

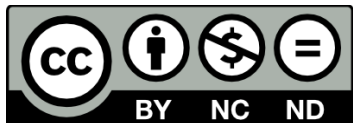


ΣΤΑΘΜΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Ενότητα 3: Καύσιμα

Χατζηαθανασίου Βασίλειος,
Καδή Στυλιανή

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Η/Υ



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη 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.





Καύσιμα



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Περιεχόμενα ενότητας

1. Τύποι καυσίμων
2. Στερεά καύσιμα:
 1. τύρφη.
 2. λιγνίτες.
 3. λιθάνθρακες.
3. Υγρά καύσιμα
 1. πετρέλαιο.
4. Αέρια καύσιμα
 1. φυσικό αέριο.
 2. LPG.



Καύσιμα

- Οργανικές ενώσεις με κύρια συστατικά την καύσιμη ύλη, την υγρασία και την τέφρα. Κύρια συστατικά της καύσιμης ύλης είναι ο άνθρακας, το υδρογόνο, το θείο, το οξυγόνο και το άζωτο.



Σημαντικά χαρακτηριστικά

- το περιεχόμενο υγρασίας.
- η θερμογόνοος δύναμη.
- η αλεσιμότητα.
- η περιεκτικότητα σε τέφρα.
- η θερμοκρασία τήξης της τέφρας.
- η περιεκτικότητα σε θείο.



Τύποι καυσίμων

- *στερεά καύσιμα* (ξύλο, τύρφη, λιγνίτες, άνθρακας, κώκ).
- *υγρά καύσιμα* (αργό πετρέλαιο και τα προϊόντα απόσταξης του όπως ντίζελ, βενζίνη, μαζούτ).
- *αέρια καύσιμα* (αέρια από απόσταξη ανθράκων, φυσικά αέρια).



Επιλογή καυσίμου

- Διαθεσιμότητα καυσίμου, δυνατότητα μεταφοράς, ευελιξία της εγκατάστασης, κόστος πρώτης ύλης (καυσίμου).
- Στερεά- υγρά- αέρια καύσιμα.
- Περιβαλλοντική επιβάρυνση.

