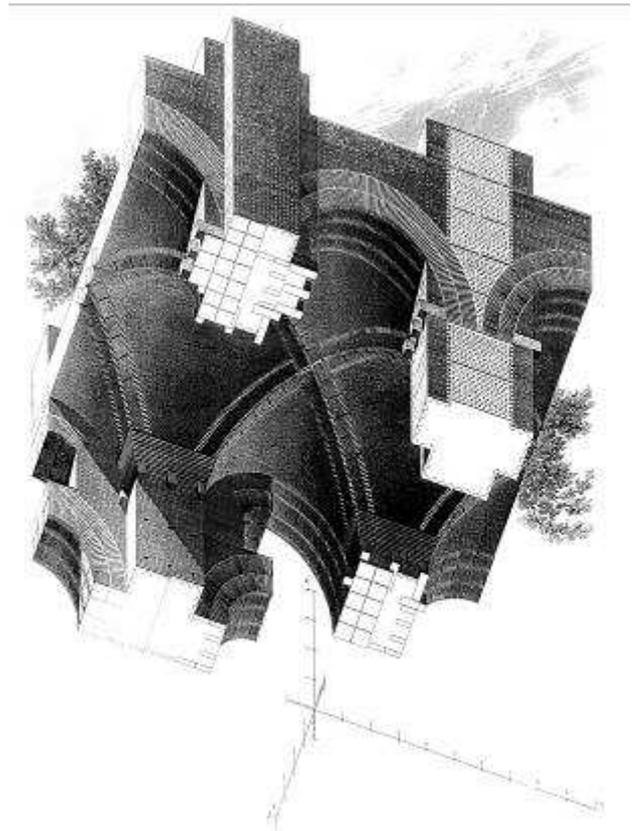


Fig. 604 - Roma. Palatino. Sostruzioni massenziane. Assonometria delle volte a crociera (CHOISY 1873)

Le volte a spicchi veloidici oppure alternativamente cilindrici e veloidici sono il prodotto di un'attività progettuale sempre più innovativa che consegue i suoi più brillanti risultati soprattutto a partire dal II sec. d.C. La semicupola del c.d. Serapeo di villa Adriana²³⁴, costituita da sette spicchi a falde e unghie alternate, era impostata su una grande esedra-ninfeo posta sullo sfondo del Canopo (fig. 605). Altri esempi coprono ambienti a pianta centrale. Sono strutture per questo assimilabili alle cupole e alle volte a padiglione ottagonali il cui contraffortamento, a cui partecipano una serie di strutture secondarie collocate intorno, trova le più svariate soluzioni. Una delle formule più comuni, che troviamo nel c.d. Tempio di Venere a Baia²³⁵ (fig. 606), nel vestibolo della piazza d'oro a Villa Adriana²³⁶ (fig. 607) come nel c.d. Tempio di Minerva Medica (fig. 608), è quella delle absidi laterali, disposte a raggiera lungo il perimetro,

²³⁴ MAC DONALD 1995, pp. 112-116

²³⁵ BORRIELLO - D'AMBROSIO 1979, pp. 76-77, fig. 121

²³⁶ GIULIANI 1974

coperte da semicupole che si appoggiano alla scatola muraria contrastando la volta centrale²³⁷.

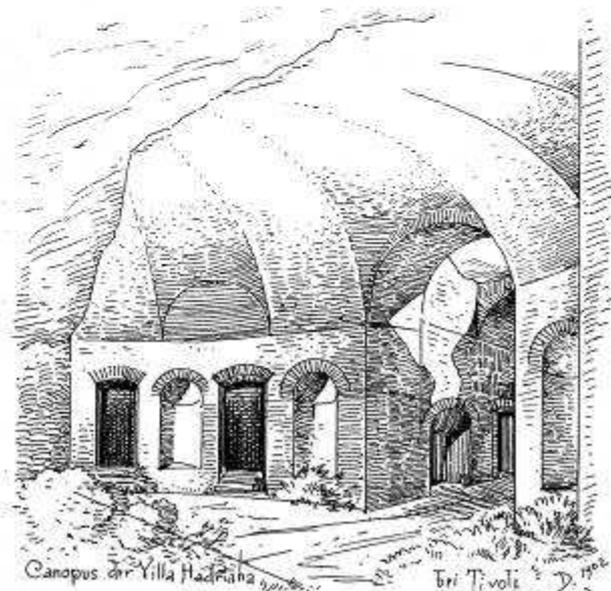
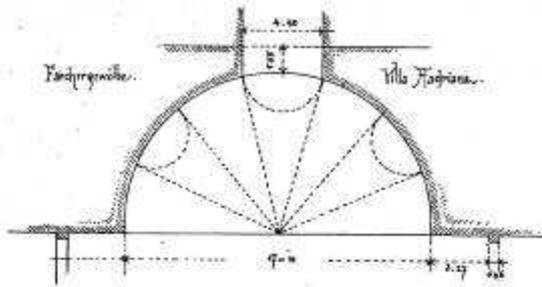


Fig. 607 – Tivoli. Villa Adriana. Vestibolo della Piazza d’Oro. Esterno e interno (vedute di Adam, 1756, in MAC DONALD 1995)

Fig. 605 - Tivoli. Villa Adriana. Pianta e disegno in prospettiva dei resti del “Serapeo” (DURM 1905)

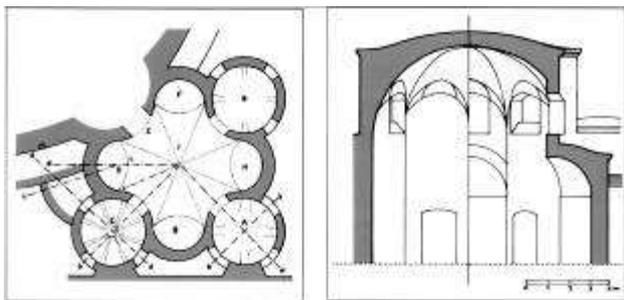


Fig. 606 - Baia. C.d.Tempio di Venere e ambienti annessi. Pianta e sezione ricostruttiva (RAKOB 1961)

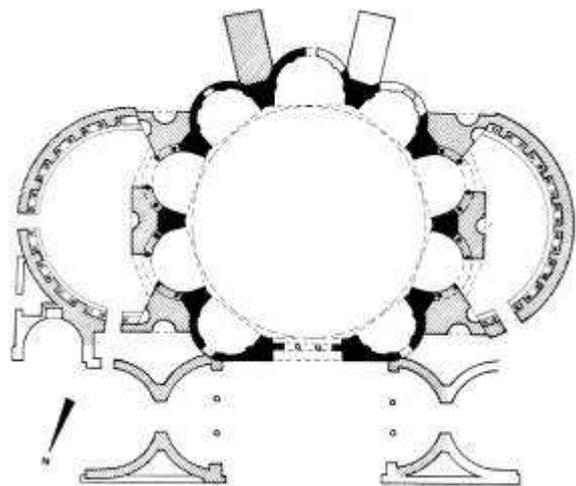


Fig. 608 - Roma. C.d. Tempio di Minerva Medica. Pianta (DEICHMANN 1941)

²³⁷ CARAFFA 1944; BIASCI 2000; BARBERA – DI PASQUALE – PALAZZO 2007

Capitolo IX

I rivestimenti

1) I rivestimenti parietali

Gli intonaci fin dai tempi più antichi presentavano una conformazione a strati; di frequente si usava una malta a base di terra a contatto con la parete e un sottile strato di calce o gesso in superficie. In epoca romana si tende ad aumentare il numero dei letti, che hanno una composizione gradualmente più fine verso l'esterno, e si generalizza l'uso della calce anche negli strati più interni.

Vitruvio prescrive per il rivestimento delle pareti almeno sette strati di intonaco: si applicava un primo grossolano **rinzaffo** (*trullissatio*); poi sopra questo, mentre stava indurendo, si stendeva un **arriccio** di malta di calce e sabbia (*harenata*) la cui superficie doveva essere spianata usando il regolo e il cordino sull'orizzontale, il filo a piombo sulla verticale e si provvedeva alla squadratura degli angoli; sull'arriccio bisognava dare altri due letti di calce e sabbia, infine si applicavano tre strati ben levigati a base di polvere di marmo ("*tunc e marmore graneo directiones sunt subigendae*")²³⁸ (fig. 609). Plinio suggerisce invece cinque strati, di cui tre di preparazione con malta di calce e sabbia, due di finitura con malta di calce e polvere di marmo ("*ter harenato et bis marmorato*")²³⁹. Si hanno altre indicazioni per i soffitti e le volte. Vitruvio, dopo aver parlato della costruzione di un controsoffitto a volta in graticcio di canne, raccomanda di coprirlo con tre strati di intonaco: un rinzaffo, un letto di calce e sabbia e infine un composto a base di creta o polvere di marmo²⁴⁰. Nel V sec. d.C. Palladio propone un rivestimento a tre strati per i soffitti da dipingere, il primo di calce e pietre pomice, il secondo di calce e sabbia, l'ultimo con una malta a base di polvere di marmo²⁴¹.

Le attestazioni archeologiche ci presentano resti di intonaci parietali che sono costituiti nella grande maggioranza dei casi da non più di tre strati, di spessore e granulometria decrescenti verso l'esterno (fig.610). Quelli di preparazione sono composti

solitamente da una malta di calce e sabbia; negli ambienti termali e nei luoghi umidi è presente quasi sempre almeno uno strato di cocchiopesto. Ma ancora in epoca imperiale, in particolare nelle abitazioni private e in contesti rurali, non era infrequente che il primo letto del rivestimento fosse in malta di terra

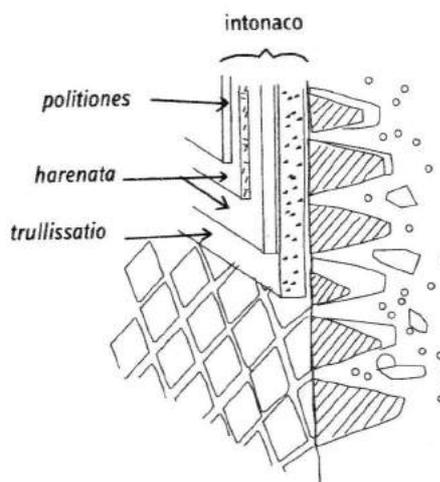


Fig. 609 - Stratigrafia degli intonaci romani secondo le disposizioni di Vitruvio (GIULIANI 2006)

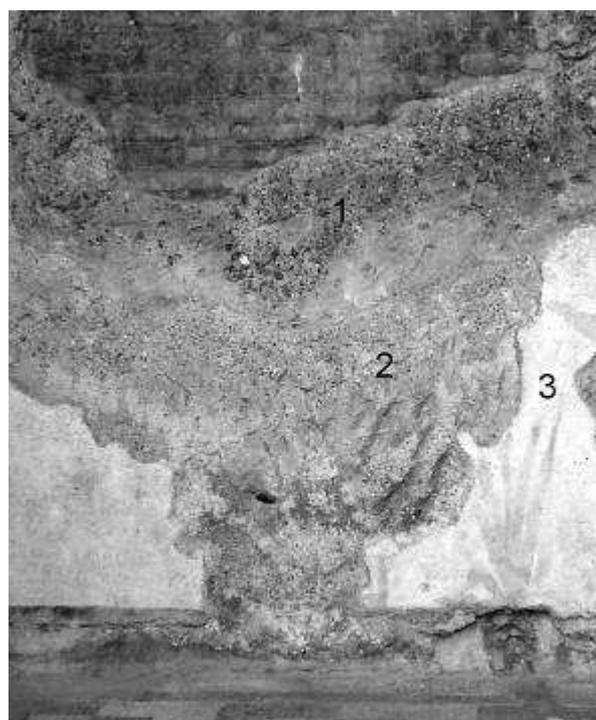


Fig. 610 - Roma. Mercati di Traiano. *Taberna* al primo livello del Grande Emiciclo. Sono indicati i tre principali strati di intonaco. Quello più interno è a base di cocchiopesto impermeabilizzante. Sullo strato superficiale si è parzialmente conservata la decorazione ad affresco

²³⁸ VITR. VII, 3, 5-6.

²³⁹ PLIN. *NH*, XXXVI, 176

²⁴⁰ VITR. VII, 3, 3.

²⁴¹ PALLADIUS, *De re rustica*, XIII

impastata a elementi vegetali, soprattutto paglia. Lo spessore complessivo degli intonaci poteva arrivare a 9 cm e oltre. Per favorire l'aderenza dei vari strati l'uno sull'altro spesso si praticavano delle incisioni con la cazzuola sull'interfaccia di quello già in posa. Talvolta veniva resa più scabra a colpi di martellina anche la superficie del paramento del muro che era destinata a ricevere il pesante rinzaffo. Quest'ultimo in qualche caso veniva addirittura fissato al muro per mezzo di chiodi.

Gli strati superficiali non sempre erano costituiti da polvere di marmo. Le analisi microfotografiche hanno individuato in molti casi dei composti contenenti monocristalli di calcite, provenienti molto probabilmente dalla frantumazione del marmo o delle pietre calcaree, ma molto spesso anche malte di calce e sabbia naturale di granulometria più fine rispetto a quella contenuta negli strati di preparazione²⁴². Di frequente era utilizzato anche il gesso.

La pittura sull'intonaco era caratterizzata dalla tecnica dell'**affresco**: i colori erano stesi sullo strato superficiale che conteneva calce ancora umida in modo che i pigmenti dopo la presa ne restavano inglobati e acquistavano una grande resistenza. Il lavoro era complicato dai tempi stretti di realizzazione; era necessario lavorare il più velocemente possibile per concludere il dipinto prima che il supporto si asciugasse, fenomeno che poteva avvenire entro tre ore dalla stesura dell'intonaco. Per questo motivo il pittore doveva lavorare a zone corrispondenti alle parti che egli era in grado di realizzare nel tempo dovuto. Si lavorava generalmente dall'alto verso il basso. Le interruzioni del lavoro corrispondevano con le fasce decorative che scompartivano i vari riquadri della parete in modo che le linee di giuntura non erano visibili.

Questa tecnica inoltre non consentiva ripensamenti; una volta lasciata una traccia di colore, questa veniva immediatamente assorbita dall'intonaco. Eventuali correzioni erano effettuate **a secco**, mediante colori a tempera, mescolati con l'acqua e un collante organico (soprattutto albume), che venivano stesi sull'intonaco asciutto.

Gli **stucchi** sono decorazioni architettoniche in rilievo eseguite con le malte, in genere a base di calce o di gesso, ed eventualmente dipinte (fig. 611). La composizione è la stessa degli intonaci;

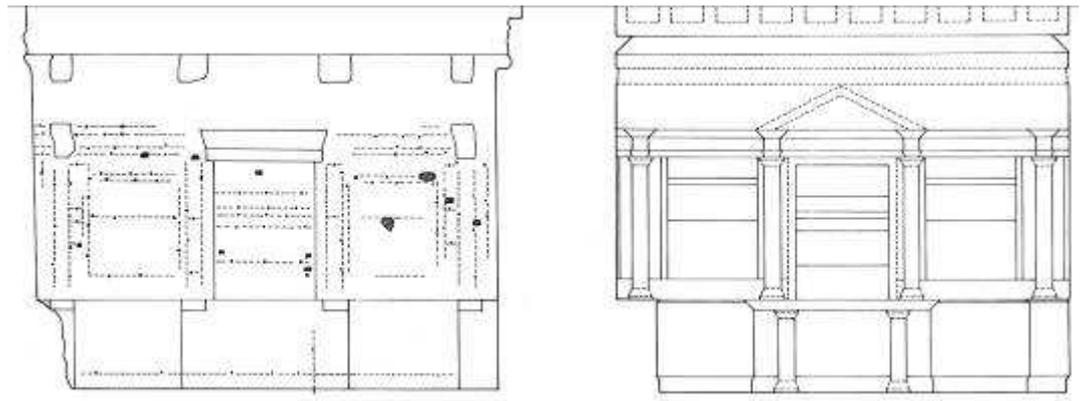
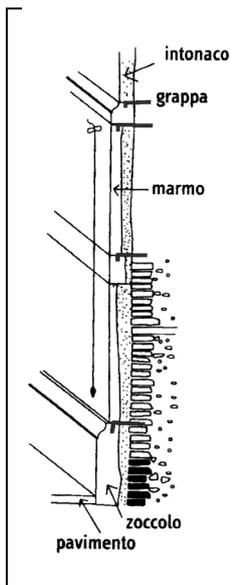


Fig. 611 - Roma. Foro Traiano. Ambiente adiacente al lato meridionale del muro di recinzione. Resti della decorazione in stucco della volta

come quelli sono costituiti da vari strati di malta gradualmente più fini dall'interno verso l'esterno. Alcuni elementi decorativi, molto sporgenti, necessitavano di uno scheletro di supporto che poteva essere realizzato da listelli di legno applicati tra il muro e l'intonaco. Nelle murature in conci le modanature erano scolpite nella pietra e quindi rifinite con l'intonaco. Nelle costruzioni in opera laterizia le sagome erano realizzate con i mattoni che erano disposti nel muro con le dovute sporgenze; talvolta si usavano mattoni speciali provvisti di smussi che facilitavano la realizzazione delle modanature. La stesura dell'intonaco consentiva in ogni caso la realizzazione di ulteriori dettagli. Le figure seriali erano incise su stampi di legno che venivano poi pressati sulla malta ancora fresca; per le modanature si utilizzavano sagome allungate che ne riproducevano la sezione; altre decorazioni venivano altrimenti modellate o incise direttamente sull'intonaco utilizzando spatole e strumenti appuntiti.

All'esterno non tutti i muri con paramento in blocchetti lapidei o in cortina laterizia erano intonacati. Come si è visto sono attestate diverse composizioni policrome con le *tesserae* del *reticulatum*; soprattutto nel II sec. d.C. si hanno

²⁴² COUTELAS 2009, p.110



▲ Fig. 613 - Cuma. Foro. Tempio della Masseria del Gigante. A sinistra: Rilievo dei fori e degli incassi visibili sulla parete destra della cella. A destra: restituzione del rivestimento lapideo (M. Bianchini)

▲ Fig. 612 – Rivestimento marmoreo della parte inferiore di un muro. Schema dei fondamentali elementi costitutivi (GIULIANI 2006)

numerosi esempi di decorazioni architettoniche in opera laterizia, talvolta giocate anche sui contrasti cromatici dei materiali, dove i mattoni modanati e altri elementi in terracotta non costituivano l'ossatura di un rivestimento d'intonaco, ma erano destinati a restare in vista. A volte sulle facciate si applicava in alternativa all'intonaco una semplice imbiancatura protettiva con latte di calce o di gesso, senza granulati.

Il rivestimento più nobile era costituito dalle composizioni policrome di lastre marmoree (*opus sectile*)²⁴³. Lo spessore di tali elementi variava da qualche centimetro a pochi millimetri. I marmi più spessi e pesanti venivano preferibilmente collocati nel registro inferiore della parete e richiedevano l'uso di grappe metalliche (fig. 612). Le lastre, che risultavano dalla segazione di blocchi più grandi, non avevano spessori uniformi. Venivano disposte in verticale allineando le facce esterne a qualche centimetro dal muro e fissate a questo per mezzo di grappe di metallo, in genere di bronzo. Le grappe erano cementate con la malta dentro appositi fori praticati nel muro con lo scalpello, dove erano talora messe insieme a piccole zeppe in marmo o in laterizio, e all'altro capo erano piegate a uncino intorno i bordi delle lastre. Tra queste e il muro si effettuava una colata di malta la quale asciugandosi assicurava la tenuta della decorazione. Sul retro delle lastre marmoree – anche nei pavimenti – si usava incollare con la calce dei tasselli di ardesia, di

laterizio o di marmo i quali formavano delle sporgenze che si addentravano nello strato di malta assicurando un legame più saldo (fig. 618 a p. 341). I marmi più sottili (*crustae*) non necessitavano delle grappe, ma venivano fatti aderire allo strato di intonaco già in posa e ancora fresco con una semplice pressione della mano. Si realizzavano anche complicati intarsi utilizzando *crustae* di piccole dimensioni e delle più diverse qualità di marmo, sagomate in varie forme con grande accuratezza. Molto spesso le decorazioni marmoree erano abbinata ad affreschi; in genere il rivestimento marmoreo occupava la parte inferiore della parete ed era sovrastato dall'intonaco (fig. 612).

In quasi tutti gli edifici antichi, in seguito al loro abbandono, i rivestimenti marmorei e le grappe di metallo vennero sistematicamente asportati. Restano oggi visibili i fori da grappa, disposti su allineamenti orizzontali e verticali che corrispondono ai giunti fra le lastre. Il rilievo di queste tracce ci consente di ricostruire l'orditura originaria della decorazione²⁴⁴ (fig. 613).

2) I pavimenti

I primi pavimenti in malta di calce, come si è visto, risalgono al neolitico preceramico. Da allora l'impiego della calce nelle pavimentazioni è attestato in diversi contesti geografici e cronologici. Sovente si tratta di uno strato d'intonaco duro che

²⁴³ PLIN. *NH*, XXXVI, 47-53.

²⁴⁴ Sull'argomento cfr. BRUTO – VANNICOLA 1990

viene semplicemente dipinto, altrimenti è un letto di preparazione di un pavimento in ciottoli, in lastrine o in cubetti di pietra; oppure il piano di calpestio è costituito da elementi lapidei che si alternano a fasce di intonaco in vista (cfr. p. 139). I lastricati in pietra degli edifici monumentali poggiavano invece generalmente su una preparazione di pietrame misto a terra; la stabilità del pavimento era assicurata dalle dimensioni e dal peso delle singole lastre. In ogni epoca saranno inoltre molto comuni i piani di calpestio in terra battuta, eventualmente mescolata a frantumi di pietra che conferivano una maggiore durezza, i quali potevano essere coperti da stuoie, tappeti o da un tavolato.

Con l'avvento dell'opera cementizia nelle murature, si avrà un sistematico impiego della calce anche nelle pavimentazioni²⁴⁵, la quale viene mescolata preferibilmente a sabbia e a laterizi frantumati dando luogo a un composto particolarmente resistente all'usura. Questo tipo di pavimento, spesso decorato da piccole tessere lapidee, che fu prevalente negli edifici romani fra il III sec. e i primi decenni del I sec. a.C., è stato definito per molto tempo dalla letteratura archeologica, sulla base di un passo di Plinio, *opus signinum*²⁴⁶. Questo termine è stato contestato in tempi recenti perché il testo di Plinio appare in contraddizione con la descrizione dell'*opus signinum* fornita da Vitruvio, che è stata peraltro ripresa in un'altra parte della *Naturalis Historia*²⁴⁷; per cui negli ultimi anni si è imposta in sua vece fra gli specialisti della materia la definizione di "pavimenti in cocciopesto"²⁴⁸.

²⁴⁵ Cfr. PAPI 1995. Ad esempio nelle *domus* sulle pendici settentrionali del Palatino si riscontra questo cambiamento di tecnica pavimentale tra la fine del III e gli inizi del II sec. a.C. quando gli edifici furono ristrutturati in opera cementizia.

²⁴⁶ PLIN. *NH*, XXXV, 165: "Che cosa non escogita la vita usando anche cocci rotti in maniera che i cosiddetti Signini pestati i cocci e aggiuntavi calce siano più solidi e durino più a lungo! Hanno escogitato di fare anche i pavimenti di questo materiale".

²⁴⁷ VITR. VIII, 6, 14. PLIN. *NH*, XXXVI, 173. Su *opus signinum* e cocciopesto cfr. pp. 246-247.

²⁴⁸ Giuliani ha per primo contribuito a chiarire la differenza fra *opus signinum* e cocciopesto (GIULIANI 1992). Grandi Carletti ha in seguito proposto di bandire la ricorrente definizione di *opus signinum* per questo tipo di pavimentazioni, suggerendo in sostituzione il termine "pavimenti cementizi" (GRANDI CARLETTI 2001), che però ha forse il difetto di essere troppo generico. Negli ultimi anni tra gli specialisti del settore si preferisce parlare più propriamente di "pavimenti in cocciopesto", termine che è stato accolto anche in un recente intervento di analisi etimologica (BRACONI 2009). Non tutti

Lo strato di preparazione di questo tipo di pavimenti era solitamente costituito da un letto di argilla e sabbia mischiate a piccole pietre disposte in maniera uniforme e compatta. Sopra veniva steso uno strato di calce mescolata a sabbia, tritume di terracotta, eventuali frammenti di tufo o altre pietre; lo spessore andava da qualche millimetro a 2 cm. I pavimenti erano eseguiti per settori, di cui si possono vedere le linee di giuntura, ed erano colo-



Fig. 614 - Claterna (Maggio di Ozzano, Bologna). Particolare del pavimento in cocciopesto di una *domus*. (Soprintendenza per i Beni Archeologici dell'Emilia-Romagna)

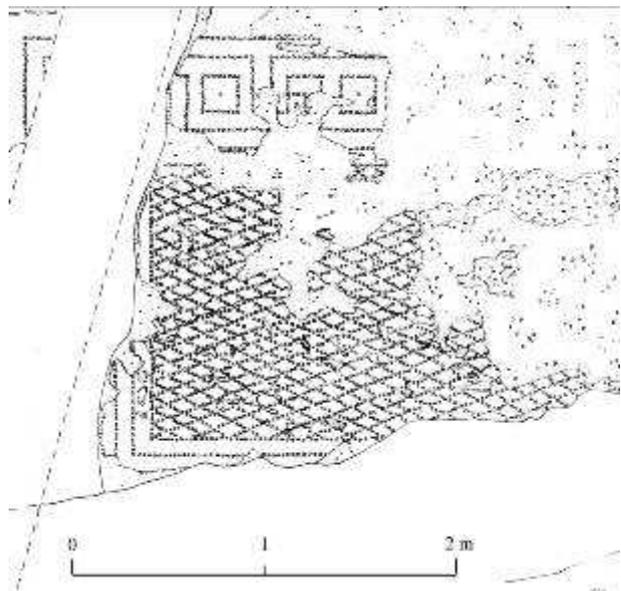


Fig. 615 - Roma. Castel Giubileo. Villa romana sotto la basilica di San Michele Arcangelo (cfr. BIANCHINI – VITTI 2003). Planimetria dei resti di un pavimento in cocciopesto (fine del II sec. a.C.) (rilievo M. Bianchini)

gli studiosi però si sono adeguati al nuovo corso e l'espressione *opus signinum* è stata riproposta poco tempo fa in una importante monografia dedicata a questo genere di pavimenti (VASSAL 2006).

rati – più spesso di rosso – con una tecnica simile all'affresco²⁴⁹. Il colore veniva steso sulla malta ancora umida e restava inglobato nel supporto per la carbonatazione della calce. Il pavimento, una volta asciutto, veniva infine levigato molto accuratamente.

Il cocchiopesto senza alcun tipo di decorazione e con la superficie più o meno ruvida costituiva il rivestimento impermeabile di vasche, cisterne e terrazze, ma era anche un pavimento economico usato nelle abitazioni. I pavimenti migliori erano non solo colorati ma anche decorati con delle piccole pietre (*tessellae* o *tesserae*) allettate nella malta, distribuite casualmente oppure disposte secondo precise geometrie. I più antichi erano composti da frammenti di forma irregolare e di diversa taglia, talvolta anche mischiati a ciottoli fluviali e conchiglie. Le tessere erano più comunemente di pietra calcarea bianca, ma non erano infrequenti le composizioni con *tessellae* bianche e nere e quelle in marmi policromi. In seguito si diffondono i pavimenti con scaglie quadrangolari, di dimensioni analoghe alle tessere musive, più o meno distanziate e disposte su file che si stagliano sullo sfondo colorato componendo disegni geometrici e figure di vario tipo, soprattutto losanghe, crocette, griglie ortogonali, meandri, motivi stellari (figg. 614, 615). Le file di *tessellae* ripartivano la decorazione in più campi, comprendenti il più delle volte un tondo o un quadrato centrale e una larga fascia perimetrale di inquadramento. I primi pavimenti di questo tipo, in Grecia e in Africa settentrionale, sono stati datati al V sec.a.C. A Pompei compaiono intorno alla metà del III secolo a.C., associati con un ornamento a *tessellae*, negli ambienti più rappresentativi delle *domus*²⁵⁰. La grande diffusione è soprattutto nel III-I sec. a.C. in un ambito geografico molto vasto, che va dalla penisola iberica all'Egitto. Nel corso del primo secolo cederanno il passo ai pavimenti in mosaico e in *opus sectile*, ma alcuni esempi arrivano fino al I-II sec. d.C.

Il **mosaico** (*opus tessellatum*)²⁵¹ è un pavimento interamente formato da piccole tessere lapidee di colori diversi, di forma quadrata o rettangolare e di dimensioni molto simili, le quali sono allettate nella



Fig. 616 - Roma. Terme di Caracalla. Pavimento a mosaico bianco e nero dell'*apodyterium*



Fig. 617 - Tipasa. Mosaico con prigionieri berberi. Particolare di una testa di prigioniera. Museo di Tipasa

²⁴⁹ GIANNOTTA – QUARTA 2000

²⁵⁰ PESANDO 2008, p. 167 con bibliografia

²⁵¹ SUET. *Caes.* 46: “in expeditionibus tessellata et sectilia pavimenta circumtulisse”. Per Vitruvio (VII, 1, 3) invece: “pavimenta struantur sive sectilia seu tessaris”.

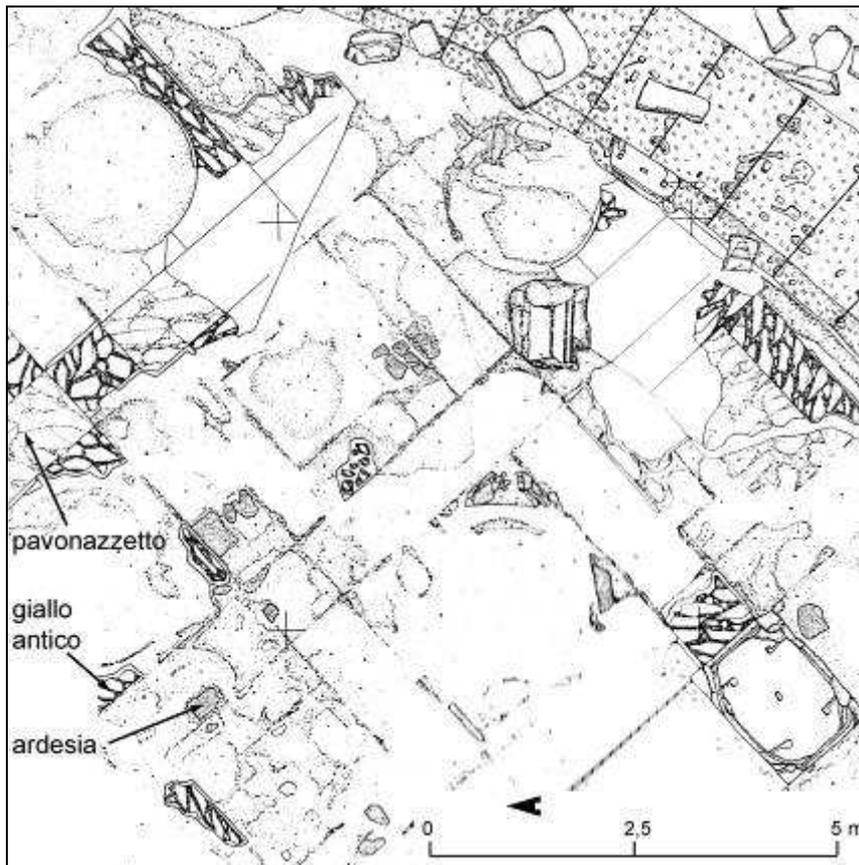


Fig. 618 - Roma. Foro di Traiano. Particolare della pianta della pavimentazione dell'abside orientale, con i resti della pavimentazione in *opus sectile* e le impronte delle lastre mancanti nello strato di preparazione. Nella malta si conservano i tasselli di ardesia che erano applicati sul retro delle lastre (PACKER 1997, rilievo M. Bianchini, R. Di Re – Studio Tau)

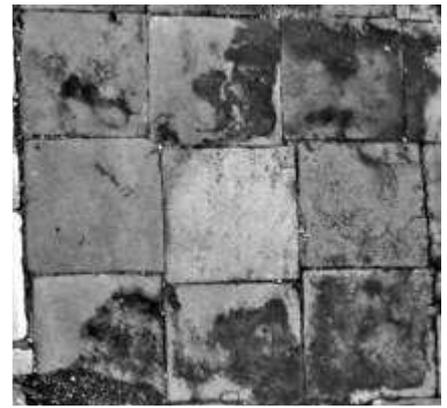


Fig. 619 – Pavimento in *opus testaceum*



Fig. 620 – Pavimento in *opus spicatum*

malta di calce dello strato di preparazione, disposte l'una accanto all'altra componendo disegni geometrici o figurati (figg. 616, 617). I suoi precedenti sono i pavimenti in ciottoli colorati realizzati in Anatolia e in Grecia tra l'VIII sec. a.C. e l'età classica che formano composizioni a bande concentriche con motivi geometrici e vegetali²⁵². Verso la fine del IV sec. a.C. gli elementi lapidei cominciano a essere tagliati in forma di tasselli cubici o parallelepipedi; in età ellenistica questo tipo di pavimento trova posto negli ambienti di rappresentanza delle abitazioni dei ceti abbienti²⁵³ – mentre i vani secondari hanno ancora pavimentazioni in ciottoli o in terra battuta – ma

anche negli edifici di culto²⁵⁴. Nelle case di età ellenistica si hanno inoltre vari esempi di mosaici che occupano un riquadro centrale di un pavimento in ciottoli o in cocciopesto²⁵⁵. A partire dal I sec. a.C. l'*opus tessellatum* conosce una grandissima diffusione in tutto il mondo romano e viene utilizzato anche per le decorazioni parietali. Mosaici particolarmente accurati con soggetti figurati venivano realizzati con tessere policrome di dimensioni minute (fig. 617). Questa tecnica prende il nome di *opus vermiculatum*; erano composizioni di piccole dimensioni, spesso realizzate in laboratorio su un pannello (*emblema*) che veniva poi inserito nel pavimento o sulla parete al centro di un mosaico più grande.

²⁵² BINGÖL 1997; WESTGATE 1997-98.

²⁵³ BRUNEAU 1973

²⁵⁴ Ad esempio nel pronao del tempio di Zeus a Olimpia (YALOURIS 1998) e nella cella del tempio B del Letoon di Xanthos (BINGÖL 1997, p. 99 e fig. 64)

²⁵⁵ WESTGATE 1997-98 (tavv. 12-13)

Il termine *opus sectile* definisce le composizioni in lastre lapidee sia pavimentali che parietali²⁵⁶. In epoca imperiale hanno grande fortuna le pavimentazioni in marmi colorati che per via del loro alto costo sono tagliati in lastre sottili, le quali vengono allettate in uno strato di malta di calce (fig. 618). E' un rivestimento che è considerato più lussuoso del mosaico e che trova posto negli edifici di maggiore prestigio e negli ambienti di rappresentanza delle ricche *domus*. Pavimenti robusti ed economici impiegati in edifici utilitari e in ambienti di servizio sono quelli in laterizio, costituiti da grossi mattoni interi (più spesso bipedali o sesquipedali) collocati di piatto e disposti su file parallele (*opus testaceum*) (fig. 619), oppure formati da mattoncini disposti di coltello, in modo da essere più resistenti all'usura, con disegno a spina di pesce (*opus spicatum*) (fig. 620). Sono meno frequenti, attestati prevalentemente in Italia settentrionale, i pavimenti che utilizzano mattoni di forme speciali – triangolari, romboidali, esagonali, ottagonali, lunati, talvolta anche di tonalità diverse – assemblati secondo schemi modulari. In epoca imperiale sopravvive infine anche la tradizione delle pavimentazioni in ciottoli arrotondati, di forma più o meno allungata, i quali vengono diversamente orientati per formare fasce e specchiature geometriche (*opus barbaricum*)²⁵⁷.

Lo spessore degli strati di preparazione era considerevole, soprattutto nelle costruzioni di maggiore impegno. Vitruvio fornisce al riguardo alcune indicazioni²⁵⁸ (fig. 621). Per i pavimenti su solaio prescrive: un letto di felci o di paglia per proteggere il legno dai danni della calce, poi uno strato di ciottoli (*statuminatio*), sopra a questo un conglomerato di calce e pietrisco battuto con bastoni di legno che doveva risultare alto almeno 22 cm (*rudus*), quindi uno strato di cocchiopesto con tre parti di laterizi e una di calce alto non meno di 11 cm (*nucleus*), infine il *pavimentum* in *sectilia* o *tesserae*, realizzato con precisione utilizzando il regolo e la livella. Un'attenzione particolare andava prestata alle terrazze per assicurare un'adeguata impermeabilizzazione. Sopra le travi di legno del solaio, secondo Vitruvio, andavano disposti anche in questo caso almeno tre strati di preparazione, di

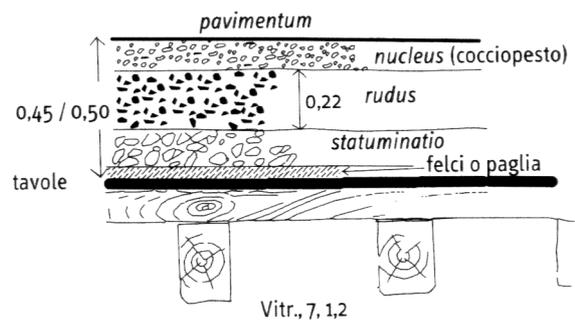


Fig. 621 - Stratigrafia del pavimento di una terrazza secondo le disposizioni di Vitruvio (GIULIANI 2006)

cui il primo (*statuminatio*) composto da due parti di calce, due di pietrisco e una di laterizi triturati. Nel caso si ritenesse necessaria una maggiore accuratezza si consigliava di stendere sopra il *nucleus* un'assisa di *tegulae bipedales*, coprendola a sua volta con uno strato di cocchiopesto su cui andava allettata la pavimentazione definitiva in *opus spicatum* o in grandi *tesserae*. Pavimenti di quest'ultimo tipo, gettati su solaio ligneo, sono tutt'ora visibili a Villa Adriana in alcuni frammenti in giacitura secondaria pertinenti alle terrazze di copertura delle fabbriche tra il c.d. Stadio e la c.d. Sala con Triplice Esedra²⁵⁹. Esempi analoghi sono conservati *in situ* in alcune terrazze dei Mercati di Traiano che sono impostate sulle volte in calcestruzzo del piano sottostante²⁶⁰. In entrambi i casi al posto dell'assisa di bipedali si trova uno strato di preparazione in *opus spicatum* mentre il piano di calpestio è in mosaico.

3) Le intercapedini

Gli ambienti riscaldati – sale termali e alcuni *triclinia* delle abitazioni più ricche – erano dotati, a partire almeno dal I sec. a.C., di un'intercapedine sotto al pavimento (*ipocausto*) che serviva alla circolazione dell'aria calda. I numerosi resti archeologici di impianti di questo tipo corrispondono alle disposizioni di Vitruvio²⁶¹ (figg. 622, 623, 624). Il calore proveniva da un forno che era situato dall'altra parte di uno dei muri limitrofi, in un vano di servizio dove operava il *fornacator*, e comunicava con l'ipocausto per mezzo di un passaggio arcuato (*praefurnium*). Il pavimento

²⁵⁶ Per una classificazione dei pavimenti in *opus sectile* v. GUIDOBALDI 1985

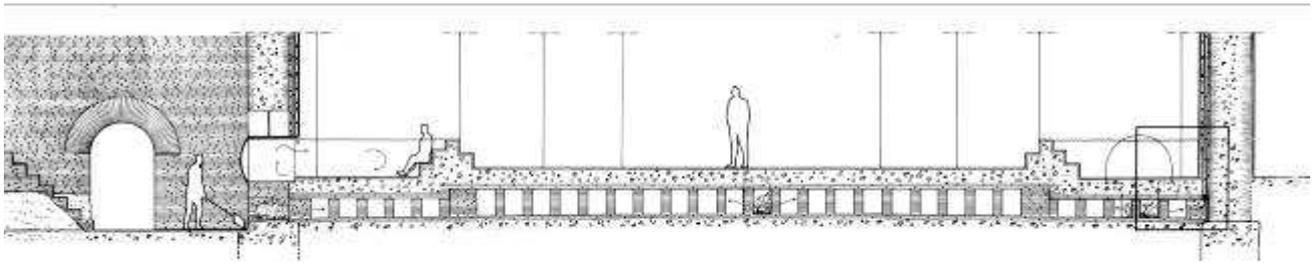
²⁵⁷ V. anche ROMIZZI 2008 sui pavimenti in acciottolato di età sannitica a Pompei

²⁵⁸ VITR. VII, 1.

