

A wide-angle photograph of a marble quarry. The scene shows a large, light-colored rock face being excavated, with a dirt road winding through the site. In the foreground, there are piles of crushed marble and a small blue excavator. The background features rolling hills under a clear blue sky.

# ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΜΑΡΜΑΡΩΝ

Μ. Μενεγάκη  
Αν. Καθηγήτρια

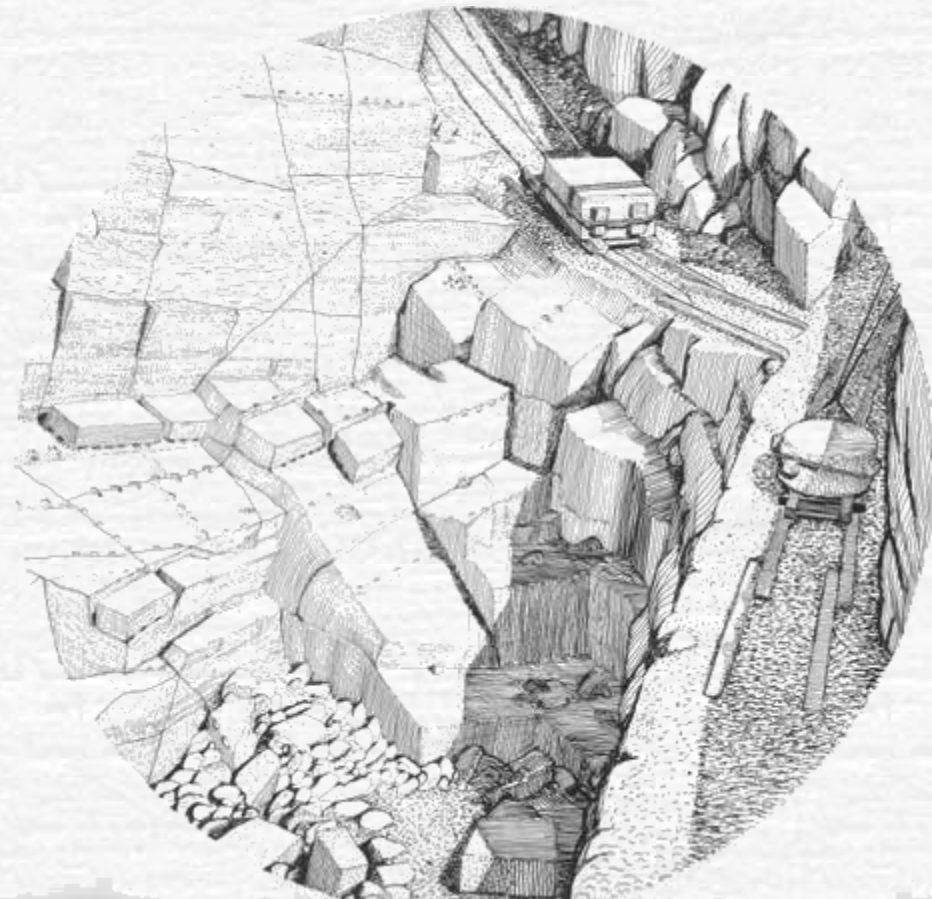
# Η εξόρυξη στην αρχαιότητα

Αρχαίες μαρτυρίες για τον τρόπο εξόρυξης των μαρμάρων δεν υπάρχουν, αλλά από ευρήματα και διαπιστώσεις στα αρχαία λατομεία που διατηρήθηκαν μέχρι σήμερα φαίνεται ότι δεν υπήρχαν ιδιαίτερες διαφορές στην διαδικασία εξόρυξης από αυτήν που εφαρμόζαν οι λατόμοι, μέχρι πριν από λίγα χρόνια, πριν δηλαδή να γενικευτεί η χρήση των σύγχρονων μηχανημάτων εξόρυξης.



# Τα αρχαία λατομεία διακρίνονταν σε επιφανειακά και υπόγεια

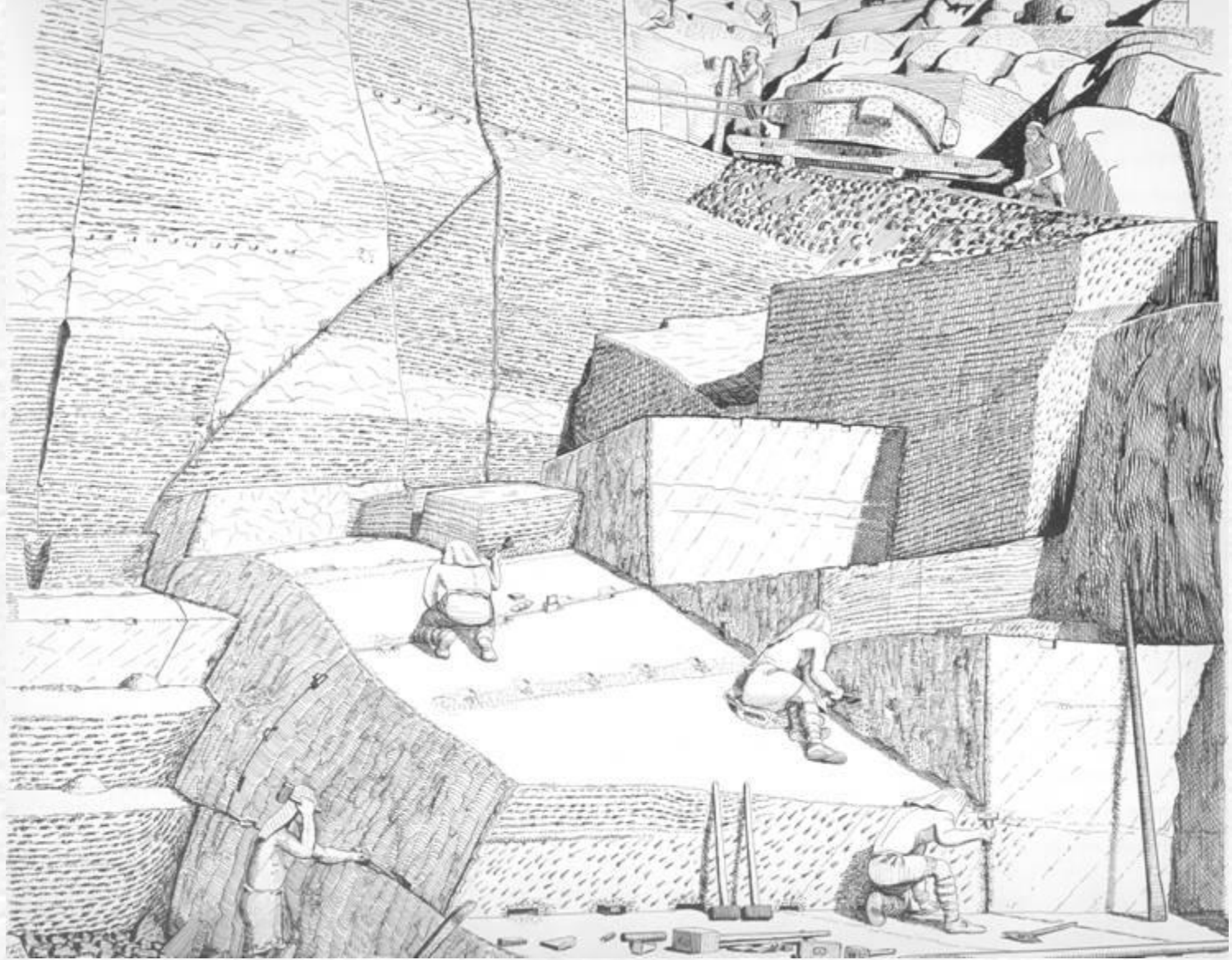
Στην Αρχαία Ελλάδα υπήρχαν λατομεία, που λειτουργούσαν για να φτιαχτεί ένα συγκεκριμένο έργο, αλλά και μεγάλα, οργανωμένα λατομεία όπου εξορυσσόταν μάρμαρο για διάφορα έργα και πολλές φορές μεταφερόταν σε μεγάλες αποστάσεις.



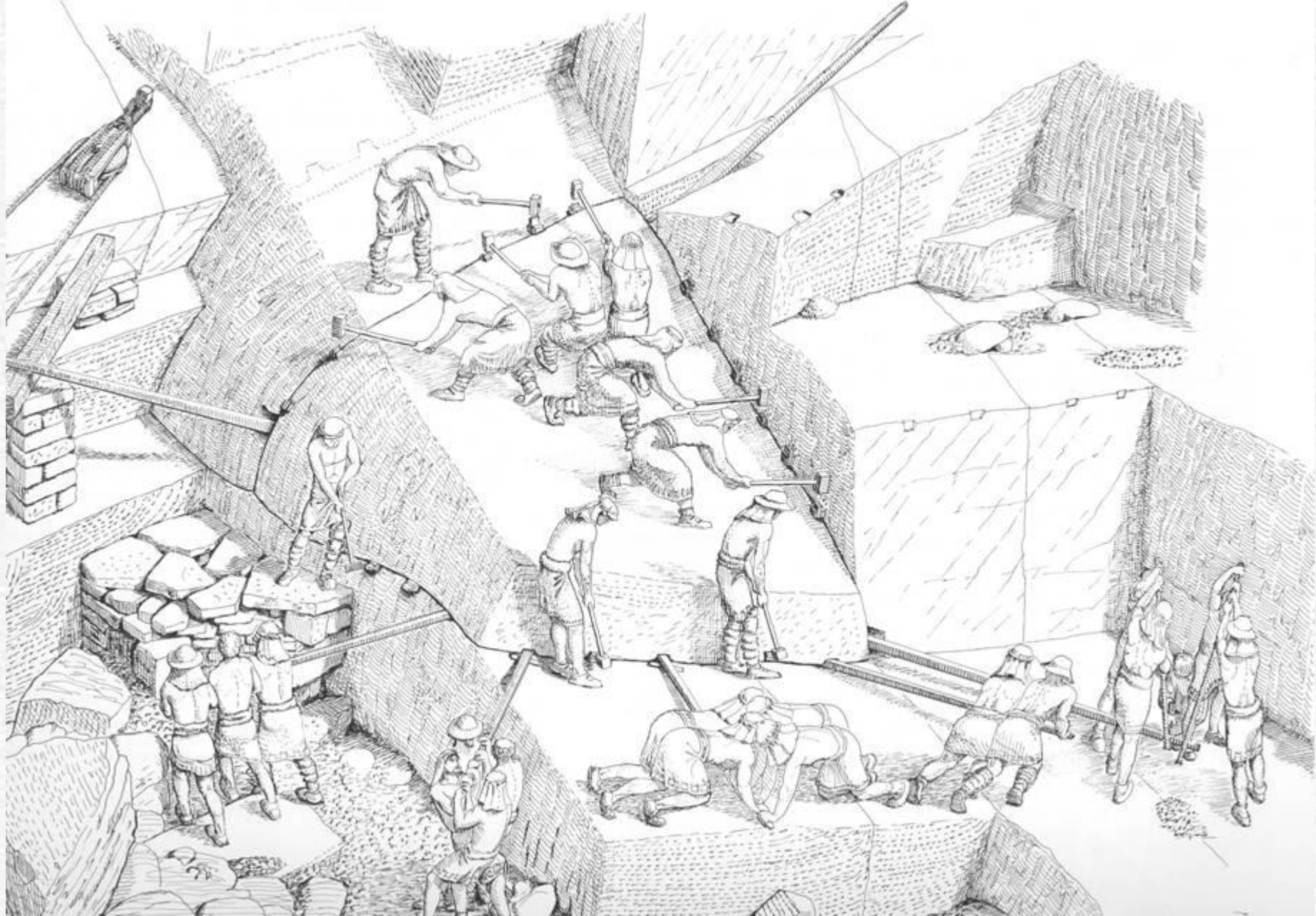
Η εξόρυξη του μαρμάρου ήταν μια εργασία με πολλά στάδια και μεγάλες απαιτήσεις σε εμπειρία από τους λατόμους.

Χαρακτηριστικό γνώρισμα των λατόμων εκείνης της εποχής ήταν η ικανότητα να διακρίνουν τον σχισμό και τις εσωτερικές λιθολογικές αδυναμίες του υλικού.





*Η απόσπαση των όγκων γινόταν με τη δημιουργία κατακόρυφων και οριζόντιων αυλακιών με πριόνι και άμμο. Στη συνέχεια άνοιγαν σε αυτά υποδοχές για σφήνες από σίδηρο. (22 ώρες συνεχούς δουλειάς από δύο άτομα για να ανοιχθεί αυλάκι μήκους 1 μέτρου)*



Στη συνέχεια τοποθετούνταν μεγάλοι μοχλοί ικανοί να πολλαπλασιάσουν επί τριάντα την δύναμη μιας ομάδας εργατών.

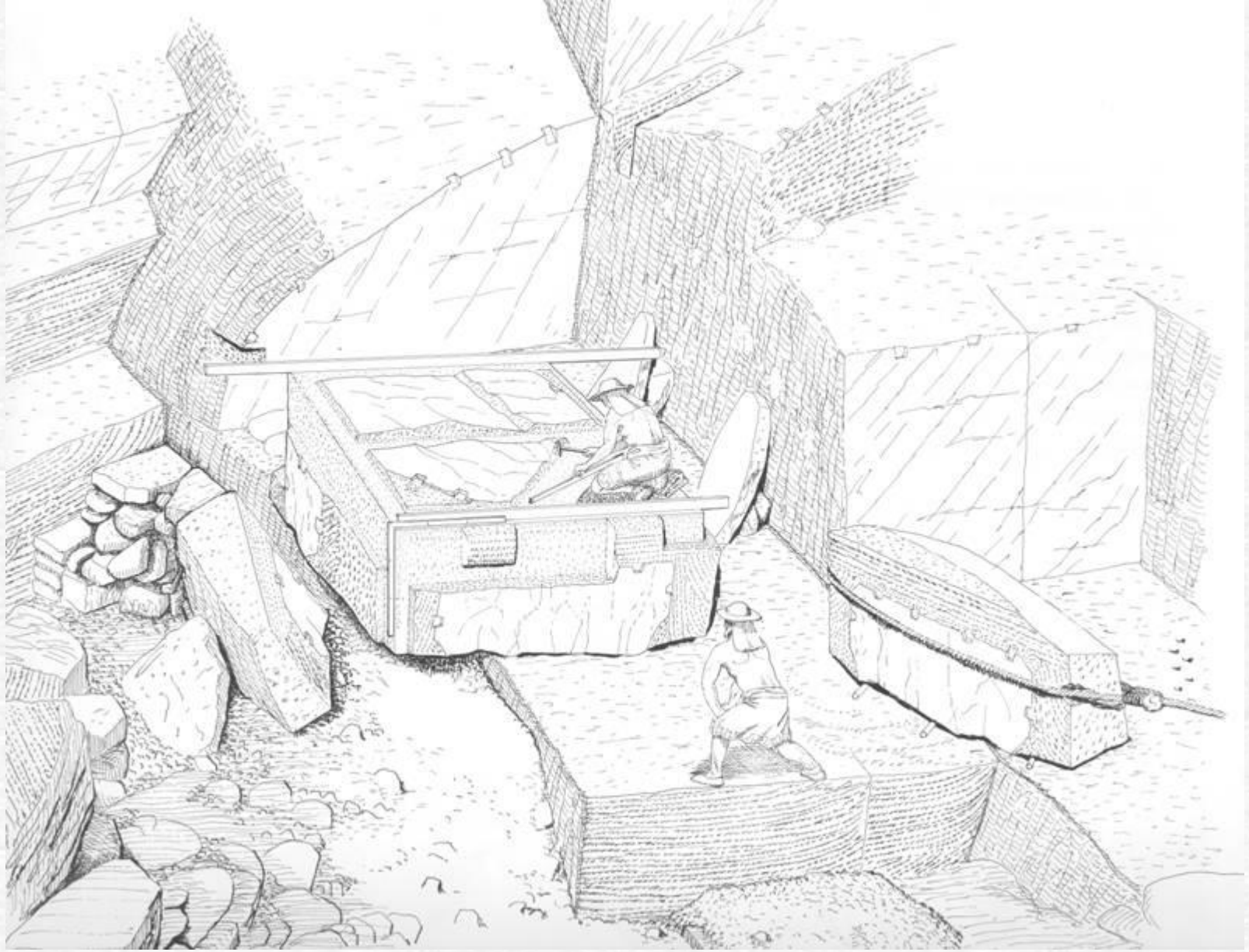


*Η επόμενη φάση αφορά στην αποκοπή του πλεονάζοντος μαρμάρου από τον όγκο για να φύγει το περιττό βάρος και να γίνει ευκολότερη η μεταφορά.*

