

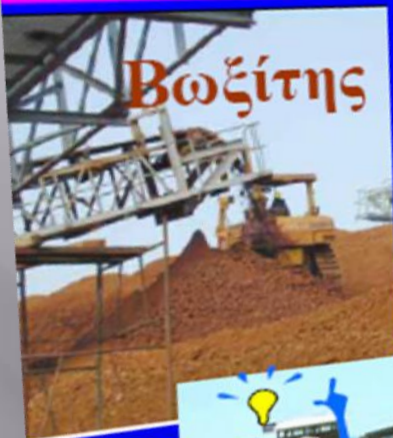


ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΚΑ  
ΠΡΟΙΟΝΤΑ -  
ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΚΕΣ  
ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ

Ζερβός Σπύρος

---

# Αντικείμενο της Εξαγωγικής Μεταλλουργίας



# Εξαγωγική Μεταλλουργία

Η Εξαγωγική Μεταλλουργία είναι ο τομέας της Επιστήμης και της Τεχνολογίας που έχει σκοπό την παραγωγή μετάλλων ή ενδιάμεσων προϊόντων από τις κατάλληλες μεταλλουργικές πρώτες ύλες.

Βρώγος Χαλκός  
(Blister Copper)  
98.5%



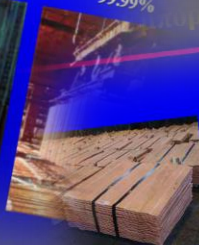
Μεταλλαγή  
Copper

Καθαρός Χαλκός  
(Pure Copper)  
99.5%



Χύτευση  
Ανόδων

Υπερκαθαρός  
Χαλκός  
99.99%



Ηλεκτρολυτική  
Ανοξείδια



Μπάρες  
Χαλκού



Σόρμα  
Χαλκού

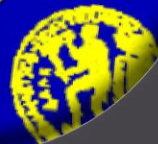
## Μεταλλουργικά Προϊόντα

**Συμπυκνώματα:** Προϊόντα που προέρχονται από την επεξεργασία μεταλλευμάτων και περιέχουν το χρήσιμο συστατικό σε μεγαλύτερη περιεκτικότητα από αυτό του μεταλλεύματος πχ μικτά θειούχα

**Ενδιάμεσα προϊόντα:** Προϊόντα που προκύπτουν από την υδροχημική ή πυροχημική κατεργασία μεταλλευμάτων ή συμπυκνώματος πχ αλουμίνα

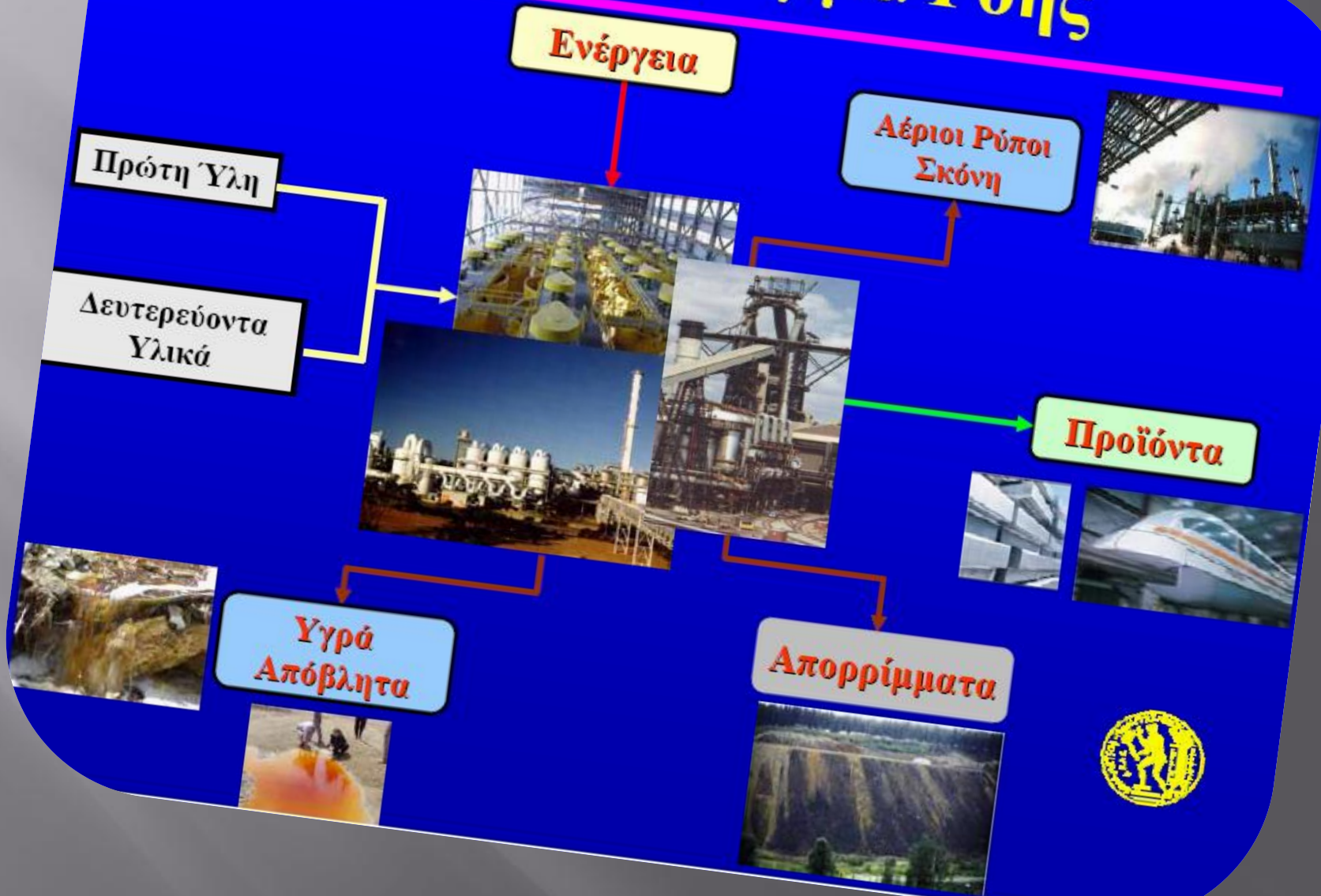
**Μέταλλα:** Προϊόντα που αποτελούνται εξ ολοκλήρου ή σχεδόν εξ ολοκλήρου από μεταλλικά στοιχεία

**Κράματα:** Στερεά διαλύματα μεταλλικών στοιχείων





# Γενικό Διάγραμμα Ροής



# Μεταλλουργικά Προϊόντα - Χαλκός

**Αργός Χαλκός**  
(Blister Copper)  
98.5%



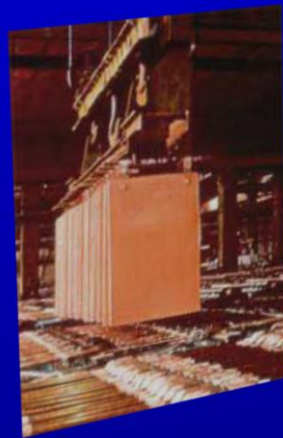
**Μεταλλαγή**  
**Matte**

**Καθαρός Χαλκός**  
(Pure Copper)  
99.5%



**Χύτευση**  
**Ανόδων**  
**Αργού Χαλκού**

**Υπερκαθαρός**  
**Χαλκός**  
99.99%



**Ηλεκτρόλυση**  
**Ανόδων**  
**Αργού Χαλκού**





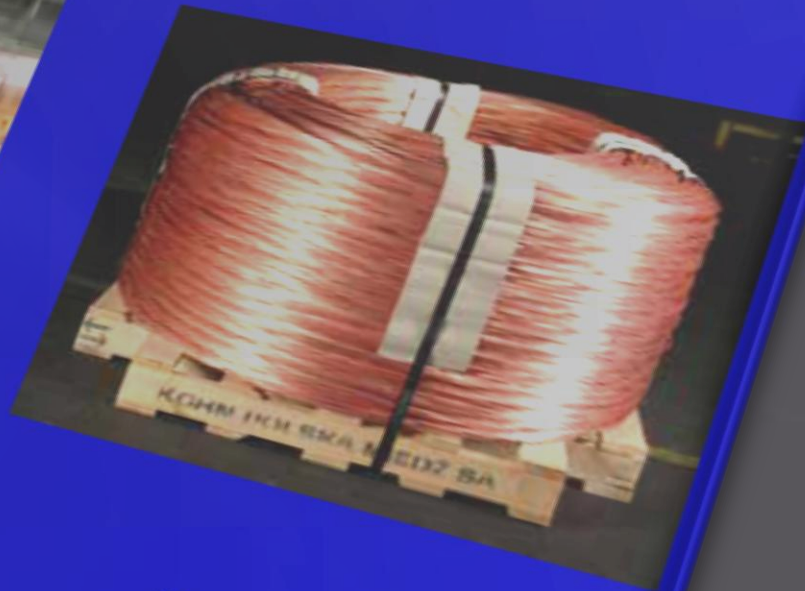
# Τελικά Εμπορικά Προϊόντα - Χαλκός



Κάθοδοι  
Χαλκού



Μπάρες  
Χαλκού



Σύρμα  
Χαλκού

# Μεταλλουργικά Προϊόντα – Αλουμίνιο

Καθαρό  
Αλουμίνιο  
99.00 % – 99.9 %



Πλινθώματα  
Αλουμινίου

Υπερκαθαρό  
Αλουμίνιο  
> 99.97 %



Ράβδοι  
Αλουμινίου

Κράματα  
Αλουμινίου



Φύλλα  
Αλουμινίου





# Μεταλλουργικά Προϊόντα – Αλουμίνιο

**Καθαρό  
Αλουμίνιο**  
99.00 %– 99.9 %



**Πλινθώματα  
Αλουμινίου**

**Υπερκαθαρό  
Αλουμίνιο**  
> 99.97 %



*Billets*

**Ράβδοι  
Αλουμινίου**

**Κράματα  
Αλουμινίου**



**Φύλλα  
Αλουμινίου**



# Τελικά προϊόντα με βάση το Αλουμίνιο



# Μεταλλουργικά Προϊόντα – Σίδηρος

**Χάλυβας:** Ενανθρακωμένα προϊόντα σιδήρου με χαμηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα ( $>2\%$ ) βασικό χαρακτηριστικό την ιδιότητα της βαφής και της ελατότητας