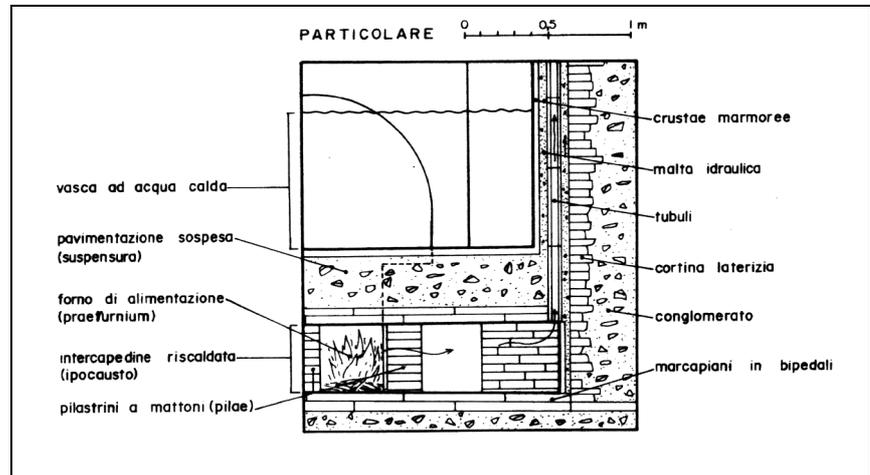
²⁵⁹ GIULIANI 2006, p. 184

²⁶⁰ UNGARO – VITTI 2001, pp. 398-401

²⁶¹ VITR. V, 10



▲ Fig. 622 - Canosa di Puglia. *Calidarium* delle Terme Ferrara. Sezione longitudinale ricostruttiva. (BIANCHINI - CASSANO 1992, ricostruzione di M. Bianchini)



► Fig. 623 - Particolare della fig. 622 in corrispondenza della vasca destra del *calidarium*

dell'intercapedine era costituito da un letto di tegole o grandi mattoni messi di piatto in lieve pendenza verso la bocca del forno. Sopra di esso era impostata una griglia di pilastri (*pilae*) alti fra i 40 e i 75 cm e con interassi di due piedi, composti da mattoni bessali sovrapposti (lato di circa 20 cm), raramente da mattoni speciali di forma circolare oppure da elementi cavi cilindrici o quadrangolari disposti a mo' di colonnette. Sulle *pilae* poggiava un solaio (*suspensura*) che assorbiva il calore dell'ipocausto e lo trasmetteva all'ambiente soprastante. Comprende, dal basso verso l'alto, un'assisa di bipedali con gli spigoli posizionati al centro dei sostegni; eventualmente un secondo e un terzo letto di mattoni; quindi uno spesso strato di cocchiopesto su cui erano allettate le *tesserae* o i *sectilia* del pavimento calpestabile. In alcuni impianti le *suspensurae* poggiavano in tutto o in parte su muretti; in taluni casi queste strutture avevano una funzione di rinforzo di determinati settori del solaio soggetti a un maggior carico, in altri servivano a distribuire diversamente il calore tra le varie parti del vano²⁶² (fig. 625). Due muretti paralleli che servivano a indirizzare l'aria calda

verso il centro dell'ipocausto erano disposti quasi sempre ai lati della imboccatura del *prae-furnium*.

Nei *calidaria*, sopra le *suspensurae*, erano ricavate delle *vasche* per il bagno, le quali erano delimitate da gradini e da un bordo rialzato. Molte volte il fondo della vasca si trovava a una quota inferiore rispetto al pavimento della sala, per cui le *pilae* dell'ipocausto poste in corrispondenze erano più basse delle altre (fig. 622). Le vasche, che erano collocate in prossimità della bocca del *prae-furnium*, ricevevano l'acqua calda per mezzo di tubi (*fistulae*) provenienti da una caldaia metallica posta sopra il fuoco (fig. 624); nelle terme pubbliche l'acqua veniva spesso riscaldata e mantenuta a una temperatura costante da un grande contenitore di metallo, in genere semicilindrico (*testudo alvei*), che veniva incastrato fra un lato della vasca e il forno (fig. 622).

Il calore e i fumi provenienti dall'ipocausto venivano incanalati verso l'alto all'interno di un intercapedine che copriva l'intera superficie della parete, assicurando un migliore riscaldamento dell'ambiente. Nei primi tempi le intercapedini erano realizzate con *tegulae mammatae* (fig. 483) che si appoggiavano al muro con i peduncoli distanziatori (*mammae*) ed erano fissate per mezzo di chiodi alloggiati in appositi fori passanti oppure

²⁶² CIRIELLO 2010

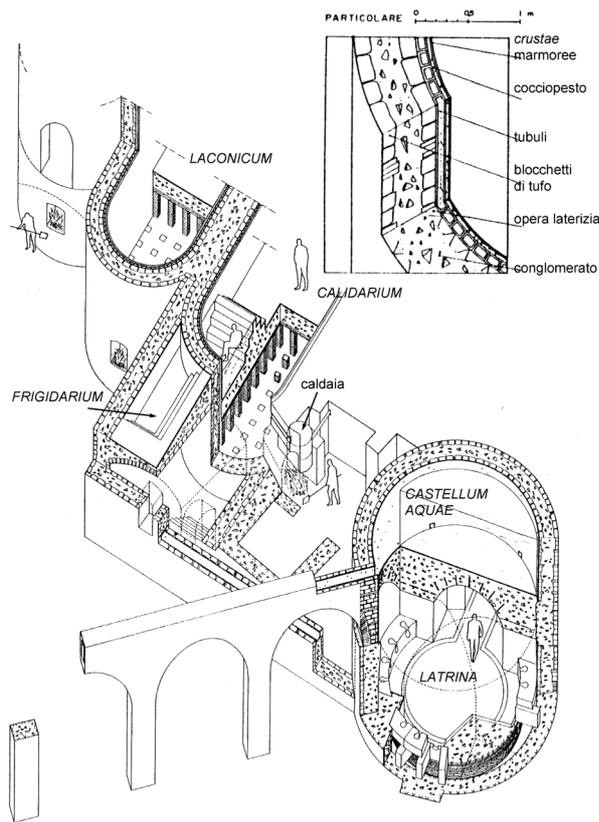


Fig. 624 - Canosa di Puglia. Terme Lo Muscio. Assonometria ricostruttiva (BIANCHINI – TINÉ BERTOCCHI 1992, ricostruzione di M. Bianchini)



Fig. 625 - Minturno. Terme presso il *Macellum*. Resti dell'ipocausto di un ambiente a pianta rettangolare che è stato identificato con un *apodyterium*. L'ipocausto è diviso in due settori da un muretto trasversale (CIRIELLO 2010)

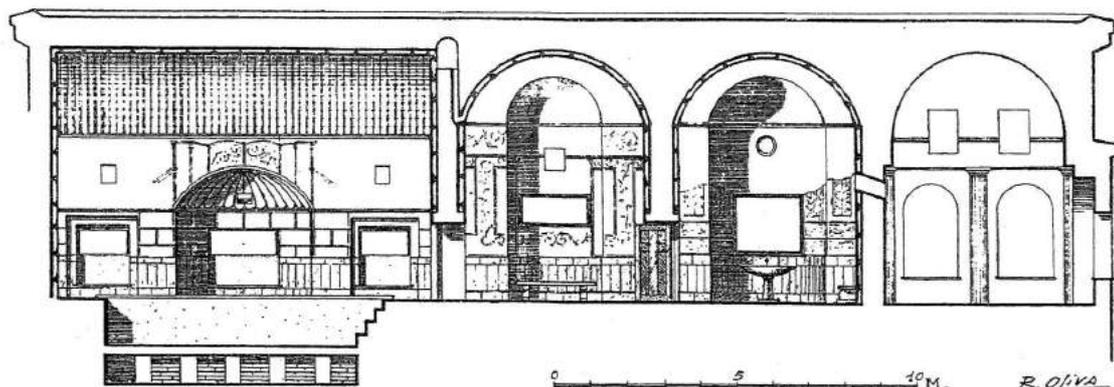
con chiodi a T inseriti negli interstizi. In alternativa le *tegulae* aderivano al muro con il dorso e i peduncoli erano rivolti all'infuori; l'intercapedine risultava fra queste e un secondo letto di laterizi disposti di piatto che si appoggiavano alle *mammae*. Il rivestimento si attestava in genere all'imposta della volta, dove i fumi venivano incanalati in un condotto che ne consentiva l'evacuazione all'esterno dell'edificio. Un caso eccezionale è quello delle terme Suburbane di Ercolano dove le *tegulae mammatae* rivestivano anche l'intradosso delle volte a botte²⁶³ (fig. 627).

Nel I sec. d.C. questi elementi vengono sostituiti dai *tubuli*, laterizi cavi a sezione rettangolare i quali venivano fissati alle pareti con un abbondante strato di malta (figg. 482, 624, 626). I *tubuli* erano disposti l'uno sull'altro formando condutture verticali accostate che tappezzavano interamente le pareti. Alcuni di questi erano dotati lateralmente di un piccolo foro che consentiva all'aria calda di circolare anche in orizzontale tra una fila e l'altra. Sia le *tegulae mammatae* che i *tubuli* erano coperti da intonaco idraulico a sua volta rivestito da *sectilia* (fig. 626). Anche i tubuli si attestavano in corrispondenza della imposta della volta dove erano situati i condotti per la evacuazione dei fumi. In alcuni impianti termali di epoca imperiale – un esempio ben studiato è l'Heliocaminus di Villa Adriana – l'aria calda proveniente dai tubuli proseguiva in un intercapedine ricavata fra l'intradosso della volta, che era foderato da un manto di laterizi messi di piatto, e una controcalotta



Fig. 626 - Ostia. Terme del Foro. Resti dei tubuli dell'impianto di riscaldamento e delle *crustae marmoreae* del rivestimento

²⁶³ MAIURI 1958



SEZ. I-I-

Fig. 627 - Ercolano. Terme suburbane. Sezione longitudinale. Sono indicati i *tubuli* dell'impianto di riscaldamento che rivestivano le pareti e le *tegulae mammatae* disposte lungo gli intradossi delle volte (MAIURI 1958)

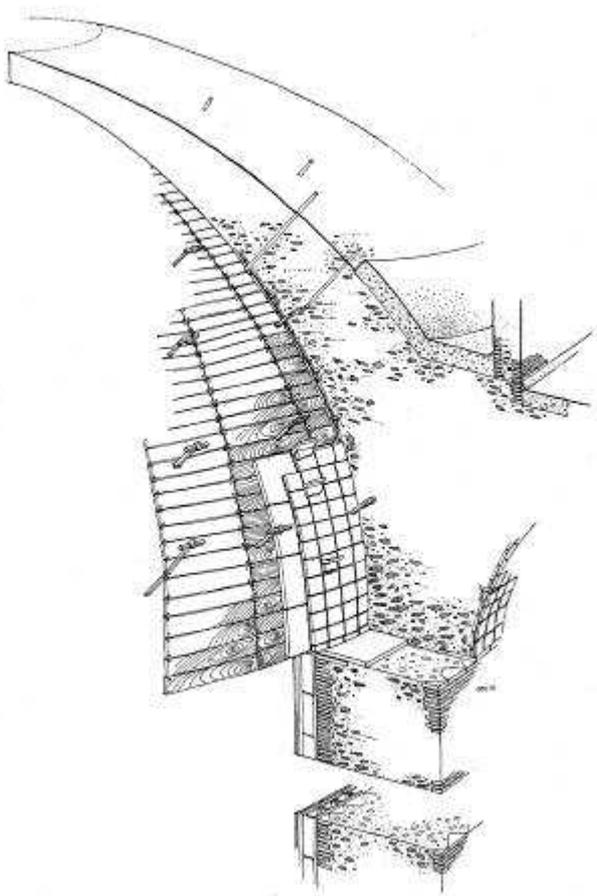


Fig. 628 - Tivoli. Villa Adriana. Ricostruzione della controcalotta del c.d. *Heliocaminus* (GIULIANI 1975)

sospesa²⁶⁴ (fig. 628). Quest'ultima era costituita da un tavolato ligneo sostenuto da robuste staffe di metallo che erano incassate nel conglomerato della volta; il tavolato era rivestito verso l'intercapedine da un manto di bipedali, sul lato opposto era intonacato e dipinto.

Intercapedini simili a quelle degli ambienti riscaldati, ricavate sotto i pavimenti e lungo le pareti, servivano in altri edifici ad assicurare un adeguato isolamento dall'umidità del terreno. Erano realizzate soprattutto sulle pareti che erano appoggiate a un terrapieno. Si utilizzavano a questo scopo le *tegulae mammatae*, che erano poi rivestite da intonaco contenente almeno uno strato di cocchiopesto. Nelle costruzioni di maggior impegno la protezione dall'umidità poteva essere assicurata altrimenti da due muri paralleli che davano luogo nel mezzo a una concamerazione non praticabile. Le intercapedini sotto i pavimenti erano comuni nelle costruzioni con alzata in legno e terra o con una pavimentazione in tavole di legno, soprattutto nelle regioni piovose. I sostegni erano notevolmente più distanziati rispetto alle *pilae* degli ipocausti termali perché su di essi poggiavano travi o tavole che potevano coprire una luce assai maggiore. Negli edifici in opera cementizia di epoca tardorepubblicana o imperiale si possono trovare in ogni caso delle intercapedini isolanti con *pilae* e *suspensurae* come quelle degli ambienti termali. Le

²⁶⁴ GIULIANI 1975

cellae di alcuni *horrea* in particolare erano dotate di *suspensurae* per mantenere asciutte le derrate che vi erano conservate. Quelle dei Grandi *Horrea* di Ostia, attualmente in corso d'indagine e datate dai bolli laterizi tra la fine dell'età antonina e il regno di Settimio Severo, poggiano su muretti in mattoni alti due piedi e spessi un piede, i quali delimitano una serie di canali larghi altrettanto, interrotti da un canale trasversale che favoriva la circolazione dell'aria. Il pavimento sospeso, con letti di bipedali o sesquipedali che si alternano a due gettate di calcestruzzo, appare una struttura molto solida, adatta a sopportare il peso di importanti quantità di mercanzie, probabilmente grano²⁶⁵.

²⁶⁵ BUKOWIECKI *et alii* 2008

Lessico architettonico

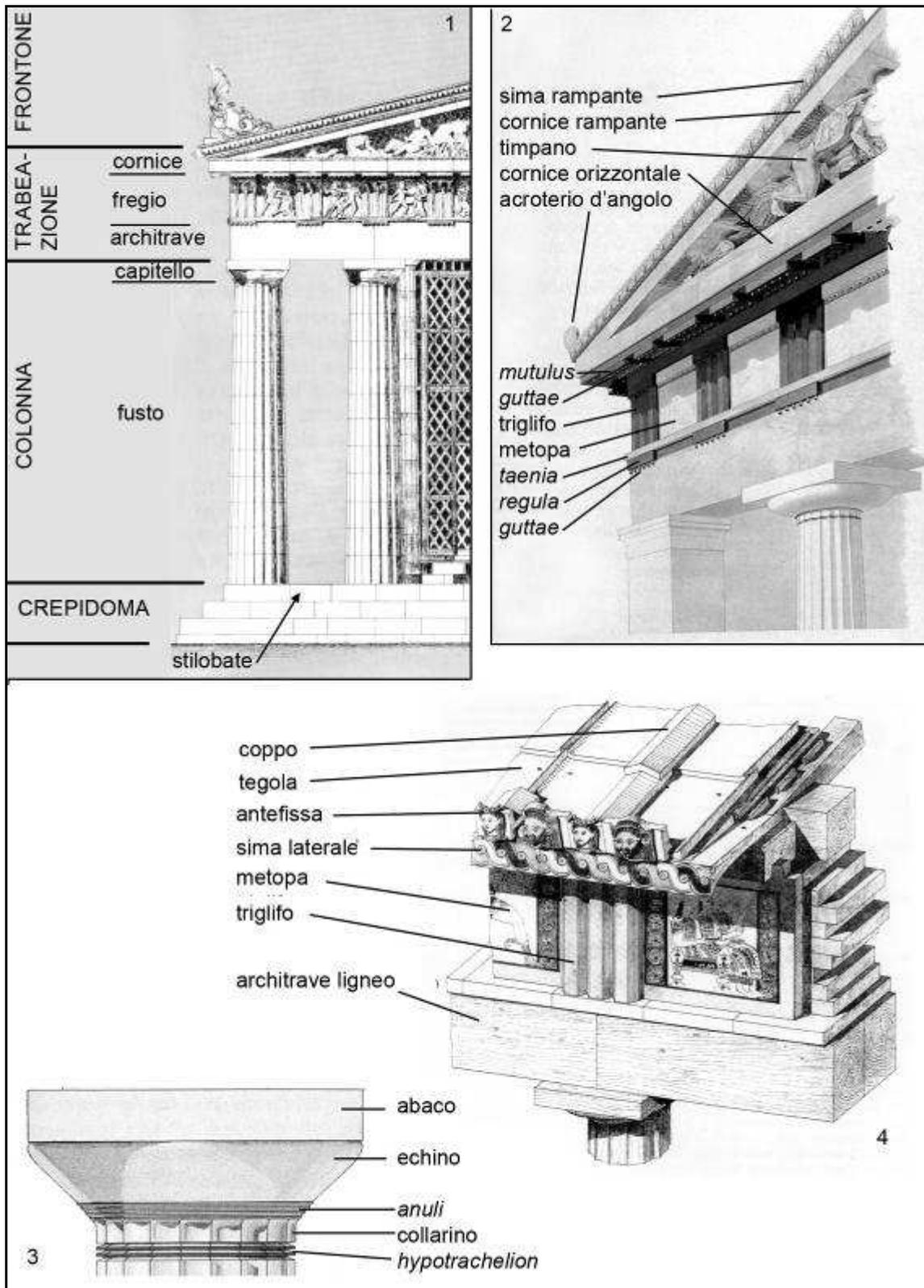


Fig. 629 – Ordine dorico

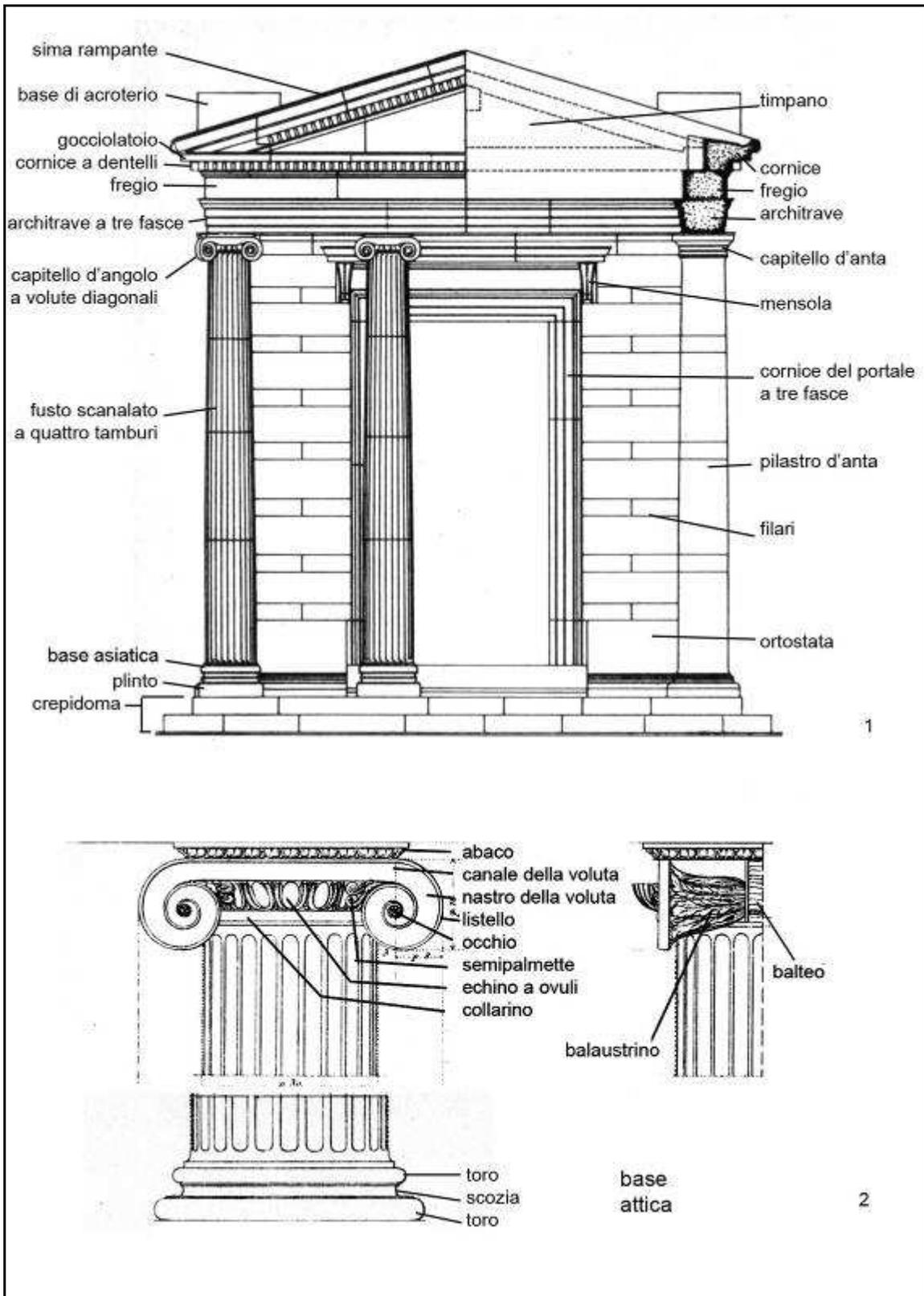


Fig. 630 – Ordine ionico

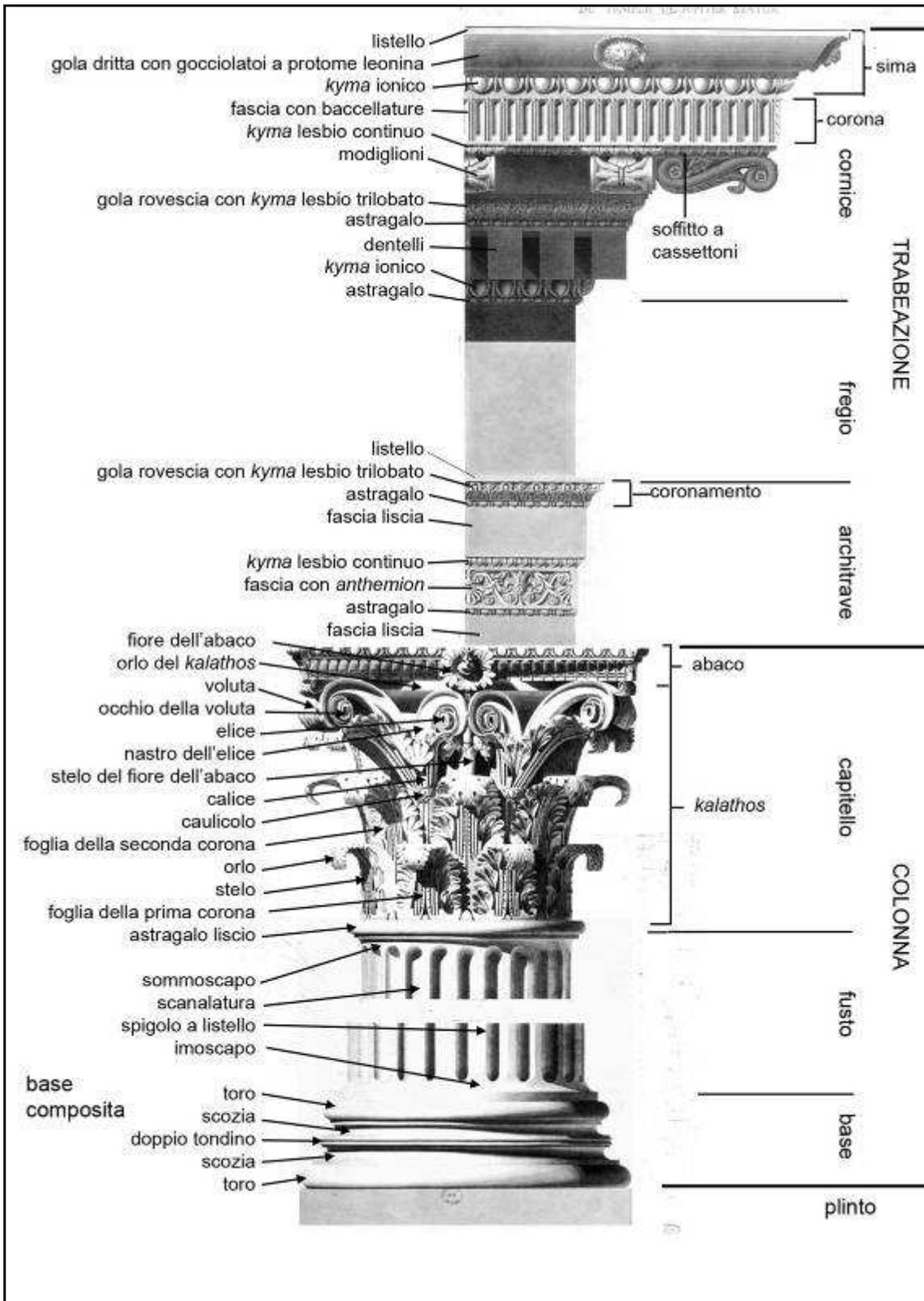


Fig. 631 – Ordine corinzio

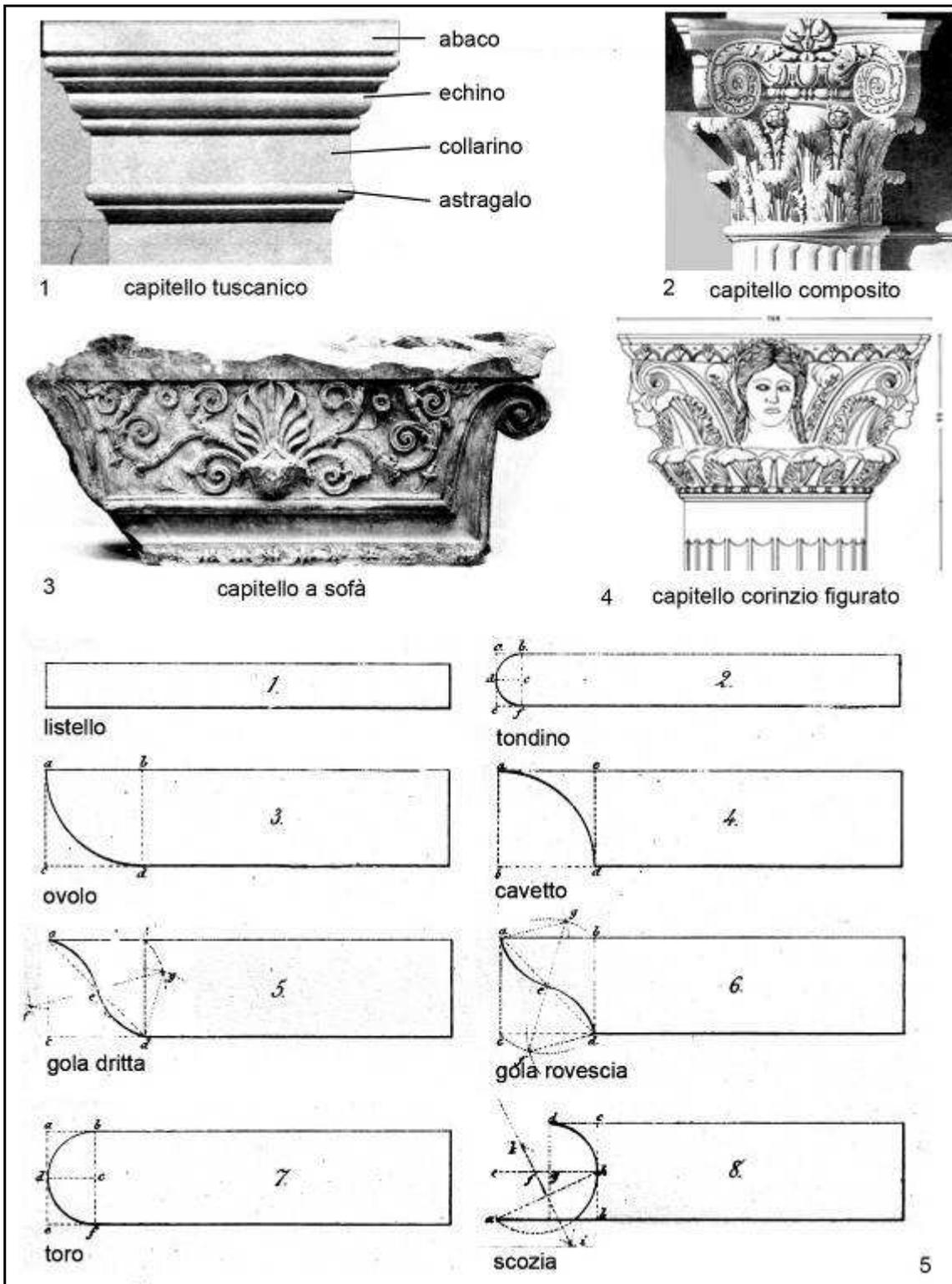


Fig. 632 – Tipi di capitelli. Modanature

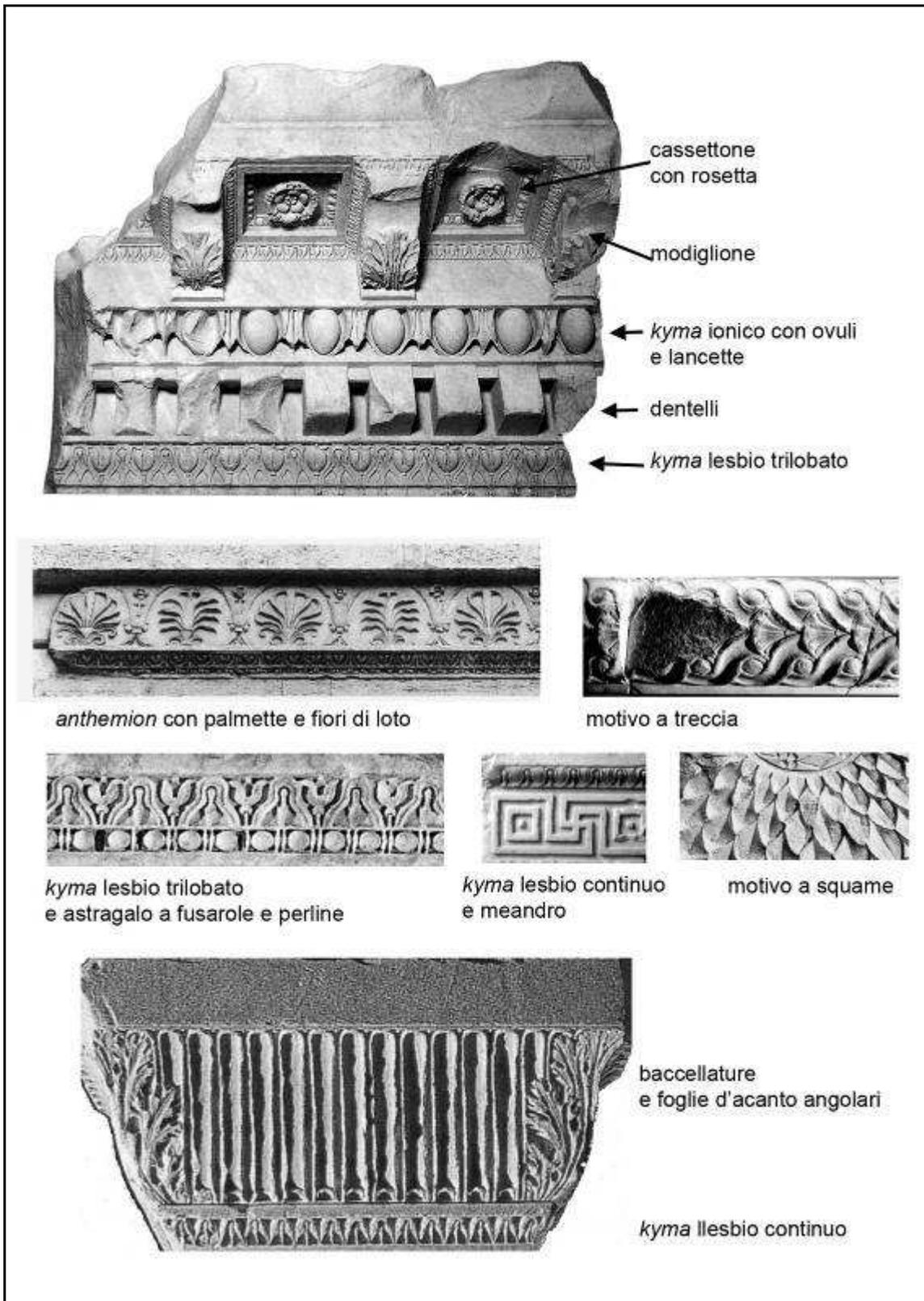


Fig. 633 – Motivi decorativi

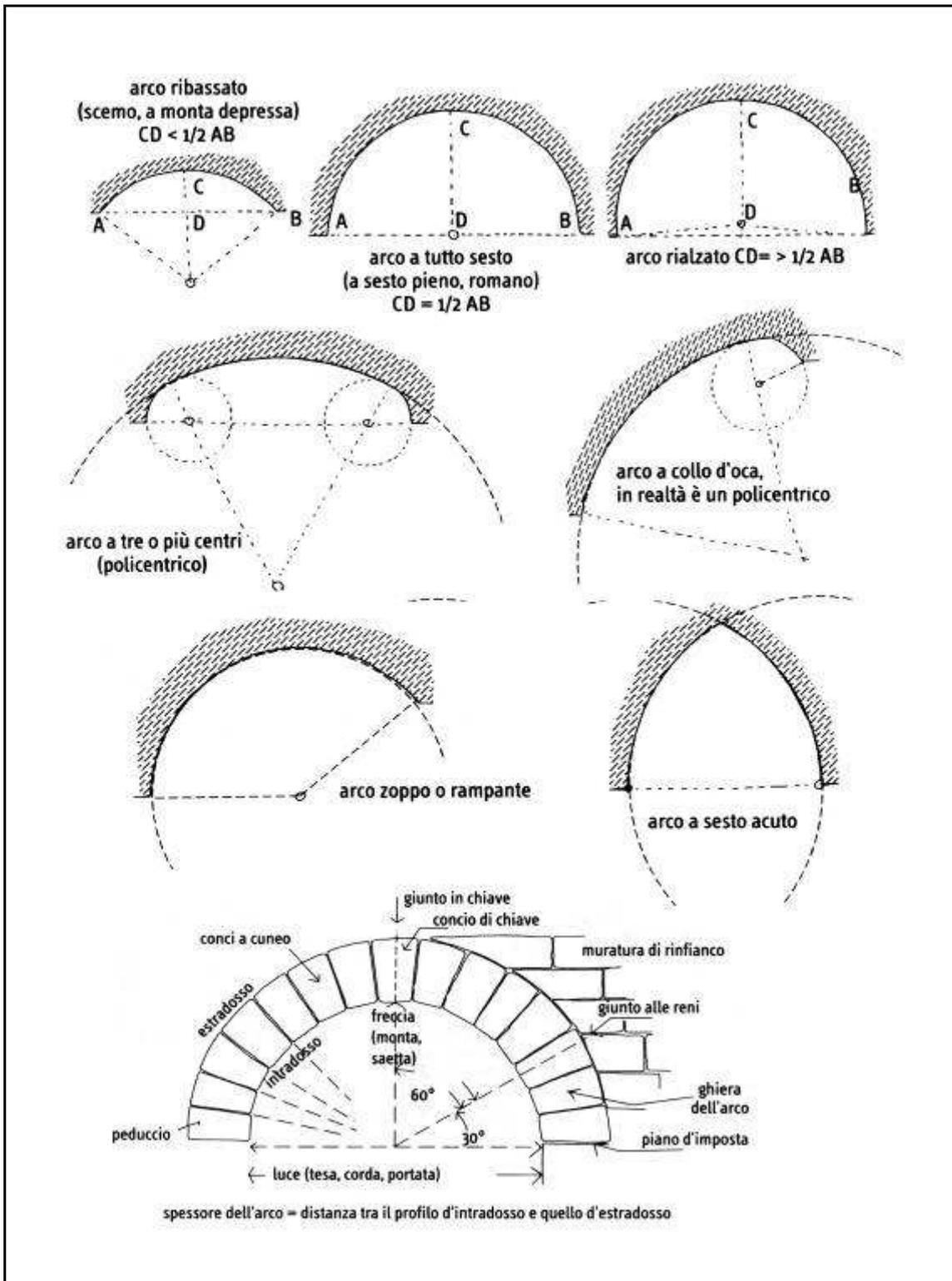


Fig. 634 – Forme di archi (GIULIANI 2006)

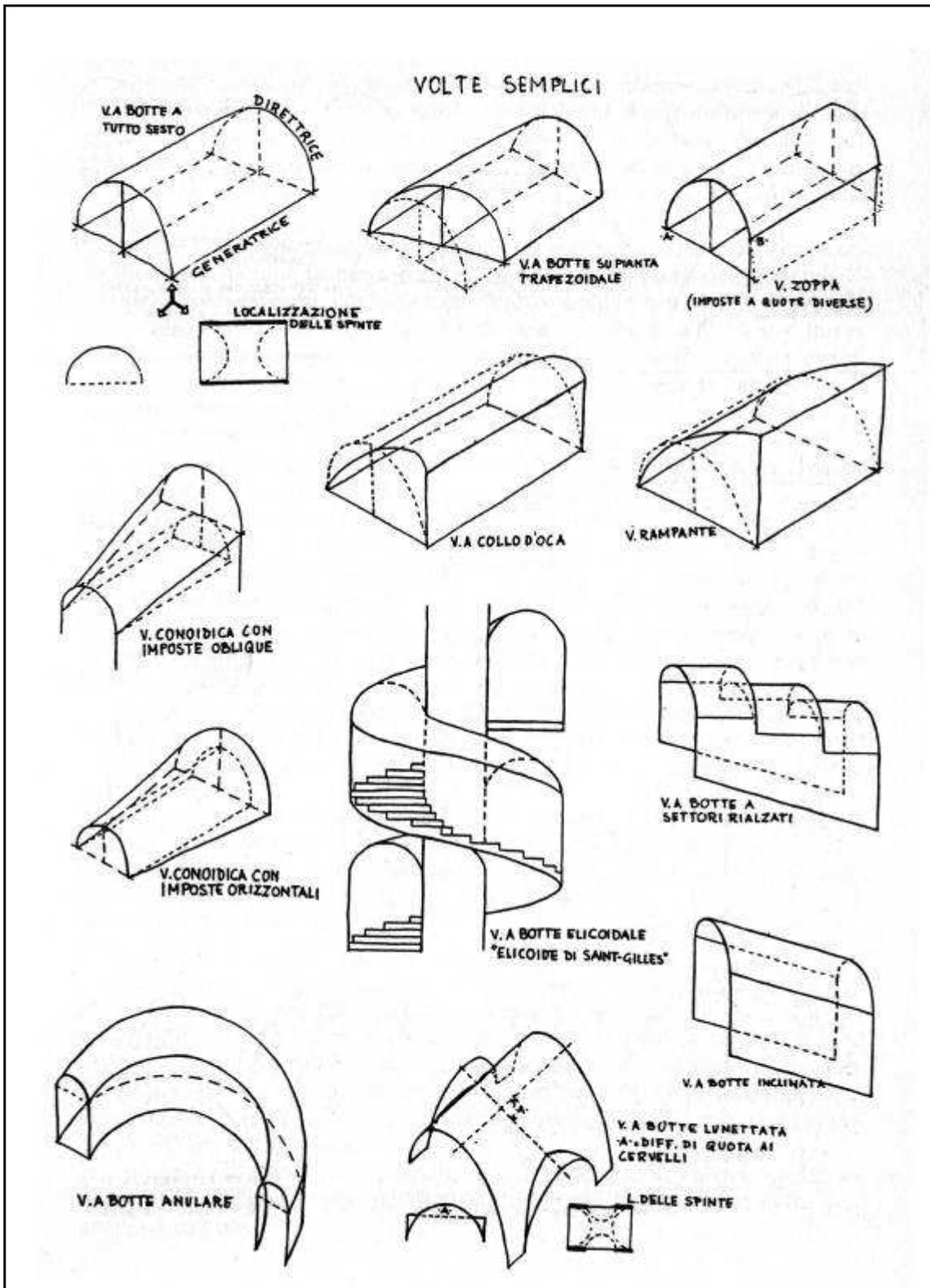


Fig. 635 – Schemi geometrici delle volte (GIULIANI 2006)

