



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
Εθνικόν και Καποδιστριακόν  
Πανεπιστήμιον Αθηνών

# Γεωχημεία

Ενότητα 2: Γεωχημικές διεργασίες στην επιφάνεια  
της γης

Αριάδνη Αργυράκη

Σχολή Θετικών Επιστημών

Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος

# Γεωχημικές διεργασίες στην επιφάνεια της γης

Γεωχημεία ορυκτών ανθράκων

# Περιεχόμενα

1. Γένεση και γεωχημικά χαρακτηριστικά.
2. Γαιάνθρακες.
3. Πετρέλαιο.



# Ορυκτά καύσιμα

Σχηματισμός μέσω αποσύνθεσης οργανικής ύλης.

1. Πετρέλαιο.
2. Φυσικό αέριο.
3. Γαϊάνθρακες.
4. Βιτουμενιούχα πετρώματα.



# Γενικά χαρακτηριστικά

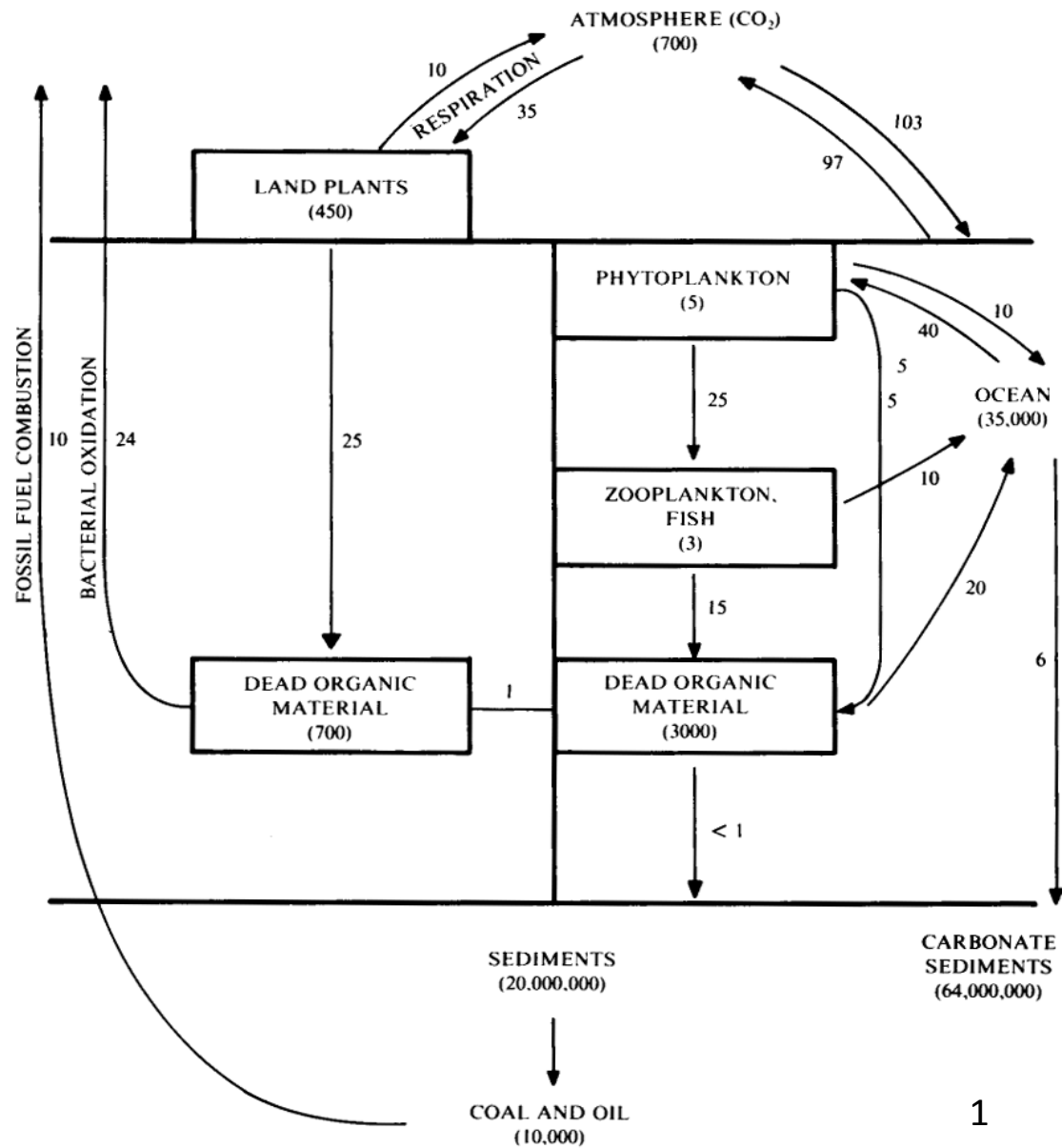
- Κύριο δομικό στοιχείο ο οργανικός άνθρακας – με καύση παράγεται  $\text{CO}_2$ .
- Η καύση φυσικού αερίου, πετρελαίου και βιτουμένιου παράγει,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  και άλλες ουσίες.



