

## 1. Le più antiche testimonianze

Nell'area mediterranea la documentazione più antica di un'attività estrattiva di pietre considerate di pregio (non dunque le comuni pietre da costruzioni che si trovano dappertutto) riguarda l'*Egitto*, dove risale almeno alla seconda dinastia (III millennio a.C.), quando vennero sviluppate specifiche tecniche di lavorazione (113). I Tolomei continuano in tale attività, estraendo soprattutto graniti, basanite, alabastrì, calcari e arenarie: diversi papiri di età tolemaica ne menzionano le cave ed un'iscrizione dello stesso periodo è nelle cave di Gebel Tuch.

Anche se la prima testimonianza epigrafica di età romana (nel Uadi Hammamat) è dell'ultimo anno del regno di Augusto, la trasformazione nel 31 a.C. dell'Egitto in provincia Romana non ha significato un'interruzione del lavoro nelle cave, bensì un notevole incremento: se l'estrazione continua nelle antiche cave faraoniche di Assuan (granito rosa), di Gebel Nagug (diorite), di Uadi Barud (granito bianco e nero), di Uadi Mousal (alabastro), di Gebel Silsileh (calcare), di Gebel Tuch (con cave a galleria e a cielo aperto) e Kortassi (arenaria), di Uadi Hammamat (diorite, basanite, breccia verde), tuttavia va sottolineato che vennero aperte dall'amministrazione romana nuove cave, tra cui quelle importantissime del Mons Claudianus (Uadi Fatireh), dove si produceva il granito del Foro così chiamato dalle enormi colonne del Foro Traiano, e del Mons Porphyrites (Gebel Dokhan) da cui porfidi rossi, verdi e neri. Nel distretto dove si produceva il granito di Assuan, l'estensione delle cave era tale da consentire che non sempre le cave più recenti si sovrapponevano a quelle più antiche, per cui è stato possibile confrontare le tecniche di estrazione nei vari periodi. È emerso ad esempio che solo in età tolemaica vennero introdotti cunei di ferro per creare le linee di frattura atte al distacco dei blocchi; nel periodo faraonico invece venivano usati strumenti di dolerite, una pietra cioè più dura del granito, per praticare tagli intorno al blocco da estrarre, ed anche al di sotto in modo da introdurre leve per esercitare una forte pressione atta a determinare il distacco, eventualmente sfruttando fratture naturali della roccia.

Più tardi rispetto all'Egitto, ma anche a tempi remoti (età del bronzo) risale lo sfruttamento di cave vere e proprie in Grecia e nelle isole dell'Egeo: gli esempi più antichi

(113) Le prime cave erano già aperte durante il III millennio a.C.: R. ENGELBACH, S. CLARKE, *Ancient Egyptian Masonry*, Oxford 1930, pp. 11-22, da ultimi R. KLEM, D. KLEM, *Die Steine der Pharaonen*, München 1981.

sono forniti da Creta, dove nella parte orientale (Mallia, Palaikastro) vi sono tracce di estrazione di blocchi di pietra tenera, con tecniche riprese da quelle egiziane (trincee su tre o quattro facce del blocco da estrarre) risalenti a non più tardi del 1900 a.C. (114). L'uso estensivo della pietra come materiale da costruzione non solo per l'edilizia pubblica, ma per quella privata e per le strade e ancora l'insediamento di colonie greche sulle coste dell'Asia Minore e dell'Italia meridionale, furono la causa del moltiplicarsi delle cave, fin dal VII sec. a.C. (per il Tempio di Apollo a Corinto) e spesso aperte per le esigenze di una sola città (ad esempio per Atene, Corinto, Efeso, Mileto, Siracusa). Il fatto che fin dal VII secolo si usassero in Grecia strumenti e cunei di ferro, quando invece in Egitto si utilizzarono strumenti di bronzo almeno fino al VI secolo, ha fatto ipotizzare un'influenza anatolica e in particolare neolitica sulle tecniche estrattive (115).

Si è detto come il legame tra cave e importanti centri politici e artistici fece sì che alcuni marmi bianchi e pietre colorate divennero particolarmente famosi e continuarono perciò ad essere usati in età romana: si tratta delle cave dei monti Pentelico e Imetto in Attica e delle isole di Paros, Lesbos, Tasos (116).

Anche in Asia Minore l'attività estrattiva ha origini antichissime risalenti agli Assiri e agli Ittiti: da questi pare derivare l'innovazione tecnica del piccone leggero di ferro, sconosciuto in Egitto e adottato in Grecia (117). L'uso del marmo si diffuse tuttavia in corrispondenza delle città greche: queste aprirono, quando era possibile, cave di marmo nelle immediate vicinanze fin dall'età arcaica (Mylasa, Efeso, Mileto, Eraclea ad Latmum), anche se è il periodo romano che vide l'espandersi dell'uso del marmo in funzione delle grandiose architetture che caratterizzano le città microasiatiche (vicino a Efeso - nell'area di Belevi - sono state contate almeno 40 cave, vicino Laodicea ad Lycum almeno 38, vicino Afrodisa almeno 15, vicino Eraclea cinque gruppi di cave, e per la maggior parte appartenenti al periodo imperiale). Si tratta dunque di cave con un produzione indirizzata soprattutto alle esigenze locali, anche se in certi casi, alcuni manufatti in questi marmi, ma lavorati non presso le cave, bensì negli ateliers delle città, furono esportati (v. i sarcofagi a ghirlande di Efeso del II sec. d.C., o sculture e sarcofagi di Afrodisia). Da questo quadro si distaccano però le cave di Docimium e della valle di Altintas (presso Synnada in Frigia), del Proconneso, di Teos, di cui si è già parlato, quelle presso Iasos, dove si produceva il marmo rosso con venature bianche detto iassense (o cipollino rosso) e ancora le cave di granito della Troade e della Mysia, in quanto si tratta di cave dove l'estrazione era finalizzata soprattutto all'esportazione in centri lontani.

(114) M. WALKENS, in *Pierre éternelle*, Exposition (ed. M. Waelkens), Bruxelles 1990, p. 54. A. DWORAKOWSKA, *The beginning of stone quarrying on Crete. Some reflections*, in *Studia Aegaeae et Balcanica in honorem L. Press*, Warsaw 1993, pp. 54-58.