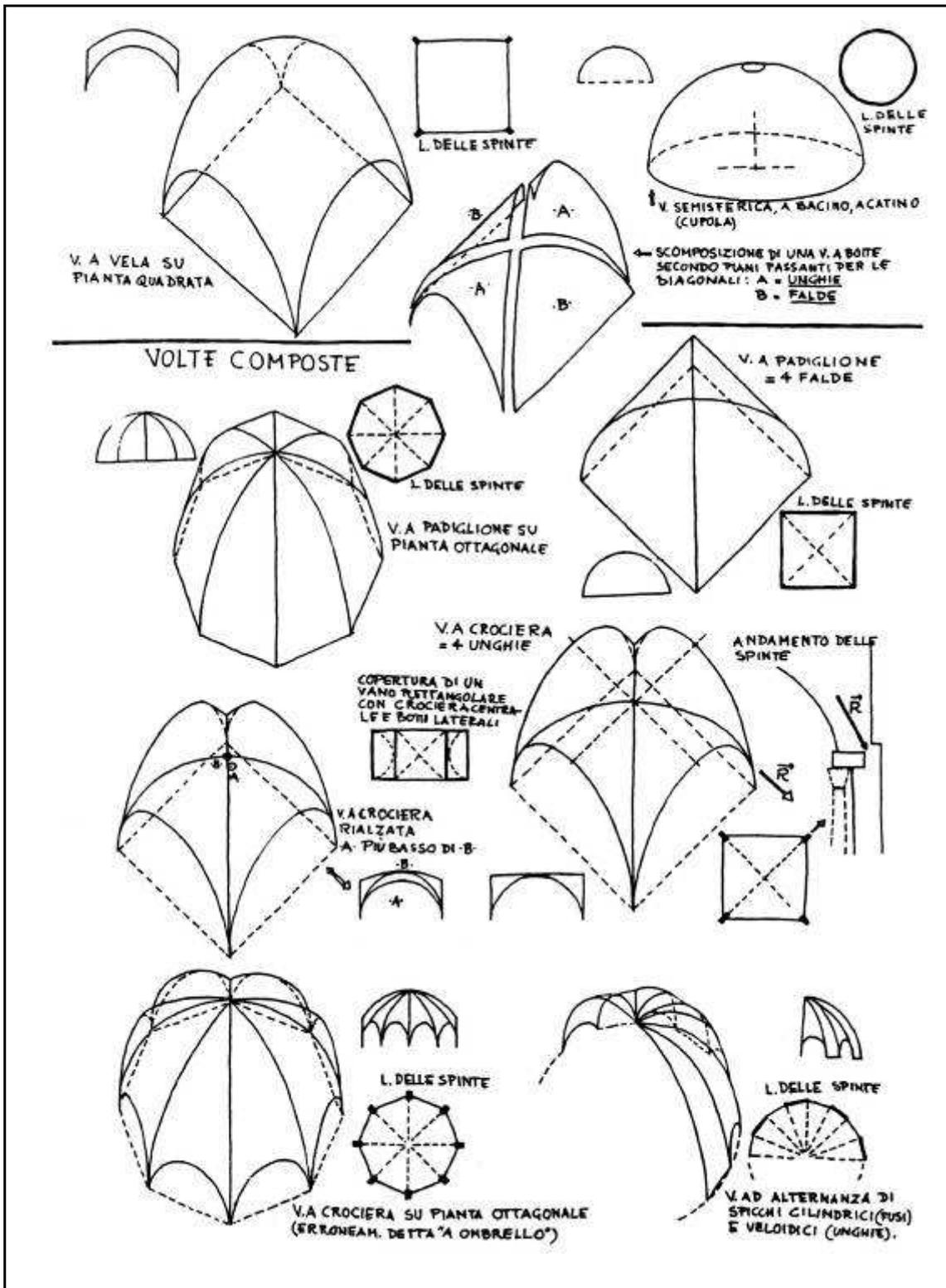


Fig. 636 – Schemi geometrici delle volte (GIULIANI 2006)

ABBREVIAZIONI

AA = Archäologischer Anzeiger
AAA= Αρχαιολογικά Αναλεκτα εξ Αθηνών
Acme = Acme: annali della Facoltà di Lettere e Filosofia dell'Università statale di Milano
ActaArchHung = Acta archaeologica Academiae scientiarum hungaricae
ActaPraehistA = Acta praehistorica et archaeologica
ActaRom = Acta Instituti Romani Regni Sueciae
AISCOM = Associazione Italiana per lo Studio e la Conservazione del Mosaico
AJA = American Journal of Archaeology
AMAP = Atti e Memorie Accademia Petrarca di Lettere, Arti e Scienze
AnnLiv = Annals of Archaeology and Antropology, Liverpool
AnnNoment = Annali. Associazione nomentana di storia e archeologia
AntK = Antike Kunst
APol = Archaeologia Polona
ArchCl = Archeologia Classica
ArtB = The Art Bulletin
ASAE = Annales du Service des Antiquités d'Égypte
ASAtene = Annuario della Scuola archeologica di Atene e delle Missioni italiane in Oriente
ASMOSIA = Association for the Study of Marble and Other Stones in Antiquity
ATTA = Atlante Tematico di Topografia Antica
BA = Bollettino d'Archeologia
BAR = British Archaeological Report
BCH = Bulletin de Correspondance Hellénique
BCom = Bollettino della Commissione Archeologica Comunale di Roma
BdA = Bollettino d'Arte
BEFAR = Bibliothèque de l'Ecole Française de Archéologie de Rome
BibIA = Biblical Archaeologist
BICS = Bulletin of the Institute of Classical Studies of the University of London
BIFAO = Bulletin de l'Institut Français d'Archéologie Orientale
BJ = Bonner Jahrbücher des Rheinischen Landesmuseums in Bonn und des Vereins von Altertumsfreunden im Rheinlande
BMusBrux = Bulletin des Musées royaux d'art et d'histoire, Bruxelles
Britannia = Britannia: a journal of Romano-British and kindred studies
BSA = The Annual of the British School at Athens
BStorArt = Bollettino della Unione storia ed arte
CATO, De Agr. = CATO, De Agricultura
CIL = Corpus Inscriptionum Latinarum
DIO CASS. = DIO CASSIUS, *Historiae Romanae*
EAA = Enciclopedia dell'arte antica classica e orientale
ERAUL = Etudes et Recherches Archéologiques de l'Université de Liège
Gallia = Gallia: fouilles et monuments archéologiques en France métropolitaine
Hesperia = Hesperia: journal of the American School of Classical Studies at Athens
ID = Inscriptiones Deli
IEJ = Israël Exploration Journal
IG = Inscriptiones Graecae
JARCE = Journal of the American Research Center in Egypt
JdI = Jahrbuch des Deutschen Archäologischen Instituts
JFA = Journal of Field Archaeology
JNES = Journal of Near East Studies
JÖAI = Jahreshefte des Österreichischen Archäologischen Instituts
JRA = Journal of Roman Archaeology
JRS = Journal of Roman Studies
Ktèma = Ktèma : civilisations de l'Orient, de la Grèce et de Rome antiques

LTUR = M. Steinby (a cura di), *Lexicon Topographicum Urbis Romae*, I-VI, 1993-2000
MAnthrWien = Mitteilungen der Anthropologischen Gesellschaft in Wien
MDAI(A) = Mitteilungen des Deutschen Archäologischen Instituts, Athenische Abteilung
MDAI(K) = Mitteilungen des Deutschen Archäologischen Instituts, Abteilung Kairo
MDAI(R) = Mitteilungen des Deutschen Archäologischen Instituts, Römische Abteilung
MedA = Mediterraneo Antico
MededRom = Mededelingen van het Nederlands Instituut te Rome. Antiquity
MEFRA = Mélanges de l'École Française de Rome
MemLinc = Memorie. Atti dell'Accademia nazionale dei Lincei. Classe di scienze morali, storiche e filologiche
MemPontAc = Memorie della Pontificia Accademia di Archeologia
MonAnt = Monumenti Antichi
NSc = Notizie degli Scavi di Antichità
OxfJA = Oxford Journal of Archaeology
Pallas = Pallas: revue d'études antiques
PBSR = Papers of the British School at Rome
PLIN., NH = G. PLINIUS SECUNDUS, *Naturalis Historia*
PNAS = Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America
ProcPrehistSoc = Proceedings of the Prehistoric Society
QuadAEI = Quaderni del centro di Studio per l'archeologia etrusco-italica
QuadMess = Quaderni dell'Istituto di archeologia della Facoltà di Lettere e Filosofia dell'Università di Messina
RA = Revue archéologique
RAC = Rivista di Archeologia Cristiana
RE = A. Von Pauly, G. Wissowa (a cura di), *Paulys Real-Encyclopädie der classischen Altertumswissenschaft*
RendLinc = Rendiconti dell'Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di scienze morali, storiche e filosofiche.
RendNap = Rendiconti dell'Accademia di archeologia, lettere e belle arti, Napoli
RendPontAc = Rendiconti. Atti della Pontificia Accademia Romana di Archeologia
RömQSchr = Römische Quartalschrift für christliche Altertumskunde und Kirchengeschichte
RTopAnt = Rivista di Topografia Antica
SUET., Caes. = C. S. TRANQUILLUS, *De Vita Caesarum*
TACITUS, Ann. = C. TACITUS, *Annales*
TACITUS, Hist. = C. TACITUS, *Historiae*
UVB = Uruk vorläufiger Berichte
VITR. = VITRUVIUS POLLIONE, *De Architectura*
WVDOG = Wissenschaftliche Veröffentlichungen der Deutschen Orient-Gesellschaft
ZÄS = Zeitschrift für ägyptische Sprache und Altertumskunde

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. 1985 = AA.VV., *Roma Antiqua. 'Envois' degli architetti francesi (1788-1924). L'area archeologica centrale*, Catalogo della mostra (Roma 29 marzo – 27 maggio 1985, Parigi 7 maggio – 13 luglio 1986). Roma 1985
- AA.VV. 1993 = AA.VV., *Studies on the Palace of Malqata: Investigations at the Palace of Malqata, 1985-1988*, Tokyo 1993
- AA.VV. 1997 = AA.VV., *From round house to villa, The proceedings of a conference held in 1993 to celebrate the Upper Nene Archaeological Society's 30th anniversary*, Hackleton 1997
- AA.VV. 2003 = AA.VV., *Dal vulcano all'uomo. Caratteristiche e impiego della pietra sperone e del peperino di Marino*, Roma 2003
- AA.VV. 2005 = AA.VV., *I Mercati di Traiano alla luce dei recenti restauri e delle indagini archeologiche*, Giornata di studio presso l'Istituto Archeologico Germanico di Roma (Roma, 15 marzo 2003), in *BCom, CIV*, 2003 (2005)
- ABRALDES 2000 - A.M. Abraldes, *Pentelethen: the Export of Pentelic Marble and its Use in Architectural and Epigraphical Monuments*, Ann Arbor 1996 (2000)
- ADAM 1977 = J.P. Adam, "À propos du trilithon de Baalbek", in *Syria*, 54, 1977, pp. 31-63
- ADAM 1982 = J.P. Adam, *L'architecture militaire greque*, Paris 1982
- ADAM 1986 = J.P. Adam, "Observations techniques sur les suites du séisme de 62 à Pompéi", dans C.A. Livadie, Centre Jean Bérard, Institut français de Naples. *Tremblements de terre, éruptions volcaniques et vie des hommes dans la Campanie antique*, Naples - Paris, 1986, pp. 67-89
- ADAM 1989 = J.P. Adam, *L'arte di costruire presso i romani. Materiali e tecniche*, Milano 1989, u.e. Milano 2008
- ADAM 1994 = J.P. Adam, "Untersuchungen an Asphaltmörtel von der Prozessionsstrasse in Babylon, Irak", in *Handwerk und Technologie im alten Orient. Ein Beitrag zur Geschichte der Technik im Altertum*, Internationale Tagung (Berlin 12-15. März 1991), Mainz 1994
- ADOVASIO *et alii* 1997 = J.M. Adovasio, N.L. Kornietz, O. Soffer, *et alii*, "Cultural stratigraphy at Mezhirich, an upper palaeolithic site in Ukraine with multiple occupations", in *Antiquity*, 71, 1997, pp. 48-62
- AKERSTRÖM 1966 = A. Akerström, *Die architektonischen Terrakotten Kleinasiens*, Lund 1966
- AKURGAL 1962 = E. Akurgal, *The Art of the Hittites*, Londra 1962 (ed. Italiana *L'arte degli Hittiti*, Firenze 1962)
- ALAIMO –BONACASA – MINÀ 2000 = R. Alaimo, N. Bonacasa, P. Minà, "Analisi mineralogico-geochimiche e ipotesi sulla provenienza dell'alabastro", in A. Adriani, *La tomba di Alessandro. Realtà, ipotesi e fantasie* (a cura di N. Bonacasa, P. Minà), Roma 2000, pp. 109-115
- ALBORE LIVADIE 1999 = C. Albore Livadie (a cura di), "L' Eruzione vesuviana delle 'Pomici di Avellino' e la facies di Palma Campania (Bronzo antico)", Atti del Seminario internazionale di Ravello (15-17 luglio 1994), Bari 1999
- ALBORE LIVADIE *et alii* 2005 = C. Albore Livadie, E. Castaldo, N. Castaldo, G. Vecchio, "Sur l'architecture de cabanes du bronze ancien final de Nola (Naples-Italie)", in BUCHSENSCHUTZ - MORDANT 2005, pp. 487-512
- ALLEN 1974 = H.L. Allen, "Excavations at Morgantina (Serra Orlando) 1970-1972, Preliminary Report XI", in *AJA*, 78, 1974, pp. 361-382
- ALUNNI 2005 = V. Alunni, "Il rapporto tra il Piccolo Emiciclo e il palazzo Ceva-Tiberi", in AA.VV. 2005, pp. 353-372
- ALVAREZ – GORDON – RASHAK 1975 = W. Alvarez, A. Gordon, E.P. Rashak, "Eruptive Source of the 'Tufo Rosso a Scorie Nere', a Pleistocene Ignimbrite North of Rome", in *Geologica Romana*, 14, 1975, pp. 141-54
- AMALFITANO 1990 = P. Amalfitano (a cura di), *I Campi Flegrei. Un itinerario archeologico*, Venezia 1990
- AMANDRY 1953 = P. Amandry, *Le colonne des Naxiens et le portique des Athéniens, Fouilles de Delphes II*, Paris 1953
- AMANDRY *et alii* 1996 = M. Amandry *et alii*, *Nîmes, Carte archéologique de la Gaule*, 30/1, sous la direction de J.L. Fiches et A. Veyrac, Paris 1996
- AMICI 1982 = C.M. Amici, *Foro di Traiano. Basilica Ulpia e biblioteche*, Roma 1982
- AMICI 1991 = C.M. Amici, *Il Foro di Cesare*, Firenze 1991
- AMICI 1997 = C.M. Amici, "L'uso del ferro nelle strutture romane", in *Materiali e Strutture*, 7, 2-3, 1997, pp. 85-95

- AMICI 2005 a = C.M. Amici, *Dal progetto al monumento*, in GIAVARINI 2005, pp. 21-74
- AMICI 2005 b = C.M. Amici, *Le tecniche di cantiere e il procedimento costruttivo*, in GIAVARINI 2005, pp.125-160
- AMIET 1967 = P. Amiet, “*Éléments émaillés du décor architectural néo-élamite*”, in *Syria* 44, 1967, pp. 27-46
- AMOROSO 2007 = A. Amoroso, *L’Insula VII, 10 di Pompei. Analisi stratigrafica e proposte di ricostruzione*, Roma 2007
- AMOROSO et alii 2009 = A. Amoroso, M. Bianchini, F. Di Gennaro, F. Fraioli, F. Merlo, “*Strutture semipogee nell’ager Fidenatis*”, in *Suburbium*, 2. *Il suburbio di Roma dalla fine dell’età monarchica alla nascita del sistema delle ville (V - II secolo a.C.)*, Roma 2009, pp. 347-367
- ANDERSEN – TOMS 2001 = H.D. Andersen, J. Toms, “*The earliest tiles in Italy?*”, in BRANDT-KARLSSON 2001, pp. 263-268
- ANDRAE – LENZEN 1933 = W. H. Andrae, H. Lenzen, *Die Partherstadt Assur*, Berlin 1933
- ANDRÉN 1940 = A. Andrén, *Architectural Terracottas from Etrusco-Italic Temples*, Lund-Leipzig 1940
- ANDREOLI et alii 2002 = A. Andreoli, F. Berti, L. Lazzarini, R. Pierobon Benoit, “*New contributions on Marmor lassense*”, in Lazzarini 2002 c, pp.13-18
- ANDRONIKOS 1984 = M. Andronikos, *Vergina, the Royal Tombs and the Ancient City*, Atene 1984
- ANNIBALDI 1942 = G. Annibaldi, “*Chieti. Teatro romano*”, in *Bullettino del Museo dell’Impero*, 1942, pp. 65 ss.
- ANNIBALETTO – GHEDINI 2009 = M. Annibaletto, F. Ghedini (a cura di), *Intra illa moenia domus ac penates (Liv. 2,40,7). Il tessuto abitativo nelle città romane della Cisalpina. Atti delle giornate di studio (Padova, 10-11 aprile 2008)*, Roma 2009
- ANTI 1947 = C. Anti, *Teatri greci arcaici da Minosse a Pericle*, Roma 1947
- ANTI – POLACCO 1969 = C. Anti, L. Polacco, *Nuove ricerche sui teatri greci arcaici*, Padova 1969
- ANTONELLI 1999 = F. Antonelli, *Les marbres griottes des Pyrénées Centrales françaises: pétrographie, géochimie et caractéristiques physico-mécaniques*, Orléans 1999
- ANTONELLI 2002 = F. Antonelli, “*I marmi delle Gallie e dell’Iberia importati a Roma*”, in DE NUCCIO – UNGARO 2002, pp.266-275
- ANTONELLI et alii 2002 = F. Antonelli, L. Lazzarini, L. Rasplus, B. Turi, “*Petrographic and geochemical characterization of cipollino mandolato from the French central Pyrenees*”, in HERRMANN – HERZ – NEWMAN 2002, pp. 77-90
- ARATA 2010 = P. Arata, “*Ancora a proposito del Tempio di Giove Capitolino*”, Roma 2010 c.s.
- ARMIT 2003 = I. Armit, *Towers in the North: The Brochs of Scotland*, Stroud 2003
- ARNAL 1994 = G.B. Arnal, “*Critique sur une interprétation équivoque. Etat de la question sur les substructions chalcolithiques de Boussargues à Argelliers (Hérault)*” (article repris de *L’architecture vernaculaire*, tome XVIII, 1994), dans www.pierreseche.com/mythe_boussargues.html, 9 février 2002
- ARNOLD 1982 = D. Arnold, “*Die pyramide Amenemhat III von Dahshur. Vierter Grabungsbericht*”, in *MDAI(K)*, 38, 1982, pp. 17-23, tavv. 4-7
- ARNOLD 1991 = D. Arnold, *Building in Egypt: Pharaonic Stone Masonry*; New York 1991
- ARNOLD et alii 2003 = D. Arnold, N. Strudwick, H. Strudwick, *The Encyclopaedia of Ancient Egyptian Architecture*, London-New York 2003
- ARNOLD F. 1990 = F. Arnold, *The Control Notes and Team Marks. The South Cemetery of Lisht*, vol. II, New York 1990
- ASGARI 1978 = N. Asgari, “*Roman and Early Byzantine Marble Quarries of Proconnesus*”, in *Proceedings of the Xth International Congress of Classical Archaeology (Ankara - Izmir 1973)* Ankara 1978, pp. 467-480
- ASGARI 1995 = N. Asgari, “*The Proconnesian production of architectural elements in late antiquity, based on evidence from the marble quarries*”, in C. Mango, G. Dagron (a cura di), *Konstantinople and its hinterland*, pp. 263-288
- ASHBY – LUGLI 1928 = T. Ashby, G. Lugli, “*La Villa dei Flavi Cristiani ‘ad duas lauros’ e il suburbano imperiale ad oriente di Roma*”, in *MemPontAc*, 2, 1928, pp. 157-192
- ASMOSIA 7 = *Asmosia*, 7. Proceedings of the 7th International Conference of Association of the study of marble and other stones in antiquity (Thasos, september 15-20, 2003), Atene 2009
- ASTON – HARRELL – SHAW 2000 = B. G. Aston, J. A. Harrell, I. Shaw, “*Stone*”, in NICHOLSON – SHAW 2000.
- ATKINSON 1956 = R.J.C. Atkinson, *Stonehenge*, London 1956

- ATKINSON 1978 = R.J.C. Atkinson, *Stonhenge and Neighbouring Monuments*, London 1978
- AUPERT – GINOUVÈS 1989 = P. Aupert, R. Ginouvès, “Une toiture révolutionnaire à Argos”, in S. Walker, A. Cameron, *The Greek renaissance in the Roman Empire*, Papers from the Tenth British Museum Classical Colloquium, *BICS suppl.*, 55, 1989, pp. 151-155
- AURENCHE 1980 = O. Aurenche, “Un exemple de l’architecture domestique en Syrie au VIIIème millénaire: la maison XLVII de Tell Mureybet”, in *Le Moyen Euphrate: zone de contacts et d’échanges*, Colloque de Strasbourg (10 – 12 mars 1977), Leiden 1980, pp. 35-53
- AURENCHE 1981 = O. Aurenche, *La maison orientale. L’architecture de Proche Orient des origines au milieu du 4ème millénaire*, Paris 1981
- AURENCHE 1993 = O. Aurenche, “L’origine de la brique dans le Proche Orient ancien” in *Between the rivers and over the mountains. Archaeologica Anatolica et Mesopotamica Alba Palmieri dedicata*, Roma 1993, pp. 71-85
- AURIGEMMA 1932 = S. Aurigemma, “Gli anfiteatri romani di Placentia, di Bononia e di Forum Cornelii”, in *Historia*, 6, 1932, pp. 558-587
- AURIGEMMA 1963 = S. Aurigemma, *Le terme di Diocleziano e il Museo nazionale romano*, 5a ed., Roma 1963
- BACCI 1980-81 = G.M. Bacci, “Catania 1980. Teatro romano e terme dell’Indirizzo”, in *Kokalos* 26-27, 1980-1981, pp. 746-748
- BACHELOT – CASTEL 1989 = L. Bachelot, C. Castel, “Recherche sur la Ziggourat de Larsa”, in J.L. Huot, *Larsa Travaux de 1985*, Paris 1989, pp. 53-77
- BADAWY 1948 = A. Badawy, *Les dessin architectural chez les anciens Égyptiens. Étude comparative des représentations égyptiennes des constructions*, Le Caire 1948
- BAGOLINI 1992 = B. Bagolini, “Il Neolitico nell’Italia settentrionale”, in A. Guidi, M. Piperno (a cura di), *Italia preistorica*, Roma-Bari 1992, pp. 279-293
- BAGOLINI – FERRARI – PASQUALI 1987 = B. Bagolini, A. Ferrari, T. Pasquali, “Il primo neolitico al Dos de la Forca di Mezzocorona (Trento)”. Atti della XXVI Riunione Scientifica Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, pp. 425-432
- BAGOLINI – FERRARI – PESSINA 1993 = B. Bagolini, A. Ferrari, A. Pessina, “Strutture insediative nel Neolitico dell’Italia settentrionale”, in A. Gravina (a cura di), *Strutture d’abitato e ambiente nel neolitico italiano*, Atti XIII Convegno Nazionale sulla Preistoria-
- Protostoria-Storia della Daunia (S. Severo 1991), Foggia 1993, pp.33-58
- BAIOLINI 2002 = L. Baiolini, “La forma urbana dell’antica Spello”, in L. Quilici, S. Quilici Gigli (a cura di), *Città romane*, 3. *Città dell’Umbria*, ATTA, 11, Roma 2002, pp. 61-120
- BALL 2003 = L.F. Ball, *The Domus Aurea and the Roman Architectural Revolution*, New York 2003
- BANKEL 1993 = H. Bankel, *Der spätarchaische Tempel der Aphaia auf Aegina*, Berlin 1993
- BARBERA – DI PASQUALE – PALAZZO 2007 = M. Barbera, S. Di Pasquale, P. Palazzo, “Roma, studi e indagini sul cd. Tempio di Minerva Medica”, in *Fastionline* 91, 2007, pp. 1-21
- BARDILL 2004 = J. Bardill, *Brickstamps of Constantinople*, Oxford 2004
- BARDOU – ARZOUMANIAN 1979 = P. Bardou, V. Arzoumanian, *Archi de terre*, Marseille 1979
- BAROCELLI 1948 = P. Barocelli, *Augusta Praetoria, Forma Italiae*, XI, I, Roma 1948
- BARSANTI 1919 = A. Barsanti, “Rapport sur les monuments de la Nubie en juin 1913”, in *ASAE*, 18, 1919, pp. 14-25
- BARTOLONI et alii 1987 = G. Bartoloni, F. Buranelli, V. D’Atri, A. De Santis, *Le urne a capanna rinvenute in Italia*, Roma 1987
- BARTOLONI 1998 = G. Bartoloni, “Ancora sulle urne a capanna rinvenute in Italia. Nuovi dati e vecchi problemi”, in *Archäologische Untersuchungen zu den Beziehungen zwischen Altitalien und der Zone nordwärts der Alpen während der frühen Eisenzeit Alteuropas. Ergebnisse eines Kolloquiums in Regensburg* (3 - 5 November 1994), Regensburg 1998, pp. 159-188
- BAUER 1978 = H. Bauer, “Un tentativo di ricostruzione degli Horrea Agrippiana”, in *ArchCl*, 30, 1978, pp. 132-46
- BAUER 1988 = H. Bauer, “Basilica Aemilia” in *Kaiser Augustus und die Verlorene Republik*, Mainz 1988, pp. 200-212
- BAUER – PRONTI 1978 = H. Bauer, A. Pronti, “Elementi architettonici degli Horrea Agrippiana”, in *ArchCl*, 30, 1978, pp. 107-131
- BECKER 1976 = M.J. Becker, “Soft stone sources on Crete”, in *JFA*, 3, 1976, pp. 361-374
- BENASSAI 2001 = R. Benassai, “Per una lettura del programma figurativo della Tomba delle bighe di Tarquinia” in *Orizzonti*, 2, 2001, pp. 51-62

- BERNABÒ BREA – CAVALIER 1965 = L. Bernabò Brea, M. Cavalier, “*Scavi in Sicilia. Tindari. Area urbana. L'insula IV e le strade che lo circondano*”, in *BdA*, 50, 1965, pp. 205-209
- BERNABÒ BREA – CARDARELLI – CREMASCHI = M. Bernabò Brea, A. Cardarelli, M. Cremaschi (a cura di), *Le Terramare. La più antica civiltà padana*, Milano 1997
- BERNABÒ BREA – CREMASCHI 1997 a = M. Bernabò Brea, M. Cremaschi, “*Le terramare: 'palafitte a secco' o 'villaggi arginati'?*”, in BERNABÒ BREA – CARDARELLI – CREMASCHI 1997, pp. 187-195
- BERNABÒ BREA – CREMASCHI 1997 b = M. Bernabò Brea, M. Cremaschi, “*La terramara di S. Rosa di Poviglio: le strutture*”, in BERNABÒ BREA – CARDARELLI – CREMASCHI 1997, pp. 196-212
- BERTAGNIN 1999 = M. Bertagnin, *Architetture di terra in Italia. Tipologie, tecnologie e culture costruttive*, Monfalcone 1999
- BERVE – GRUBEN 1961 = H. Berve, G. Gruben, *Griechische Tempel und Heiligtümer*, Munich 1961
- BESENVAL 1984 = R. Besenval, *Technologie de la voûte dans l'Orient ancien*, Paris 1984
- BIANCHI 1998 = E. Bianchi, “*Il caseggiato del Sole e gli edifici attigui*”, in *BA*, 49-50, 1998, pp. 115-130
- BIANCHI 2000 = E. Bianchi, “*Le nervature nelle volte massive di età romana*” in *BCom*, 101, 2000, pp. 105-162
- BIANCHI BANDINELLI 1970 = R. Bianchi Bandinelli, *Roma. La fine dell'arte antica*, Milano 1970
- BIANCHINI 1991 = M. Bianchini, “*I 'Mercati di Traiano'*”, in *BA* 8, 1991, pp. 102-121
- BIANCHINI 1992 = M. Bianchini, “*Mercati Traianei. La destinazione d'uso*”, in *BA*, 16-18, 1992, pp. 145-163
- BIANCHINI 2005 = M. Bianchini, “*Indagini nel tratto sud-est della via Biberatica. Modalità e cronologia della costruzione del settore meridionale dei Mercati di Traiano*”, in *AA.VV* 2005, pp. 235-267
- BIANCHINI 2008 a = M. Bianchini, *Manuale di rilievo e di documentazione digitale in archeologia*, Roma 2008
- BIANCHINI 2008 b = M. Bianchini, “*Le sostruzioni del tempio di Apollo Sosiano e del portico adiacente*”, on line sul sito www.rilievoarcheologico.it e in *MEFRA* c.s.
- BIANCHINI 2010 a = M. Bianchini, “*La volta della Grande Aula*”, in DEL MORO – UNGARO – VITTI 2010, pp. 45-58
- BIANCHINI 2010 b = M. Bianchini, “*La ricostruzione del Corpo Centrale dei Mercati di Traiano*”, in DEL MORO – UNGARO – VITTI 2010, pp. 59-76
- BIANCHINI – CASSANO 1992 = M. Bianchini, R. Cassano, “*Le terme Ferrara*”, in CASSANO 1992, pp. 730-35
- BIANCHINI – TINÉ BERTOCCHI 1992 = M. Bianchini, F. Tiné Bertocchi, *Le terme Lomuscio*, in CASSANO 1992, pp. 736-740
- BIANCHINI – VITTI 2003 = M. Bianchini, M. Vitti, *La basilica di San Michele Arcangelo al VII miglio della via Salaria alla luce delle scoperte archeologiche*, in *RAC*, LXXIX, 2003, pp. 173-242
- BIASCI 2000 = A. Biasci, “*Il padiglione del 'Tempio di Minerva Medica a Roma': strutture, tecniche di costruzione e particolari inediti*”, in *Science and Technology for Cultural Heritage*, 9, 1-2, 2000, pp. 67-88
- BILLOT 1982 = M.F. Billot, “*Recherches aux XVIIIe et XIXe siècles sur la polychromie de l'architecture grecque*”, in M.C. Hellman, Ph. Fraisse, A. Jacques (a cura di), *Paris-Rome-Athènes. Le voyage en Grèce des architectes français aux XIXe et XXe siècle*, Paris 1982, pp. 61-128
- BINGÖL 1997 = O. Bingöl, *Malerei und Mosaik der Antike in der Türkei*, Mainz 1997
- BITTEL 1937 = K. Bittel, *Die Ruinen von Bogazköy*, Berlin und Leipzig 1937
- BIVONA 1990-91 = L. Bivona, “*Le fornaci romane di Partinico*”, in *Kokalos*, 36-37, 1990-91, pp. 139-144
- BLACKMAN 1968 = D.J. Blackman, “*The shipsheds*” in J. Morrison, R.T. Williams (a cura di), *Greek Oared Ships, 900-322 a.C.*, Cambridge 1968, pp. 181-192
- BLEGEN 1950-61 = C.W. Blegen, *Troy*, 4 voll., Princeton 1950-61
- BLOCH 1947 = H. Bloch, *I bolli laterizi e la storia edilizia romana*, Roma 1947, rist. 1968
- BOAK – PETERSON 1931 = A.E.R. Boak, E.E. Peterson, *Karanis: Topographical and Architectural Report of Excavations during the Seasons 1924-28*, Ann Arbor 1931
- BODEL 2005 = J. Bodel, “*Speaking signs and the Brickstamps of M. Rutilius Lupus*”, in *BRUN* 2005, pp. 61-94
- BOHN 1889 = R. Bohn, *Altertümer von Aigai*, in *JdI*, Ergänzungsheft 2, Berlin 1889
- BOHN 1896 = R. Bohn, *Die Theater-Terrasse*, Berlin 1896
- BOMMELAER 1992 = J.F. Bommelaer (a cura di), *Delphes: Centenaire de la 'Grande Fouille' réalisée par l'École Française d'Athènes (1892-1903)*, Actes du Colloque Paul Perdrizet (Strasbourg, 6-9 novembre 1991), Leiden 1992

- BONACASA – ENSOLI 2000 = N. Bonacasa, S. Ensoli, *Cirene*, Milano 2000
- BONGHI JOVINO 1984 = M. Bonghi Jovino (a cura di), *Ricerche a Pompei, I. L'insula 5 della regio VI dalle origini al 79 d.C. Campagne di scavo 1976-1979*, Roma 1984
- BONGHI JOVINO 1997 = M. Bonghi Jovino, “*La phase archaïque de l'Ara della Regina à la lumière des recherches récentes*”, in F. Gaultier, D. Briquel (a cura di), *Étrusques, les plus religieux des hommes. État de la recherche sur la religion étrusque* (actes du colloque international, Paris 1992) Paris 1997, pp. 69-95
- BONIFAY 1991 = E. Bonifay, “*Les premières industries du Sud-Est de la France et du Massif Central*”, in E. Bonifay, B. Vandermeersch (a cura di), *Les premiers Européens*, Paris 1991, pp. 63-80
- BONORA MAZZOLI 2007 = G. Bonora Mazzoli, “*Fornaci per la produzione ceramica e laterizia in Lombardia*”, in *Agri Centuriati*, 4, 2007, pp. 63-78
- BORCHARDT 1910 = L. Borchardt, *Das Grabdenkmal des Königs Sahu-re I*, Leipzig 1910
- BORCHHARDT 1993 = J. Borchhardt, *Die Steine von Zemuri*, Wien 1993
- BORDA 1959 = M. Borda, *La pittura romana*, Milano 1958
- BORGHINI 1992 = G. Borghini (a cura di), *Marmi antichi*, Roma 1992 (II ed.)
- BORRIELLO – D'AMBROSIO 1979 = M.R. Borriello, A. D'Ambrosio, *Baiae – Misenum. Forma Italiae, I, XIV*, Firenze 1979
- BORSARI 1894 = L. Borsari, “*Terracina. Del tempio di Giove Anxur scoperto sulla vetta di Monte Sant'Angelo*”, in *NSc*, 1894, pp. 96-111
- BOVINI 1959 = G. Bovini, “*L'impiego dei tubi fittili nelle volte degli antichi edifici di culto ravennati*”, in *Corso di Cultura sull'Arte Ravennate e Bizantina* Bd. 6, 1, 1959, pp. 27-44
- BRACONI 2009 = P. Braconi, “*Ostracus, astrico e lastrico. Pavimenti in cocciopesto degli antichi e l'opus signinum dei moderni*”, in *AISCOM XIV*, 2009, pp. 371-383
- BRAIDWOOD 1957 = R.J. Braidwood, “*Jericho and its Setting in new Eastern History*”, in *Antiquity*, XXXI, 1957, pp. 73-81
- BRANDIZZI VITTUCCI 1968 = P. Brandizzi Vittucci, *Cora, Forma Italiae, I, V*, Roma 1968
- BRANDL 1999 = U. Brandl, *Untersuchungen zu den Ziegelstempeln römischer Legionen in den nord-westlichen Provinzen des Imperium Romanum*, Rahden/Westf. 1999, pp. 25-30
- BRANDON 2008 = C.J. Brandon, “*The Construction of the Herodian Harbour of Caesarea Palaestina*” in *Terre di mare. L'archeologia dei paesaggi costieri e le variazioni climatiche*. Atti del Convegno internazionale di studi (Trieste, 8-10 novembre 2007), Trieste 2008, pp. 377-383
- BRANDT – KARLSSON 2001 = R. Brandt, L. Karlsson, *From Huts to Houses. Transformation of Ancient Societies*, Proceedings of an international seminar organized by Norwegian and Swedish Institutes in Rome (21-24 settembre 1997), Stockholm 2001
- BREEZE 2006 = D.J. Breeze, *The Antonine Wall*, Edinburgh 2006
- BREEZE – DOBSON 2000 = D.J. Breeze, B. Dobson, *Hadrian's Wall*, London 2000 (4a ed.)
- BRETSCHNEIDER 1991 = J. Bretschneider, *Architekturmodelle in Vorderasien und der östlichen Ägäis vom Neolithikum bis in das 1. Jahrtausend. Phänomene in der Kleinkunst an Beispielen aus Mesopotamien, dem Iran, Anatolien, Syrien, der Levante und dem ägäischen Raum unter besonderer Berücksichtigung der bau- und der religionsgeschichtlichen Aspekte*, Kevelaer/NeukirchenVluyn 1991
- BREYMANN 1885 = G.A. Breymann, *Costruzioni in pietra e strutture murali*, Milano 1885 (5a ed. Roma 2003)
- BRIAN 2008 = J. Brian, “*The Bluestone Enigma: Stonehenge, Preseli and the Ice Age*”, Greencroft Books, Pembrokeshire 2008
- BROCATO – GALLUCCIO 2001 = P. Brocato, F. Galluccio, “*Capanne moderne, tradizioni antiche*”, in BRANDT – KARLSSON 2001, pp. 283-309
- BROONER 1971 = O. Brooner, *Isthmia I, Temple of Poséidon*, Princeton 1971
- BROWN 1974-75 = F.E. Brown, “*La protostoria della Regia*”, in *RendPontAc*, 47, 1974-75, pp. 15-36
- BROWN 1980 = F. E. Brown, *Cosa: The Making of a Roman Town*, Ann Arbor 1980
- BRUNEAU 1973 = Ph. Bruneau, *Mosaiques de Délos*, Paris 1973
- BRUNNER TRAUT 1975 = E. Brunner-Traut, s.v. “*Farben*”, *LÄ II/1*, 1975, col. 117-128
- BRUNO 2002 a = M. Bruno, “*Considerazioni sulle cave, sui metodi di estrazione, di lavorazione e sui trasporti*”, in DE NUCCIO – UNGARO 2002, pp. 179-193
- BRUNO 2002 b = M. Bruno, “*Il mondo delle cave in Italia: considerazioni su alcuni marmi e pietre usati*”

