

**Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε  
οποιασδήποτε ποιότητας ορυκτό για  
οποιοδήποτε τελικό προϊόν ;**

### **Γιατί ναι;**

- Τις ορυκτές πρώτες ύλες δεν τις δημιουργεί ο άνθρωπος αλλά η φύση μέσα από χρονοβόρες διεργασίες
- Επίσης είναι με ασφάλεια αποθηκευμένες μέσα σε πετρώματα κα σχηματισμούς της γης.
- Ο άνθρωπος ..αποσύρει μόνο ορισμένη ποσότητα από αυτήν και άρα δεν μπορεί παρά να αποδεχτεί εκείνη την ποιότητα που είναι διαθέσιμη από τη φύση την ίδια ή που του άφησαν οι πρόγονοί του.

### Γιατί ναι;

- Επίσης πολλές φορές η επεξεργασία ενός ορυκτού δεν εξαρτάται αποκλειστικά από την ποιότητά του αλλά από το συνδυασμό τεσσάρων παραγόντων:
  - Ποιότητα ορυκτού
  - Ποιότητα των άλλων ορυκτών που πιθανότατα θα χρησιμοποιηθούν κατά την επεξεργασία του
  - Διαθέσιμη τεχνολογία
  - Τιμές των τελικών προϊόντων που βασίζονται σε αυτό το ορυκτό

### Γιατί ναι;

- Ο τέταρτος παράγοντας εξαρτάται από τις δυνάμεις που καθορίζουν τους νόμους προσφοράς – ζήτησης της αγοράς και στους οποίους ο παραγωγός δεν έχει κανέναν έλεγχο
- Αλλά στους υπόλοιπους μπορεί να επεμβαίνει:
  - Εξόρυξη υψηλής ποιότητας ορυκτού με υψηλό κόστος εξόρυξης και χρήση χαμηλής ποιότητας πρόσθετων υλικών και χαμηλού επιπέδου τεχνολογία για να παραχθεί ένα τελικό προϊόν συγκεκριμένης ποιότητας
  - ή το αντίστροφο!

### Ωστόσο...












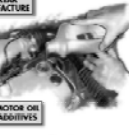








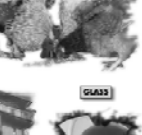

- Σήμερα είναι διαθέσιμες μια ποικιλία επιλογών για την τεχνολογία και την ποιότητα των πρόσθετων ορυκτών
- Έτσι μπορούν να επιλεγούν με τέτοιο τρόπο που να εξυπηρετούν οποιασδήποτε ποιότητας ορυκτό είναι διαθέσιμο στη φύση
- Οι μόνοι περιορισμοί είναι η τιμή της αγοράς και το κόστος εξόρυξης.
- Το κόστος θα πρέπει να είναι πάντα χαμηλότερο από την τιμή της αγοράς

## **ΑΝΘΡΑΚΙΚΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ & ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΤΟΥΣ**

## Εισαγωγή

- Οι ασβεστόλιθοι και οι δολομίτες αποτελούν μια ομάδα ορυκτών πρώτων υλών την οποία συνήθως καλούμε ανθρακικά πετρώματα.
- Παρουσιάζουν τις περισσότερες εφαρμογές.
- Το 2002, ~1.6 δισεκ. τόνοι παρήχθησαν στις ΗΠΑ (*Freas et al, 2006*).
- Το 71% του συνόλου των πετρωμάτων που εξορύσσονται στις ΗΠΑ είναι ανθρακικά πετρώματα.

### USES OF LIME, LIMESTONE, CHALK & DOLOMITE

Quick Lime Manufacture $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$	Hydrated Lime Manufacture $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$	Dolomitic Lime $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{MgO}$
 <b>IRON &amp; STEEL</b>  <b>SOIL TREATMENT</b>  <b>CONCRETE BLOCKS</b>  <b>CHEMICAL MANUFACTURE</b>  <b>SEWAGE TREATMENT</b>  <b>COMMONWEALTH GAMES</b>  <b>EFFLUENT TREATMENT</b>	 <b>PHARMACEUTICAL MANUFACTURE</b>  <b>WASTE TREATMENT</b>  <b>LIME MANUFACTURE</b>  <b>PLASTER</b>  <b>MORTAR MANUFACTURE</b>  <b>SUGAR REFINERY</b>  <b>ACID NEUTRALIZATION</b>  <b>ASPHALT MANUFACTURE</b>	 <b>ROAD MATERIAL</b>  <b>TOOTHPASTE</b>  <b>CHICKEN FEED</b>  <b>AGRICULTURE</b>  <b>POWER STATIONS</b>  <b>CONSTRUCTION</b>  <b>GLASS</b>

The British Lime Association  
25-26 Old Bailey, London EC1A 3DF  
Tel: 020 7453 4000 Fax: 020 7453 4001  
www.britishlime.org

Από: <http://www.britishlime.org/index.php>

## Ορυκτολογία

Ορυκτό	Χημικός τύπος		SG	H
Αραγωνίτης	CaCO <sub>3</sub>	56,03% CaO	2,94	3,5-4
Ασβεστίτης	CaCO <sub>3</sub>	56,03% CaO	2,71	3
Δολομίτης	CaCO <sub>3</sub> .MgCO <sub>3</sub>	30,41% CaO, 21,86% MgO	2,85	3,5-4

Ο **αραγωνίτης** έχει βελονοειδείς κρυστάλλους, ο **ασβεστίτης** και ο **δολομίτης** ρομβοεδρικούς. Η λάμψη και των τριών είναι υαλώδης έως μαργαριτώδης.

**Σιδερίτης** (FeCO<sub>3</sub>), **Ανκερίτης** (Ca<sub>2</sub>MgFe(CO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>) και **Μαγνησίτης** (MgCO<sub>3</sub>) απαντώνται συχνά σε ασβεστολίθους και δολομίτες.

## Ασβεστίτης

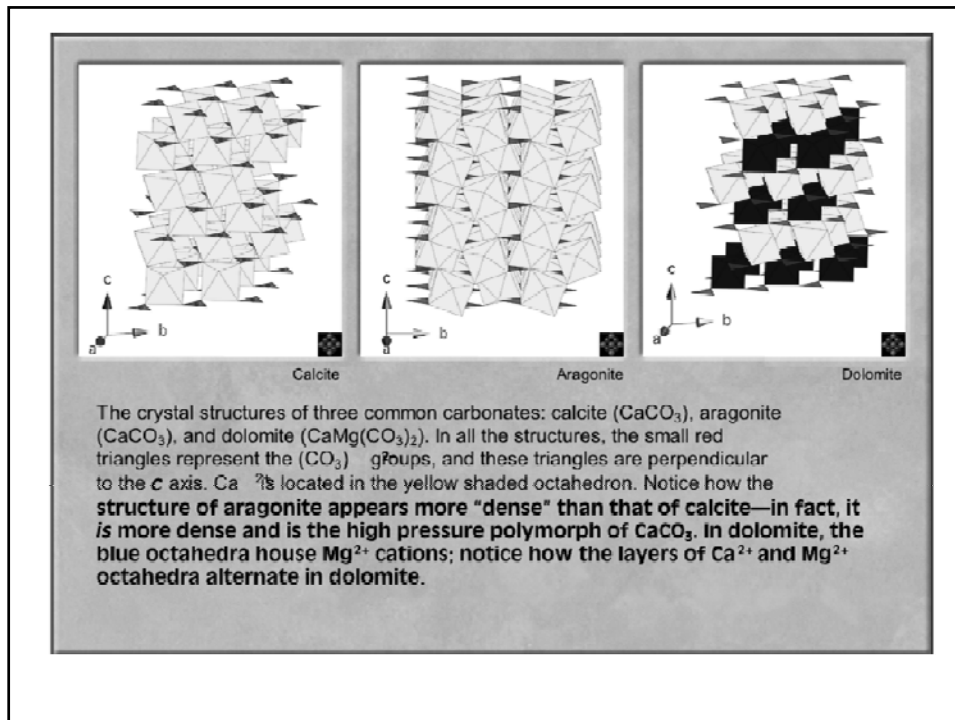
- Chalix (χάλιξ) --> Calcite (ασβεστίτης)
- Αποτελεί το 4% του φλοιού της γης
- Συστατικό των ιζηματογενών πετρωμάτων, των μεταμορφωμένων πετρωμάτων, σε φλέβες από θερμές πηγές, σε σταλακτίτες και σταλαγμίτες, δομικό υλικό πολλών απολιθωμάτων

### Κρυσταλλική δομή του ασβεστίτη

- Ανάλογη με αυτή του αλίτη (τριγωνικό σύστημα):
  - Αντί Na και Cl έχουμε  $\text{Ca}^{2+}$  και  $(\text{CO}_3)^{2-}$  αντίστοιχα και η στοιχειώδης κυψελίδα παραμορφώνεται με συμπίεση κατά μήκος ενός τριαδικού άξονα για να δώσει μία ρομβοεδρική εδροκεντρωμένη κυψελίδα.