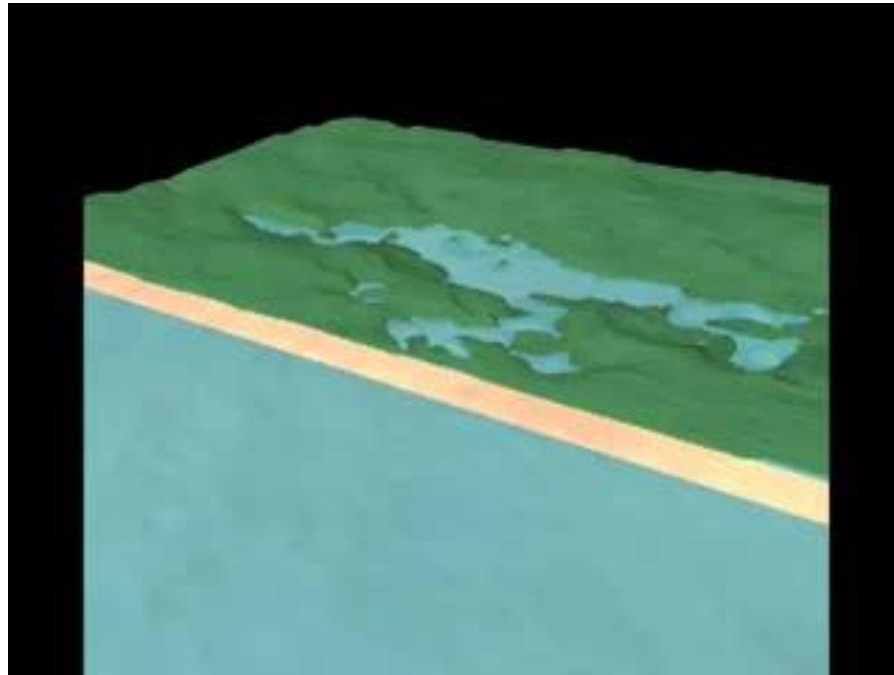
# Συνθήκες γένεσης

- Μεγάλος όγκος οργανικού υλικού + ταχύς ρυθμός ενταφιασμού → δεν επιτρέπει την οξείδωση του οργανικού υλικού και την παραγωγή  $\text{CO}_2$  /  $\text{H}_2\text{O}$ .
- Λιθάνθρακες: Χερσαίο περιβάλλον έλους – υδρόβια φυτά.
- Πετρέλαιο : Θαλάσσιο περιβάλλον – ζώο-πλαγκτόν.





# Coal Bed Formation



2

<http://youtu.be/TZS2Klye00A>





# Αναγωγικές συνθήκες

- Συνθήκες έλλειψης οξυγόνου.
- Πρόληψη ταχείας αποσύνθεσης.

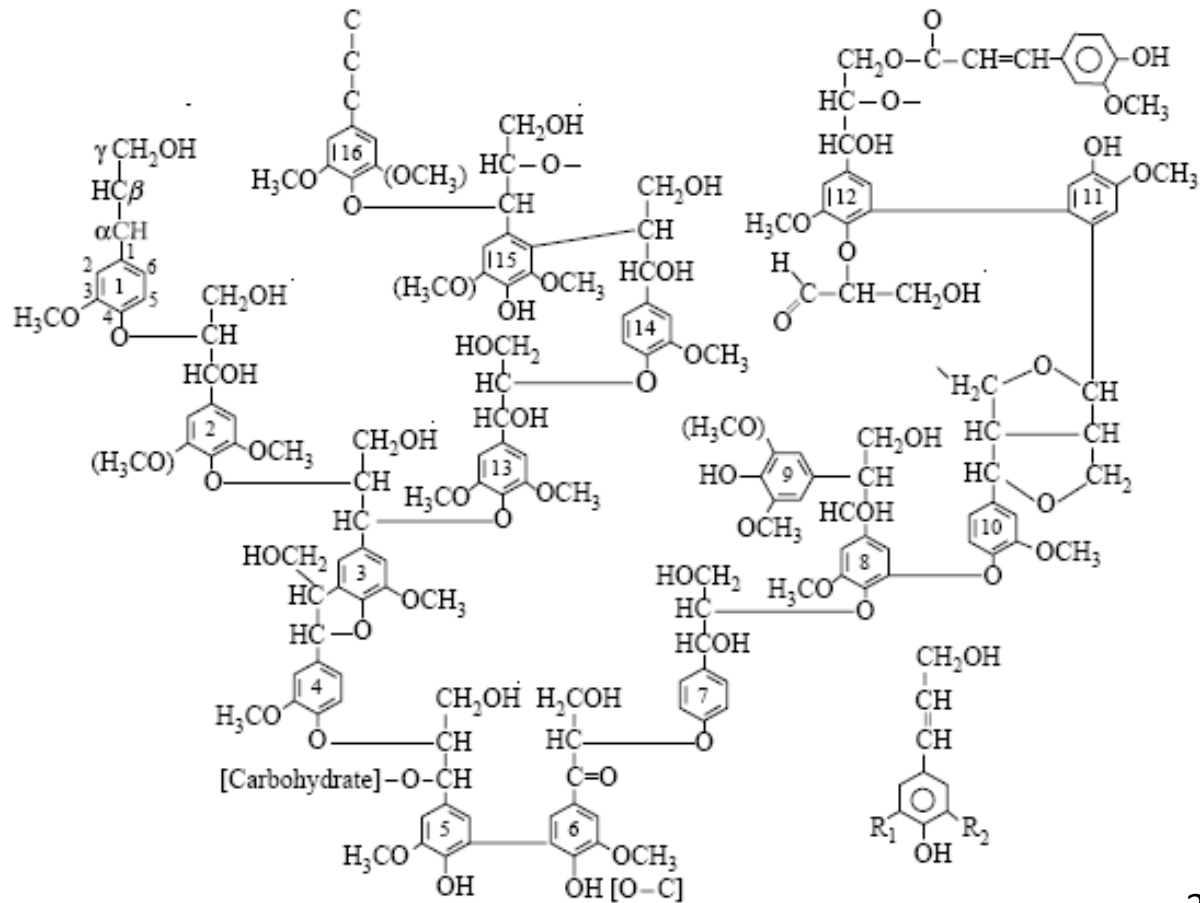


# Σχηματισμός λιθάνθρακα

- Αύξηση T,P με ενταφιασμό → εμπλουτισμός οργανικού υλικού σε άνθρακα.
- Τύποι λιθανθράκων:
- Χουμικοί → σκουρόχρωμοι με καθαρή στρώση και υπολείμματα φυτικού ιστού.
- Σαπροπηλικοί → λεπτόκοκκη οργανική ιλύς σε ήρεμο περιβάλλον απόθεσης – εμφάνιση χωρίς στρώση.