- nell'antichità", in DE NUCCIO – UNGARO 2002, pp. 277-289
- BRUNO *et alii* 2002 a = M. Bruno, S. Cancelliere, C. Gorgoni, L. Lazzarini, P. Pallante, P. Pensabene, "Provenance and distribution of white marbles in temples and public buildings of Imperial Rome", in HERMANN – HERZ – NEWTON 2002
- BRUNO *et alii* 2002 b = M. Bruno, L. Conti, L. Lazzarini, P. Pensabene, B. Turi, "The marble quarries of Thasos: an archaeometric study", in LAZZARINI 2002 c, pp. 157-162
- BRUSCHI 1992 = A. Bruschi, "L'Antico e il processo di identificazione degli ordini nella seconda metà del Quattrocento", in J. Guillaume (a cura di), *L'emploi des ordres dans l'architecture de la Renaissance. Actes du colloque tenu a Tours* (1986), Paris 1992, pp. 11-57
- BRUTO – VANNICOLA 1990 = M. L. Bruto, C. Vannicola, "Ricostruzione e tipologia delle crustae parietali in età imperiale", in *ArchCl*, 42, 1990, pp. 325-375
- BRUUN 2005 = Ch. Bruun (a cura di), *Interpretare i bolli laterizi di Roma e della valle del Tevere: produzione, storia economica e topografica*, Atti del Convegno all'École Française de Rome e all'Institutum Romanum Finlandiae (Roma, 31 marzo e 1 aprile 2000), Roma 2005
- BRUYÈRE – KUENTZ 1926 = B. Bruyère, C. Kuentz, *Les Tombes de Nakht-Min et d'Ari-Nefer*, vol. I, Il Cairo 1926
- BUCCELLATO 2006 = A. Buccellato, "Municipio VI: riti e contesti funebri", in M.A. Tomei (a cura di), *Roma. Memorie del sottosuolo. Ritrovamenti archeologici 1980/2006*. Catalogo della mostra. Roma, Olearie Papali (2 dicembre 2006 – 9 aprile 2007), Roma 2006, pp. 329-342
- BUCHSENSCHUTZ – MORDANT 2005 = O. Buchsensschutz, C. Mordant (a cura di), *Architectures protohistoriques en Europe occidentale du Néolithique final à l'âge du Fer*, Paris 2005
- BUKOWIECKI *et alii* 2008 = E. Bukowiecki, N. Monteix, C. Rousse, "Activités archéologiques de l'École française de Rome. Chronique, année 2008. Ostia antica. Entrepôts d'Ostie et de Portus. Les grandi horrea à Ostie", in *MEFRA*, 120, 2008, pp. 211-216
- BURGESS 1980 = C. Burgess, *The Age of Stonehenge*, London 1980
- BUTLER 1997 = J. Butler, *Dartmoor atlas of antiquities*, vol. 5, Exeter 1997
- CALDWELL 1967 = J. Caldwell, *Investigations at Tal-i-Iblis*, Springfield 1967
- CALZECCHI ONESTI – TAMBURINI 1981-82 = G. Calzecchi Onesti, P. Tamburini, "Il recinto fortificato di Circeii. Analisi, interpretazione e cronologia delle strutture superstiti", in *Annali della Facoltà di Lettere e Filosofia dell'Università di Perugia*, 19, n.s. V, 1981-82, pp. 21-59
- CAMBITOGLU 1981 = A.C. Cambitoglou, *Archaeological Museum of Andros. Guide to the Finds from the Excavations of the Geometric Town at Zagora*, Athens 1981
- CAPART 1930 = J. Capart, *Memphis à l'ombre des pyramides*, Bruxelles 1930
- CAPEDRI – GRANDI – VENTURELLI 1997 = S. Capedri, R. Grandi, G. Venturelli, "Manufatti di età romana in trachite conservati nei Musei civici di Reggio Emilia", in *Pagine di Archeologia*, 2, 1997, pp. 1-29
- CAPRINO 1998 = C. Caprino, *Plastico marmoreo di uno stadio nella Villa Adriana a Tivoli*, Roma 1998
- CARAFFA 1944 = G. Caraffa, "La cupola della sala decagona degli Horti Liciniani – Restauri 1942", Roma 1944
- CARANDINI – CARAFA 2000 = A. Carandini, P. Carafa (a cura di), *Palatium e Sacra via I. Prima delle mura, l'età delle mura e l'età delle case arcaiche*, in *BA* 31-33, 1995, Roma 2000
- CARETTONI 1956-58 = G. Carettoni, "Le gallerie ipogee del foro Romano e i ludi gladiatori forense", in *BCom* 76, 1956-58, pp. 23-44
- CARRINGTON 1933 = R.C. Carrington, "Notes on the building materials of Pompeii", in *JRS*, 23, 1933, pp. 125-39
- CASSANO 1992 = R. Cassano (a cura di), *Principi, Imperatori, Vescovi. Duemila anni di storia a Canosa*, Venezia 1992
- CASTAGNOLI 1984 = F. Castagnoli, "Il tempio romano. Questioni di terminologia e tipologia", in *PBSR*, 52, 1984, pp. 3-20
- CASTELLETTI – PESSINA 1998 = L. Castelletti, A. Pessina (a cura di), *Introduzione all'archeologia degli spazi domestici*, Atti del Seminario (Como, 4-5 novembre 1995), Como 1998
- CAUVIN 1978 = J. Cauvin, *Les premiers villages de Syrie-Palestine du IXème au VIIIème millenaire avant J. C.*, Lyon 1978
- CAVALIERI MANASSE 1987 = G. Cavalieri Manasse, "Verona", in Ezio Buchi e Giuliana Cavalieri Manasse (a cura di), *Il Veneto nell'età romana. II. Note di urbanistica e di archeologia del territorio*, Verona 1987, pp. 8-12

- CAVANAGH – LAXTON 1985 = W.G. Cavanagh, R.R. Laxton, “Vaulting in Mycenaean tholos tombs and Sardinian nuraghi”, in *Papers in Italian archaeology*, 4, 3. *Patterns in protohistory*. The Cambridge Conference (January 1984), Oxford 1985, pp. 413-433
- CAVANAGH – LAXTON 1990 = W.G. Cavanagh, R.R. Laxton, “Vaulted construction in French megalithic tombs”, in *OxfJA* 9, 1990, pp. 141-167
- CAVILLIER 2007 = G. Cavillier, “Ricerche sui Castra Praetoria. Riflessioni su di un modello di architettura militare di età imperiale attraverso la rilettura di alcuni elementi” in *XII Congressus internationalis epigraphiae Graecae et Latinae. Provinciae imperii Romani inscriptionibus descriptae* (Barcelona, 3-8 septembris 2002), Barcelona 2007, pp. 259-268
- CAVULLI 2008 = F. Cavulli, *Abitare il Neolitico. Le più antiche strutture antropiche del Neolitico in Italia settentrionale*, Suppl. 1, Preistoria Alpina, Trento 2008
- CAYEUX 1907 = L. Cayeux, “Fixité du niveau de la Méditerranée à l'époque historique (Delos, Crete)”, in *Annales de Géographie* 16, 1907, pp. 97-116, http://www.archive.org/stream/annalesdegograp07fragoo/g/annalesdegograp07fragooog_djvu.txt
- CERULLI IRELLI 1977 = G. Cerulli Irelli, “Officine di lucerne fittili a Pompei”, in *L'instrumentum domesticum di Ercolano e Pompei nella prima età imperiale*, Quaderni di cultura materiale 1, Roma 1977, pp. 53-72
- CESCHI 1939 = C. Ceschi, *Architettura dei templi megalitici di Malta*, Roma 1939
- CHARBONNEAUX – GOTTLÖB 1925 = J. Charbonneau, G. Gottlob, *La Tholos, Fouilles de Delphes II*, Parigi 1925
- CHIARAMONTE TRERÉ 1990 = C. Chiaramonte Treré, “Sull'origine e lo sviluppo dell'architettura residenziale di Pompei sannitica. Spunti di riflessione dagli scavi nella Regio VI, 5”, in *Acme*, 43, 1990, Nr.3, pp. 5-34
- CHIARUCCI – GIZZI 1985 = P. Chiarucci, T. Gizzi, *Area sacra di Satricum tra scavo e restituzione*, Catalogo della mostra (Museo Civico Albano 20 aprile - 2 giugno 1985), Roma 1985
- CHILDE 1931 = V.G. Childe, *Skara Brae. A Pictish Village in Orkney*, London 1931
- CHILDE 1950 = V. Gordon Childe, “Cave Men's Buildings”, in *Antiquity*, 24, 1950, pp. 4 - 11
- CHLOUVERAKI 2002 = S. Chlouveraki, “Exploitation of Gypsum in Minoan Crete”, in LAZZARINI 2002 c, pp. 25-34
- CHOISY 1873 = A. Choisy, *L'art de bâtir chez les Romains*, Paris 1873
- CIAFALONI 2006 = D. Ciafaloni, “Nota sulle tipologie architettoniche e murarie tarquiniesi. Ulteriori corrispondenze con il vicino oriente antico”, in *Tarquinia e le civiltà del Mediterraneo*. Atti del Convegno internazionale (Milano 22/06/2004) Milano 2006, pp. 145-161
- CIANCIO ROSSETTO = P. Ciancio Rossetto, “Tempio di Apollo: nuove indagini sulla fase repubblicana”, in *RendPontAc*, 70, 1997-1998, pp. 177-195
- CICCONE 2000 = S. Ciccone, “Tecnica e impiego della muratura poligonale nella genesi urbana di Formiae”, in *Formianum*. Atti del convegno di studi sui giacimenti culturali del Lazio meridionale, 5, (1997), Marina di Minturno 2000, pp. 61-80
- CIFANI 2008 = G. Cifani, *Architettura romana arcaica: edilizia e società tra monarchia e repubblica*, Roma 2008
- CIPOLLONI SAMPÒ 1988 = M. Cipolloni Sampò, “L'organizzazione degli spazi all'interno degli insediamenti: le variazioni funzionali da una prospettiva archeologica”, in *Origini*, 14, 1988, pp. 51-72
- CIPRIANO – MAZZOCCHIN 2007 = S. Cipriano, S. Mazzocchin, “Produzione e circolazione del laterizi nel Veneto tra I secolo a.C. e II secolo d.C. Autosufficienza e rapporti con l'area aquileiese”, in *Aquileia dalle origini alla costituzione del ducato longobardo. Territorio, economia, società*, Trieste 2007, pp. 633-686
- CIRIELLO 2010 = L. Ciriello, “Le terme romane di Minturnae: il c.d. tepidarium”, tesi di laurea in Rilievo e analisi dei monumenti antichi, Facoltà di Lettere e Filosofia, Seconda Università degli Studi di Napoli, a.a. 2008-09, Relatore prof. Marco Bianchini <http://www.rilievoarcheologico.it/home-articoli>
- CLARKE 2000 = D. Clarke, *Skara Brae*, Edinburgh 2000
- CLARKE – ENGELBACH 1930 = S. Clarke, R. Engelbach, *Ancient Egyptian Masonry. The Building Craft*, Oxford 1930
- CLEAL et alii 1995 = R.M.J. Cleal, K.E. Walker, R. Montague, et alii, *Stonehenge in its landscape. Twentieth century excavations*, English heritage, Archaeological reports, 10, 1995
- COLES 1979 = J. Coles, *Experimental Archaeology*, London 1979
- COLONNA 1960 = G. Colonna, s.v. “Eclano” in *EAA*, III, 1960
- COLONNA 1970 = G. Colonna, *Pyrgi Scavi del santuario etrusco (1959-1967)*, in *NSc*, Suppl. 2, 1970
- COLONNA 1986 = G. Colonna, “Urbanistica e architettura”, in G. Pugliese Carratelli (a cura di), *Rasenna. Storia e civiltà degli Etruschi*, Milano 1986, pp. 369-530

- COLONNA 1988 = G. Colonna, "I Latini e gli altri popoli del Lazio", in G. Pugliese Carratelli, *Italia, omnium terrarum alumna*, Milano 1988, pp. 409-528
- COMO 2010 = M. Como, *Statica delle costruzioni storiche in muratura*, Roma 2010
- COOPER 1996 = F.A. Cooper, *The Temple of Apollo Bassitas I, The Architecture*, Princeton 1996
- CORAGGIO 2007 = F. Coraggio, "La Masseria del Gigante" in *Studi cumani, 1. Cuma. Il foro. Scavi dell'Università di Napoli Federico II, 2000 - 2001*. Atti della Giornata di studi (Napoli 22 giugno 2002), Napoli 2007, pp. 235-260
- COULAROU *et alii* 2008 = J. Coularou, F. Jallet, A. Colomer, J. Balbure, *Boussargues, une enceinte chalcolithique des garrigues du sud de la France*. Toulouse 2008
- COULTON – CATLING 1993 = J.J. Coulton, H.W. Catling, *Lefkandi II, The Protogeometric Building at Toumba, 2. The Excavations, Architecture and Finds*, in *Annals of the British School at Athens*, Suppl. 23, London 1993
- COURBIN 1980 = P. Courbin, *L'Oikos des Naxiens*, in *Exploration Archéologique de Délos*, 33, 4, Athènes 1980
- COURBIN 1987 = P. Courbin, "Le temple archaïque de Délos", in *BCH*, CXI, 1987, pp. 63-78
- COURBY 1931 = F. Courby, *Les temples d'Apollon*, in *Exploration Archéologique de Délos*, XII, 1931
- COUTELAS 2009 = A. Coutelas (a cura di), *Le mortier de chaux*, Paris 2009
- COZZA 1952 = L. Cozza, "Roma (via Anagnina vocab. Centroni Grotte). Natatio nell'antica villa detta dei centroni", in *NSc*, serie VIII, 6, 1952, pp. 257-283
- COZZA 1982 = L. Cozza, *Tempio di Adriano*, Roma 1982
- COZZA – TUCCI 2006 = I. Cozza, P.L. Tucci, "Navalia", in *ArchCl*, 57, 2006, pp. 15-202
- COZZO 1971 = G. Cozzo, *Il Colosseo*, Roma 1971
- CREMA 1959 = L. Crema, *L'architettura romana*, Torino 1959
- CRISTOFANI 1990 = M. Cristofani, "Osservazioni sulle decorazioni fittili arcaiche del santuario di S. Omobono", in *Archeologia Laziale* 10, *QuadAEI*, 19, 1990, pp. 31-37
- CUOMO DI CAPRIO 1971-72 = N. Cuomo Di Caprio, "Proposta di classificazione delle fornaci per ceramica e laterizi nell'area italiana. Dalla preistoria a tutta l'epoca romana", in *Sibirium*, 11, 1971-72, pp. 371-464
- CURTIUS – ADLER 1892 = E. Curtius, F. Adler, *Olympia II, Die Baudenkmaler*, Berlin, 1892
- CUTERI 2009 = F.A. Cuteri, "Vasi acustici nelle chiese bizantine della Calabria" in *V Congresso nazionale di archeologia medievale*. Palazzo della Dogana, Salone del Tribunale (Foggia), Palazzo dei Celestini, Auditorium (Manfredonia) (30 settembre - 3 ottobre 2009), Borgo S. Lorenzo 2009, pp. 757-760
- DAKARIS 1970 = S.I. Dakaris, *The Antiquity of Epirus*, Atene s.d. (circa 1970)
- D'ALESSIO 2006 = A. D'Alessio, "Fundamenta Murosque Fornices. Diffusione e sviluppo degli impianti terrazzati e a sostruzione cava nell'edilizia pubblica romano-italica tra II e I secolo a.C.", Tesi di Dottorato, Roma – Università degli Studi «La Sapienza», 2006
- D'ALESSIO 2008 = A. D'Alessio, "Navalia, Navisalvia e la topografia di Cibele a Roma tra tarda repubblica e primo impero", in *ArchCl*, 59, 2008, pp. 377-393
- D'ALESSIO 2009 = A. D'Alessio, "Il rifacimento del santuario della Magna Mater a Roma alla fine del II secolo a.C. Impianto architettonico, cronologia e tecniche edilizie", in *Suburbium*, 2. *Il suburbio di Roma dalla fine dell'età monarchica alla nascita del sistema delle ville (V - II secolo a.C.)*, Roma 2009, pp. 227-240
- DARCQUE 2005 = P. Darcque, *L'habitat mycénien: formes et fonctions de l'espace bâti en Grèce continentale à la fin du IIe millénaire avant J.-C.*, in *BEFAR*, 319, Paris 2005
- DARCQUE – TREUIL 1990 = P. Darcque, R. Treuil (a cura di), *L'habitat égéen préhistorique*, in *BCH Supplement* 19, Paris 1990
- DARDE 2005 = D. Darde, *Nîmes antique*, Paris 2005
- DAUNE LE BRUN – LE BRUN 1996 = O. Daune-Le Brun, A. Le Brun, "Les maisons néolithiques de Khirokitia (Chypre). Hauteur et couverture. Essai de reconstitution", in *DossAParis*, 216, 1996, pp. 18-25
- DAUNE LE BRUN 2008 = O. Daune-Le Brun, "Un village néolithique pré-céramique, Khirokitia (Chypre). Intempéries et temps pourris", in *L'eau. Enjeux, usages et représentations*, Paris 2008, pp. 151-158
- DAVIES 2001 = W.V. Davies (a cura di), *Color and Painting in Ancient Egypt*, Londres 2001
- DE ANGELIS D'OSSAT 1938 = G. De Angelis D'Ossat, "La forma e la costruzione delle cupole nell'architettura romana", in *Atti del I Congresso di Storia dell'Architettura*, 1938, pp. 223-250.
- DE ANGELIS D'OSSAT 1940 = G. De Angelis D'Ossat, "Roma. Chiesa di S. Costanza", in *Palladio*, 1940, pp. 44-45

- DE ANGELIS D'OSSAT 1962 = G. De Angelis D'Ossat, *Problemi di architettura paleocristiana*, Studi Ravennati, vol. II, Ravenna 1962
- DE CASA *et alii* 1999 = G. De Casa, G. Lombardi, C. Meucci, R. Galloni, P. Vitali, *Il Tufo lionato dei monumenti romani: caratteri petrografici, geomeccanici, e trattamenti conservati*, in *Geologica Romana*, 35, 1999, pp. 1-25
- DE CHAZELLES GAZZAL 1997 = Cl.A. de Chazelles Gazzal, *Les maisons de terre de Gaule méridionale*, Montagnac 1997
- DE CONTENSON 1972 = H. de Contenson, "Tell Aswad. Fouilles de 1971", in *Annales Archéologiques Arabes Syriennes*, 22, 1972, pp. 75-84
- DE FRANCESCHINI 2005 = M. De Franceschini, *Ville dell'Agro Romano*, Roma 2005
- DE FRANCISCIS 1957 a = A. De Franciscis, "Reggio Calabria – Muro di cinta settentrionale", in *NSc*, 11, 1957, pp. 371-381
- DE FRANCISCIS 1957 b = A. De Franciscis, "Reggio Calabria – Tombe ellenistiche", in *NSc*, 11, 1957, pp. 381-396
- DE GASPERI – FERRARI – STEFFÈ = N. De Gasperi, A. Ferrari, G. Steffè, *L'insediamento neolitico di Fornace Gattelli a Lugo di Romagna*, Comune di Lugo 1996
- DEGRASSI 1969 = A. Degrassi, *Epigrafica IV*, in *MemLinc*, 14, serie 8, 1969, pp. 111-129
- DEICHMANN 1941 = F. W. Deichmann, *Untersuchungen an spätrömischen Rundbauten in Rom und Latium*, Berlin 1941
- DE LAINE 1985 = J. De Laine, "An Engineering Approach to Roman Building Techniques. The Baths of Caracalla in Rome", in *Papers in Italian Archaeology*, IV, part IV, BAR, Oxford 1985, pp. 195-206
- DE LAINE 2002 = J. De Laine, "Building activity in Ostia in the second century A.D.", in C. Bruun, A. Gallina Zevi (a cura di), *Ostia e Portus nelle loro relazioni con Roma* (Acta IRF 27), Roma 2002, pp. 41-102
- DELBRÜCK 1907-1912 = R. Delbrück, *Hellenistische Bauten in Latium*, 2 voll., Strasburgo 1907-1912
- DELLA CORTE 1922 = M. Della Corte, "Groma", in *MonAnt*, 28, 1922, pp. 5-100
- DEL MORO – UNGARO – VITTI = M.P. Del Moro, L. Ungaro, M. Vitti (a cura di), *I Mercati di Traiano restituiti. Studi e restauri 2005-2007*, Roma 2010
- DE MAGISTRIS 2000 = E. De Magistris, "Porta Rosa a Velia", in *Orizzonti*, 1, 2000 pp. 47-65
- DEMAKOPOULOS 2003 = I. Demakopoulos, "Makedonische Kammergräber, Geometrie und Bemessung", in *MDAI(A)*, 118, 2003, pp. 350-382
- DEMAKOPOULOU – DIVARI VALAKOU 1999 = K. Demakopoulou, N. Divari-Valakou, "The Fortifications of the Mycenaean Acropolis of Midea", in R. Laffineur (a cura di), *POLEMOS. Le contexte guerrier en Égée à l'Âge du Bronze (Aegaeum 19)* Liège-Austin 1999, pp. 205-215
- DE NUCCIO – UNGARO 2002 = M. De Nuccio, L. Ungaro, *I marmi colorati della Roma Imperiale*, Catalogo della mostra (Roma, Mercati di Traiano 28 settembre 2002-19 gennaio 2003), Venezia 2002
- DE PUTTER – KARLSHAUSEN 1992 = Th. de Putter, Ch. Karlshausen, *Les pierres utilisées dans la sculpture et l'architecture de l'Égypte pharaonique*, Bruxelles 1992
- DE ROSSI 1979 = G.M. De Rossi, "Bovillae" in *Forma Italiae*, I, XV, Roma 1979
- DE ROSSI 1993 = G.M. De Rossi, *Ventotene e S. Stefano*, Roma 1993
- DE SANTIS – MERLO – DE GROSSI MAZZORIN 1998 = A. De Santis, R. Merlo, J. De Grossi Mazzorin, *Fidene. Una casa dell'età del ferro*, Roma 1998
- DESARNAULDS 2002 = V. Desarnaulds, *De l'acoustique des églises en Suisse. Une approche pluridisciplinaire*, Lausanne 2002; http://biblion.epfl.ch/EPFL/theses/2002/2597/EPFL_TH2597_screen.pdf
- DES COURTILS 1998 = J. des Courtils, "L'appareil polygonal 'lesbien' et l'architecture eolique", in *Revue des Études Anciennes*, 100, 1998, 1-2, pp. 125-137
- DE VECCHI *et alii* 2000 = G. De Vecchi, L. Lazzarini, T. Lünel, A. Mignucci, D. Visonà, "The genesis and characterisation of 'Marmor Misium' from Kozak (Turkey), a granite used in antiquity", in *Journal of Cultural Heritage*, 1, 2000, pp.145-153
- DE WAELE 1981 = J.A.K.E. de Waele, "I templi della Mater Matuta a Satricum", in *MededRom*, 43, 1981, pp. 7-68
- DIEULAFOY 1884 = M. Dieulafoy, *L'art antique de la Perse: Achéménides, Parthes, Sassanides. 1ère partie. Monuments de la vallée du Polvar-Roud*, Paris 1884
- DIKAIOS 1953 = P. Dikaios, *Khirkitia, a neolithic settlement in Cyprus*, London – New York – Toronto 1953
- DI LERNIA – GALIBERTI = S. Di Lernia, A. Galiberti, *Archeologia mineraria della selce nella preistoria. Definizioni, potenzialità e prospettive della ricerca*, Firenze 1993

- DI MARCO 1996 = B. Di Marco, “*Studio di ricostruzione grafica del complesso culturale di Pietrabbondante*”, in *Bollettino dell'Istituto regionale per gli studi storici del Molise V. Cuoco*, 2, 1996, pp. 29-48
- DI MATTEO 2002 = F. Di Matteo, “*La villa dei Centroni*”, in *RendLinc*, 13, 2002, pp. 243-297
- DINSMOOR 1976 = W. B. Dinsmoor, “*The roof of the Hephaisteion*”, in *AJA*, 80, 1976, pp. 223-246
- DI STEFANO 1982 = C. A. Di Stefano, “*Scoperta di due antiche fornaci nel territorio di Partinico*”, in *Sicilia Archeologica*, 15, 49-50, 1982, pp. 31-36
- DI STEFANO 2000 = S. Di Stefano, “*Le fortificazioni sannitiche di Alfedena, Castel di Sangro e Roccacinquemiglia nell'alta valle del Sangro*” in L. Quilici, S. Quilici Gigli (a cura di), *Fortificazioni antiche in Italia. Età repubblicana*, ATTA 9, Roma 2000, pp. 135-154
- DOLCI 1980 = E. Dolci, *Carrara, cave antiche*, Carrara 1980
- DONBAZ – YOFFEE 1986 = V. Donbaz, N. Yoffee, *Old Babylonian Texts from Kish, Conserved in the Istanbul Archaeological Museums*, Malibu 1986
- DONGHI 1906 = D. Donghi, *Manuale dell'architetto*, Torino 1906
- DONTAS 1976 = G. Dontas, “*Denkmaler und Geschichte eines kerkyräischen Heiligtums*”, in *Neue Forschungen in griechischen Heiligtümern*, 1976, pp. 121-133
- DÖRPFELD 1892 = W. Dörpfeld, “*Der Zeustempel*”, in E. Curtius, F. Adler, *Olympia II: Die Baudenkmäler von Olympia*, Berlin 1892
- DÖRPFELD 1902 = W. Dörpfeld, *Troja und Ilion*, Athen 1902
- DREYER – SWELIM 1982 = G. Dreyer, N. Swelim, “*Die kleine Stufenpyramide von Abydos Süd (Sinki). Grabungsbericht*”, in *MDAI(K)*, 38, 1982, pp. 83-93
- DUNAND 1973 = M. Dunand, *Fouilles de Byblos. Tome V. L'architecture, les tombes, le matériel domestique, des origines néolithiques à l'avènement urbain*, Paris 1973
- DURAN CABELLO = R.M.Duran Cabello, “*Técnicas de edificación romana en Mérida (I)*”, in *Anas*, 4-5, 1991-92, pp. 45-80
- DURM 1905 = J. Durm, *Die Baukunst der Römer*, Stuttgart 1905
- DURM 1910 = J. Durm, *Die Baukunst der Griechen*, Darmstadt 1881, 3a ed. Leipzig 1910
- DWORAKOWSKA 1975 = A. Dworakowska, *Quarries in ancient Greece*, Wrocław 1975
- DWORAKOWSKA 1983 = A. Dworakowska, *Quarries in Roman Provinces*, Wrocław 1983
- DWORAKOWSKA 1992 = A. Dworakowska, “*The beginnings of stone quarrying on Crete. Some reflections*” in *Studia Aegaea et Balcanica in honorem Lodovicae Press.*, Warszawa 1992, pp. 53-58
- EBE 1895 = G. Ebe, *Kunstgeschichte des Altertums*, Düsseldorf 1895
- EDWARDS 1993 = I.E.S. Edwards, *The Pyramids of Egypt*, London 1993 (ed. rivisitata)
- EDWARDS N. 1990 = Nancy Edwards, *The archaeology of early medieval Ireland*, Batsford, London 1990
- EICHMANN 2007 = R. Eichmann, *Uruk. The architecture I. From the beginnings until the Early Dynastic Period*. Rahden 2007
- ELAYI 1980 = J. Elayi, “*Remarques sur un type de mur phénicien*”, in *Rivista di Studi Fenici*, VIII, 2, 1980, pp. 165-180
- EMERSON – VAN NICE 1943 = W. Emerson and R.L. Van Nice, “*Hagia Sophia, Istanbul: Preliminary Report of a Recent Examination of the Structure*”, in *AJA*, 47, 1943, 4, pp. 403-436
- EMERY 1949 = W. B. Emery, *Great Tombs of the First Dynasty I*, London 1949
- EMERY 1954 = W. B. Emery, *Great Tombs of the First Dynasty II*, London 1954
- EMERY 1958 = W. B. Emery, *Great Tombs of the First Dynasty III*, London 1958
- ENSOLI – LA ROCCA 2000 = S. Ensoli, E. La Rocca, *Aurea Roma. Dalla città pagana alla città cristiana*, Roma 2000
- ESCHEBACH 1979 = H. Eschebach *et alii*, *Die Stabianer Thermen in Pompeji*, Denkmäler Antiker Architektur 13, Berlin 1979
- ESCHEBACH 1991 = H. Eschebach, “*Die Forumsthermen in Pompeji. Regio VII, Insula 5*”, in *Antike Welt*, 22, 1991, 4, pp. 257-287
- EVANS 1921-36 = A. Evans, *The Palace of Minos at Knossos*, London 1921-36
- EVANS J.D. 1979 = J.D. Evans, *The Prehistoric Antiquities of the Maltese Island*, London 1979
- FABRE *et alii* 2005 = G. Fabre, J.L. Fiches, Ph. Leveau *et alii*, “*Aqueducs de la Gaule méditerranéenne*”, in *Gallia*, 62, 2005, pp. 1-170
- FAGAN 1994 = B. Fagan, “*Neolithic Newgrange*”, in *Archaeology*, 47, 1994, Nr.5, pp. 16-17

- FARINACCI – ELMI 1981 = A. Farinacci, S. Elmi, *Rosso ammonitico symposium* (Roma 16-21 giugno 1980), Roma 1981
- FASOLO – GULLINI 1956 = F. Fasolo, G. Gullini, *Il santuario della Fortuna Primigenia a Palestrina*, Roma 1956
- FATUCCHI 1968-69 = A. Fatucchi, “*I primi mille anni della vicenda urbanistica di Arezzo*”, in *AMAP*, 39, 1968-69, pp. 284-321
- FATUCCHI 1992 = A. Fatucchi, “*Acquisizioni topografiche per Arezzo etrusco-romana e medievale e il suo territorio*”, in *AMAP*, 54, 1992, pp. 249-296
- FAVA 2007 = G. Fava, *La chiesa dei SS. Rufo e Carponio a Capua*, tesi di laurea in Rilievo e analisi dei monumenti antichi, Facoltà di Lettere e Filosofia, Seconda Università degli Studi di Napoli, a.a. 2006-07, Relatore prof. Marco Bianchini, correlatore prof.ssa Silvana Episcopo.
http://www.rilievoarcheologico.it/home-articoli-li_000007.htm
- FENELLI – GUAITOLI 1990 = M. Fenelli, M. Guaitoli, *Nuovi dati sugli scavi di Lavinium*, in *QuadAEI* 19, 1990, pp. 182-193
- FERNÁNDEZ DÍAZ 1995 = A. Fernández Díaz, J.A. Antolinos Marín, “*Evolución de los sistemas de construcción en la Cartagena púnica y romana, 1. El opus Africanum*”, in *XXV Congreso nacional de arqueología. Actas* (València 1999) València 1999, pp. 249-257
- FERRERATO 1982 = P. Ferrerato, “*La cinta muraria*”, in M. Matteini Chiari (a cura di), *Saepinum. Museo documentario dell’Altilia*, Campobasso 1982, pp. 51-67
- FERRER PALMA 1997 = J. E. Ferrer Palma, *La necrópolis megalítica de Antequera. Proceso de recuperación arqueológica de un paisaje holocénico en los alrededores de Antequera, Málaga*, in *Baetica*, 19, 1997, Nr.1, pp. 351-370
- FIDENZONI 1970 = P. Fidenzoni, *Il teatro di Marcello*, Roma 1970
- FILIPPI 2004 = G. Filippi, “*La produzione laterizia bollata di età romana nella media valle dell’Aniene*”, in *Atti e memorie della Società tiburtina di storia e d’arte*, 77, 2004, pp. 275-308
- FILIPPI – STANCO 2005 = G. Filippi, E. Stanco, “*Epigrafia e toponomastica della produzione laterizia nella Valle del Tevere: l’Umbria e la Sabina tra Tuder e Crustumerium; l’Etruria tra Volsinii e Lucus Feroniae*”, in *BRUUN* 2005, pp. 121-200
- FINE LICHT 1968 = K. de Fine Licht, *The Rotunda in Rome. A study of Hadrian's Pantheon*, Copenhagen 1968
- FIORELLI 1873 = G. Fiorelli, *Gli scavi di Pompei dal 1861 al 1872. Relazione al Ministro della Istruzione Pubblica*, Napoli 1873
- FIORENTIN 2006 = N. Fiorentin (a cura di), *La pietra d’Istria a Venezia*, Atti del Seminario di Studio (Venezia 3 ottobre 2003), Venezia 2006
- FIORENTINO *et alii* 2003 = G. Fiorentino, M. La Torre, I.M. Muntoni, *et alii*, “*Dinamiche di crollo e ricostruzione dell’alzato di capanna. Approccio integrato all’analisi degli intonaci dell’insediamento nel neolitico antico di Balsignano (Modugno, Bari)*” in *Le comunità della preistoria italiana. Studi e ricerche sul neolitico e le età dei metalli*. Atti della XXXV Riunione scientifica (Lipari, 2 -7 giugno 2000). In memoria di Luigi Bernabò Brea, Firenze 2003, pp. 807-811
- FISCHER 1986 = P. M. Fischer, “*The Cyclopean Built Wall of the Mycenaean Citadel of Midea: A Survey Using Electronic Distance Measuring Equipment*”, in *JFA*, 13, 1986, pp. 499-503
- FODDAI 2007 = L. Foddai, “*Nuovi dati sull’architettura nuragica. I nuraghi a tholos con risega. Analisi strutturale e comparativa*” in *Corse et Sardaigne préhistoriques. Relations et échanges dans le contexte méditerranéen*, Paris 2007, pp. 335-348
- FONTANA 1995 = S. Fontana, “*Un impianto per la produzione di calce presso Lucus Feroniae*” in *Settlement and economy in Italy, 1500 B.C. - A.D. 1500*. Papers of the Fifth Conference of Italian Archaeology (Oxford 11 - 13 December, 1992), Oxford 1995, pp. 563-570
- FORBES 1955-64 = R.J. Forbes, *Studies in Ancient Technology*, voll. I-IX, Leiden 1955-64
- FORDE JOHNSTON 1976 = J. Forde-Johnston, *Hillforts of the Iron Age in England and Wales: a survey of the surface evidence*, Liverpool 1976
- FORNASERI *et alii* 1963 = M. Fornaseri, U. Ventriglia, E. A. Scherillo, *La regione Vulcanica dei Colli Albani*, Roma 1963
- FORTUNATI 1988 = F. R. Fortunati, “*Ipotesi ricostruttiva della decorazione del tempio di Velletri*”, in *Prospettiva*, 47, 1986 (1988), pp. 3-11
- FOTOU 1990 = V. Fotou, “*L’implantation des bâtiments en Crète à l’époque néopalatiale: aménagements du terrain et mode d’occupation du sol*”, in *DARCQUE – TREUIL* 1990, pp. 45-73
- FOX 1973 = A. Fox, *South West England - 3,500 BC – AD 600*, Newton Abbot 1973
- FRANCOVICH 1993 = R. Francovich (a cura di), *Archeologia delle attività estrattive e metallurgiche, V Ciclo di Lezioni sulla Ricerca Applicata in Archeologia*

- (Certosa di Pontigliano-Campiglia Marittima 1991), Firenze 1993
- FRANKFORT 1958 = H. Frankfort, *The Art and the Architecture of the Ancient Orient*, London 1958
- FRATINI *et alii* 2002 = F. Fratini, F. Manganelli, E. Pecchioni, S. Rescic, “Clay mineral associations in sandstone of Arezzo (Italy), a reliable tool for discrimination in architecture”, in LAZZARINI 2002 c, pp. 193-198
- FRAU 1987 = B. Frau, *Tecnologia greca e romana*, Roma 1987
- FRIERMAN 1971 = J.D. Frierman, “Lime burning at the Precursor of Fired Ceramics”, in *IEJ*, 21, 1971, pp. 212-216
- FRIGERIO 1933 = F. Frigerio, *Antichi strumenti tecnici*, Como 1933
- FROMMEL 1998 = S. Frommel, *Sebastiano Serlio architetto*, Milano 1998
- FRUTAZ 1960 = A.P. Frutaz, “Il complesso monumentale di Sant'Agnes e di Santa Costanza”, Città del Vaticano 1960
- FULFORD 1989 = M. Fulford, *The Silchester amphitheatre: excavations of 1979/85*, London 1989
- FURTWÄNGLER *et alii* 1906 = A. Furtwängler, E.R. Fiechter, H. Thiersch, *Aegina, das Heiligthum der Aphaia*, Munich 1906
- GABUCCI 2009 = A. Gabucci (a cura di), *Storia dell'architettura*, Roma 2009
- GAFFNEY – PATTERSON – ROBERTS 2001 = V. Gaffney, H. Patterson, P. Roberts, “Forum Novum – Vescovio: studying urbanism in the Tiber Valley”, in *JRA*, 14, 2001, pp. 59-79
- GAFFNEY – PATTERSON *et alii* 2004 = V. Gaffney, H. Patterson, S. Piro, D. Goodman, Y. Nishimura, “Multimethodological approach to study and characterize Forum Novum (Vescovio - Central Italy)”, in *Archaeological Prospection* 11, 2004, pp. 201-212
- GALDIERI 1913 = A. Galdieri, *Il tufo campano di Vico Equense*, Napoli 1913
- GALETTI 2006 = P. Galetti, “Tecnica e materiali da costruzione dell'edilizia residenziale” in *Le città italiane tra la tarda antichità e l'alto medioevo*. Atti del convegno (Ravenna, 26-28 febbraio 2004), Firenze 2006, pp. 67-79
- GALIBERTI 2005 = A. Galiberti, *Defensola. Una miniera di selce di 7000 anni fa*, Siena 2005
- GALIBERTI – SIVILLI – TARANTINI 2001 = A. Galiberti, S. Sivilli, M. Tarantini, “La miniera neolitica della Defensola (Vieste-Foggia): lo stato delle ricerche”, in *Origini*, 2001, 23, pp. 85-110
- GALLETTI – LAZZARINI – MAGGETTI 1992 = G. Galletti, L. Lazzarini, M. Maggetti, “A first characterization of the most important granites used in antiquity”, in WAELKENS – HERZ – MOENS 1992, pp. 167-77
- GARLAN 2001 = Y. Garlan, “Le timbrage des tuiles à Thasos”, in R. Frei-Stolba, K. Gex (a cura di), *Recherches récentes sur le monde hellénistique*, Actes du colloque international organisé à l'occasion du 60e anniversaire de Pierre Ducrey (Lausanne, 20-21 novembre 1998), 2001, pp. 191-198
- GARSTANG 1936 = J. Garstang, “Jericho: City and Necropolis. Report for sixth and concluding season 1936”, in *AnnLiv*, 23, 1936, pp. 67-100
- GASPERONI 2003 = T. Gasperoni, *Le fornaci dei Domitii. Ricerche topografiche a Mugnano in Teverina* (Daidalos 5), Viterbo 2003
- GASPERONI 2004 = T. Gasperoni, “Due antiche fornaci di laterizi presso l'iter privatum duorum Domitiorum (CIL, XI, 3042 e addit., p. 1321)”, in *Epigraphica*, LXVI, 2004, pp. 264-301
- GATTI 1934 = G. Gatti, “Saepta Iulia e Porticus Aemilia nella forma severiana”, in *BCom*, 62, 1934, pp. 135-144
- GEBHARD – HEMANS 1992 = E.R. Gebhard, F.P. Hemans, “University of Chicago Excavations at Isthmia, 1989:1”, in *Hesperia* 61, 1992, pp. 1-77
- GELATI 1899 = C. Gelati, *Nozioni pratiche ed artistiche di architettura*, Torino 1899
- GENNUSA 2003 = I. Gennusa, “Le cave di Entella. Tipologie e tecniche di coltivazione del gesso nell'antichità” in *Quarte giornate internazionali di studi sull'area elima* (Erice 1 - 4 dicembre 2000). Atti, Pisa 2003, pp. 685-692
- GENTILI 1952 = G.V. Gentili, “Nuovo esempio di 'theatron' con gradinata rettilinea a Siracusa”, in *Dioniso*, 15, 1952, pp. 122-130
- GIAVARINI 1998 = C. Giavarini (a cura di), *Il Palatino. Area sacra sud-ovest e Domus Tiberiana*, Roma 1998
- GIAVARINI 2005 = C. Giavarini (a cura di), *La Basilica di Massenzio. Il monumento, i materiali, le strutture, la stabilità*, Roma 2005
- GIAVARINI – SAMUELLI FERRETTI – SANTARELLI 2006 = C. Giavarini, A. Samuelli Ferretti, M.L. Santarelli, “Mechanical Characteristics of Roman 'Opus Caementicium'”, in S.K. Kourkoulis (a cura di), *Fracture and Failure of Natural Building Stones*, Springer 2006, pp. 107-120

