

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ & ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

ΠΜΣ "Χωρική Ανάλυση και Διαχείριση Περιβάλλοντος"

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΒΟΛΟΣ, ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2011

ΜΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΟΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΙ ΠΟΡΟΙ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ



Τσιραντωνάκης Νικόλαος
Πολιτικός Μηχανικός

Υπ. Καθηγήτρια: Όλγα Χριστοπούλου

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΜΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΟΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΙ ΠΟΡΟΙ
ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ**

ΒΟΛΟΣ, ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2011

Όνομα φοιτητή: ΤΣΙΡΑΝΤΩΝΑΚΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

Υπεύθυνη Καθηγήτρια: Όλγα Χριστοπούλου

**Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής: Όλγα Χριστοπούλου
Χάρης Κοκκώσης
Ηλίας Μπεριάτος**

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία αποτελεί τη Διπλωματική μου Εργασία στα πλαίσια της φοίτησής μου στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών «Χωρική Ανάλυση και Διαχείριση Περιβάλλοντος» του τμήματος Μηχανικών Χωροταξίας της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την κυρία Όλγα Χριστοπούλου, υπεύθυνη καθηγήτρια της διπλωματικής μου, τόσο για την ανάθεση του θέματος όσο και για τις πολύτιμες συμβουλές της, τους καθηγητές Χάρη Κοκκώση και Ηλία Μπεριάτο, μέλη της εξεταστικής επιτροπής και γενικά όλους όσους με την βοήθειά, την υποστήριξη, τις ιδέες και τις συμβουλές τους βοήθησαν στην εξέλιξη της εργασίας .

Θα ήθελα, τέλος, να ευχαριστήσω τους γονείς μου για την πολύτιμη υλική, ηθική και πνευματική στήριξη τους.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε με σκοπό την περιγραφή της υφιστάμενης κατάστασης των μη ανανεώσιμων ενεργειακών πόρων και της προοπτικής διατήρησής τους. Στις μέρες μας η συντριπτική πλειοψηφία των ενεργειακών αναγκών της ανθρωπότητας καλύπτονται από τα συμβατικά μη ανανεώσιμα ορυκτά καύσιμα. Δημιουργείται ένα μείζον ενεργειακό πρόβλημα λόγω του ότι πολλά σύγχρονα κράτη εξαρτώνται ενεργειακά από το εξωτερικό και, επίσης, οι ενεργειακές τους ανάγκες ολοένα και μεγαλώνουν ενώ, στον αντίποδα, τα συμβατικά καύσιμα είναι ως ποσότητα πεπερασμένα και η εξάντλησή τους είναι αναπόφευκτη. Όλα αυτά καθιστούν πολύ σημαντική την καταγραφή της υπάρχουσας κατάστασης των αποθεμάτων των ορυκτών καυσίμων. Το πότε θα συμβεί η πολυσυζητημένη εξάντληση είναι άγνωστο αφού εξαρτάται από παράγοντες όπως η εξέλιξη της τεχνολογίας, η ανακάλυψη νέων κοιτασμάτων, οι γεωπολιτικές εξελίξεις και η εξέλιξη της τιμής του πετρελαίου (κατά κύριο λόγο) και των υπολοίπων ορυκτών καυσίμων. Η ανθρωπότητα καλείται να αντιμετωπίσει αυτή την κατάσταση βραχυπρόθεσμα με την μείωση της χρήσης του άνθρακα και μακροπρόθεσμα με την χρήση υποκατάστατων των ορυκτών καυσίμων όπως τα βιοκαύσιμα και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

ABSTRACT

This diploma thesis has been worked out to explore the current state of non-renewable energy resources and their conservation perspective. Nowadays, the vast majority of humanity's energy needs is covered by the conventional non-renewable fossil fuels. Clearly there is a major energy problem because many modern states are energy-dependent to abroad, and also their energy needs are growing continuously, whereas conventional fuels are finite in quantity thus exhaustion is inevitable. All this makes it very important to record the current status of stocks of fossil fuels. When the depletion will eventually occur is unknown since this depends on factors such as improvement of technology, the discovery of new reserves, geopolitical changes and oil price swings (which changes other fossil fuels' prices). Humanity should face this situation in short term by reducing the use of coal whereas in long term by using alternative such as biofuels or renewable energy.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	i
ABSTRACT	ii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	1
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΜΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΟΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΙ ΠΟΡΟΙ:	
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ – ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	8
1.1 Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ	8
1.1.1 Μονάδες Ενέργειας.....	8
1.1.2 Μορφές Ενέργειας.....	9
1.2 ΟΡΥΚΤΑ ΚΑΥΣΙΜΑ	12
1.2.1 Το Αργό Πετρέλαιο	16
1.2.2 Το Φυσικό Αέριο.....	17
1.2.3 Ο Γαιάνθρακας.....	18
1.2.4 Η πυρηνική Ενέργεια	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	24
2.1 ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑ ΕΩΣ ΤΟ 18^ο ΑΙΩΝΑ	24
2.2 ΤΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ ΤΟΝ 19^ο ΑΙΩΝΑ ΕΩΣ ΤΗΝ ΚΡΙΣΗ ΤΟΥ 1973	25
2.3 ΙΔΡΥΣΗ ΤΟΥ ΟΠΕΚ	29
2.4 Η ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΡΙΣΗ	31
2.5 Η ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΡΙΣΗ	35

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΗΜΕΡΑ

ΟΡΥΚΤΑ ΚΑΥΣΙΜΑ – ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	39
3.1 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ	39
3.1.1 Παγκόσμια Αποδεδειγμένα Αποθέματα Πετρελαίου	40
3.1.2 Παραγωγή (Άντληση) Πετρελαίου	42
3.1.3 Σύγκριση Άντλησης - Αποθεμάτων Πετρελαίου	43
3.2 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ	46
3.2.1 Παγκόσμια Αποδεδειγμένα Αποθέματα Φυσικού Αερίου	46
3.2.2 Παραγωγή (Άντληση) Φυσικού Αερίου	49
3.2.3 Σύγκριση Κατανάλωσης - Αποθεμάτων Φυσικού Αερίου	50
3.3 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΝΘΡΑΚΑ	52
3.3.1 Παγκόσμια Αποδεδειγμένα Αποθέματα Άνθρακα	54
3.3.2 Παραγωγή (Εξόρυξη) Άνθρακα	55
3.3.3 Σύγκριση Κατανάλωσης - Αποθεμάτων Άνθρακα	56
3.4 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΥΡΗΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	59
3.4.1 Παγκόσμια Αποδεδειγμένα Αποθέματα Ουρανίου	60
3.4.2 Εξέλιξη χρήσης πυρηνικής ενέργειας στον κόσμο	60
3.5 ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	63

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ..... 65

4.1 ΠΟΙΟ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ	65
4.1.1 Εξάντληση Καυσίμων	67
4.1.2 Εξάρτηση Κρατών από το Εξωτερικό	68
4.1.3 Επιπτώσεις στο Περιβάλλον	70
4.2 ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ	76
4.2.1 Τεχνολογική πρόοδος	76
4.2.2 Ύπαρξη Υποκατάστατου	78
4.2.3 Μέτρα Ενεργειακής Πολιτικής	81
4.2.3.1 Προσαρμογή της λειτουργίας της αγοράς ενέργειας.....	82
4.2.3.2 Φόροι κατανάλωσης	83
4.2.3.3 Εθνική οικονομική ασφάλεια	85