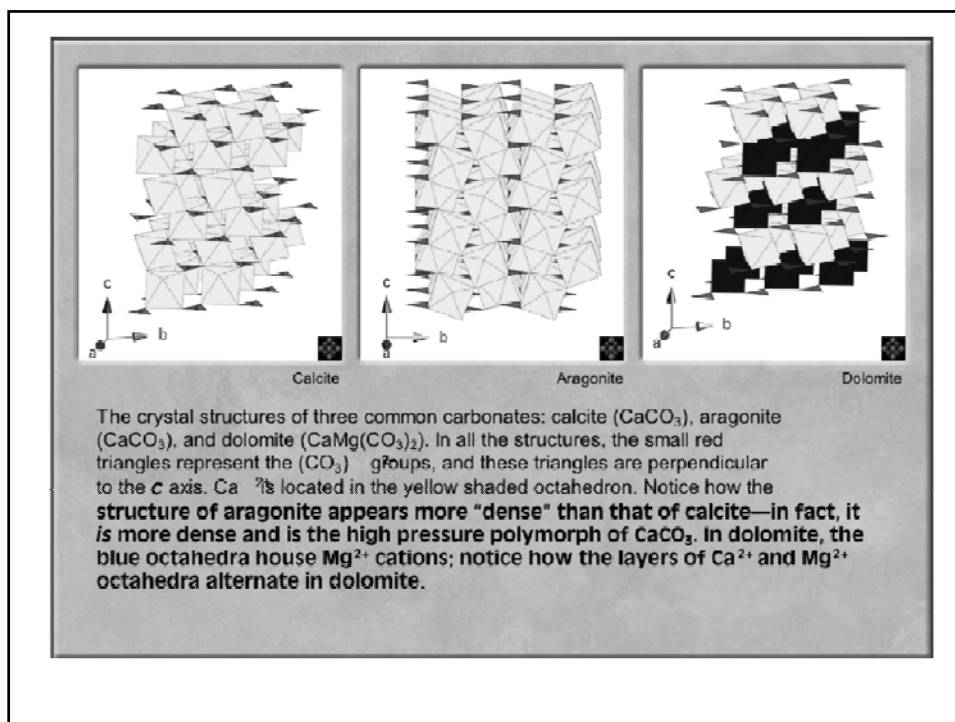
### Κρυσταλλική δομή του ασβεστίτη

- Η παραμόρφωση απαιτείται για να χωρέσουν οι μεγάλες επίπεδες ομάδες ( $\text{CO}_3$ ) (ένα άτομο C στο κέντρο ισόπλευρου τριγώνου οξυγόνων).
- Η κυψελίδα αυτή επομένως περιέχει  $4\text{CaCO}_3$  που αντιστοιχούν με τα  $4\text{NaCl}$  στην κυβική κυψελίδα του αλίτη· δεν είναι όμως πραγματική κυψελίδα του ρομβοεδρικού πλέγματος Bravais αφού διαδοχικά τρίγωνα ( $\text{CO}_3$ ) κατά μήκος της ρομβικής ακμής βλέπουν προς αντίθετες κατευθύνσεις. Μία πραγματική εδροκεντρωμένη ρομβοεδρική κυψελίδα περιέχει συνεπώς  $32\text{CaCO}_3$ . Το ρομβόεδρο αυτό αντιστοιχεί στο συνήθη ρομβικό σχισμό του ασβεστίτη.



### Κρυσταλλική δομή του δολομίτη

- Η δομή του δολομίτη (τριγωνικό σύστημα) μοιάζει με αυτή του ασβεστίτη αλλά έχει ελαφρά χαμηλότερη συμμετρία



### Κρυσταλλική δομή του αραγωνίτη

- Στον ασβεστίτη οι τριγωνικές ομάδες ( $\text{CO}_3$ ) βρίσκονται στο μέσο μεταξύ των στρωμάτων  $\text{Ca}$  και κάθε οξυγόνο έχει ως εγγύτερους γείτονες δύο άτομα  $\text{Ca}$ , ενώ στον αραγωνίτη οι ομάδες ( $\text{CO}_3$ ) δεν βρίσκονται στη μέση μεταξύ των στρωμάτων  $\text{Ca}$  και έχουν περιστραφεί κατά  $30^\circ$  προς τα δεξιά ή αριστερά έτσι που κάθε άτομο οξυγόνου έχει τρία γειτονικά άτομα  $\text{Ca}$ .
- Συνεπώς οι διαδοχικές ομάδες ( $\text{CO}_3$ ) κατά μήκος του άξονα  $z$  βλέπουν εναλλάξ κατά τις διευθύνσεις  $+y$  και  $-y$ : οπότε αν και τα ιόντα  $\text{Ca}$  είναι σε εξαγωνική σειρά, η διάταξη των ομάδων ( $\text{CO}_3$ ) μειώνει τη συμμετρία σε ορθορομβική.



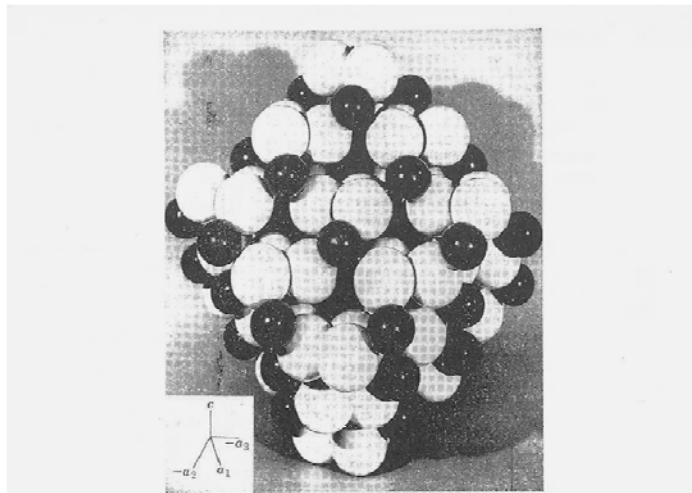


FIG. 335. Calcite,  $\text{CaCO}_3$ , packing model. Ca dark; O white; C at the center of the  $\text{CO}_3$  triangle is not seen. Note that horizontal layers of Ca ions alternate with horizontal layers of  $\text{CO}_3 =$  ions.

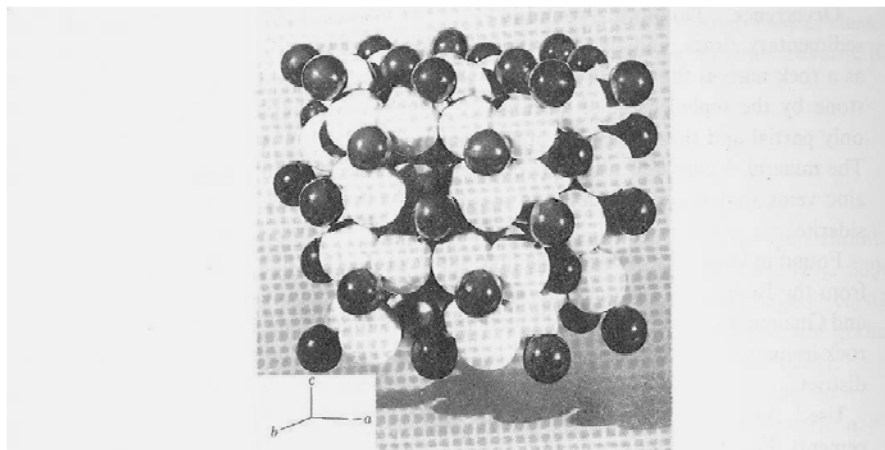
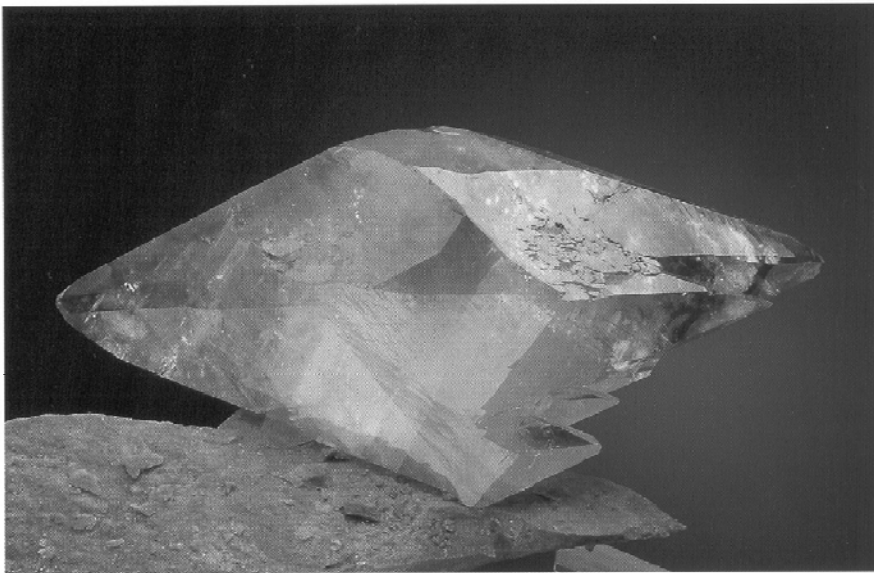


FIG. 340. Aragonite,  $\text{CaCO}_3$ , packing model. Ca dark; O white; C at the center of the  $\text{CO}_3$  triangle is not seen. Each  $\text{CO}_3$  group lies between six calcium ions.