- GINOUVÈS 1959 = R. Ginouvès, *L'établissement thermal de Gortys d'Arcadie*, Paris 1959
- GINOUVÈS 1972 = R. Ginouvès, *Le theatron à gradins droits et l'odéon d'Argos*, Paris 1972
- GIOT 1958 = P. R. Giot, "The Chambered Barrow of Barnenez in Finistère" in *Antiquity*, 32, 1958, pp. 149-153
- GISMONDI 1929 = I. Gismondi, "La sala del Planetario nelle Terme di Diocleziano", in *Architettura e arti decorative*, IX (maggio), 1929, pp. 385-394
- GIULIANI 1970 = C.F. Giuliani, *Tibur I, Forma Italiae*, I, 7, Roma 1970
- GIULIANI 1974 = C.F. Giuliani, "Il lato nord ovest della Piazza d'Oro", in *Quaderni dell'Istituto di Topografia Antica*, 8, 1974, pp. 3-53
- GIULIANI 1975 = C. F. Giuliani, "Volte e cupole a doppia calotta di età adrianea", in *MDAI(R)*, 82, 1975, pp. 329-342
- GIULIANI 1977 = C. F. Giuliani, "Domus Flavia, una nuova lettura", in *MDAI(R)*, 84, 1977, pp. 91-106
- GIULIANI 1982 a = C. F. Giuliani, "Architettura e tecnica edilizia", in I. Dondero, P. Pensabene (a cura di), *Roma repubblicana fra il 509 e il 270 a.C.*, Roma 1982, pp. 29-36
- GIULIANI 1982 b = C. F. Giuliani, "Note sull'architettura delle residenze imperiali dal I al III secolo d.C.", in *Aufstieg und Niedergang der römischen Welt*, 2, 12, 1, Berlin 1982, pp. 233-258
- GIULIANI 2001 = C.F. Giuliani, "Alcune osservazioni in margine all'Anfiteatro Campano", in *Beni culturali in Terra di Lavoro. Prospettive di ricerca e metodi di valorizzazione*. Atti del convegno (S. Maria Capua Vetere 9 - 10 dicembre 1998), Napoli 2001, pp. 33-40
- GIULIANI 2004 = C.F. Giuliani, *Tivoli. Il santuario di Ercole Vincitore*, Tivoli 2004
- GIULIANI 2006 = C.F. Giuliani, *L'edilizia nell'antichità*, Roma 2006 (ed. rivisitata)
- GIULIANI - SOMMELLA 1977 = C.F. Giuliani, P. Sommella, "Lavinium, Compendio dei documenti archeologici", in *Parola del Passato*, 23, 1977, pp. 356-72
- GIULIANI - VERDUCHI 1987 = C.F. Giuliani, P. Verduchi, *L'area centrale del Foro Romano*, Firenze 1987
- GIUSBERTI - GUERRESCHI - PERETTO 1983 = G. Giusberti, A. Guerreschi, C. Peretto, "Le strutture d'abitato dell'accampamento Paleolitico di Isernia La Pineta. Prime considerazioni", in *Isernia La Pineta. Un accampamento più antico di 700.000 anni*, Bologna 1983, pp. 95-103
- GJERSTAD 1953 = E. Gjerstad, *Early Rome I. Stratigraphical Researches in the Forum Romanum and along the Sacra Via*, Lund 1953
- GJERSTAD 1960 = E. Gjerstad, *Early Rome II. Fortifications, domestic Architecture, Sanctuaries, stratigraphic Excavations*, Lund 1960
- GLIOZZO 2005 = E. Gliozzo, "La diffusione dell'opus doliare 'urbano' nell'Etruria romana: rapporti tra produzione 'urbana' e 'municipale'", in *BRUUN* 2005, pp. 229 - 248
- GNOLI 1988 = R. Gnoli, *Marmora Romana*, Roma 1988 (II ed.)
- GOETHERT - SCHLEIF 1962 = F. W. Goethert, H. Schleif, *Athenatempel von Ilion*, Berlin 1962
- GOLDSWORTHY - MIN 2009 = H. Goldsworthy, Z. Min, "Mortar studies towards the replication of Roman concrete", in *Archaeometry*, 51, 2009, pp. 932-946
- GOLINART - MENU 2000 = S. Golinart, M. Menu (a cura di), *La couleur dans la peinture et l'émaillage de l'Égypte ancienne*. Actes de la table ronde (Ravello 20-22 marzo 1997), Bari 2000
- GOLVIN 1988 = J.C. Golvin, *L'Amphithéâtre romain*, Paris 1988
- GOMEZEL 1996 = C. Gomezel, *I laterizi bollati romani del Friuli-Venezia Giulia. Analisi, problemi e prospettive*, Portogruaro 1996
- GOTTI et alii 2008 = E. Gotti, J. P. Oleson, L. Bottalico, C. Brandon, R. Cucitore, R. L. Hohlfelder, "A Comparison of the Chemical and Engineering Characteristics of Ancient Roman Hydraulic Concrete with a Modern Reproduction of Vitruvian Hydraulic Concrete", in *Archaeometry*, 50(4), 2008, pp. 576-590
- GOURDIN - KINGERY 1975 = W.H. Gourdin, W.D. Kingery, "The Beginnings of the Pyrotechnology: Neolithic and Egyptian Lime Plaster", in *JFA*, 2, 1975, pp. 133-150
- GOYON et alii 1976 = J.C. Goyon, H. El-Achirie, B. Fonquernie, M. Nelson, R. Schumann-Antelme, F. Hassanein, G. Thorel, A. Sayed Youssef, "Le Ramesseum X. Les Annexes Nord-Ouest: I", Collection Scientifique 35 du Centre d'Etude et de Documentation sur l'Ancienne Egypte, Cairo 1976
- GOYON et alii 2004 = Jean-Claude Goyon, Jean-Claude Golvin, Claire Simon-Boidot et alii, *La construction pharaonique du moyen empire à l'époque gréco-romaine, contexte et principes technologiques*, Paris 2004

- GRAEVE – PREUSSER 1981 = V. von Graeve, F. Preusser, “Zur Technik griechischer Malerei auf Marmor”, in *JdI*, 96, 1981, pp. 120-156
- GRANDJEAN 1988 = Y. Grandjean, *Études Thasiennes, XII. Recherches sur l’habitat thasien à l’époque grecque*, Athènes-Paris 1988
- GRAS 1998 = M. Gras, “De l’appareil polygonal: commentaire depuis Naxos de Sicile”, in M.C. Lentini (a cura di), *Naxos a quarant’anni dall’inizio degli scavi*, Atti della tavola rotonda (Giardini Naxos, 26-27 ottobre 1995), Messina 1998, pp. 101-108
- GRAVINA – TOZZI 1993 = A. Gravina, C. Tozzi (a cura di), *13° Convegno nazionale sulla preistoria, protostoria, storia della Daunia* (San Severo, 22 - 24 novembre 1991). Atti, 2. Tavola rotonda “Strutture d’abitato e ambiente nel neolitico”, Foggia 1993
- GRECO 2000 = G. Greco, “Nuove prospettive di ricerca nello studio delle terracotte architettoniche magno greche di età tardo arcaica”, in F. Krinzinger (a cura di), *Die Ägäis und das Westliche Mittelmeer. Beziehungen und Wechselwirkungen 8. bis 5. Jhr. V. Chr.*, Atti del conv. Int. (Vienna 1999), Vienna 2000, pp. 231-243
- GROS 1987 = P. Gros, *Architettura e società nell’Italia romana*, Roma 1987
- GRUBEN 1957 = G. Gruben, “Die südhalle”, in *MDAI(A)*, 72, 1957, pp. 52-151
- GRUBEN 1963 = G. Gruben, “Das archaische Didymaion” in *JdI*, 78, 1963, pp. 78-182
- GRUBEN 1985 = G. Gruben, “Weitgespannte Marmordecken in der Griechischen Architektur”, in *Architectura*, 15, 1985, pp. 105-116
- GRUBEN 1993 = G. Gruben, “Die inselionische Ordnung”, in C. Moretti (a cura di), *Les grands ateliers d’architecture dans le monde Égéen du VIe siècle av. J.-C.* Actes du Colloque d’Istanbul (23-25 mai 1991), *Varia Anatolica*, 3, Paris 1993, pp. 97-109
- GRUBEN 1997 = G. Gruben, “Naxos und Delos, Studien zur archaischen Architektur der Kykladen”, in *JdI*, 112, 1997, pp. 261-416
- GRUBEN 2001 = G. Gruben, *Griechische Tempel und Heiligtümer*, Munich 2001, 5a ed.
- GRUNAUER 1971 = P. Grunauer, “Der Zeustempel in Olympia – Neue Aspekte”, in *Bonner Jahrbuch*, 171, 1971, pp. 114-131
- GUAITOLI 1984 = M. Guaitoli, “Urbanistica”, in *QuadAEI*, 8, 1984, (*Archeologia Laziale VI*), Roma 1984, pp. 364-381
- GUERRICCHIO et alii 2002 = A. Guerricchio, V. Biamonte, M. Guerricchio, R. Mastromattei, M. Ponte, “Strutture megalitiche e ciclopiche nei territori di Nardodipace e di Serra San Bruno (VV – Calabria Ionica)”, in Atti del convegno XXXVII Riunione scientifica: *Preistoria e protostoria della Calabria* (Scalea, 29/9 - 4/10, 2002), 2002
- GUIDOBALDI 1985 = F. Guidobaldi, “Pavimenti in opus sectile di Roma e dell’area romana. Proposte per una classificazione e criteri di datazione”, in P. Pensabene (a cura di), *Marmi antichi. Problemi d’impiego, di restauro e d’identificazione*, Roma 1985, pp. 171-233
- GUILAINE 1994 = J. Guilaine, “Trasano (comune de Matera). L’établissement néolithique”, in *MEFRA*, 106, 1994, pp. 480-484
- GUILAINE 1999 = J. Guilaine (a cura di), *Mégalithismes de l’Atlantique à l’Éthiopie*. Collection des Hespérides, Séminaire du collège de France, Paris 1999
- GUILAINE – CREMONESI 1992 = J. Guilaine, G. Cremonesi, *Trasano (Matera): site du néolithique et de l’âge du bronze*, in *MEFRA*, 104, 1992, pp. 518-523
- GULLI 2009 = D. Gulli, “I modellini di capanna a pianta circolare di Casteltermini”, in *La Sicilia in età arcaica. Dalle apoikiai al 480 a.C. Contributi dalle recenti indagini archeologiche*, Palermo 2009
- GULLINI 1974 = G. Gullini, *Sull’origine del fregio dorico*, in *Memorie dell’Accademia delle Scienze di Torino*, 4, 31, 1974
- GWOZDZ – THUESEN 1982 = R. Gwozdz, I. Thuesen, “Lime plaster in Neolithic Hama, Syria. A preliminary report”, in *Paléorient*, 8, 1982, nr. 2, p. 99-103
- HAMILTON 1956 = J.R.C. Hamilton, *Excavations at Jarlshof, Shetland*, Edinburgh 1956
- HAMMOND 1959 = P.C. Hammond, “The Nabataean bitumen industry at the Dead Sea” in *BibLa*, 22, 1959, pp. 40-48
- HANČAR 1961 = F. Hančar, “Die oberpaläolithische Mammutjägerstation Mezin”, in *MANthrWien*, 91, 1961, pp. 64-90
- HANSEN 1991 = E. Hansen, “Le temple de Leto au Letoon de Xanthos”, in *RA*, 1991, pp. 323-340
- HARDING 1984 = D.W. Harding, “The function and classification of brochs and duns”, in R. Miket, C. Burgess (a cura di), *Between and beyond the walls, Essays on the Prehistory and History of North Britain in Honour of George Jobey*, Edinburgh 1984, pp. 206-220
- HARDING 2000 = D. W. Harding, “The Hebridean Iron Age: Twenty Years’ Research”, University of Edinburgh, Department of Archaeology, Occasional Papers Series N° 20, 2000, www.arcl.ed.ac.uk/arch/publications/hebrides/

- HARPER 1992 = P.O. Harper *et alii*, *The Royal City of Susa. Ancient Near Eastern Treasures in the Louvre*, New York 1992
- HARRELL 2009 = J.A. Harrell, “The Bokari granodiorite quarry in Egypt's eastern desert” in *ASMOSIA* 7, 2009 pp. 175-186
- HARREL – BOWN 1995 = J.A. Harrell, T.M. Bown, “An Old Kingdom basalt quarry at Widan el-Faras and the quarry road to Lake Moeris”, in *JARCE*, 32, 1995, pp. 71-91
- HARRELL – BROWN – LAZZARINI = J.A. Harrell, V. Max Brown, L. Lazzarini, “Breccia Verde Antica: sources, petrology and ancient uses”, in *LAZZARINI* 2002 c, pp. 207-218
- HASELBERGER 1991 = L. Haselberger, “Aspekte der Bauzeichnungen von Didyma”, in *RA*, 1991, pp. 99-113
- HASELBERGER 1997 = L. Haselberger, “Architectural Likeness: Models and Plans of Architecture in Classical Antiquity”, in *JRA*, 10, 1997, pp. 77-94
- HASELBERGER 1999 = L. Haselberger, “Les plans de construction du temple d'Apollon à Didyme”, in *Dossier pour la science*, 25, ott. 1999, pp. 50-57
- HASSALL 1984 = M. Hassall, “The date of rebuilding of Hadrian's turf wall in stone”, in *Britannia*, 15, 1984, pp. 242-244
- HAYWARD 1999 = C.L. Hayward, “First results from a High Resolution Study of Ancient Construction-Stone Quarries of the Corinthia, Southern Greece”, in *SCHVOERER* 1999, pp. 91-100
- HEIN 1990 = H. Hein, “Der Aquädukt von Metz. Erklärungen zum Titelbild”, in *Frontinus-Symposium beim Kongress “Wasser Berlin”, Jahrestagung 1989 in Hannover und weitere Beiträge zur historischen Entwicklung der Technik*, Bonn 1990, pp. 7-13
- HELEN 1975 = T. Helen, *Organization of Roman Brick Production in the First and Second Centuries A.D.: An interpretation of Roman Brick Stamps (AIRF 9.1)*, Helsinki 1975
- HELLMANN 1999 = M. Ch. Hellmann, *Choix d'inscriptions architecturales grecque, traduites et commentées*, Lyon 1999
- HELLMANN 2000 = M. Ch. Hellmann, “Les déplacements des artisans de la construction en Grèce d'après les testimonia epigraphiques”, in *Artisanat*, 2000, pp. 265-280
- HELLMANN 2002 = M. Ch. Hellmann, *L'architecture grecque. 1. Les principes de la construction*, Paris 2002
- HELLMANN 2006 = M. Ch. Hellmann, *L'architecture grecque. 2. Architecture religieuse et funéraire*, Paris 2006
- HELLSTRÖM 1975 = P. Hellström, “Luni sul Mignone II:2; the zone of the large Iron Age building”, in *ActaRom – 4°*, 27:2:2, Stockholm 1975
- HEMANS 1989 = F.P. Hemans, “The Archaic Roof Tiles at Isthmia: A Re-examination”, in *Hesperia*, 58, 1989, pp. 251-266
- HEMANS 1994 = F.P. Hemans, “Greek Architectural Terracottas from the Sanctuary of Poseidon at Isthmia”, in N. Winter (a cura di), *Greek Architectural Terracottas*, in *Hesperia*, Supplement 27, 1994, pp. 61-83, tavv. 20-22
- HERRMANN – HERTZ – NEWTON 2002 = J.J. Herrmann, N. Hertz, R. Newton (a cura di), *ASMOSIA* 5, *Interdisciplinary Studies on Ancient Stone*, London 2002
- HERTZ 1993 = N. Hertz, “White marbles of the ancient Greeks and Romans: quarries, petrography, geochemistry and provenance determination”, in *FRANCOVICH* 1993, pp. 17-47
- HERTZ – WAELKENS 1988 = N. Hertz, M. Waelkens (a cura di), *Classical Marble: Geochemistry, Technology, Trade (NATO ASI serie)*, Dordrecht-London-Boston 1988
- HERZOG – SCHATZMANN 1932 = R. Herzog, P. Schatzmann, *Kos I. Asklepieion*, Berlin, 1932.
- HESBERG 1981-82 = H. von Hesberg, “Elemente der frühkaiserzeitlichen Aedikulaarchitektur”, in *JÖAI*, 53, 1981-82, pp. 67-82
- HEYMAN 1982 = J. Heyman, *The masonry arch. Ellis Horwood*, Chirchester 1982
- HIGGS – LEGGE – NOY 1973 = E.S. Higgs, A.J. Legge, T. Noy, “Recent excavations at Nahal Oren, Israel”, in *ProcPrehistSoc*, 39, 1973, pp. 75-99
- HILL 1984 = P.H. Hill, “A sense of proportion: a contribution to the study of double-ring round-houses”, in *Scottish Archaeological Review*, 3(2), 1984, pp. 80-86
- HODGE 1960 = A.T. Hodge, *The Woodwork of Greek Roofs*, Cambridge 1960
- HOEPFNER 1996 = W. Hoepfner, *L'architettura di Pergamo*, in AA.VV., *L'altare di Pergamo. Il fregio di Telefo*. Catalogo della mostra (Roma, Palazzo Ruspoli 1996). Roma 1996, pp. 42-73
- HOEPFNER – SCHWANDNER 1994 = W. Hoepfner, E.L. Schwandner, *Haus und Stadt im klassischen Griechenland*, Munich-Berlin 1994
- HOLLAND – DAVIS 1934 = L.B. Holland, P.H. Davis, “The Porch-Ceiling of the Temple of Apollo on Delos”, in *AJA*, 38, 1934, pp. 71-80

- HÖLSCHER 1941 = V. Hölscher, *The excavation of Medinet Habu. Vol. III. The mortuary temple of Ramses III, part I*, Chicago 1941
- HORN – MARSHALL – ROURKE 1990 = W. Horn, J.W. Marshall, G.D. Rourke, *The Forgotten Hermitage of Skellig Michael*, Berkeley 1990
- HUOT – ROUGELLE – SUIRE 1989 = J.L. Huot, A. Rougelle, S. Suire, “*La structure urbaine de Larsa. Une approche provisoire*”, in J.L. Huot, *Larsa. Travaux de 1985*, Paris 1989, pp. 19-52
- IAKOVIDIS 1990 = S. E. Iakovidis, “*Mycenaean Roofs: Form and Construction*”, in P. Darcque and R. Treuil (a cura di), *L'habitat égéen préhistorique (BCH, Supplement 19)*, Paris 1990, pp. 146-160
- IOPPOLO 1989 = G. Ioppolo, “*Il tempio arcaico*”, in *Roma* 1989, pp. 29-33
- ISLER 1979 = H.P. Isler, “*Grabungen auf dem Monte Iato 1978 und 1979*”, in *AntK*, 22, 1979, pp. 59-71
- JACKSON – MARRA 2006 = M. Jackson, F. Marra, “*Roman stone masonry: Volcanic foundations of the ancient city*”, in *AJA*, 110, 2006, pp. 403-446
- JACKSON *et alii* 2007 = M. Jackson, F. Marra, D. Deocampo, A. Vella, C. Kosso, R. Hay, *Geological observations of excavated sand (harenae fossiciae) used as fine aggregate in roman pozzolanic mortars*, in *JRA*, 20, 2007, pp. 25-52
- JELINEK 1975 = J. Jelinek, *The Pictorial Encyclopaedia of The Evolution of Man*, London – New York 1975
- JENSEN 1979 = W.M. Jensen, “*The sculptures from the tomb of the Haterii*”, (Diss. Ann Arbor 1978), Ann Arbor 1979
- JEQUIER 1924 = G. Jequier, *Les elements de l'architecture égyptienne. Manuel d'archéologie égyptienne*, Paris 1924
- JORDAN 1930 = J. Jordan, “*Der Innin Temple Karaindaschs*”, in *UVB*, 1, 1930, pp. 30-38
- KÄHLER 1958 = H. Kähler, “*Das Fortunaheiligtum von Palestrina-Praeneste*”, in *Annales Universitatis Saraviensis*, 7, 1958, pp. 189-240
- KASTNER 1996 = V. Kastner, “*La struttura architettonica dell'Altare di Pergamo e il Fregio di Telefo*”, in AA.VV., *L'altare di Pergamo. Il fregio di Telefo*. Catalogo della mostra (Roma, Palazzo Ruspoli 1996). Roma 1996, pp. 74-84
- KEMP 1986 = B.J. Kemp, “*Large Middle Kingdom granary buiding*”, in *ZÄS* 113, 1986, pp. 120-136
- KENYON 1956 = K. Kenyon, *Jericho and its setting in Near Eastern History*, in *Antiquity*, 30, 1956, p. 184-195
- KENYON 1957 = K. M. Kenyon, *Digging Up Jericho*, London 1957
- KENYON – HOLLAND 1981 = K. M. Kenyon, T. A. Holland (a cura di), *Excavations at Jericho III*, London 1981
- KIENAST 1991 = H. J. Kienast, “*Fundamentieren in schwierigem Gelände; Fallstudien aus dem Heraion von Samos*”, in A. Hoffmann, E.L. Schwandner, W. Hoepfner, G. Brands (a cura di), *Bautechnik der Antike, Diskussionen zur Archäologischen Bauforschung Nr. 5*, 1991, pp. 123-125
- KILBRIDE JONES 1973 = H.E. Kilbride-Jones, “*On some aspects of neolithic building techniques in Orkney*”, in *ActaPraehistA*, 4, 1973, pp. 75-96
- KYRIELEIS 1981 = H. Kyrieleis, *Führer durch das Heraion von Samos*, Athen 1981
- KIRKBRIDE 1966 = D. Kirkbride, “*Five seasons at the prepottery neolithic village of Beidha in Jordan*”, in *Palestine Exploration Quarterly*, 98, 1966, pp. 8-72
- KIRKBRIDE 1967 = D. Kirkbride, “*Beidha: an interim report*”, in *Palestine Exploration Quarterly*, 99, 1967, pp. 5-13
- KIRKBRIDE 1968 = D. Kirkbride, “*Beidha: an interim report*”, in *Palestine Exploration Quarterly*, 100, 1968, pp. 90-96
- KIRKBRIDE 1975 = D. Kirkbride, “*Umm Dabaghiyah 1975: a fourth preliminary report*”, in *Iraq*, 37, 1975, pp. 3-10
- KLEINER 1968 = G. Kleiner, *Die Ruinen von Milet*, Berlin 1968
- KLEMM – KLEMM 1990 = R. Klemm, D. Klemm, “*Roches et exploitation de la pierre dans l'Égypte ancienne*”, in WÄELKENS 1990, pp. 23-26
- KLEMM – KLEMM 1993 = R. Klemm, D. Klemm, *Steine und Steinbrüche im Altem Aegyptem*, Berlin 1993
- KLEMM – KLEMM 2008 = R. Klemm, D. Klemm, *Stones and Quarries in Ancient Egypt*, London 2008
- KLIMA 1963 = B. Klima, *Dolni Vestonice. Erforschung eine Lagenplatzes der Mammutjäger an der Jahren 1947-52*, Monum. Archaeol., 11, 1963
- KLIMA 1995 = B. Klima, *Dolní Vestonice II: Ein Mummutjägersrastplatz und seine Bestattungen. The Dolní Vestonice Studies 3*, in ERAUL, 73, 1995
- KLIMA – VETTERS 1953 = L. Klima, H. Veters, *Das Lageramphitheater von Carnuntum*, Wien 1953
- KOCKEL 1995 = V. Kockel, “*Bouleuteria. Architektonische Form und urbanistischer Kontext*”, in M. Wörrle, P. Zanker (a cura di), *Stadt und*

- Bürgerbild im Hellenismus*. Kolloquium (München, 24-26 Juni 1993). Beck, München 1995 (*Vestigia* 47), pp. 29-40
- KOCKEL 2005 = V. Kockel, "Altes und Neues vom Forum und vom Gebäude der Eumachia in Pompeji", in *Lebenswelten. Bilder und Räume in der römischen Kaiserzeit*. Symposium am 24 und 25 Januar 2002 zum Abschluss des von der Gerda Henkel Stiftung geförderten Forschungsprogramms "Stadtkultur in der Kaiserzeit", Wiesbaden 2005, pp. 51-72
- KOKKOROU ALEVRAS – POUPAKI – CHATZICONSTANTINOY 2009 = G. Kokkorou-Aletras, E. Poupaki, A. Chatziconstantinou, et alii, "Corpus of ancient Greek quarries" in *ASMOSIA* 7, 2009, pp. 709-718
- KOLB 1981 = F. Kolb, *Agora und Theater. Volks- und Festversammlung*, Berlin 1981
- KOLDEWEY 1914 = R. Koldewey, *The Excavations at Babylon*, London 1914
- KOLDEWEY 1931 = R. Koldewey, *Die Königsburgen von Babylon I. Teil: Die Südburg*, WVDG 54, 1931
- KOPPER – ROSSELLÓ BORDOY 1974 = J.S. Kopper, G. Rosselló Bordoy, "Megalithic quarrying techniques and limestone technology in eastern Spain", in *JFA*, 1, 1974, pp. 161-170
- KORRES 1994 = M. Korres, "The Architecture of the Parthenon" in P. Tournikiotis (a cura di), *The Parthenon and its Impact in Modern Times*, Atene 1994, pp. 54-97
- KORRES 1995 = M. Korres, *From Pentelicon to the Parthenon*, Athens 1995
- KORRES 1997 = M. Korres, "Die Athena-Tempel auf der Akropoli", in Wolfram Hoepfner (a cura di), *Kult und Kultbauten auf der Akropolis*. Internationales Symposium vom 7. bis 9. Juli 1995 in Berlin, Berlin 1997, pp. 218-43
- KORRES 1999 = M. Korres, "Refinements of refinements," in L. Haselberger (a cura di), *Appearance and Essence. Refinements of Classical Architecture: Curvature*. Williams Symposium on Classical Architecture (2nd, 1993, University of Pennsylvania), Philadelphia 1999, pp. 79-104
- KOSLEJ 1988 = J. Koslej, *Les carrières des époques romaine et byzantine*, (BAR International Series), Oxford 1988
- KOSTRZEWSKI 1969 = J. Kostrzewski, "Biskupin, une colonie du Ve siècle avant J.-C.", in *Archeologia Paris*, 28, 1969, pp. 13-19
- KOUKOULI CHRYSANTHAKI – MULLER – PAPADOPULOS 1999 = C. Koukouli-Chrysanthaki, A. Muller, S. Papadopulos (a cura di), *Thasos: Matières premières et technologie de la préhistoire à nos jours*. Actes du Colloque international (Thaso 1995), Athènes 1999
- KOUROUNIOTES – THOMPSON 1932 = K. Kourouniotes, H.A. Thompson, "The Pnyx in Athens", in *Hesperia*, 1, 1932, pp. 90-217
- KOZELJ – WURCH-KOZELJ 2002 = K.T. Kozelj, M. Wurch-Kozelj, "The Wood-work of the North-West Stoa of Thasos", in LAZZARINI 2002 c, pp. 47-50
- KRAUSE 2009 = C. Krause, "La Domus Tiberiana in età flavia", in *Divus Vespasianus. Il bimillenario dei Flavi*, Milano 2009, pp. 264-267
- KRISCHEN 1941 = F. Krischen, *Antike Rathäuser*, Berlin 1941
- KRUGLIKOVA 1977 = I. Kruglikova, *La Bactriane ancienne*, vol. 2, Mosca 1977
- KRUGLIKOVA et alii 1976 – I.T. Kruglikova, V.I. Sarianidi, et alii, *Drevnyaya Baktrija, Materialy Sovetsko-Afjanskoj ekspedicii 1969-1973*, I. Moscow 1976
- KUBBA 1987 = S. Kubba, *Mesopotamian architecture and town-planning from the Mesolithic to the end of the Proto-historic period, c. 10,000 - 3,500 B.C.*, BAR International Series, Oxford 1987
- KUBBA 1998 = S. Kubba, *Architecture and linear measurement during the Ubaid period in Mesopotamia*, Oxford 1998
- KUHNE – STEVERWALD 1980 = H. Kuhne, H. Steverwald, "Das Nordost-Tor von Tell Mumbaqa", in J. Margueron (a cura di), *Le Moyen Euphrate. Zone du contact et d'échange*, Leiden 1980, pp. 203-215
- KUIJT – FINLAYSON 2009 = I. Kuijt, B. Finlayson, "Evidence for food storage and predomestication granaries 11,000 years ago in the Jordan Valley", in *PNAS*, 106, n. 27, 2009, pp. 10966-10970
www.pnas.org/content/106/27/10966.full
- KUNZE – SCHLEIF 1944 = E. Kunze, H. Schleif, *Olympische Forschungen*, I, Berlin 1944
- KURZMANN 2006 = R. Kurzmann, *Roman military brick stamps. A comparison of methodology*, BAR International series, Oxford 2006
- LABROUSTE 1877 = H. Labrousse, *Temple de Paestum. Restauration des monuments antiques*, Paris 1877
- LACKENBACHER 1982 = S. Lackenbacher, *Le roi bâtisseur, les écrits de construction Assyriens dès origines à Teglatphasar III*, Paris 1982
- LAMBRAKI 1980 = A. Lambraki, "Le cipolin de la Karystie. Contribution à l'étude des marbres de la Grèce

- exploités aux époques romaine et paléochrétienne*”, in RA, 1980, pp. 31-62
- LAMBRINOUDAKIS – GRUBEN 1987 = V. Lambri-
noudakis, G. Gruben, “*Das Neuentdeckte Heiligtum von
Iria auf Naxos*”, in AA, 1987, pp. 569-621
- LAMPRECHT 1968 = H.O. Lamprecht, *Opus
caementicium*, Dusseldorf 1968
- LANCASTER 1998 a = L.C. Lancaster, “*Reconstructing
the restorations of the Colosseum after the fire of 217*”,
in JRA, 11, 1998, pp. 146-174
- LANCASTER 1998 b = L.C. Lancaster, “*Building
Trajan's Markets*”, in AJA, 102, nr. 2, apr. 1998, pp. 283-
308
- LANCASTER 2005 = L.C. Lancaster, *Concrete vaulted
construction in imperial Rome. Innovations in context*,
Cambridge 2005
- LANCASTER 2008 = L. Lancaster, “*Roman engineering
and construction*”, in *The Oxford handbook of
engineering and technology in the classical world*,
Oxford 2008, pp. 256-284
- LANCASTER 2009 = L.C. Lancaster, “*Early examples
of so-called pitched brick barrel vaulting in Roman
Greece and Asia Minor. A question of origin and
intention*”, in *Bautechnik im antiken und vorantiken
Kleinasien. Internationale Konferenz (Istanbul, 13 - 16
Juni 2007)*, Istanbul 2009, pp. 371-391
- LA REGINA 1989 = A. La Regina, “*I Sanniti*”, in
AA.VV., *Italia omnium terrarum parens*, Milano 1989,
pp. 301-434
- LA ROCCA 1996 = E. La Rocca, “*Le tegole del tempio
di Hera Lacinia ed il tempio della Fortuna Equestris: tra
spoliazione e restauri in età tardo-repubblicana*”, in
Roberto Spadea (a cura di), *Il tesoro di Hera. Scoperte
nel santuario di Hera Lacinia a Capo Colonna di
Crotone*, Milano 1996, pp. 89-98
- LA ROCCA – UNGARO – MENEHINI 1995 = E. La
Rocca, L. Ungaro, R. Meneghini (a cura di), *I luoghi del
consenso imperiale. Il Foro di Augusto e il Foro di
Traiano*, Roma 1995
- LA ROSA 1987 = V. La Rosa, “*Un nuovo insediamento
neolitico a Serra del Palco di Milena (CL)*”, Atti della
XXVI Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di
Preistoria e Protostoria (Firenze, Novembre 1985),
Firenze 1987, pp. 801-808
- LASFARGUES 1985 = J. Lasfargues, (a cura di),
*Architectures de terre et de bois. L'habitat privé des
provinces occidentales du monde romain. Antécédents et
prolongements. Protohistoire, moyen-âge et quelques
expériences contemporaines. Actes du 2e Congrès*
archéologique de Gaule méridionale (Lyon 2 - 6
novembre 1983), Paris 1985
- LASSURE 1977 = Ch. Lasure, “*Essai d'analyse
architecturale des édifices en pierre sèche*”, in
L'architecture rurale en pierre sèche, supplément No 1,
1977, pp. 1-60
- LASSURE 1983 = Ch. Lasure, “*La pierre et le bois dans
la technologie de construction des Fontbuxiens: essai de
restitution des superstructures de leurs édifices à plan bi-
absidial et à plan circulaire*” in *L'évolution des
techniques de la construction à sec dans l'habitat en
Languedoc du Néolithique à la période contemporaine*,
Journée d'étude de Viols-le-Fort (1982), in *L'Architecture
Vernaculaire Rurale*, suppl. 3, 1983, pp. 43-56
- LAUTER 1980-81 = H. Lauter, “*Porticus Metelli,
Porticus Octaviae. Die baulichen Reste*”, in BCom, 87,
1980-81, pp. 37-46
- LAUTER 1999 = H. Lauter, *L'architettura dell'elle-
nismo*, Milano 1999
- LAWRENCE 1957 = A. W. Lawrence: *Greek
Architecture*. (The Pelican History of Art), West Drayton:
Penguin Books, 1957 (4th & 5th ed. rev. R.A. Tomlinson
1983, 1996)
- LAZZARINI 1998 = L. Lazzarini, “*Sul 'Marmo misio',
uno dei graniti più usati anticamente*”, in PENSABENE
1998, pp. 111-118
- LAZZARINI 1999 = L. Lazzarini, “*Marmo Sciro e
Semesanto: 'Corsi e ricorsi' di uno dei marmi più diffusi
dell'antichità*”, in *Recupero e Conservazione*, Anno V,
Nr. 27 Aprile/Maggio 1999, pp. 64-69
- LAZZARINI 2002 a = L. Lazzarini, “*La determinazione
della provenienza delle pietre decorative usate dai
Romani*”, in DE NUCCIO – UNGARO 2002, pp. 223-265
- LAZZARINI 2002 b = L. Lazzarini, “*Marmor Taenarium
(Rosso Antico): fortuna e diffusione, cavatura e
lavorazione, caratterizzazione scientifica e provenienza
dei suoi manufatti*”, in M. Fano Santi (a cura di), *Studi in
onore di G. Traversari*, Roma 2002
- LAZZARINI 2002 c = L. Lazzarini (a cura di),
*Proceedings of Asmosia VI, Interdisciplinary studies on
Ancient Stones* (Venezia 2000), Padova 2002
- LAZZARINI 2002 d = L. Lazzarini, “*The origin and
characterization of breccia nuvolata, marmor Sagarium,
and marmor Triponticum*”, in HERMANN – HERTZ –
NEWTON 2002, pp. 58-67
- LAZZARINI 2003 = L. Lazzarini, “*La scoperta
dell'origine chiota della Breccia di Aleppo e di un Nero
Antico, con un primo loro studio petrografico*”, in A.
Giusti (a cura di), *Eternità e Nobiltà di Matera*.