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΡΟΟΠΤΙΚΗ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	88
5.1 Η ΠΡΩΤΗ ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΟ 1950	88
5.2 ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ ΧΡΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	90
5.2.1 Εξέλιξη Πληθυσμού - ΑΕΠ	90
5.2.2 Εξέλιξη Χρήσης Συμβατικών Καυσίμων	91
5.2.3 Εξέλιξη Εκπομπών Διοξειδίου του Άνθρακα	97
5.2.4 Εξέλιξη Τιμών Πετρελαίου	98
5.3 ΣΥΝΟΠΤΙΚΕΣ ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ	99
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	100
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	103

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία με τίτλο “Μη ανανεώσιμοι Ενεργειακοί Πόροι: Υφιστάμενη κατάσταση και προοπτικές διατήρησής τους” γίνεται στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών “Χωρική Ανάλυση και Διαχείριση Περιβάλλοντος”.

Το βασικό ερώτημα στο οποίο θα επιχειρηθεί να δοθεί απάντηση μέσω της εργασίας είναι σε ποιο σημείο βρισκόμαστε όσον αφορά τη χρήση μη ανανεώσιμων φυσικών πόρων ενέργειας, κατά πόσο είναι βιώσιμη η χρήση τους και ποιες είναι οι προοπτικές διατήρησής τους στο μέλλον.

Χρησιμότητα

Στις μέρες μας η συντριπτική πλειοψηφία των ενεργειακών αναγκών της ανθρωπότητας καλύπτονται από τα συμβατικά μη ανανεώσιμα ορυκτά καύσιμα. Η ενέργεια είναι πολύ σημαντική για την πρόοδο και την ανάπτυξη των σύγχρονων κρατών.

Πολλοί επιστήμονες έχουν προειδοποιήσει ότι διαφαίνεται στον ορίζοντα ένα μείζον ενεργειακό πρόβλημα λόγω του ότι οι ενεργειακές ανάγκες των σύγχρονων κρατών ολοένα και μεγαλώνουν ενώ, στον αντίποδα, τα συμβατικά καύσιμα είναι ως ποσότητα πεπερασμένα και η εξάντλησή τους αναπόφευκτη.

Όλα αυτά καθιστούν πολύ σημαντική την καταγραφή των υπάρχοντων αποθεμάτων των ορυκτών καυσίμων και μια πιο ορθολογική χρήση αυτών για να υπάρξει προοπτική διατήρησής τους.

Αντικείμενο

Η εργασία θα αφορά τα αποθέματα μη ανανεώσιμων φυσικών πόρων. Οι μη ανανεώσιμοι ενεργειακοί πόροι είναι:

Τα ορυκτά καύσιμα:

- πετρέλαιο,
- λιγνίτης- γαιάνθρακας,
- φυσικό αέριο

Τα πυρηνικά καύσιμα (κυρίως ουράνιο)

Η υφιστάμενη κατάσταση των μη ανανεώσιμων φυσικών πόρων έχει να κάνει με την εξάντληση των αποθεμάτων τους η οποία μοιραία θα συμβεί κάποια στιγμή στο μέλλον, ειδικά αν συνεχίσουμε να τους χρησιμοποιούμε με τον σημερινό ρυθμό. Επίσης, σημαντικό στοιχείο είναι ότι πολλά σύγχρονα κράτη είναι ενεργειακά εξαρτημένα από το εξωτερικό, κάτι που τους δημιουργεί αρκετούς κινδύνους.

Στον τομέα της ενέργειας σημαντική είναι η χρήση της από τον άνθρωπο και το πώς αυτή η χρήση να πρέπει να προσαρμοστεί στα σύγχρονα δεδομένα. Για το ορατό μέλλον φαίνεται ότι η ηλεκτρική ενέργεια θα κυριαρχεί ως μορφή ενέργειας για τελική χρήση, αν και θα πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο στις απαιτήσεις για ενέργεια υψηλής ποιότητας (π.χ. λειτουργία υπολογιστών) και όχι ως ενέργεια χαμηλής ποιότητας (θέρμανση χώρων). Αυτό γιατί μεγάλο μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας παράγεται από συμβατικά ορυκτά καύσιμα και μάλιστα για να παραχθεί γίνεται τεράστια σπατάλη ενέργειας λόγω ενεργειακών απωλειών κατά τη διαδικασία παραγωγής αλλά και στη μεταφορά. Άρα η ενεργειακή συμπεριφορά και οι συνήθειες των ανθρώπων μπορούν να καθορίσουν το ρυθμό εξάντλησης των συμβατικών καυσίμων.

Επίσης, η υφιστάμενη κατάσταση αφορά τις επιπτώσεις στο περιβάλλον από τη χρήση των ορυκτών και πυρηνικών καυσίμων.

Μία ακόμη πτυχή της υφιστάμενης κατάστασης των μη ανανεώσιμων ενεργειακών πόρων είναι και η πολιτική. Οι σχέσεις μεταξύ των κρατών επηρεάζονται από τις μεταξύ τους ενεργειακές συμφωνίες μέσω της διπλωματίας, ενώ ακόμα υπάρχουν και πολεμικές συγκρούσεις σε όλο τον κόσμο στο παρασκήνιο των διεκδικήσεων των φυσικών πόρων ενέργειας μεταξύ των ανθρώπων.

Οι προοπτικές διατήρησης των μη ανανεώσιμων φυσικών πόρων αφορούν στον τομέα της ενέργειας την ανακάλυψη και χρήση εναλλακτικών πηγών ενέργειας και χρήση νέας τεχνολογίας για οικονομία καυσίμων.

Μεθοδολογία-Πηγές

Για να γίνει καταγραφή των αποθεμάτων των μη ανανεώσιμων φυσικών πόρων και της σημερινής τους χρήσης θα γίνει επισκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας. Θα δοθεί έμφαση στις πιο σύγχρονες καταγραφές και ανακαλύψεις και γι' αυτό θα γίνει χρήση σχετικά πρόσφατων μετρήσεων και στατιστικών δεδομένων. Οι βασικές πηγές που θα χρησιμοποιηθούν είναι επιστημονικά βιβλία, δημοσιεύσεις και διεθνείς στατιστικές μετρήσεις και καταγραφές. Θα επιχειρηθεί και μια σειρά προβλέψεων για την εξέλιξη της χρήσης συμβατικής ενέργειας την επόμενη εικοσαετία.

Δομή

Η βασική δομή της εργασίας θα είναι η εξής:

Στο πρώτο Κεφάλαιο παρατίθενται σημαντικά στοιχεία, έννοιες και ορισμοί που θα πρέπει κανείς να έχει υπόψη του για να ασχοληθεί με το θέμα της εργασίας, δηλαδή τις συμβατικές μορφές ενέργειας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρατίθενται μερικά σημαντικά ιστορικά στοιχεία για την εξέλιξη των συμβατικών μορφών ενέργειας κυρίως, βέβαια, του πετρελαίου, το οποίο είναι το κυριότερο καύσιμο του αιώνα που πέρασε και παραμένει έτσι μέχρι τις μέρες μας. Αυτή η ενότητα είναι σημαντική για να καταλάβει κανείς πως οδηγηθήκαμε στη σημερινή κατάσταση όσον αφορά την ενέργεια. Είναι επίσης σημαντική αφού με βάση την εμπειρία μας μέχρι σήμερα, μπορούμε να προβλέψουμε την εξέλιξη της χρήσης ενέργειας στο μέλλον.

Στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφεται μέσα από στατιστικά στοιχεία, πίνακες και περιγραφικά διαγράμματα η σημερινή παραγωγή και χρήση μη ανανεώσιμων ενεργειακών πόρων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφεται με βάση τα σημερινά στοιχεία τα προβλήματα που προκύπτουν ή αναμένεται να προκύψουν στο ορατό μέλλον από τη χρήση των συμβατικών μορφών ενέργειας σε όλες τους τις πτυχές. Προτείνονται και τρόποι αντιμετώπισης βραχυπρόθεσμα τουλάχιστον του ενεργειακού προβλήματος.

Στο πέμπτο κεφάλαιο επιχειρείται μια σειρά προβλέψεων για την εξέλιξη της χρήσης συμβατικών μορφών ενέργειας την επόμενη εικοσαετία μέσα από στατιστικά στοιχεία, πίνακες και διαγράμματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΜΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΟΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΙ ΠΟΡΟΙ

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ – ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

1.1. Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ

1.1.1 Μονάδες Ενέργειας

Σύμφωνα με τον Ανδρίτσο (2009), ο όρος ενέργεια χρησιμοποιείται για να περιγράψει την ποσότητα του έργου που επιτελείται. Οι συνήθεις μονάδες μέτρησης της ενέργειας είναι οι εξής:

- Joule (J) (προς τιμήν του James Joule):

$$1 \text{ J} = 1 \text{ kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$$

$$1000 \text{ J} = 0,945 \text{ BTU} \quad (1 \text{ BTU}=1055 \text{ J})$$

- Kilowatt/hour (kWh) [κίλοβατώρα]

Χρησιμοποιείται στην ηλεκτρική ενέργεια και αντιπροσωπεύει ενέργεια που καταναλώνεται σε μια ώρα με ονομαστική ισχύ 1 kW.

$$1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ}$$

Ένα MWe αποτελεί ποσότητα ηλεκτρισμού αρκετή για περίπου 2000 άτομα στην Ελλάδα.

- Barrel and TOE (Βαρέλια και Τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου – ΤΙΠ)

Μονάδες της πετρελαιο-βιομηχανίας, αλλά και για σύγκριση διαφορετικών μορφών ενέργειας μεταξύ τους.

$$1 \text{ BBL} = 1700 \text{ kWh} \approx 6 \text{ GJ}^*$$

$$1 \text{ TIP (TOE- ton of oil equivalent)} = (7,2-7,5) \text{ bbl} \approx 42-45 \text{ GJ}$$

$$[1 \text{ BBL}=42 \text{ gallons (USA)}= 158,99 \text{ (L)} \times (\sim 850 \text{ kg}/1000 \text{ L}) \times (\sim 10.500 \text{ kcal}/\text{kg}) \approx 6 \text{ GJ}]$$

1 BBL πετρελαίου απαιτείται για ταξίδι 1400 km με ένα μέσο αυτοκίνητο.

1.1.2 Μορφές Ενέργειας

1. Χημική ενέργεια: Προέρχεται από την αλλαγή της χημικής δομής των ουσιών, όπως συμβαίνει κατά την καύση των καυσίμων.
2. Ηλεκτρική ενέργεια: Πηγάζει από την κίνηση ηλεκτρονίων και πρωτονίων ή βρίσκεται αποθηκευμένη σε ένα συσσωρευτή ή σε στοιχείο καυσίμων.
3. Μηχανική ενέργεια: Προέρχεται από δύναμη που εφαρμόζεται ή πρόκειται να εφαρμοστεί σε υλικό μέσο (στερεό, υγρό, αέριο).
4. Θερμική ενέργεια: Απορρέει από τη θερμότητα που δίνεται ή λαμβάνεται από ένα υλικό.
5. Πυρηνική ενέργεια (πυρηνική σχάση): Προέρχεται από τη σχάση του πυρήνα ενός ατόμου σε δύο ή περισσότερα σωματίδια από την πρόσκρουση με νετρόνια, με επακόλουθο την απελευθέρωση της δύναμης με την οποία είναι συνδεδεμένα τα πρωτόνια και τα νετρόνια του πυρήνα.

(Mather & Chapman, 1995; Hinrichs & Kleinbach 2006)

Άλλοι ερευνητές διακρίνουν την ενέργεια σε:

- κινητική (+θερμική),
- δυναμική,
- ηλεκτρική (+χημική +ηλεκτρομαγνητική + ηλιακή)
- πυρηνική

(Hinrichs and Kleinbach, 2006)

Μερικές έννοιες που χαρακτηρίζουν την ενέργεια σε πολλά επιστημονικά κείμενα είναι οι εξής:

- Κύρια ενέργεια (capital energy): οι ενεργειακοί πόροι που υπάρχουν «αποθηκευμένοι» στη γη
- Πρωτογενής ενέργεια (primary energy): η ενέργεια που προέρχεται κατευθείαν από τον ήλιο ή τη γη (ορυκτά καύσιμα)
- Δευτερογενής ενέργεια (secondary energy): περιλαμβάνει τις μορφές ενέργειας που προκύπτουν από τη μετατροπή πρωτογενούς ενέργειας μέσω χημικών, φυσικών, μηχανικών, θερμικών ή πυρηνικών δράσεων (πχ βενζίνη, ηλεκτρική ισχύς).
- Ανανεώσιμη ενέργεια (renewable energy): ο όρος αναφέρεται στις μορφές δυναμικής ενέργειας, οι οποίες σε σταθερό ρυθμό και σχετικά γρήγορα ανανεώνονται. Η λέξη «γρήγορα» είναι η λέξη κλειδί στο ορισμό. Όπως έχει αναφερθεί προηγουμένως και τα ορυκτά καύσιμα ανανεώνονται, αλλά σε εξαιρετικά μικρό ρυθμό.
- Μη ανανεώσιμη ενέργεια (nonrenewable energy): οποιαδήποτε μορφή δυναμικής ενέργειας που δεν εμπίπτει στον ορισμό της ανανεώσιμης ενέργειας.
- Ενέργεια από τη διεργασία της καύσης (combustion process): Πολλές από τις δυναμικές μορφές ενέργειας θα πρέπει να αξιοποιηθούν μέσω της διεργασίας της καύσης για να μετατρέψουν την αποθηκευμένη ενέργεια σε έργο.

(Ανδρίτσος, 2009; Hinrichs and Kleinbach, 2006)

Στην παρούσα εργασία θα ασχοληθούμε με τις μη ανανεώσιμες μορφές ενέργειας.