# Μόριο λιγνίνης

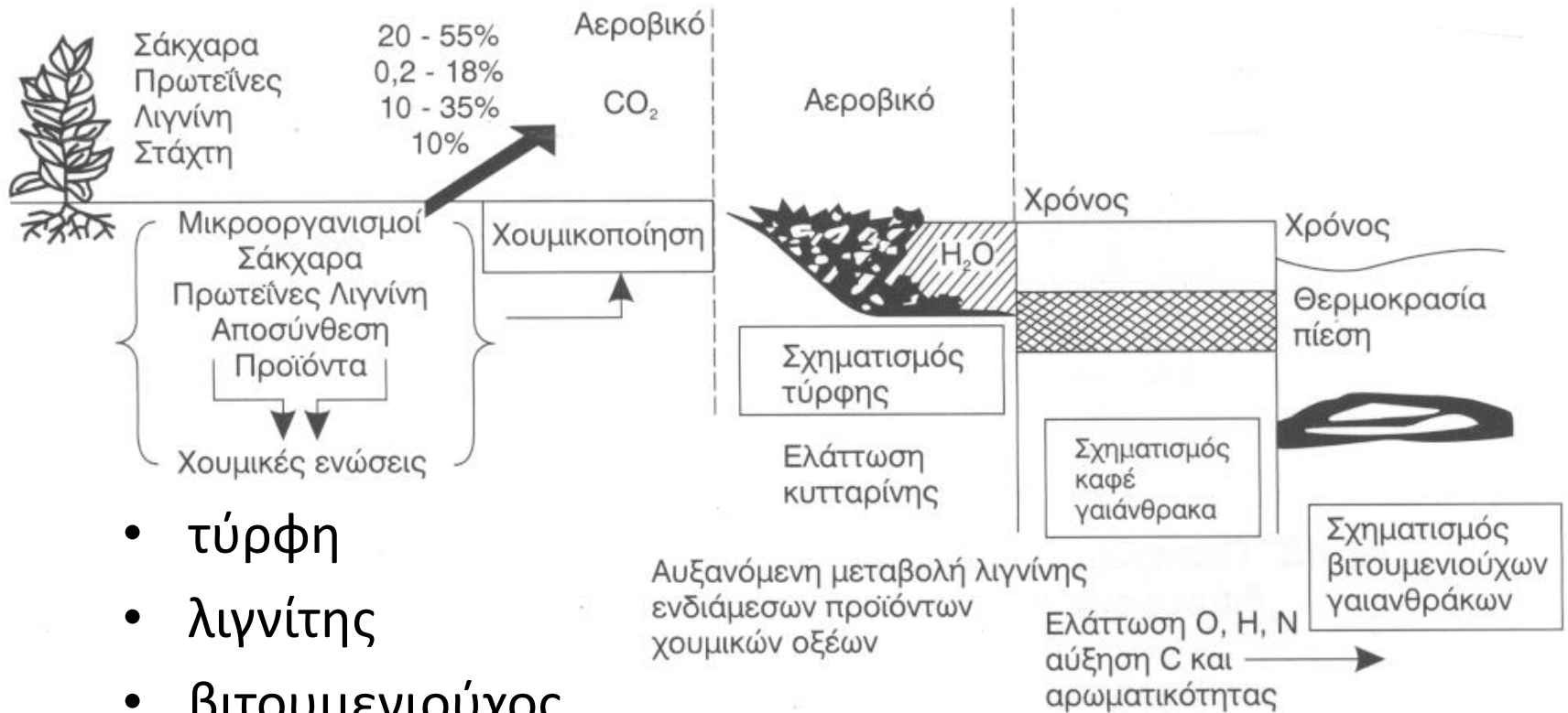


(c) Lignin

3

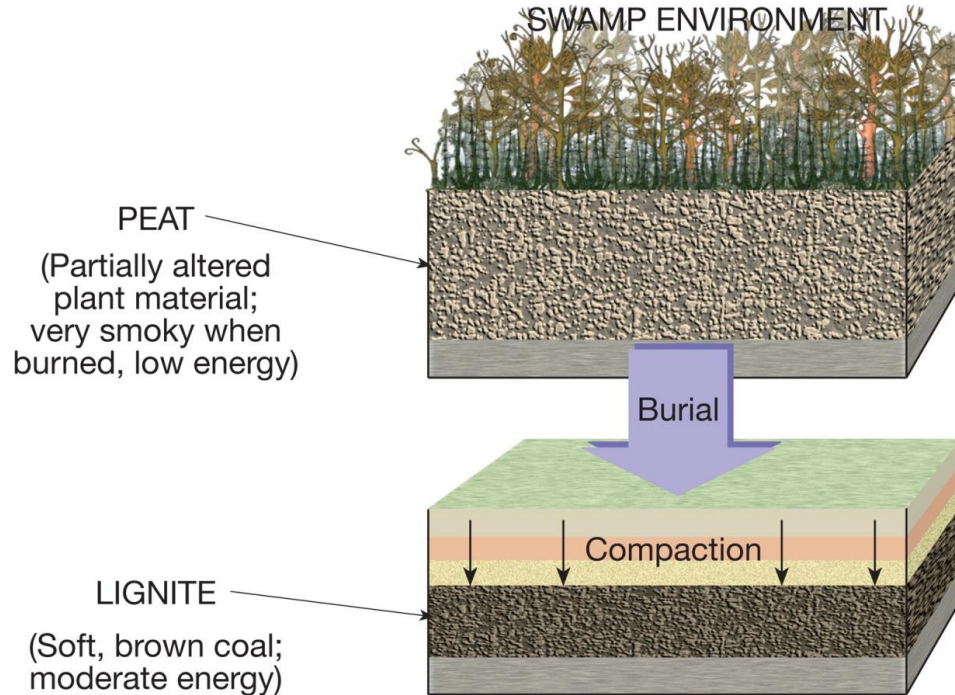


# Τύποι λιθανθράκων – αύξηση περιεχομένου C



- τύρφη
- λιγνίτης
- βιτουμενιούχος λιθάνθρακας
- ανθρακίτης

# Τύρφη → λιγνίτης



Copyright © 2006 Pearson Prentice Hall, Inc.