- Itinerario artistico fra le pietre policrome*, Firenze 2003, pp. 139-168
- LAZZARINI 2004 = L. Lazzarini (a cura di), *Pietre e marmi antichi. Natura, caratterizzazione, origine, storia d'uso, diffusione, collezionismo*, Padova 2004
- LAZZARINI – VILLA – VISONÀ 2006 = L. Lazzarini, I. Villa, D. Visonà, “*Caratterizzazione e identificazione di alabastri usati in antico*”, in G.M. Crisci e C. Gattuso (a cura di), *Archeometria del costruito. L'edificato storico: materiali, strutture e rischio sismico*, atti del convegno nazionale di Archeometria (Ravello, 6-7 febbraio 2003), Bari 2006, pp. 273-281
- LECHEVALLIER 1978 = M. Lechevallier, *Abou Gosh et Beisamoun. Deux gisements du VII millénaire avant l'ère chrétienne en Israël*, Paris 1978
- LEFEBVRE 1997 = C. Lefebvre, “*L'aqueduc de Metz*”, in R. Bedon (a cura di), *Les aqueducs de la Gaule romaine et des régions voisines*, in *Caesardunum*, 21, 1997, pp. 405-439
- LÉGER 1875 = A. Léger, *Les travaux publics, les mines et la métallurgie aux temps des Romains*, Paris 1875
- LEHMANN 1969 = Ph.W. Lehmann, *The Hieron*, in *Samothrace, III, I*, Princeton 1969
- LEHMANN K. 1955 = K. Lehman, *Samothrace, A Guide to the Excavations and the Museum*, Thessalonika 1955
- LENZEN 1960 = H. J. Lenzen, “*The E-anna District after Excavations in the Winter of 1958-59*”, in *Sumer*, 16, pp. 3-11, 1960
- LEPIK KOPACZYNSKA 1951 = W. Lepik Kopaczynska, “*Le problème de l'encaustique*”, in *Archaeologia*, VIII, 1951, pp. 74-75
- LEPIK KOPACZYNSKA 1956 = W. Lepik-Kopaczynska, “*Z zagadnień antycznej enkaustyki. Le problème de l'encaustique dans l'antiquité*”, in *ArcheologiaWarsz*, 8, 1956, pp. 65-75
- LEROI-GOURHAN 1984 = A. Leroi-Gourhan, *Pincevent. Campement magdalénien de chasseurs de rennes*, Guides archéologiques de la France, 3, Paris 1984
- LEROI-GOURHAN – BRÉZILLON 1966 = A. Leroi-Gourhan, M. Brézillon, “*L'habitation magdalénienne n°1 de Pincevent près de Monterau (Seine-et-Marne)*”, in *Gallia Préhistoire*, 9, 2, pp. 263-385
- LEROI-GOURHAN – BRÉZILLON 1972 = A. Leroi-Gourhan, M. Brézillon (a cura di), “*Fouilles de Pincevent. Essai d'analyse ethnographique d'un habitat magdalénien (la section 36)*”, Paris, VII° supplément à *Gallia Préhistoire*, 1972
- LE ROUX – LECERF 2003 = Ch.T. Le Roux, Y. Lecerf, *Le grand cairn de Bamenez - Mausolée néolithique*, Monum, Ed. du Patrimoine, coll. «Itinéraires du patrimoine», 2003
- LIBERATORE 2004 = D. Liberatore, *Alba Fucens. Studi di storia e topografia*, Bari 2004
- LILIU 1962 = G. Liliu, *I nuraghi. Torri preistoriche di sardegna*, Verona 1962
- LIPPOLIS – LIVADIOTTI – ROCCO = E. Lippolis, M. Livadiotti, G. Rocco, *Architettura greca*, Milano 2007
- LIVADIOTTI 2005 = M. Livadiotti, “*Note preliminari sulle tecniche costruttive di Coo in età ellenistica e romana*” in B. Adembri (a cura di), *ΑΕΙΜΝΗΣΤΟΣ. Miscellanea di studi per Mauro Cristofani*, I, Firenze 2005, pp. 178-187
- LIVADIOTTI 2006 = M. Livadiotti, “*L'Asklepieion di Coo*”, in *Città di Pietra*, Catalogo della X Mostra Internazionale di Architettura, Venezia 2006, pp. 298-303
- LLOYD – MÜLLER 1980 = S. Lloyd, H. W. Müller, *Architettura delle origini*, Milano 1980
- LLOYD – MÜLLER – MARTIN 1972 = S. Lloyd, H.W. Müller, R. Martin, *Architettura mediterranea preromana*, Milano 1972
- LOADER 1998 = N. C. Loader, *Building in Cyclopean Masonry with Special Reference to the Mycenaean Fortifications on Mainland Greece*, Göteborg 1998
- LO CASCIO 2005 = E. Lo Cascio, “*La concentrazione delle figlinae nella proprietà imperiale (II-IV sec.)*”, in *BRUUN* 2005, pp. 95-102
- LOMBARDI – MEUCCI 2006 = G. Lombardi, C. Meucci, “*Il tufo giallo della Via Tiberina (Roma) utilizzato nei monumenti romani*”, in *RendLinc*, 17, n. 3, sett. 2006, pp. 263-287
- LONGWORTH – VARNDELL 1996 = I. Longworth, G. Varnhell, *Excavations at Grimes Graves, Norfolk 1972-1976*, Fascicule 5: *Mining in the deeper mines*, London 1996
- LÜBKE – SEMRAU 1908 = W. Lübke, M. Semrau, *Grundriß der Kunstgeschichte*. Paul Neff Verlag, Esslingen, 14, Auflage 1908.
- LUCCI 1964 = M.L. Lucci, “*Il porfido nell'antichità*” in *ArchCl*, 16, 1964, pp. 226-271
- LUGLI 1926 = G. Lugli, *Anxur-Tarracina, Forma Italiae, I, I, Ager Pomptinus, Pars I*, Roma 1926.
- LUGLI 1940 = G. Lugli, “*La Roccabruna di Villa Adriana*”, in *Palladio*, 4, 1940, pp. 257-274
- LUGLI 1957 = G. Lugli, *La tecnica edilizia romana con particolare riguardo a Roma e Lazio*, Roma 1957

- LUGLI – FILIBECK 1935 = G. Lugli, G. Filibeck, *Il Porto di Roma Imperiale e l'Agro Portuense*, Roma 1935
- LUMLEY 1969 = H. de Lumley, “*Une cabane de chasseurs acheuléens dans la grotte du Lazaret à Nice*”, in *Archeologia Paris*, 28, 1969, pp. 26-33
- LUMLEY – BOONE 1976 = H. de Lumley, Y. Boone, “*Les structures d'habitat au Paléolithique inférieur*”, in H. de Lumley (a cura di), *La Préhistoire Française*, vol. 1, Paris 1976, pp. 625-643
- MAC DONALD 1995 = W.L. Mac Donald, *Hadrian's Villa and Its Legacy*, Yale 1995
- MACKINTOSH TURFA – STEINMEYER 1996 = J. Mackintosh Turfa, A.G. Steinmayer, Jr., “*The comparative structure of Greek and Etruscan monumental Buildings*”, in *PBSR*, 54, 1996, pp. 1-39
- MAFFEI 1987 = A. Maffei, “*Caratteristiche insediative, modelli e strutture abitative*” in O. Toti et alii, *La 'civiltà protovillanoviana' dei Monti della Tolfa. Società ed economia tra XI e IX sec. a.C.*, Civitavecchia 1987, pp. 109-116
- MAGGI 1996 = S. Maggi, “*Opera a blocchetti semplice e mista nella Cisalpina e nelle Gallie del I sec. a.C. (e oltre): certezze e problemi*”, in *Latomus*, 55, 2, 1996, pp. 372-380.
- MAGI 1945 = F. Magi, *I rilievi Flavi del palazzo della Cancelleria*, Roma 1945
- MAIURI 1942 = A. Maiuri, *L'ultima fase edilizia di Pompei*, Roma 1942
- MAIURI 1958 = A. Maiuri, *Ercolano. I nuovi scavi*, Roma 1958
- MALLOWEN – CRUIKSHANK 1933 = M. Mallowen, R.J. Cruikshank, “*Excavation at tell Arpachiyah 1933*”, in *Iraq*, vol. II, part. I app., 1935, pp. 1-178
- MALLWITZ 1972 = A. Mallwitz, *Olympia und seine Bauten*, Munich 1972
- MANACORDA 2008 = D. Manacorda, “*Populonia e l'instrumentum inscriptum. I bolli laterizi*”, in *Instrumenta inscripta Latina*, 2. Akten des 2. Internationalen Kolloquiums (Klagenfurt, 5- 8 Mai 2005), Klagenfurt 2008, pp. 201-208
- MANCINI A. 2006 = A. Mancini, “*Aspetti geopaleontologici e paleoecologici nella formazione superiore del travertino di Tivoli Terme. Scavo delle Acque Albule s.p.a.*”, in *AnnNoment*, 7, 2006, pp. 20-32.
- MANCINI R. 2002 = R. Mancini, *Le Mura Aureliane di Roma. Atlante di un palinsesto murario*, Roma 2002
- MANCINI R. 2008 = R. Mancini, “*Il recupero dei materiali nella costruzione e nella riparazione delle Mura Aureliane di Roma*”, in *Il reimpiego in architettura. Recupero, trasformazione, uso*. Atti del convegno (Roma 8-10 novembre 2007), pp. 303-313
- MANZELLI 1995 = T. Mannoni (a cura di), *Ardesia: materia, cultura, futuro*, Genova 1995
- MANZELLI 2000 = V. Manzelli, “*Le mura di Ravenna repubblicana*”, in L. Quilici, S. Quilici Gigli (a cura di), *Fortificazioni antiche in Italia. Età repubblicana*, Roma 2000, *ATTA* 9, pp. 7-24
- MARGUERON 1976 = J. Margueron, “*'Maquettes' architecturales de Meskéné-Émar*”, in *Syria*, 53, 1976, pp. 193-232
- MARI 2003 = Z. Mari, “*Substructiones*” in *Subterranea domus. Ambienti residenziali e di servizio nell'edilizia privata romana*, Caselle di Sommacampagna 2003, pp. 65-112
- MARINATOS 1976 = S. Marinatos, *Excavations at Thera*, Athens 1976
- MARINI CALVANI 1980-2003 = M. Marini Calvani, *Storia di Piacenza, Piacenza 1980-2003*
- MARK – HUTCHINSON 1986 = R. Mark, P. Hutchinson, “*On the Structure of the Roman Pantheon*”, in *ArtB*, 68, 4, 1986, pp. 24-34
- MARSCHNER – WRIGHT 1978 = R.F. Marschner, H.T. Wright, “*Asphalts from Middle Eastern archaeological sites*”, in *Archaeological chemistry*, 2. Based on a Symposium at the 174th Meeting of the American Chemical Society (Chicago August 31 - September 1, 1977), Washington 1978, pp. 150-171
- MARTA 1985 = R. Marta, *Architettura romana*, Roma 1985
- MARTA 1986 = R. Marta, *Tecnica costruttiva romana*, Roma 1986
- MARTA 1989 = R. Marta, *Tecnica costruttiva a Roma nel medioevo*, Roma 1989
- MARTHA 1889 = J. Martha, *L'art étrusque*, Paris 1889
- MARTIN 1965 = R. Martin, *Manuel d'architecture grecque. I. Matériaux et techniques*, Paris 1965
- MARTIN 1970 = R. Martin, “*Le problème de l'appareil polygonal à Velia*”, in *Parola del Passato*, 25, 1970, pp. 93-107
- MARTINES 1998-99 = G. Martines, “*Macchine da cantiere per il sollevamento dei pesi, nell'antichità, nel medioevo, nei secoli XV e XVI*”, in *Annali di Architettura*, 10-11, 1998-99, pp. 261-275
- MARTINES 2009 = G. Martines, “*The structure of the dome*”, in *The Pantheon in Rome. Contributions to the conference* (Bern, November 9-12, 2006), Bern 2009, pp. 99-106

- <http://www.digitalpantheon.ch/Martines2009/Martines2009.pdf>
- MARZATICO 1989 = F. Marzatico, *Gli uomini delle acque : le palafitte di Fivavé*, Firenze 1989
- MARZATICO 1997 = F. Marzatico, “L’architettura del legno negli abitati palafitticoli del Trentino”, in BERNABÒ BREA – CARDARELLI – CREMASCHI 1997, pp. 263-271
- MAZAR *et alii* = B. Mazar, A. Biran, M. Dothan, I. Dunayevsky, “Ein Gev: Excavations in 1961”, in *IEJ*, 14, 1964, pp. 1-49
- MAZARAKIS AINIAN 1997 = A. Mazarakis Ainian, “From Rulers’ Dwellings to Temples. Architecture, Religion and Society in Early Iron Age Greece (1100-700 B.C.)”, in *Studies in Mediterranean Archaeology* CXXI, Jonsered 1997, pp. 147-154
- MAZARAKIS AINIAN 2001 = A. Mazarakis Ainian, “From Huts to Houses in Early Iron Age Greece”, in BRANDT – KARLSSON 2001, pp. 139-161
- MAZARAKIS AINIAN 2002 = A. Mazarakis Ainian, “Recent excavations at Oropos (northern Attica)”, in M. Stamatopoulou, M. Yeroulanou (a cura di), *Excavating Classical Culture: Recent Archaeological Discoveries in Greece*, Oxford 2002, pp. 149-178
- MAZZEO 2001 = A. Mazzeo, *La rinascita del teatro antico*, Roma 2001
- Mc CREDIE *et alii* 1992 = J.R. Mc Credie, G. Roux, M. Stuart, J. Kurtich, *The Rotunda of Arsinoe*, in *Samothrace*, LX, 7, Princeton 1992
- MC ENROE – DAVARAS – BETANCOURT 2001 = J.C. Mc Enroe, C. Davaras, P.P. Betancourt, *Pseira*, 5. *The architecture of Pseira*, Philadelphia 2001
- MEDRI 2001 = M. Medri, “La diffusione dell’opera reticolata: considerazioni a partire dal caso di Olimpia”, in J.Y. Marc, J.C. Moretti (a cura di), *Constructions publiques et programmes éditaires en Grèce entre le IIe siècle av. J.-C. et le Ier siècle ap. J.-C.* Actes du colloque (Athènes 14-17 mai 1995), Paris 2001, pp. 15-40
- MELIS 2005 = P. Melis, “Nuovi dati sull’architettura dei nuraghi a tholos”, in *La civiltà nuragica. Nuove acquisizioni*. Atti del Congresso (Senorbì, 14 - 16 dicembre 2000), Quartu Sant’Elena 2005, pp. 27-43
- MELLAART 1967 = J. Mellaart, *Çatal Hüyük, a neolithic town in Anatolia*, London 1967
- MELLAART 1970 = J. Mellaart, *Excavations at Hacilar*, Edinburgh 1970
- MENU – COLINART 1998 = M. Menu, S. Colinart (a cura di), *La couleur dans la peinture et l’émaillage de l’Égypte ancienne*, Scienze e materiali del patrimonio culturale, 4. Atti della tavola rotonda (Ravello, 20-22 marzo 1997), Bari 1998
- MERPert – MUNCHAEV – BADER 1976 = N.Y. Merpert, R.M. Munchaev, N.O. Bader, “The investigations of Soviet Expedition in Iraq 1973”, in *Sumer*, 32, n. 1-2, 1976, pp. 25-62
- MERTENS 1982 = D. Mertens, “Metaponto. Il teatro-ekklesiasterion”, in *BdA*, 16, 1982, pp. 1-57
- MERTENS 1993 = D. Mertens, *Der alte Heratempel in Paestum und die archaische Baukunst in Unteritalien*, Mainz am Rhein 1993
- MERTENS 2006 = D. Mertens, *Città e monumenti dei greci d’Occidente*, Roma 2006
- MERTENS J. 1969 = J. Mertens, “Alba Fucens, Rapports et études”, 1, 2. Bruxelles 1969
- MEZZOLANI 2008 a = A. Mezzolani, “Marchi di cava e contrassegni di assemblaggio nell’architettura punica. Lo stato della questione”, in *Marmora*, 4, 2008, pp. 9-17
- MEZZOLANI 2008 b = A. Mezzolani, “Nota sull’edilizia di età punica a Cartagine. I materiali litici da costruzione e le relative aree di approvvigionamento” in *L’Africa romana. Le ricchezze dell’Africa. Risorse, produzioni, scambi*. Atti del XVII Convegno di studio (Sevilla, 14-17 dicembre 2006), Roma 2008, pp. 171-182
- MIARI *et alii* 2009 = M. Miari, M. Bazzocchi, F. Bestetti, C. Caporali, M. Casadei, C. Mazzoni, C. Milantoni, “Il villaggio della fine del III millennio a.C. di Provezza (Cesena)”, in *IpoTESI di Preistoria*, vol. 2, 2009,1, pp. 9-36
<http://ipotesidipreistoria.cib.unibo.it/article/viewArticle/1596>
- MICATI 2001 = E. Micati, *Pietre d’Abruzzo. Guida alle capanne e ai complessi pastorali in pietra a secco*, Pescara 2001
- MILES 1989 = M.M. Miles, *A Reconstruction of the Temple of Nemesis at Rhamnous*, in *Hesperia*, 58-2, 1989, pp. 131-249
- MILLER 1992 = S.G. Miller, “The stadium at Nemea and the Nemean Games” in *Πρακτικά συμποσίου Ολυμπιακών Αγώνων*. Proceedings of an international symposium on the Olympic Games (Athens, 5 - 9 September 1988), Athens 1992, pp. 81-86
- MINGAZZINI 1954 = P. Mingazzini, “Velia”, in *Atti e Memorie Società Magna Grecia*, 1954, pp. 21-60
- MOCHEGANI CARPANO 1977 = C. Mochegiani Carpano, “Nuovi dati sulle fondazioni dell’Anfiteatro Flavio” in *Antiqua*, 2, 1977, Nr.7, pp.10-16
- MOLIST – CAUVIN 1991 = M. Molist, J. Cauvin, “Les niveaux inférieurs de Cafer Höyük (Malatya, Turquie):

- stratigraphie et architecture (fouilles 1984-86)*”, in *Cahiers de l’Euphrate*, 5-6, 1991, pp. 85-114
- MONACO 2000 = E. Monaco, “*Il Tempio di Venere e Roma. Appunti sulla fase del IV secolo*”, in ENSOLI – LA ROCCA 2000, pp. 58-60
- MONNA – PENSABENE 1977 = D. Monna, P. Pensabene, *Marmi dell’Asia Minore*, Roma 1977
- MOOREY 1994 = R. Moorey, *Ancient Mesopotamian Materials and Industries*, Oxford 1994
- MORANDI 1986 = M. Morandi, *Le case di terra nel territorio abruzzese: diffusione, tecniche di realizzazione, l’abitare*, Pescara, 1986
- MORAVETTI 1988 = A. Moravetti, “*Il nuraghe Santu Antine. L’architettura*”, in *Il nuraghe Santu Antine nel Logudoro Meilogu*, Sassari 1988
- MORENO 1963 = P. Moreno, “*Numerazione di elementi architettonici in un edificio arcaico di Posidonia*”, in *RendLinc*, 18, 1963, pp. 201-229
- MORETTI 1955 = M. Moretti, “*Necropoli della Banditaccia. Zona B ‘della Tegola Dipinta’*”, in *MonAnt* 42, 1955, pp. 1049-1136
- MORONI *et alii* 2002 = B. Moroni, G. Poli, M. Preite Martinez, B. Turi, “*Provenance determination of travertines from Umbria (Italy) preliminary results of a multimethod-analytical approach*”, in LAZZARINI 2002 c, pp. 453-460
- MULLER 1995 = B. Muller, “*Deux nouvelles maquettes architecturales en terre cuite du Moyen-Euphrate Syrien*”, in *Syria*, 72, 1995, pp. 357-380
- MÜLLER 1930 = K. Müller, *Tiryns III. Die Architektur der Burg und des Palastes*, Augsburg 1930
- MULLER – VAILLANCOURT 2001 = B. Muller, D. Vaillancourt (a cura di), *Maquettes architecturales de l’antiquité. Regards croisés. Proche-Orient, Egypte, Chypre, bassin Egéen et Grèce du néolithique à l’époque hellénistique*. Actes du colloque de Strasbourg (3 - 5 décembre 1998), Paris 2001
- MUROLO 1959 = M. Murolo, “*Il cosiddetto ‘Odeion’ di Pompei e il problema della sua copertura*”, in *Rendiconti Accademia, Archeologia, Lettere, Belle Arti di Napoli*, 34, 1959, pp. 89-101
- MUSS 1996 = U. Muss, *Das Artemision von Ephesos. Das Weltwunder Ioniens in archaischer und klassischer Zeit*, Mainz 1996
- MYLONAS 1957 = G.E. Mylonas, *Ancient Mycenae*, London 1957
- MYLONAS 1966 = G. E. Mylonas, *Mycenae and the Mycenaean Age*, Princeton 1966
- NASO 1996 = A. Naso, *Architetture dipinte. Decorazioni parietali non figurate nelle tombe a camera dell’Etruria meridionale (VII-V sec. a.C.)*, Roma 1996
- NAUMANN 1937 = R. Naumann, *Der Quellbezirk von Nîmes*, Berlin und Leipzig 1937
- NAUMANN 1971 = R. Naumann, *Arkitektur Kleinasiens*, Tübingen 1971
- NAUMANN – HILLER 1959 = R. Naumann, F. Hiller, “*Rusellae. Bericht über die Untersuchungen der Jahre 1957 und 1958*”, in *MDAI(R)*, 66, 1959, pp. 1-30
- NEPPI MODONA 1953 = A. Neppi Modona, *Pisae, Forma Italiae, VII, 1*, Roma 1953
- NEWALL 1956 = S.R. Newall, “*Stonehenge: a review*”, in *Antiquity*, 30, 1956, pp. 137-141
- NEWBERRY 1893-94 = P.E. Newberry, *Beni Hasan*, voll. 1-2, London 1893-1894
- NEWBERRY 1900 = P.E. Newberry, *The Life of Rekhmara, Vezîr of Upper Egypt under Thotmes III and Amenhotep II (Circa 1471-1448)*, London 1900
- NICHOLSON – SHAW 2000 = P.T. Nicholson, I. Shaw, *Ancient Egyptian materials and Technology*, Cambridge 2000
- NIELSEN – TUCK 2001 = E. Nielsen, A. Tuck. “*An Orientalizing Period Complex at Poggio Civitate*”, in *Etruscan Studies*, 8, 2001, pp. 35-63
- NIEMEIER 1991 = W.D. Niemeier, “*On the origin of the Mycenaean painted plaster floors*”, in *Atti e memorie del Secondo congresso internazionale di micenologia (Roma - Napoli 14-20 ottobre 1991)*, Roma 1996, pp. 1249-1253
- NIKOLAIEV 1967 = I.S. Nikolaev, “*La technique antique à la construction du Pont du Gard*”, in *SovArch* 1967, 2, pp. 38-54
- NOY 1977 = T. Noy, Article “*Nahal Oren*” in *Encyclopaedia of Archaeological Excavations in the Holy Land*, vol. III, 1977, pp. 898-907
- OATES 1973 = D. Oates, “*Early vaulting in Mesopotamia*” in D.E. Strong (a cura di), *Archaeological theory and practice (Mélanges Grimes)*, London 1973, pp. 183-191
- OATES 1990 = D. Oates, “*Innovations in Mud Brick: Decorative and Structural Techniques in Ancient Mesopotamia*”, in *World Archaeology*, 21/3, 1990, pp. 388-406
- OHR 1991 = K. Ohr, *Die Basilika in Pompeji*, Berlin-New York, 1991
- O’KELLY 1964 = M.J. O’Kelly, “*Newgrange, Co. Meath*”, in *Antiquity*, 38, 1964, pp. 288-291

- OLESON *et alii* 2004 = J. P. Oleson, C. Brandon, S. M. Cramer, R. Cucitore, E. Gotti, R. L. Hohlfelder, “*The ROMACONS Project: a Contribution to the Historical and Engineering Analysis of Hydraulic Concrete in Roman Maritime Structures*”, in *The Int. Jour. of Nautical Archaeology*, 33(2), 2004, pp. 199-229
- OLESON – BRANTON 1992 = J.P. Oleson, G. Branton, “*The technology of king Herod's harbour*” in *Caesarea papers. Straton's Tower, Herod's harbour, and Roman and Byzantine Caesarea*. Including the papers given at a symposium held at the University of Maryland (College Park) on 25-28 March 1988, Ann Arbor 1992, pp. 49-67
- OLIVIER 1983 = A. Olivier, “*Sommiers de plates-bandes appareillés et armées a Conimbriga et á la Villa d'Hadrien á Tívoli*”, in *MEFRA*, 95, 2, 1983, pp. 937-959
- ORLANDOS 1966 = A. Orlandos, *Les materiaux des construction et la technique architecturale des anciens Grecs*, Paris 1966
- ORLANDOS 1977 = A. Orlandos, *The Architecture of the Parthenon*, Athens 1977
- ORTOLANI 2004 = G. Ortolani, “*Ipotesi sulla struttura architettonica originaria del Mausoleo di Augusto*”, in *BCom* 105, 2004, pp. 197-222
- ÖSTENBERG 1967 = C.E. Östenberg, “*Luni sul Mignone e problemi della preistoria d'Italia*”, (*ActaRom* – 4°, 25), Lund 1967
- OVERBECK – MAU 1884 = J. Overbeck, A. Mau, *Pompeii in seinem Gebäuden, Altertumern und Kunstwerkern*, Leipzig. 1884
- PACKER 1997 = J. Packer. *Trajan's Forum: A Study of the Monuments*, Berkeley 1997
- PAILLET 2005 = J.L. Paillet, “*Réflexions sur la construction du Pont du Gard*”, in *Gallia*, 62, 2005, pp. 49-68
- PALÁGYI – CSIRKE – FUTÓ 2006 = S. Palágyi, O. Csirke, J. Futó *et alii*, “*Mining data from Roman sandstone quarries*”, in *ActaArchHung*, 57, 2006, pp. 395-422
- PALLARÉS 2004-07 = F. Pallarés, “*L'architettura della pietra a secco nella Ventimiglia romana*”, in *Quaderni dell'Istituto di storia dell'architettura*, 44-50, 2004-07, pp. 53-60
- PALOMBI 2000 = D. Palombi, “*Intorno alle mura di Cori*” in L. Quilici, S. Quilici Gigli, *Fortificazioni antiche in Italia. Età repubblicana*, ATTA 9, Roma 2000, pp. 91-102
- PALYVOU 1990 = C. Palyvou, “*Observations sur 85 fenêtres du Cycladique récent a Thera*”, in *DARCQUE – TREUIL* 1990, pp. 123-139
- PANIMOLLE 1982 = G. Panimolle, *Gli acquedotti di Roma Antica*, 2 voll., Roma 1982
- PANVINI 2009 = R. Panvini, “*L'emporio greco in località Bosco Littorio*”, in *La Sicilia in età arcaica. Dalle apoikiai al 480 a.C. Contributi dalle recenti indagini archeologiche*, Palermo 2009, pp. 179-181
- PAPACCIO 1993 = V. Papaccio, “*Il telaio ligneo (opus craticium) ercolanese. Considerazioni e ricerche sui requisiti antisismici*”, in *Ercolano 1738 - 1988. 250 anni di ricerca archeologica*. Atti del Convegno internazionale (Ravello, Ercolano, Napoli, Pompei, 30 ottobre - 5 novembre 1988), Roma 1993, pp. 609-616
- PAPAGEORGAKIS 1963 = J. Papageorgakis, “*Die antiken Marmorbrüche von Thessalien*”, in *Praktika tes Akademias Athena*, 38, 1963, pp. 563-572
- PAPAGEORGAKIS 1964 = J. Papageorgakis, “*Die antiken Bruechen des karystischen Marmors*”, in *Praktika tes Akademias Athena*, 39, 1964, pp. 262-84
- PAPAGEORGAKIS 1967 = J. Papageorgakis, “*Die in der Marmorindustrie nutzbaren Gesteine Griechen-lands*”, in *Annales Géologiques des Pays Elléniques*, 18, 1967, pp. 193-270
- PAPAGEORGAKIS *et alii* 1992 = J. Papageorgakis, N. Mourtzas, A. Orfanoudaki, “*Bronze Age Quarries on the Eastern Coastal Zone of Crete (Greece)*”, in *WAELEKENS – HERZ – MOENS* 1992, pp. 21-27
- PAPAYANNI – STEFANIDOU 2009 = I. Papayianni, M. Stefanidou, “*Study of the behaviour of serpentinite stones used for the construction of ancient Dioklitanoupoli in northern Greece*”, in *ASMOSIA* 7, pp. 745-752
- PAPI 1995 = E. Papi, “*I pavimenti delle domus della pendice settentrionale del Palatino*”, in *AISCOM* II, 1995, pp. 337-352
- PAPPALARDO 2007 = U. Pappalardo, *Teatri greci e romani*, Verona 2007
- PARIS 2000 = R. Paris (a cura di), *Via Appia. Villa dei Quintili*, Milano 2000
- PARKER PEARSON *et alii* 1996 = M. Parker Pearson, N. Sharples, J. Mulville, “*Brochs and Iron Age Society*”, in *Antiquity*, 70, 1996, pp. 57-68
- PEACOCK 1993 = D. Peacock, “*Mons Claudianus and the Problem of the 'Granito del Foro'*”, in *FRANCOVICH* 1993, pp. 49-69
- PEACOCK – MAXFIELD 2007 = D. Peacock, V. Maxfield, *The Roman Imperial quarries: survey and excavation at Mons Porphyrites 1994-1998. Volume 2: the excavations*, London 2007
- PEARSON 1975 = J. Pearson, *Il Colosseo*, Milano 1975

- PELLICCIONI 1986 = G. Pelliccioni, *Le cupole romane. 'La stabilità'*, Roa 1986
- PENSABENE 1994 = P. Pensabene, *Le vie del marmo. I blocchi di cava di Roma e di Ostia: Il fenomeno del Marmo nella Roma Antica*, Roma 1994
- PENSABENE 1998 = P. Pensabene (a cura di), *Marmi antichi II. Cave e tecnica di lavorazione, provenienza, distribuzione*, (StMisc 31), Roma 1998
- PENSABENE 1999 = P. Pensabene, "Le cave del Mons Claudianus: conduzione statale, appalti e distribuzione", in *JRA*, 12, 1999, pp. 721-736
- PENSABENE 2002 = P. Pensabene, "Le principali cave di marmo bianco", in DE NUCCIO – UNGARO 2002, pp. 203-221
- PENTA 1937 = F. Penta, *La pietra di Bellona*, Carrara 1937
- PERETTO 1991 = C. Peretto (a cura di), *Isernia La Pineta. Nuovi contributi scientifici*, Isernia 1991
- PERINI 2004 = R. Perini, "Indicazioni sulle tipologie strutturali nell'abitato lacustre di Fiavé-Carrera (Trentino occidentale, Italia NE)", in *Scritti di archeologia*, Trento 2004, pp. 957-974
- PERNIER 1920 = L. Pernier, "Arezzo. Ricerche per la scoperta delle antiche mura urbane nei terreni di 'Fonte Pozzolo' e 'Catona'", in *NSc*, 1920, pp. 167-215
- PERNIER – BANTI 1951 = L. Pernier, L. Banti, *Il Palazzo Minoico di Festòs*, Roma, 1951
- PERROT 1966 = J. Perrot, "Le gisement natoufien de Mallaha", in *L'Anthropologie*, 70, 1966, pp. 437-484
- PERROT 1967 = J. Perrot, "Munhata". In *Bible et Terre Sainte*, 13, giugno 1967, pp. 4-16
- PERROT – CHIPIEZ 1882 = G. Perrot, C. Chipiez, *Histoire de l'Art dans l'Antiquité, Tome 1, L'Égypte*, Paris 1882
- PERSSON 1931 = Cf. Persson, *The Royal Tombs at Dendra*, Lund 1931
- PERUCCHIO – BRUNE 2010 = R. Perucchio, Ph. Brune, "Il progetto strutturale della Grande Aula e la funzione degli archi di contrasto", in DEL MORO – UNGARO – VITTI 2010, pp. 115-130
- PESANDO 2008 = F. Pesando, "Case di età medio-sannitica nella Regio VI: tipologia edilizia e apparati decorativi", in P.G. Guzzo – M.P. Guidobaldi (a cura di), *Nuove ricerche archeologiche nell'area vesuviana (scavi 2003-2006)*, Atti del Convegno Internazionale (Roma 1-3 febbraio 2007), Roma 2008, pp. 159-172
- PESCE 1950 = G. Pesce, *Il Palazzo delle Colonne in Tolemaide di Cirenaica*, Roma 1950
- PESCHLOW-BINDOKAT 1990 = A. Peschlow-Bindokat, *Die Steinbrüche von Selinunt. Die Cave di Cusa und die Cave di Barone*, Mayence 1990
- PETROPULOS 2002 = M. Petropoulos, "The Geometric Temple of Ano Mazaraki (Rakita) in Achaia during the Period of Colonization", in Emanuele Greco (a cura di), *Gli Achei e l'identità etnica degli Achei d'Occidente*, (Tekmeria, 3) Paestum - Atene, 2002, pp. 143-164
- PEYRONY D. – PEYRONY E. 1932 = D. Peyrony, E. Peyrony, *Les gisements préhistoriques de Bourdeilles*, in *Archives de l'Institut de Paléontologie humaine, mémoire* 10, Paris 1932
- PICCARRETA 1990 = F. Piccarreta, "Alba Fucens. Le cave dei fondatori", in *BA*, 3, 1990, pp. 15-28
- PIDOPLITCHKO 1976 = I. Pidoplitchko, *Les habitats en os de mammoths de Mézirich*, Kiev 1976 (in russo)
- PIDOPLITCHKO 1998 = I. Pidoplichko, *Upper Palaeolithic dwellings of mammoth bones in the Ukraine: Kiev-Kirillovskii, Gontsy, Dobranichevka, Mezin and Mezhirich*, Oxford 1998
- PIERATTINI 2005 = A. Pierattini (a cura di), *L'Architettura di Marco Vitruvio Pollione tradotta e commentata dal Marchese Berardo Galiani*, Roma 2005
- PIERON 1908 = H. Pieron, "Un tombeau égyptien à coupole sur pendentifs", in *BIFAO*, 6, 1908, pp. 173-77
- PILLET 1936-37 = M. Pillet, "L'extraction de granite en Égypte à l'époque pharaonique", in *BIFAO*, 35, 1936-37, pp. 71-82
- PISANI SARTORIO 2001 = G. Pisani Sartorio, "Il circo di Massenzio. Funzionalità pubblica e privata di una struttura circense nel IV secolo" in *El circo en Hispania romana*, Mérida 2001, pp. 27-39
- PITTACCIO 2005 = S. Pittaccio, "Opera a telaio: precedenti microasiatici e discendenze italiche; ricerche levantine sulle murature armate con legname", in *Quaderni dell'Istituto di Storia dell'Architettura*, 42, 2003(2005), pp. 53-62
- POLACCO 1990 = L. Polacco, *Il teatro di Dioniso Eleutereo ad Atene*, Roma 1990.
- PONTI 1995 = G. Ponti, "Marmor Troadense - granite quarries in the troad. A preliminary survey", in *Studia Troica*, 5, 1995, pp. 291-320
- PORTA 1989 = G. Porta, *L'architettura egizia delle origini in legno e materiali leggeri*, Milano 1989
- POULSEN – VALLOIS 1914 = G. Poulsen, R. Vallois, *Exploration Archéologique de Délos II, complément. Nouvelles recherches sur la salle hypostyle*, Paris 1914
- PRADOS MARTINEZ 2003 = F. Prados Martínez, *Introducción al estudio de la arquitectura púnica*.

- Aspectos formativos. Técnicas constructivas, Madrid 2003
- PRADOS MARTINEZ 2007 = F. Prados Martínez, “La edilicia púnica y su reflejo en la arquitectura ibérica. Materiales, aparejos y técnicas constructivas”, in *Pallas*, 75, 2007, pp. 9-35
- PREACCO 2007 = M.C. Preacco, “Le città romane nel Piemonte a sud del Po. Spunti di riflessioni”, in L. Quilici, S. Quilici Gigli (a cura di), *Architettura pubblica e privata nell'Italia antica*, ATTA 16, Roma 2007, pp. 7-24
- PUCHSTEIN 1912 = O. Puchstein, *Boghasköi. Die Bauwerke*, Leipzig 1912
- QUILICI 1972 = L. Quilici, “Antichità della Campagna romana, 5. La tomba di Cecilia Metella”, in *BStorArt*, 15, 1972, pp. 34-40
- QUILICI 1995 = L. Quilici, “Interventi di incentivazione agraria in un fundus visto da Varrone lungo la via Salaria”, in L. Quilici, S. Quilici Gigli (a cura di), *Interventi di bonifica agraria nell'Italia Romana*, ATTA 4, 1995, pp. 157-181
- QUILICI 2003 = L. Quilici, “Il tempio di Apollo ad clivum Fundanum sulla Via Appia al valico di Itri”, in L. Quilici, S. Quilici Gigli (a cura di), *Santuari e luoghi di culto nell'Italia antica*, ATTA 12, Roma 2003
- QUILICI 2004 = L. Quilici, “Il Parco monumento naturale ‘Tempio di Giove Anxur’ e la via Appia Antica attraverso il territorio di Terracina”, in *Orizzonti*, 5, 2004, pp. 109-116
- QUILICI 2005 = L. Quilici, “A proposito del tempio di Giove Anxur a Terracina” in *Ocnus*, 13, 2005, pp. 271-282
- QUILICI – QUILICI GIGLI 1978 = L. Quilici, S. Quilici Gigli, *Antemnae*, Roma 1978
- QUILICI – QUILICI GIGLI 1987 = L. Quilici, S. Quilici Gigli, “L’abitato di monte Carbolino”, in *QuadAEl*, 14, 1987, pp. 259-277
- QUILICI – QUILICI GIGLI 2000 = L. Quilici, S. Quilici Gigli, “Sulle mura di Norba”, in L. Quilici, S. Quilici Gigli (a cura di), *Fortificazioni antiche in Italia. Età repubblicana*, ATTA 9, Roma 2000, pp. 181-244
- QUILICI – QUILICI GIGLI 2005 = L. Quilici, S. Quilici Gigli, “La cosiddetta acropoli del Circeo. Per una lettura del contesto topografico”, in L. Quilici, S. Quilici Gigli (a cura di), *Santuari e luoghi di culto nell'Italia antica*, ATTA 12, Roma 2005, pp. 91-146
- QUILICI – QUILICI GIGLI 2007 = L. Quilici, S. Quilici Gigli, “Ricerche di Topografia su Fondi”, in L. Quilici, S. Quilici Gigli (a cura di), *Architettura pubblica e privata nell'Italia antica*, ATTA 16, Roma 2007
- QUILICI GIGLI 1970 = S. Quilici Gigli, *Forma Italiae*, VII, 2, *Tuscana*, Roma 1970
- QUILICI GIGLI 1988 = S. Quilici Gigli, *Norba. Per la visita della città antica e del museo*, Norma 1998
- QUILICI GIGLI 1995 = S. Quilici Gigli, “Bonifica agraria e difesa dei territori montani. Alcuni interventi nella Bassa Sabina”, in L. Quilici, S. Quilici Gigli (a cura di), *Interventi di bonifica agraria nell'Italia Romana*, ATTA 4, 1995, pp. 129-156
- QUILICI GIGLI 2004 = S. Quilici Gigli, “A proposito dell’opera poligonale nell’Italia centro-tirrenica”, in *Orizzonti* 5, 2004, pp. 35-44
- RADINA 2002 a = F. Radina (a cura di), *La preistoria della Puglia. Paesaggi, uomini, tradizioni di ottomila anni fa*, Bari 2002
- RADINA 2002 b = F. Radina, “Le ricerche archeologiche nell’insediamento del Pulo di Molfetta”, in RADINA 2002 a, pp. 101-112
- RADINA 2002 c = F. Radina, “L’insediamento di Balsignano”, in RADINA 2002 a, pp. 143-158
- RADINA 2003 = F. Radina, “Le ricerche archeologiche”, in I.M. Muntoni, *Modellare l’argilla. Vasai del Neolitico antico e medio nelle Murge pugliesi*, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, Firenze 2003, pp. 81-96
- RADINA 2007 = F. Radina, “L’insediamento preistorico al Pulo di Molfetta”, in *Natura, archeologia e storia del Pulo di Molfetta*, Bari 2007, pp. 89-107
- RADINA – SARTI 2002 = F. Radina, L. Sarti, “Le strutture di abitato”, in M.A. Fugazzola Delpino, A. Pessina, V. Tiné (a cura di), *Le ceramiche impresse nel Neolitico antico. Italia e Mediterraneo*, Studi di Paleontologia, I, Roma 2002, pp. 183-208
- RAJEWSKI 1959 = Z. Rajewski, *Biskupin. Polish excavations*, Warsaw 1959
- RAKOB 1961 = F. Rakob, “Litus beatae Veneris aureum. Untersuchungen am ‘Venustempel’ in Baiae”, in *MDAI(R)*, 68, 1961, pp. 114-169
- RAKOB 1993 = F. Rakob (a cura di), *Simithus I. Die Steinbrüche und die antike Stadt*, Mainz 1993
- RAKOB – HEILMEYER 1973 = F. Rakob, W.D. Heilmeyer, *Der Rundtempel am Tiber in Rom*, Mainz 1973
- RALSTON 2006 = I. Ralston, *Celtic Fortifications*, Gloucestershire 2006
- RASCH 1963 = J.J. Rasch, “Zur Rekonstruktion der Andreasrotunde an Alt-St. Peter”, in *RömQSch*, 85, 1990, pp. 1-18

- REA – BESTE – LANCASTER 2002 = R. Rea, H.J. Beste, L.C. Lancaster, “*Il cantiere del Colosseo*”, in *MDAI(R)*, 109, 2002, pp. 341-374
- READE 1963 = J.E. Reade, “*A glazed brick panel from Nimrud*”, in *Iraq*, 25, 1963, pp. 38-47
- REBER 1998 = K. Reber, *Eretria X. Die klassischen und hellenistischen Wohnhäuser im Westquartier*, Lausanne 1998
- REDMAN 1978 = Ch. L. Redman, *The rise of civilization: from early farmers to urban society in the ancient Near East*, San Francisco 1978
- REID 1989 = M.L. Reid, “*A room with a view. An examination of roundhouses, with particular reference to Northern Britain*”, in *OxfJA*, 8, 1989, pp. 1-40
- REID 1993 = M.L. Reid, *Prehistoric Houses in Britain*, Princes Risborough 1993
- REHHOFF *et alii* 1990 = L. Rehhoff, P. Akkermans, E. Leonardsen, I. Thuesen, “*Plasters: Gypsum or Calcite? A preliminary case study of syrian plasters.*”, in *Paléorient*, 16, 2, 1990, pp. 79-87
- RENFREW – CANN 1964 = C. Renfrew, J.R. Cann, “*The characterization of obsidian and its application to the Mediterranean region*”, in *ProcPrehistSoc*, 30, 1964, pp. 111-133
- RENZULLI *et alii* 2002 = A. Renzulli, P. Santi, G. Serri, M. Luni, “*The Euganean trachite flagstones ('basoli') used by the Romans along the mid-Adriatic coast (Marche, Central Italy): an archaeometric study*”, *Periodico di Mineralogia*, 71, V, spec. Archaeometry and Cultural Heritage, pp. 189-201
- RESCIGNO 1998 = C. Rescigno, *Tetti Campani. Età arcaica. Cuma, Pithecusa e gli altri contesti*, Roma 1998
- REUSCH 1971 = W. Reusch, “*Die Trierer Kaiserthermen*”, in *AA*, 1971, pp. 618-631
- REUTHER 1938 = O. Reuther, “*Sāsānian Architecture. A History*”, in A.U. Pope (a cura di), *A Survey of Persian Art from Prehistoric Times to the Present*, London-New York, v. 1, 1938, pp. 493-578
- REUTHER 1957 = O. Reuther, *Der Heratempel von Samos. Der Bau seit der Zeit des Polykrates*, Berlin 1957
- RICHARDSON 1977 = L. Richardson, “*The Libraries of Pompeii*”, in *Archaeology*, 30, 1977, pp. 400-402
- RIGONI 1987 = M. Rigoni, “*Vicenza*”, in Ezio Buchi e Giuliana Cavalieri Manasse (a cura di), *Il Veneto nell'età romana. II. Note di urbanistica e di archeologia del territorio*, Verona 1987, pp. 110-111
- RINDEL 2001 = O. Rindel, “*Building Typology as a means of describing the development of early Village Communities in the 5th-3rd centuries B.C. at Grøntoft, Western Jutland, Denmark*”, in BRANDT – KARLSSON 2001, pp. 73-87
- RIVOIRA 1921 = G.T. Rivoira, *Architettura romana. Costruzione e statica nell'età imperiale*, Milano 1921
- ROBINSON D.M. 1946 = D. M. Robinson, *Excavations at Olynthus. Part XII. Domestic and Public Architecture*, Baltimore 1946
- ROBINSON H.S. 1984 = H.S. Robinson, “*Roof Tiles of the Early Seventh Century BC*”, in *MDAI(A)*, 99, 1984, pp. 52-62
- ROCCO 1994 = G. Rocco, *Guida alla lettura degli ordini architettonici. I. Il dorico*, Napoli 1994
- ROCCO 2003 = G. Rocco, *Guida alla lettura degli ordini architettonici. II. Lo ionico*, Napoli 2003
- RÖDER 1971 = J. Röder, “*Marmor Phrygium: Die antiken Marmorbrüche von Iscehisar in Westanatolien*”, in *Jdl*, 86, 1971, pp. 253-312
- ROMANELLI P. 1951 = P. Romanelli, “*Gli strati paleo repubblicani*”, *MonAnt*, 41, 1951, pp. 101-124
- ROMANELLI P. 1963 = P. Romanelli, “*Lo scavo al tempio della Magna Mater sul Palatino e nelle sue adiacenze*”, *MonAnt*, 46, 1963, pp. 201-330
- ROMANELLI R. 1986 = R. Romanelli, *Necropoli dell'Etruria rupestre*, Viterbo 1986
- ROMEO – DE BIASIO 2004 = P. Romeo, M. De Biasio, “*Le cave di porfido imperiale del complesso del Gebel Dukhan (Porphyrites mons)*”, in *AnnNoment*, 5, 2004, pp. 101-122
- ROMIZZI 2008 = L. Romizzi, “*Pavimenti sannitici in acciottolato da Pompei, a partire da un disegno degli scavi del Macellum*”, in Atti del XIII Colloquio AISCOM (Canosa di Puglia, 21-24 febbraio 2007), Tivoli 2008, pp. 269-275
- RONDELET 1814 = J.B. Rondelet, *Traité theorique et pratique de l'Art de Bâtir*, Paris 1814
- ROSSIGNANI – SACCHI 2007 = M.P. Rossignani, F. Sacchi, “*La stoà-basilica dell'Agorà settentrionale (Regio I)*”, in F. D'andria, M.P. Caggia (a cura di), *Hierapolis di Frigia I. Le attività delle campagne di scavo e restauro 2000-2003*, MAIER-Missione Archeologica Italiana a Hierapolis-Ege Yayinlari, Istanbul, 2007, pp. 359-412
- ROUX 1952 = G. Roux, “*Le toit de la Tholos de Marmaria et la couverture des monuments circulaires grecs*”, in *BCH*, 76, 1952, pp. 442-483
- ROUX 1987 = G. Roux, *Fouilles de Delphes. 2, Topographie et architecture. La terrasse d'Attale I*, Paris 1987