## Ασβεστίτης

*Calcite, 150 mm, Elmwood Mine, U.S.A.*



## Αραγωνίτης



*Fluo ferri, 110 mm, Erzberg, Austria*



## Δολομίτης



### Προέλευση και περιβάλλοντα σχηματισμού

- Οι ασβεστόλιθοι που παρουσιάζουν οικονομικό ενδιαφέρον είναι θαλάσσια ιζήματα βιογενούς προέλευσης που αποτέθηκαν σε αβαθή θαλάσσια περιβάλλοντα
- Το περιβάλλον απόθεσης και η οργανική κοινότητα υπαγορεύουν σε μεγάλο βαθμό τη γεωμετρία μιας ανθρακικής απόθεσης
- Το περιβάλλον απόθεσης είναι σημαντικό για τους γεωλόγους γιατί προσδιορίζουν το μέγεθος, το σχήμα και την καθαρότητα της απόθεσης
- Περιοχές υψηλής ενέργειας παράγουν σχετικά υψηλής καθαρότητας ασβεστόλιθους γιατί οι τυχόν αργιλικές προσμίξεις απομακρύνονται από τα ισχυρά ρεύματα

## Είδη ανθρακικών πετρωμάτων

- Τα πιο διαδεδομένα μέλη:  
κρητίδα, ασβεστόλιθος, μάρμαρο.
- Άλλα μέλη:  
αραγωννική άμμος: σχηματίζεται από καταβύθιση σε θαλάσσιο νερό),  
τραβερίνης: από χημική καταβύθιση σε γλυκά νερά γύρω από τα στόμια φυσικών θερμών ή ψυχρών, πλούσιων σε ασβέστιο πηγών,  
μάργα: μίγμα ασβεστολίθου+αργίλου που σχηματίζεται σε λίμνες και έλη.

## Κρητίδα

- Μικροκρυσταλλικό ανθρακικό πέτρωμα
- θαλάσσιας προέλευσης.
- μέσο μέγεθος κόκκων ~3 μm
- σχηματισμός από τη συσσώρευση σκελετών θαλάσσιων οργανισμών (κοκκολίθων)
- πορώδης μαλακή, εύθρυπτη
- σύσταση: 90-99 % ασβεστίτης.

## Ασβεστόλιθοι

- Τα κοινότερα και πιο διαδεδομένα ανθρακικά πετρώματα
- Προέλευση: χημική, βιογενής, κλαστική. Κρυσταλλικοί, ανακρυσταλλωμένοι.
- Σύσταση: >95 % ασβεστίτη και μικρές αναλογίες δολομίτη, χαλαζία, αστρίων, αργιλικών ορυκτών, σιδηρίτη, σιδηροπυρίτη.
- Οικονομική σημασία:
  - οι πόροι τους μπορεί να φιλοξενούν συγκεντρώσεις πετρελαίων και φυσικών αερίων (50% των παγκοσμίων αποθεμάτων υδρογονανθράκων).
  - Συχνά αποτελούν δεξαμενές συγκέντρωσης υπεδάφινων νερών.
  - Επίσης είναι τόποι συγκέντρωσης διαφόρων μεταλλευμάτων λόγω πορώδους, διαπερατότητας και ευκολίας αντίδρασης.
- Για εμπορικούς σκοπούς διακρίνεται ανάλογα με την περιεκτικότητα σε  $MgCO_3$ 
  - **σε υψηλού-Ca ασβεστόλιθο** (<5%  $MgCO_3$ ),
  - **Mg-ασβεστόλιθο** (5-35%  $MgCO_3$ ) και
  - **δολομιτικό ασβεστόλιθο** (35-45%  $MgCO_3$ ).

## Μάρμαρο

- Στην τεχνική ορολογία χαρακτηρίζεται ως μάρμαρο κάθε πέτρωμα κοκκώδες ή στυφρό.
- Σε κάθε περίπτωση αυτά τα πετρώματα μπορούν να κοπούν, λειανθούν και στιλβωθούν για να γίνουν πλάκες για επίστρωση και επένδυση.
- Μπορεί να περιέχει χαλαζία, αστρίους, μαρμαρυγία κ.α.
- Η παρουσία των φυλλωδών ορυκτών αυξάνει τη σχιστότητα του μαρμάρου ενώ των έγχρωμων ορυκτών δίνει χαρακτηριστικές αποχρώσεις.

## Άλλα ανθρακικά πετρώματα

### -Δολομίτης:

Μονόμικτο ανθρακικό πέτρωμα με κύριο συστατικό το δολομίτη. Ανθεκτικότερος από τον ασβεστόλιθο στην επίδραση οξέων και στην καρστική διάβρωση.

### -Τραβερίνης:

σκληρός, λεπτοκρυσταλλικός, συμπαγής, συχνά συγκριματικός ασβεστόλιθος.

από ραγδαία απόθεση  $\text{CaCO}_3$  διαλελυμένου σε επιφανειακά ή υπεδαφικά νερά γύρω από ανόργανο ή οργανικό πυρήνα.

### - Ονυχομάραμα ή Ονυχες:

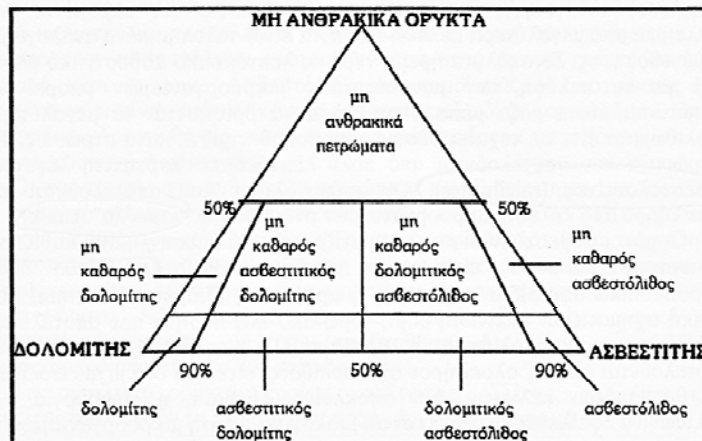
παράλληλα στρωματωμένοι ημιδιαφανείς τραβερίνες, αποθέσεις  $\text{CaCO}_3$  από ψυχρά υδατικά διαλύματα.

### - Χουντίτης [ $\text{CaMg}_3(\text{CO}_3)_4$ ]:

ανθρακικό ορυκτό, σπάνιο λόγω ασταθούς κρυσταλλικής δομής αμιγές ή με ποικίλες αναλογίες μαγνησίτη ( $\text{MgCO}_3$ ) και υδρομαγνησίτη [ $(\text{Mg}_4(\text{CO}_3)_3(\text{OH})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O})$ ]  
σηματίζει εκτεταμένες αποθέσεις σε μικρές λίμνες με ανθρακικά περιθώρια.

## Ταξινόμηση: με βάση την ορυκτολογία

- Ορυκτολογική ταξινόμηση των ασβεστολίθων



## Ταξινόμηση: με βάση την χημική σύσταση

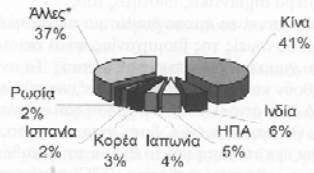
- Χημική ταξινόμηση των ασβεστολίθων

Τύπος πετρώματος	Περιεκτικότητα
Ασβεστόλιθος με υπερ-υψηλή περιεκτικότητα σε Ca:	> 97% CaCO <sub>3</sub>
Ασβεστόλιθος με υψηλή περιεκτικότητα σε Ca:	> 95% CaCO <sub>3</sub>
Δολομίτης με υψηλή περιεκτικότητα σε Mg:	> 43% MgCO <sub>3</sub>
Ανθρακικό πέτρωμα υψηλής καθαρότητας:	> 95% CaCO <sub>3</sub> και MgCO <sub>3</sub>

## Παραγωγή

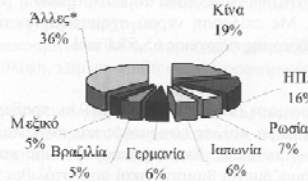
- Τα παγκόσμια αποθέματα ανθρακικών πετρωμάτων κατάλληλων για παραγωγή αδρανών είναι τεράστια,
- ενώ οι υψηλής καθαρότητας ασβεστόλιθοι και δολομίτες κατάλληλοι για ειδικές χρήσεις είναι περιορισμένοι.