6

5

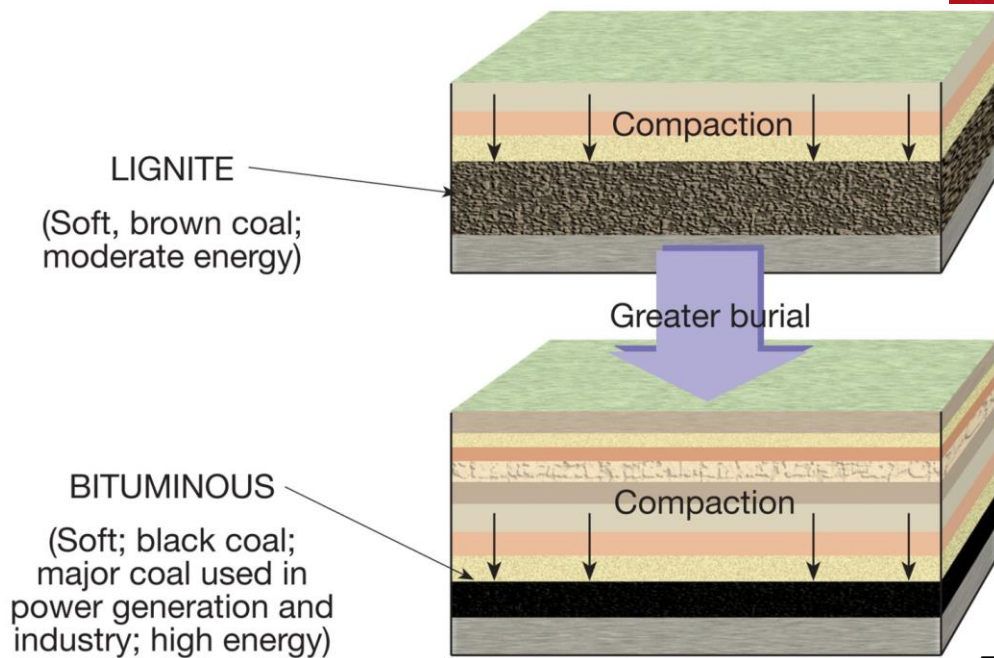




# Βιτουμενιούχος λιθάνθρακας



8

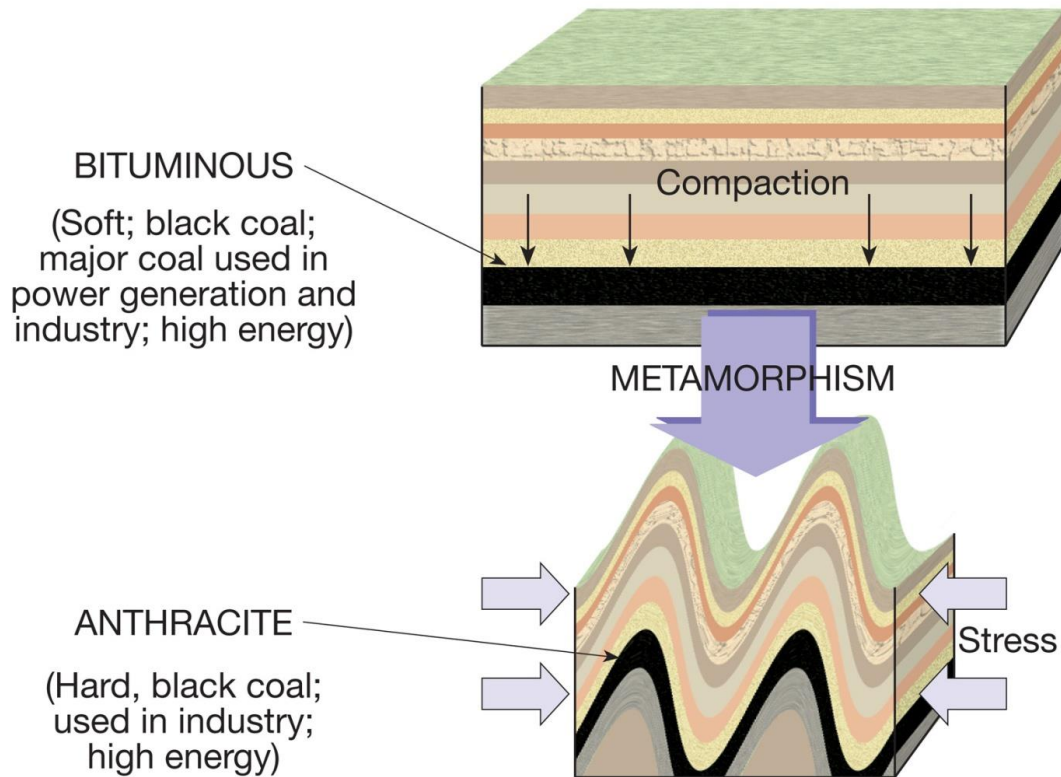


7

Copyright © 2006 Pearson Prentice Hall, Inc.



# Ανθρακίτης



10

9

Copyright © 2006 Pearson Prentice Hall, Inc.

## Θεωρείται προϊόν μεταμόρφωσης



# Fossil Fuel Formation Video

<http://youtu.be/MBeXRRTGjNE>





# Λιθάνθρακες- περιεκτικότητα C

- Λιγνίτης 25-35% C.
- Βιτουμενιούχος λιθάνθρακας 60-80% C.
- Ανθρακίτης 92-98% C.



# Λιθάνθρακες- περιεκτικότητα στοιχείων

Στοιχείο	ppm	Στοιχείο	ppm
Sc*	0.6-10	As*	0.7-31
V +	6-109	Se	0.4-3.3
Cr	2.6-25.4	Sb +	0.1-7.3
Co*	1.1-24.1	W +	0.2-1.3
Ni*	2-50	Pb	3-20
Cu* +	6-54	Th*	0.5-3.7
Zn +	3-65	U +	0.2-3.8

\* Ανόργανη προέλευση  
+ οργανική προέλευση



# Ορυκτολογία γαιανθράκων

**Table 3** Major minerals in world coals.

---

*Major species*

- Quartz ( $\text{SiO}_2$ )
- Clays
  - Illite (K, Al, Silicate)
  - Kaolinite ( $(\text{Al}_2 \text{Si}_2)_5 (\text{OH})_4$ )
  - Mixed-layer clays (K, Al, Mg, Fe silicates)
- Carbonates
  - Calcite ( $\text{CaCO}_3$ )
  - Siderite ( $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{CO}_3$ )
- Pyrite ( $\text{FeS}_2$ )