**Σίδηρος:** Προϊόντα σιδήρου με ασήμαντη περιεκτικότητα σε άνθρακα ( $>0.025\%$ ) βασικό χαρακτηριστικό την ιδιότητα της ελατότητας



# Μεταλλουργικά Προϊόντα – Σίδηρος

## **Κράματα Σιδήρου:**

Περιέχουν διάφορες ποσότητες **άνθρακα** και άλλων μετάλλων όπως **χρώμιο, βανάδιο, μολυβδαίνιο, νικέλιο, βολφράμιο**, τα οποία προστίθενται για να δώσουν υψηλές αντοχές, αντοχή στη διάβρωση κλπ.

# Μεταλλουργικά Προϊόντα – Σίδηρος

## Ανοξειδωτοι Χάλυβες:

Περιέχουν **χρώμιο σε ποσοστό 13% - 26%** και άλλα μέταλλα όπως **νικέλιο, μολυβδαίνιο, τιτάνιο** ανάλογα με τον τύπο του χάλυβα. Ονομάζεται ανοξειδωτος γιατί το περιεχόμενο σε αυτόν χρώμιο οξειδώνεται με το οξυγόνο του αέρα και σχηματίζει ένα προστατευτικό στρώμα από  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  που αντέχει στη διάβρωση.



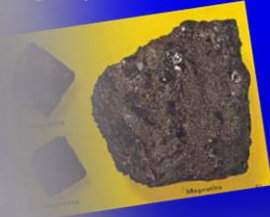
QMC Technologies, Inc.



# Ποιες πρώτες ύλες μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε

ο Σίδηρος;

Μαγνητίτης



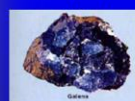
Αιματίτης



Γκαϊτίτης



Γαληνίτης



Ανγκλεζίτης



Κερουσίτης



πλούσια μεταλλεύματα αλουμινίου περιέχουν μέχρι 60% σίδηρο. Μεταλλεύματα με περιεκτικότητα μέχρι 25% θειούχα περιέχουν μέχρι 4% μόλυβδο. Η ορυκτολογική ομάδα των σιδηροχλωρίδων περιέχει τον μόλυβδο.

## Μεταλλεύματα Χαλκού

<p>Οξειδωμένα 10% Συνόλου Παραγωγής Cu</p>	<p>Κυπρίτης Cu<sub>2</sub>O</p>	<p>Μολυβίτης CuCO<sub>3</sub>·Cu(OH)<sub>2</sub></p>
<p>Χαλκοσίτης Cu<sub>2</sub>S</p>	<p>Χαλκοσιρίτης CuFeS<sub>2</sub></p>	<p>Θειούχα 90% Συνόλου Παραγωγής Cu</p>

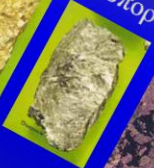
Γιββσίτης



Βαμίτης



Διάσπορο



Βωξίτης



πλούσια μεταλλεύματα αλουμινίου περιέχουν μέχρι 60% σίδηρο. Μεταλλεύματα με περιεκτικότητα μέχρι 25% θειούχα περιέχουν μέχρι 4% μόλυβδο. Η ορυκτολογική ομάδα των σιδηροχλωρίδων περιέχει τον μόλυβδο.



**Οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται στην  
Εξαγωγική Μεταλλουργία είναι:**

**Τα μεταλλεύματα**

**Τα συμπυκνώματα**

**Τα παλαιά μέταλλα**

**Τα κατάλοιπα ή τα απορρίμματα των  
μεταλλουργικών διεργασιών**

## Τι είναι Μετάλλευμα;

Υλικό του στερεού φλοιού της γης το οποίο περιέχει το μέταλλο σε **μεγαλύτερη περιεκτικότητα** από εκείνη με την οποία το μέταλλο απαντάται στο περιβάλλον

Η περιεκτικότητα του Οξειδίου του Αλουμινίου στο στερεό φλοιό της γης είναι **8%** ενώ στο Βωξίτη είναι **55%**

Τα μέταλλα πλην ορισμένων εξαιρέσεων μέσα στα ορυκτά δεν βρίσκονται σε μεταλλική μορφή, αλλά σαν χημικές ενώσεις πχ **Οξειδία, Σουλφίδια**, οι οποίες ανάλογα με το σύστημα που κρυσταλλώνονται δημιουργούν τα αντίστοιχα **ορυκτά**.

Ενώσεις της ίδιας χημικής σύστασης μπορεί να κρυσταλλώνονται σε διαφορετικά ορυκτά τα οποία έχουν τελείως διαφορετική συμπεριφορά



# Απο ποιά Μεταλλεύματα παράγεται ο Σίδηρος;

Μαγνητίτης



Αιματίτης



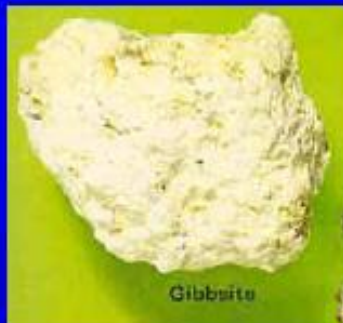
Γκαιτίτης



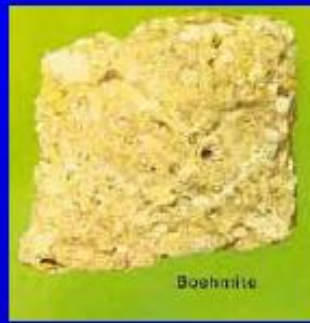
Τα πλούσια μεταλλεύματα σιδήρου μπορεί να περιέχουν μέχρι 60% σίδηρου. Μεταλλεύματα με περιεκτικότητα μέχρι 25% θεωρούνται εκμεταλλεύσιμα

# Απο ποιά Μεταλλεύματα παράγεται το Αλουμίνιο;

Γιββσίτης



Βαιμίτης



Διάσπορο



Βωξίτης



Τα πλούσια μεταλλεύματα αλουμινίου περιέχουν μέχρι και 55% αλουμίνια. Η ορυκτολογική μορφή που βρίσκεται το αλουμίνιο έχει τεράστια σημασία γιατί μπορεί να αλλάξει τελείως την τεχνολογία παραγωγής του.



# Απο ποιά Μεταλλεύματα παράγεται ο Μόλυβδος;

Γαληνίτης



Ανγκλεζίτης



Κερουσίτης



Η ελάχιστη περιεκτικότητα για να είναι ένα μετάλλευμα μολύβδου εκμεταλλεύσιμο είναι 4%. Τα μεταλλεύματα μολύβδου περιέχουν συνήθως και ψευδάργυρο, χαλκό, άργυρο και χρυσό



## Τι είναι Παλαιά Μέταλλα (Scrap);

Μεταλλικά υλικά που προκύπτουν από την ανακύκλωση μεταλλικών αντικειμένων που έχουν ολοκληρώσει τον κύκλο της ζωής τους

Το **50%** του χάλυβα, το **40%** του χαλκού, το **15%** του νικελίου, το **45%** του μολύβδου, το **12%** του κασσιτέρου και το **25%** του ψευδαργύρου προέρχεται από την κατεργασία παλαιών μετάλλων

# Μεταλλουργικές Κατεργασίες

---

**Πυρομεταλλουργικές κατεργασίες:** Η κατεργασία της πρώτης ύλης γίνεται σε ψηλές θερμοκρασίες, συνήθως σε ατμοσφαιρική πίεση και οι φάσεις που εμφανίζονται είναι στερεές, αέριες ή τήγματα

**Παραδείγματα πυρομεταλλουργικών διεργασιών** αποτελούν η ξήρανση, η πύρωση, η φρύξη, η τήξη, η απόσταξη, και η ηλεκτρόλυση τήγματος

**Παραδείγματα μετάλλων που παράγονται πυρομεταλλουργικά:** Σίδηρος, χαλκός, νικέλιο, μόλυβδος, ψευδάργυρος

# Μεταλλουργικές Κατεργασίες

---

**Υδρομεταλλουργικές κατεργασίες:** Η κατεργασία της πρώτης ύλης γίνεται σε υδατική φάση, σε χαμηλές θερμοκρασίες, σε ατμοσφαιρική πίεση ή σε υψηλή πίεση (αυτόκλειστα) και οι φάσεις που εμφανίζονται είναι, υγρές, στερεές και αέριες

**Παραδείγματα υδρομεταλλουργικών διεργασιών** αποτελούν η εκχύλιση, διαχωρισμός υγρής – στερεής φάσης, η καταβύθιση και η κρυστάλλωση, η κατεργασία με οργανικό διαλύτη και η ηλεκτρόλυση υδατικού διαλύματος

**Παραδείγματα μετάλλων που παράγονται υδρομεταλλουργικά:**  
Αλουμίνιο, μαγνήσιο, Χαλκός, νικέλιο



# ΣΟΥΛΦΙΔΙΑ, ΘΕΙΟΑΛΑΤΑ



# ΣΟΥΛΦΙΔΙΑ



Ο ΧΗΜΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ ΤΩΝ ΣΟΥΛΦΙΔΙΩΝ ΕΙΝΑΙ

**A = μέταλλο**  
**μικρό άτομο**

**X = S (As, Sb, Bi, Se, Te)**  
**μεγάλο άτομο**

# PbS

# Γαληνίτης

# Κυβικό

## Σύσταση

Συνήθως περιέχει ποσά Ag.