(115) M. WALKENS, P. DE PAEPE, L. MOENS, in *Ancient marble quarrying and trade*, BAR, Oxford 1988, p. 89 nota 27.

(116) Per i marmi greci il punto di partenza è ancora R. LEPSIUS, *Griechische Marmorstudium*, Berlin 1890; v. anche A. DWORAKOWSKA, *Quarries in ancient Greece*, Warsaw 1975; M.K. LANGDON, *Hymettiana*, in *Hesperia*, 54, 1985, pp. 257-70 e 92, 1988, pp. 75-83.

(117) WALKENS, in *Pierre éternelle*, cit., p. 56.

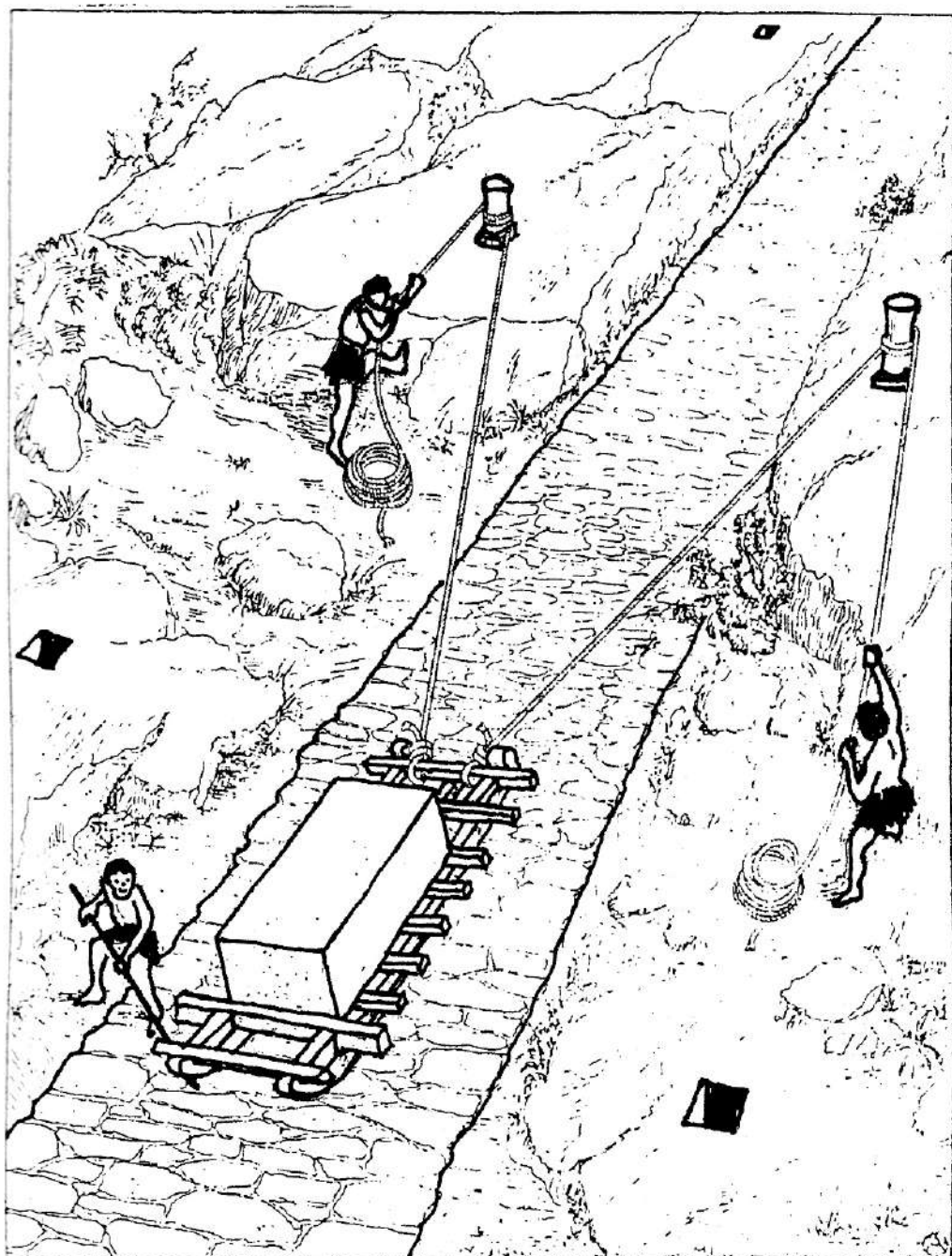


Fig. 360. Monte Pentelico, lizza (da Orlandos).