Αυτές οι μορφές είναι οι εξής (Ανδρίτσος, 2009 ; Mather and Chapman, 1995) :

Μη ανανεώσιμη Πρωτογενής Ενέργεια:

Ορυκτά: - γαιάνθρακας
 - αργό πετρέλαιο
 - φυσικό αέριο

Πυρηνικά: - ουράνιο, και δευτερευόντως θόριο, δευτέριο, λίθιο, βηρύλλιο

Μη ανανεώσιμη Δευτερογενής Ενέργεια:

Ηλεκτρική: - παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος με διαφόρους τρόπους

Πυρηνική: - τρίτιο
 - πλουτόνιο

Ορυκτά καύσιμα: - κοκ (από γαιάνθρακα)
 - υπόλειμμα
 - αέριο παραγωγής
 - αεριοποίηση γαιάνθρακα
 - μεθανόλη από γαιάνθρακα

Ορυκτά καύσιμα: - βενζίνη, κηροζίνη (από πετρέλαιο)
 - κοκ πετρελαίου
 - πετρέλαιο από πισσούχους σχιστόλιθους
 - πετρέλαιο από ασφαλτούχους άμμους
 - πετρέλαιο κίνησης
 - υγροποιημένο φυσικό αέριο
 - υγροποιημένο αέριο πετρελαίου
 - προπάνιο, βουτάνιο
 - ανακυκλωμένα λιπαντικά

Στη βιβλιογραφία μπορεί να βρει κανείς και άλλους ορισμούς και έννοιες για την ενέργεια.

Τελική ενέργεια (final energy): η ενέργεια όταν διατίθεται στην μορφή που χρησιμοποιείται στην τελική χρήση (βενζίνη στο ντεπόζιτο μαζί με τις πιθανές απώλειες)

Ωφέλιμη/ χρήσιμη ενέργεια (useful energy): η ενέργεια που πράγματι συντελεί στην παραγωγή ενός προϊόντος

Ορυκτά (ή φυσικά ή ανθρακούχα) Καύσιμα (fossil fuels): αργό πετρέλαιο, φυσικό αέριο, γαιάνθρακας

Πυρηνική Ενέργεια (nuclear energy): οι δύο τρόποι με τους οποίους αξιοποιούνται τα ραδιενεργά καύσιμα είναι η σχάση (fission) και η σύντηξη (fusion). Η σύντηξη θεωρείται το μέλλον της πυρηνικής ενέργειας.

Δύο μορφές ενέργειας επικρατούν στις μέρες μας χωρίς να διαφαίνεται κάποια αλλαγή στο ορατό μέλλον:

- Η ηλεκτρική ενέργεια («υψηλής ποιότητας» ενέργεια).

Για το ορατό μέλλον φαίνεται ότι η ηλεκτρική ενέργεια θα κυριαρχεί ως μορφή ενέργειας για τελική χρήση, αν και θα πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο στις απαιτήσεις για ενέργεια υψηλής ποιότητας (π.χ. λειτουργία υπολογιστών) και όχι ως ενέργεια χαμηλής ποιότητας (θέρμανση χώρων).

- Τα υγρά (και αέρια) καύσιμα για τις μεταφορές.

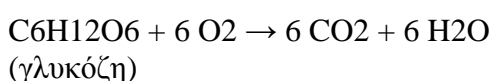
Ο ρόλος των καυσίμων είναι και αυτός παγιωμένος τεχνολογικά, εμπορικά και οικονομικά, ιδιαίτερα λόγω της εξάρτησης των σύγχρονων μεταφορικών μέσων από αυτά. (Ανδρίτσος, 2009; Hinrichs and Kleinbach, 2006)

1.2 ΟΡΥΚΤΑ ΚΑΥΣΙΜΑ

Αφού το μεγαλύτερο μέρος της εργασίας αφορά τα ορυκτά καύσιμα, θα δοθούν κάποιοι βασικοί ορισμοί και χαρακτηριστικά αυτών.

Καύσιμα: ουσίες που όταν καίγονται παράγεται θερμότητα ή έργο

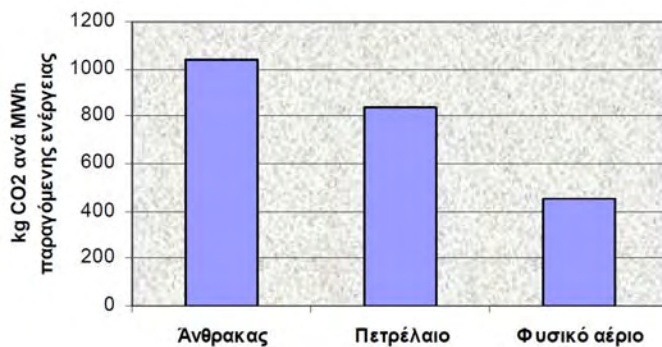
Ορυκτά καύσιμα (fossil fuels): ουσίες που έχουν δημιουργηθεί από οργανισμούς και φυτά που έζησαν πριν από εκατομμύρια χρόνια. Τα κυριότερα συστατικά τους είναι ο C και το H. Έχουν διαφορετική εμφάνιση, αλλά κοινά χαρακτηριστικά Προήλθαν από τη διακοπή της «αερόβιας» διεργασίας της αποσύνθεσης των οργανισμών:



Τυπικές τιμές θερμογόνου δύναμης ορυκτών καυσίμων

Ορυκτό καύσιμο	Θερμογόνος Δύναμη (MJ/kg)
Φυσικό αέριο (μεθάνιο)	56
Αργό Πετρέλαιο	42
Άνθρακας (πισσούχος)	30
Άνθρακας (λιγνίτης)	10

Πίνακας 1.1 : Τυπικές τιμές θερμογόνου δύναμης ορυκτών καυσίμων. (Ανδρίτσος, 2009)

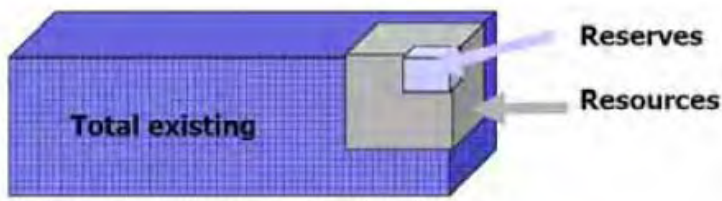
Διάγραμμα 1.1 : Εκπομπές CO₂ (σε kg CO₂ ανά MWh παραγόμενης ενέργειας) από την καύση των ορυκτών καυσίμων. (Ανδρίτσος, 2009)Αποθέματα – πόροι ορυκτών καυσίμων

Αποθέματα καυσίμων (reserves): ποσότητες καυσίμων που έχουν ταυτοποιηθεί ύστερα από εμπειριστατωμένη έρευνα. Χωρίζονται σε:

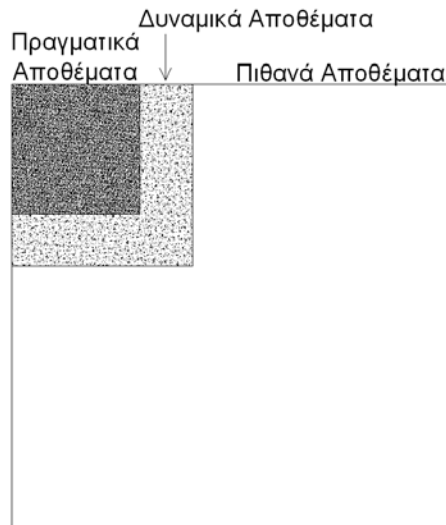
- Δυνατά (possible),
- πιθανά (probable) και
- αποδεδειγμένα ή πραγματικά (proven ή actual).