**Παγκόσμια παραγωγή τσιμέντου έτους 2003**  
**1.950.000.000 τόνοι**



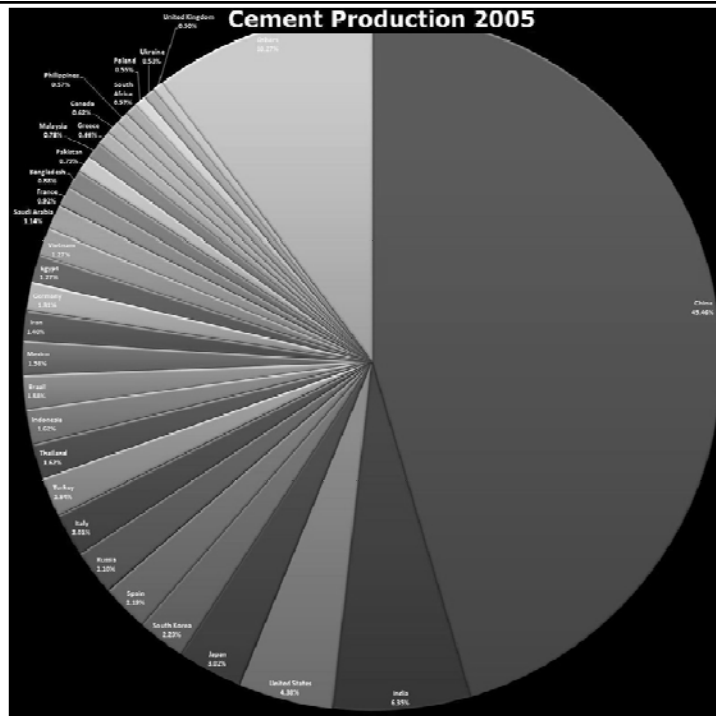
\*περισσότερες από 140 χώρες με επικεφαλής τις Βραζιλία, Ιταλία, Ινδονησία, Τουρκία, Ταϊλάνδη, Μεξικό, Γερμανία, Ιράν, Αίγυπτο, Σαουδική Αραβία, Γαλλία (US Geological Survey 2005).

**Παγκόσμια παραγωγή ασβέστη έτους 2003**  
**120.000.000 τόνοι**

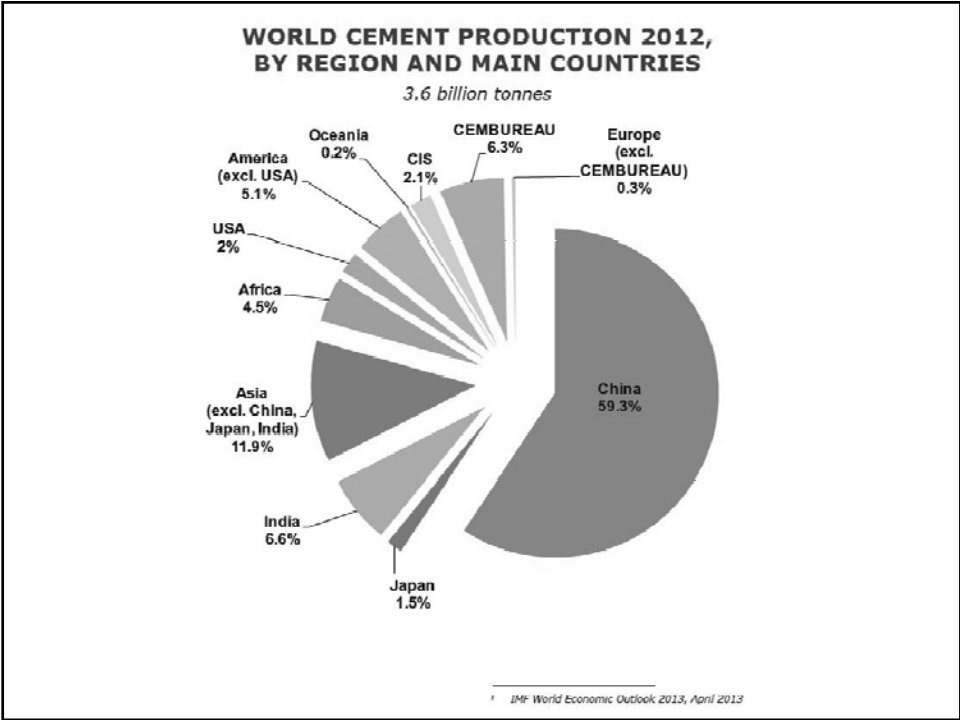
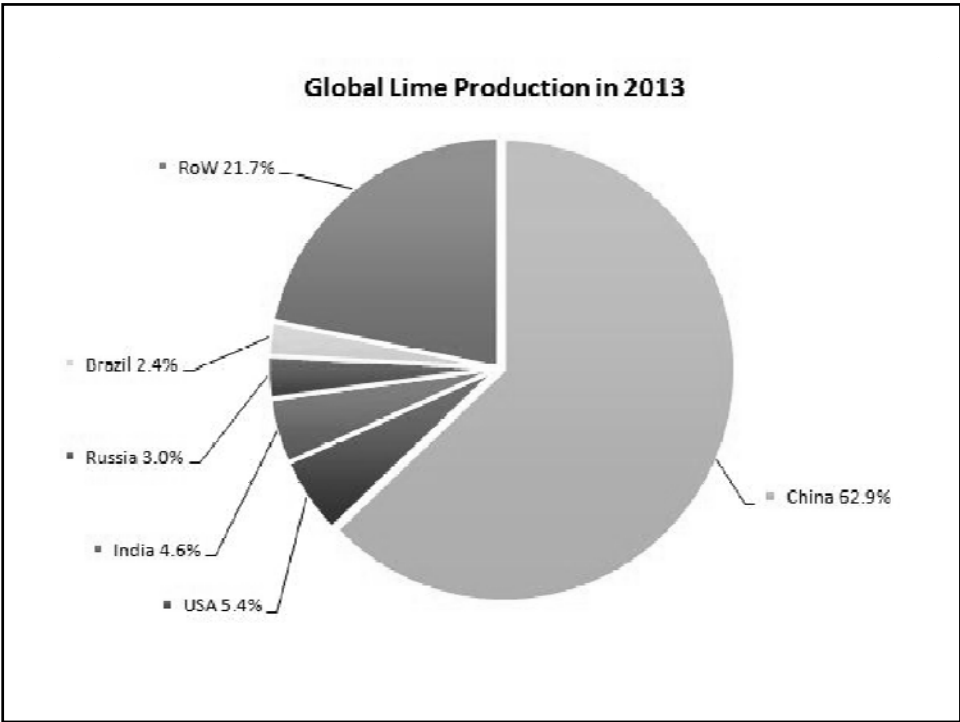


\*περιλαμβάνονται ως επικεφαλής η Ιταλία, Γαλλία, Καναδάς, Ιράν, Αγγλία, Αυστρία, Πολωνία (US Geological Survey 2005).

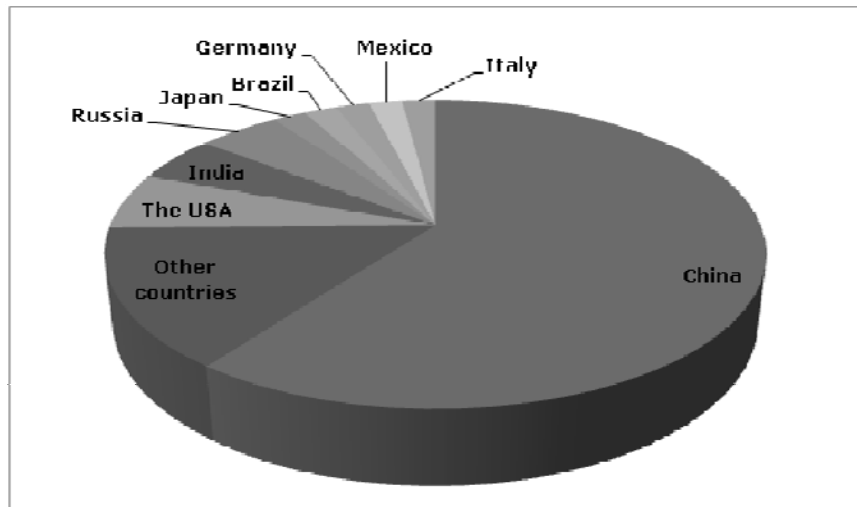
**Cement Production 2005**







## Η παγκόσμια παραγωγή ασβέστου το 2012



### Φυσικές Ιδιότητες

- Τα ανθρακικά πετρώματα έχουν παρόμοιες φυσικές ιδιότητες και έτσι ξεχωρίζουν δύσκολα.
- Ειδικό βάρος, χρώμα, κρυσταλλικό σχήμα, αντοχή και σκληρότητα (εξαρτάται από πυκνότητα, πορώδες και ομογένεια συστατικών), σχήμα τεμαχιδίων μετά τον θρυμματισμό (κατά προσέγγιση κυβικό χωρίς φυλλώσεις), απουσία λεπτομερών (αργίλου, ιλύος ή εδάφους).
- Με κονιοποίηση και χημική ταξινόμηση παράγεται το κονιοποιημένο ανθρακικό ασβέστιο (πληρωτικό).
- Οι ιδιότητες αυτές ελέγχονται μέσω ειδικών διαδικασιών ελέγχου που περιγράφονται στα ASTM και AASHO