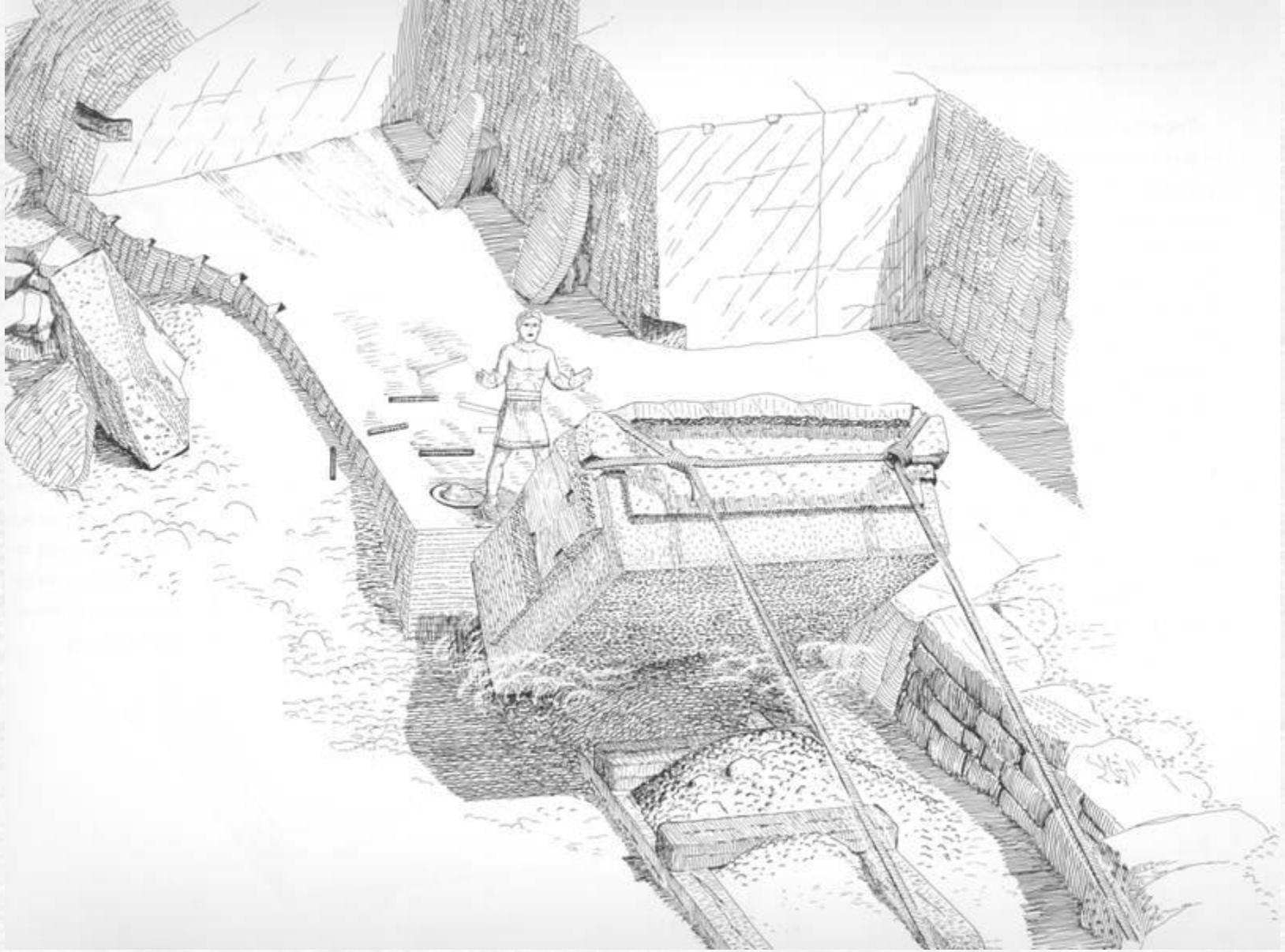


*Οι ρωγμές και οι φυσικές ατέλειες έπρεπε να αναγνωριστούν εγκαίρως ώστε να γίνουν αλλαγές στην διεύθυνση του κοψίματος, που να εξασφαλίζουν ότι οι ατέλειες αυτές δεν θα εμφανίζονταν σε ευαίσθητα, εκτεθειμένα ή ιδιαίτερα καταπονούμενα μέρη της τελικής κατασκευής.*

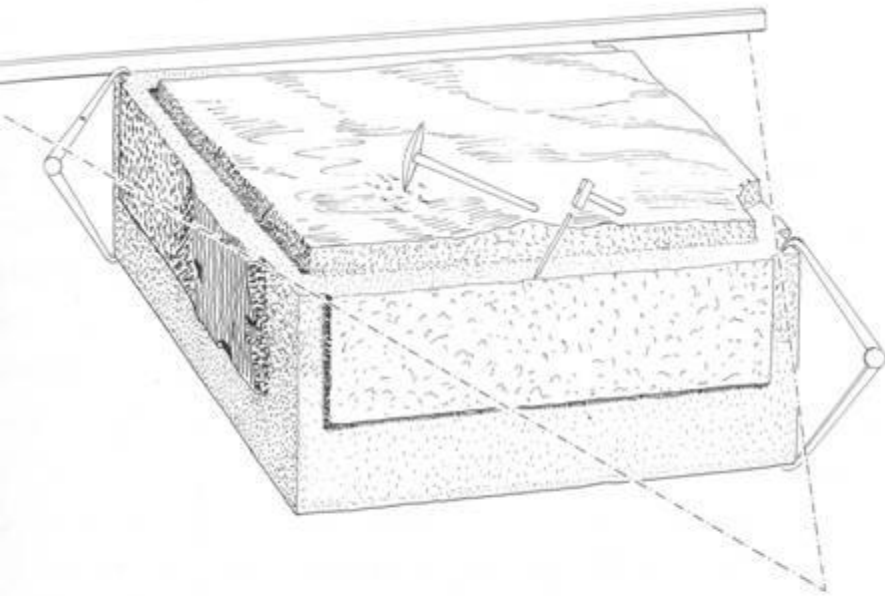




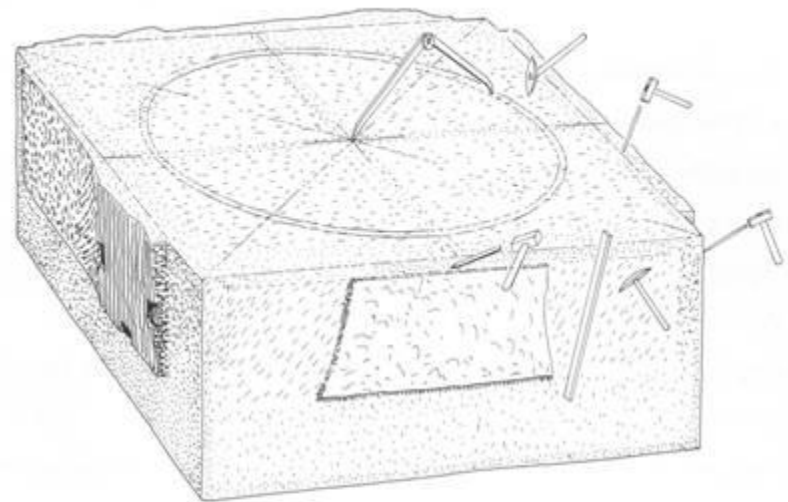
Με ακριβείς μετρήσεις και γεωμετρικές πράξεις ετοιμάζονταν λαξευτοί οδηγοί για τη επιπέδωση των επιφανειών και την εύρεση των ορίων της κάτω πλευράς.



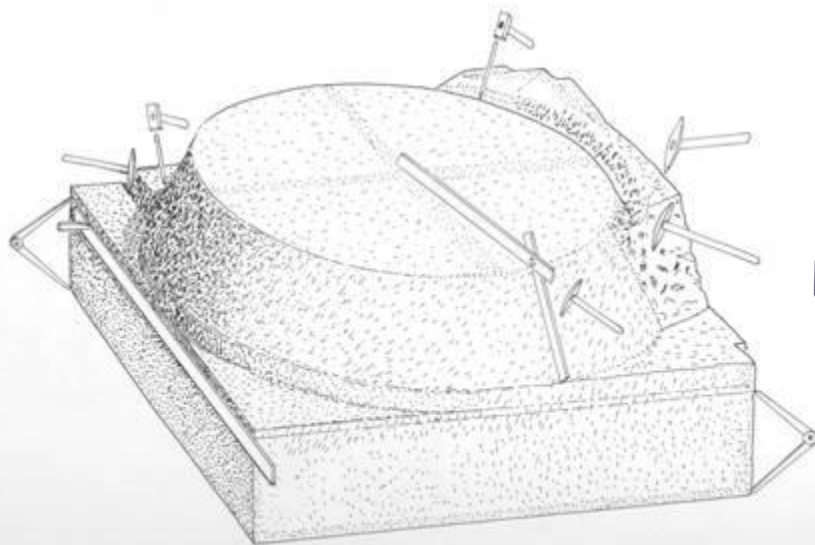
*Ακολουθούσε η ανατροπή του όγκου, με τη βοήθεια κυλινδρικών κυλίστρων και σχοινιών με βαρούλκα, στο χαμηλότερο επίπεδο για την χονδρική κατεργασία της κάτω πλευράς.*