## Εμφάνιση

Είναι το πιο κοινό ορυκτό του Pb.  
Κυρίως σε υδροθερμικές φλέβες με  
σφαλερίτη, σιδηροπυρίτη,  
μαρκασίτη, χαλκοπυρίτη,  
κερουσίτη, αγγλεσίτη, δολομίτη,  
βαρύτη, φθορίτη.

## Αλλοίωση

Σε κερουσίτη ( $\text{PbCO}_3$ ) και  
αγγλεσίτη ( $\text{PbSO}_4$ ).





# PbS

# Γαληνίτης

# Κυβικό

Χρήση

Αποτελεί πρακτικά τη μοναδική πηγή **Pb**. Επίσης είναι πολύ σημαντικό μέταλλευμα **Ag**.

Όνομα

Είναι γνωστός από την αρχαιότητα. Ο Πλίνιος τον ονομάζει **Galena**.

**Galena, Lead Glance (GB), Galène (F), Galenit, Bleiglanz, Bleischweif (D)**



# Πως πρέπει να κατεργαστώ τα Σουλφίδια

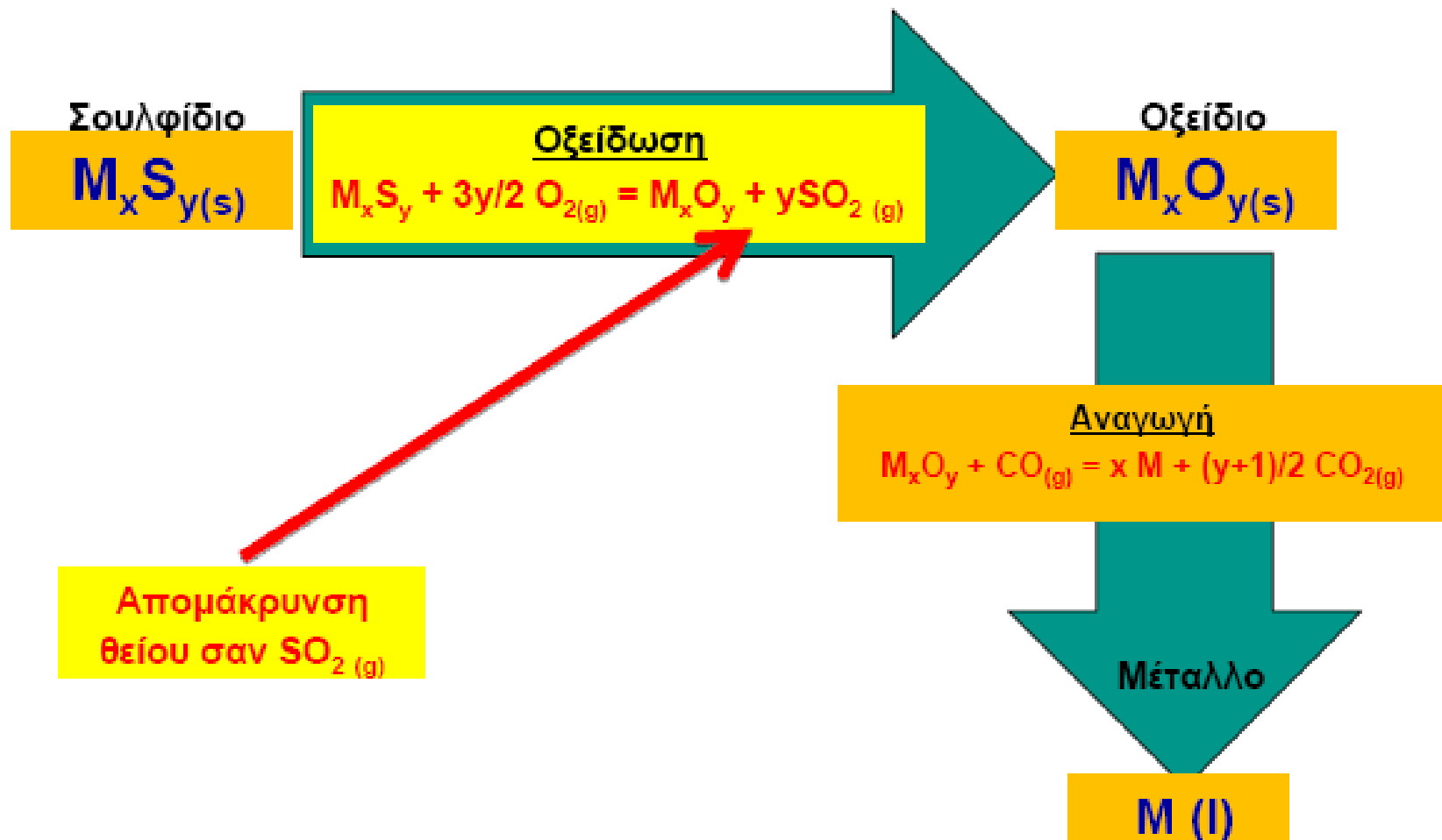
Τρεις είναι οι βασικοί δρόμοι που μπορώ να κατεργαστώ τα θειούγα μεταλλεύματα:

α) Οξείδωση του σουλφιδίου σε οξειδίο και ακολούθως αναγωγή του οξειδίου με άνθρακα, μονοξείδιο του άνθρακα ή υδρογόνο σε μέταλλο. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται στην παραγωγή μετάλλων όπως ο μόλυβδος και ο ψευδάργυρος.

β) Οξείδωση του σουλφιδίου σε θειικό άλας, διαλυτοποίηση του άλατος με νερό και ανάκτηση του μετάλλου με ηλεκτρόλυση.

γ) Οξείδωση του σουλφιδίου απευθείας σε μέταλλο. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε μέταλλα που έχουν χαμηλή χημική συγγένεια με το οξυγόνο όπως ο Χαλκός.