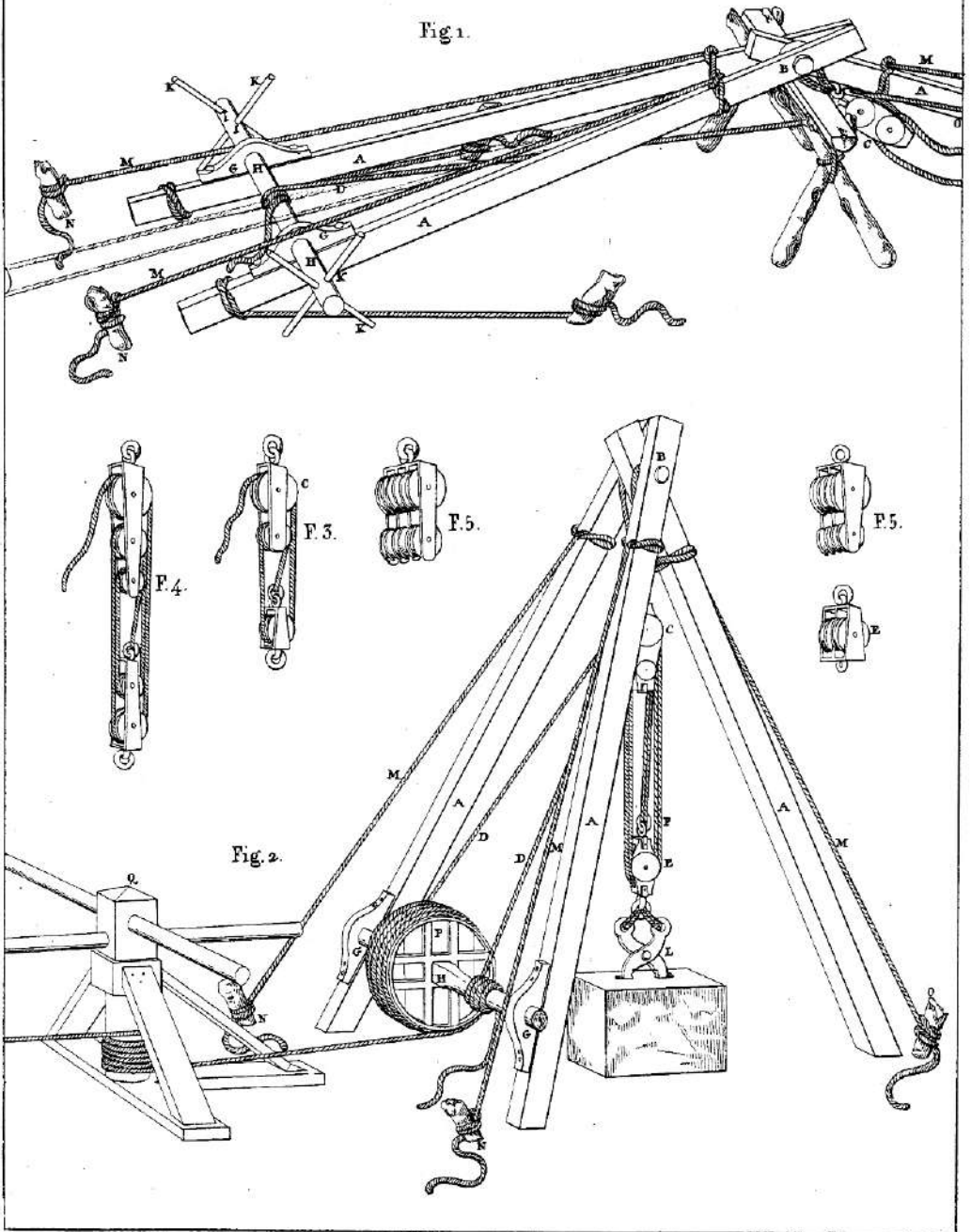


Fig. 361. Argani ricostruiti sulla descrizione di Vitruvio (da G. Morolli, L'architettura di Vitruvio nella versione di C. Amati (1829-1830).

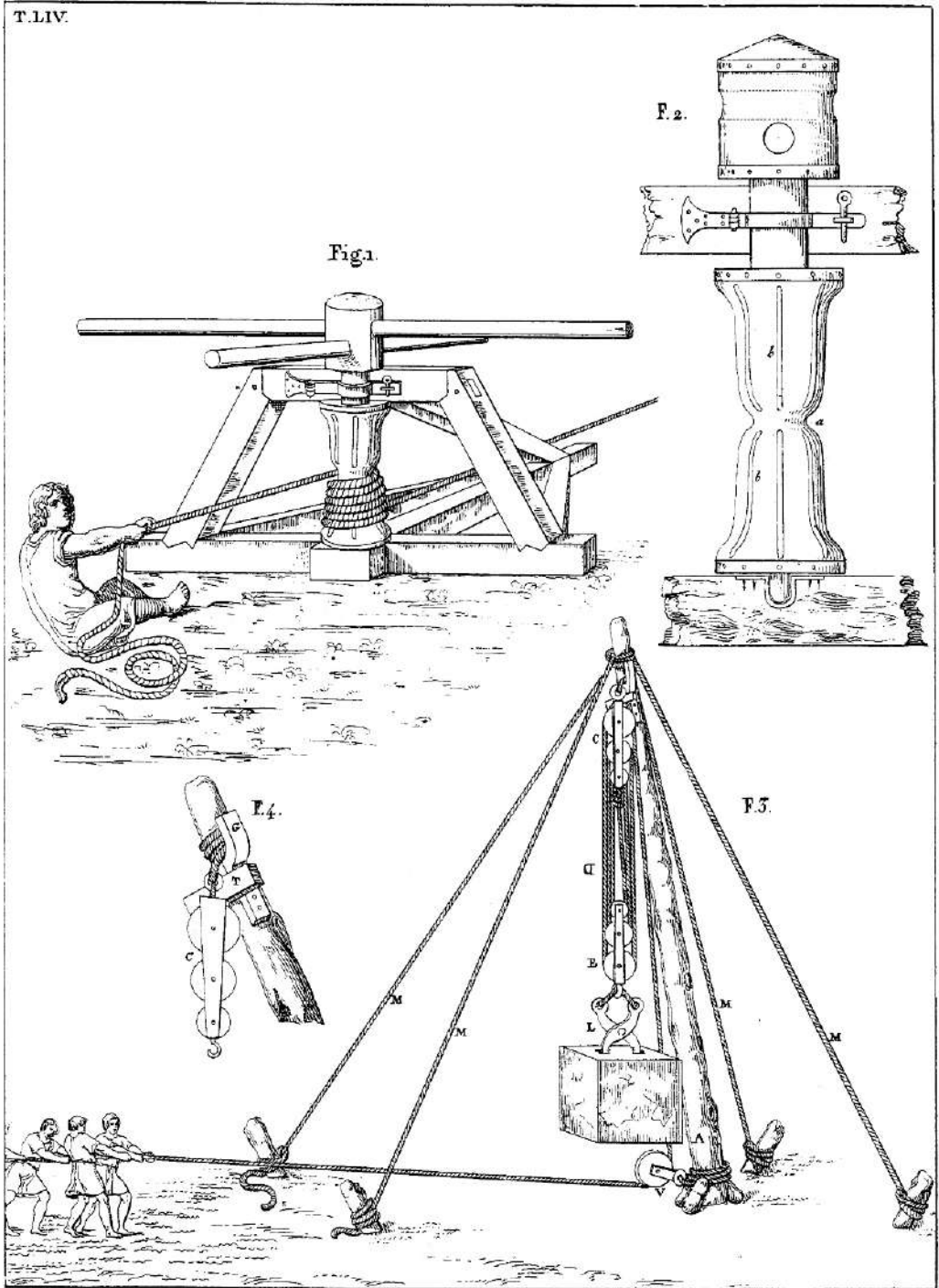


Fig. 362. Argani ricostruiti sulla descrizione di Vitruvio (da G. Morolli, L'architettura di Vitruvio nella versione di C. Amati (1829-1830).