11

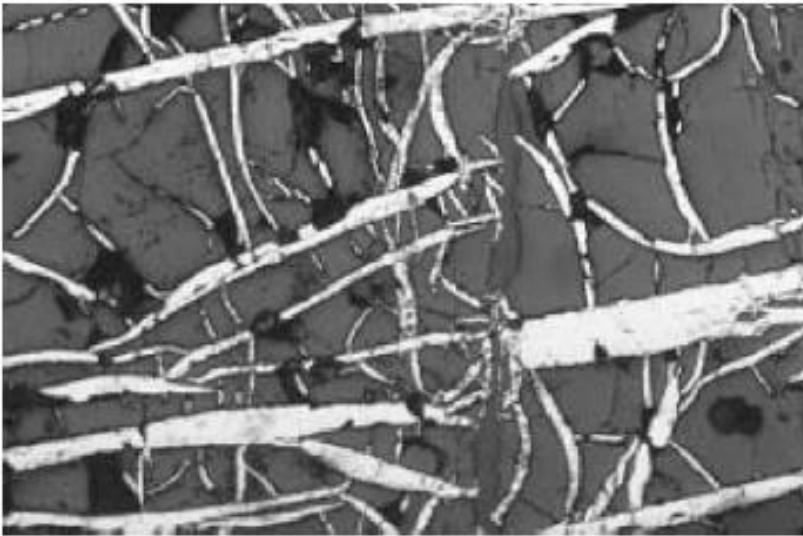
*Accessories*

- Galena ( $\text{PbS}$ )
- Sphalerite ( $(\text{Zn}, \text{Cd})\text{S}$ )
- Clausthalite ( $\text{PbSe}$ )
- Chalcopyrite ( $\text{CuFeS}_2$ )
- Crandallite Group ( $(\text{Ca}, \text{Ba}, \text{Sr})\text{Al}_3 (\text{PO}_4)_2 (\text{OH})_5\text{H}_2\text{O}$ )
- Monazite (REE, Th)  $\text{PO}_4$
- Apatite ( $\text{Ca}_5 (\text{PO}_4)_3 (\text{F}, \text{OH})$ )
- Barite ( $\text{BaSO}_4$ )
- Rutile ( $\text{TiO}_2$ )
- Zircon ( $\text{ZrSiO}_4$ )
- Feldspars (Ca, Na, K, Al silicates)
- Zeolites (Ca, Na, K, Al silicates)
- Ankerite ( $(\text{Ca} (\text{Fe}, \text{Mg}, \text{Mn})(\text{CO}_3)_2$ )
- Micas (K, Fe, Mg, Ti, Al silicates)

12

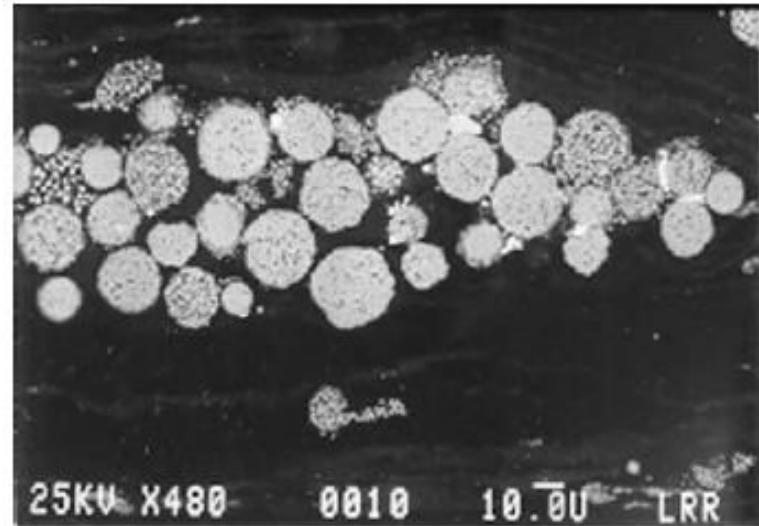


# Σιδηροπυρίτης σε βιτουμενιούχους γαιάνθρακες



**Figure 12** Late stage (epigenetic) pyrite fracture fillings in a bituminous coal. Reflected light photomicrograph.

13



**Figure 13** A cluster of syngenetic pyrite framboids in a bituminous coal. Micrometer-sized bright grains dispersed in the cluster are crystals of clausthalite (PbSe). Scanning Electron photomicrograph, back-scattered electron image (scale bar = 10  $\mu\text{m}$ ).