# Πως πρέπει να κατεργαστώ τα Σουλφίδια

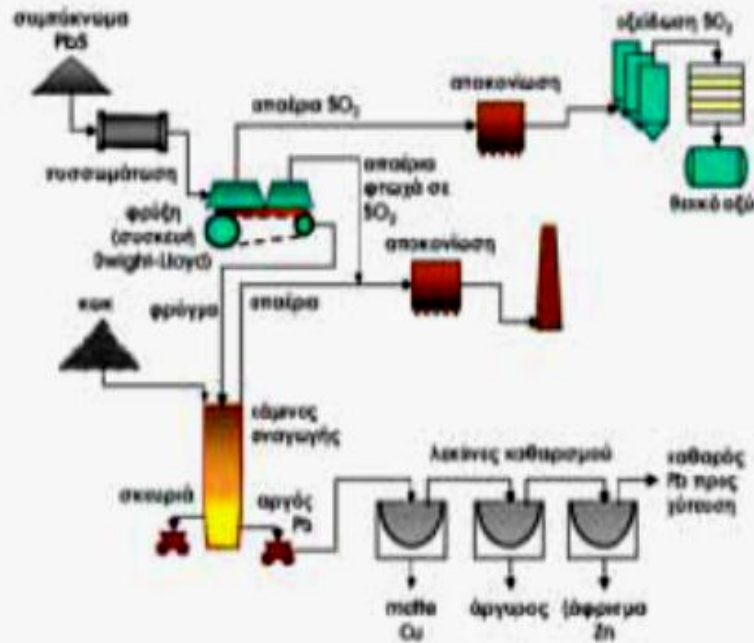




## παράδειγμα (α' τρόπος)



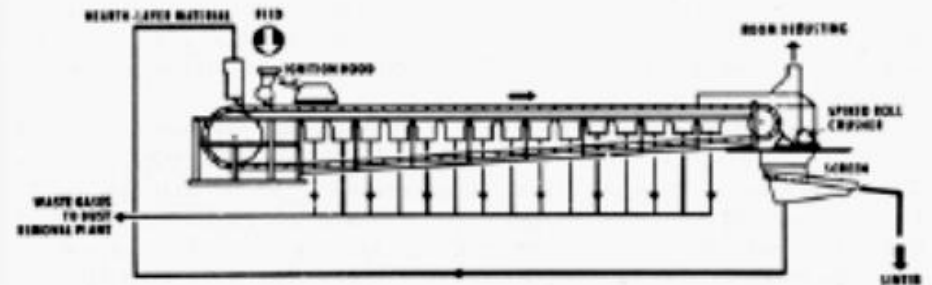
# Παραγωγή Μολύβδου από συμπύκνωμα PbS



**Οξειδωτική Φρύξη**



**Κάμινος Dwight-Lloyd**



**Αναγωγή του Οξειδίου**



**Εξειγενισμός του Αργού Μετάλλου**

# Φρύξη Πρώτων Υλών και Μεταλλευμάτων

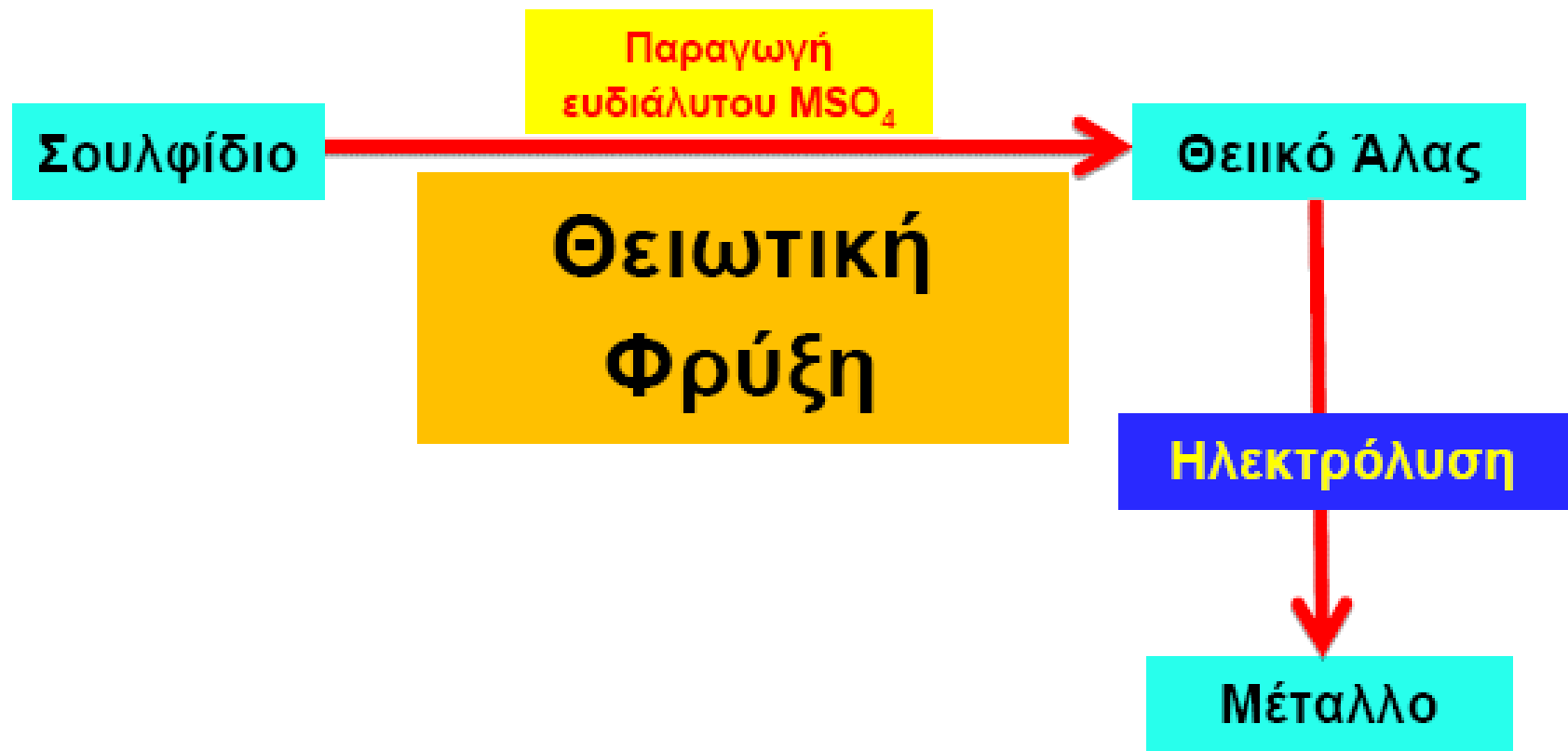
Σκοπός της **Φρύξης (Roasting)** είναι συνήθως η απομάκρυνση του **θείου** από τις **θειούχες ενώσεις** ή γενικότερα η αλλαγή του χημικού χαρακτήρα της πρώτης ύλης ή του μεταλλεύματος.

Η **φρύξη** είναι μια διεργασία που διεξάγεται σε ψηλή θερμοκρασία χωρίς όμως να φθάνει στη θερμοκρασία τήξης των υλικών.

Ανάλογα με το σκοπό η φρύξη μπορεί να είναι **οξειδωτική, θειωτική, αναγωγική, χλωριωτική** ή ακόμη να συνοδεύεται και από **συσσωμάτωση**.



(β' τρόπος)

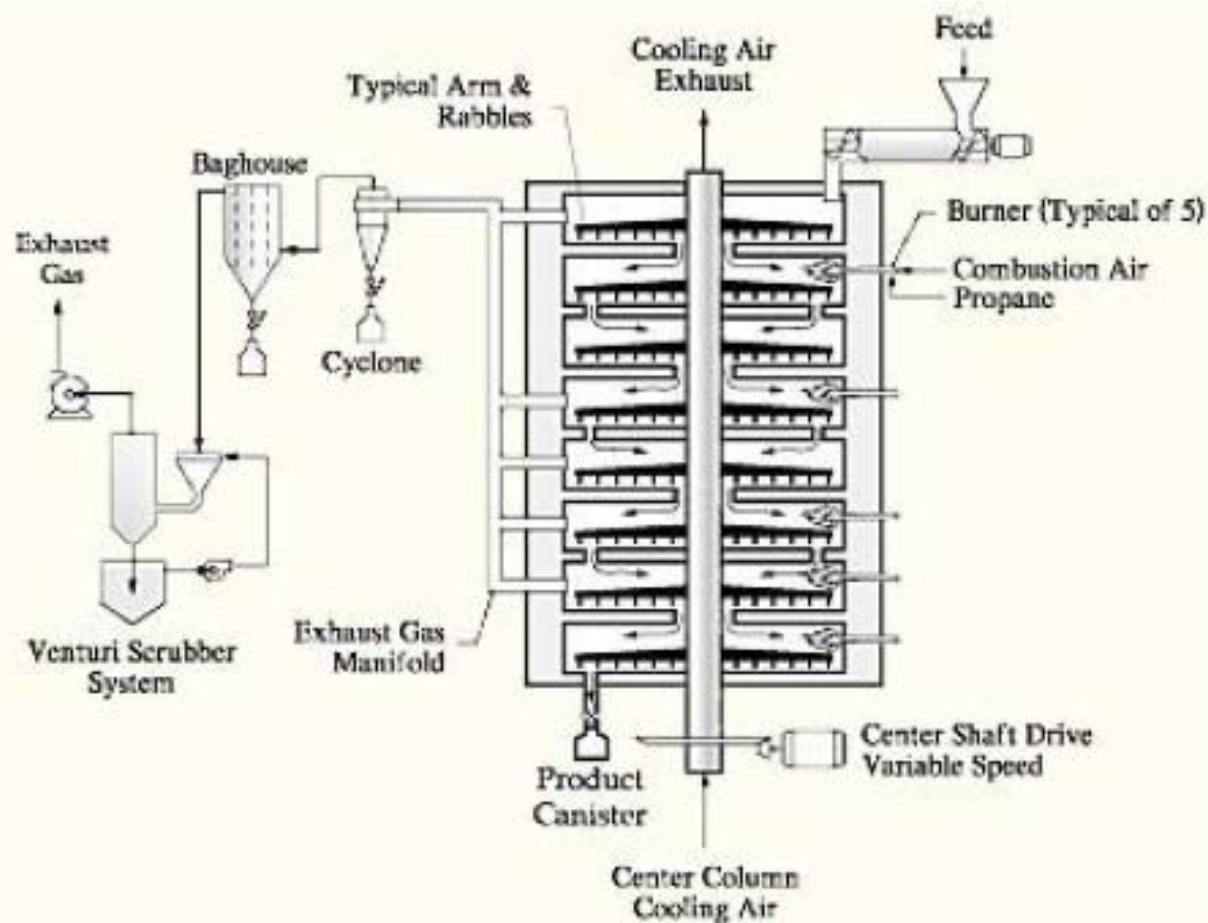


# Κάμινοι που χρησιμοποιούνται στην Φρύξη

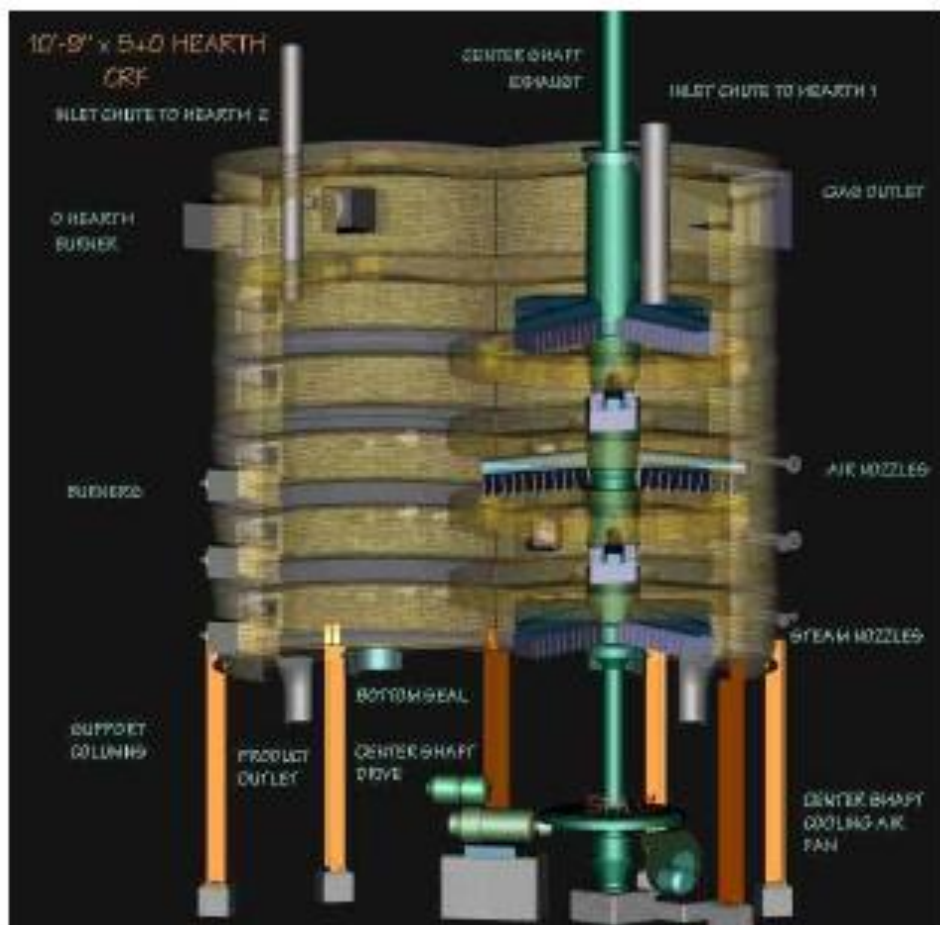
---

1. Πολλαπλών Διαπέδων
2. Περιστροφική Κάμινος
3. Κάμινος Ακαριαίας Δράσης
4. Κάμινος Ρευστοστερεού Στρώματος
5. Κάμινος Dwight – Lloyd