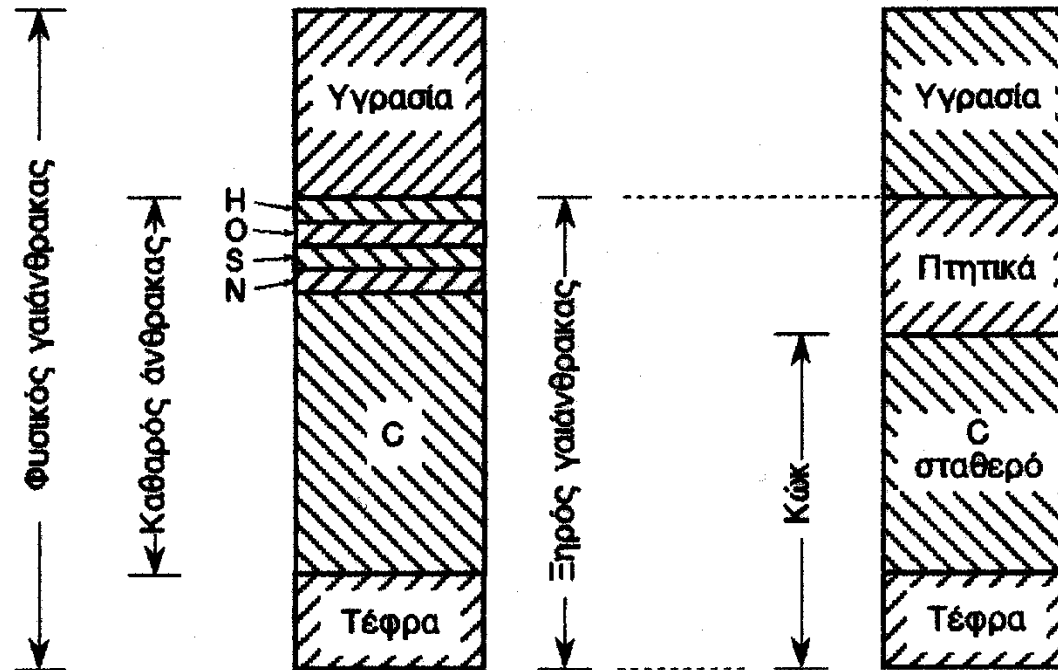


Στερεά καύσιμα

Ενώσεις με κύρια συστατικά την **οργανική καύσιμη ύλη** και τα **άκαυστα** που είναι η υγρασία και η τέφρα. Κύρια συστατικά της οργανικής καύσιμης ύλης είναι ο άνθρακας, το υδρογόνο, το θείο, το οξυγόνο και το άζωτο.



Φυσικοχημική σύσταση στερεών καυσίμων



Κύριες πηγές άνθρακα ανά τον κόσμο



Εικόνα 1: Παγκόσμια κοιτάσματα άνθρακα



Κατάταξη

- τύρφη.
- λιγνίτης ή φαιάνθρακας.
- πισσούχος γαιάνθρακας.
- λιθάνθρακας.



Τύρφη (1/2)

- Κύρια συστατικά: λιγνίνη και κυτταρίνη.
- Εξαιρετικά υψηλό ποσοστό υγρασίας: συνήθως 92 με 94%.
- Το περιεχόμενό της σε άνθρακα είναι χαμηλό (περίπου 50% σε ξηρή κατάσταση), ενώ η αναλογία πτητικών είναι μεγάλη.



Τύρφη (2/2)

Η συνήθης σύσταση της τύρφης σε κατάσταση ελεύθερης υγρασίας είναι:

Άνθρακας	45-63%
Υδρογόνο	5-6%
Οξυγόνο	25-36%
Άζωτο	~ 1%
Θείο	0,3-1%
Τέφρα	1,8-15%



Νεώτεροι φαιάνθρακες (ή μαλακοί φαιάνθρακες)

- Πτολεμαΐδα – Μεγαλόπολη.
- Κύρια συστατικά: οξέα φυτικής προέλευσης-λιγνίτης-πυροπισσίτης.
- Πτητικά: 55-65%
- Υγρασία: 50-70%
- Τέφρα: 2-20%
- Θερμογόνος δύναμη: μικρή (μεγάλη περιεκτικότητα σε αδρανή):

$$H_u = 3,4-10,5 \text{ MJ/kg} \quad \text{ή} \quad 800-2000 \text{ kcal/kg}$$



Γαιώδεις φαιάνθρακες

- Μεγαλύτερης ηλικίας.
- Πτητικά: 50-55%
- Υγρασία: 25-40%
- Τέφρα: 10-30%
- Θερμογόνος δύναμη:
 $H_u = 10-22 \text{ MJ/kg}$ ή $2500-5000 \text{ kcal/kg}$



Πισσούχοι γαιάνθρακες

- Θερμογόνος δύναμη:

$$H_u = 26-32 \text{ MJ/kg} \quad \text{ή} \quad 6000-7800 \text{ kcal/kg}$$



Λιθάνθρακες

- Θερμογόνος δύναμη:

$$H_u = 30-31,5 \text{ MJ/kg} \quad \text{ή} \quad 7000-7500 \text{ kcal/kg}$$



Θερμογόνο δύναμη

- **Νεώτεροι φαιάνθρακες:** 800-2000 kcal/kg
– (Λιγνίτες)
- **Γαιώδεις φαιάνθρακες:** 2500-5000 kcal/kg
- **Πισσούχοι γαιάνθρακες:** 6000-7800 kcal/kg
- **Λιθάνθρακες:** 7000-7500 kcal/kg



Ιδιότητες Άνθρακα

- περιεκτικότητα σε S.
- ιδιότητες καύσης.
- αντοχή σε καιρικές συνθήκες.
- θερμοκρασία μαλάκωσης τέφρας.
- ικανότητα για άλεση.
- θερμικό περιεχόμενο.