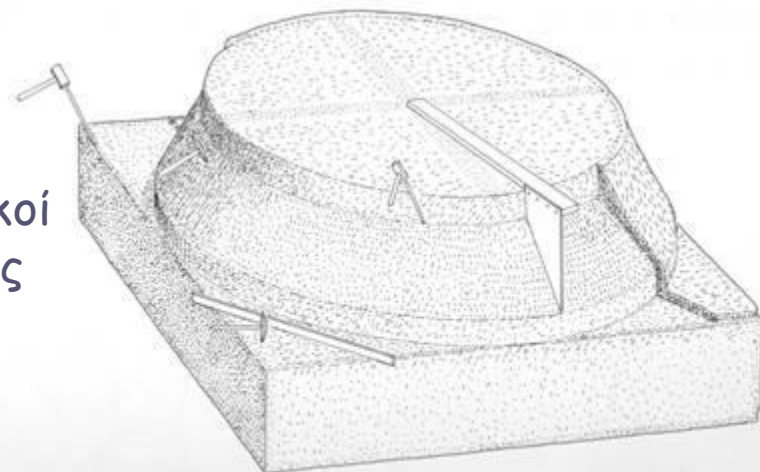
Επίπεδο αναφοράς



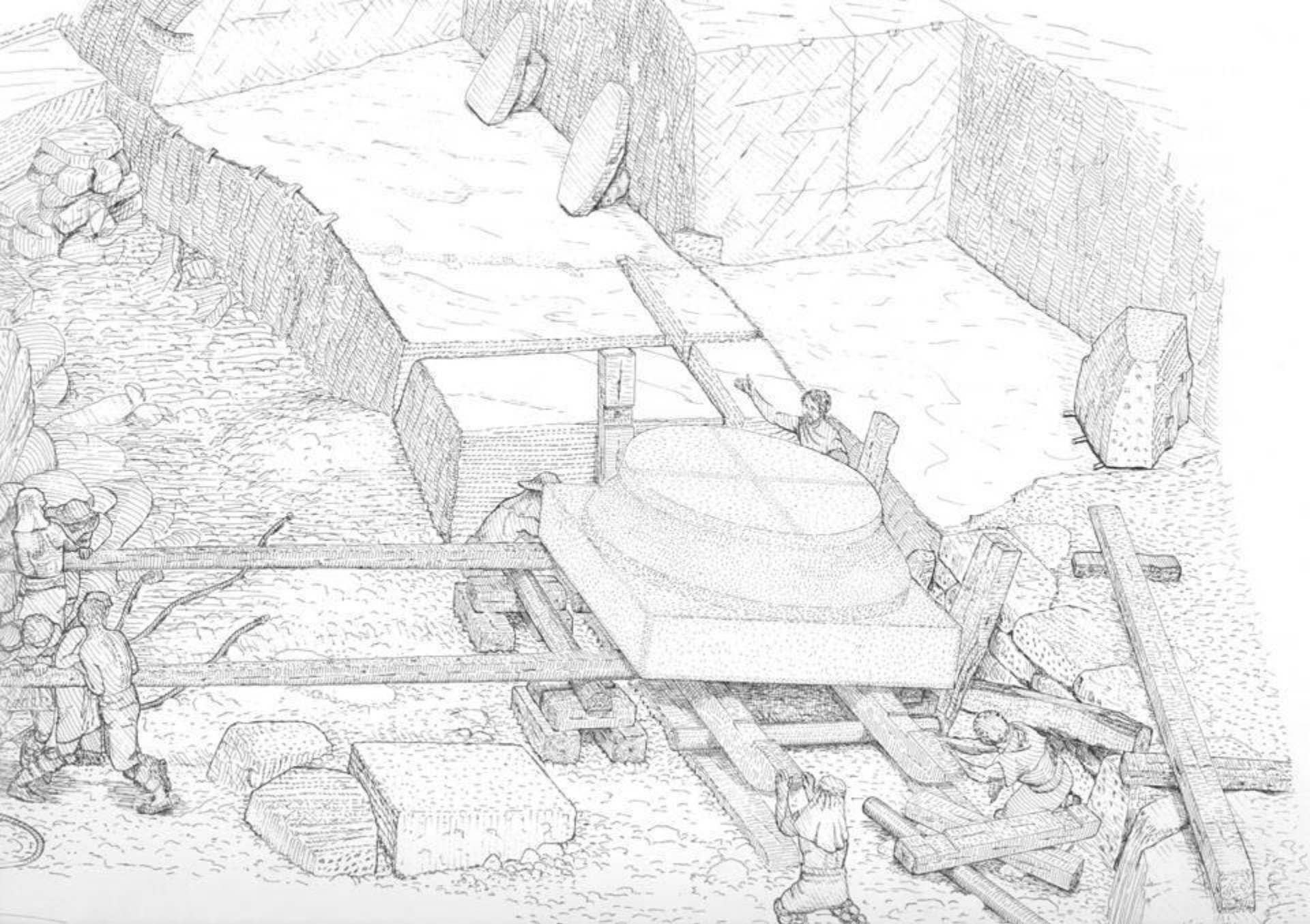
Ορισμός κέντρου και οδηγών



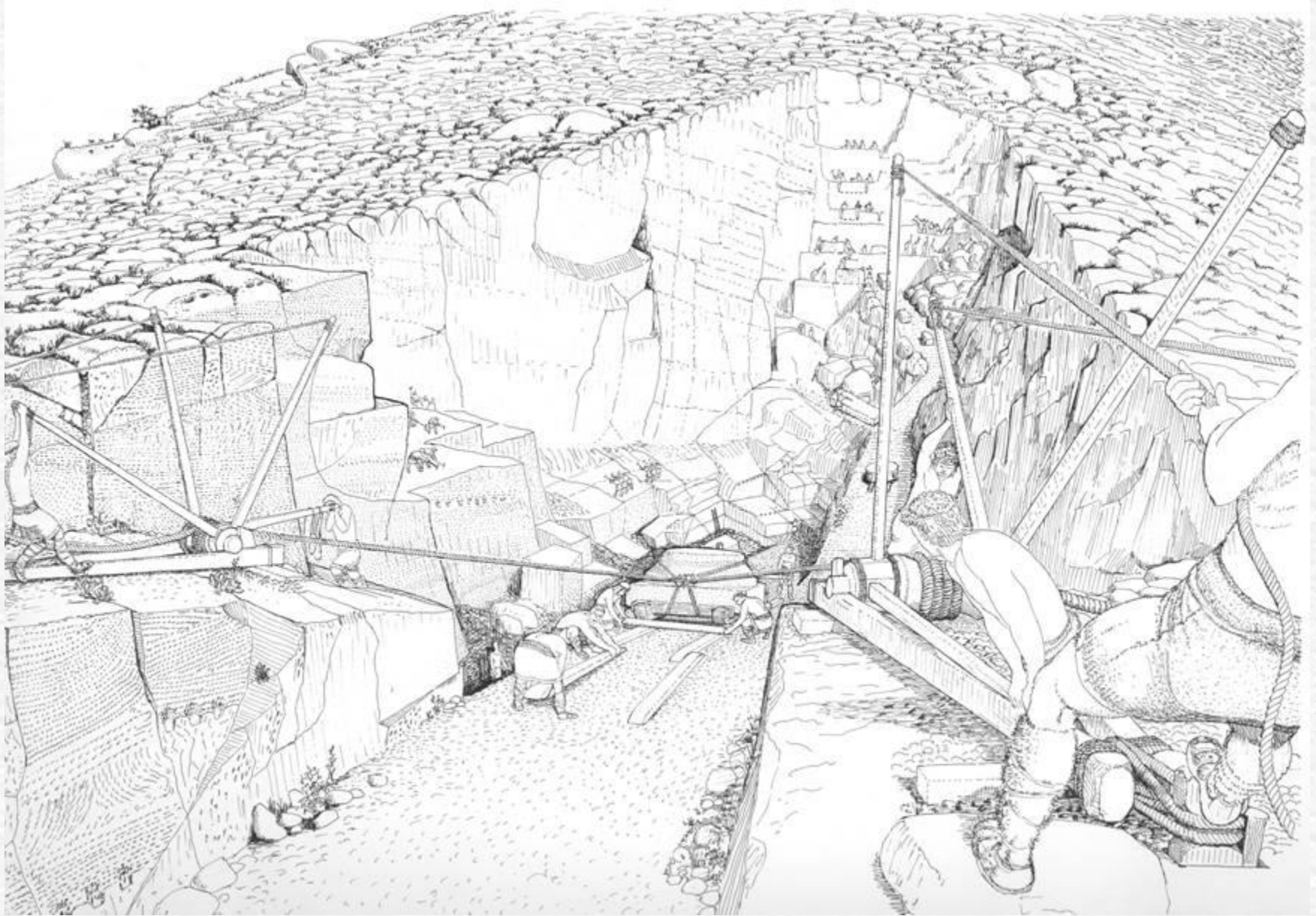
Κεντρικοί άξονες



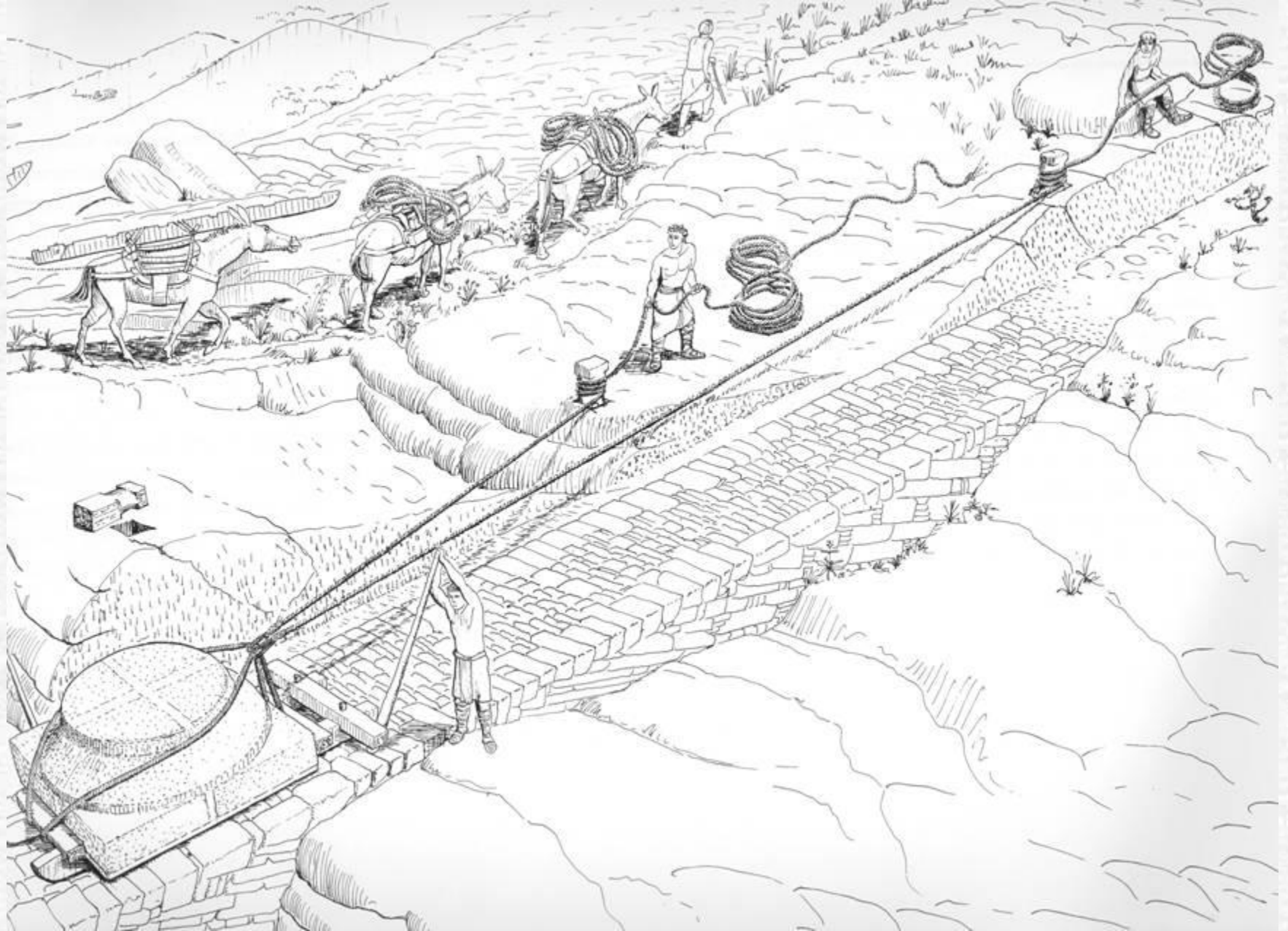
Διαμόρφωση μελλοντικού κιονόκρανου



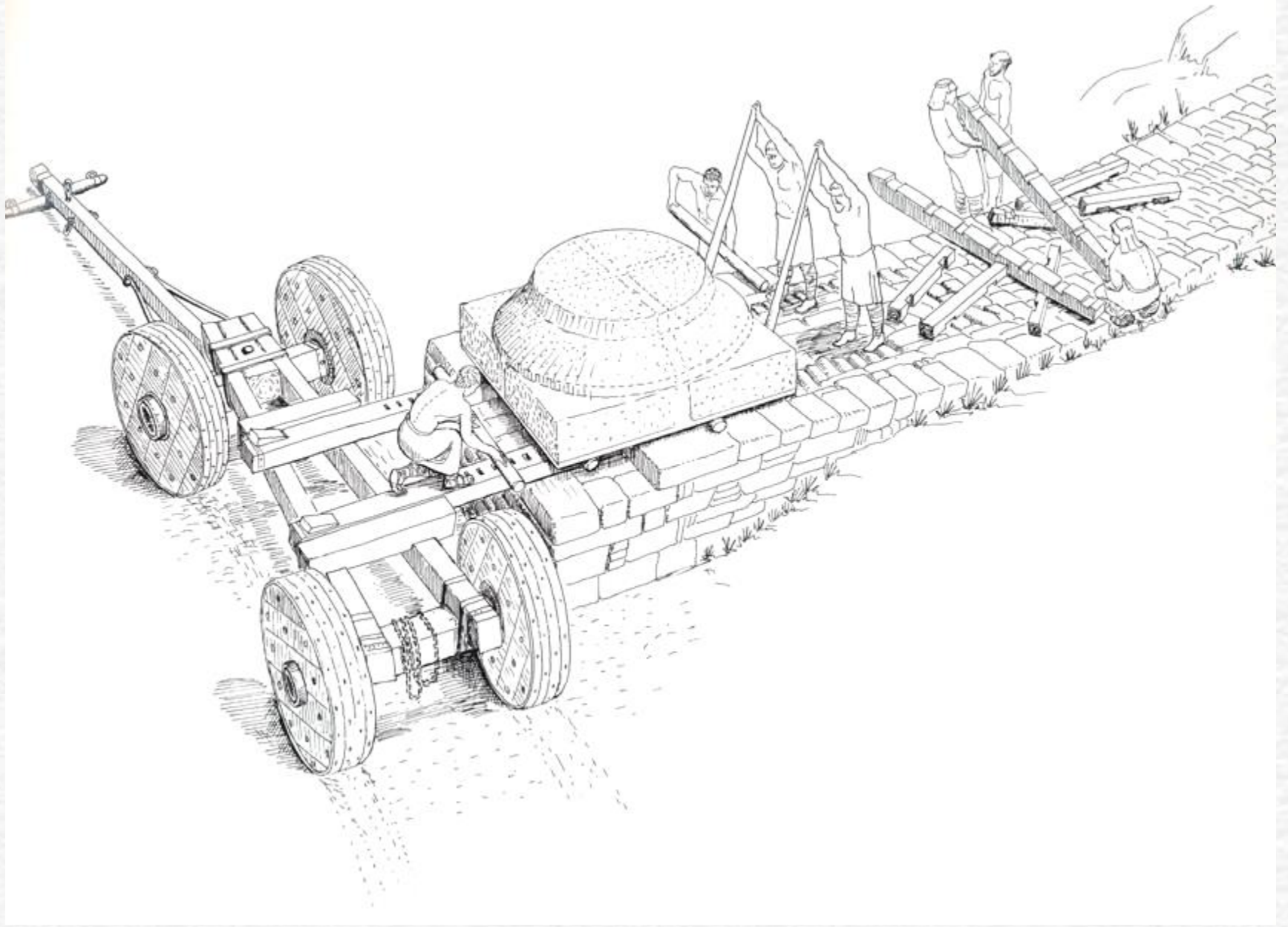
*Οι εργασίες για τη μεταφορά ξεκινούν*



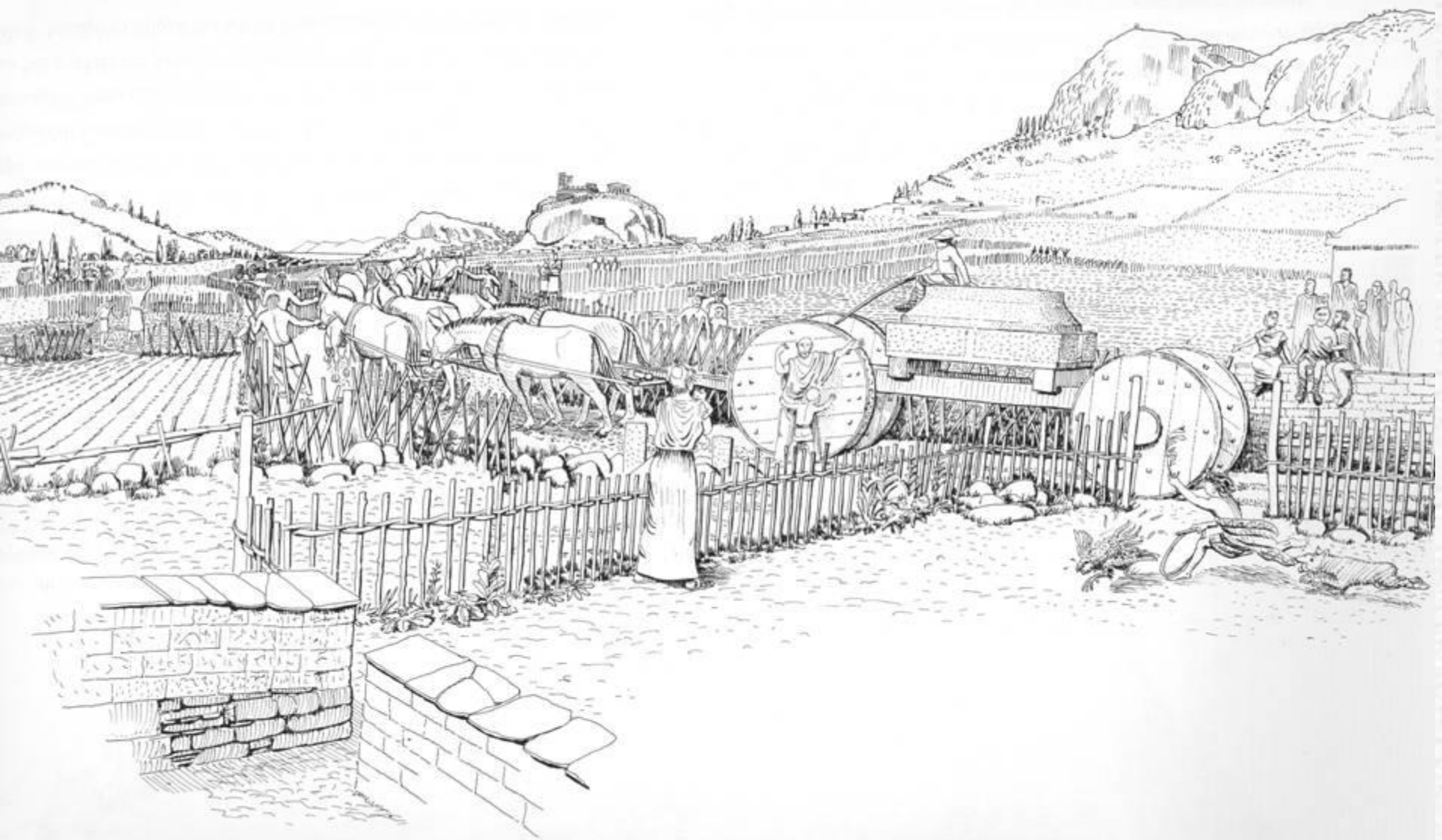
Οι λατόμοι στρώνουν τα ξύλα για να πατήσει το έλκηθρο και δένουν το κιονόκρानο με σχοινιά τα οποία καταλήγουν στους ξύλινους άξονες των μεγάλων βαρούλκων



Η κατάβαση (καταγωγή) από το υψηλότερο σημείο του λατομείου στο σταθμό φόρτωσης, μέσω της επικλινούς λιθόστρωτης οδού