# A. Κάμινος πολλαπλών δαπέδων







## Κατακόρυφος γαλύβδινος κύλινδρος

$H = 15 \text{ m}$ ,  $D = 6 \text{ m}$

Πατώματα: 6 -12

Δυναμικότητα:  $0.5 - 1 \text{ t/m}^2\text{h}$

Κίνηση αερίων:

κατά αντιστροφή με το φορτίο

Καπναέρια με:  $4-6\% \text{ SO}_2(\text{g})$

## **B. Περιστροφική κάμινος**



### Οριζόντιος γαλύβδινος κύλινδρος

**L = 6 - 160 m, D = 1 - 10 m**

**Κλίση: 2 - 4°**

**Περιστροφή: 0.5 - 5 min<sup>-1</sup>**

**Δυναμικότητα: 400 t/h**

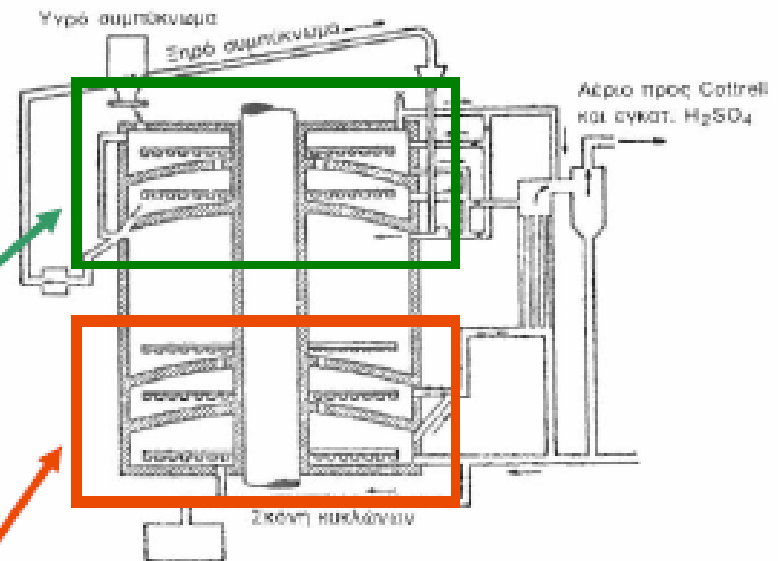
**Κίνηση αερίων: κατά αντιροή ή  
ομοροή με το φορτίο**

**Καπναέρια με: 4-6% SO<sub>2</sub>(g)**

# Γ. Αντιδραστήρας Ακαριαίας Φρύξης

Ο αντιδραστήρας ακαριαίας φρύξης προήλθε από την κάμινο πολλαπλών δαπέδων. Με αφαίρεση των μεσαίων πατωμάτων δημιουργήθηκε ο θάλαμος φρύξης.

Τα ανώτερα πατώματα χρησιμεύουν για ξήρανση ενώ τα κατώτερα για φρύξη.

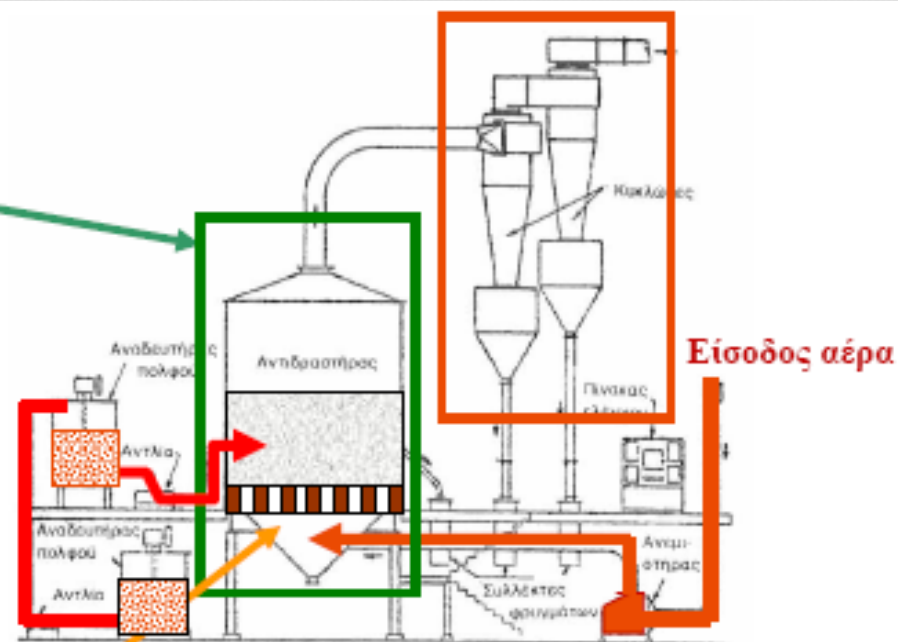


Εικ. 64. Κάμινος ακαριαίας δρόσης (Flash).



## Δ. Αντιδραστήρας Ρευστοστερεού στρώματος (1)

Ο αντιδραστήρας ρευστοστερεού στρώματος (fluidised bed) αποτελείται από κυλινδρικό χαλύβδινο δοχείο διαμέτρου 5 – 7 m, επενδεδυμένου με πυρίμαχο υλικό και κωνικό πυθμένα



Εικ. 65. Καμινός ρευστοστερεού στρώματος.

Στο πάνω μέρος του κώνου υπάρχει διάτρητος πυθμένας από τον οποίο εισέρχεται ο αέρας για τη ρευστοστεραιώρηση του μεταλλεύματος οι σπές έχουν διάμετρο 1-4 mm και καταλαμβάνουν το 1/20 – 1/50 της επιφάνειας

Η ταχύτητα του αέρα είναι μεταξύ 5 – 50 cm/s και η δυναμικότητα του αντιδραστήρα 5 – 50 t/m<sup>2</sup> 24 h

# Άργυρος (Ag)

## Γενικά για τον Ag

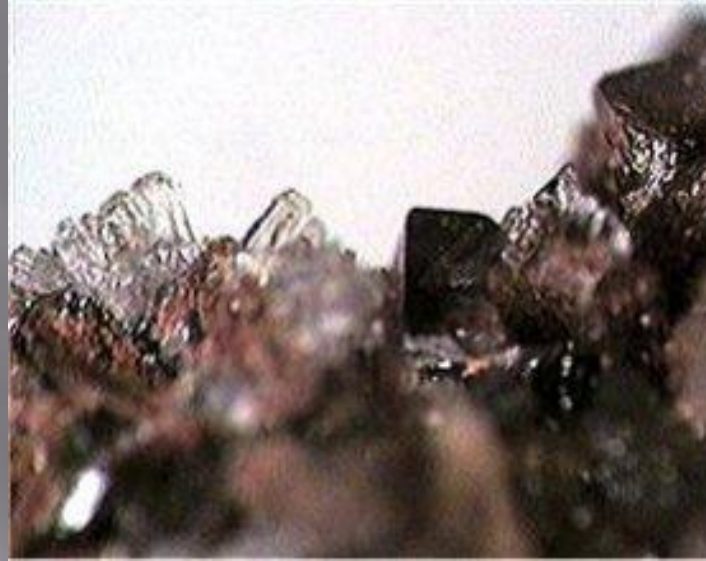
- Ονομασία ελληνικής /λατινικής προέλευσης: "argentum" - "άργυρος". Μαλακό, ελατό και όλκιμο μέταλλο, ημιευγενές, προσβάλλεται από το θείο και θειούχες ενώσεις, όπως και από το όζον που μαυρίζουν την αστραφτερή ανακλαστική του επιφάνεια. Ο καλύτερος αγωγός του ηλεκτρισμού και της θερμότητας.
- Μέταλλο γνωστό από την αρχαιότητα. Τα αργυρά νομίσματα πάντοτε περιέχουν μικρές ποσότητες Cu. Η μαύρη "πατίνα" οφείλεται στο σχηματισμό  $Ag_2S$ . Αργυρά αντικείμενα που βρέθηκαν στη Μικρά Ασία και στα νησιά του Αιγαίου καταδεικνύουν ότι ο άνθρωπος γνώριζε τον τρόπο διαχωρισμού του Ag από τα ορυκτά του μολύβδου ήδη από το 3000 π.Χ.
- Αμιγή ορυκτά του αργύρου όπως ο **αργεντίτης**,  $Ag_2S$  και ο **χλωραργυρίτης**,  $AgCl$  είναι σχετικώς σπάνια (Μεξικό, Καναδάς, ΗΠΑ, Περού).
- Σπανιότατα βρίσκεται και ως **μεταλλικός Ag**. Λαμβάνεται κυρίως ως παραπροϊόν παραγωγής άλλων μετάλλων (Cu, Pb) στα θειούχα ορυκτά των οποίων, όπως π.χ. ο **γαληνίτης**,  $PbS$ , όπου βρίσκεται σε πολύ μικρές αλλά εκμεταλλεύσιμες ποσότητες (όπως π.χ. κατά το παρελθόν, στα μεταλλεία του Λαυρίου).