## Χημικές Ιδιότητες

- Τα χημικά και φυσικά χαρακτηριστικά είναι ανεξάρτητες ιδιότητες.
- Ο υψηλής καθαρότητας ασβεστίτης με την μορφή μιας ασθενώς συμπαγοποιημένης κρητίδος είναι μοναδικός όχι μόνο για την πολύ χαμηλή αντοχή του αλλά και λόγω τη πολύ υψηλής απορροφητικότητας και αντιδρασιμότητας.
- Το καθαρό ασβεστιτικό μάρμαρο έχοντας ίδια σύσταση με την κρητίδα είναι σχετικά πιο ανθεκτικό, πολύ χαμηλότερης απορροφητικότητας και είναι χημικά αδρανές.
- Η χημική ανάλυση είναι υψίστης σημασίας για πετρώματα που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για χημικούς σκοπούς, όπως πρώτη ύλη για το γυαλί, συλλίπασμα, η τσιμέντο.

## Χημικές Ιδιότητες (συνέχεια)

- Οι χημικές ιδιότητες δεν παίζουν σημαντικό ρόλο σε αδρανή προϊόντα
- Οι χημικές αναλύσεις πραγματοποιούνται με σκοπό τον προσδιορισμό των προσμίξεων
- Οι προσμίξεις που σχετίζονται με τους ασβεστολίθους περιλαμβάνουν αργιλικά ορυκτά, πυριτικό υλικό, και οργανική ύλη
- Τέτοιες μετρήσεις γίνονται σε εγκεκριμένα εργαστήρια
- Πολλά κράτη διαθέτουν βάσεις χημικών δεδομένων που προέρχονται από δειγματοληψία σε ορυχεία και από προγράμματα γεωτρήσεων

## Χρήσεις

- Τα ανθρακικά πετρώματα αποτελούν μία από τις πηγές των χημικών CaO και MgO.
- Ασβεστόλιθοι ή δολομίτες, με πύρωση στους 1000-1100°C σχηματίζουν τον ενεργό ασβέστη (CaO) ή τον ενεργό δολομιτικό ασβέστη (CaO.MgO).
- Τα ανθρακικά πετρώματα (ασβεστόλιθοι, κιμωλία, τραβερτίνες, δολομίτες, μάρμαρα) συγκαταλέγονται μεταξύ των 30 σπουδαιότερων πρώτων υλών.
- Κύριοι τομείς εφαρμογής: οικοδομική, οδοποιία, έτοιμο σκυρόδεμα κ.λ.π. Οι εφαρμογές των μαρμάρων είναι απεριόριστες: δαπεδοστρώσεις, σκάλες και ορθομαρμαρώσεις κ.α.
- Ανθρακικά πληρωτικά: κατασκευή χάρτου, πλαστικών χρωμάτων, στεγανωτικών κ.α.

- Θρυμματισμένα ανθρακικά πετρώματα: ενεργούν ως **ευτηκτικά** αφαιρώντας ξένες προσμείξεις (P, S, πυριτία) και χρησιμοποιούνται στην αναγωγική επεξεργασία των σιδηρομεταλλευμάτων και ως ευτηκτικά και ενισχυτικά στην παρασκευή υαλοπινάκων, φιαλών και υλικών εφυάλωσης.
- CaCO<sub>3</sub>: το τρίτο κυριότερο συστατικά του **γυαλιού** μαζί με την πυριτική άμμο και το ανθρακικό νάτριο.
- Θρυμματισμένος ασβεστόλιθος και ασβέστης σε υγρή ή ξηρή κατάσταση αντιδρούν και **κατακρατούν όξινα αέρια** (SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, HCl, HF) που παράγονται από βιομηχανική δραστηριότητα (αποθείωση καπνοδόχων βιομηχανικών μονάδων ή καύσης ανθράκων, διύλιση αργού πετρελαίου, κ.λ.π.)
- Ασβέστης (CaO): ως **σταθεροποιητικό εδαφών**, στην **παρασκευή κονιαμάτων, στόκου και υδροχρωμάτων**.
  - Ασβέστης : άμμος : νερό σε αναλογία 1:13:0.7 με θέρμανση στους 180 °C και 7-9 bar (σε αυτόκλειστα) δημιουργεί υλικό κατάλληλο για πλίνθους υψηλής (σχη/σμός πυριτικών ενώσεων του ασβεστίου).

- Το **κονιοποιημένο ανθρακικό ασβέστιο (GCC)** χρησιμοποιείται ως **πληρωτικό** στην παρασκευή ασφαλικών, τσιμέντου αρμών, υποστρώματος ταπήτων κ.α.
- Το λεπτομερές GCC, με ιδιαίτερες προδιαγραφές (καθαρότητα, λαμπρότητα κ.λ.π.) χρησιμοποιείται ως **λειτουργικό πληρωτικό**.
- Το εύρος των λεπτομερών τύπων επεκτείνεται με το **καταβυθιζόμενο ανθρακικό ασβέστιο (PCC)** που επίσης χρησιμοποιείται ως **πληρωτικό**. Η βιομηχανία χάρτου είναι ο μεγαλύτερος καταναλωτής λεπτού και υπέρλεπτου GCC και PCC.
- **Θρυμματισμένος ασβεστόλιθος ή ασβέστης:** στην προεπεξεργασία του πόσιμου νερού και στον καθαρισμό αστικών, βιομηχανικών και γεωργικών λυμάτων, στη βελτίωση εδαφών, παρασκευή λιπασμάτων, διατήρηση φρούτων και λαχανικών κ.α.

- Θρυμματισμένο ανθρακικό υλικό (44.4% CaO) + πυριτία (14.3% SiO<sub>2</sub>) + αλουμίνα (3% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) + οξείδιο σιδήρου (1.5% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) με πύρωση στους 1480° C σχηματίζουν ένα ενδιάμεσο προϊόν του τσιμέντου portland (Ca-Al-Si clinker) το οποίο με πύρωση και προσθήκη 3-5% γύψου δίνει το **τσιμέντο portland**.
- Η προσθήκη ποζολανικών προϊόντων π.χ. ορισμένων ηφαιστειακών και βιομηχανικών παραπροϊόντων (σκωρίες καμίνων, ιπτάμενη τέφρα κ.λ.π.) δημιουργεί εξειδικευμένους τύπους ποζολανικών τσιμέντων (ποζολάνες = υλικά τα οποία παρουσία ελεύθερου CaO εμφανίζουν συγκολλητικές ιδιότητες).

- Ασβεστίτης + κοκ στους 2000-2200 ° C σε αναγωγικό κλίβανο σχηματίζουν **ασβεστοκαρβίδιο** (CaC<sub>2</sub>). Από το τελευταίο δημιουργείται το αέριο ακετυλένιο, παράγεται ο γραφίτης και αποθειώνεται ο ακατέργαστος σίδηρος
- Ως **αδρανές υλικό**: σκυρόστρωση σιδηροδρομικού δικτύου, κατασκευή ενισχυμένου ή μη σκυροδέματος, κατασκευή κυματοθραυστών/λιμενοβραχιόνων, υπόστρωμα ασφαλτοστρώσεων, κατασκευή χαλκίκοφίλτρων σε γεωτρήσεις.

Πίνακας 9. Κύριες ποιοτικές απαιτήσεις για χρήση των ανθρακικών πετρωμάτων με βάση το μέγεθος τεμαχιδίων, τη χημική σύσταση (κ.β. %) και τις τιμές των φυσικομηχανικών ιδιοτήτων τους (Power 1985, Oates 1998, Harben 2002).