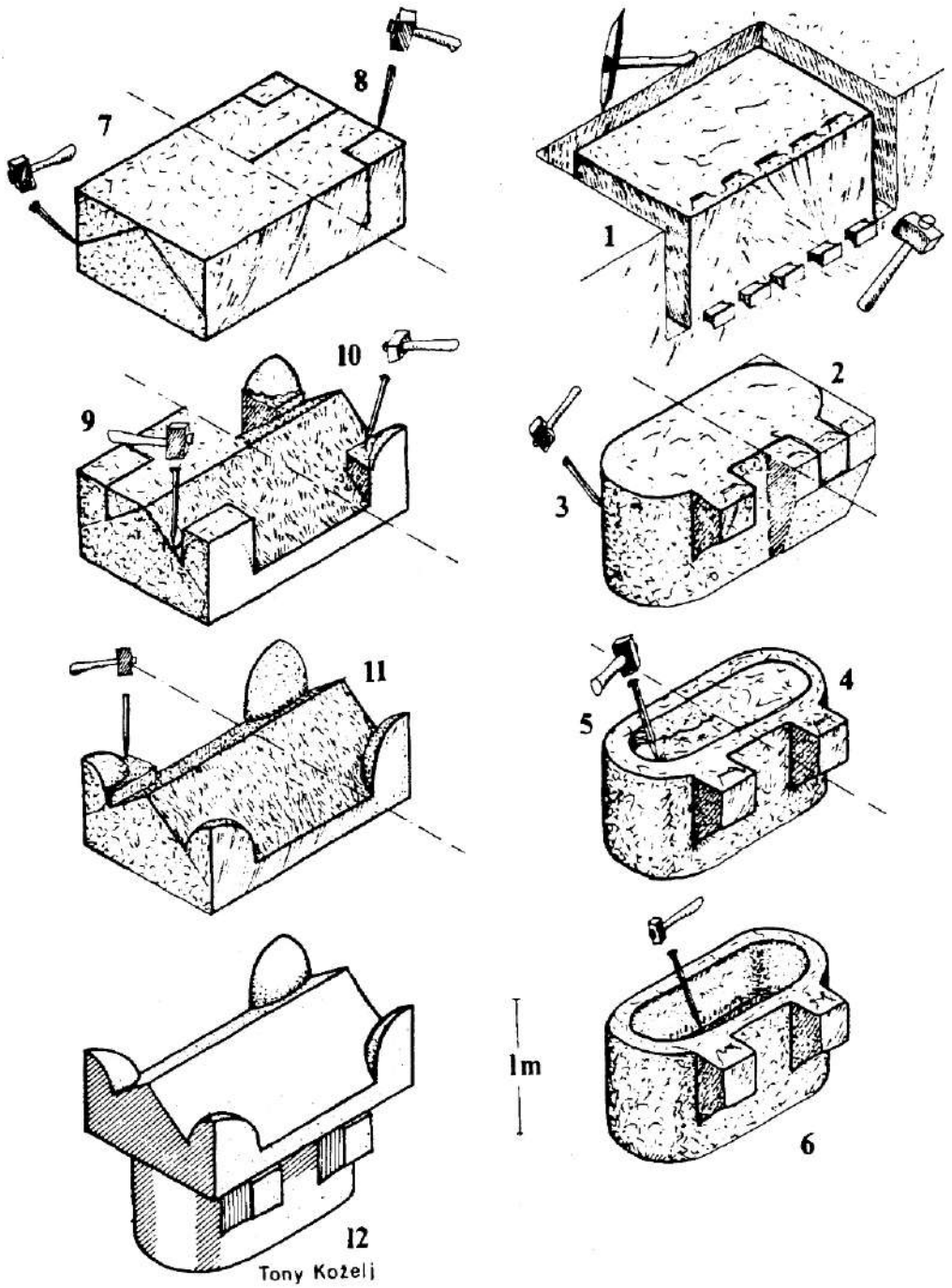


Fig. 363. Fasi di lavorazione dei sarcofagi a vasca di Tasos (da Kozelj).

## 2. Metodi estrattivi

Tutte le cave menzionate conservano tracce della lavorazione antica che hanno permesso agli studiosi non solo di ricostruire i metodi estrattivi, ma anche di distinguere lo sviluppo di tecniche diversificate a seconda dei periodi o delle esigenze determinate dai vari tipi di manufatti prodotti nelle cave.

In generale le prime operazioni che accompagnavano l'apertura di un nuovo distretto marmorifero erano la messa a nudo della roccia, eliminando gli strati superficiali inutilizzabili, e la costituzione di aree di deposito (stoccaggio) per i blocchi cavati dai singoli punti di estrazione in modo da poterli sgrossare con una subbia sul posto, dando loro forma più regolare, prima del trasporto: nello stesso tempo era necessario delimitare anche zone in cui potevano essere accumulati i residui di lavorazione, poichè le scaglie prodotte durante le varie fasi di estrazione e sgrossatura venivano ben presto a costituire un grosso intralcio se non era organizzata la loro sistemazione in punti determinati. Era ancora indispensabile che presso le cave risiedessero officine specializzate nella fabbricazione e nella riparazione degli strumenti di lavoro e nella costruzione delle macchine di sollevamento dei blocchi (tutte le cave principali conservano ancora le cavità in cui venivano inseriti i pali di questi argani).