**F01.** Αργεντίτης,  $\text{Ag}_2\text{S}$



**F02.** Χλωραργυρίτης,  $\text{AgCl}$



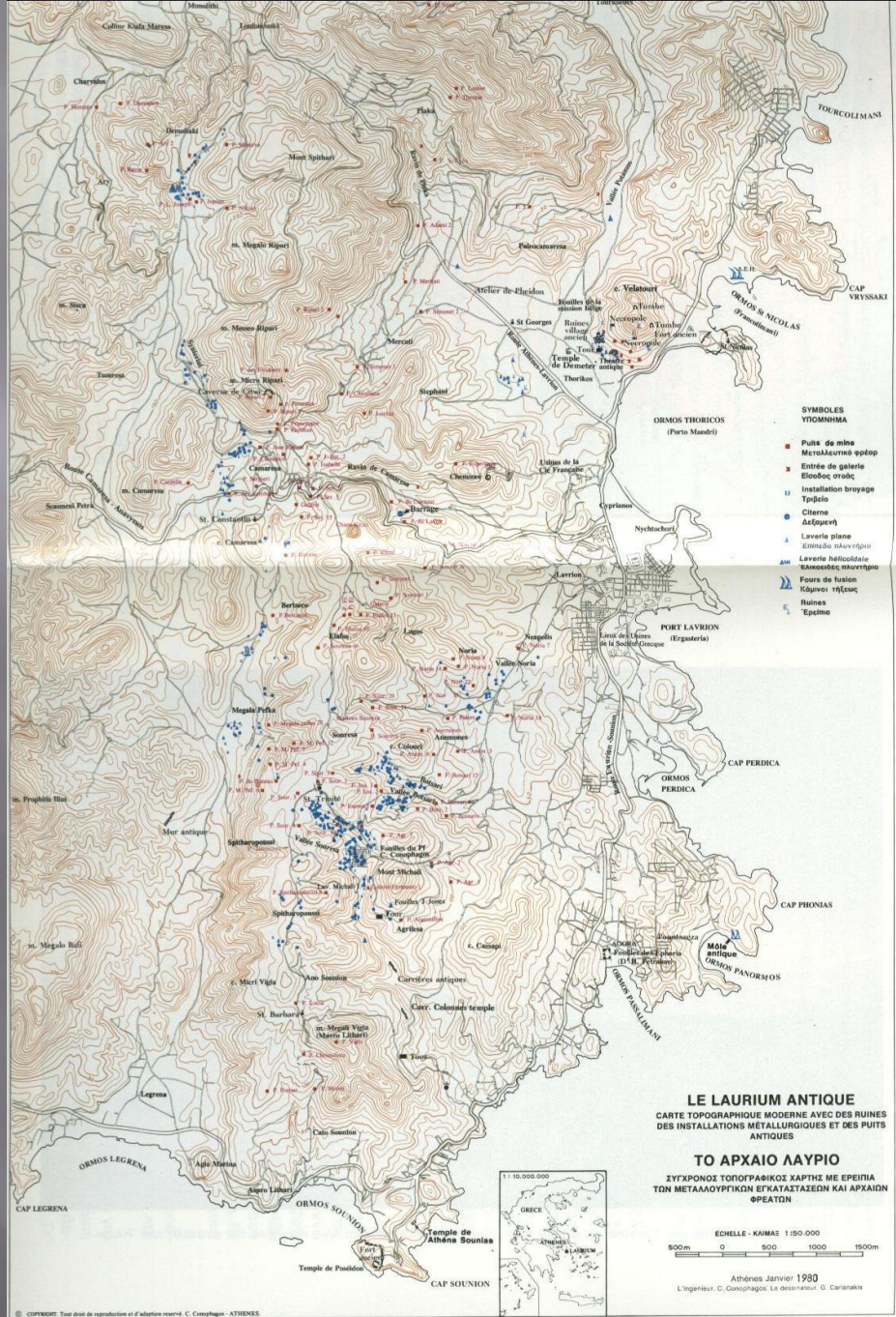
**F03.** Μεταλλικός άργυρος ("αυτοφυής")



**F04.** Γαληνίτης,  $\text{PbS}$  (+ ίχνη  $\text{Ag}_2\text{S}$ )



# Το Αρχαίο Λαύριο



1 - 2. Σύγχρονος χάρτης της Λαυρεωτικής με τά αρχαία ερείπια (1979). Στο τέλος του τόμου, ο ίδιος χάρτης σε διπλάσιο μεγέθος.

- ▣ **Λαύριο ή Λαυρεωτική** ονομαζόταν στην αρχαιότητα η χερσόνησος στο ΝΑ άκρο της Αττικής. Το εξαιρετικά πλούσιο σε μεταλλεύματα υπέδαφος της έπαιξε πολύ σημαντικό ρόλο στην ιστορία της Αρχαίας Αθήνας: **στο ασήμι των ορυχείων του Λαυρίου χρωστάει η Αθήνα τις 200 τριήρεις που της έδωσαν τη νίκη στη ναυμαχία της Σαλαμίνας και, σε μεγάλο βαθμό, το χρυσό αιώνα της.** Σήμερα, διάσπαρτες σε μια εκτεταμένη περιοχή βρίσκονται μαρτυρίες των αρχαίων μεταλλευτικών δραστηριοτήτων αλλά και των πιο σύγχρονων, του 19ου και του 20ου αιώνα. Μαζί με τον απόηχο παρελθούσης ευημερίας και εργατικών εξεγέρσεων, έχουν αφήσει πίσω τους και σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα.

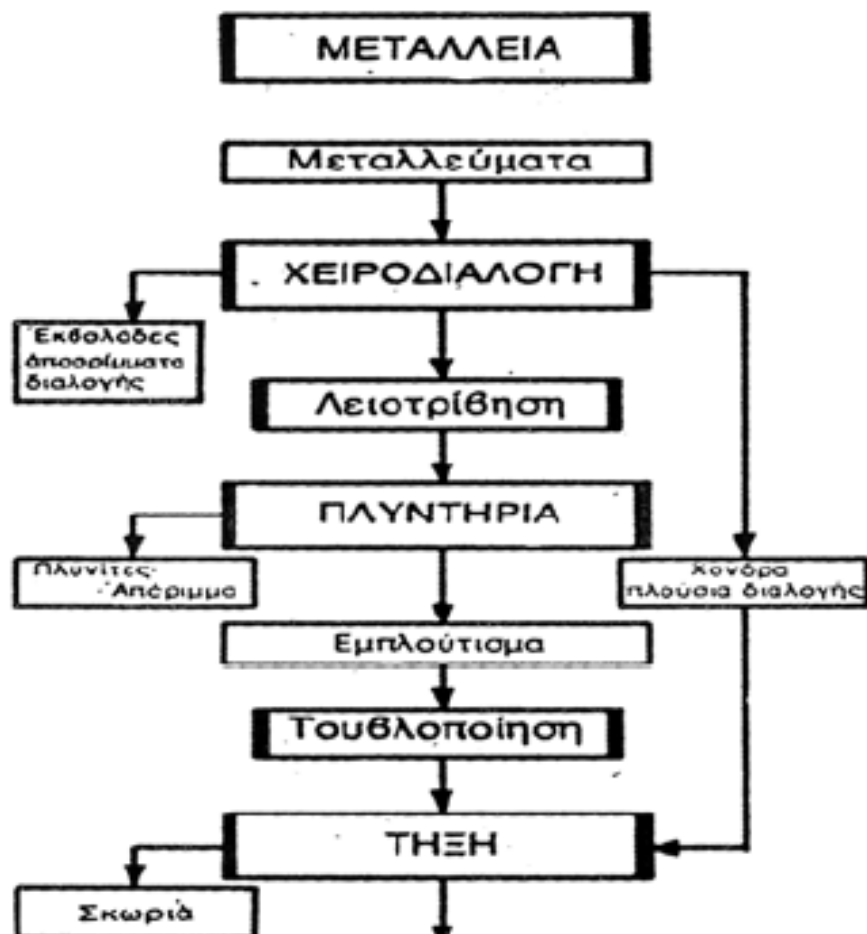
# Ορυχεία και Εκμετάλλευση (αρχαίοι χρόνοι)

- ▣ Τα αρχαία μεταλλεία εκτείνονται σε μια περιοχή μήκους 15 χλμ (στη βόρεια-νότια διεύθυνση, από το ύψος της Κερατέας μέχρι το σημερινό Άνω Σούνιο, 2 χλμ βόρεια του ναού στο Σούνιο) και πλάτους 7,5 χλμ. Κάθετα μεταλλευτικά φρέατα συναντούσαν υπόγειες στοές διαστάσεων 0,7 - 0,9 μέτρων. Έχουν βρεθεί πολλά χιλιόμετρα στοών και πάνω από 1000 πηγάδια (ερευνητικά, απομάκρυνσης μεταλλεύματος, είσοδοι-έξοδοι στοών). **Μετά την εξόρυξη, η επεξεργασία περιλάμβανε τα στάδια του εμπλουτισμού, της τήξης και της κυπέλλωσης.**



- ▣ Αν το μετάλλευμα είχε λιγότερο από 7 % μόλυβδο, το άφηναν στα ορυχεία (εσωτερικές εκβολάδες). Αν είχε 7-30% το έφερναν στην επιφάνεια για μια πρόχειρη διαλογή (πρώτα το έσπαζαν με σφυριά - κάτω από 7% μόλυβδο πάλι το άφηναν - αυτές ήταν οι εξωτερικές εκβολάδες) και εμπλουτισμό. Τα πλούσια μεταλλεύματα [δηλαδή πάνω από 30% - η περιεκτικότητα σε μόλυβδο φτάνει τα 65%, πήγαιναν κατ' ευθείαν για τήξη (από το βάρος του μεταλλεύματος εκτιμούσαν την περιεκτικότητα σε μόλυβδο). Ας σημειωθεί ότι ένας τόνος μολύβδου δίνει 0,5 έως 5 κιλά αργύρου.

# ΓΕΝΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΑΡΓΥΡΙΤΗ

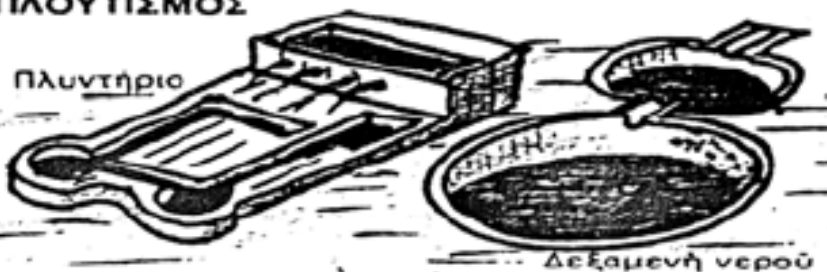


## ΕΞΟΡΥΞΗ



Μεταλλευμα άργυρούχου μόλυβδου (άργυρίτης)

## ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΣ



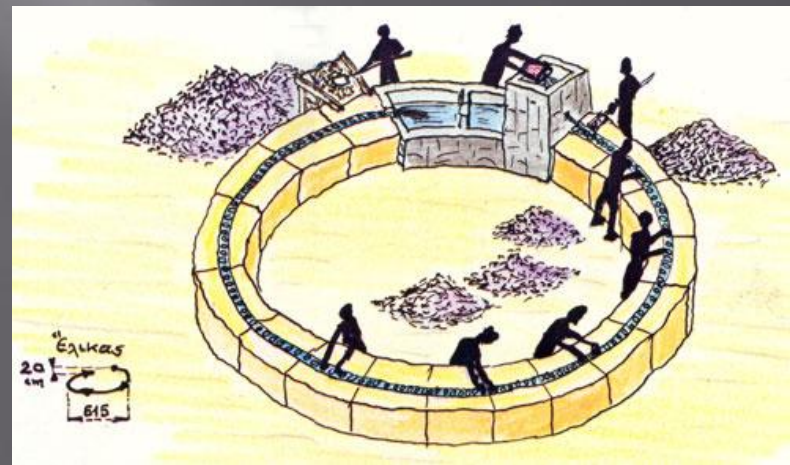
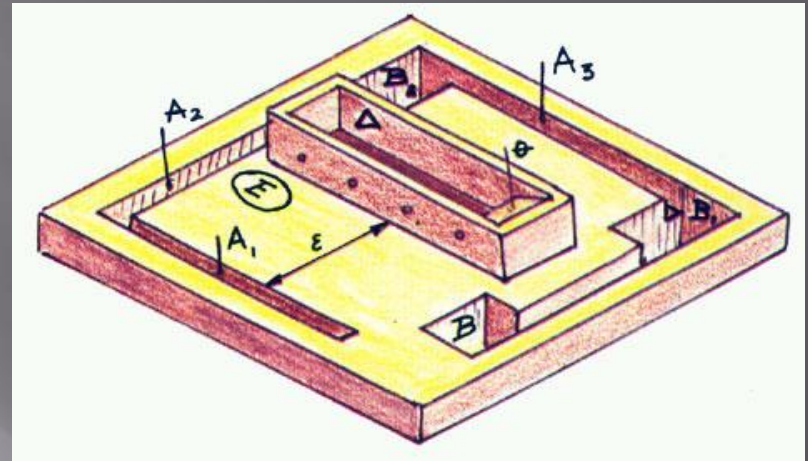
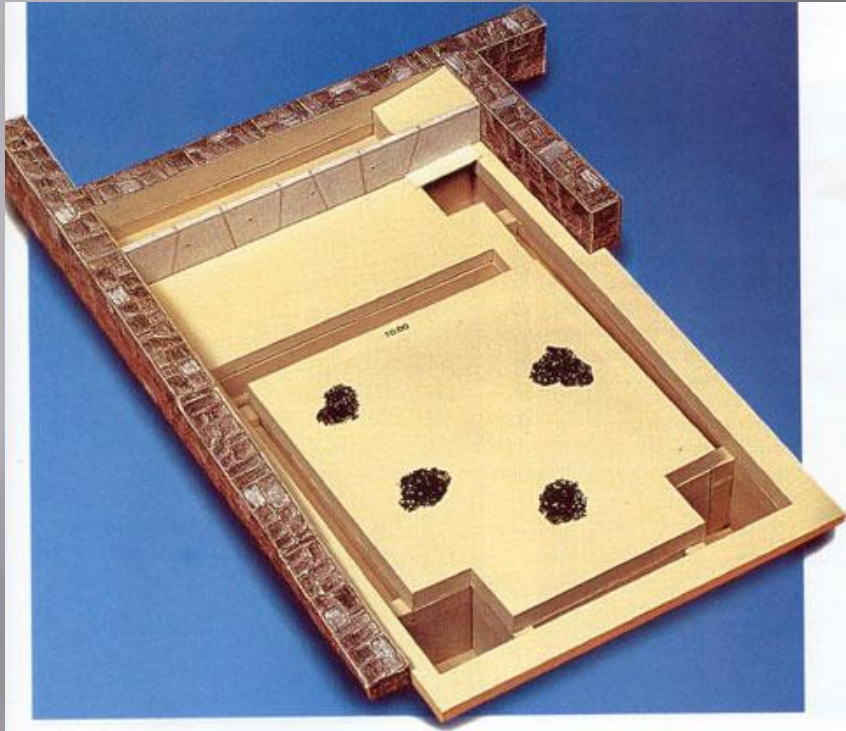
## ΤΗΞΗ





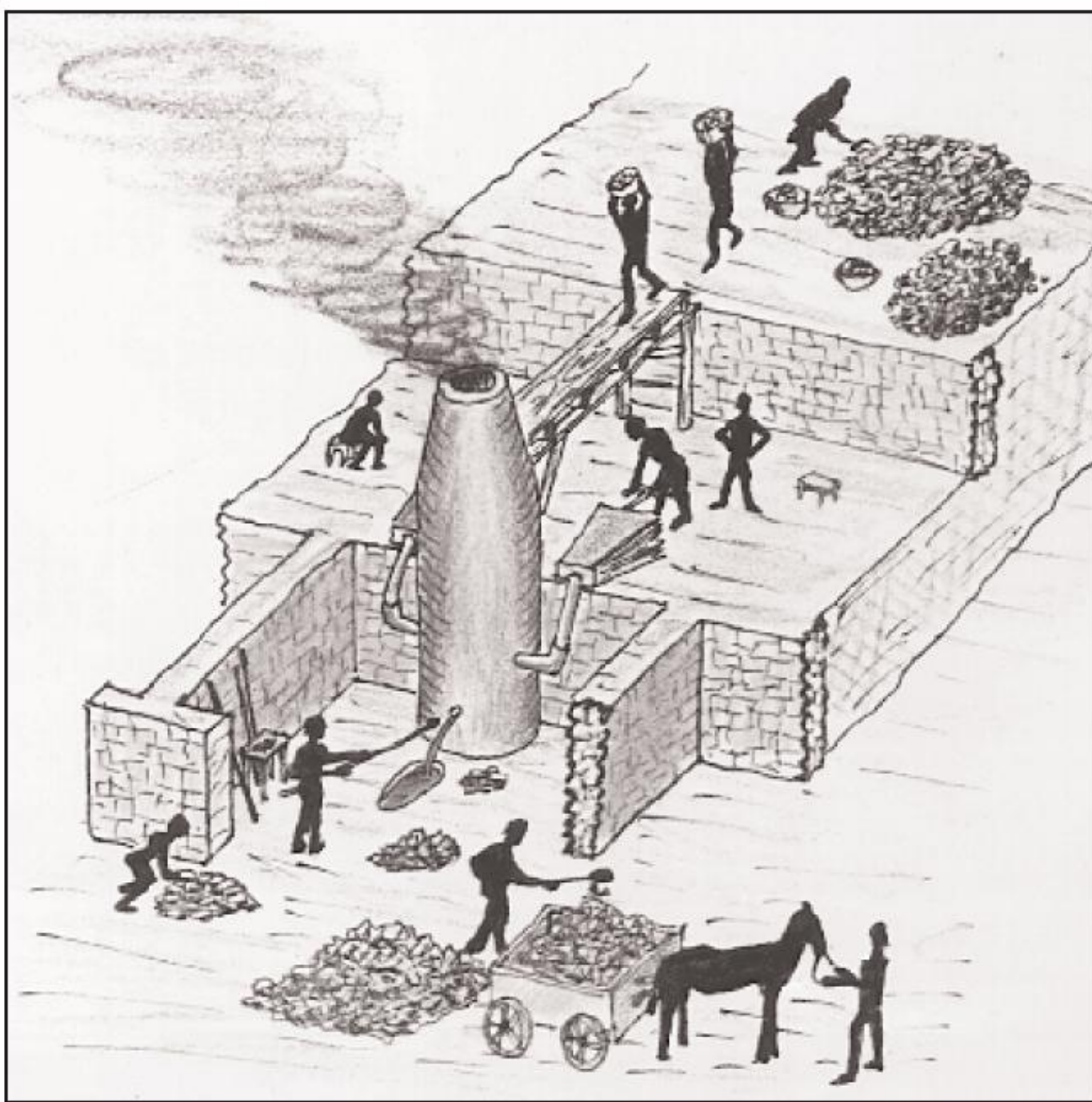
Διάγραμμα κατεργασίας του «αργυρίτου» στο αρχαίο Λαύριο. Το μέταλλευμα μετά την εξόρυξη ακολουθούσε μια πολύπλοκη μεταλλουργική κατεργασία, με τελικό αποτέλεσμα τη λήψη αργύρου και μολύβδου. (Σχέδιο Κ. Κονοφάγου από το βιβλίο του «Το αρχαίο Λαύριο»)