Λίθοι δόμησης/τεχνικών έργων	Μέγεθος τεμαχιδίων >30 cm
Παραγωγή αδρανών	Μέγεθος τεμαχιδίων = 1-200 mm
Παραγωγή ασβέστου	Μέγεθος τεμαχιδίων <40 mm, >95% CaCO <sub>3</sub> , <1% SiO <sub>2</sub>
Βελτιωτικά εδαφών	Μέγεθος τεμαχιδίων <5 mm, <5% MgO
Τσιμεντοβιομηχανία	>65% CaCO <sub>3</sub> , <4% MgO, <1,5% A.Y., <0,1% F, <0,5% (P+Zn+Pb), <3% L.O.I.
Βιομηχανία λιπασμάτων	Μέγεθος τεμαχιδίων = 0,2-2 mm, >60% CaCO <sub>3</sub> , 5-20% MgO
Μεταλλουργία	Μέγεθος τεμαχιδίων <30 mm, >97% CaCO <sub>3</sub> , <3% (SiO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +FeO+MnO), <0,02% P, <0,1% S
Κατεργασία συκχαρότευτλων	>98,5% CaCO <sub>3</sub> , <0,5% SiO <sub>2</sub>
Περιβαλλοντικές χρήσεις και αποθείωση καυνοδόχων	Μέγεθος τεμαχιδίων <0,1 mm, >95% CaCO <sub>3</sub> , 2% SiO <sub>2</sub> , 1-2% MgO, 1% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 1% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 0,02% MnO, 1000 ppm Cl
Συμπληρώματα ζωοτροφών	>98% CaCO <sub>3</sub> , ≈0 SiO <sub>2</sub> , ≈0 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , ≈0 (As+F+Hg+Pb+H.M.)
Παραγωγή υαλοπινάκων	Μεγ. τεμαχιδίων CaO MgO Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> SO <sub>3</sub> A.Y. C υγρασία % % % % % % % %
▶ Ασβεστίτικο:	1-5 mm >55 <0,8 <0,35 <0,08 <0,05 <0,6 <0,1 <0,05
▶ Δολομικό:	1-5 mm >30 >21,5 <0,40 <0,25 <0,20 <0,6 <0,4 <0,05
Παραγωγή φιαλών	Μέγεθος τεμαχιδίων = 1-5 mm, <0,1% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , <0,001% Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , <0,1% νιφασία
Χαρτοβιομηχανία	Μέγεθος κόκκων <10 μm, 95-97% CaCO <sub>3</sub> , >90% λευκότητα, <35 mg αποξεραιτικότητα, <30 ml/100 g απορροφητικότητα ελαίου
Βιομηχανία ελαστικών	Μέγεθος κόκκων <10 μm, >98% CaCO <sub>3</sub> , <0,03% (Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O), <0,02% MnO, <0,005% CuO, <0,2% L.O.I.
Παραγωγή ασβεστοκαρβιδίου	>97% CaCO <sub>3</sub> , <1,2% SiO <sub>2</sub> , <0,5% (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), <0,5% MgO, <0,004% P, S = ίχνη
Φαρμακευτική	>98,8% CaCO <sub>3</sub> , <1% (Mg+αλάλιο), <0,05% Fe, <0,002% H.M., <0,0005% F, <3 ppm As, <3 ppm Pb, <0,5 ppm Hg, <0,2% A.Y.

A.Y. = αδιάλυτο υπόλειμμα, H.M. = βαρέα μέταλλα, L.O.I. = απώλεια πύρωσης.

## Τιμές

- **αδρανή:** 4-10 ευρώ/τόνο,
- **πληρωτικά:** 70-100 ευρώ/τόνο
- **GCC (σακιασμένο):** 90-130 ευρώ/τόνο (9-17 μm), 290 ευρώ/τόνο (υπέρλεπτο, < 1μm).
- **PCC:** 640 ευρώ/τόνο (υπέρλεπτο, 0,05-0,5 μm).
- **ενεργός ασβέστης:** 50 ευρώ/τόνο,
- **ενυδατωμένος ασβέστης:** 70 ευρώ/τόνο.
- **ασβεστοκαρβίδιο:** 500 ευρώ/τόνο.

## Ανθρακικά πετρώματα Ελλάδος

Στην Ελλάδα τα ποικίλα ανθρακικά πετρώματα καλύπτουν τουλάχιστο 70% της επιφάνειάς της !

### ▪ Ανθρακικό ασβέστιο.

Ένα από τα περισσότερο χρησιμοποιούμενα πληρωτικά στην Ευρώπη.

Στην Ελλάδα μέχρι το 1993: περιορισμένη η παρουσία εταιριών παραγωγής λευκών ανθρακικών πληρωτικών.

Λευκοί εύθρυπτοι ασβεστόλιθοι: στη ζώνη Παξών (Ζάκυνθο, Κεφαλλονιά). Αυτός ο τύπος ασβεστόλιθου, δολομιτικά ή ασβεστιτικά μάρμαρα και χουντίτης είναι τα ακατέργαστα υλικά για την παραγωγή ανθρακικών πληρωτικών στην Ελλάδα.

Κυριότερες παραγωγές εταιρίες: Ionian Kalk, Zafranas-Petrochem, Dionyssos-Pentelikon Commercial, Industrial Marble Co.

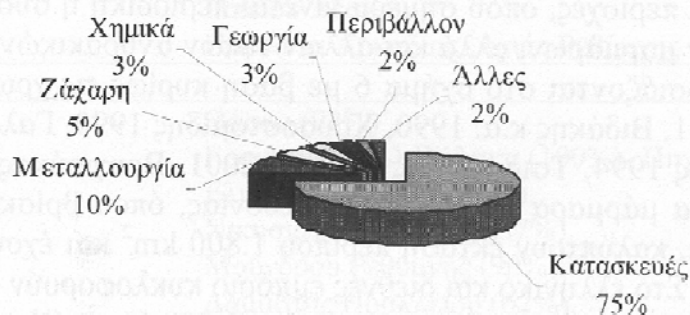
## Ανθρακικά πετρώματα Ελλάδος

### ▪ Ασβεστόλιθοι και ασβέστης

- Ασβεστόλιθοι αμιγείς ή μαργαϊκοί Καινοζωικού ή Μεσοζωικού απαντούν σε όλη την Ελλάδα.
- Οι πτυχωμένοι και κατακερματισμένοι χρησιμοποιούνται για την παραγωγή αδρανών ενώ οι υγείς για την παραγωγή δομικών ή διακοσμητικών λίθων.
- Συνολική ετήσια παραγωγή τσιμέντου στην Ελλάδα: ~ 15 εκατ. τόνοι που παράγονται από τις εταιρίες ΤΙΤΑΝ και ΗΡΑΚΛΗΣ.
- Συνολική ετήσια παραγωγή ασβέστη στην Ελλάδα: ~500.000 τόνοι/χρόνο, από την οποία ~75% χρησιμοποιείται σε διάφορες κατασκευές και ~15% εξάγεται.
- Συνολικά λειτουργούν 33 επιχειρήσεις ασβεστοποίησης σε ετήσια ή εποχική βάση.

### Κατανάλωση ασβέστη (%) Ελλάδος κατά χρήση (2003)

500.000 τόνοι



(Labrakis 2004).



#### ▪ Δολομίτης.

- Πολύ καθαρός δολομίτης, με  $MgO > 20\%$  είναι άφθονος και διαδεδομένος σε όλη την Ελλάδα.
- Αν και τα αποθέματά του είναι κατάλληλα για μεγάλο εύρος εφαρμογών (συνθετική μαγνησία, πυρίμαχοι πλίθοι), η εκτεταμένη χρήση του εμποδίζεται λόγω της διαθεσιμότητας υψηλής ποιότητας μαγνησίτη.
- Η παραγωγή δολομίτη χρησιμοποιείται στις εγχώριες βιομηχανίες γυαλιού και κεραμικών, σε γεωργικές εφαρμογές (ουδετεροποίηση εδαφών, παραγωγή λιπασμάτων, κ.α) και ως πληρωτικό υλικό στα χρώματα.
- Δολομίτες με προσμίξεις και δολομιτικοί ασβεστόλιθοι χρησιμοποιούνται ως αδρανή υλικά σε υποστρώματα δρόμων και σιδηροδρομικών γραμμών.