Ενεργειακοί πόροι (resources): ποσότητες μιας ενεργειακής πηγής που είναι γνωστές ή υποπτευόμαστε ότι υπάρχουν, ανεξάρτητα από το κόστος και το επίπεδο τεχνολογίας που απαιτείται.

{(Ανδρίτσος, 2009) & (Mather & Chapman, 1995) & (Hinrichs & Kleinbach, 2006)}



Σχήμα 1.1 : Αποθέματα μη ανανεώσιμου (ενεργειακού) πόρου. (Ανδρίτσος, 2009)



Σχήμα 1.2 : Αποθέματα μη ανανεώσιμου (ενεργειακού) πόρου. (Mather & Chapman, 1995) & (Hinrichs & Kleinbach, 2006)

		Σύνολο φυσικών πόρων				
		Εντοπισθέντες		Μη ανακαλυφθέντες		
		Αποδεδειγμένα υπαρκτοί		Εικαζόμενοι	Υποθετικοί	Άκρως υποθετικοί
		Μετρηθέντες	Αναμενόμενοι			
Μη οικονομικά εκμεταλ.	Κάτω από το όριο	Αποθέματα				
	Σχεδόν στο όριο					
Οικονομικά εκμεταλλεύσιμα						

Σχήμα 1.3 : Αποθέματα μη ανανεώσιμου (ενεργειακού) πόρου. (Titenberg, 1997)

Σύμφωνα με τον Titemberg (1997) ισχύουν τα εξής όσον αφορά τα αποθέματα ενός (μη ανανεώσιμου) πόρου:

- Εντοπισθέντες πόροι (identified resources): συγκεκριμένα κοιτάσματα ορυκτοφόρου υλικού, η θέση, η ποιότητα και η ποσότητα των οποίων είναι γνωστές από γεωλογικές μελέτες και μετρήσεις.
- Μετρηθέντες πόροι (measured resources): υλικά, για την ποσότητα και ποιότητα των οποίων υπάρχουν εκτιμήσεις που δεν αφίστανται πέρα από 20% της πραγματικής τιμής και που στηρίζονται σε δειγματοληψία περιοχών γνωστής γεωλογικής διαμόρφωσης.
- Αναμενόμενοι πόροι (indicated resources): υλικά, η ποσότητα και η ποιότητα των οποίων έχουν εκτιμηθεί ενμέρει από αναλύσεις δειγμάτων και ενμέρει από την προβολή γνωστών γεωλογικών δεδομένων.
- Εικαζόμενοι πόροι (inferred resources) υλικά που, βασισμένοι σε γεωλογικές προβολές, εκτιμούμε ότι υπάρχουν σε προεκτάσεις εντοπισμένων κοιτασμάτων που δεν έχουν ακόμη ερευνηθεί.
- Μη ανακαλυφθέντες πόροι (undiscovered resources): απροσδιόριστα κοιτάσματα ορυκτοφόρων υλικών, η ύπαρξη των οποίων εικάζεται από τη γενική γνώση της γεωλογίας της περιοχής και τη θεωρία.
- Υποθετικοί πόροι (hypothetical resources): μη ανακαλυφθέντα υλικά που εύλογα αναμένεται να υπάρχουν σε γνωστή περιοχή εξόρυξης με γνωστές γεωλογικές συνθήκες.
- Άκρως υποθετικοί πόροι (speculative resources): μη ανακαλυφθέντα υλικά που ενδέχεται να υπάρχουν είτε σε γνωστούς τύπους κοιτασμάτων σε ευνοϊκές από γεωλογικής πλευράς τοποθεσίες όπου δεν έχουν γίνει συγκεκριμένες ανακαλύψεις, είτε σε άγνωστους ακόμη τύπους κοιτασμάτων.

1.2.1 Το Αργό Πετρέλαιο

Σύμφωνα με τους Camp και Daugherty (1997), το πετρέλαιο σχηματίζεται με τον εξής τρόπο: Καθώς τα φυτά και τα ζώα που ζουν στο νερό πεθαίνουν, παραμένουν στον πυθμένα των ωκεανών, των λιμνών και των βάλτων. Το πετρέλαιο συνήθως χρειάζεται μόνο 1 εκατομμύριο χρόνια για να σχηματιστεί (όταν ο άνθρακας χρειάζεται αρκετά εκατομμύρια χρόνια). Καθώς ασκείται πίεση πάνω στην ύλη το πετρέλαιο σχηματίζεται και πιέζεται σε βραχώδεις ρωγμές ή σε ειδικά πετρώματα που ονομάζονται ταμιευτήρες. Αυτοί οι ταμιευτήρες είναι πορώδεις και επιτρέπουν την είσοδο και παγίδευση του πετρελαίου. (Camp and Daugherty, 1997)

Σύμφωνα με τον Castillon (1993), το πετρέλαιο σχηματίστηκε εκατοντάδες εκατομμύρια χρόνια πριν από τους γαιάνθρακες. Καθώς τα υπολείμματα φυτικών και ζωικών οργανισμών κατακάθονταν στον πυθμένα των θαλασσών, τα πρώτα στρώματα καταπλακώνονταν διαδοχικά από νεότερα στρώματα. Αυτά τα πρώτα στρώματα συμπίεστηκαν με ταυτόχρονη παραγωγή θερμότητας που, σε συνδυασμό με χημική και βακτηριακή δράση, βοήθησε να μετατραπεί η οργανική ύλη σε υδρογονάνθρακες, στην απουσία αέρα. Το πετρέλαιο που σχηματίστηκε, κατά τη διάρκεια χιλιάδων ετών, εγκλωβίστηκε μέσα σε διάφορα γεωλογικά στρώματα από όπου αντλείται σήμερα. (Castillon, 1993)

Τα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται ευρύτατα σήμερα για την ανεύρεση πετρελαίου είναι το βαρυτόμετρο, το μαγνητόμετρο και ο σειсмоγράφος. Το βαρυτόμετρο χρησιμοποιεί την αρχή ότι η βαρυτική έλξη των βράχων που είναι γεμάτοι με πετρέλαιο διαφέρει από τα πετρώματα που δεν περιέχουν καθόλου πετρέλαιο. Το μαγνητόμετρο, μετρά τις διαφορές στο μαγνητικό πεδίο της γης για να ανακαλύψει πετρώματα που περιέχουν πετρέλαιο. Το μηχανήμα αυτό δίνει την δυνατότητα στον γεωφυσικό να εντοπίσει στρώματα πετρωμάτων που μπορεί να περιέχουν πετρέλαιο. Οι σεισμικές μέθοδοι χρησιμοποιούν ηχητικά κύματα από τεχνητές εκρήξεις για να προσδιορίσουν διάφορα στρώματα και σχηματισμούς κάτω από την επιφάνεια της γης. Όταν το πετρέλαιο έρθει στην επιφάνεια αντλείται σε υπερ-δεξαμενόπλοια και μεταφέρεται στα διυλιστήρια. Στο διυλιστήριο του πετρελαίου, το αργό πετρέλαιο