- RUIZ 2009 = B. Ruiz (a cura di), *Dólmenes de Antequera. Tutela y valorización hoy*, Sevilla 2009
- RUSSO 1996 = E. Russo, “*Sulla cupola in tubi fittili della Chiesa di San Vitale di Ravenna*”, in *RAC*, 72, 1996, pp. 285-329
- SABATINI 1997 = S. Sabatini, *House urns. A European late bronze age trans-cultural phenomenon*, Göteborg 2007
- SAMUELLI FERRETTI 1997 = A. Samuelli Ferretti, “*Proposte per lo studio teorico-sperimentale della statica dei monumenti in opus caementicium*”, in *Materiali e Strutture*, 7, 2-3, 1997, pp. 63-84
- SAPPA *et alii* 1995 = G. Sappa, G. Giglio, G. De Casa, “*Mechanical Characteristics of Some Volcanic Tuffs Used in the Building of Ancient Rome*”, in *Material Research Symposium Proceedings*, vol. 352, 1995, pp. 733-43
- SASSATELLI – GOVI 2005 = G. Sassatelli, E. Govi, “*Il tempio di Tina in area urbana*”, in G. Sassatelli, E. Govi (a cura di), *Culti, forma urbana e artigianato a Marzabotto. Nuova prospettiva di ricerca* (atti del convegno di studi, Bologna 2003), Bologna 2005, pp. 9-62
- SAUVAGE 1998 = M. Sauvage, *La brique et sa mise en oeuvre en Mésopotamie des origines à l'époque achéménide*, Paris 1998
- SCACCHI 1881 = A. Scacchi, *Notizie preliminari intorno ai proietti vulcanici del tufo di Nocera e di Samo*, nota di A. Scacchi, (s.l.) 1881
- SCETTI 1996 = E. Scetti, “*La tecnica costruttiva della piattabanda armata in Villa Adriana e nel mondo romano*”, in *Palladio*, 17 (gen-giu 1996), pp. 5-16
- SCHILARDI – KATSONOPOULOU 2000 = D. Schilardi, D. Katsonopoulou (a cura di), *Paria Lithos: Parian quarries, marble and workshops of sculpture*, Athens 2000
- SCHILD – SULGOSTOWSKA 1997 = R. Schild, Z. Sulgostowska (a cura di), *Man and flint, Proceedings of the VIIth International Flint Symposium*, Warszawa 1997, in *APol*, 33, 1997, pp. 11-259
- SCHMIDT 1953 = E.F. Schmidt, *Persepolis I*, Chicago 1953
- SCHNEIDER 1996 = P. Schneider, “*Neue Funde vom archaischen Apollontempel in Didyma*”, in E.L. Schwandner (a cura di), *Säule und Gebälk. Zu Struktur und Wandlungsprozess griechisch-römischer-Architektur*, (Bauforschungskolloquium im Berlin vom 16. bis 18. juni 1994), Mainz 1996, pp. 16-24
- SCHVOERER 1999 = M. Schvoerer (a cura di), *Asmosia IV. Actes de la IV^e Conférence Internationale* (France, Bordeaux-Talence, 9-13 octobre 1995), Bordeaux 1999
- SCHWALLER DE LUBICZ 1957 = R.A. Schwaller de Lubicz, *Le Temple de l'homme. Apet du Sud à Louqsor*, Paris 1957
- SCHWANDNER 1985 = E.L. Schwandner, *Der ältere Porostempel der Aphaia auf Aegina*. (Denkmaler antiker Architektur, 16), Berlin 1985
- SCHWANDNER 1991 = E.L. Schwandner, “*Der Schnitt im Stein. Beobachtungen zum Gebrauch der Steinsäge in der Antike*”, in A. Hoffmann, E.L. Schwandner, W. Hoepfner, G. Brands, *Bautechnik der Antike*. Internationales Kolloquium in Berlin vom 15-17 Februar 1990, Mainz Am Rheim 1991, pp. 216-223
- SCIOTTI 1968 = M. Sciotti, *La pietra di Trani*, Roma 1968
- SCONFIENZA 2003 = R. Sconfienza, “*L'arte dell'assedio e della difesa nella Grecia antica. Teorie fonti e fortificazioni fra VI e III sec. a.C.*”, in *Armi Antiche. Bollettino dell'Accademia di San Marignano - Torino*, 1999 (2003), pp. 75-105, <http://www.archeofortificazioni.org/Arteassedio.htm>
- SCOUFOPOULOS 1971 = N. C. Scoufopoulos, *Mycenaean Citadels*, Göteborg 1971
- SCURATI MANZONI 1997 = P. Scurati Manzoni, “*La volta in tubi fittili di Pompei*”, in *Palladio*, 20, 1997, pp. 9-18
- SEAR 2004 = F. Sear, “*The Roman Theatre at Gubbio*”, in *MedA*, 17, 2004, pp. 213-222
- SEARS 1904 = J.M. Sears Jr., “*Oaniadae VI. The Ship-sheds*”, in *AJA*, 8, 1904, pp. 227-237
- SERLORENZI – LAURENTI 2002 = M. Serlorenzi, S. Laurenti, *Terme di Diocleziano. Santa Maria degli Angeli*, Roma 2002
- SETTIS – LA REGINA – AGOSTI – FARINELLA 1988 = S. Settis, A. La Regina, G. Agosti, V. Farinella, *La Colonna Traiana*, Torino 1988
- SHAFER *et alii* 1997 = B. Shafer, D. Arnold, G. Haeny, L. Bell, R.B. Finnestad, *Temples of Ancient Egypt*, New York 1997
- SHAFFER 1993 = G.D. Shaffer, “*An Archaeomagnetic Study of a Wattle and Daub Building Collapse*”, in *JFA*, 20, 1, 1993, pp. 59-75
- SHATTNER 1990 a = Th. Shattner, *Griechische Hausmodelle: Untersuchungen zur frühgriechischen Architektur*, in *MDAI(A)*, 15, Berlin 1990
- SHATTNER 1990 b = Th. Schattner, “*Zur Entstehung des Dreieckgiebels*” in *Akten des XIII Internationalen*

- Kongresses für klassische Archäologie, Berlin (1988), Mainz am Rhein 1990, pp. 405-407
- SHAW 1973 = J.W. Shaw, "Minoan Architecture: Materials and Techniques", in *ASAtene*, 49, 1971, Roma 1973, pp. 7-265
- SHAW I.M.E. 1986 = I.M.E. Shaw, "Ch. 10. A survey at Hatnub", in B.J. Kemp (a cura di), *Amarna Reports III*, London 1986, pp. 189-212
- SHEPERD 2007 = "Considerazioni sulla tipologia e diffusione dei laterizi da copertura nell'Italia tardo-repubblicana" in *BCom*, 108, 2007, pp. 55-88
- SISANI 2006 = S. Sisani, *Umbria, Marche*, Bari 2006
- SJÖQVIST 1958 = E. Sjöqvist, "Excavations at Serra Orlando (Morgantina). Preliminary Report II", in *AJA*, 62, 1958, pp. 155-162
- SJÖQVIST 1962 = E. Sjöqvist, "Excavations at Serra Orlando (Morgantina). Preliminary Report VI", in *AJA*, 66, 1962, pp. 135-143
- SLIM 1985 = H. Slim, "La Tunisie", in *LASFARGUES* 1985, pp. 35-45.
- SOFFER 1985 = O. Soffer, "The Upper Paleolithic of the Central Russian Plain", Orlando 1985
- SOKOLICEK 2005 = A. Sokolicek, "Die Porta Rosa von Velia", in *Synergia. Festschrift für Friedrich Krinzinger*, 2, Wien 2005, pp. 59-67
- SOLECKY 1964 = R.L. Solecky, *Zawi Chemi Shanidar, a post Pleistocene village site in northern Iraq*, VI Congrès international du Quaternaire (Varsavia 1961), Lodz 1964
- SÖLTER 1970 = W. Sölter, *Römische Kalkbrenner im Rheinland*, Rheinland-Verlag 1970
- SOTIRIADIS – KAWERAU 1908 = G. Sotiriadis, G. Kawerau. "Der Apollotempel zu Thermos", in *Antike Denkmäler*, 2, 1908, pp. 1-8, tavv. 49-53
- SPANO 1953 = G. Spano, "Alcune osservazioni nascenti da una descrizione dell'Anfiteatro di Pompei", in *Annali dell'Istituto dell'Università di Magistero di Salerno* 1, 1953, pp. 355-419
- SPANO 1961 = G. Spano, "L'edificio di Eumachia in Pompei", in *RendNap*, 36, 1961, pp. 5-35
- SPANU 1996 = M. Spanu, "L'opus reticulatum e mixtum nelle province asiatiche" in *L'Africa romana. Atti dell'XI Convegno di studio (Cartagine 15 - 18 dicembre 1994)*, Ozieri 1996, pp. 923-939
- SPANU 2007 = M. Spanu, "L'impiego di anfore nelle volte romane e tardo-antiche. Distribuzione e modalità", in *Daidalos*, 8, 2007, pp. 185-223
- SPEISER 1935 = E.A. Speiser, *Excavation at Tepe Gawra. Vol. I: levels I.VIII*, Philadelphia 1935
- SPENCER 1979 = A.J. Spencer, *Brick Architecture in Ancient Egypt*, Warminster 1979
- SPENCER N. 1995 = N. Spencer, "The Lesbian Style of Polygonal Masonry: A Gazetteer of Archaeological Sites in Lesbos", *BAR International Series*, 623, 1995, pp. 53-64
- SPERANZA 2010 – E. Speranza, "La volta della Grande Aula: analisi critica di ipotesi archeologiche mediante l'uso dei poligoni funicolari", in *DEL MORO – UNGARO – VITTI* 2010, pp. 131-144
- SPINA 1997 = L. Spina, *L'anfiteatro campano di Capua*, Napoli 1997
- SPOSITO 2003 = C. Sposito, *L'anfiteatro romano di Catania*, Catania 2003
- STACCIOLI 1968 = R.A. Staccioli, *Modelli di edifici etrusco-italici. I modelli votivi*, Roma 1968
- STEINBY 1974-75 = M. Steinby, "La cronologia delle figlinae doliari urbane dalla fine dell'età repubblicana fino all'inizio del III secolo", in *BCom*, 84, 1974-75, pp. 7-132
- STEINBY 1978 = M. Steinby, "Ziegelstempel von Rom und Umgebung", *RE Suppl.* 15, 1978, pp. 1489 - 1531
- STEINBY 1981 = M. Steinby, "La diffusione dell'opus doliare urbano", in A. Giardina, A. Schiavone (a cura di), *Società romana e produzione schiavistica II*, Roma 1981, pp. 237-245
- STEINBY 1982 = M. Steinby, "I senatori e l'industria laterizia urbana", in *Epigrafia e ordine senatorio I (Tituli 4)*, Roma 1982, pp. 227-237
- STEINBY 1986 = M. Steinby, "L'industria laterizia di Roma nel tardo impero", in A. Giardina (a cura di), *Società romana e impero tardoantico II. Roma: politica economia paesaggio urbano*, Roma 1986, pp. 99-159, 438-46
- STEINBY 1989 = M. Steinby, *Lacus Iuturnae* 1, 1. *Analisi delle fonti*. 2. *Materiali dagli scavi Boni 1900*, (LSA, 12), Roma 1989
- STEINBY 1993 = M. Steinby, "Ricerche sull'industria doliare nelle aree di Roma e di Pompei: un possibile modello interpretativo?", in C. ZACCARIA (a cura di), *I laterizi di età romana nell'area nord adriatica*, Roma 1993 (= *Cataloghi e monografie archeologiche dei civici musei di Udine*), pp. 9-14
- STEINBY 1996 = M. Steinby, s.v. *Lacus Iuturnae*, in *LTUR*, III, 1996, pp. 168-170

- STEINER 1903 = P. Steiner, "Ein romischer Legionsziegelofen bei Xanten", in *BJ*, 110, 1903, pp.70-109
- STEINER 1911 = P. Steiner, *Xanten, Sammlung des Niederrheinischen Altertums-Vereins*, Frankfurt 1911
- STEINGRÄBER 1985 = S. Steingraber (a cura di), *Catalogo ragionato della pittura etrusca*, Milano 1985
- STEKELIS – YZRAELI 1963 = M. Stekelis, T. Yzraeli, "Excavation at Nahal Oren (Fallah). Preliminary Report", in *IEJ*, 13, 1963, pp. 1-12
- STELLA 1993 = M. Stella (a cura di), *Le pietre da costruzione: il tufo calcareo e la pietra leccese*, atti del Convegno internazionale (Bari, 26-28 maggio 1993), Bari 1993
- STERBA *et alii* 2009 = J.H. Sterba, K.P. Foster, G. Steinhäuser *et alii*, "New light on old pumice. The origins of Mediterranean volcanic material from ancient Egypt", in *Journal of Archaeological Science*, 36, 2009, pp. 1738-1744
- STIFTER 1992 = A. Stifter, *Pietra calcarea*, con una nota di E. De Angelis, Palermo 1992
- STOREMYR *et alii* 2009 = P. Storemyr, T. Heldal, E. Bloxam, *et alii*, "New evidence of small-scale Roman basalt quarrying in Egypt. Widan el-Faras in the northern Faiyum desert and Tilal Sawda by El-Minya", in *ASMOSIA* 7, 2009, pp. 243-256
- STORZ 1994 = S. Storz, "La tecnica della costruzione delle volte con tubi fittili a S. Stefano Rotondo a Roma", in *XLI Corso di cultura sull'arte ravennate e bizantina* (Ravenna, 12-16 settembre 1994), Ravenna 1994, pp. 669-693
- STOYANOVA 2007 = D. Stoyanova, "Barrel-wedged vault in the tomb architecture of Thrace. Models and vogue" in *H Θρακε στον ελληνο-ρωμαϊκο κοσμο. Πρακτικά του 10ου διεθνους συνεδριου Θρακολογιας. Κομοτηνη, Αλεξανδρουπολε, 18 - 23 οκτωβριου 2005. Thrace in the Graeco-Roman world. Proceedings of the 10th International Congress of Thracology (Komotini, Alexandroupolis 18 - 23 October 2005) Αθήνα 2007*, pp. 575-587
- STROMMENDER 1964 = E. Strommenger, *The Art of Mesopotamia*, London 1964
- STUCCHI 1952-54 = S. Stucchi, "Nota introduttiva sulle correzioni ottiche nell'arte greca fino a Mirone" in *ASAtene*, 30-32, n.s. 14-16, 1952-54, pp. 23-129
- STUCCHI 1975 = S. Stucchi, *Architettura cirenaica*, Roma 1975
- STUCKY 1988 = R. A. Stucky, "Die Tonmetope mit den drei sitzenden Frauen von Thermos, Ein Dokument hellenistischer Denkmalpflege", in *AntK*, 31, 1988, pp. 71-78
- SVOLOPOULOS 1995 = D. Svolopoulos, *Temple of Apollo Epicurus at Bassae*, 5 voll., Athens 1995
- TANZILLI 2004 = S. Tanzilli, "L'anfiteatro romano di Cassino", in *Lazio e Sabina*, 2. Secondo incontro di studi sul Lazio e la Sabina. Atti del convegno (Roma 7- 8 maggio 2003), Roma 2004, pp. 97-102
- TASCA 1998 = G. Tasca, "Intonaci e concotto nella preistoria: tecniche di rilevamento e problemi interpretativi", in L. Castelletti, A. Pessina (a cura di), *Introduzione all'archeologia degli spazi domestici*, Atti del Seminario (Como, 4-5 novembre 1995), Como 1998, pp. 77-87
- TENORE 1892 = G. Tenore, *Il tufo vulcanico della Campania e le sue applicazioni alle costruzioni*, Napoli 1892
- THÉBERT 2000 = Y. Thébert, "Transport à grande distance et magasinage de briques dans l'Empire romain. Quelques remarques sur les relations entre production et consommation", in P. Boucheron, H. Broise, Y. Thébert (a cura di), *La brique antique et médiévale. Production et commercialisation d'un matériau*. Actes du colloque international de Saint Cloud 16-18 novembre 1995. (Collection de l'Ecole Française de Rome, 272), Rome 2000, pp. 341-356
- THOMPSON 1940 = H. Thompson, "The Buildings on the West Side of the Agora", in *Hesperia, Suppl. IV*, Cambridge (Mass.), 1940
- THOMPSON – SUNTER – WEAVER 1976 = F.H. Thompson, N.J. Sunter, O. J. Weaver, "The excavation of the Roman amphitheatre at Chester", in *Archaeologia*, 105, 1976, pp. 127-239
- THÜR 1989 = H. Thür, *Das Hadrianstor in Ephesos, Forschungen in Ephesos*, XI/1, Vienna, 1989
- TINÉ 1983 = S. Tiné, *Passo di Corvo e la civiltà neolitica del tavoliere*, Genova 1983
- TOBLER 1950 = J. Tobler, *Excavations at Tepe Gawra: Joint Expedition of the Baghdad School and the University Museum to Mesopotamia*, 2 voll., Philadelphia 1950
- TOMASELLO – DE SIMONE 2005 = F. Tomasello, R. De Simone, "Marchi di cava punici e la tradizione edilizia locale a L P Q I, Leptis Magna. Documenti per una storia dell'edilizia", in Atti del V Congresso internazionale di studi fenici e punici (Marsala-Palermo, 2-8 ottobre 2000), Palermo 2005, pp. 325-342
- TOMÁŠKOVÁ 1995 = S. Tomášková, "A site in history. Archaeology at Dolní Věstonice-Unterwisternitz", in *Antiquity*, 69, 1995, pp. 301-316

- TOPRAK 2007 = G. Toprak, "Characteristics of Limes Produced from Marbles and Limestones". A Thesis Submitted to the Graduate School of Engineering and Science of İzmir Institute of Technology in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Architectural Restoration, İzmir 2007
<http://library.iyte.edu.tr/tezler/master/mimarirestorasyon/T000624.pdf>
- TORTORICI 1975 = E. Tortorici, *Castra Albana, Forma Italiae, I, 11*, Roma 1975
- TOSI 1987 = G. Tosi, "Padova e la zona termale euganea", in G. Cavalieri Manasse (a cura di), *Il Veneto nell'età romana*, II, Verona 1987, pp. 157-193
- TRAVLOS 1971 = J. Travlos, *Pictorial Dictionary of Ancient Athens*, London 1971
- TRAVLOS 1988 = J. Travlos, *Bildlexicon zur Topographie des Antiken Attika*, Tübingen 1988
- TRUMP 2002 = D.H. Trump, *Malta. Prehistory and temples*, Malta 2002
- TRUMPELMANN 1988 = L. Trumpeilmann, *Persepolis*, Mainz 1988
- TSCHIRA *et alii* 1988 = A. Tschira, F.W. Deichmann, J.J. Rasch *et alii*, *Das Mausoleum der Kaiserin Helena in Rom und der Tempio della Tosse in Tivoli*, Mainz 1998
- TUCK 2006 = A. Tuck. "The Social and Political Context of the 7th Century Architectural Terracottas and Poggio Civitate." *Deliciae Fictiles III*, Oxford 2006
- ULRICH 2007 = R.B. Ulrich, *Roman Woodworking*, New Haven-London 2007
- UNGARO 1993 = L. Ungaro, "L'Emiciclo dei Mercati di Traiano. Intervento di restauro delle cortine laterizie", in *BCom XCV*, 2, 1993, pp. 181-93, 197-98
- UNGARO 2005 = L. Ungaro, "I Mercati di Traiano: aspetti funzionali e strutture", in AA.VV. 2005, pp. 235-268
- UNGARO 2007 a = L. Ungaro (a cura di), *Il Museo dei Fori Imperiali nei Mercati di Traiano*, Roma 2007
- UNGARO 2007 b = L. Ungaro, "I Mercati di Traiano", in UNGARO 2007 a, pp. 32-47
- UNGARO 2007 c = L. Ungaro, "Il Foro di Augusto", in UNGARO 2007 a, pp. 118-129
- UNGARO – VITTI 2001 = L. Ungaro, M. Vitti, *Sulle pavimentazioni dei Mercati di Traiano*, in F. Guidobaldi, A. Paribeni (a cura di), *Atti dell'VIII Colloquio AISCOM* (Firenze, 21-23 febbraio 2001), Ravenna, 2001, pp. 393-414
- USHTE 1999 = T. Ushte, "Des dolmens en Provence" in GUILAINE 1999, pp. 125-142
- VANHOVE 1987 = D. Vanhove (a cura di), *Marbres helléniques de la carrière au chef-d'oeuvre*, Brussels 1987
- VAN LOON 1968 = M. van Loon, "The Oriental Institute excavations at Mureybit, Syria (preliminary report 1965)", in *JNES*, 27, 1968, pp. 265-282
- VENTURINO GAMBARI 1987 = M. Venturino Gambari, "Scavo di strutture del Neolitico antico ad Alba, località Borgo Moretta. Nota preliminare", in *Quaderni della Soprintendenza Archeologica del Piemonte*, pp. 23-61
- VERMEERSCH – VAN PEER 1990 = P. Vermeersch, Ph. Van Peer, "Extraction de matériaux lithiques et préfabrication dans la préhistoire", in WAELEKENS 1990, pp. 11-22
- VERZÁR BASS 1990 = M. Verzár Bass, "I teatri dell'Italia settentrionale", in *La città nell'Italia settentrionale in età romana*, Atti del convegno (Trieste 13-15 marzo 1987), Roma 1990, pp. 419-426
- VERZÁR BASS 1991 = M. Verzár Bass (a cura di), *Il teatro romano di Trieste. Monumento, storia, funzione*, Roma 1991
- VICARI – BRUSCHWEILER 1985 = J. Vicari, F. Bruschweiler, "Les ziggurats de Tchoga Zanbil (Dur-Untash) et de Babylone", in *Le dessin d'architecture dans les sociétés antiques. Actes du colloques de Strasbourg* (26-28 janvier 1984), Strasbourg 1985, pp. 47-57
- VICKERS 1973 = M. Vickers, "Fifth century brickstamps from Thessaloniki", in *BSA*, 68, 1973, pp. 285-294
- VILLEDIEU – VELTRI 1999 = F. Villedieu, P. Veltri, "Les soutènements nord-ouest et nord de la terrasse de la Vigna Barberini (Palatin)", in *MEFRA*, 111, 1999, pp. 749-778
- VINNIKOV – SINIUUK 1990 = A. Z. Vinnikov, A. T. Siniuk , *Po Dorogam Minuvshikh Stoletii: Arkheologi O Drevnei Istorii Voronezhskogo Kraia*, casa ed: TSENtralno-Chernozemnoe knizhnoe izd-vo, 1990
- VISCOGLIOSI 1996 = A. Viscogliosi, *Il tempio di Apollo in circo e la formazione del linguaggio architettonico augusteo* (*BCom Suppl.* 3), Roma 1996
- VITTI M. 1993 = M. Vitti, "Il palazzo di Galerio a Salonico", in *RTopAnt*, 3, 1993, pp. 77-106
- VITTI M. 2010 a = M. Vitti, "Le coperture degli ambienti del Corpo Centrale dei Mercati di Traiano alla luce delle evidenze archeologiche", in DEL MORO – UNGARO – VITTI 2010, pp. 77-84
- VITTI M. 2010 b = M. Vitti, "Provincia Macedonia: materiali e tecniche costruttive in età romana", in S. Camporeale, H. Dessales, A. Pizzo (a cura di), *Cantieri edili dell'Italia e delle provincie romane*, 2. Italia e

- provincie orientali* (Siena 13-15 novembre 2008), 2010 cs.
- VITTI P. 2006 = P. Vitti, “*Restauri moderni su archi e volte antichi: recenti annotazioni di cantiere nella Domus Tiberiana e nel Colosseo*”, in *Palladio*, 38, luglio-dicembre 2006, pp. 71-84
- VITTI P. 2010 a = P. Vitti, “*Argo, la copertura ad intercapedine della grande aula: osservazioni sul sistema costruttivo della volta*”, in *ASAtene*, 86, III, 8, 2008, (2010), pp. 215-251
- VITTI P. 2010 b = P. Vitti, “*Regola ed eccezione nei cantieri romani della provincia Acaia*”, in S. Camporeale, H. Dessales, A. Pizzo (a cura di), *Cantieri edili dell’Italia e delle provincie romane, 2. Italia e provincie orientali* (Siena 13-15 novembre 2008), 2010 cs.
- VITTI M. – VITTI P. 2010 = P. Vitti, M. Vitti, “*Trasmissione ed adattamento delle tecniche costruttive romane*”, in *Peloponneso: il caso di Trezene*, Roman Peloponnes III, 2010 c.s.
- VOGEL 2009 = T. Vogel, “*A structural evaluation of the Pantheon. Envisaged tasks*”, in *The Pantheon in Rome. Contributions to the conference* (Bern, November 9-12, 2006), Bern 2009, pp. 233-242
www.digitalpantheon.ch/Vogel2009/Vogel2009.pdf
- WACE 1921-23 = J.B. Wace, “*Excavations at Mycenae IX: the tholos tombs*”, *BSA* 25, 1921-1923, pp. 283-402
- WACE 1949 = J.B. Wace, *Mycenae*, Princeton 1949
- WAELE 1995 = J.A.K.E., Waele, “*Lex parieti faciendo II. Een Romeinse bouwinscriptie uit Puteoli*”, in *Kleio. Tijdschrift voor oude talen antieke cultuur*, 25, 1995, pp. 1-11,
- WAELENS 1982 = M. Waelkens, “*Carrières des marbre en Phrygie (Turquie)*”, in *BMusBrux*, 53.2, 1982, pp. 33-55
- WAELENS 1990 a = M. Waelkens (a cura di), *Pierre Eternel. Du Nil au Rhin: Carrières et Préfabrication*, Bruxelles 1990
- WAELENS 1990 b = M. Waelkens, “*Technique de Carrière, préfaçonnage et ateliers dans les civilisations classiques (monde grec et romain)*”, in WAELENS 1990a, pp. 53-72
- WAELENS 1990 c = M. Waelkens, “*Extraction et prémanufacture dans le monde hittite*”, in WAELENS 1990 a, pp. 37-44
- WAELENS 1992 = M. Waelkens, “*Bronze age quarries and quarrying techniques in the Eastern Mediterranean and the Near East*”, in WAELENS – HERZ – MOENS 1992, pp. 5-20
- WAELENS – DE PAEPE – MOENS 1990 = M. Waelkens, P. de Paepe, L. Moens, “*The quarrying techniques of the Greek world*” in *Marble. Art historical and scientific perspectives on ancient sculpture. Papers of the symposium* (Malibu, April 28 - 30, 1988), Malibu 1990, pp. 47-72
- WAELENS – HERZ – MOENS 1992 = M. Waelkens, N. Herz, L. Moens, *Ancient Stones. Quarrying, Trade and Provenance. ASMOSIA Colloquium II* (ActaLov4, 1992), Louvain 1992
- WALKER 1981 = C.B.F. Walker, *Cuneiform Brick Inscriptions in the British Museum, the Ashmolean Museum Oxford, the City of Birmingham Museum and Art Gallery, the City of Bristol Museum and Art Gallery*, London 1981
- WARD PERKINS 1958 = J.B. Ward Perkins, “*Notes on the structure and building methods of early Byzantine architecture*”, in D. Talbot Rice (a cura di), *The Great Palace of the Byzantine Emperors, Second Report*, Edimburgh 1958, pp. 52-104
- WARD PERKINS 1966-67 = J.B. Ward Perkins, “*Marmoc africano e lapis sarcophagus*”, in *RendPontAc*, 39, 1966-67, pp. 127-133
- WARD PERKINS 1974 = J.B. Ward Perkins, *Architettura romana*, Milano 1974
- WATAGHIN CANTINO 1966 = O. Wataghin Cantino, *La Domus Augustana. Personalità e problemi dell’architettura flavia*, Torino 1966
- WELCH 2007 = K. Welch, *The Roman Amphitheatre From Its Origins to the Colosseum*, New York 2007
- WESTGATE 1997-98 = R. C. Westgate, “*Greek mosaics in their architectural and social context*”, in *BICS*, 42, 1997-98, pp. 93-115
- WHITTLE 1993 = A. Whittle, “*The neolithic of the Avebury area. Sequence, environment, settlement and monuments*”, in *OxfJA*, 12, 1993, pp. 29-53
- WIEGAND – SCHRADER 1904 = T. Wiegand, H. Schrader, *Priene Ergebnisse der Ausgrabungen und Untersuchungen in den Jahren 1895-1898*, Berlin 1904
- WIKANDER Ch. 1993 = Ch. Wikander, “*The Decorative Systems of the Archaic Sima*”, in *Deliciae Fictiles I*, 1993, pp. 87-91
- WIKANDER O. 1993 = O. Wikander, *Acquarossa Vol. VI. The Roof-Tiles. Part 2. Typology and Technical Features*, (ActaRom, series in 4°, 38: VI, 1-2), Stockholm 1993
- WILL 1985 = E. Will, “*La maquette de l’adyton du temple de Niha (Beqa)*”, in *Le dessin d’architecture dans les sociétés antiques*, Actes du Colloque de Strasbourg (26-28 janvier 1984), Strasbourg, 1985, pp. 277-281

- WILLIAMS THORPE 1995 = O. Williams Thorpe, "Obsidian in the Mediterranean and the Near East. A provenancing success story", in *Archaeometry*, 37, 1995, pp. 217-248
- WILSKY 1904 = P. Wilski, *Stadtgeschichte von Thera*, Berlin 1904
- WILSON 1992 = R.J.A Wilson, "Terracotta vaulting tubes (tubi fittili): their origin and distribution", in *JRA*, 5, 1992, pp. 97-129
- WINTER F.E. 1971 = F.E. Winter, *Greek Fortifications*, Toronto 1971
- WINTER 1993 = N.A. Winter, *Greek Architectural Terracottas from the Prehistoric to the End of the Archaic Period*, Oxford, 1993
- WITTENBURG 1978 = A. Wittenburg, *Griechische Baukommissionen des 5. und 4. Jahrhunderts*, Munich 1978
- WOOLLEY 1934 = L. Woolley, *Ur excavations. Volume II. The Royal Cemetery*, New York 1934
- WOOLLEY – MALLOWAN 1976 = C.L. Woolley, M.E.L. Mallowan, *The Excavations at Ur 1926-7 VII. The Old Babylonian Period*, London-Philadelphia 1976
- WRIGHT 1968 = G.H.R. Wright, "Tell el-Yehudiyah and the Glacis", in *Zeitschrift des deutschen Palästina-Vereins*, 84, 1968, pp. 1-17
- WRIGHT 1985 = G.R.H Wright, *Ancient Building in South Syria and Palestine*, Leiden 1985
- WRIGHT 1992 = G.H.R. Wright, *Ancient Building in Cyprus*, Leiden 1992
- WULFF 1956 = H.E. Wulff, *The Traditional Crafts of Persia. Their Development, Technology and Influence on Eastern and Western Civilisations*, Cambridge-London 1966
- WULF RHEIDT 2009 = U. Wulf Rheidt, "Evoluzione strutturale del Palatino sud-orientale in epoca flavia (Domus Augustana, Domus Severiana, stadio)", in *Divus Vespasianus. Il bimillenario dei Flavi*, Milano 2009, pp. 268-279
- YALOURIS 1968 = N. Yalouris, "The Mosaic Pavement of the Temple of Zeus at Olympia", in *AAA*, 1, 1968, pp. 78-82
- YALOURIS 1972 = N. Yalouris, "Das Akroter des Heraions in Olympia," in *MDAI(A)*, 87, 1972, pp. 85-98
- YASIN 1970 = W. Yasin, "Excavation at Tell es-Sawwan - the Sixth Season (1969)", in *Sumer*, 26, pp. 3-20, 1970
- ZACCAGNINO 2004 = C. Zaccagnino, "Hercules invictus, l'excubitorium della VII cohors vigilum. Il Meleagro Pighini. Note sulla topografia di Trastevere", in *Ostraka*, 13, 2004, pp. 101-124
- ZACCARIA 1995 = C. Zaccaria, "Bolle laterizi di età romana nel territorio di Aquileia. Bilancio e prospettive della ricerca", in *Le fornaci romane. Produzione di anfore e laterizi con marchi di fabbrica. Atti delle Giornate Internazionali di Studio (Rimini, 16-17 ottobre 1993)*, *L'industria dei laterizi*, 36, 1995, pp. 463-473
- ZACCARIA – GOMEZEL 2000 = C. Zaccaria, C. Gomezel, "Aspetti della produzione e circolazione dei laterizi nell'area adriatica settentrionale tra il II sec. a.C. e il II sec. d.C.", in P. Boucheron, H. Broise, Y. Thébert (a cura di), *La brique antique et médiévale. Production et commercialisation d'un matériau. Actes du colloque international ... Saint Cloud 1995*, (Coll. ÉFR 272), Rome 2000, pp. 285-310
- ZAHN 1991 = E. Zahn, *Die Basilika in Trier. Römisches Palatium, Kirche zum Erlöser*, Trier 1991
- ZANCANI MONTUORO – ZANOTTI BIANCO 1951-54 = P. Zancani Montuoro, U. Zanotti Bianco, *Heraion alla foce del Sele*, vol. I, Roma 1951, vol. II Roma 1954.
- ZEZZA – LAZZARINI 2002 = U. Zezza, L. Lazzarini, "Krokeatis Lithos (Lapis Lacedaemonius): source, history of use, scientific characterisation", in LAZZARINI 2002 c, pp. 259-264
- ZUSI 2006 = G. Zusi, *Il marmo botticino classico*, Verona 2006

REFERENZE FOTOGRAFICHE

Figg. 1 – 626:

Bethsgirls.org: fig. 115 (Zambia); Brontovox.co.uk: fig. 169; GABUCCI 2009: figg. 408, 409, 472, 473; GIULIANI 2006: figg. 300, 369, 371, 554; Google-maps, street view: figg. 459, 493; GOYON *et alii* 2004: fig. 386; GROS 1987: figg. 452, 504, 589; HELLMANN 2002: fig. 248, 252, 327; *Le grandi scoperte dell'archeologia*, ed. De Agostini 1986: figg. 108, 120, 125, 126; LLOYD – MÜLLER – MARTIN 1972: figg. 122, 262, 264, 282, 306, 310; Megalithe.overblog.com: fig. 199; MYLONAS 1966: fig. 240; Panoramio.com (tra parentesi i nomi degli autori) figg. 216 (Nicola e Pina 2...), 416 (Giupetre); PAPPALARDO 2007: fig. 575; Picasa: fig. 227 (autore Valerio); QUILICI GIGLI 1998: fig. 260; SAR, *Terme di Caracalla*, Milano 1998: fig. 616; Schoyencollection.com: fig. 77; Unep.org: fig. 115 (Sudan); WARD PERKINS 1974: figg. 578, 595; [Wikimedia](#) (tra parentesi i nomi degli autori): figg. 17 (Io' 81), 53 (Coyeau), 66 (Jaliang Gao), 106 (CyArk), 186 (Reinhard Dietrich), 192 (Wknight 94), 193, 196 (Lewis Mac Donald), 200 (Rob Burke), 223 (Sitomon), 226 (ERWEH), 229 (Hans Peter Schaefer); 232 (Resek), 236 (China_crisis), 242 (Andrea Trepte), 246 (MM), 247 (Dodo), 363 (Wknight), 364 (Luiza), 366 (Howardhudson), 367 (M.N. Boyat, F. Lefebvre), 417, 418 (Putput), 420 (MM), 475 (Jensen), 487 (Marie-Lan Nguyen), 509, 510 (MM), 529 (Marie-Lan Nguyen), 541 (Zanner), 619 (MM), 626 (Almare). Le altre immagini fotografiche provengono dall'archivio dell'autore. Il suddetto elenco esclude le fonti che sono già state citate nelle didascalie delle immagini.

Figg. 347 – 354 (Lessico architettonico):

Fig. 347. Ordine dorico: 1. Partenone (restituzione di A. Orlandos, in G. Dontas, *L'Acropoli e il suo museo*, Atene 1979); 2. Partenone arcaico (HELLMANN 2002); 3. Capitello del secondo tempio di Aphaia a Egina (HELLMANN 2002); 4. Rivestimento in terracotta del tempio di Apollo a Thermo (da G. Kawerau, G. Sotiriadès, *AD II*, 5, 1902-1908).

Fig. 348. Ordine ionico: 1. Tempio di Zeus Sosipolis a Magnesia al Meandro (da S. Charbonneaux, R. Martin, F. Villard, *La Grecia ellenistica*, Milano 1978); 2. Capitello ionico (da M. Jacopo Barozzi da Vignola, *Gli ordini di architettura civile*, Paravia, Torino 1939, tav. XIX).

Fig. 349. Ordine corinzio: Trabeazione del tempio dei Castori (rilievo di J.T.F. Suys, 1816, in *Roma Antiqua*. «Envois» degli architetti francesi (1788-1924). *L'area archeologica centrale*, Catalogo della mostra Roma 1985 – Parigi 1986); colonna del tempio di Vespasiano e Tito (rilievo di J.L. Provost, 1815, in *Roma Antiqua*, *ibid.*).

Fig. 350. Tipi di capitelli. Modanature: 1. Capitello tuscanico di lesena del Grande Emiciclo dei Mercati Traianei (rilievo di P.M. Morey, 1836, in *Roma Antiqua*, *ibid.*). 2. Capitello composito dell'arco di Tito (rilievo di A.J.M. Guénepin, 1810, in *Roma Antiqua*, *ibid.*). 3. Capitello a soà dal *Didymèion* di Mileto (Parigi, Museo del Louvre). 4. Capitello corinzio figurato da Canosa di Puglia (da P. Pensabene, *Il tempio italico sotto San Leucio*, in CASSANO 1992). 5. Tipi di modanature (da VIGNOLA, *ibid.*, tav. IV).

Fig. 351. Motivi decorativi: Fotografie di frammenti architettonici del Foro di Augusto e del Foro Traiano (da LA ROCCA – UNGARO – MENEGHINI 1995).

Fig. 352. Forme di archi (da C.F. Giuliani, *L'edilizia nell'antichità*, Roma 2006).

Figg. 353-354. Schemi geometrici delle volte (da C.F. Giuliani, *L'edilizia nell'antichità*, Roma 2006, 1° ed. 1990)

Tavv. I-IV (Tipi di pietre):

I campioni, rielaborati dall'autore, sono tratti da: DE NUCCIO – UNGARO 2002; Liceo Classico Ludovico Ariosto di Ferrara (liceoariosto.it/naturalia); MARTA 1986; Museo di Storia Naturale dell'Accademia dei Fisiocritici - catalogo della collezione di marmi antichi (musnaf.unisi.it/marmi.asp); Università dei Marmorari di Roma (universitadeimarmorari.it); [Wikimedia](#); archivio fotografico dell'autore.