A seconda delle varie fasi di lavorazione cambiavano ovviamente gli strumenti (conosciuti anche per essere rappresentati su vasi greci e su rilievi romani). Per l'estrazione dalla parete venivano utilizzati vari tipi di cunei, di mazze come percussori, di picconi (a tagliente piatto e a punta per le pietre tenere, a doppia punta e a manico più corto per le pietre dure) (118). Per i vari gradi di sgrossamento dei blocchi e delle colonne (anche queste erano estratte direttamente dalla parete) erano utilizzate le subbie, cioè scalpelli a punta su un lato e a testa quadrata sull'altro, dove agiva come percussore il martello («mazzetta»); vi erano anche picconi a «doppia ascia» con manici a lunghezza variabile per l'approntamento di blocchi quadrangolari. Ulteriori rifiniture e politure erano ottenute con vari tipi di subbie, gradine e scalpelli (a punta, a lama piatta ecc.).

I punti di estrazione erano scelti secondo una programmazione stabilita dal responsabile del distretto marmorifero, come si ricava da un'iscrizione di Paros che menziona un certo Eros, liberto o schiavo imperiale con la carica di *erghepistates tou latomiou*; l'aspetto tecnico dell'estrazione era controllato dagli architetti come è chiaramente documentato nelle cave del Mons Porphyrites e del Mons Claudianus (119). Che si occupassero, oltre che della costruzione di macchine per il sollevamento e della manutenzione di strade, anche del trasporto delle colonne è provato dal fatto che i nomi degli architetti compaiono soprattutto in sigle su colonne difettose abbandonate presso le rampe di carico nelle cave o su colonne di buona qualità giunte al luogo di destinazione. Inoltre il nome dell'architetto Herakleides (120) si trova inciso su una colonna lunga circa m. 10 del Mons Claudianus che ancora non è stata del tutto separata dalla parete della cava, provando così la specifica attenzione di questi tecnici di cava alle colonne, necessaria per le difficoltà date dalla composizione dei filoni di granito (ma non solo) a letti separati

(118) T. KOZELJ, in *Classical Marble*, cit., p. 36 (cfr. fig. 10, dove è raffigurato un particolare del rilievo nella Grotta delle Ninfe a Vari, sul Monte Imetto, dove il percussore della subbia sembra avere la forma di un piccone).

(119) Da ultimo v. KLEIN, *Untersuchungen zu den Kaiserlichen Steinbrüchen an Mons Porphyrites und Mons Claudianus*, cit., p. 32ss. (Apollonius di Alessandria dell'epoca di Traiano dedica un altare a Serapide, Eracleide dell'età traiano-adrianea compare su sigle di cava, uno Hieronymus è citato da un ostrakon degli inizi II d.C.).

(120) A. BERNARD, *Pan du désert*, Leiden 1977, n. 40.

da fessurazioni. Un architetto è da riconoscere, ancora a Paros, nell'Aurelius Epitynchianus, che compare in un'iscrizione dove si menziona il luogo ed il taglio (*caesura*) di cui il personaggio è il responsabile ed il settore specifico delle cave di Paros (con il termine di *bracchium secundum*) in cui agisce. La qualità e i blocchi estratti era controllata da un *probator*, mentre altri addetti si occupavano del trasporto dei blocchi al porto vicino.

Le cave antiche (chiamate *metalla* con lo stesso termine utilizzato per le miniere) erano sfruttate sia a cielo aperto a gradoni, sia nel sottosuolo e orizzontalmente. Nel primo caso, o si sfruttavano gli strati e le fessure naturali (121) della parete in modo da isolare blocchi in seguito estraibili con cunei e leve, oppure, sia che le condizioni delle faglie non presentassero un numero sufficiente di fessure, sia che queste non corrispondessero al volume desiderato dei blocchi o delle colonne, si scavavano sul banco roccioso col piccone delle fessure o trincee verticali e orizzontali: venivano poi definite rispetto alla parete e al piano inferiore linee di frattura dentro cui si scavavano cavità in cui inserire a colpi di *mazzetta* cunei di ferro, ma più spesso di legno, la cui dilatazione (tramite l'acqua) determinava il distacco.

Citiamo come esemplificazione particolare i metodi di estrazione documentati nelle cave di Barranc de la Llet presso *Tortosa* (nella Tarraconense), da dove proveniva il broccatello, utilizzato soprattutto per lastre di rivestimento e per piccole sculture e colonnine, in quanto le frequenti fessure naturali nella roccia rendevano più difficile estrarre blocchi o colonne di medie o grandi dimensioni: in una delle cave, in cui lo sfruttamento è ripreso in età moderna, si è però conservato un settore antico caratterizzato da un canalone limitato lateralmente da alte pareti; su queste si distinguono almeno 8 o 9 striature quasi orizzontali distanti le une dalle altre cm. 44/53 circa, che indicano la successione dei banchi da cui si sono estratti i blocchi. Le fitte strisce oblique, ora in un verso ora nell'altro, che caratterizzano la parete rocciosa tra una striatura e l'altra, testimoniano lo scavo delle trincee per il distacco dei blocchi, per i quali era solo raramente necessario l'uso dei cunei per il distacco della superficie inferiore, data la fitta stratificazione della roccia: solo all'estremità di una delle pareti del canalone si conservano gli alloggiamenti di 12 cunei (l'impronta della punta è larga cm. 10/15, spessa cm. 1,5/2), scavati all'interno di una trincea (largh. cm. 260, alt. cm. 15, prof. cm. 19).

I segni sono molto chiari anche sulle cave di Moria nell'*isola di Lesbo*, dove si estraeva un bigio antico molto apprezzato per colonne e bacini in epoca imperiale, tanto da comparire ancora nell'Editto dei Prezzi di Diocleziano: sulle pareti della cava sono conservati in molti punti i segni degli strumenti, da cui risulta il consueto procedimento dell'intaglio di trincee attraverso colpi di piccone che hanno lasciato una serie di strisce oblique e parallele; queste sono pareggiate a intervalli regolari da striature orizzontali costituite da una serie di punti accostati dovuti ai colpi del piccone. Nei settori della cava i blocchi erano estratti da una parete in leggero declivo: inizialmente venivano intagliate tre trincee in modo da isolare il blocco sul retro e sui fianchi, mentre sul lato anteriore una quarta trincea era scavata perpendicolarmente alla superficie e ad un livello inferiore rispetto alla profondità raggiunta dalle altre tre: nella quarta trincea venivano poi inseriti i cunei, in modo da ottenere la linea di frattura che avrebbe costituito il piano inferiore del blocco. Infine si procedeva al distacco tramite l'ausilio di leve sul retro, per facilitare la frattura anche sul tratto inferiore degli altri tre lati del blocco e risparmiare così l'approfondimento delle trincee sul retro e sui fianchi. Per l'estrazione dei blocchi successivi

(121) Da ultimo: W. Vettters, *Ancient quarries around Ephesus and examples of ancient stone-technologies*, in *The engineering Geology of ancient Works, monuments and historical Sites*, Rotterdam 1988-90, IV, pp. 2067-2070.



non era più necessario lo scavo della trincea anteriore, in quanto questa veniva a corrispondere con lo spazio vuoto lasciato dal blocco precedentemente distaccato.