14

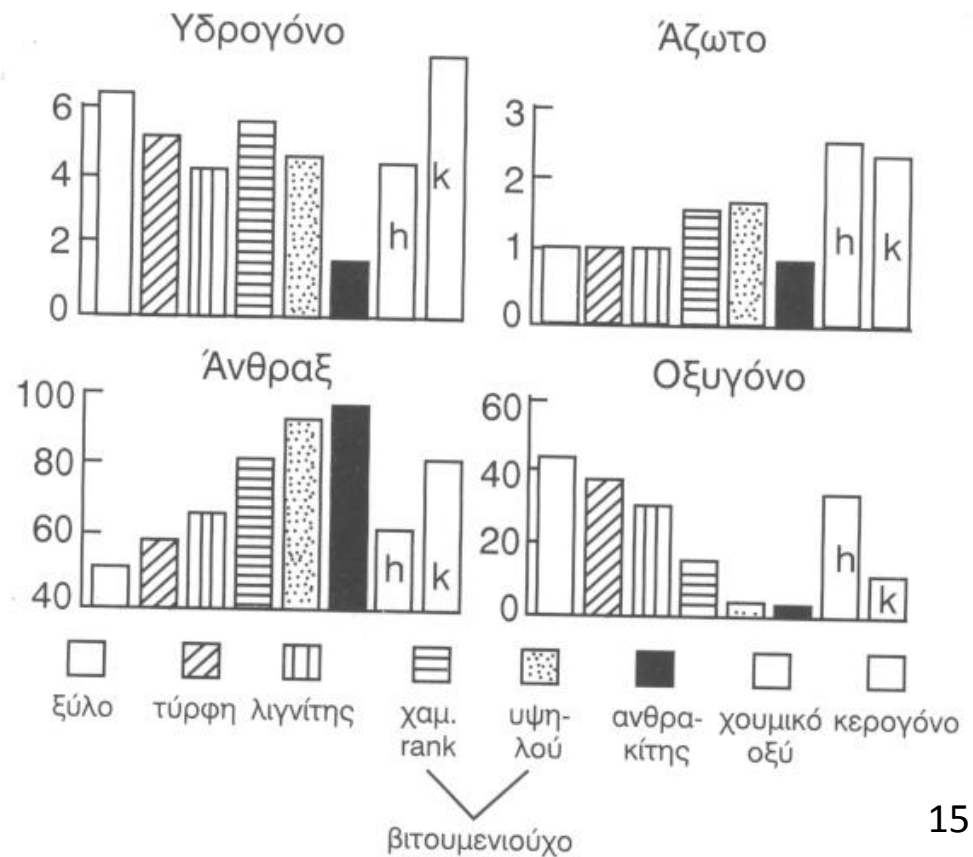
# Λιθάνθρακες - ρύπανση

- Μεγαλύτερη έκλυση CO<sub>2</sub>.
- Έκλυση πρόσθετων στοιχείων-ρύπων.
  - Hg, U, Sox.
  - Το S είτε σε οργανικές ενώσεις είτε σε θειούχα ορυκτά (π.χ. σιδηροπυρίτης εάν υπάρχει Fe στο ίζημα).
  - Δυσκολία απομάκρυνσης του S αν βρίσκεται σε οργανικές ενώσεις.



# Αναλογία C/H

- Φυσικό αέριο (μεθάνιο),  $\text{CH}_4$ , 1:4
- Πετρέλαιο  $\rightarrow$  1:2 κατά μέσο όρο
- Λιθάνθρακες  $\rightarrow$  Μεγαλύτερος εμπλουτισμός σε C



15



# Πετρέλαιο

- Πλούσιο σε υδρογονάνθρακες ρευστό.
- Προέρχεται από το *κηρογόνο* με αύξηση T,P.
- Κηρογόνο = πολυμερές οργανικό υλικό που απαντά σε ιζηματογενή πετρώματα ως διάσπαρτα υπολείμματα φυτικού υλικού (macerals).