INDICE ANALITICO

I numeri in stampatello rinviano alle pagine di testo; quelli in corsivo alle pagine con le figure. I numeri in stampatello grassetto fanno riferimento alle pagine che contengono la definizione dell'elemento o una descrizione più approfondita; i numeri in corsivo sottolineato rimandano alle pagine figurate del lessico architettonico (pp. 347-354)

- Abaco – **185**, 215; *185, 188, 215, 216, 347, 348, 349*
Abside – 10, 148-149, **328-329**, 334-335; *10, 148-149, 261, 268, 312, 313, 314, 329, 335*
Acroteri – **100-102**; *97, 102, 232, 347, 348*
Aggere (v. mura difensive)
Ammorsature (v. cantonali, opera mista, telai litici)
Amphikyphoi keramides – **90**, 97; 88, 89
Anatirosi – **228**; 228
Angolo del muro (v. cantonale)
Antefissa – **97**; *80, 88, 89, 97, 100, 188, 347*
Antenne (delle macchine di sollevamento) – **223-224**; 224, 225
Antepagmenta (v. lastre di rivestimento)
Anuli – 188, 347
Arcarecci – **24**, 92, 198; 25, 93
Archi (v. anche volte)
- a concii pentagoni e a martello (v. concii)
- di scarico – **69-70**, 213, **260-262**, **302**, 308; *69, 213, 261, 301, 308*
- di testata – **308**, 318-319, 323; *304, 311, 314, 318, 319*
- estradossati – **213-214**; *213-214*
- forme geometriche – 71, 352
- in blocchetti – 300; 292
- in concii – **209-216**; *210-216*
- in laterizi – 67, **82**, 269, 272, 285, **300-301**, 325; *69, 82, 268, 269, 272, 274, 281, 284, 301*
- in mattoni crudi – **61-70**; *61-69*
- pseudoestradosati – **214**
- rompitratte – **319-321**; 320
Archipendolo – **221**, 266; 221
Architrave
- a cuneo – **213**; 213
- di legno – **24**, 190, **191-192**; *25, 192, 347*
- di pietra – 149, 150-151, 166, 174, **186**, **190-192**, 207, 213 302; *149, 150, 151, 166, 174, 185-186, 188, 193, 213, 301, 347, 348, 349*
Ardesia (tasselli di) – **338**; *341*
Areostilo (definizione) – **190**
Argano – **224**; 224, 225
Armilla (v. ghiera)
Ascia – **37**, 227; 37
Atrio – **90**
Ayle – **90**
Balcone – 42, **326**; 326
Balteum – 259; 258
Barbacani (v. contrafforti)
Barrow – **145**
Basamento (v. podio, crepidine)
Base – 36, 125, **185**, 231, 233; *36, 127, 185, 188, 232, 348, 349*
Basilica – **194-195**; *194, 195*
Basis villae - **288**
Bassorilievo – **230**; *231* (v. anche rilievo a incavo)
Bessali – **274**, 275, 303, 343; *274, 275, 304*
Bipedali – **274**, 280, 301, 303, 309, 342, 343; *274, 300, 301, 304, 310, 341*
Bitume – **31**, 31
Blocchi, blocchetti (definizione) – **115**
Bolli laterizi (v. iscrizioni sui laterizi)
Bozze, bozzette (definizione) – **115**
Bugne – 159, **228**; *159, 228*
Broch – **132-133**; *132-133*
Buche di palo – 5-8, **11-12**, **23-24**, 37-38, 43, 150; 5, 7, 12, 13, 35, 38, 150
Caementa – **242-246**, 304-305; *243, 245, 246, 304*
Cairn – **134**, **145**; *134*
Calce – **30**, **237-240**
Calce idraulica – **241**
Calcestruzzo (definizione) - **246**
Calidarium – **342-345**; *343-345*
Camera di combustione – **75**; 74
Camera di compensazione – 70, **207**; 70
Camera di cottura – **75**; 74
Camera funeraria – 70, 134, **145-148**, **207-208**; *70, 134, 145-148, 208, 209*
Camino (sul tetto della *tholos*) – **203**; 202
Canaletta
- di fondazione – 10, **12**, **24**; *12, 13*
- per il deflusso delle acque piovane **12**, 307; 307
Canne
- nei controsoffitti – 336
- nel mantello del tetto – **26**, 87; 25, 87
- nei muri in mattoni crudi – **58**; 57
- nella struttura portante – **26**; 25
- nella tamponatura delle pareti – **24-26**; *14, 25*
Cantiere
- degli edifici in concii – **222-230**; *222-230*
- degli edifici in mattoni crudi – 27-28, 53-**56**; 27, 43
- degli edifici in opera poligonale - **162**
- degli edifici in opera quadrata – **243-244**; *243, 244*
- degli edifici in *tauf* e *pisé* – **27**; 27
- dei megaliti – **146**; *146*
Cantonale (dei muri; per i tetti v. puntoni di displuvio)
- in blocchetti lapidei – **254**, **264**, **269**; *264, 266, 269, 292*

- in conci (conci d'angolo) – **142-143**, 159, **250**, 263, **270-271**; 159, 250, 264, 270-271
- in laterizi – **254**, **269**, 271; 254, 266-269
- in legno – **58**; 59
- Capitello – 125, **185-186**, 189-190, 215, 231, 233; 185, 188, 189-197, 215-216, 232, 301, 347, 348, 349, 350 (v. anche colonne e ordine)
- Capriata (v. tetti lignei a capriate)
- Carpenteria (v. incastri, legno, telai lignei e tetti lignei)
- Carri – 126
- Casematte – 151, 211; 211
- Cassettoni (v. lacunari)
- Castellum aquae* - 344
- Catene
 - dei muri in mattoni crudi – **58-60**; 57, 59, 60
 - dei tetti a colmo – **33**; 33
 - delle capriate – **198**; 198-200
 - metalliche – **321-322**; 322
- Cavalletto – **94**; 94, 96
- Cave – **120-128**; 120-127
 - di comodo – **123-125**; 124
 - in galleria – **121**, 125; 121
- Cavea
 - lignea – **41-46**; 43, 44, 46
 - in opera cementizia – **259-260**, 288, 290, 314; 258, 259, 288, 293, 294, 314
- Cavicchi – 199; 199
- Centina
 - con dossale di legno – **64**, 67, **214**, 244, 318-321, **323**; 65, 68, 214, 324
 - con dossale di mattoni – **303-304**; 303-304
 - con dossale di tubi fittili – **315-316**; 316
- Chiave di volta – **61**, 308; 65, 309, 352
- Ciottoli (definizione) – **115**
- Cisterna – 209, 290; 210, 291
- Clochán* – **135**; 135
- Cocciopesto – **241**, **246-247**, 248-249, 307, 318, 336, 342, 343; 247, 319, 336, 342, 343
- Collarino – 188, 347
- Colonne e semicolonne (v. anche ordine, portico ipostilo)
 - dipinte – **231-233**; 232
 - in legno – 174; 174
 - in mattoni – **53**, **82**, 250; 53, 82
 - in opera cementizia – 264; 263
 - in pietra – 165, 174, **185-196**, **215**, 233, 255-257, 260; 165, 173, 174, 185-196, 215-216, 255-257, 261, 289, 347, 348, 349
 - palmiformi - 185
 - papiriformi – 185, 194
 - poligonali – 185
 - rudentate – **192**; 192, 196
- Columen* (v. trave di colmo)
- Concamere (o concamerazioni) – 260, **285**, 313, 345; 261, 285
- Conci
 - a baionetta – **214**
 - a martello – **214**; 213
 - angolari (v. cantonali)
 - definizione – **115**
 - pentagoni – **214**; 213
 - muri in conci – 148-149, 157-158, **165-216**; 149, 157, 165-216
- Concolato – **13**; 13
- Contrafforti – **64**, **177**, 294, 326, **333-334**; 65, 177, 178, 293, 294, 333-334
- Controcalotta termale – **344-345**; 345
- Controcattena – **33**, **199**, 200; 33, 199, 201
- Coppi – **87**, 88-89; 86-89, 347
- Cornice di porte e finestre (v. telai lignei e litici)
- Cornice (trabeazione) – **99-100**, 186, **187**, 192; 100, 186, 188, 347, 348, 349
- Corobate – **221**; 221
- Cortile – **90** (v. anche peristilio)
- Cortina (definizione) – **115**
- Costoloni (costolature) – 294, 305, **308-309**, 311, **312**, **332**; 294, 309, 333
- Crepidine (crepidoma) – **174**; 173, 188, 347, 348
- Crustae* (v. *opus sectile* parietale)
- Cubilia* (v. opera reticolata)
- Cunei (strumenti per l'attività estrattiva) – **118**, 120, 122, 125; 119, 126
- Cunicolo – 152; 152
- Cupola (v. volte a cupola)
- Diastilo (definizione) – **190**
- Diatoni – **176** (nota)
- Diottra – **220**; 220
- Doccione – **98**; 88, 89, 98, 100-102, 188
- Dolmen* – 120, **145-148**; 145-147
- Dorosis* – **87**; 87
- Dromos* – 134, 146, **156**; 134, 146, 147, 157
- Echino – 188, 347
- Emblema* – **341**; 340
- Embrici – **87**, 88-90; 86-89
- Emiciclo – 181-182, **289-290**, **296-298**, 328-329; 181, 289, 290, 297-299
- Emplekton* – **175**; 175
- Epicranitis* – 188
- Estradosso – **62**, 213-214, **305-308**, 318; 65, 213-214, 306, 307, 317, 352
- Estrazione – **118-128**; 119-127
- Eustilo (definizione) – **190**
- Euthyteria* – **173**, 175; 173
- Falde del tetto – **32**, **91**, 92-97, **307**, **320-321**; 91-96, 306, 307, 320
- Ferro (v. catene metalliche, piattabanda armata, pavimenti - *suspensurae* armate)
- Figlinae* – **278**
- Filo a piombo – 221; 221
- Finestra (v. telai di porte e finestre)
- Fistula* (v. tubi)
- Focolare – **5-8**, 48; 5, 7, 35, 48
- Fondazioni

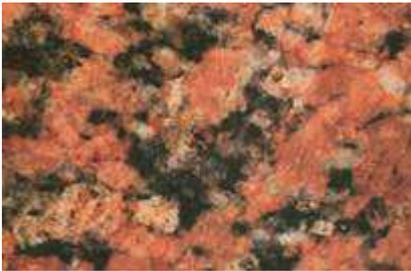
- dei muri egiziani in conci – **171-172**; 171-172
 - dei muri in mattoni crudi – **56-58**
 - dei muri in pietrame – 140, **143-145**; 140, 144
 - in cavo armato – **243, 282-283, 287**, 297; 243, 283, 287, 298 299
 - in cavo libero - **243, 282**; 282
 - in opera cementizia – **243, 282-287**, 297; 243, 282-287, 298, 299
 - in opera quadrata – **172-173**; 172-174, 182
 - discontinue – **171, 173**, 282
 - lineari con raccordi (o a griglia) – **173, 179-182**, 282; 180, 181
 - lineari con rinforzi – **184**; 184
 - lineari semplici – 56, **171, 172-173**, 282, 179; 180
 - su palafitte – **38**; 38
 - a piattaforma (o a platea) – **172, 173, 285-286**; 286
 - a pilastri ed archi (o a pozzi e barulle) – **284-285**; 284-285
- Fornace
- per i laterizi **74-78**; 74-78
 - per la calce – 30, **237-240**; 238, 239
- Fossa di combustione – 12
- Fossato difensivo – **38-39**, 178-179; 39, 159, 179
- Fregio – **99-100**, 174, **187**, 192, 213; 98, 102, 174, 188, 193, 213, 232, 347, 348
- Frontone – **33**, 96, 97, **99-100**, 231; 33, 35, 94, 97, 100, 102, 189, 232, 347
- Fusto – 125-126, **185**, 231, 233; 127, 188, 232, 347, 348
- Gallerie delle basiliche (v. tribune)
- Gallerie di essiccamento (per la circolazione dell'aria nei muri) – **56**; 57
- Geison* (v. cornice)
- Gesso – **30-31**
- “Gesso morto” per lo scivolamento dei blocchi – **31**, 170-171
- Ghiera (facciavista dell'arco) – **65, 301**; 308; 300, 301, 304, 352
- Ghiera (delle nervature in mattoni delle volte) – **309**; 310
- Giuntura di cantiere – **253-254**; 254
- Goccia – 188, 347
- Gocciolatoio – **192**; 188, 348
- Gorgone d'angolo – 188
- Gorgoneion* frontonale – **100**; 99
- Granaio – **23**; 23
- Grappe – 169-170, **228-229**, 338; 228-230, 338
- Groma – **220**; 220
- Gronda – **32**
- Gru (v. macchine di sollevamento)
- Gutta* (v. goccia)
- Henge* – **150-151**; 150-151
- Huwwar* – **30**
- Hypolampas* (v. lucernario)
- Hypotrachelion* – 188, 347
- Ikria* (v. impalcature)
- Impalcatura
- lignea per spettacoli – 41-46; 41, 43, 44, 46
 - del cantiere (v. ponteggi)
- Imposta della volta (definizione) – **61, 323**; 65, 352
- Incastri
- a dente e canale – **151**; 95, 151
 - a tenone e mortasa – **151**, 230; 95, 151, 230
 - tra elementi di legno – **96**; 95
 - tra elementi di pietra – **151, 155, 230**; 151, 230
- Intonaco
- di calce – **30**, 138, 231, 247-248, 315-316, **336-338**; 316, 336
 - di gesso – **30-31**, 231, 247
 - di terra – **30**, 138
 - di terra (resti combustibili) – **14-15**
 - dipinto – **231-233**; 17, 232-233
- Intercapedine
- nelle pareti e nelle volte – **343-345**; 343-345
 - sotto il pavimento – **23, 34**, 140, **342-343**; 346; 23, 35, 140, 344, 345
- Intercolumni – 174, **187-192**, 194; 174, 189-194
- Intradosso – **62, 302-305**; 65, 302-305, 352
- Ipetro – 148, **190**; 190
- Ipocausto – **342-343**; 343-344
- Iscrizioni
- sui conci (marchi di cava o di cantiere) – **227**; 227
 - sui conci per l'assemblaggio – **226-227**; 227
 - sui laterizi (marchi di fabbrica) – 54-55, **78-80, 276-279**; 55, 78, 277, 279
 - sui laterizi per l'assemblaggio – **80-81**; 79, 80
 - sui mattoni crudi (marchi di fabbrica) – **54-55**; 55
- Isodomo (muro) – **175-177**, 183, 233; 175-177, 233
- Kalathos* – **185**; 349
- Kalypteres hegemones* – **90**, 97, 101; 88, 89, 90
- Kisu* – **82**
- Lacunari – **205-206**, 255, **305**, 310; 188, 205, 206, 255, 257, 261, 289, 305, 311, 351
- Lastre di rivestimento – **99-100**; 98, 101
- Laterizi – **70-103, 273-281**; 70-103, 273-282
- Latrina* - 344
- Legno
- caratteristiche fisico-meccaniche – **23-26**
 - (v. anche telai lignei, tetti)
- Lesioni delle volte in calcestruzzo – **324-326**; 325
- Leve
- per l'accostamento dei blocchi – **226**; 226
 - per l'estrazione dei blocchi – **125**; 122, 126
- Linee di colmo, di compluvio, di displuvio e di gronda – **91**; 91
- Lisciatura – **276**
- Longhouse* – **8**, 11, 34; 7, 35
- Lucernario – **193-195**, 295; 193-195, 294
- Macchine di sollevamento – **223-226**; 224, 225
- Macchine di Tesifonte e Metagene – **128**; 127
- Maeniana* (v. balconi)
- Malta (legante dei materiali del muro; per i rivestimenti v. intonaco e pavimenti)
- di bitume – **31**

- di calce – 30, **240-242**, **248**
- di terra – **29**
- idraulica – **240-242**
- Mantello vegetale del tetto – **24-26**; 25
- Marcapiani
 - nei muri in mattoni crudi – **58**; 57, 59
 - nei muri in opera incerta – **263**; 264
 - nei muri in opera laterizia – **275**; 275
- Massi
 - definizione – **115**
 - giacimenti di massi erratici – **118-120**; 119
- Mattoni (v. anche laterizi e opera laterizia)
 - a cuneo per gli archi – **66**, 280, **300-301**; 66, 69, 82, 300
 - cotti – **81-86**, **274-276**; 81-86, 272-276
 - crudi – 13-14, 15-16, **27-29**, **47-73**, 135, 139; 13, 27, 28, 47-73
 - mammati (con elementi distanziatori per il trasporto) – **85**; 78
 - mammati per intercapedini (v. *tegulae mammatae*)
 - per colonne e semicolonne – **53**, **82**, 250, **280-281**; 53, 82, 280, 281
 - per decorazioni in rilievo – **53**, **82**, **281-282**; 53, 82, 281, 282
 - *riemchen* – **53**
 - smaltati – **83**; 84
 - trapezoidali per volte ad anelli trasversali – **320**; 320
- Mausoleo – 290; 272, 290
- Megaliti – **145-151**; 145-151
- Menhir* – **150**; 150
- Mensole – 132-133, 196, 326, 332; 133, 196, 326, 332
- Metope – **100**; 102, 188, 232, 233, 347
- Metrologia (v. unità di misura)
- Miniere neolitiche – **118-120**; 119
- Misure (v. unità di misura)
- Modelli di edifici – **16-18**, **217-219**; 16-18, 317, 218
- Modigliani – 349, 351
- Modulo (v. unità di misura)
- Monaco – **198**; 198
- Mosaici parietali con tessere coniche di terracotta – **82-83**; 83
- Mosaici pavimentali (v. pavimenti - *opus tessellatum*)
- Mura difensive
 - aggere – **38-39**, 178-179; 39, 179
 - in mattoni cotti – **85**; 86
 - in mattoni crudi – **58-60**; 57, 59
 - in opera poligonale e “ciclopica” – 124-125, **151-154**, **158-164**; 124, 151-155, 159-164
 - in opera quadrata – **178-179**, 211; 179, 211
 - in pietrame – **128-129**; 128, 129
 - *murus gallicus* – **40**; 40
- Muratura di rinfianco – **62**; 65
- Murus gallicus* (v. mura difensive)
- Mutuli* (travi del tetto) – **92**, 100, **197**, 200, **204** (in marmo); 92-94, 101, 201
- Mutuli* (cornice dorica) – 188, 347
- Navate – **60**, 186, 194-196; 47, 186, 194-196
- Naves lapidariae* – **125**
- Nervature laterizie delle volte – 305, **309-313**; 310-313
- Nervature litiche (v. telai litici)
- Nicchie – 260, 289; 212, 257, 261, 288, 312
- Nucleo (definizione) – **115**; 283
- Nuraghi – **155-156**; 156
- Occhialone – **305**, **312**, 327-330; 261, 305, 312, 313, 327-330
- Olivella – **225-226**; 225
- Ometto (v. monaco)
- Opaion* – **90**; 90
- Opera a telaio (v. telai litici)
- Opera cementizia – 183-184, **242-335**; 184, 243-335
 - composizione – **242-243**, **245-246**, 304-305; 243, 246, 304
 - messa in opera – **243-244**; 243-245
 - statica – **245-246**, **251-261**, **324-326**; 246, 252-260, 325
- Opera incerta – 250, 255, **262-265**, 289; 250, 256, 257, 262-265, 289, 292
- Opera laterizia – 253, 259, 260, **273-281**; 253, 260, 273-282
- Opera lesbica – **158**; 159
- Opera mista (di reticolato e laterizio) – **269**; 267-269
- Opera poligonale – **159-164**, 289; 159-164, 288, 289
- Opera quadrata – **172-184**, 209-216, **254-260**; 173-184, 209-216, 255-259
- Opera quasi-reticolata – **265**, **267-269**; 266
- Opera reticolata – 259, **265-269**; 258, 266-269
- Opera trapezoidale – **159-160**; 160
- Opera vittata – 265, **269-272**; 269-272
- Opera vittata mista (di pietra e laterizio) – **269**, **271-272**; 269, 271-272
- Opus barbaricum, sectile, spicatum, tessellatum, testaceum, vermiculatum* (v. pavimenti)
- Opus sectile* parietale – 233, **338**, 344; 338, 344
- Opus signinum* - **247**
- Ordine corinzio – 190-191; 191, 255-257, 349
- Ordine dorico – 174, **187-190**, 192, **195**; 174, **188**, 189, 190, 192, 193, 195, 196, 232, 347
- Ordine gigante – **196**; 196, 197
- Ordine ionico – 176, **189-190**, 192, **195**; 176, **188**, 189, 192, 193, 195, 232, 348
- Ortostata (pl. ortostati) – **176**, 233; 173, 176, 233, 348
- Ossa di mastodonti – **6**; 6
- Palafitte – **36-38**; 37
- Palo a plinto – **37**; 37
- Pali lignei (ritti) – 5, 6, 13, 20, **23-24**, 33, 36-38, 44-46, 47; 5, 11, 14, 20, 25, 37, 44, 46, 47, 48
- Palizzate – 39
- Paramento (v. cortina)
- Paranco – **224-225**; 224-225
- Paraste
 - in mattoni – **50-52**; 50-52
 - in opera laterizia - 264

- in pietra – 165, 187, 215; *165, 187*
- Paratia – **287**; *287*
- Pastas* – **90**
- Pavimenti
 - di calce – **30**, 139
 - in cocciopesto – **339-340**; 339
 - in lastre di pietra – 131, 139, 185, 339; **173, 185**
 - in mattoni – **82**; *31* (v. anche *opus testaceum*)
 - *opus barbaricum* – **342**
 - *opus sectile* – **342**; *341*
 - *opus spicatum* – 280, 307, **342**; *341*
 - *opus tessellatum* – 307, **340-341**; *340*
 - *opus testaceum* – 280, **342**; *341*
 - *opus vermiculatum* – **341**; *340*
 - sospesi (*suspensurae*) – **23, 343, 345-346**; 23, *343, 344*
 - *suspensurae* armate– **320-321**
 - strati di preparazione in opera cementizia – **342**
 - strato di preparazione in pietrame – 5, 6, 10, 12, **22-23**, 29; *10*
 - *tarrazza* – **139**
 - terra battuta – **29**, 131, 339
- Pennacchi – **62, 73-74**, 328; 63, 73, 74, *314*
- Peristasi (v. portico)
- Peristilio – 192; *193*
- Peristilio “rodio” – **196**; *196, 197*
- Perni (di collegamento dei concii) – **229-230**; *228-230*
- Piani di posa (v. marcapiani)
- Piano forato – **75**; *74*
- Piattabanda – **213**, 302, 329-330; *213, 301, 329-330*
- Piattabanda armata – **321**; *322*
- Piccone – 120, 125, 227; *121*
- Picnostilo (definizione) – **190**
- Pietra
 - Caratteristiche fisico-meccaniche – **21-23, 114-115**
 - Caratteristiche geologiche – **105-113**
 - Statica degli edifici in pietra – **115-117**
- Pietrame
 - (definizione) – **115**
 - Muri in pietrame - **128-145**; 128-144
- Pilastrini degli ipocausti (*pilae*) – **343**, 345; *343, 344*
- Pilastrini
 - di pietra – 146, **150-151, 166**, 199-200, **214-215, 259-260**; *146, 150, 151, 152, 155, 166, 200, 214, 215, 259*
 - di roccia risparmiata – 94, 121; *94*
 - in opera cementizia – 252, **253, 260-262**, 329-330, 332-334; *252, 253, 261, 329, 330, 332-334*
- Piloni dei templi egiziani (struttura) – **169**; *57, 170*
- Piramidi egiziane (struttura) – **168-169**; *167-169*
- Pisé* – **27**, 139; *13, 27*
- Piste (per il trasporto dei blocchi) – **221**
- Pittura (v. anche policromia degli edifici)
 - affresco – **337**, 338; *336, 338*
 - encausto – **231**
 - tempera – **231**, 337
- Plastici (v. Modelli di edifici)
- Plinto - *348, 349*
- Plutei – **192**; *192*
- Podio
 - dei templi etruschi e romani – **179-182**; *180-181*
 - dei templi greci (v. crepidine)
- Policromia degli edifici
 - intonaci dipinti – **231-233**; *232-233* (v. anche pittura)
 - mattoni smaltati – **83**; *84*
 - mosaici parietali con tessere coniche in terracotta - **82-83**; *83*
 - opera laterizia – **281-282**; *281-282*
 - opera reticolata – **266-267**; *267*
- Ponte – 213; *213, 214, 229*
- Ponteggi
 - in legno – 223, 226, **244**, 263; *224, 244*
 - in mattoni crudi – **223**; *223*
- Portale – 149; *149, 281*
- Porte (v. telai di porte e finestre)
- Porte scee – **153**, 160, 162; *161, 163, 164*
- Porte urbiche – 65-66, 152-153, 155, 158, 159, 162-164, 209-210; *66, 153, 155, 159, 163-164, 210*
- Portico
 - a pilastri di calcestruzzo – 251-252, 294; *252, 263, 293, 294*
 - ipostilo – 177, **192, 195-196**, 198, 289, 321, 326; *177, 192, 195, 289, 322, 326*
 - ligneo – **34-36, 60-61**; 35, 36
- Pozzolana – **240-242**, 249
- Praeciniones* – **45, 259**; *46, 259*
- Prefurnio – **75, 238, 342**, 343; *74, 238, 343, 344*
- Proedria* - **41**
- Progetto – 55, **217**; *55, 217, 219*
- Pseudoarco, pseudovolta (v. volte a mensola)
- Pseudoisodomo (muro) – **176**, 255; *175, 255*
- Pulvino – 213, **215**; *213, 216, 301*
- Puntelli – **141**; *140, 141*
- Puntoni – **24, 32**, 92, 200, **201-203** ; 25, 33, 93, *101, 201, 202*
- Puntoni di displuvio – **32, 96**; 95
- Rampe (per il trasporto dei blocchi) – 146, **222**; *222, 223*
- Regula* – 188, *347*
- Reimpiego – 12, 171, 272, **275-276**; *171, 276*
- Reni dell’arco e della volta – *352*
- Righello – 221; *221*
- Rilievo a incavo – **230**; *231* (v. anche bassorilievo)
- Rinfianco (muratura di) - 307, **313**, 318, 320, **325-326**; *261, 307, 314, 319, 320, 352*
- Roundhouse* **129-131**; 130
- Rulli – 119, **146**; 146
- Saetta – **33**, 45, **198**; *33, 46, 198*
- Saettone (v. saetta)
- Sale ipostile – **186**, 187, 194; *186, 187, 194*
- Sbatacciatura – **243, 282-283**; *243, 283*
- Scale
 - a pioli – 48, 140, 155; *48, 224*

- in mattoni – 81; 81
- in opera cementizia – 288, 295, 307, 327, 330; 272, 288, 295, 306, 307
- in pietra – 128, 132, 155; 128, 133, 156, 159
- Scalpello – 122, 227
- Scamillo del capitello – 187
- Scandole – 87
- Scapoli (definizione) – 115, 245
- Scena – 43
- Sega (anche sega a pendolo) – 125
- Segni incisi o dipinti (v. iscrizioni)
- Serliana – 214; 214
- Sesquipedali – 274, 280, 301; 274, 301
- Siglatura (v. iscrizioni)
- Silos – 12
- Sima laterale – 98-99; 98, 101, 102, 347, 349
- Sima rampante – 97, 99; 88, 89, 99, 100, 10, 347, 348
- Sistilo (definizione) – 190
- Slitte – 126; 127
- Soffitti
 - lignei – 61, 204, 206; 59, 206, 349
 - litici – 145-148, 204-207, 255; 145-147, 185, 204-207, 255, 256
- Solai – 48, 132, 295, 308, 342; 133, 295, 306
- Soppalchi – 34; 35, 130
- Sordino (v. archi e volte di scarico)
- Sostruzioni
 - in opera cementizia – 287-299; 256, 287-299
 - in opera poligonale – 158, 160, 164; 159, 161
 - in opera quadrata – 177-178, 211-212; 177, 178, 211, 212
 - in pietrame – 129, 143-145; 144
 - rivestimento litico del taglio o del terrapieno – 9, 12, 21-22, 153; 9, 152
 - terrazzamenti agricoli – 164
- Speroni – 177
- Spiccato – 283; 283
- Squadra (a elle e a bracci articolati) – 221; 221
- Staffa (della capriata) – 199; 198
- Stilatura – 276; 276
- Stilobate – 174; 173, 188, 347
- Stoa (v. portici)
- Stomion – 156, 158; 157
- Stucchi – 337; 337
- Stuoie (v. canne)
- Suspensurae (v. pavimenti sospesi)
- Tamponatura
 - delle pareti a telaio ligneo – 24-25; 14, 25
 - delle pareti a telaio litico – 141-143; 141-142
- Tauf – 27, 62; 27, 63
- Tavolato (del tetto) – 92; 93
- Tegole
 - corinzie – 88; 88, 89, 97, 102, 201, 203
 - di gronda – 86-87, 96-97; 89, 97, 102, 188
 - frontonali – 97; 88, 89
 - laconiche – 88; 89
 - marmoree – 201, 203-204; 201, 203
 - micenee – 87; 87
 - miste – 88-89; 89-90
 - protocorinzie – 88; 88
 - delle *tholoi* – 90, 201-202; 90, 20
 - nei muri in opera laterizia – 273-274
- Tegulae mammatae* – 280, 343-345; 280, 345
- Telai lignei
 - dei muri in legname e terra – 5-46; 5-46
 - dei muri in mattoni crudi – 47-48, 58-61; 47, 48, 57, 59, 60
 - dei muri in pietrame – 135-140, 250; 136-140
 - di porte e finestre – 61, 138; 138
- Telai litici
 - dei muri in *pisé* o mattoni crudi – 142-143; 143
 - dei muri in pietrame – 141-142, 250; 141-142, 250
 - di porte e finestre – 143, 149, 302; 143, 149, 301, 308
- Tenaglie – 225; 225
- Tende – 5-8; 5, 7
- Tenia – 188, 347
- Tenone e mortasa (v. Incastri)
- Terra. Caratteristiche fisico-meccaniche e modi di impiego – 26-29; 27
- Terramare – 37-38; 38
- Terrazze (v. tetti lignei a terrazza)
- Terrazzamenti (v. sostruzioni)
- Terrecotte architettoniche – 96-102; 88, 89, 96-102
- Testudo alvei* – 343; 343
- Tetti in opera cementizia – 305-308, 320-321; 306, 307, 320
- Tetti lignei
 - a capriate – 194-195, 198-200, 308; 194, 195, 198-200
 - a falde spioventi con mantello vegetale – 5-8, 9, 15, 24, 32-36; 5, 7, 9, 14, 20, 33, 35
 - a falde spioventi con tegole – 91-97, 174, 197-198, 200, 308; 91-9, 174, 201
 - a terrazza – 47-52, 342; 10, 47, 48, 49, 50, 306, 342
 - conici e piramidali – 129-131, 132, 200-203; 130, 133, 201, 202
 - testudinati – 15, 18, 91; 19
- Tetti marmorei – 203-204; 203
- Tetto a baldacchino – 100; 100
- Timpano – 100; 99, 347
- Tomba
 - a camera (v. camera funeraria)
 - a cista – 145
 - a *tholos* – 156-158; 157
 - macedone (a camera voltata) – 210-211; 211
- Torri (v. mura difensive)
- Trabeazione – 174, 185-196, spec. 187-188, 213, 231, 255; 17, 185-196, 213, 232, 255, 347, 348, 349
- Tracciamento – 55, 220-221; 220, 221
- Transenne – 192; 192, 193
- Trapeza* – 43

- Trasporto – 120, 123, 125, **126-128**, **222-223**; 127, 222-223
- Travetti (v. anche arcarecci) – **47**; 47, 48
- Travi
- definizione - **24**
 - di colmo – **32**, 91, 100, 197, **204** (in marmo); 25, 33, 92-94, 101, 203 (in marmo)
 - maestra – **47**, 92; 47, 48, 93
- Triangolo frontonale (v. frontone)
- Tribune – **194-195**, **332**; 194-195, 332
- Triglifi – **100**, 190; 102, 188, 190, 232, 233, 347
- Tubi (*tubuli*)
- a siringa per le volte (v. volte in tubi fittili)
 - condutture idriche adduttrici (*fistulae*)– 280, **343**; 344
 - condutture idriche di scarico (discendenti, pluviali) - 280, 307; 31
 - degli impianti di riscaldamento – **280**, **344**; 280, 343-345
 - discendenti per il filo a piombo - **280**
- Tumuli – **145-148**; 145-147
- Turf Wall – **29**, 45, 129; 44, 130
- Umboni – **126**; 127
- Unità di misura – **55-56**, **219-220**
- Vallum (v. fossato difensivo)
- Vasche di spegnimento – **240**
- Vasche termali – **343**; 343-344
- Vasi acustici (o echistici) – **314-315**; 314-315
- Vasi di alleggerimento – **313-314**; 313-314
- Verricello (v. argano)
- Via tecta – **293-295**; 294
- Vie di lizza – **126**; 127
- Volte
- forme geometriche – **323**
 - ad anelli trasversali – **70-74**, **318-321**; 71-74, 318-321
 - a botte – **61-74**, **207-216**, 251-252, 257, 259, 260, 284-285, 287-299, 308, 310, 315, 318-321, **323**, 324, **326-327**, 330; 61-74, 209-216, 251, 252, 257-259, 285, 287-299, 306, 309-311, 316, 318-321, 326, 327, 353
 - a botte a monta rialzata – **71**; 71, 72
 - a botte anulare – 289, **323**, **327**; 289, 305, 353
 - a botte a settori rialzati – **252**, **323**, **327**; 252, 353
 - a botte elicoidale – 155, **323**; 156, 353
 - a botte inclinata– **323**, **327**; 353
 - a botte lunettata – **323**, **327**, **330**; 330, 353
 - “a cappuccina” (v. a doppio spiovente)
 - a crociera – 211-212, **310-311**, 315, **323**, 324, **330-335**; 212, 311, 315, 325, 330-335, 354
 - a cupola – **62-64**, 146, **155-157**, **260**, **311-313**, 315, **316-318**, **323**, **324-325**, **327-328**; 63, 147, 156, 157, 261, 312, 313, 314, 317, 325, 327, 328, 354
 - a doppio spiovente – **69**, **207**; 70, 208
 - a mattoni affiancati (v. ad anelli trasversali)
 - a mensola – **61-64**, 66, 131, **132-135**, **146-149**, **155-157**, **207**, **237**; 61-63, 67, 131, 134, 135, 147, 149, 156, 157, 208, 238
 - a padiglione – 315, **323**, **329-330**; 329-330, 354
 - a semicupola – 149, 296, 315, 316, **323**, **328-329**, 335; 149, 298, 307, 328, 335
 - a unghie e fusi alternati – **323**, **334-335**; 335, 354
 - a vela – 320, **323**; 354
 - composte – 211-212, **323**; 212
 - coniche – **323**, **327**; 327, 353
 - di scarico – **69-70**, 207-208; 69
 - estradossate – **307**, 318; 307, 319
 - “galate” – **206-207**; 207
 - in conci – 146-149, 156-158, **207-216**, 302-303; 147, 149, 157, 208-216, 303
 - in laterizi – 67, **82**, 209, **318-321**, 325; 69, 82, 318-320
 - in mattoni crudi – **61-74**; 61-74
 - in pietrame – 131, **132-135**, 302-303; 131, 134, 135, 303
 - in tubi fittili – **315-318**; 315-317
 - radiali – **64-69**, **207-216**, **302-303**, **318-321**; 65-69, 209-216, 302, 303, 318-320
 - rampante, a collo d’oca, zoppa – **323**, **327**; 353
 - semplici (definizione) – 65, **323**; 353
 - statica – **61-62**, **64-65**, **324-326**; 61, 65, 325
- Volute (capitello ionico) – **189-190**; 188, 189
- Wheelhouse – **131**; 131
- Ziggurat – 53, 54, **58**, 59; 57, 59, 81
- Zoccoli
- in blocchi – 139, 152; 139, 152
 - in blocchi e pietrame – **135-136**. 140, 158; 136, 137, 140
 - in conci (v. ortostati)
 - in pietrame – 10, **22**, 48, 58, 129 ; 10, 22, 57
 - di roccia – **171**; 171
 - di terra – 8; 7
 - ionici – **176**; 176
 - megalitici – 146, **148-149**; 149



Granito rosso di Assuan



Granito violetto



Diorite



Sienite



Porfido rosso antico



Porfido quarzifero



Basalto (formazione colonnare)



Leucite



Trachite



Pomice



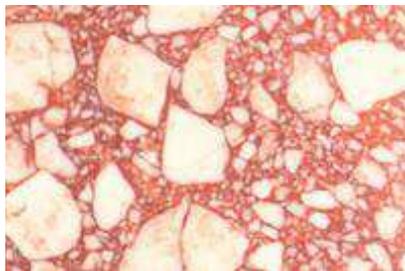
Ossidiana



Arenaria



Conglomerato



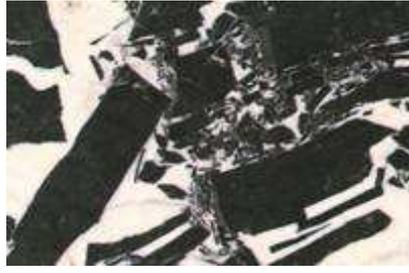
Breccia corallina dell'Asia Minore



Marmo Africano



Portasanta



Marmo di Aquitania



Breccia appenninica



Pozzolana



Tufo lionato dell'Aniene



Tufo giallo della via Tiberina



Peperino



Cappellaccio



Tufo giallo dei Campi Flegrei



Gesso (giacimento egiziano)



Travertino di Tivoli



Alabastro a pecorella



Alabastro cotognino



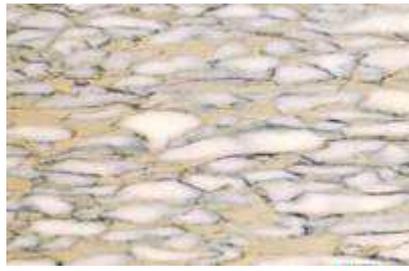
Alabastro del Circeo



Calcare bianco appenninico



Giallo antico



Cipollino mandolato



Rosso ammonitico



Calcare nummulitico



Calcare marnoso



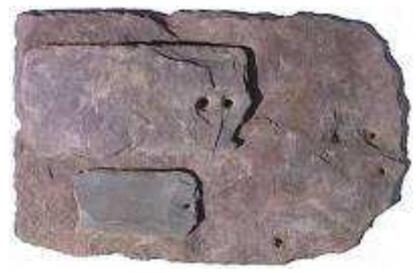
Marna



Bitume



Selce



Ardesia



Gneiss



Serpentinite



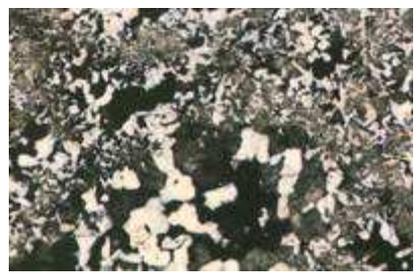
Marmo di Paro



Bardiglio



Granito del Foro



Granito verde della sedia



Basanite



Breccia verde antica



Pavonazzetto



Marmo cario



Rosso antico



Rosso antico



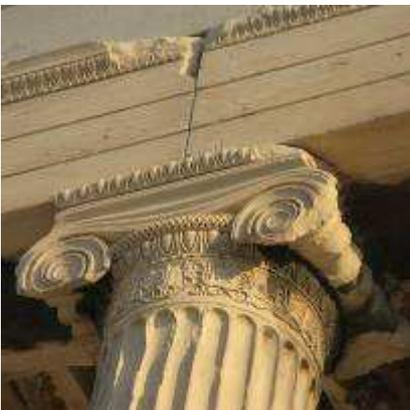
Cipollino verde



Verde antico



Breccia di Settebasi



Pentelico



Marmo lunense



Proconnesio

l'invio di stampare nel settembre 2010
dalla GRAFICA EDDIRICE ROMANA srl
Via Carlo Maratta, 2/b - Roma
Tel./Fax 06.57.40.540
graficae1@graficaeddiricromanasrl.it