In alcuni casi, ad esempio nelle cave di Alikì, di Carystos, di S. Teresa di Gallura in Sardegna, è anche documentata, in congiunzione ai cunei, o anche da sola, la c.d. tecnica *pointillé*, che consisteva nel praticare con l'ausilio di una subbia una fitta serie di piccole cavità circolari alla base delle trincee scavata intorno ai tre lati del blocco da estrarre, in modo da favorirne il distacco (122).

Quando i blocchi o le colonne venivano così estratti lungo un certo allineamento orizzontale e rimossi, la parete rocciosa, originariamente in declivo, presentava un gradone ed era sul piano inferiore di questo che si procedeva alle nuove operazioni di distacco, in modo da creare una serie di gradoni: giunti al termine del declivo naturale si poteva scendere verticalmente su uno o più fronti di «abattage», finchè restava un grande fronte, talvolta alto fino a 30 m., contraddistinto da una serie di linee parallele di lavorazione che individuano la distanza tra i gradoni originari.

Lo sfruttamento nel sottosuolo veniva invece attuato a causa della configurazione naturale del suolo, che rendeva più difficile il sistema a cielo aperto: nel caso delle grandi cave di marmo è tuttavia raro che costituisca l'unico procedimento di estrazione, in quanto contemporaneamente in altri settori era usato anche quello a cielo aperto, come mostrano ad esempio le cave di giallo antico a Simitthus, dove numerose gallerie e caverne sotterranee furono scoperte accanto ad ampi settori interamente a cielo aperto. In molti casi si deve pensare che lo scavo nel sottosuolo fosse scelto per seguire una vena particolarmente pregiata ed è questa certamente la ragione per il prevalente sfruttamento a gallerie sotterranee delle cave di Paros (è noto come la qualità più pregiata del marmo di Paros fosse chiamato *lychnites*, per il fatto che la sua estrazione avveniva alla luce di lanterne: Plinio N.H., XXXVI, 14) (123), o per la presenza di ampie «caverne» sul Pentelico: in entrambi i casi, poichè la qualità prevalente del marmo non era quella uniformemente bianca, bensì azzurrastra, quando invece affioravano filoni marmoriferi particolarmente bianchi, si rendeva necessario il loro sfruttamento con gallerie o caverne fino all'esaurimento, in modo da non sobbarcarsi la rimozione degli strati superficiali se questi erano molto spessi e appunto costituiti da qualità meno pregiate di marmo. Era proprio il valore economico e la grande richiesta per la statuaria della qualità bianca che determinava, dunque, la scelta dell'estrazione in galleria, nonostante fosse un procedimento più complesso e molto più costoso rispetto a quello a cielo aperto.

Infine va rilevata la differenza tra l'estrazione nel sottosuolo a gallerie e a caverne, questa con forme miste proprie anche dell'estrazione a cielo aperto: tra l'altro il soffitto veniva spesso sostenuto da grandi pilastri risparmiati nel marmo, in modo da ottenere un'ampia superficie sfruttabile con i metodi a cielo aperto: un esempio noto si trova presso Efeso sul Monte Kurt Kaya dove la caverna Kus-ini ha una superficie di m. 100 × 40 ed un'altezza di m. 8-10; un altro sul fianco del Monte Pentelico, dove a 700 m. di altitudine vi è la cava di Spilia caratterizzata da una piccola chiesa bizantina a destra dell'entrata alla caverna. Citiamo ancora le imponenti cave di tufo rosso nei pressi di Roma, quale le «Grotte di Salone» e le «Grotte di Cervara», queste da identificare con le *lapidicinae pallenses* menzionate da Vitruvio (124), in uso durante tutta l'età repubblicana

(122) J.B. WARD PERKINS, in *Marble in Antiquity*, London 1992, p. 16, fig. 9.

(123) Cfr. A. DWRAKOWSKA, *Quarries of Ancient Greece*, Warsaw 1975, p. 155, sulle due gallerie più famose («Grotta di Pan», Grotta delle Ninfe) e sul sistema misto di sfruttamento a cielo aperto e a gallerie di Paros.

(124) VITR., II, 7; STRAB., V, 3, 11.

e la prima età imperiale, sfruttate sia a cielo aperto, sia a gallerie parallele sia a caverne sostenute da grossi pilastri (125).

Va sottolineato in generale come l'esigenza costante nei vari procedimenti era quella di assicurare un rendimento sempre più grande nell'estrazione dei blocchi, ed in tal senso vanno alcune, anche se rare, innovazioni tecniche che miravano ad accelerare i modi di produzione, riscontrate (ma non solo) nelle grandi cave microasiatiche di marmi bianchi: venne così introdotto in età domiziana uno strumento più efficace per estrarre i blocchi, cioè un piccone più pesante che permetteva a parecchi operai di lavorare contemporaneamente (126). Infatti il piccone leggero delle cave greche, utile per le pietre tenere, non penetrava profondamente in un materiale duro come il marmo per cui il taglio di una fenditura era prima eseguito per diversi metri lungo il contorno del banco da cui estrarre i blocchi e solo dopo in profondità: il lapicida era così costretto a indietreggiare dopo ogni colpo, impedendo quindi il lavoro di parecchi operai insieme. Il nuovo e più potente strumento permetteva invece di penetrare molto più a fondo nella parete, permettendo un'azione più in profondità che in estensione e consentendo così agli operai di lavorare più vicini (127).