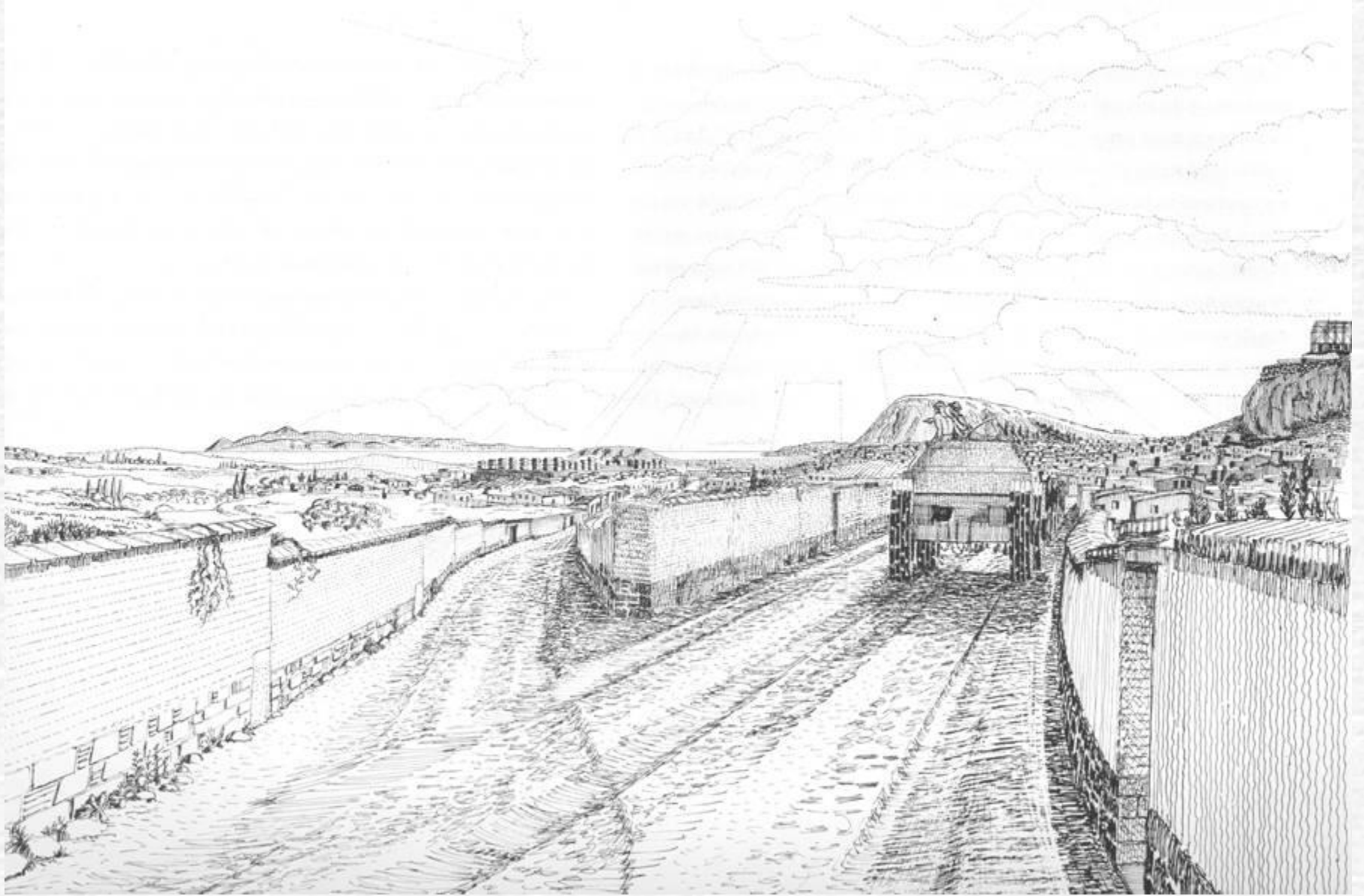


Φόρτωση στην τετράκυκλη άμαξα

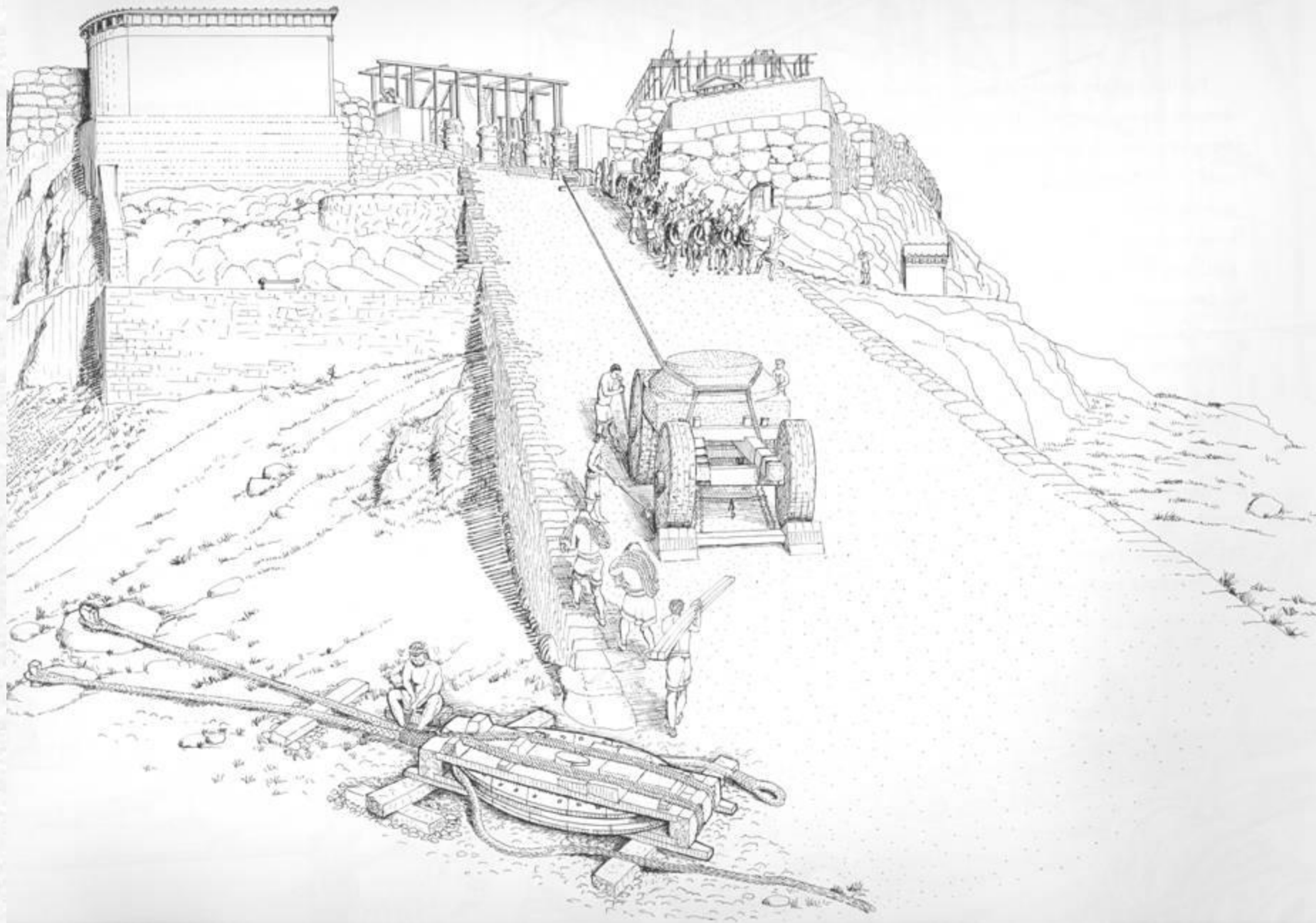


*Η λιθαγωγία από το Πεντελικό στην Αθήνα ξεκινάει*

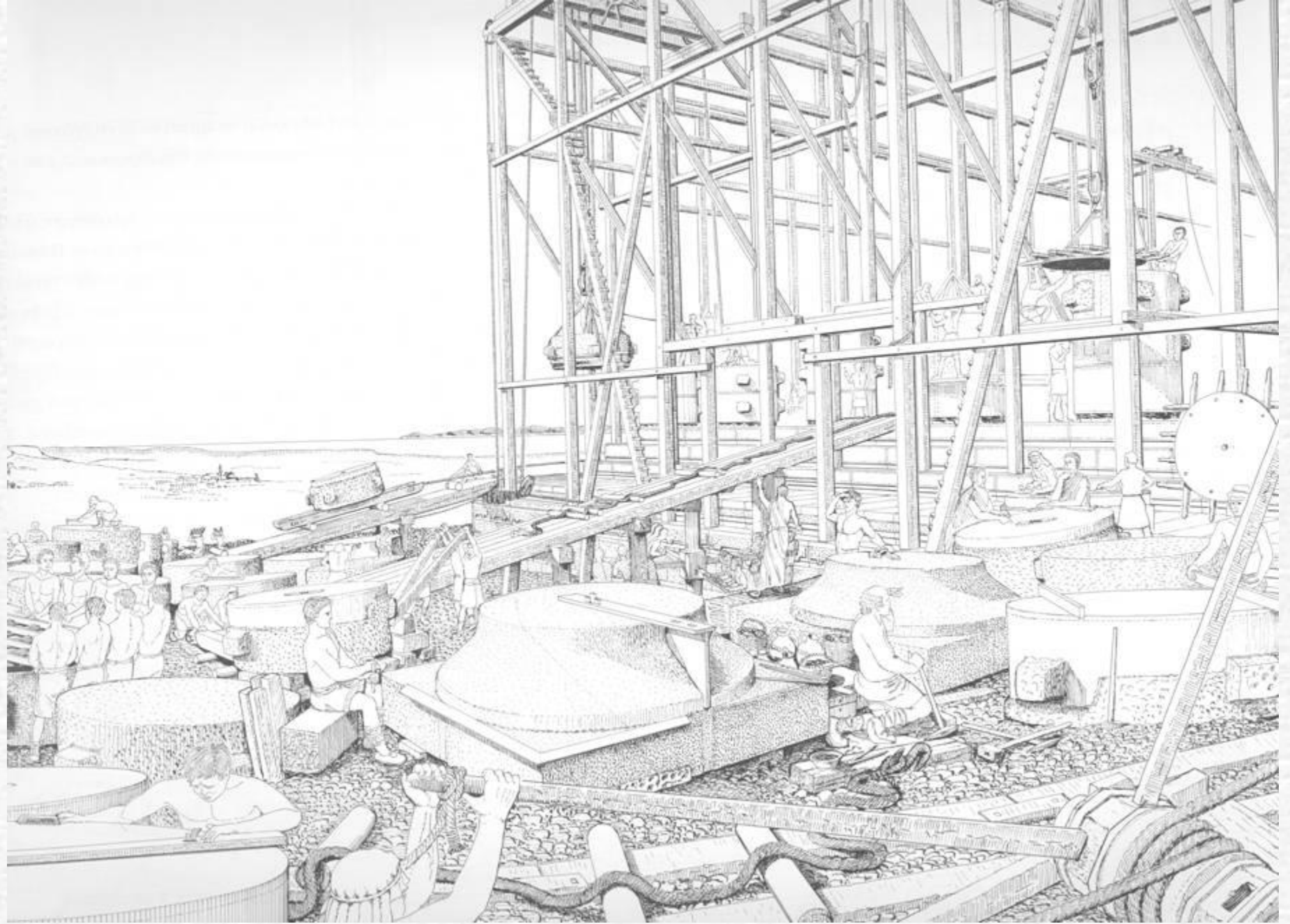




Κατά τους θερινούς μήνες πραγματοποιούνταν καθημερινά 15 δρομολόγια



*Η άνοδος προς την Ακρόπολη*



*Οι τελικές εργασίες πριν την τοποθέτηση*

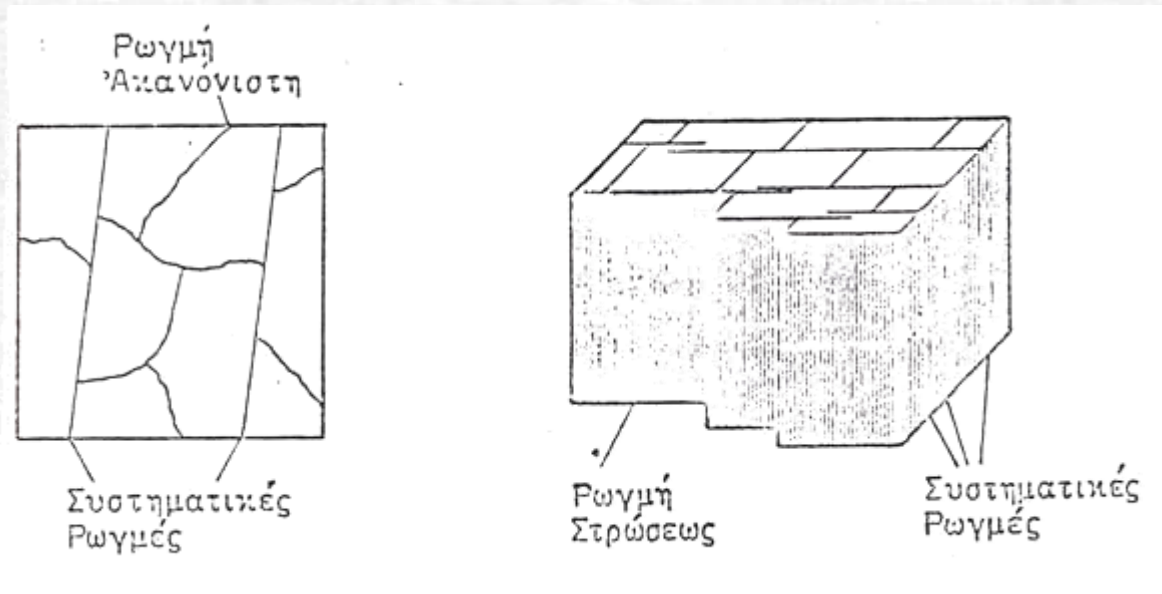
# Η εξόρυξη σήμερα

Οι μέθοδοι εξόρυξης, που εφαρμόζονται σε ένα λατομείο μαρμάρου ή άλλου διακοσμητικού πετρώματος έχουν ως αντικείμενο την λύση της συνέχειας του πετρώματος, προς παραγωγή ογκομαρμάρου με όσον το δυνατόν λιγότερο τραυματισμό και ρωγμάτωση του υπόψη πετρώματος.

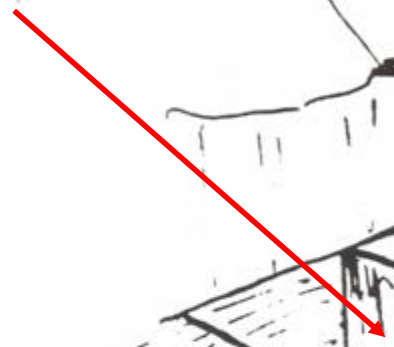


# Παράγοντες, που επιδρούν στην επιλογή κατάλληλης μεθόδου

Σημαντικοί παράγοντες στην φάση της εξόρυξης είναι το είδος του ιστού του προς εξόρυξη πετρώματος και κατ' επέκταση τα επίπεδα σχιστότητας που παρουσιάζει, οι ρωγμές του και το υλικό πλήρωσης τους.



Κάθετα στην στρώση και κάθετα στην παράταξη (διεύθυνση κόκκων)

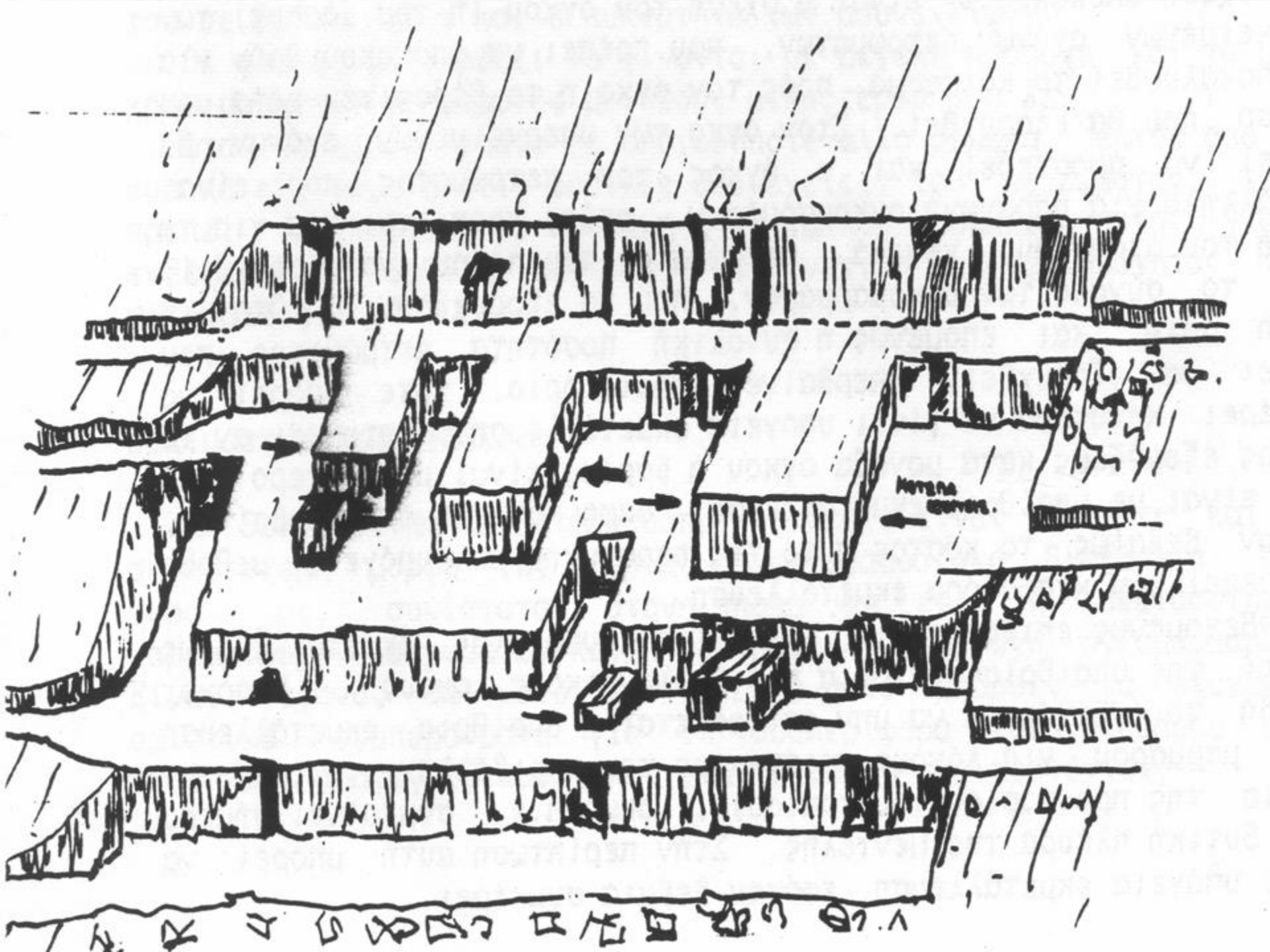


Κατεύθυνση με την καλύτερη σχιστότητα



Κάθετα στην στρώση και παράλληλα στην παράταξη (διεύθυνση κόκκων)





# Φάσεις εξόρυξης

---

- Αρχική κοπή (κοπή όγκων μεγάλων διαστάσεων από τη βαθμίδα)
- Ανατροπή όγκων μεγάλων διαστάσεων
- Χωρισμός σε μικρότερους όγκους - Κατεργασία

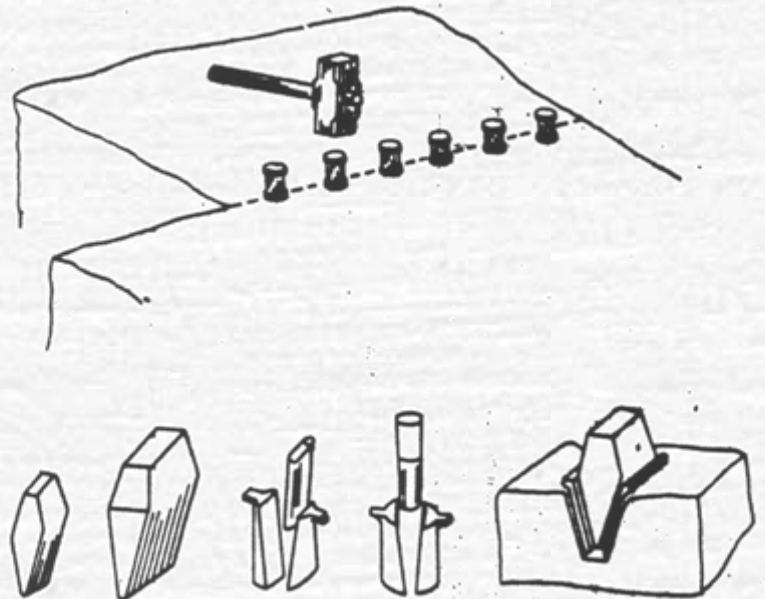


# Απόσπαση του όγκου από το μητρικό πέτρωμα

Η λύση της συνέχειας του πετρώματος, όταν δεν μπορεί να γίνει εκμετάλλευση των φυσικών ασυνεχειών αυτού για την παραγωγή ορθογωνισμένων όγκων γίνεται με μία από τις παρακάτω μεθόδους ή με συνδυασμό αυτών:

(α) Με χρήση πεπιεσμένου αέρα

- όρυξη διατρημάτων και απόσπαση όγκου με σφήνες χωρίς εκρηκτικά



# Απόσπαση του όγκου από το μητρικό πέτρωμα

Η λύση της συνέχειας του πετρώματος, όταν δεν μπορεί να γίνει εκμετάλλευση των φυσικών ασυνεχειών αυτού για την παραγωγή ορθογωνισμένων όγκων γίνεται με μία από τις παρακάτω μεθόδους ή με συνδυασμό αυτών:

(α) Με χρήση πεπιεσμένου αέρα

- όρυξη διατρημάτων και απόσπαση όγκου με σφήνες χωρίς εκρηκτικά



# Απόσπαση του όγκου από το μητρικό πέτρωμα

Η λύση της συνέχειας του πετρώματος, όταν δεν μπορεί να γίνει εκμετάλλευση των φυσικών ασυνεχειών αυτού για την παραγωγή ορθογωνισμένων όγκων γίνεται με μία από τις παρακάτω μεθόδους ή με συνδυασμό αυτών:

(α) Με χρήση πεπιεσμένου αέρα

- όρυξη διατρημάτων και απόσπαση όγκου με σφήνες χωρίς εκρηκτικά



# Απόσπαση του όγκου από το μητρικό πέτρωμα

---

Η λύση της συνέχειας του πετρώματος, όταν δεν μπορεί να γίνει εκμετάλλευση των φυσικών ασυνεχειών αυτού για την παραγωγή ορθογωνισμένων όγκων γίνεται με μία από τις παρακάτω μεθόδους ή με συνδυασμό αυτών:

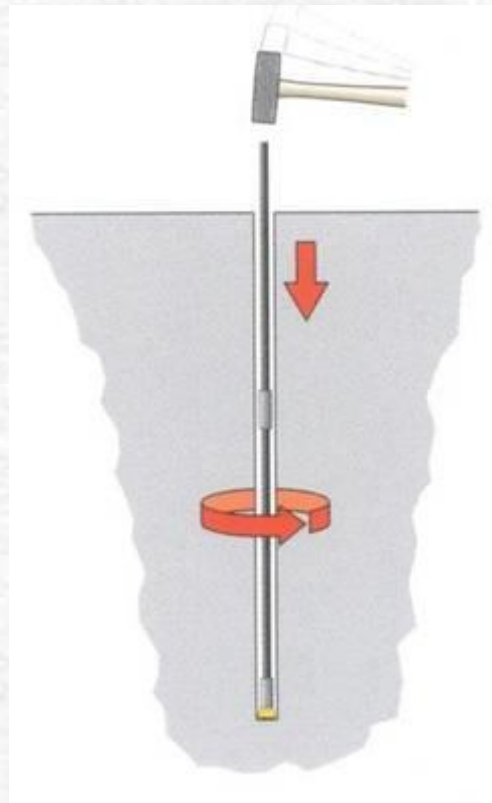
(α) Με χρήση πεπιεσμένου αέρα

- όρυξη διατρημάτων και απόσπαση όγκου με σφήνες χωρίς εκρηκτικά
- όρυξη παράλληλων διατρημάτων σε ένα επίπεδο και απόσπαση όγκου με εκρηκτικά
- όρυξη παράλληλων διατρημάτων σε δύο ή περισσότερα επίπεδα και απόσπαση όγκου με εκρηκτικά

# Όρυξη διατρημάτων

## Κρουστική αερόσφουρα, με κρούση στην κεφαλή

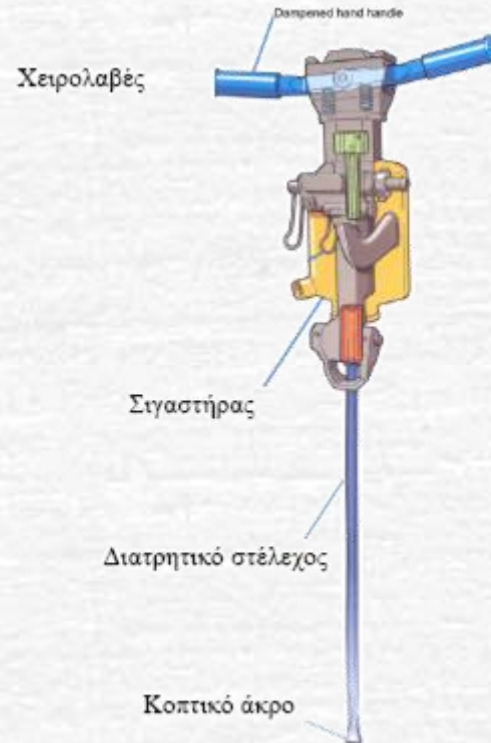
Η αερόσφουρα με κρούση που παράγεται στην κεφαλή ορύσσει τα διατρήματα μέσω της δράσης ενός κοπτικού άκρου, το οποίο δέχεται την κρούση και την περιστροφή που μεταφέρονται σε αυτό μέσω του διατρητικού στελέχους, και τις διαβιβάζει στο σημείο επαφής του με το πέτρωμα.