Περιεκτικότητα σε S

- Καύσιμη ύλη → ενέργεια.
- SO_2 : ατμοσφαιρικός ρύπος.
- Απομακρύνεται δύσκολα και ακριβά από τα καυσαέρια.



Επιλογή πηγής

- περιβαλλοντικοί κανονισμοί για το SO_2 .
- περιεκτικότητα σε S.
- κόστος άνθρακα.
- κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας εξοπλισμού απομάκρυνσης SO_2 .



Ιδιότητες καύσης

- Πόσο καλά καίγεται.
- Να μη σκληραίνει όταν καίγεται, για να μπορεί να σπάει κατά την καύση και έτσι να εισχωρεί ο αέρας στο κέντρο του άκαυτου άνθρακα.



Αντοχή σε καιρικές συνθήκες

- Πόσο μπορεί ν' αντέξει στους σωρούς αποθήκευσης χωρίς αποσύνθεση.
- (60-90 μέρες παραμονή, ~ 300.000 tn).
- Λόγω κυκλικής αλλαγής των καιρικών συνθηκών μπορεί να σχηματισθούν μικρά κομμάτια που διασκορπίζονται υπό τον αέρα ή τη βροχή.



Θερμοκρασία μαλάκωσης τέφρας

- Σ' αυτήν η τέφρα γίνεται πλαστική.
- Λίγο χαμηλότερη από την θερμοκρασία τήξης.
- Σημαντική για το σύστημα αποκομιδής της, π.χ. συστήματα που απομακρύνουν την τέφρα σε στερεή κατάσταση απαιτούν υψηλή θερμοκρασία μαλάκωσης.



Καθαρισμός και επεξεργασία άνθρακα (1/2)

- Ο καθαρισμός του άνθρακα απομακρύνει τα άκαυστα μεταλλικά υλικά, τα πετρώματα, το θείο και διάφορες προσμίξεις πριν την καύση.
- Βελτιώνει την απόδοση της εγκατάστασης και μειώνει το κόστος των εγκαταστάσεων καθαρισμού των εκπομπών από SO₂ και σωματίδια.
- Καθαρίζεται λιγότερο από το μισό.
- Το ποσοστό αυξάνεται λόγω περιβαλλοντικών κανονισμών και της μείωσης του κόστους των συστημάτων καθαρισμού.



Καθαρισμός και επεξεργασία άνθρακα (2/2)

- Μειώνει τη συντήρηση του λέβητα και του λοιπού εξοπλισμού (λιγότερη διάβρωση και επικαθίσεις) και αυξάνει τη διαθεσιμότητα και την απόδοση.
- Ο καθαρισμός μπορεί να μειώσει:
 - την περιεκτικότητα σε τέφρα από 10-70%.
 - την περιεκτικότητα σε S μέχρι 35%.
- και να αυξήσει την Θ.Δ. 2-25%.



Αποθέματα Λιγνίτη στην Ελλάδα

- Βεβαιωμένα: 5.0 δισ. tn
- Κατάλληλα για εκμετάλλευση: 4.0 δισ. tn
(550 εκ. τόνοι πετρέλαιο)
 - ΛΚΠ-Α: 2,5 δισ. tn
 - Δράμα: 900 εκ. tn
 - Ελασσόνα: 150 εκ. tn
 - Μεγαλόπολη: 300 εκ. tn



Αποθέματα Τύρφης στην Ελλάδα

- Φίλιπποι: 4 δις m³

(125 εκ. τόνοι πετρέλαιο)



Θερμογόνο δύναμη Ελληνικών λιγνιτών

- 900-1100 kcal/kg στις περιοχές Μεγαλόπολης, Αμυνταίου και Δράμας.
 - 1250-1350 kcal/kg στην περιοχή Πτολεμαΐδας.
 - 1800-2300 kcal/kg στις περιοχές Φλώρινας και Ελασσόνας.
- !** Σημαντικό συγκριτικό πλεονέκτημα των λιγνιτών της χώρας μας είναι η χαμηλή περιεκτικότητα σε καύσιμο θείο.