Questa innovazione ed altre simili sono anche il segno del cambiamento che si era verificato nelle cave di età imperiale, dove la produzione non era più determinata da specifiche commissioni, in quanto la pratica corrente era divenuta la «prefabbricazione» - e non solo di blocchi, ma anche di altri manufatti marmorei, quali colonne, capitelli, architravi, vasche, sarcofagi, ecc. - in previsione della domanda sempre maggiore dei cantieri imperiali e dell'evergetismo sia imperiale sia privato. Il sistema della prefabbricazione e dell'immagazzinamento in previsione della domanda non riguardò solo le cave imperiali (Proconneso, Docimium), ma anche alcune cave appartenenti a città o a privati, come quelle di Efeso e di Afrodizia.

Dopo l'estrazione il blocco era sommariamente sgrossato in modo da ricevere la forma più appropriata alla sua destinazione, anche con l'eliminazione del peso superfluo per facilitarne il trasporto; talvolta, quando eccessivamente grosso, veniva diviso, di nuovo col sistema dei cunei inseriti in cavità praticate lungo la linea desiderata di rottura, questa ottenuta con un colpo di mazza sul cuneo centrale, o, se si voleva meglio controllare l'operazione, col sistema delle trincee. Abbiamo già detto come molti blocchi e tamburi del canale di Fiumicino conservano ben visibili una delle pareti delle trincee con cui erano stati suddivisi.

Infine i blocchi venivano sollevati con l'ausilio di argani e gru ed avviati con vari sistemi di trasporto al luogo di destinazione o ai porti d'imbarco. Vitruvio nel libro X del *De Architectura* e Heron di Alessandria nelle sue *Arti meccaniche* (I, III, c. 9) descrivono i vari tipi di macchine di sollevamento (*machinae tractoriae*) a seconda dei pesi da sollevare e del raggio di azione: nelle cave era spesso utilizzato un tipo molto semplice costituito da tre montanti obliqui, collegati in cima da dove pendeva una staffa a cui erano fissate carrucole rotanti su assi molto corti; in queste venivano fatte passare le funi collegate tramite il cavo di trazione al tamburo del verricello, di norma azionato manualmente (argano manuale), oppure sostituito da grandi tamburi con uomini all'interno che ne provocavano la rotazione, quando era necessaria una grande potenza di sollevamento.

A parte brevi spostamenti su terreno piatto, che potevano avvenire facendo rotolare

(125) L. QUILICI, *Collatia, Forma Italiae*, Roma 1974, p. 105ss., n. 32; p. 143ss., n. 55.

(126) WALKENS, in *Le Marble dans l'Antiquité, Le dossiers d'archéologie*, 173, 1992, p. 25.

(127) M. WALKENS, P. DE PAEPE, L. MOENS, in *Ancient marble quarrying and trade*, cit., p. 97.

i blocchi su rulli di legno, quando il trasporto avveniva su un piano inclinato, come i fianchi della montagna su cui sorgevano le cave, si utilizzavano scivoli in legno o con il fondo lastricato o regolarizzato naturalmente dal continuo passaggio di carichi: in tal modo, sfruttando il declivo, i blocchi scendevano da soli, trattenuti però da funi che venivano lentamente rilasciate facendole scorrere intorno a pioli o a fusti di alberi ai lati dello scivolo. Ciò è ben visibile sul Monte Pentelico dove si distinguono chiaramente lungo i bordi di uno scivolo pavimentato a lastre le cavità rettangolari in cui si piantavano i pioli di legno. Quando il pendio era molto leggero e sempre su lunghe distanze via terra s'impiegavano carri a quattro ruote tirati da buoi che arrivavano a compiere percorsi di circa 15 km al giorno, purchè i cambi dei buoi fossero frequenti. È per questo che le spese di trasporto incidono notevolmente sul costo dei marmi.

Sono note presso alcune cave, ad esempio ai piedi del Mons Porphyrites, pedane sopraelevate su cui si spingevano i blocchi ed altri manufatti in modo da caricare con più facilità i carri che vi si erano accostati, risparmiando l'uso delle gru.

Vitruvio (De Arch., X, 2) c'informa di macchine da trasporto inventate per specifici cantieri edilizi (per l'Artemision arcaico di Efeso rocchi inseriti in intelaiature lignee rettangolari, architravi dalle estremità inserite in ruote lignee, per la base della statua di culto dell'Apollonion di Efeso, in età augustea, grande blocco inserito in una ruota a tamburo), ma non sembra che se ne avesse un'applicazione generalizzata nelle cave per varie difficoltà tecniche.

Di nuovo macchine da sollevamento intervenivano per caricare i blocchi sulle navi da trasporto e a Tasos le impronte dei montanti sul suolo roccioso del porto di Alikì hanno permesso la ricostruzione di una grande gru a doppio tamburo a trazione umana (128).

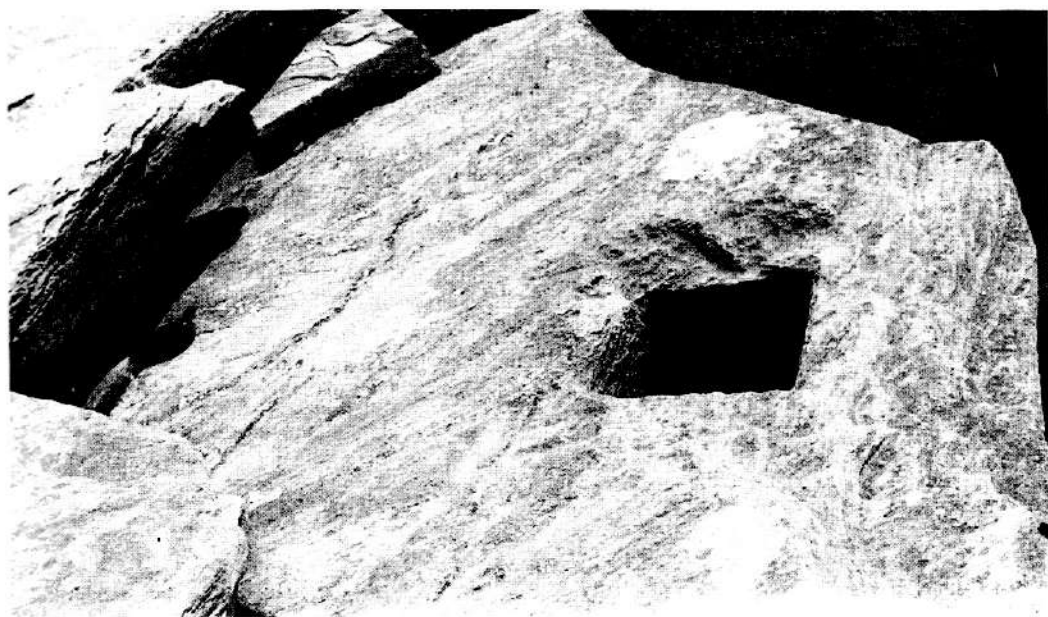
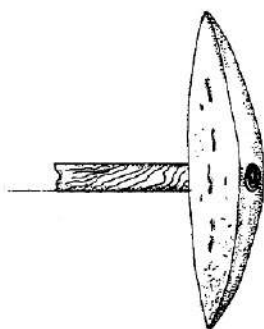