# Όρυξη διατρημάτων

## Κρουστική αερόσφουρα, με κρούση στην κεφαλή

Η αερόσφουρα με κρούση που παράγεται στην κεφαλή ορύσσει τα διατρήματα μέσω της δράσης ενός κοπτικού άκρου, το οποίο δέχεται την κρούση και την περιστροφή που μεταφέρονται σε αυτό μέσω του διατρητικού στελέχους, και τις διαβιβάζει στο σημείο επαφής του με το πέτρωμα.



# Όρυξη διατρημάτων

## Κρουστική αερόσφουρα, με κρούση στην κεφαλή

Η αερόσφουρα με κρούση που παράγεται στην κεφαλή ορύσσει τα διατρήματα μέσω της δράσης ενός κοπτικού άκρου, το οποίο δέχεται την κρούση και την περιστροφή που μεταφέρονται σε αυτό μέσω του διατρητικού στελέχους, και τις διαβιβάζει στο σημείο επαφής του με το πέτρωμα.



# Όρυξη διατρημάτων

## Κρουστική αερόσφουρα, με κρούση στην κεφαλή

Η αερόσφουρα με κρούση που παράγεται στην κεφαλή ορύσσει τα διατρήματα μέσω της δράσης ενός κοπτικού άκρου, το οποίο δέχεται την κρούση και την περιστροφή που μεταφέρονται σε αυτό μέσω του διατρητικού στελέχους, και τις διαβιβάζει στο σημείο επαφής του με το πέτρωμα.

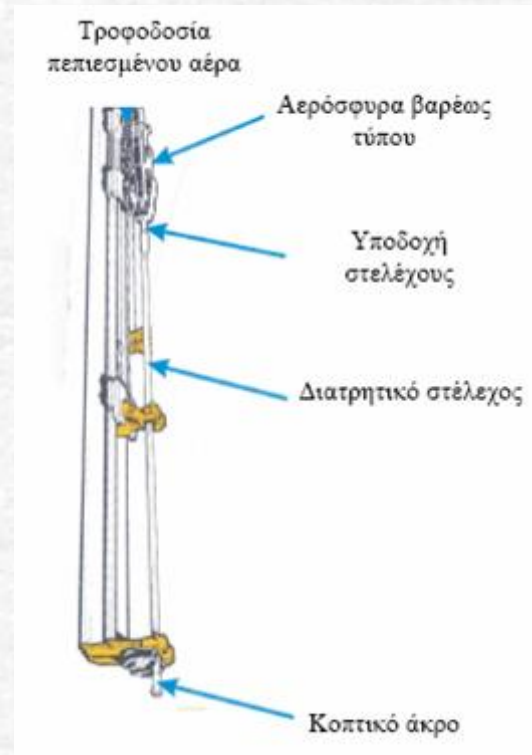




# Όρυξη διατρημάτων

## Κρουστική αερόσφουρα, με κρούση στην κεφαλή

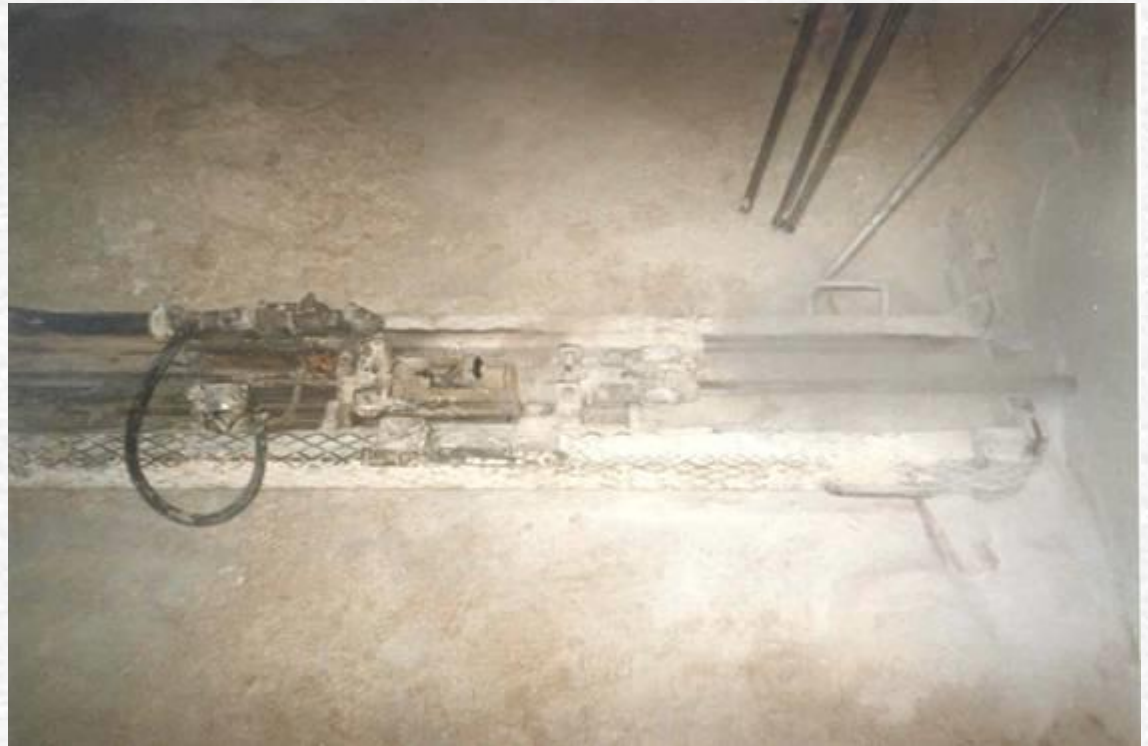
Η αερόσφουρα με κρούση που παράγεται στην κεφαλή ορύσσει τα διατρήματα μέσω της δράσης ενός κοπτικού άκρου, το οποίο δέχεται την κρούση και την περιστροφή που μεταφέρονται σε αυτό μέσω του διατρητικού στελέχους, και τις διαβιβάζει στο σημείο επαφής του με το πέτρωμα.



## Όρυξη διατρημάτων

### Κρουστική αερόσφουρα, με κρούση στην κεφαλή

Η αερόσφουρα με κρούση που παράγεται στην κεφαλή ορύσσει τα διατρήματα μέσω της δράσης ενός κοπτικού άκρου, το οποίο δέχεται την κρούση και την περιστροφή που μεταφέρονται σε αυτό μέσω του διατρητικού στελέχους, και τις διαβιβάζει στο σημείο επαφής του με το πέτρωμα.



# Όρυξη διατρημάτων

Κρουστική αερόσφουρα, με κρούση στην κεφαλή

Πλεονεκτήματα:

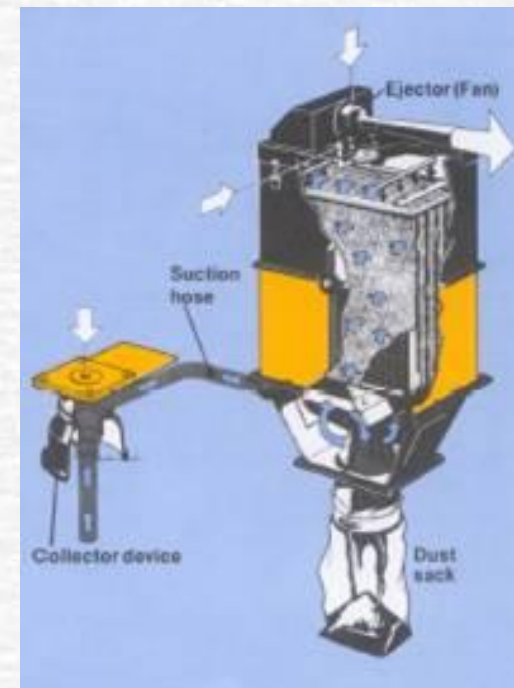
- Μεταβλητότητα και προσαρμοστικότητα στις διάφορες συνθήκες των λατομείων
- Απλή χρήση
- Καμμία προκαταρκτική προετοιμασία
- Χαμηλή αρχική επένδυση κεφαλαίου
- Εύκολη και άμεση μέθοδος για ανειδίκευτους εργαζομένους ή όταν δεν υπάρχει νερό στην περιοχή και για ανώμαλες μάζες πετρωμάτων,
- Δυνατότητα ελέγχου από μακριά

# Όρυξη διατρημάτων

Κρουστική αερόσφουρα, με κρούση στην κεφαλή

Μειονεκτήματα:

- Χρήση εκρηκτικών υλών, η οποία μπορεί σε μερικές περιπτώσεις να προκαλέσει σημαντική φθορά στο πέτρωμα
- Υψηλές περιβαλλοντικές επιπτώσεις: σκόνη, θόρυβος και δονήσεις
- Πολύ χαμηλή αποδοτικότητα
- Υψηλές δαπάνες
- Η μορφή των όγκων, δεν ευνοεί την επιθεώρηση
- Ανάγκη για τη συλλογή της σκόνης και διαχωρισμού του νερού



# Όρυξη διατρημάτων

## Υδραυλική κρουστική σφύρα, με κρούση στην κεφαλή

Το βασικό χαρακτηριστικό της υδραυλικής σφύρας είναι η αντικατάσταση του συστήματος πεπιεσμένου αέρα ως πηγή ισχύος, από το αποδοτικότερο υδραυλικό σύστημα. Λειτουργεί με λάδι, το οποίο προωθείται από ένα κατάλληλο υδραυλικό σύστημα και ωθεί το έμβολο κρούσης.



# Όρυξη διατρημάτων

Υδραυλική κρουστική σφύρα, με κρούση στην κεφαλή

Πλεονεκτήματα:

- Χωρίς απώλειες/διαρροές πεπιεσμένου αέρα
- Το επίπεδο θορύβου είναι μειωμένο σε σχέση με την αερόσφυρα
- Δυνατότητα χειρισμού απο μακριά
- Απλή συντήρηση και ανίχνευση λαθών
- Καλύτερη αποδοτικότητα

# Όρυξη διατρημάτων

Υδραυλική κρουστική σφύρα, με κρούση στην κεφαλή

Μειονεκτήματα:

- Χρήση εκρηκτικών υλών, που μπορεί να προκαλέσει σημαντική φθορά στο πέτρωμα
- Υψηλές περιβαλλοντικές επιπτώσεις: σκόνη, θόρυβος και δονήσεις
- Υψηλές δαπάνες
- Η μορφή των όγκων δεν ευνοεί την επιθεώρηση
- Ανάγκη για τη συλλογή της σκόνης και διαχωρισμού του νερού
- Κατανάλωση λαδιού

# Όρυξη διατρημάτων

## Κρουστική σφύρα, με κρούση στον πυθμένα

Η κρουστική σφύρα με παραγωγή της κρούσης στον πυθμένα (down-the-hole DTH) αποτελείται από μια περιστρεφόμενη κεφαλή που οδηγεί τα διατρητικά στελέχη.

Μια κρουστική σφύρα με παραγωγή της κρούσης στον πυθμένα, ασκεί μια αθόρυβη και χωρίς δόνηση περιστροφή έξω από το διάτρημα, ενώ η κρούση παράγεται στο κατώτατο σημείο της. Η κρουστική ενέργεια του εμβόλου μεταφέρεται άμεσα στο κοπτικό άκρο χωρίς οποιαδήποτε ενεργειακή απώλεια στα διατρητικά στελέχη.





# Όρυξη διατρημάτων

Κρουστική σφύρα, με κρούση στον πυθμένα

Πλεονεκτήματα:

- Καμμία δημιουργία δόνησης
- Κανένας θόρυβος μετά από 1 m βάθος
- Καμμία απόκλιση στα μεγάλου μήκους διατρήματα
- Χαμηλή αρχική επένδυση κεφαλαίου
- Εύκολη και άμεση μέθοδος για ανειδίκευτους εργαζομένους ή στις περιπτώσεις που δεν υπάρχει νερό στην περιοχή και για ανώμαλες μάζες πετρωμάτων,
- Η ταχύτητα διάτρησης δεν επηρεάζεται από το βάθος του διατρήματος

# Όρυξη διατρημάτων

## Κρουστική σφύρα, με κρούση στον πυθμένα

Η κρουστική σφύρα με παραγωγή της κρούσης στον πυθμένα χρησιμοποιείται για την όρυξη διατρημάτων μεγάλων διαμέτρων, τα οποία απαιτούνται για το πέρασμα του σύρματος συρματοκοπών. Η σφύρα DTH πλεονεκτεί στην όρυξη διατρημάτων μεγάλου βάθους, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε σκληρά πετρώματα και για λειτουργία μεγάλης διάρκειας.

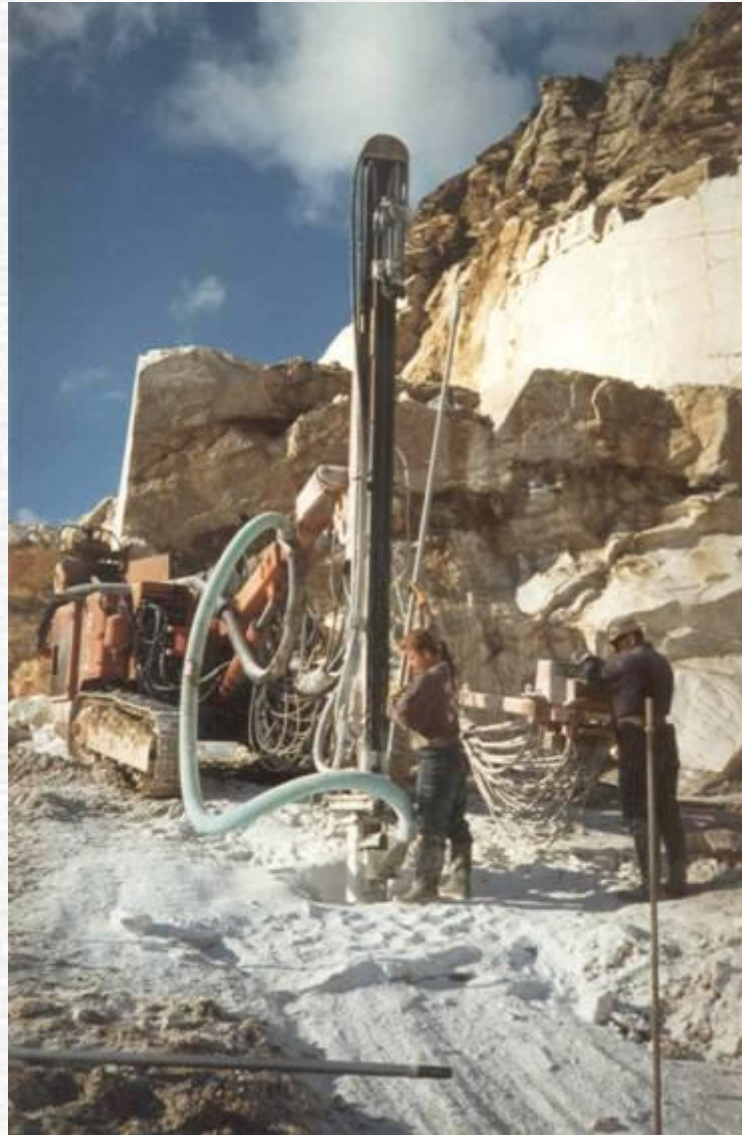
### Μειονέκτημα:

- Χαμηλή αποδοτικότητα σε σχέση με την ενέργεια

# Όρυξη διατρημάτων



# Όρυξη διατρημάτων



# Όρυξη διατρημάτων



# Όρυξη διατρημάτων



## Γόμωση διατρημάτων με πυρίτιδα



## Γόμωση διατρημάτων με ακαριαία θρυαλλίδα





Επιφάνεια μετά από ανατίναξη με ακαριαία θρυαλλίδα



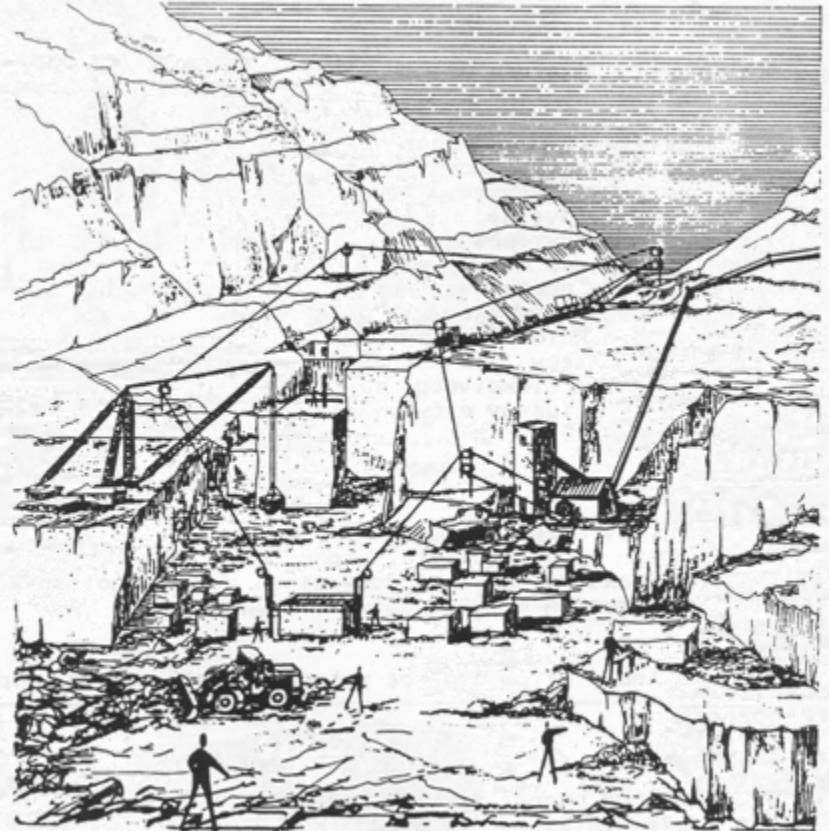
# Απόσπαση του όγκου από το μητρικό πέτρωμα

Η λύση της συνέχειας του πετρώματος, όταν δεν μπορεί να γίνει εκμετάλλευση των φυσικών ασυνεχειών αυτού για την παραγωγή ορθογωνισμένων όγκων γίνεται με μία από τις παρακάτω μεθόδους ή με συνδυασμό αυτών:

(α) Με χρήση πεπιεσμένου αέρα

(β) Με χρήση συρματοκοπής

- κλασσική συρματοκοπή
- συρματοκοπή διαμαντέ



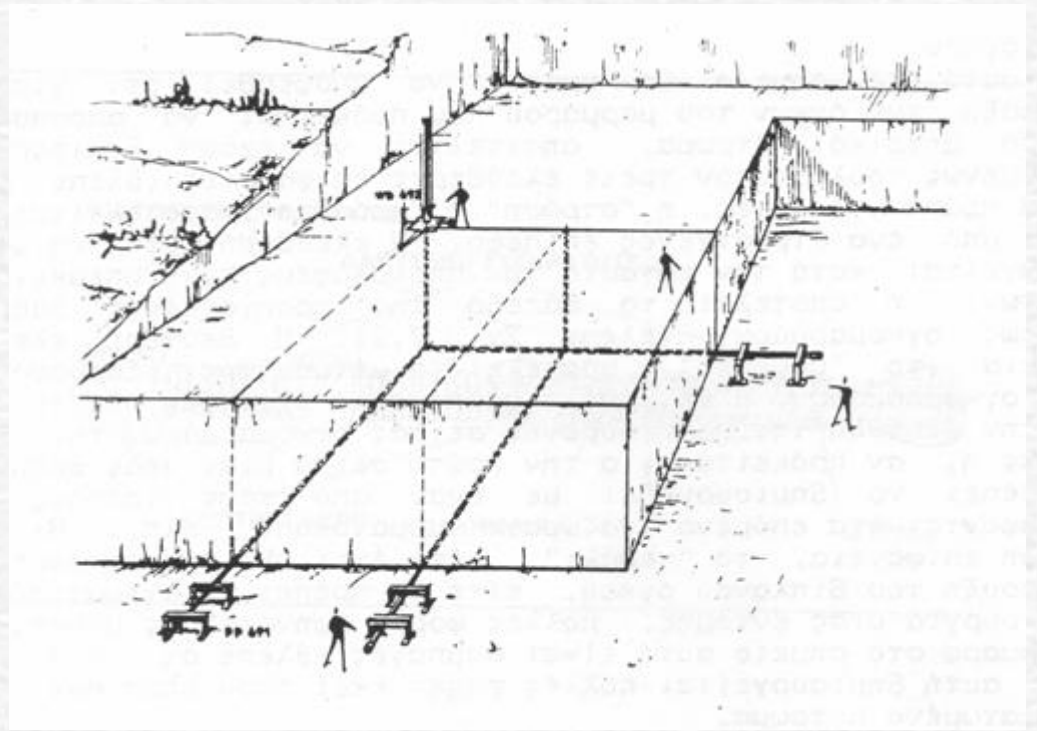
# Απόσπαση του όγκου από το μητρικό πέτρωμα

Η λύση της συνέχειας του πετρώματος, όταν δεν μπορεί να γίνει εκμετάλλευση των φυσικών ασυνεχειών αυτού για την παραγωγή ορθογωνισμένων όγκων γίνεται με μία από τις παρακάτω μεθόδους ή με συνδυασμό αυτών:

(α) Με χρήση πεπιεσμένου αέρα

(β) Με χρήση συρματοκοπής

- κλασική συρματοκοπή
- συρματοκοπή διαμαντέ



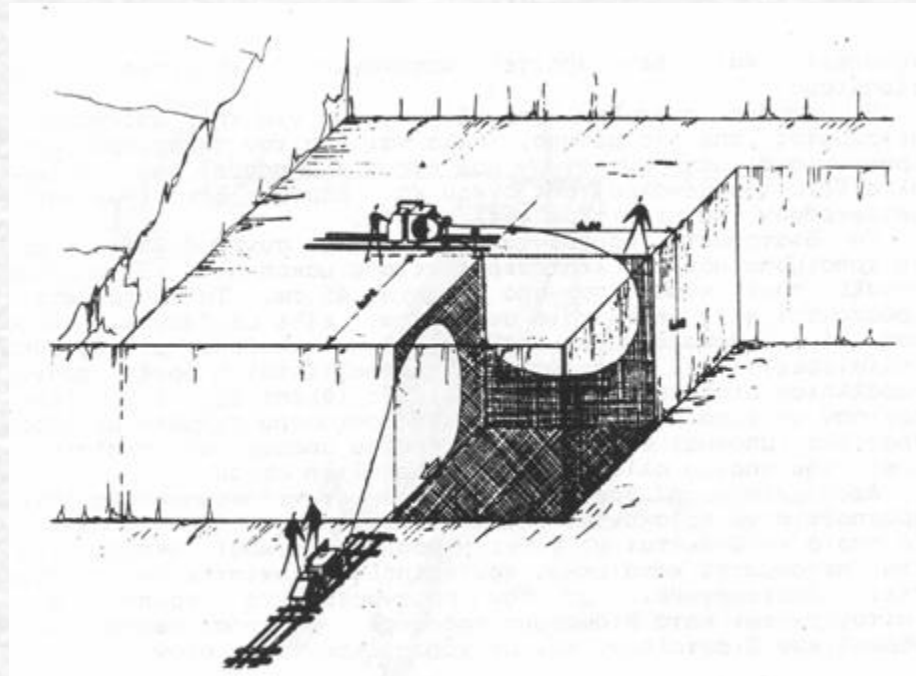
# Απόσπαση του όγκου από το μητρικό πέτρωμα

Η λύση της συνέχειας του πετρώματος, όταν δεν μπορεί να γίνει εκμετάλλευση των φυσικών ασυνεχειών αυτού για την παραγωγή ορθογωνισμένων όγκων γίνεται με μία από τις παρακάτω μεθόδους ή με συνδυασμό αυτών:

(α) Με χρήση πεπιεσμένου αέρα

(β) Με χρήση συρματοκοπής

- κλασσική συρματοκοπή
- συρματοκοπή διαμαντέ



# Απόσπαση του όγκου από το μητρικό πέτρωμα

Η λύση της συνέχειας του πετρώματος, όταν δεν μπορεί να γίνει εκμετάλλευση των φυσικών ασυνεχειών αυτού για την παραγωγή ορθογωνισμένων όγκων γίνεται με μία από τις παρακάτω μεθόδους ή με συνδυασμό αυτών:

(α) Με χρήση πεπιεσμένου αέρα

(β) Με χρήση συρματοκοπής

- κλασσική συρματοκοπή
- συρματοκοπή διαμαντέ



# Απόσπαση του όγκου από το μητρικό πέτρωμα

Η λύση της συνέχειας του πετρώματος, όταν δεν μπορεί να γίνει εκμετάλλευση των φυσικών ασυνεχειών αυτού για την παραγωγή ορθογωνισμένων όγκων γίνεται με μία από τις παρακάτω μεθόδους ή με συνδυασμό αυτών:

(α) Με χρήση πεπιεσμένου αέρα

(β) Με χρήση συρματοκοπής

- κλασσική συρματοκοπή
- συρματοκοπή διαμαντέ



# Απόσπαση του όγκου από το μητρικό πέτρωμα

Η λύση της συνέχειας του πετρώματος, όταν δεν μπορεί να γίνει εκμετάλλευση των φυσικών ασυνεχειών αυτού για την παραγωγή ορθογωνισμένων όγκων γίνεται με μία από τις παρακάτω μεθόδους ή με συνδυασμό αυτών:

(α) Με χρήση πεπιεσμένου αέρα

(β) Με χρήση συρματοκοπής

- κλασσική συρματοκοπή
- συρματοκοπή διαμαντέ



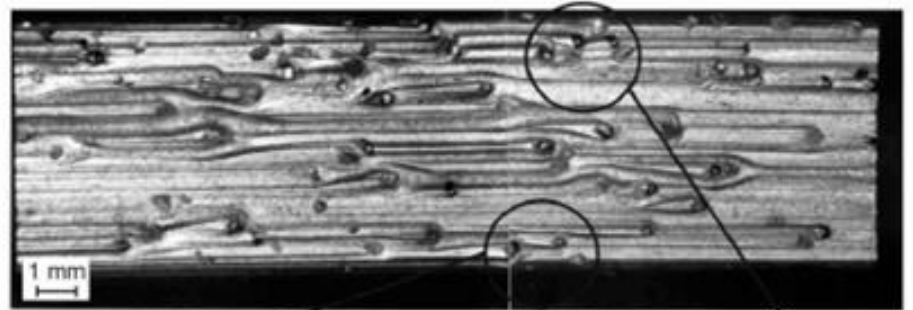
# Απόσπαση του όγκου από το μητρικό πέτρωμα

Η λύση της συνέχειας του πετρώματος, όταν δεν μπορεί να γίνει εκμετάλλευση των φυσικών ασυνεχειών αυτού για την παραγωγή ορθογωνισμένων όγκων γίνεται με μία από τις παρακάτω μεθόδους ή με συνδυασμό αυτών:

(α) Με χρήση πεπιεσμένου αέρα

(β) Με χρήση συρματοκοπής

- κλασσική συρματοκοπή
- συρματοκοπή διαμαντέ





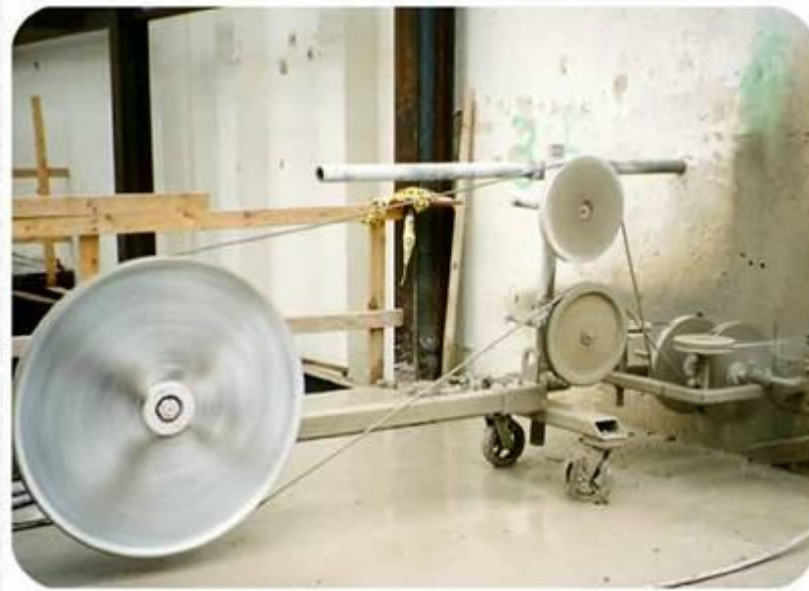
## Συρματοκοπή

Η χρήση συρματοκοπής έχει σημαντικά πλεονεκτήματα, κυρίως όταν εφαρμόζεται σε κοιτάσματα με υψηλό συντελεστή απόληψης. Η καλύτερη δυνατότητα αξιοποίησης τέτοιων κοιτασμάτων, όπου ο τεκτονισμός είναι μικρός και η ύπαρξη ασυνεχειών περιορισμένη, έχει σχέση με την μείωση στο ελάχιστο της φθοράς και του όγκου που αχρηστεύεται κατά την κοπή. Υπολογίζεται ότι μία τομή με συρματοκοπή καταστρέφει τμήμα μαρμάρου πάχους 1 cm.



## Συρματοκοπή

Η χρήση συρματοκοπής έχει σημαντικά πλεονεκτήματα, κυρίως όταν εφαρμόζεται σε κοιτάσματα με υψηλό συντελεστή απόληψης. Η καλύτερη δυνατότητα αξιοποίησης τέτοιων κοιτασμάτων, όπου ο τεκτονισμός είναι μικρός και η ύπαρξη ασυνεχειών περιορισμένη, έχει σχέση με την μείωση στο ελάχιστο της φθοράς και του όγκου που αχρηστεύεται κατά την κοπή. Υπολογίζεται ότι μία τομή με συρματοκοπή καταστρέφει τμήμα μαρμάρου πάχους 1 cm.



# Συρματοκοπή

Οι παράμετροι που πρέπει να μελετηθούν προκειμένου να αξιολογηθεί η οικονομικότητα του μηχανήματος είναι:

- Η παραγωγικότητα, εκφρασμένη σε  $m^2/h$ ,
- Η διάρκεια ζωής του σύρματος που εκφράζεται ως ο αριθμός τετραγωνικών μέτρων που κόπηκαν ανά μέτρο μήκους σύρματος που χρησιμοποιήθηκε ( $m^2/m$ ).



# Συρματοκοπή

Οι παράμετροι που πρέπει να μελετηθούν προκειμένου να αξιολογηθεί η οικονομικότητα του μηχανήματος είναι:

- Η παραγωγικότητα, εκφρασμένη σε  $m^2/h$ ,
- Η διάρκεια ζωής του σύρματος που εκφράζεται ως ο αριθμός τετραγωνικών μέτρων που κόπηκαν ανά μέτρο μήκους σύρματος που χρησιμοποιήθηκε ( $m^2/m$ ).



# Συρματοκοπή

Οι παράμετροι που πρέπει να μελετηθούν προκειμένου να αξιολογηθεί η οικονομικότητα του μηχανήματος είναι:

- Η παραγωγικότητα, εκφρασμένη σε  $m^2/h$ ,
- Η διάρκεια ζωής του σύρματος που εκφράζεται ως ο αριθμός τετραγωνικών μέτρων που κόπηκαν ανά μέτρο μήκους σύρματος που χρησιμοποιήθηκε ( $m^2/m$ ).



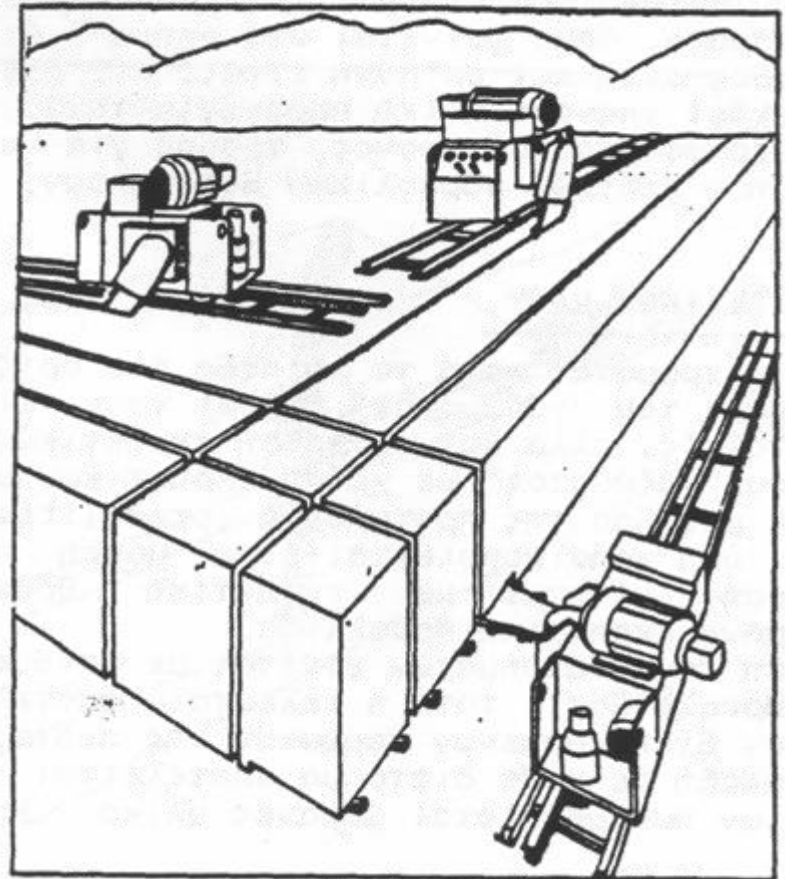
## Απόσπαση του όγκου από το μητρικό πέτρωμα

Η λύση της συνέχειας του πετρώματος, όταν δεν μπορεί να γίνει εκμετάλλευση των φυσικών ασυνεχειών αυτού για την παραγωγή ορθογωνισμένων όγκων γίνεται με μία από τις παρακάτω μεθόδους ή με συνδυασμό αυτών:

(α) Με χρήση πεπιεσμένου αέρα

(β) Με χρήση συρματοκοπής

(γ) Με αλυσσοπρίονο



# Απόσπαση του όγκου από το μητρικό πέτρωμα

Η λύση της συνέχειας του πετρώματος, όταν δεν μπορεί να γίνει εκμετάλλευση των φυσικών ασυνεχειών αυτού για την παραγωγή ορθογωνισμένων όγκων γίνεται με μία από τις παρακάτω μεθόδους ή με συνδυασμό αυτών:

(α) Με χρήση πεπιεσμένου αέρα

(β) Με χρήση συρματοκοπής

(γ) Με αλυσσοπρίονο



# Απόσπαση του όγκου από το μητρικό πέτρωμα

Η λύση της συνέχειας του πετρώματος, όταν δεν μπορεί να γίνει εκμετάλλευση των φυσικών ασυνεχειών αυτού για την παραγωγή ορθογωνισμένων όγκων γίνεται με μία από τις παρακάτω μεθόδους ή με συνδυασμό αυτών:

(α) Με χρήση πεπιεσμένου αέρα

(β) Με χρήση συρματοκοπής

(γ) Με αλυσσοπρίονο





## Απόσπαση του όγκου από το μητρικό πέτρωμα

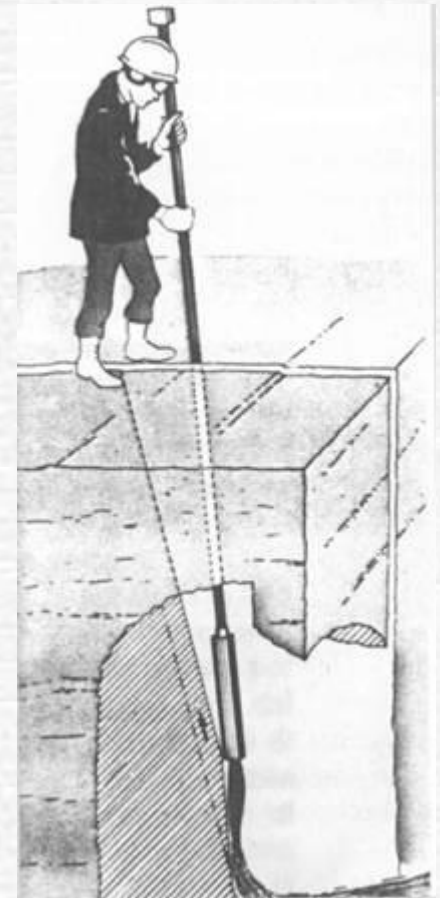
Η λύση της συνέχειας του πετρώματος, όταν δεν μπορεί να γίνει εκμετάλλευση των φυσικών ασυνεχειών αυτού για την παραγωγή ορθογωνισμένων όγκων γίνεται με μία από τις παρακάτω μεθόδους ή με συνδυασμό αυτών:

(α) Με χρήση πεπιεσμένου αέρα

(β) Με χρήση συρματοκοπής

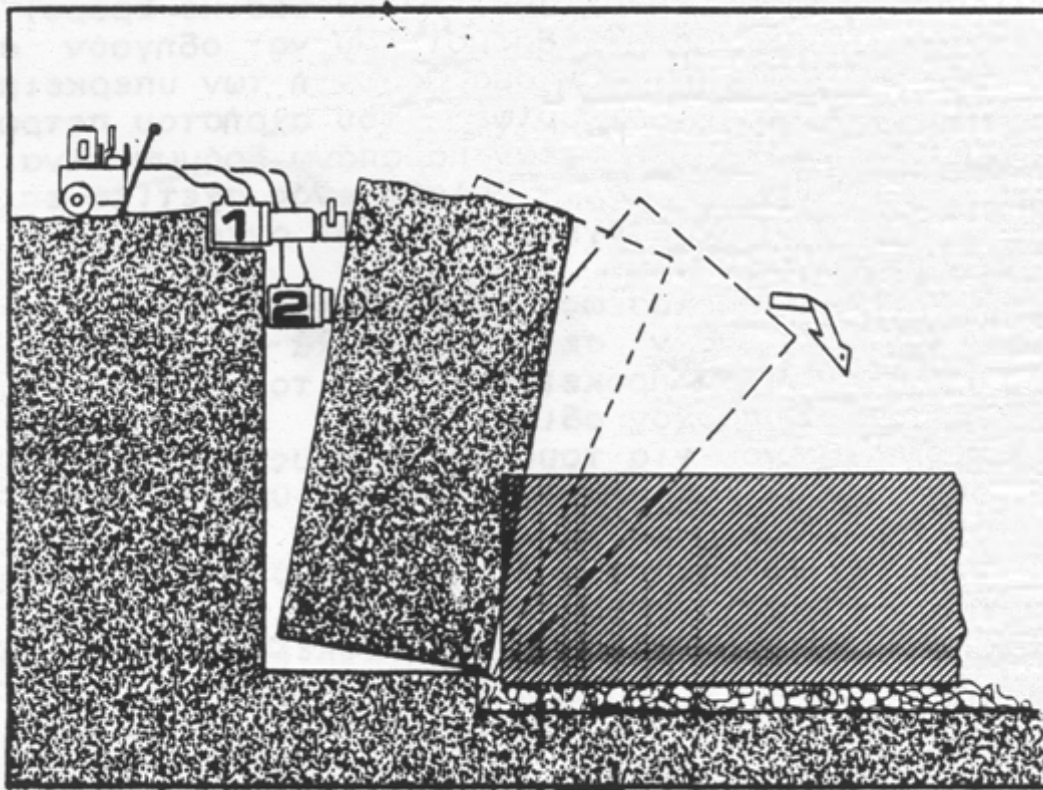
(γ) Με αλυσοπρίονο

(δ) Με ειδικά κοπτικά εργαλεία, που η λειτουργία τους βασίζεται στην εκτόξευση νερού υπό πίεση ή σε θερμική ενέργεια (Jet φλόγας ή νερού).



# Αποκόλληση και μετακίνηση των όγκων

Για την ανατροπή όγκων μεγάλων διαστάσεων μπορούν να χρησιμοποιηθούν υδραυλικοί γρύλοι ή μαξιλάρια



## Αποκόλληση και μετακίνηση των όγκων

---

Για την ανατροπή όγκων μεγάλων διαστάσεων μπορούν να χρησιμοποιηθούν υδραυλικοί γρύλοι ή μαξιλάρια



# Αποκόλληση και μετακίνηση των όγκων

Για την ανατροπή όγκων μεγάλων διαστάσεων μπορούν να χρησιμοποιηθούν υδραυλικοί γρύλοι ή μαξιλάρια



## Αποκόλληση και μετακίνηση των όγκων

Για την ανατροπή όγκων μεγάλων διαστάσεων μπορούν να χρησιμοποιηθούν υδραυλικοί γρύλοι ή μαξιλάρια



## Αποκόλληση και μετακίνηση των όγκων

Για την ανατροπή όγκων μεγάλων διαστάσεων μπορούν να χρησιμοποιηθούν υδραυλικοί γρύλοι ή μαξιλάρια



## Αποκόλληση και μετακίνηση των όγκων

Για την ανατροπή όγκων μεγάλων διαστάσεων μπορούν να χρησιμοποιηθούν υδραυλικοί γρύλοι ή μαξιλάρια



## Αποκόλληση και μετακίνηση των όγκων

---

Για την ανατροπή όγκων μεγάλων διαστάσεων μπορούν να χρησιμοποιηθούν υδραυλικοί γρύλοι ή μαξιλάρια





## Αποκόλληση και μετακίνηση των όγκων

Για την ανατροπή όγκων μεγάλων διαστάσεων μπορούν να χρησιμοποιηθούν υδραυλικοί γρύλοι ή μαξιλάρια

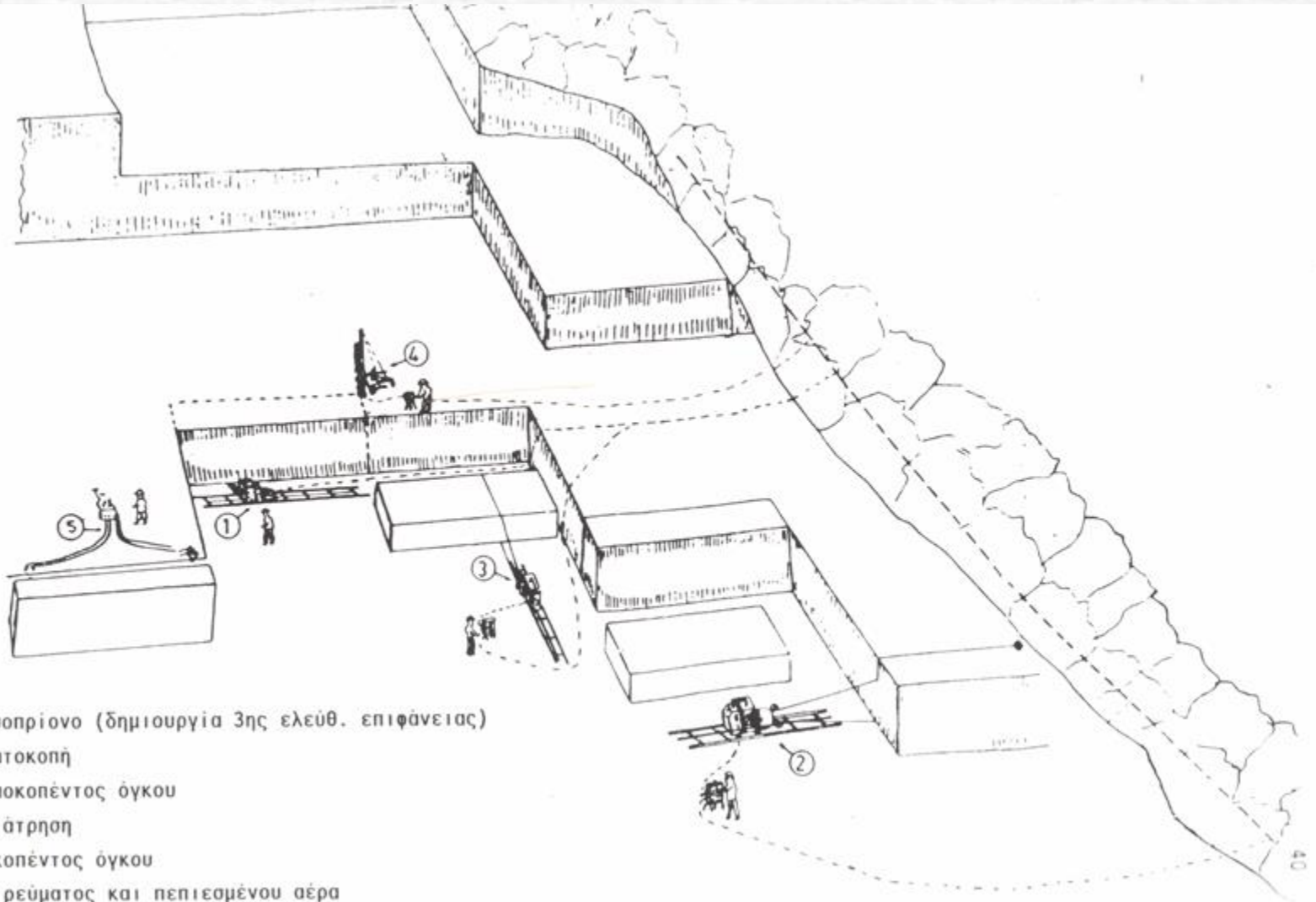


## Αποκόλληση και μετακίνηση των όγκων

Για την ανατροπή όγκων μεγάλων διαστάσεων μπορούν να χρησιμοποιηθούν υδραυλικοί γρύλοι ή μαξιλάρια



# Παραγωγική διαδικασία λατομείου «Πόρτες»



## Αποκόλληση και μετακίνηση των όγκων

Οι σχετικά μικροί όγκοι μπορούν να μεταφερθούν χωρίς ιδιαίτερες δυσκολίες από έναν φορτωτή (ερπυστριοφόρο ή ελαστιχοφόρο).



# Βασικά στάδια κατεργασίας μαρμάρου

---

- Ορθογωνισμός
- Σχίσσιμο των όγκων
- Κοπή πλακών στο τελικό τους σχήμα
- Λείανση & στίλβωση

# Ορθογωνισμός

Τα μέσα με τα οποία μπορεί να γίνει ο ορθογωνισμός είναι:

- α) γάζωμα με αερόσφυρες ή υδραυλικές σφύρες,
- β) συρματοκοπή (με ειδικά μηχανήματα ή μονάδες συρματοκοπής, που χρησιμοποιούνται και για την εξόρυξη των όγκων),
- γ) μονόλαμο, που αποτελείται από λάμα η οποία φέρει αδαμαντοφόρα κοπτικά άκρα και κινείται παλινδρομικά, ενώ στηρίζεται σε χαλύβδινο πλαίσιο,
- δ) μονόσυρμο, που αποτελεί μία νεώτερη εξέλιξη του μονόλαμου και χρησιμοποιεί ατέρμον διαμαντέ σύρμα για την κοπή,
- ε) κόφτης με μεγάλο δίσκο διαμέτρου μέχρι και 3,5m, ο οποίος φέρει στην περιφέρειά του αδαμαντοφόρα κοπτικά άκρα.

# Ορθογωνισμός



Διαμόρφωση όγκου

# Ορθογωνισμός





# Ορθογωνισμός



Διαμόρφωση όγκου

# Ορθογωνισμός με γάζωμα



*Χεφοκίνητη αερόσφουρα*

# Ορθογωνισμός με γάζωμα



Υδραυλική αερόσφουρα

# Ορθογωνισμός με γάζωμα



Υδραυλική αερόσφουρα

## Ορθογωνισμός με γάζωμα



Σχίσμο όγκου με σφήνες

## Ορθογωνισμός με γάζωμα



*Αποχωρισμός του "άχρηστου" όγκου από τον χρήσιμο (Καργάρισμα)*

## Ορθογωνισμός με γάζωμα



*Αποχωρισμός του "άχρηστου" όγκου από τον χρήσιμο (Καργάρισμα)*

# Ορθογωνισμός με συρματοκοπή



*Μεταφορά συρματοκοπής*



## Ορθογωνισμός με συρματοκοπή



*Ανασήκωμα του ογκομαρμάρου για να περάσει το σύρμα*

# Ορθογωνισμός με συρματοκοπή



# Ορθογωνισμός με μονόλαμο



# Ορθογωνισμός με μονόσυρφο



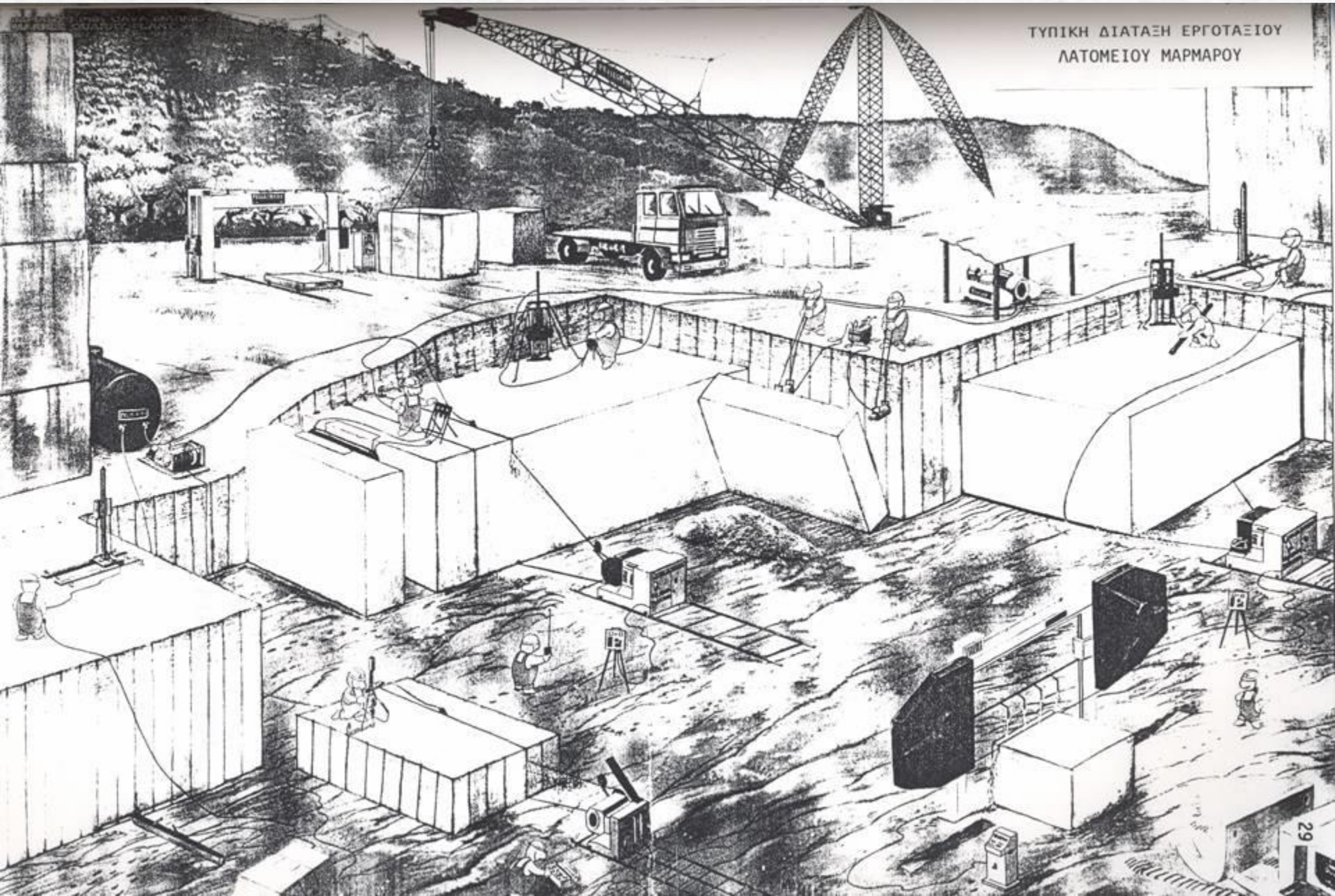
# Ορθογωνισμός με κόφτη



# Τοποθέτηση του όγκου προς ορθογωνισμό σε βαγόνια



ΤΥΠΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΕΡΓΟΤΑΞΙΟΥ  
ΛΑΤΟΜΕΙΟΥ ΜΑΡΜΑΡΟΥ