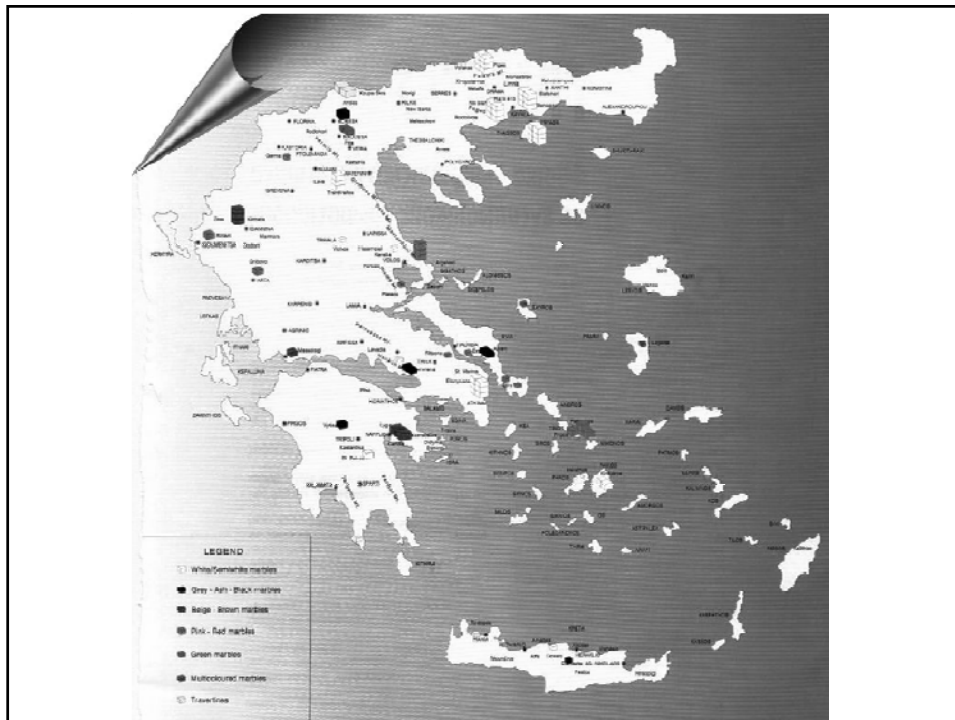
#### ▪ Μάρμαρα

- Τα καθαρά και λεπτόκοκκα ασβεστιτικά μάρμαρα, λευκά ή χιονόλευκα (Πεντέλης, Πάρου) είναι πολύ σπάνια.
- Ο κλάδος του μαρμάρου, μαζί με τα υπόλοιπα φυσικά διακοσμητικά πετρώματα: από τους πλέον υγιείς παραγωγικούς τομείς της ελληνικής οικονομίας και κατατάσσεται στην πρώτη δεκάδα παγκοσμίως ως προς τις ποσότητες που εξορύσσονται και εκείνες που εξάγονται.
- Το μάρμαρο είναι η δεύτερη σε αξία παραγωγής ορυκτή ύλη της ελληνικής γης μετά τους λιγνίτες.
- Η ετήσια παραγωγή το 2011 ήταν 1.1 εκατ. τόνοι και ο συνολικός ετήσιος κύκλος εργασιών των μεγάλων επιχειρήσεων του κλάδου εκτιμάται ότι ξεπερνά τα 700 εκατ. ευρώ.

- Η βιομηχανία μαρμάρου στην Ελλάδα περιλαμβάνει ~ 3.500 επιχειρήσεις (εξόρυξη, επεξεργασία εμπορία) και απασχολεί άμεσα και έμμεσα περίπου 25.000 άτομα.
- Το 60% της συνολικής παραγωγής και δραστηριότητας αναπτύσσεται στη Μακεδονία (το σημαντικότερο κέντρο λευκών μαρμάρων στους νομούς Δράμας και Καβάλας – συμπεριλαμβανομένων των χιονόλευκων δολομιτών της Θάσου).
- Σήμερα, τα λειτουργούντα λατομεία μαρμάρων είναι περισσότερα από 300
- Το 2003 η παγκόσμια παραγωγή διακοσμητικών πετρωμάτων έφθασε τα 140 εκατ τόνους με συνολική αξία ~ 35 δισεκ. Ευρώ. Η Ελλάδα βρίσκεται στη 10<sup>η</sup> θέση. Η Ιταλική τεχνολογία χρησιμοποιείται σε ποσοστό 48%.

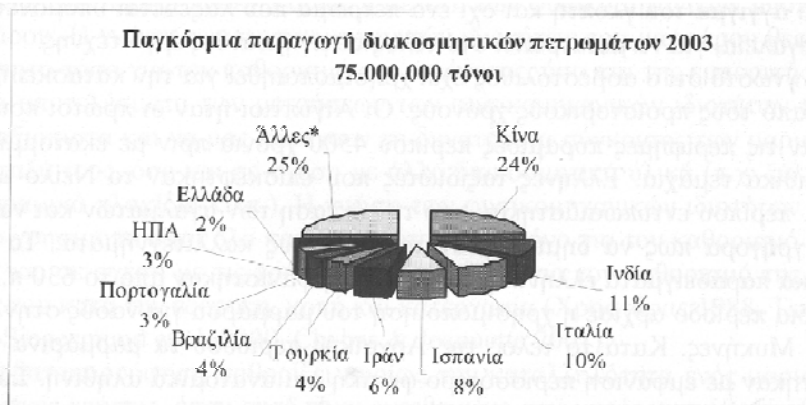
- Από το 2002 συνεχίζονται με αυξανόμενο ρυθμό οι εισαγωγές μαρμάρου, εξαιτίας της υψηλής ζήτησης στην εγχώρια αγορά και των περιορισμών ανάπτυξης νέων λατομείων στην Ελλάδα.
- Επιπλέον, αρκετές μεγάλες επιχειρήσεις μαρμάρων αναπτύσσουν δραστηριότητες στο εξωτερικό, εξαιτίας των περιορισμών για νέες αδειοδοτήσεις και της κρατικής γραφειοκρατίας.
- Οι τιμές των προϊόντων μαρμάρου εξαρτώνται από το χρώμα, την ομογένεια στη σύσταση και στο κρυσταλλικό μέγεθος, τη ζήτηση και άλλους παράγοντες. Συνήθως τα ολόλευκα, λεπτόκοκκα και ομογενή μάρμαρα παρουσιάζουν υψηλότερες τιμές.

- Ορισμένες ενδεικτικές τιμές προϊόντων ανθρακικών πετρωμάτων είναι:
  - Αδρανή: 4-10 €/t, πληρωτικά: 70-100 €/t, ακατέργαστοι όγκοι: 200-1.300 €/t,
  - Πλακίδια διαστάσεων 30x30 cm ή 40x40 cm και πάχους 1 cm έως 2 cm: 20-80 €/m<sup>2</sup>
- Τα αποθέματα των κοινών ασβεστιτικών μαρμάρων και δολομιτών είναι ανεξάντλητα.



**Πίν. 2. Τύποι και προέλευση Ελληνικών μαρμάρων [7].**

Τύπος/Χρώμα	Περιοχή
<b>Ασβεστόλιθοι-Μάρμαρα (με &gt;98% ασβεστίτη)</b>	
Λευκά	Κεχροκαμπού & Βουνοχωρίου Καβάλας, Κοιμαριάς & Καστανιάς Ημαθίας, Βενέτου Μαγνησίας, Πεντέλης & Διονύσου Αττικής, Νάξου-Πάρου-Ικαρίας
Ημι-λευκά	Διάβατου-Ελαφοχωρίου-Στενωπού-Φιλιππων Καβάλας, Ξηροκάπιου & Μοναστηρακίου Αράμους, Τρανόβαλου Κοζάνης, Αλμοροκάταμου Εύβοιας, Μιχαής Λαοβίου
Τεφρόλευκά	Θάσου, Χαλκικού Καβάλας, Πανοράματος Αράμους, Ζάστιας & Αργαλαστής Μαγνησίας, Κοκκαναρά Αττικής, Πάρωνα Αρκαδίας, Λάρφου Ρόδου
Μαξ	Ιωαννίνων, Δομβρηνάς & Μαρτίνου Βοιωτίας, Κιβωτού Γρεβενών, Καλυθίων Ρόδου
Ροδόχρομα	Γέριμα Καστοριάς, Άρτας, Κλινοβίου Τρικάλων
Τεφρόμαυρα	Ιαπείου Λαοβίου
Μαύρα	Πάρωνα Αρκαδίας, Αγίας Ρεθύμνης
<b>Λοιπίτες (% ορυκτό δολομίτης)</b>	
Λευκοί	Θάσου (92%), Γρανίτη(100%)-Βολάκα (100%)-Πηγών (92%) Αράμους
Ημι-λευκοί	Ελακώνα Βοιωτίας (87%)
Τεφρόλευκοί	Νικήσιανης Καβάλας (87%)
Τεφρό	Μουνόρου Ρεθύμνης (90%)
Τεφρόμαυροι	Δαμάσιας Ηρακλείου (62%)
Ερυθροί	Αγίου Βασιλείου Ρεθύμνης (80%)
<b>Άλλα ανθρακικά και ζημιματογενή πετρώματα</b>	
Λατοποπαγείς ασβεστόλιθοι	Καρνεζαΐτικων-Κάντιας-Ανγυρίου Αργολίδας, Αγίου Παύλου Αρκαδίας, Ερέτριας, Εύβοιας, Σκόρου, Ροδοχωρίου Νάουσας
Τραβερτίνες	Αρδιάς Πέλλας, Σκρά Κιλκίς, Βαμβακόφυτου Σερρών, Πητιών Κορινθίας, Καπανόριου Αττικής, Βάμου Σαντών
Πορόλιθοι	Αιφά Ρεθύμνης
Ψαμίτες	Μαξ Μεσολογγίου, Τεφρός Δεματίου Μετσόβου, Τεφρός Νεοτορίου Καστοριάς
Γύψοι	Σητείας Κρήτης
Σερπεντινιμάρμαρα	Φοτιάς Ημαθίας, Τήνου



\*περιλαμβάνονται ως επικεφαλής η Γαλλία, Ν. Αφρική, Βέλγιο, Ν. Κορέα, Γερμανία, Μεξικό, Αίγυπτος, Φινλανδία, Νορβηγία, Καναδάς, Αυστρία, Κροατία, Πολωνία, Ρωσία, Σαουδική Αραβία (Κολοτούρος 2005).