Υγρά καύσιμα

- Προϊόντα της κλασματικής απόσταξης του φυσικού πετρελαίου όπως επίσης και προϊόντα απόσταξης λιθανθράκων, φαιανθράκων ή τέλος κατάλοιπα διαφόρων διεργασιών (π.χ. χαρτιού).



Σχηματισμός πετρελαίου

- Από πλαγκτόν σε υποθαλάσσιες περιοχές.
- Κάλυψη πλαγκτόν από ιλύ λεπτόκοκκη → μετατροπή πλαγκτόν σε άμορφη οργανική ύλη.
- Αργή διάσπαση πριν εκατομμύρια χρόνια – επικαθίσεις πολλών στρωμάτων.
- Προκύπτουσες περιβαλλοντικές συνθήκες (υψηλή πίεση - μέσες θερμοκρασίες) → πετρέλαιο.



Πετρέλαιο

- Σύνθεση πετρελαίου: εξαρτάται από την ηλικία των εναποθέσεων.
- Διαφυγή του πετρελαίου προς το πέτρωμα αποθήκευσης.
- Βράχος επικάλυψης (εμποδίζει τη διαφυγή).
- Πιέσεις μέχρι 700 bar.
- Αναπήδηση – άντληση (ανάκτηση το 1/3).



Χημεία πετρελαίου

- Βασικά από συνδέσεις υδρογονανθράκων: $H_x(H_2C)_y$.
- Παράγωγα υδρογονανθράκων που μπορεί να περιέχουν N_2 , O_2 και S .
- Υδρογονάνθρακες (σειράς παραφινών).
- **Ελαφροί** (αέρια).
 - Μεθάνιο, Αιθάνιο, Προπάνιο, Βουτάνιο.
- **Βαρείς** (υγρά).
 - Πεντάνιο, Εξάνιο, Οκτάνιο.
- Πετρέλαιο σχιστολίθων:
 - Κηροζίνη.



Ιδιότητες πετρελαϊκών καυσίμων

- Ζήτηση ελαφρών κλασμάτων για μεταφορές οδηγεί σε επεξεργασία πετρελαίου.
- Επίσης, από το αργό δεν απομακρύνθηκε το S.
- Ελαφρά καύσιμα (χαμηλό σημείο βρασμού) για μεταφορές.
- Διύλιση.
- Βαρύτερα: καύσιμα και χημική παραγωγή.
- Μαζούτ.
- Θέρμανση: $30\div 50^{\circ}\text{C}$ για να μειωθεί το ιξώδες για διαχείριση.
- Θέρμανση: $75\div 95\%$ πριν τη διάσπαση (atomization).
- Θερμογόνο δύναμη.



Αέρια καύσιμα

- Τα **αέρια καύσιμα** είναι μίγματα από αέρια που καίγονται (H_2 , CO , $C_m H_n$) και μερικά αδρανή (π.χ. CO_2 και N_2).
- Φυσικό αέριο.
- Υγραέριο.
- Διάφορα προϊόντα βιομηχανικών διεργασιών.
- Κύρια χαρακτηριστικά τους είναι η θερμογόνος δύναμη, η σχετική τους πυκνότητα ως προς τον αέρα και η μέγιστη ταχύτητα ανάφλεξης.



Φυσικό αέριο

- Κάθε μίγμα υδρογονανθράκων από τις πετρελαιοφόρες κοιλότητες της γης.
- Σχηματίσθηκε από αποσύνθεση φυτικών ουσιών με τον ίδιο τρόπο και παράλληλα με το πετρέλαιο.
- Αποτελείται κυρίως από CH_4 ενώ περιέχει, ανάλογα με την προέλευσή του, CO_2 ή N_2 .



Σύνθεση-Ιδιότητες Φ.Α.