διυλίζεται σε διάφορα προϊόντα. Μπορεί να είναι καύσιμα, λιπαντικά ή πετροχημικά. Τα καύσιμα περιλαμβάνουν την κηροζίνη, καύσιμο diesel, βενζίνη, καύσιμο αεριοθούμενων, πετρέλαιο θέρμανσης και καθαρό πετρέλαιο. Τα λιπαντικά είναι το γράσο, η άσφαλτος για δρόμους, τα συνθετικά λιπαντικά και ιατρικά λάδια. Τα πετροχημικά περιλαμβάνουν αλκόολες, αμμωνία, μελάνια, βαφές, πλαστικά, συνθετικά, ελαστικά και προσθετικά τροφίμων. (*Camp and Daugherty, 1997; Camp and Daugherty, 1997*)

1.2.2 Το Φυσικό Αέριο

Το φυσικό αέριο είναι ένα μείγμα αερίων υδρογονανθράκων που αποτελείται κυρίως από μεθάνιο και σε μικρότερες ποσότητες αιθάνιο, προπάνιο και βουτάνιο. Συνήθως βρίσκεται σε μεγάλα βάθη και σε υπόγειες κοιλότητες.

Σχεδόν πάντα συνδυάζεται με την ύπαρξη πετρελαίου, πάνω από το οποίο υπάρχει το φυσικό αέριο, όντας πιο ελαφρύ. Δημιουργήθηκε, είτε από θαλάσσιους οργανισμούς (όπως το πετρέλαιο) είτε από φυτική πρώτη ύλη. Τα παγκόσμια αποθέματα φυσικού αερίου συγκρινόμενα με αυτά του πετρελαίου είναι σχετικά καλύτερα κατανομημένα. Η Ρωσία διαθέτει τα περισσότερα αποθέματα φυσικού αερίου και η Μέση Ανατολή καταλαμβάνει τη δεύτερη θέση. Σημαντικές ποσότητες φυσικού αερίου υπάρχουν επίσης στην Αμερική, την Αφρική και την Ευρώπη. (*Castillon, 1993*)

Σύμφωνα με τους Camp και Daugherty (1997), το αέριο όταν λαμβάνεται από μια πετρελαιοπηγή πρέπει να καθαριστεί σε μια μονάδα απόσταξης. Αυτή η μονάδα αφαιρεί τις ακαθαρσίες όπως νερό, θείο και σκόνη. Στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας αφαιρούνται από το αέριο το βουτάνιο, προπάνιο και βενζίνη. Το τελικό αέριο μπαίνει μέσα σε ειδικούς αγωγούς μεταφοράς όπου και συμπιέζεται. Διοχετεύεται μέσα από τον αγωγό σε περίπου 15 μίλια την ώρα. Όταν φτάσει σε μια πόλη, οι γραμμές διανομής την μεταφέρουν στους καταναλωτές. Οι καταναλωτές παίρνουν το αέριο από ειδικές γραμμές εξυπηρέτησης οι οποίες συνδέονται με τον κεντρικό

αγωγό. Οι Ηνωμένες Πολιτείες έχουν περίπου 1 εκατομμύριο μίλια γραμμών φυσικού αερίου σε λειτουργία. (*Camp and Daugherty, 1997*)

Το αέριο μπορεί επίσης να αποθηκευτεί σε υγρή κατάσταση. Όταν η θερμοκρασία του αερίου είναι μικρότερη των -260 βαθμούς F (ή -168 βαθμούς Κελσίου) μετατρέπεται σε υγρό. Αυτό είναι το καύσιμο LNG ή υγρό φυσικό αέριο. Καταλαμβάνει πολύ λιγότερο χώρο (μέχρι 600 φορές λιγότερο) και συνεπώς είναι ένας καλός τρόπος για να μεταφέρουμε το αέριο δια θαλάσσης σε υπερατλαντικά ταξίδια. Αλλά, αν αυξήσουμε την θερμοκρασία το LNG μετατρέπεται και πάλι σε αέριο. (*Camp and Daugherty, 1997; Chiras and Reganold, 2010*)

1.2.3 Ο Γαιάνθρακας

Σύμφωνα με τους Camp και Daugherty, ο γαιάνθρακας είναι πέτρωμα που αναπτύχθηκε από φυτά που πέθαναν μεταξύ ενός και 400 εκατομμυρίων χρόνων πριν. Το μεγαλύτερο μέρος του άνθρακα σχηματίστηκε σε βαλτώδεις περιοχές.

Η εξαιρετικά υψηλή πίεση στην γη προκάλεσε την συμπύκνωση της ύλης του άνθρακα και συνεπώς σχημάτισε τον γαιάνθρακα. Ο γαιάνθρακας αξιολογείται και ταξινομείται άλογα με τη ποσότητα άνθρακα που περιέχει. Ο γαιάνθρακας που έχει λιγότερο άνθρακα και είναι το πρώτο στάδιο για τον σχηματισμό άνθρακα είναι ο λιγνίτης. Ο λιγνίτης περιέχει ποσοστό περίπου ένα τρίτο άνθρακα και σχηματίζεται από αποθέσεις τύρφης. Καθώς το πέτρωμα και το έδαφος πάνω από το λιγνίτη αυξάνουν, οι υψηλές πιέσεις αναγκάζουν το γαιάνθρακα να γίνει πιο σκληρός. Ο πιο σκληρός και ο πιο παλιός γαιάνθρακας είναι ο ανθρακίτης ο οποίος περιέχει πάνω από 90% άνθρακα. (*Castillon, 1992 ; Chiras and Reganold, 2010*)

Το μεγαλύτερο μέρος του άνθρακα σχηματίστηκε πριν από 300 εκατομμύρια χρόνια στην διάρκεια μιας περιόδου που ονομαζόταν λιθανθρακοφόρος περίοδος. Το μεγαλύτερο μέρος της φυτικής ζωής αυτής της περιόδου αποτελούνταν από ψηλές φτέρες που αναπτυσσόταν σε βαλτώδεις περιοχές. Χρειάζονται πάνω από 7 μέτρα φυτικού υλικού για να δημιουργήσουν μια φλέβα πάχους ενός μέτρου άνθρακα.

(*Camp and Daugherty, 1997; Chiras and Reganold, 2010*)

Ο άνθρακας εξορύσσεται από 2 είδη ορυχείων: τα επιφανειακά και τα υπόγεια. Η επιφανειακή εξόρυξη του άνθρακα απαιτεί βαριά μηχανήματα για να αφαιρούνετα επιφανειακά στρώματα ή το επιφανειακόέδαφος απο την φλέβα του άνθρακα. Το έδαφος τοποθετείται σε μεγάλους σωρούς που μπορεί να δημιουργήσουν τεράστια περιβαλλοντικά προβλήματα. Τα τελευταία χρόνια, οι επιφανειακές εξορύξεις παρέμειναν στην ίδια κατάσταση όπως την τελευταία μέρα που εξορύχθηκε το κάρβουνο. Τεράστιοι όγκοι εδάφους έμειναν πίσω για να επιτίνουν την διάβρωση και την απόπλυση. (*Camp and Daugherty, 1997*)