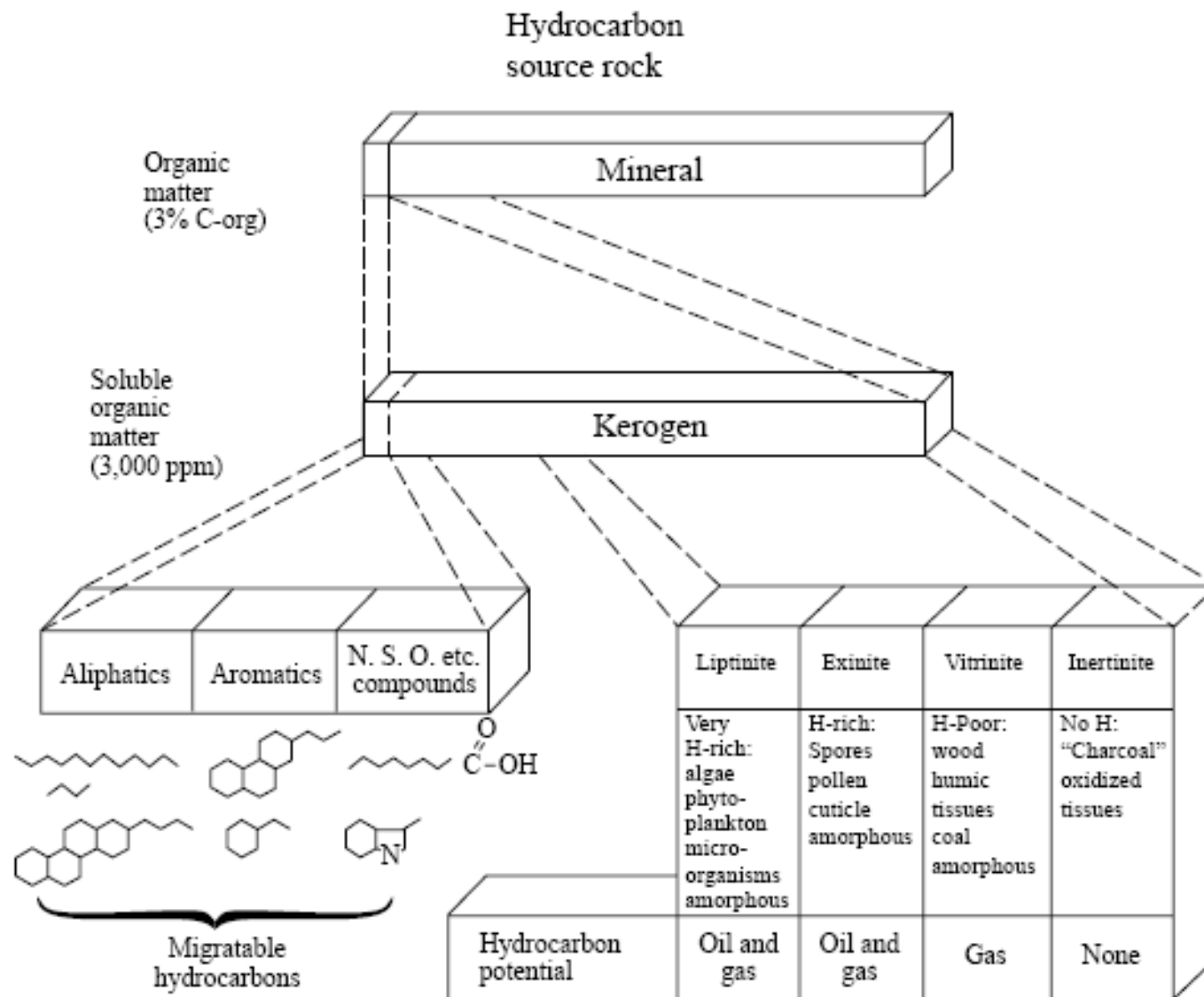


# Είδη πετρογραφικών ιστών (maceral)

Maceral	Τύπος κηρογόνου	Πηγή οργανικής ύλης
Alginite	I	Φύκη γλυκού νερού
Exinite	II	Γυρεόκοκκοι, σπόρια
Cutinite	II	Υπολείμματα Χερσαίων φυτών
Resinite	II	Ρητίνες χερσαίων φυτών
Liptinite	II	Λιπίδια χερσαίων φυτών, θαλάσσια φύκη
Vitrinite	III	Υλικό πλούσιο σε ξυλώδη και κυτταρινικό ιστό χερσαίων φυτών
Inertinite	IV	Κάρβουνο- Οξειδωμένο υλικό οποιασδήποτε προέλευσης