▪ **Ποιοτικά χαρακτηριστικά του μαρμάρου**

- Παράγοντες που καθορίζουν την ποιότητα του μαρμάρου:
  1. Χρωματική και αισθητική εμφάνιση
  2. Παρουσία, διάταξη και χρώμα φλεβιδίων
  3. Παρουσία και συχνότητα εγκλεισμάτων
  4. Οι φυσικομηχανικές του ιδιότητες (υδατοαπορρόφηση, αντοχή στη θλίψη, κάμψη, φθορά και τριβή).
- Σήμερα για τις περισσότερες φυσικομηχανικές ιδιότητες ισχύουν ενιαίες προδιαγραφές που έχει καθιερώσει η Ε.Ε.

▪ **Πλεονεκτήματα του μαρμάρου**

- Είναι όλα όμορφα στην αισθητική φυσικά δομικά υλικά και προσφέρουν τη δυνατότητα κατασκευής επιφανειών με ιδιαίτερη πολυτέλεια.
- Η επιφάνειά τους μπορεί να στιλβωθεί και να γυαλίσει, όταν χρησιμοποιούνται για εσωτερικές εφαρμογές.
- Μπορούν να συνδυάζονται με ευχέρεια με τα άλλα δομικά υλικά και να συμβάλλουν στην επίτευξη ενότητας ανάμεσα στον εξωτερικό και εσωτερικό χώρο.

#### ▪ Μάρμαρα VS Γρανίτης

Με βάση τις φυσικομηχανικές τους ιδιότητες, τα γνήσια μάρμαρα σε σύγκριση με τους γρανίτες, κατά κανόνα παρουσιάζουν:

- μεγαλύτερη υδαταπορρόφηση
- μεγαλύτερη αντοχή στην κάμψη
- μεγαλύτερη αντοχή στις θερμοκρασιακές μεταβολές
- μικρότερη αντοχή στη θλίψη και στη φθορά από τριβή
- πιο λεπτόκοκκο μέγεθος και ισομεγέθεις κρυστάλλους
- αισθητά φτηνότερο κόστος από τους γρανίτες, εξαιτίας του υψηλότερου κόστους κοπής και κατεργασίας των γρανιτών που αποτελούνται από σκληρά ορυκτά (κυρίως χαλαζία και αστρίους).

#### ▪ Τραβερτίνης

Λευκοί έως κιτρινόχρωμοι τραβερτίνες βρίσκονται στο Βαμβακόφυτο Σερρών, Καπανδρίτι Αττικής κ.α.

▪ **Χουντίτης και υδρομαγνησίτης**

- Λεκάνη της **Κοζάνης** σε Ανω Νεογενικούς λιμναίους σχη/σμούς



▪ **Χουντίτης και υδρομαγνησίτης**

- Λεκάνη της **Κοζάνης** σε Ανω Νεογενικούς λιμναίους σχη/σμούς



Από Μ. Κυριακίδη: <http://static.panoramio.com/photos/large/39875760.jpg>

▪ **Χουντίτης και υδρομαγνησίτης**

- Στα ΝΔ: **μαγνησίτης** (υπόβαθρο από πλούσια σε Mg υπερβασικά)
- Στα ΝΑ: **χουντίτης-υδρομαγνησίτης** (το υπόβαθρο αποτελείται από Μεσοζωικούς δολομιτικούς ασβεστόλιθους και δολομίτες). Τα ανθρακικά πετρώματα έχουν κλαστικό χαρακτήρα και βρίσκονται μέσα σε στρώματα ποταμολιμναίων φάσεων.
- Είναι κατάλληλος για πληρωτικές εφαρμογές στα πολυμερή, σε στεγανωτικά προϊόντα, ως επιβραδυντικό πυρός (flame retarded), ως εκτατικό (extender) του  $TiO_2$  στις βιομηχανίες χρωμάτων και ως υλικό επικάλυψης στη χαρτοποιία για παραγωγή υψηλής ποιότητας χαρτιού κ.α.
- Το υλικό που διατίθεται στην αγορά είναι μίγμα χουντίτη - υδρομαγνησίτου σε ποσοστό 60% και 40% αντίστοιχα.

- Ο χουντίτης των Λευκάρων της Κοζάνης ήταν ως το 2009, η μοναδική εμπορικά αναπτυγμένη απόθεση στον κόσμο: 95% (χουντίτη+υδρομαγνησίτη) σε σχέση 1:1 και 5% (αραγωνίτη + δολομίτη + ασβεσίτη + μαγνησίτη).
- Στη συνέχεια ξεκίνησε η εκμετάλλευση χουντίτη/υδρομαγνησίτη από την εταιρία Minelco (σουηδικών συμφερόντων) και στην Τουρκία.
- Η παραγωγή χουντίτη γίνεται από δύο ορυχεία από την εταιρία ΛΕΥΚΑ ΟΡΥΚΤΑ [ανήκει κατά 100% στην Ολλανδική Minerals Plus (τέως Ankerroort), θυγατρική του Βελγικού ομίλου Sibelco].
- Επεξεργάζεται το εξορυσσόμενο υλικό από το γειτονικό ορυχείο και παράγει ένα τελικό προϊόν το περισσότερο του οποίου εξάγεται.
- Μόνο μια εγχώρια χαρτοβιομηχανία χρησιμοποιεί μικρές ποσότητες αυτού του υλικού ως πληρωτικό.



- Το υλικό που εξάγεται είναι μίγμα χουντίτη-υδρομαγνησίτη σε ποσοστό 60% και 40%, αντίστοιχα.
- Όλη η παραγωγή του ακατέργαστου χουντίτη και το 80% του κατεργασμένου εξάγεται. Η παραγωγή του 2011 ήταν 23.800 τόνοι.
- Οι τιμές του χουντίτη κυμαίνονται από:
  - 40 €/t (ακατέργαστος) έως 300 €/t (επεξεργασμένος).
- Τα ενδεικτικά αποθέματα χουντίτη στα Λεύκαρα Κοζάνης είναι 4 εκατ. τόνοι και η ακαθάριστη αξία τους 160 εκατ. €.



**• Άλλοι δομικοί και διακοσμητικοί λίθοι**

Βασάλτες  
 Γρανίτες  
 Περιδοτίτες  
 Σηγιτίτες  
 Οφιόλιθοι  
 Γνεύσιοι  
 Σερπεντινίτες  
 Σχιστόλιθοι  
 Χαλαζίτες  
 Ψαμμίτες

## Ξένη Βιβλιογραφία

- Deer, W.A., Howie, R.A. & Zussman, J. 1992. An Introduction to the Rock-Forming Minerals, 2<sup>nd</sup> Edition, Pearson Education Ltd, Essex CM20 2JE England, 696 p.
- De Michele V. 1972. Color Treasury of Crystals. Orbis Publishing Ltd, London, 80 p.
- Duda, R. & Reji, L., 2004. Ο Κόσμος των Πολύτιμων και Ημιπολύτιμων Λίθων. Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα, 191 σ.
- Ehlers, E.G & Blatt, H., 1982. Petrology: Igneous, Sedimentary, and Metamorphic. W.H Freeman and Co.San Francisco, U.S.A., 732 p.
- Hurlbut, , C.S. Jr. 1969. Les Mineraux et L' Homme. Random House Inc., N.Y. N.Y., 304 p.
- Kirkaldy, J.F. 1965. Minerals & Rocks in Color. Blandford Press, London, 176 p.
- Korbel, P. & Novak, M. 2001. The Complete Encyclopedia of Minerals. Grange Books, Kent ME3 9ND UK, 296 p.
- Roberts, W.L., Rapp, G.R.Jr. & Weber, J. 1974. Encyclopedia of Minerals. Van Nostrand Reinhold Co, N.Y. 693 p.

## Ελληνική Βιβλιογραφία

- Κατερινόπουλος, Α. & Σταματάκης, Μ. 1995. Εφαρμοσμένη Ορυκτολογία – Πετρολογία. Τα Βιομηχανικά Ορυκτά και Πετρώματα και οι Χρήσεις τους. Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας, 311 σ
- Τσιραμπίδης, Α. 2005. Ο Ορυκτός Πλούτος της Ελλάδος. Εκδόσεις Γιαχούδη, Θεσ/νίκη, 391 σ.
- Τσιραμπίδης Α. & Φιλίππιδης Α. (2013). Ορυκτοί Πόροι Ελλάδος: Αποθέματα και Αξία. Τομέας Ορυκτολογίας-Πετρολογίας-Κοιτασματολογίας, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 46 σελ.