# Αρχαία πλυντήρια





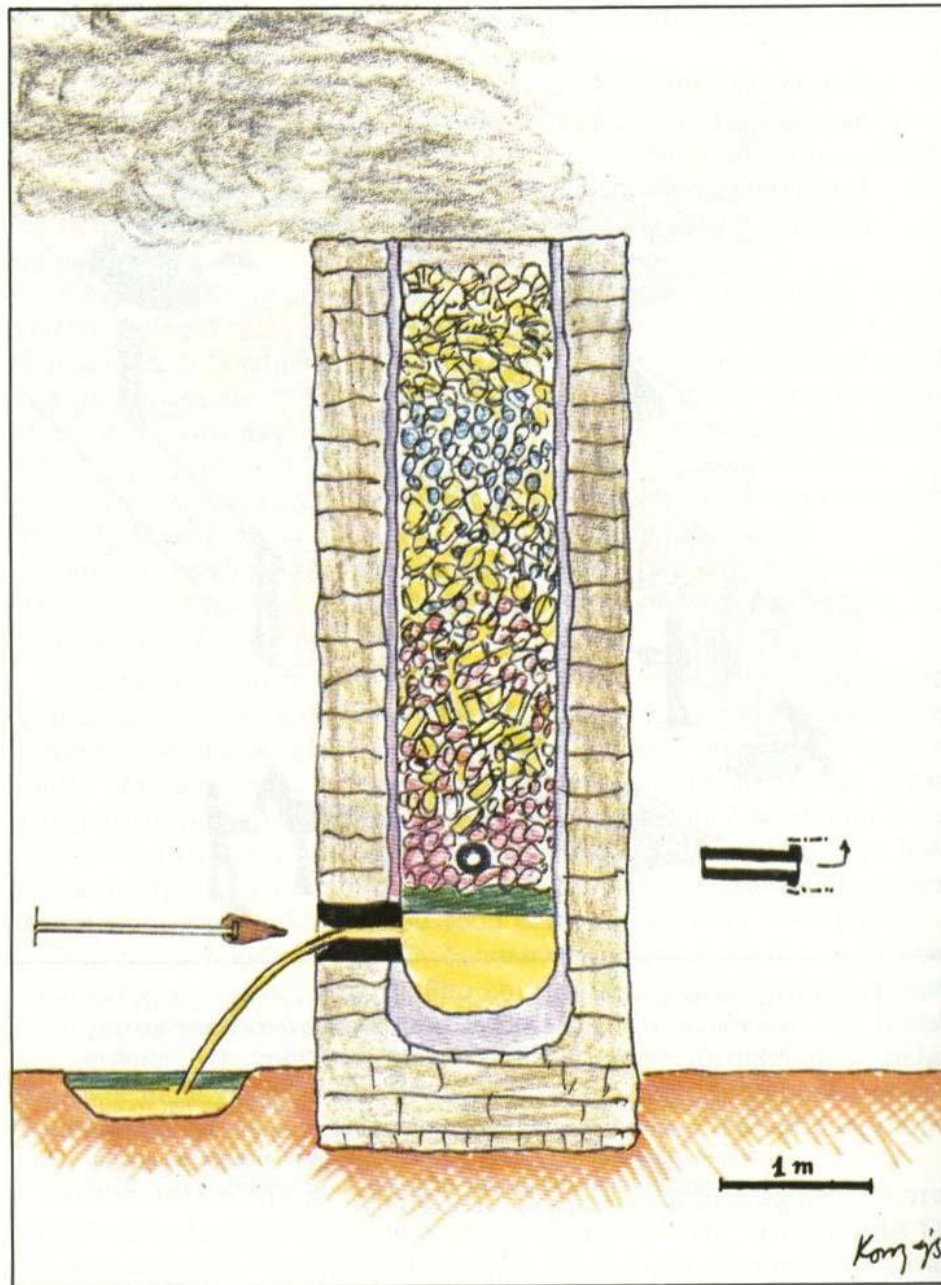
- ▣ Ο εμπλουτισμός περιλάμβανε θραύση με κόπανους και τρίψιμο μέχρι οι κόκκοι να γίνουν μικρότεροι από 1 χιλιοστό και ξέπλυμα σε πλυντήρια, όπου κατακρατούνταν το βαρύτερο κλάσμα, αφού το νερό παρέσυρε το πιο ελαφρύ. Εκατοντάδες πλυντήρια έχουν βρεθεί στη Λαυρεωτική, συνήθως τοποθετημένα κοντά σε ρεματιές. Το νερό αποθηκευόταν σε δεξαμενές στεγανοποιημένες με μια διπλή στρώση: πρώτα ένα κονίαμα με διαπερατότητα παρόμοιας του μπετόν και μετά ένα επίχρισμα λιθαργύρου [τοποθετημένο με πινέλο] πάχους 1 χιλιοστόμετρου, με πρακτικά μηδενική διαπερατότητα.



Αναπαράσταση  
οργάνωσης τή-  
ξεως σε κάμινο  
του εργαστηρί-  
ου τήξεως στο  
Λαύριο. Οι δού-  
λοι που εργά-  
ζονταν στον ε-  
μπλουτισμό και  
στην καμινεία  
έπρεπε να είναι  
ειδικοί και έξυ-  
πνοι εργάτες.  
(Σχέδιο Κ. Κο-  
νοφάγου).

- ▣ Τα εμπλουτισμένα μεταλλεύματα (δηλ. το βαρύτερο κλάσμα) έλειωνε μέσα σε **κατακόρυφα καμίνια τήξης** (βλ. αναπαράσταση), ενόσω ένα ισχυρό ρεύμα αέρα εμφυσούνταν με φουσερά. Ο μόλυβδος (μαζί με τον άργυρο που διαλύεται τέλεια στον μόλυβδο), έβγαινε από μία τρυπούλα στον πάτο του καμινιού, μαζί με τα υπόλοιπα (αναμειγμένα) υλικά της τήξης. Αυτά **τα παραπροϊόντα τήξης ονομάζονται σκωρία ή σκουριά (slag)\***. Η τυπική σύσταση σκουριάς έχει περιεκτικότητα 70-75% σε οξείδια του πυριτίου, του σιδήρου και του ασβεστίου. Όλα τα λειωμένα υλικά συλλέγονταν σε λακκούβα, κάτω ο βαρύς μόλυβδος και πάνω η σκουριά, και διαχωρίζονταν εύκολα μετά τη στερεοποίηση. Ερείπια εγκαταστάσεων καμινιών τήξης (τα περισσότερα δίπλα σε λιμανάκια) μπορεί κανείς να δει στο χώρο των εγκαταστάσεων της ΔΕΗ στον όρμο Αγίου Νικολάου, βόρεια από το Θορικό, και στον Πάνορμο, μεταξύ Λαυρίου και Σουνίου.

# Αναπαραστάση



11 - 2. Αναπαραστάση μιᾶς ἀρχαίας καμίνου τήξεως. Οἱ κάμινοι αὐτοὶ εἶναι «φρεατώδεις» με ἐσωτερικὴ διάμετρο 1 m περίπου. Τό ὕψος τους, πιθανότατα, δὲν ὑπερέβαινε τὰ 4 m.



- ▣ Κατά την τελική διαδικασία, την **κυπέλλωση** (που εφαρμοζόταν μέχρι πρόσφατα), ο μόλυβδος διαχωριζόταν από τον άργυρο με οξείδωση σε πυρίμαχο σκεύος (κύπελλο) τοποθετημένο σε ειδική θολωτή κάμινο κυπελλώσεως. Ο οξειδωμένος μόλυβδος ή λιθάργυρος (λίθος αργύρου) έρεε έξω από την κάμινο, ενώ ο άργυρος που δεν οξειδώνεται παρέμενε σε αυτή. Κάμινοι κυπέλλωσης δεν έχουν βρεθεί, ή ύπαρξή τους συνάγεται από τα ευρήματα λιθαργύρου. Ο άργυρος καθαριζόταν περαιτέρω πριν κοπούν τα νομίσματα. Τέλος ο μόλυβδος εξαγόταν από τον λιθάργυρο με ανάτηξη (στα ίδια καμίνια τήξης).

Σας ευχαριστούμε