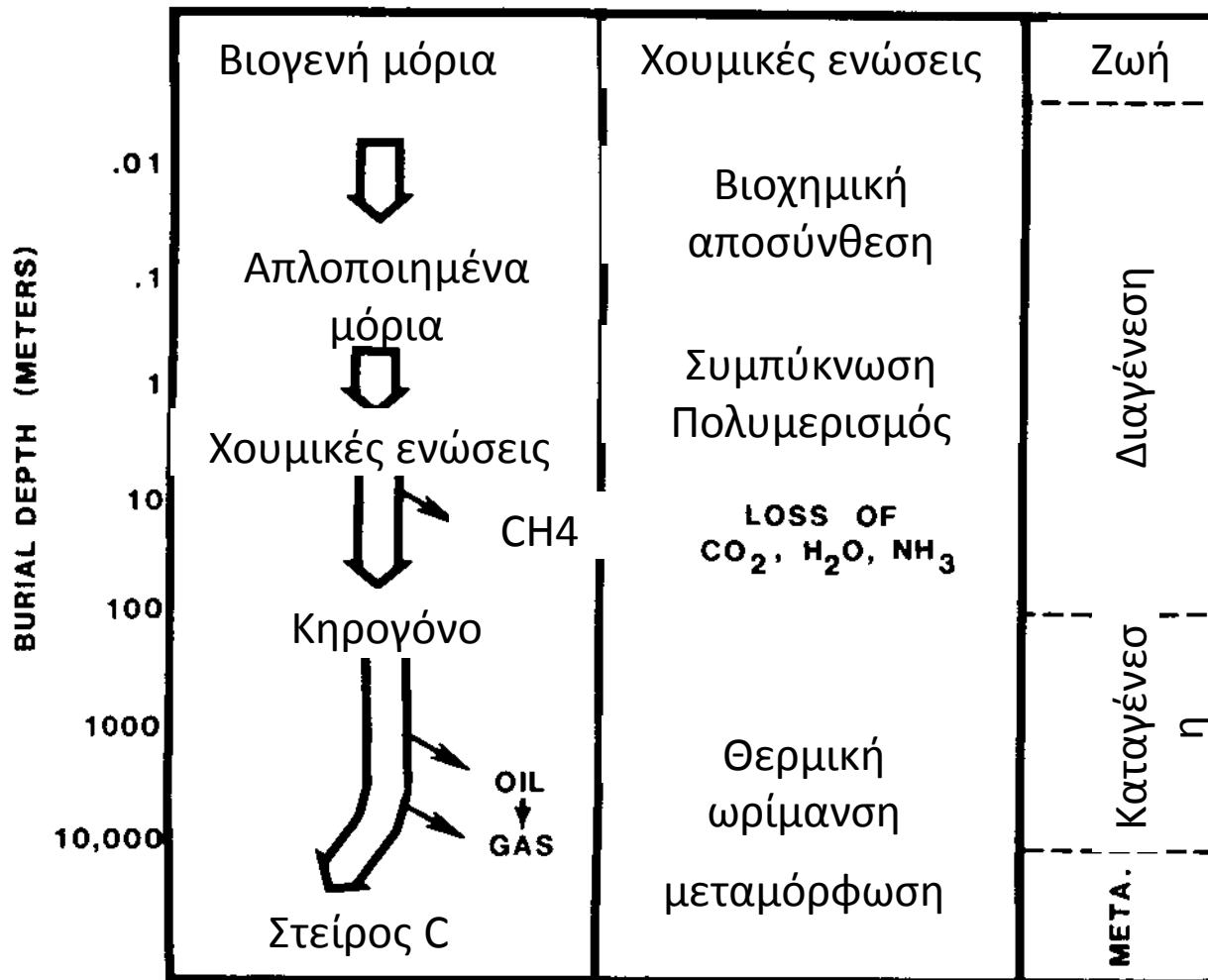






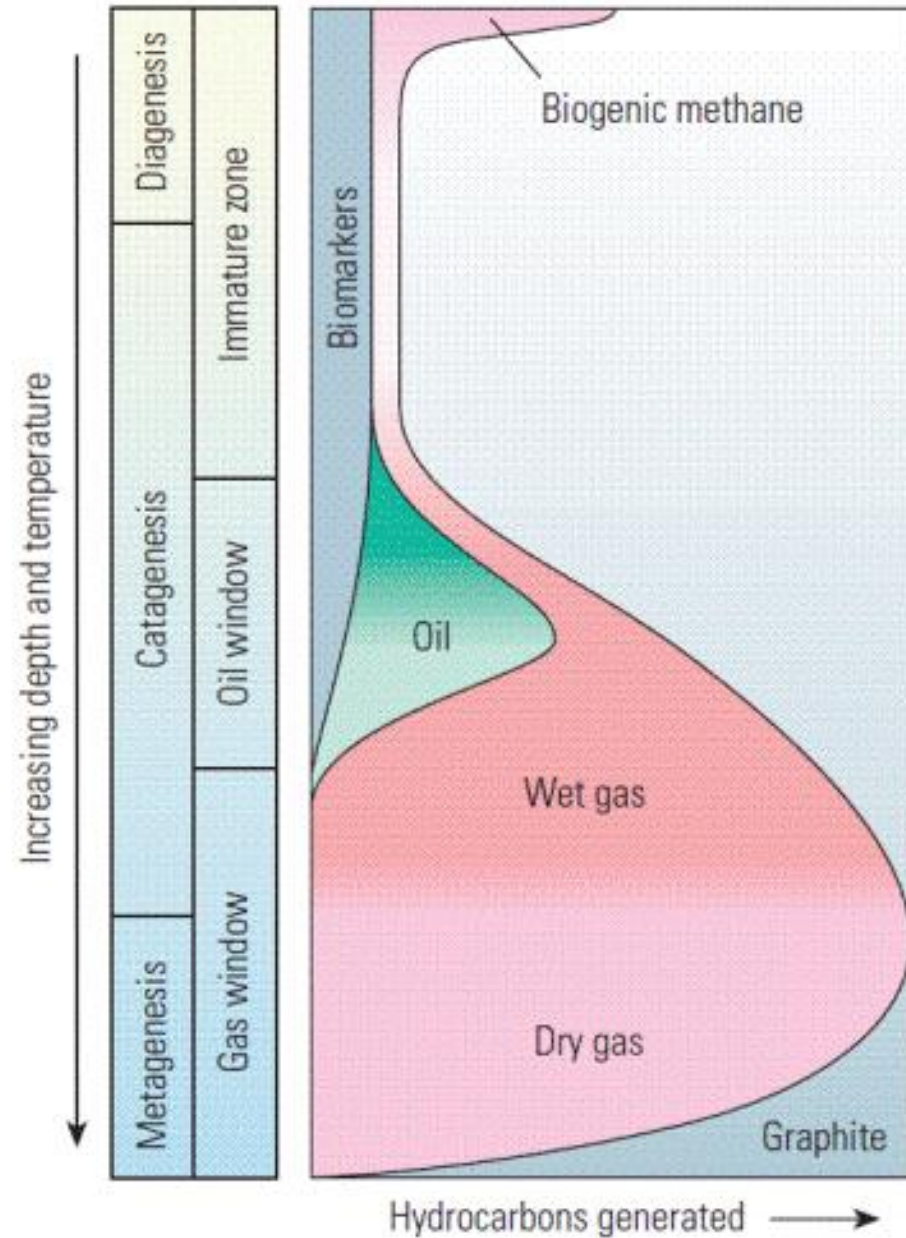
**Figure 5** The majority of the organic carbon in a source rock is in the form of kerogen. This schematic diagram provides an indication of the relative amounts and form of organic matter in a typical source rock (Brooks *et al.*, 1987) (reproduced by permission of Blackwell from *Marine Petroleum Source Rocks*, 1987).

# Διεργασία πετρελαιογένεσης



17

# Βαθμός ωρίμανσης Υδρογονανθράκων- Πετρελαϊκό ‘παράθυρο’



# Σύσταση πετρελαίου 1

Στοιχείο	Περιεκτικότητα
C %	82- 87
H %	12 – 15
S %	0.1 (sweet oil)- 5.5 (sour oil)
O %	0.1 – 4.5
N %	0.1 – 4.5
Άλλα %	<0.1
Ni ppm	0.3 – 200
V ppm	0.3 - 1000



# Σύσταση πετρελαίου 2

- Μέση σύσταση:

57% αλιφατικοί υδρογονάνθρακες.

29% αρωματικοί υδρογονάνθρακες.

14% ρητίνες και ασφαλτένια.



# Σύσταση πετρελαίου 3

- Paraffinic oil: κυρίως αλκάνια,  $<1\%S$  (ορ. υλικό χερσαίας προέλευσης).
- Paraffinic-naphthenic oil: αλκάνια, κυκλοαλκάνια  $<1\%S$  (ορ. υλικό χερσαίας ή θαλάσσιας προέλευσης).
- Aromatic-intermediate oil:  $<50\%$  αρωματικούς υδρογονάνθρακες (ορ. Υλικό θαλάσσιας προέλευσης).



# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημειώματα



# Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.



# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών, Αριάδνη Αργυράκη 2015. Αριάδνη Αργυράκη. «Γεωχημεία. Γεωχημικές διεργασίες στην επιφάνεια της γης». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://opencourses.uoa.gr/courses/GEOL2/>.



# Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.



# Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (1/3)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

## **Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες**

Εικόνα 1: Organic Carbon Cycle. Copyright West Virginia University. Σύνδεσμος: [http://pages.geo.wvu.edu/~jtoro/petroleum/petroleum\\_figs/review1/C-cycle80.jpg](http://pages.geo.wvu.edu/~jtoro/petroleum/petroleum_figs/review1/C-cycle80.jpg). Πηγή: geo.wvu.edu.

Εικόνα 2: Copyrighted. Σύνδεσμος: <http://youtu.be/TZS2KlYe00A>. Πηγή: [www.youtube.com](http://www.youtube.com).

Εικόνα 3: Μόριο λιγνίνης. Copyrighted.

Εικόνα 4: Τύποι λιθανθράκων. Copyrighted.

Εικόνα 5: Copyright 2006 Pearson Prentice Hall, Inc.

Εικόνα 6: Copyrighted.



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2/3)

Εικόνα 7: Copyright 2006 Pearson Prentice Hall, Inc.

Εικόνα 8: Copyrighted.

Εικόνα 9: Copyright 2006 Pearson Prentice Hall, Inc.

Εικόνα 10: Ανθρακίτης. Copyright University of Pittsburgh. Σύνδεσμος:  
<http://www.pitt.edu/~cejones/GeoImages/6MetamorphicRocks/Anthracite.html>.  
Πηγή: [www.pitt.edu](http://www.pitt.edu).

Εικόνα 11: Copyrighted.

Εικόνα 12: Copyrighted.

Εικόνα 13: Copyrighted.

Εικόνα 14: Copyrighted.

Εικόνα 15: Copyrighted.



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (3/3)

Εικόνα 16: Copyrighted. Πηγή: Brooks et al.,1987.

Εικόνα 17: Copyrighted.

Εικόνα 18: Copyrighted.

Εικόνα 19: Copyrighted.