Fig. 364. Cava nel settore di Myloi del distretto di Karystos alla fig. 289, foro per inserimento di braccio di argano.

(128) J.P. SODINI, A. LAMBRAKI, T. KOZELI, Alikì I, Les carrières de marbre à l'époque paléochrétienne, *Etudes Thasiennes*, 9, 1980, pp. 79-137, figg. 83, 84. Da ultimo: W. VETTERS, Ancient quarries around Ephesus and examples of ancient stone-technologies, in *The engineering Geology of ancient Works, monuments and historical Sites*, Rotterdam 1988-90, IV, pp. 2067-2070.



PICCONE



CUNEO



SUBBIA



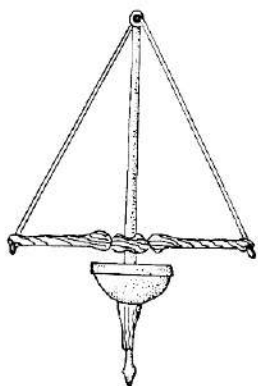
SCALPELLO



GRADINA



Fig. 365. Strumenti per lavorare il marmo.



TRAPANO



RASPA



RASPA



SEGA



Fig. 366. Strumenti per lavorare il marmo.

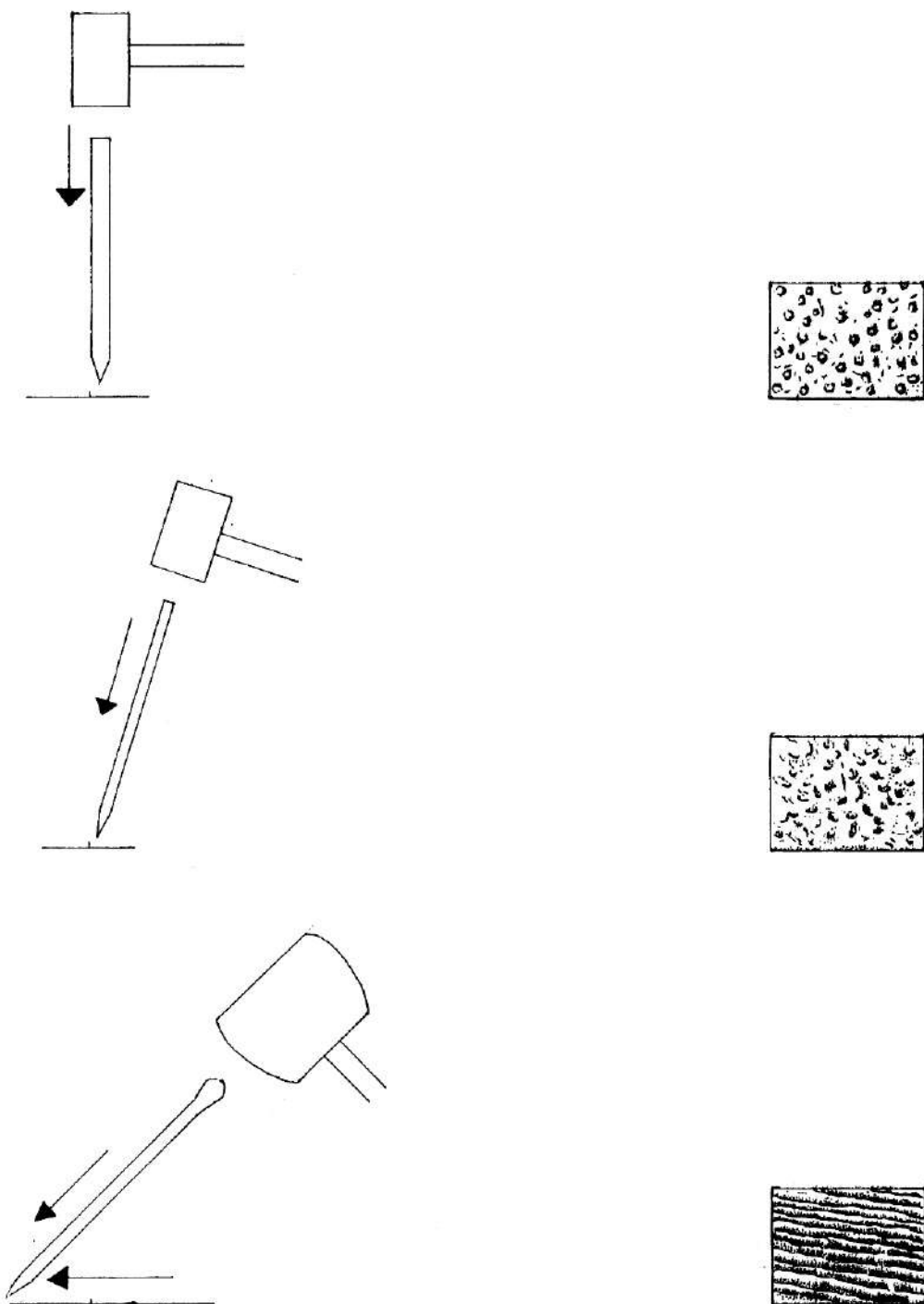


Fig. 367. Segni lasciati dalla sabbia a seconda della sua inclinazione.