- Το καθαρότερο από όλα τα ορυκτά καύσιμα.
- Δεν έχει τέφρα-αναμιγνύεται καλά με τον αέρα για τέλεια καύση-λίγος καπνός.
- Υψηλή περιεκτικότητα σε H_2 → μεγάλα ποσά υγρασίας από την καύση.
- Θ.Δ.: $33,5 \div 40 \text{ MJ/m}^3$ (εξαρτάται από τη σύνθεση).
- Ειδικό βάρος: 0,63 ως προς τον αέρα.
- Σύνθεση: μίγμα των πιο πτητικών παραφινών (μεθάνιο έως πεντάνιο).



Υγροποιημένο φυσικό αέριο και αέριο πετρελαίου

- Για διατήρηση του αερίου σε υγρή κατάσταση απαιτούνται κρυογενικές θερμοκρασίες σε μέσες πιέσεις (π.χ. -100°C σε 36 bar).
- 1 m^3 υγρού ισοδύναμο με 600 m^3 αερίου σε Κ.Σ. (LNG).



Liquefied petroleum gas (LPG)

- Υδρογονάνθρακες (προπάνιο, προπυλένιο, βουτάνιο, βουτυλένιο, ισοβουτάνιο) που υγροποιούνται σε μέσες πιέσεις και κανονικές θερμοκρασίες αλλά ατμοποιούνται σε συνήθεις ατμοσφαιρικές συνθήκες.
- Από διαχωρισμό των βαρύτερων συστατικών του Φ.Α. ή από αέρια διύλισης.
- Χρησιμοποιείται συνήθως σαν συμπλήρωμα του Φ.Σ. σε περιόδους αιχμής.



Εκπομπές καυσαερίων και τέφρας (1/3)

- *Κύριες πηγές μόλυνσης.*
- Συμβατικοί ΑΗΣ.
- Βιομηχανικοί θερμικοί σταθμοί.
- Κεντρικές θερμάνσεις.
- ΜΕΚ.
- Εκπομπές: CO_2 , H_2O , τέφρα, ενώσεις θείου, αζώτου ...



Εκπομπές καυσαερίων και τέφρας (2/3)

- **Τέφρα:** ηλεκτροστατικά φίλτρα.
- **SO₂:** $S \rightarrow SO_2$ (95-98%) και SO₃
- $SO_2 \rightarrow SO_3 \rightarrow H_2SO_4$
- Αναπνοή – φυτά – δέντρα.
- Συστήματα πλύσης καυσαερίων.



Εκπομπές καυσαερίων και τέφρας (3/3)

- **NOx:** Επιπτώσεις σε ανθρώπους και φυτά.
- Θερμικά Nox (από αέρα).
- Από καύσιμα.

Μείωση:

- μείωση λόγου αέρα.
- ανακυκλοφορία θερμών καυσαερίων.
- πολυβάθμια καύση.



Εκπομπές CO₂ ανά kWh για διάφορες τεχνολογίες παραγωγής ισχύος

	Θερμική απόδοση	CO ₂ (kg/kWh)
• Συμβατική καύση άνθρακα	37	0.9
• Σύγχρονη καύση άνθρακα	45	0.7
• Συνδυασμένος κύκλος CCGT	48	0.38
• Συμπαγωγή Θ-Η με CCGT(40/40)	80	0.26



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

- Εικόνα 1:

Παγκόσμια κοιτάσματα άνθρακα: <http://www.pegase-international.com/main/products/coal/index.html>



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Χατζηαθανασίου Βασίλειος, Καδή Στυλιανή. «ΣΤΑΘΜΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ. Καύσιμα». Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: http://opencourses.auth.gr/eclass_courses.



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά - Μη Εμπορική Χρήση - Όχι Παράγωγα Έργα 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».



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

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

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





Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: Σβάρνα Κωνσταντίνα
Θεσσαλονίκη, Χειμερινό εξάμηνο 2014-2015



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Χατζηαθανασίου Βασίλειος, Καδή Στυλιανή. «ΣΤΑΘΜΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ. Υδροηλεκτρικοί σταθμοί». Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://eclass.auth.gr/courses/OCRS427/>.



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά - Μη Εμπορική Χρήση - Όχι Παράγωγα Έργα 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».



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

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

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