Αντίστοιχα με τα προηγούμενα, σύμφωνα με τους *Dell & Rand (2004)* η χειρότερη ποιότητα γαιάνθρακα είναι η τύρφη, η οποία έχει σχετικά χαμηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα και υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία. Με την αλληλεπίδραση της θερμότητας και της πίεσης, η τύρφη σταδιακά μετατρέπεται σε άνθρακα. Ο Άνθρακας δεν είναι ένα μοναδικό μίγμα όπως το φυσικό αέριο, αλλά υπάρχει σε πολλές διαφορετικές ποιότητες. Ανάλογα με τον βαθμό περιεκτικότητας σε άνθρακα, υδρογόνο και οξυγόνο οι γαιάνθρακες διακρίνονται σε λιγνίτη, μαλακό πισσούχο άνθρακα και ανθρακίτης. Κάθε τύπος άνθρακα είναι κατάλληλος για διαφορετικές εφαρμογές. Η ποιότητα του άνθρακα καθορίζεται από τη θερμιδική του αξία (θερμογόνο ικανότητα), την υγρασία, το περιεχόμενο σε πτητικές ενώσεις υδρογονανθράκων, περιεκτικότητα σε τέφρα και, δεδομένου ότι παρουσιάζει ανησυχίες για την επίδραση των εκπομπών του στο περιβάλλον, την περιεκτικότητα σε θείο. Ο άνθρακας είναι μακράν το πιο άφθονο από τα συμβατικά ορυκτά καύσιμα, με αποδεδειγμένα οικονομικά ανακτήσιμα αποθέματα κοντά στο 1012 t σε όλο τον κόσμο. Περίπου το ένα τέταρτο αυτού του είναι στις ΗΠΑ, με μεγάλα αποθέματα και στην πρώην Σοβιετική Ένωση, η Λαϊκή Δημοκρατία της Κίνας και την Ινδία. (*Dell & Rand, 2004*)

Η θερμότητα από την καύση γαιανθράκων χρησιμοποιείται στις μέρες μας κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Παρόλο που η συγκεκριμένη διεργασία χαρακτηρίζεται από χαμηλή απόδοση, σήμερα οι γαιάνθρακες χρησιμοποιούνται ευρέως στην ηλεκτροπαραγωγή σε παγκόσμια κλίμακα εφόσον πρόκειται για μια αρκετά φθηνή πηγή ενέργειας. (*Hinrichs and Kleinbach, 2006*)

1.2.4 Η πυρηνική Ενέργεια

Στο βιβλίο τους οι Camp και Daugherty (1997) περιγράφουν την ανακάλυψη της πυρηνικής ενέργειας. Το 1896, ο Henri Becquerel, ένας επιστήμονας που εργαζόταν με την φωτογραφική πλάκα, ανακάλυψε ότι οι πλάκες επηρεάζονταν από το ράδιο ακόμα και αν ήταν καλυμμένες. Αργότερα, ανακάλυψε ότι η έκθεση στις πλάκες οφειλόταν στην ακτινοβολία που εξέπεμπε το άτομο του ραδίου και από εκεί βγήκε και ο όρος *ραδιενέργεια*. Το ράδιο εκπέμπει θετικά φορτισμένες ακτίνες α , αρνητικά φορτισμένες ακτίνες β και ουδέτερες ακτίνες X . (Camp and Daugherty, 1997; Chiras and Reganold, 2010)

Όταν οι ακτίνες αλληλεπιδρούν με άλλα συστατικά τότε, διασπούν τον πυρήνα του ατόμου. Αυτή η διάσπαση ονομάζεται *σχάση*. Στην διάρκεια της διαδικασίας της σχάσης εκπέμπεται θερμότητα η οποία είναι απαραίτητο συστατικό σε μια εγκατάσταση πυρηνικής ενέργειας. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό της ραδιενεργούς ύλης είναι ότι μόλις ξεκινήσει η σχάση μπορεί να συνεχίσει μόνη της. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται *αλυσιδωτή αντίδραση*. Ο πυρήνας του ατόμου του ουρανίου περιέχει 146 νετρόνια. Αποτελεί μια πολύ ασταθή κατάσταση και αναγκάζει το ουράνιο σε αποσύνθεση. Η αποσύνθεση διασπά το ουράνιο σε δυο διαφορετικά στοιχεία το κρυπτόνιο με 47 νετρόνια και το βάριο με 48 νετρόνια. (Camp and Daugherty, 1997; Chiras and Reganold, 2010)

Ο πυρηνικός αντιδραστήρας χρησιμοποιεί ένα μείγμα ουρανίου 235 και ουρανίου 238 με την μορφή σφαιριδίων ως πηγή καυσίμου. Αυτό αποτελεί τον πυρήνα του αντιδραστήρα. Για να σταματήσει την αντίδραση, ο αντιδραστήρας χρησιμοποιεί *ράβδους καδμίου* για να απορροφήσει τα νετρόνια. Οι *ράβδοι* τοποθετούνται ή αποσύρονται από τον πυρήνα. Καθώς η αντίδραση προοδεύει παράγεται θερμότητα.

Το νερό στους σωλήνες που περιβάλλει τον πυρήνα μετατρέπεται σε ατμό το οποίο διοχετεύεται μέσω των τουρμπίνων για να ξεκινήσουν οι ηλεκτρικές γεννήτριες. Ένα

βοηθητικό σύστημα ψύξης με νερό είναι διαθέσιμο για να διατηρεί τον πυρήνα σε περίπου 1000 ο F (538 ο C). (*Camp and Daugherty, 1997*)

Με άλλα λόγια ένα πυρηνικό εργοστάσιο λειτουργεί ακριβώς όπως λειτουργεί ένα εργοστάσιο άνθρακα. Με τη διαφορά ότι η θερμότητα προκύπτει από πυρηνική σχάση.

Οι Dell και Rand γράφουν στο βιβλίο τους ότι η απελευθέρωση και αξιοποίηση των τεράστιων ενεργειακών που είναι κλειδωμένες στον πυρήνα του ατόμου ήταν ένα από τα μεγαλύτερα επιστημονικά επιτεύγματα του 20ου αιώνα. Τώρα, στις αρχές του 21ου αιώνα, μια συζήτηση εξακολουθεί να μαίνεται για το κατά πόσον η πυρηνική ενέργεια πρέπει να θεωρηθεί ως «καθαρή ενέργεια» ή περιβαλλοντικά επικίνδυνη. Οι υποστηρικτές της πυρηνικής ενέργειας υποστηρίζουν ότι ένας πυρηνικός αντιδραστήρας δεν εκπέμπει κανένα αέριο ρύπο, δεν συμβάλει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και είναι πλήρως απομονωμένος και μακριά από τα μέρη που συγκεντρώνονται άνθρωποι. Επίσης, τα αποθέματα του ουρανίου είναι τέτοιες που η πυρηνική ενέργεια μπορεί να θεωρηθεί ως «βιώσιμη», αντίθετα με τα ορυκτά καύσιμα. Το δύσκολο σημείο για τα ραδιενεργά προϊόντα σχάσης είναι το γεγονός ότι αναπόφευκτα σχηματίζονται στο εσωτερικό του αντιδραστήρα ενώσεις που πρέπει να διατίθενται με ασφάλεια. Επίσης, το 1979 η σχεδόν καταστροφή στο Three Mile Island που αποσοβήθηκε οριακά στις ΗΠΑ, η τραγωδία του 1986 του Τσερνομπίλ στην Ουκρανία και το πρόσφατο ατύχημα στη Φουκισίμα στην Ιαπωνία κατέδειξαν το πολύ πραγματικό κίνδυνο της μείζονος ατυχήματος στον αντιδραστήρα. Επιπλέον, υπάρχει πάντα η πιθανότητα ότι τα πυρηνικά υλικά, θα εκτρέπονται προς χώρες ή τρομοκρατικές οργανώσεις με σκοπό την κατασκευή πυρηνικών όπλων. (*Dell and Rand, 2004*)