## Σχίσιμο των όγκων

Τα μέσα με τα οποία μπορεί να γίνει το σχίσιμο των όγκων είναι:

- α) Σχίσιμο με τελάρα, δηλαδή με μηχανήματα που διαθέτουν παράλληλες αδαμαντοφόρες λάμες σε κατάλληλες αποστάσεις ώστε κατά την κοπή να προκύπτουν πλάκες πάχους 2 ή 3 cm.
- β) Μηχάνημα με οριζόντιο/ κατακόρυφο δίσκο



## Σχίσσιμο με τελάρα



# Σχίσιμο με τελάρα



Σχίσσιμο με συρματοκοπή πολλαπλών συρμάτων



# Μηχάνημα με οριζόντιο/ κατακόρυφο δίσκο



# Όγκος μαρμάρου σχισμένος σε πλάκες



## Κοπή πλακών στο τελικό τους σχήμα

Προϊόν	Μήκος (mm)	Πλάτος (mm)	Πάχος (mm)
Πλάκα (Slab)	2500 - 3500	1300 -2000	20 - 80
Λεπτή πλάκα	2500 - 3500	1300 -2000	11 - 20
Μη ορθογωνισμένη πλάκα	Όπως παραπάνω χωρίς ορθογωνισμό των πλευρών		
Ορθογωνισμένη πλάκα	Όπως παραπάνω μετά τον ορθογωνισμό των πλευρών		
Λωρίδα (Strip)	1000 - 3500	150 - 650	10-50
Πλακάκι (Tile)	150 - 650	150 - 650	10 - 12
Πολύ λεπτό πλακάκι	150 - 650	150 - 650	< 10
Σοβατεπί	1000 - 3500	50 - 200	8 - 15
Μικρός όγκος	>> πάχος >> πλάτος	= πάχος	= πλάτος
Δομικός λίθος	οποιοδήποτε	οποιοδήποτε	> 80

## Κοπή πλακών στο τελικό τους σχήμα

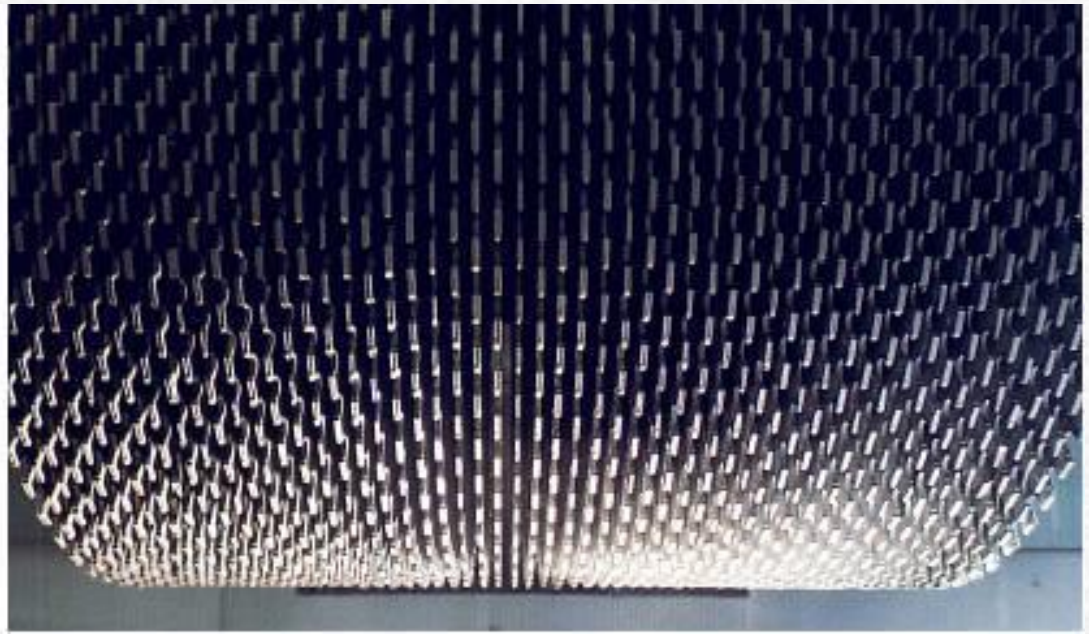


Μηχάνημα εφοδιασμένο με περιστρεφόμενο αδαμαντοφόρο δίσκο, ο οποίος έχει τη δυνατότητα να προωθείται οριζοντίως μαζί με το μηχανισμό κινήσεώς του παραμένοντας πάντα στο ίδιο κατακόρυφο επίπεδο (Κόφτης).

## Κοπή πλακών στο τελικό τους σχήμα



Δίσκοι κοπής για μάρμαρο



Σύνολο δίσκων για γρανίτη

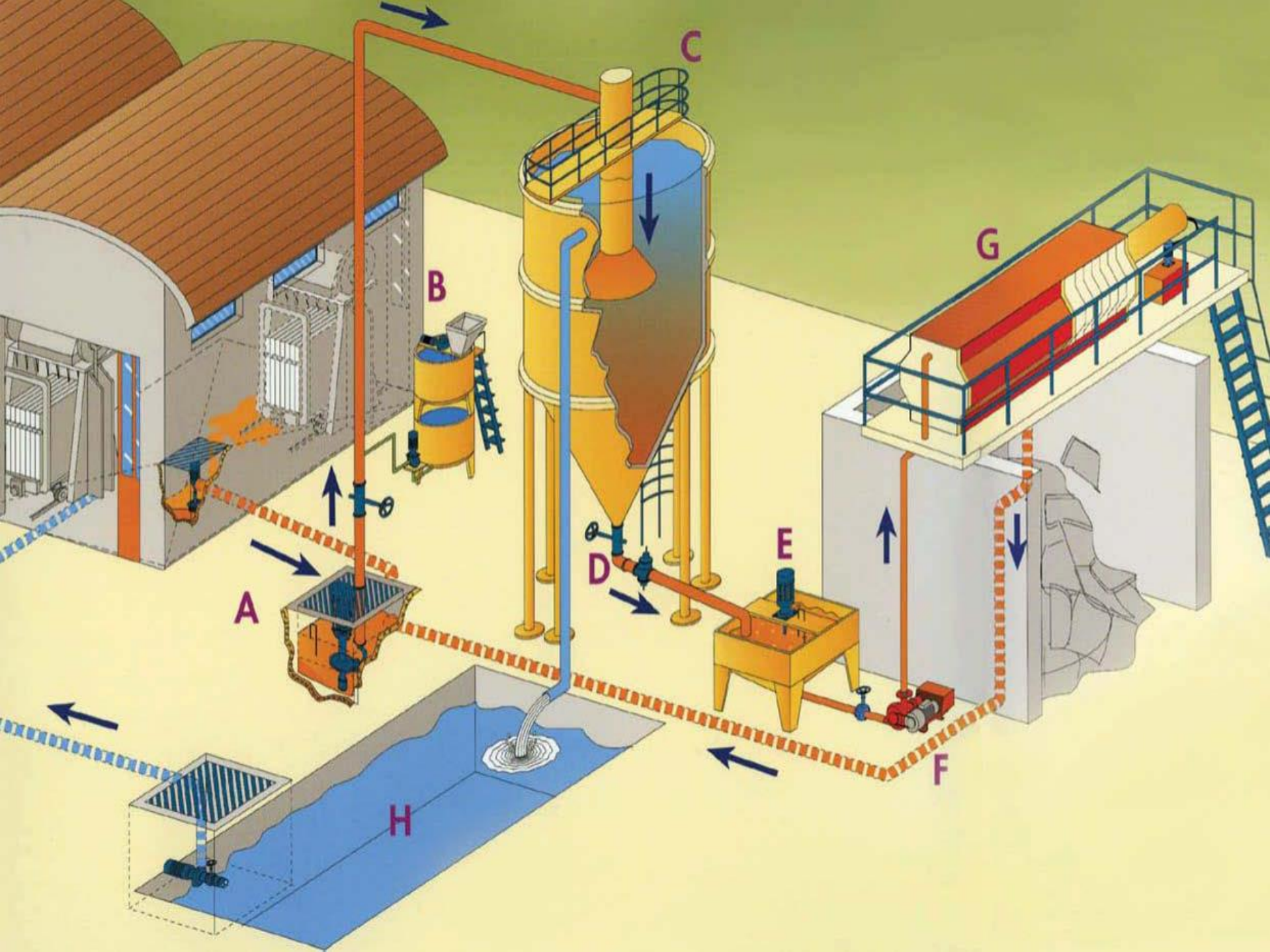
Αν τα ενδιάμεσα προϊόντα είναι πρίσματα, που παράχθηκαν από το οριζόντιο/ κατακόρυφο μηχάνημα, τότε κόβονται σε πλάκες πάχους 8-30mm σε ειδικό μηχάνημα με πολλαπλούς δίσκους στις αντίστοιχες αποστάσεις.



## Κοπή πλακών στο τελικό τους σχήμα



Οι επιμήκεις πλάκες που παράγονται από τα μηχανήματα οριζόντιου/ κατακόρυφου δίσκου ή πολλαπλών δίσκων κόβονται εν συνεχεία σε τετράγωνες ή ορθογώνιες πλάκες με μικρότερο μήκος στον κεφαλοκόφτη, που είναι ένα άλλο ειδικό μηχάνημα με δίσκο κοπής.



## Λείανση & στίλβωση

Πριν να γίνει η λείανση, απαιτούνται κάποιες προκαταρκτικές εργασίες (καλιμπράρισμα και προκαταρκτική λείανση).

Τα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται διαθέτουν λειαντικές κεφαλές, στα άκρα των οποίων είναι προσαρμοσμένοι περιστρεφόμενοι αδαμαντοφόροι δίσκοι. Η ταχύτητα περιστροφής των δίσκων, το συνθετικό υλικό μέσα στο οποίο είναι τοποθετημένοι οι κόκκοι των βιομηχανικών διαμαντιών, η κοκκομετρία και η μηχανική αντοχή των διαμαντιών αυτών, είναι όλα προσαρμοσμένα στα πετρογραφικά χαρακτηριστικά του πετρώματος.



## Λείανση & στίλβωση

Ειδικά στις περιπτώσεις λεπτών πλακιδίων, γίνεται και μία επιπλέον επεξεργασία, αυτή της εξομάλυνσης των ακμών των πλακιδίων με τρόχισμα υπό γωνία  $45^\circ$  (μπιζουτάρισμα). Η εργασία αυτή γίνεται με σμυριδοτροχούς ή μικρές λειαντικές κεφαλές και συνήθως στο ίδιο μηχάνημα που γίνεται και το καλιμπράρισμα.



*Αυτόματη μηχανή για μπιζουτάρισμα*

# Λείανση

Λείανση είναι η δημιουργία επιφάνειας, που επιτρέπει σχετικά μικρή αντανάκλαση του φωτός και εφαρμόζεται κυρίως στα μάρμαρα κατασκευής σκαλών, δαπέδων και επενδύσεων, τόσο σε εξωτερικούς όσο και σε εσωτερικούς χώρους.

Μέθοδοι λειάνσεως:

- με ειδικά λειαντικά χαρτόνια,
- με λειαντικά υγρά (αιώρημα ανθρακοπυριτίου σε νερό)
- με λειαντικές πέτρες (μάζα μαγνησίτη ή συνθετικής ρητίνης, μέσα στην οποία είναι διεσπαρμένοι κόκκοι ανθρακοπυριτίου).

Η μέθοδος που εφαρμόζεται ως επί το πλείστον σήμερα είναι η **υγρή λείανση με λειαντικές πέτρες**.

# Λείανση



Αυτόματη μηχανή λειάνσεως  
για πλάκες



Χειροκίνητη λείανση

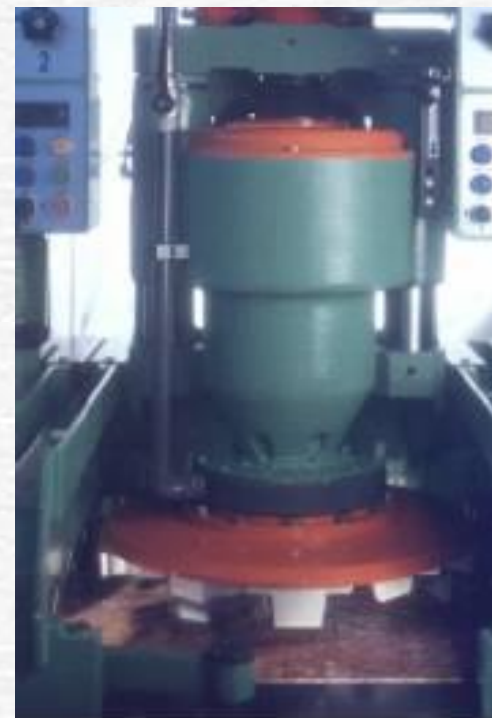
## Στίλβωση

Η διαδικασία της στίλβωσης γίνεται σε μάρμαρα που προορίζονται για επένδυση εσωτερικών χώρων. Η επιφάνεια του μαρμάρου βρέχεται με καθαρό ζεστό νερό και κατόπιν πλένεται με το υλικό καθαρισμού, το οποίο είναι ελαφρώς αλκαλικό ή σαπωνώδες διάλυμα και δεν περιέχει λιπαρές ή αλκαλικές ουσίες ή άλλα διαβρωτικά συστατικά. Συνήθως χρησιμοποιείται οξαλικό οξύ σε υδατικό πολτό.

Αμέσως μετά, η επιφάνεια ξεπλένεται με καθαρό νερό.

Στη συνέχεια, τρίβεται με κεφαλές που φέρουν μαλακό ύφασμα για να στεγνώσει και να μην σχηματιστούν δευτερογενείς λεκέδες.

Η χρήση οξαλικού οξέος στη τελευταία γραμμή παραγωγής πλάκας ή πλακιδίου αναφέρεται και ως **αδιαβροχοποίηση**.



Κεφαλή στίλβωσης



# Άλλες κατεργασίες

Επιφάνειες που προκύπτουν με κατεργασία σφυρηλάτησης

- κτυπητές με σφύρα λιθοξόου (bush hammered)
- σκαπιτσαριστές (trimmed)
- αυλακωτές (striated)
- χτενιστές (combed)



*Γρανίτης*

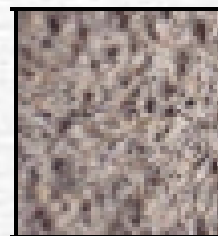


*Μάρμαρο*

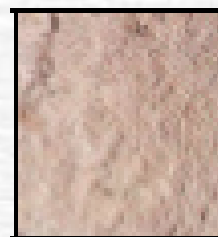


# Άλλες κατεργασίες

Επιφάνειες που προκύπτουν με κατεργασία σε μηχανή φλόγας



*Γρανίτης*



*Μάρμαρο*



## Άλλες κατεργασίες

Επιφάνειες που προκύπτουν με υδροβολή



# Έλεγχος ποιότητας κατεργασίας

---

- Όγκοι
  - Διάσταση (μείωση κατά την κοπή)
  - Ομοιομορφία χρώματος
  - Διάταξη στρώσης
  - Φυσικά ελαττώματα (εμποτισμοί, ρωγμές, κόνδυλοι κλπ.)

# Έλεγχος ποιότητας κατεργασίας

---

- Όγκοι
- Πλάκες
  - α) αγυάλιστες (ημι-κατεργασμένες από τελάρο)
    - Διάσταση
    - Ομοιομορφία χρώματος
    - Ομοιοπαχία
    - Καμπυλότητα
    - Φυσικά ελαττώματα

# Έλεγχος ποιότητας κατεργασίας

---

- Όγκοι
- Πλάκες
  - α) αγυάλιστες (ημι-κατεργασμένες από τελάρο)
  - β) γυαλισμένες
    - Διάσταση
    - Ομοιομορφία χρώματος
    - Ομοιοπαχία
    - Καμπυλότητα
    - Φυσικά ελαττώματα
    - Ποιότητα γυαλίσματος

# Έλεγχος ποιότητας κατεργασίας

---

- Όγκοι
- Πλάκες
  - α) αγυάλιστες (ημι-κατεργασμένες από τελάρο)
  - β) γυαλισμένες
- Πλακίδια (καδρέτα & τυποποιημένα πλακίδια)
  - Ακρίβεια κοπής (διάσταση, πάχος, ορθογωνιότητα)
  - Ομοιοχρωμία
  - Φυσικά ελαττώματα

# Έλεγχος ποιότητας κατεργασίας

---

- Όγκοι
- Πλάκες
  - α) αγυάλιστες (ημι-κατεργασμένες από τελάρο)
  - β) γυαλισμένες
- Πλακίδια (καδρέτα & τυποποιημένα πλακίδια)
- Προϊόντα ειδικών διαστάσεων
  - Ακρίβεια γεωμετρικού σχήματος
  - Ομοιοχρωμία
  - Φυσικά ελαττώματα

Χαρακτηριστικά, που μπορούν να μετρηθούν και να ελεγχθούν με προδιαγραφές:

- Λείανση

Μέτρηση της επιφανειακής τραχύτητας

- Γυάλισμα

Μέτρηση της επιφανειακής στιλπνότητας

- Διαστάσεις (πάχος, ορθογωνισμός, πλάτος, μήκος)

Εκτός από τους ανωτέρω ελέγχους, που σχετίζονται με προδιαγραφές επί του υλικού, υπάρχουν και προδιαγραφές επί τεχνικών θεμάτων, οι οποίες αφορούν στον τρόπο παρουσίασης του προϊόντος στον ενδιαφερόμενο πελάτη, ώστε να μπορεί να εξεταστεί οπτικά από όλες τις πλευρές.