Σύμφωνα με τους Chiras και Reganold (2010), στη διάρκεια της δεκαετίας του 50 ήταν διάχυτη η αισιοδοξία ότι η πυρηνική αποτελούσε τη νέα πηγή ενέργειας που θα κάλυπτε τις παγκόσμιες ενεργειακές ανάγκες με πολύ χαμηλό κόστος. Μάλιστα ο πρόεδρος της Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας των ΗΠΑ Λιούις Στράους έμεινε στην ιστορία για τη λανθασμένη του πρόβλεψη ότι «...στο μέλλον η πυρηνική ενέργεια θα είναι τόσο φθηνή, που δεν θα κάνουμε τον κόπο να την κοστολογούμε.».

Σήμερα, παρόλο που η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από πυρηνική ενέργεια παρουσιάζει ορισμένα σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τη χρήση συμβατικών καυσίμων, όπως είναι οι μηδενικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, η μεγάλη σταθερότητα εφοδιασμού, η ανεξάρτηση από τα συμβατικά καύσιμα και το χαμηλότερο κόστος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, δεν έχει γίνει ακόμα αποδεκτή ως μια ασφαλής ως πηγή ενέργειας. Επίσης, η πυρηνική ενέργεια είναι ακόμα ακριβή, παρόλη την αρχική αισιοδοξία. (*Chiras and Reganold, 2010*)

Κυριότερα μειονεκτήματα της πυρηνικής ενέργειας είναι η ανάγκη διαχείρισης των πυρηνικών αποβλήτων. Το 1982 στις ΗΠΑ το Κογκρέσο πέρασε ένα νομοσχέδιο που επέτρεπε τον υπόγειο ενταφιασμό των πυρηνικών αποβλήτων. Στη Νεβάδα και συγκεκριμένα στα βουνά «Yucca», βορειοδυτικά του Las Vegas, ανάμεσα σε δύο γνωστά σεισμικά ρήγματα! Μετά από 8 χρόνια, το 1990, εν μέσω έντονων αντιδράσεων, το σχέδιο εγκαταλείφθηκε. Αυτό δείχνει πόσο δύσκολο είναι για τις αρχές να βρουν ένα τρόπο διαχείρισης αυτών των επικίνδυνων αποβλήτων. (*Castello, 1993*)



Εικόνα 1.1: Εξόρυξη γαιάνθρακα

(Πηγή: *BP statistical_review_of_world_energy_full_report_2011*)

Εικόνα 1.2 : Ορυκτός άνθρακας. (πηγή: <http://el.wikipedia.org/wiki/>)



Εικόνα 1.2 : Εργοστάσια παραγωγής πυρηνικής ενέργειας στον κόσμο.

(πηγή: <http://lnicc.files.wordpress.com/2011/03/xpe.jpg>)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

2.1 ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑ ΕΩΣ ΤΟ 18^ο ΑΙΩΝΑ

Η ιστορική αναδρομή της χρήσης της ενέργειας ξεκινά από τα αρχαία χρόνια. Η κατασκευή σπιτιών, σε πολλές περιπτώσεις (Αρχαία Ελλάδα, Ρώμη), συνεπαγόταν τη χρήση της ηλιακής ενέργειας (παθητικά ηλιακά συστήματα). Οι νερόμυλοι και οι ανεμόμυλοι έπαιξαν κάποιο, μικρό σχετικά, ρόλο στη χρήση ενέργειας. Η παλαιότερη αναφορά ανεμόμυλων σε χρήση είναι από την Ινδία και την Περσία, περίπου πριν από 2300 χρόνια. Αναφορές στους νερόμυλους από Έλληνες και Ρωμαίους γίνονται κατά τον 2ο π.Χ. αιώνα, ενώ κατά την ίδια εποχή οι Ρωμαίοι και οι Κινέζοι θερμαίνονταν με γεωθερμικά νερά.

Το 1400 μ.Χ. οι Ολλανδοί χρησιμοποιούσαν τη ξυλεία για να ανεβάσουν την θερμοκρασία στα χυτήρια σιδήρου στους 1600°C. Η ξυλεία, ο άνεμος και το νερό, δηλαδή ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, κυριαρχούσαν στην αγορά ενέργειας του Δυτικού Πολιτισμού μέχρι τον 16ο μ.Χ. αιώνα. (*Ανδρίτσος, 2009*)

Από τα τέλη του 1600 ο γαιάνθρακας είχε γίνει η κοινότερη καύσιμη ύλη στην Αγγλία. Τότε τα ορυχεία πλημμύρισαν και απαιτούνταν κατάλληλες συσκευές για την άντληση του νερού. Έτσι, το 1696 αναπτύχθηκε η πρώτη ατμομηχανή (σε ατμοσφαιρική πίεση) από τον Thomas Savery για να κάνει αυτή τη δουλειά, ανοίγοντας με αυτό το τρόπο το δρόμο στη βιομηχανική επανάσταση, η οποία βέβαια βασίστηκε αρχικά στα κοιτάσματα άνθρακα και αργότερα στο πετρέλαιο.

Η βιομηχανική επανάσταση, πριν από 200-300 χρόνια, συνδέθηκε με τη χρήση από το άνθρωπο σημαντικών ποσοτήτων ενέργειας. Οι κύριες ενεργειακές πηγές ήταν

αρχικά, όπως αναφέρθηκε, τα καυσόξυλα και το κάρβουνο, ενώ η μεγάλη αύξηση στην κατανάλωση ενέργειας κατά τον 20ο αιώνα έγινε δυνατή από τη διαθεσιμότητα φθηνών ορυκτών καυσίμων: κάρβουνου, πετρελαίου και φυσικού αερίου.

Ο άνθρακας ήταν το πρώτο είδος ορυκτού καυσίμου που αξιοποιήθηκε για την παραγωγή ενέργειας. Προηγουμένως, το ξύλο και ο άνθρακας είχε χρησιμοποιηθεί κυρίως για τη θέρμανση χώρων και το μαγείρεμα και, με τη μορφή του άνθρακα και οπτάνθρακα, για μεταλλουργικές χρήσεις (πχ στην τήξη και χύτευση σιδήρου). Αργότερα, τον 19ο αιώνα, η πυρόλυση του άνθρακα απέδωσε το αέριο του άνθρακα («town gas»), το οποίο διανεμήθηκε σε πόλεις για τους λαμπτήρες φωτισμού και το μαγείρεμα. Ο πισσούχος άνθρακας ήταν στις αρχές του 20^{ου} αιώνα η πρώτη ύλη για την οργανική χημική βιομηχανία (εκρηκτικές ύλες, χρωστικές ουσίες, φάρμακα, κλπ). Μόλις το 1937, ο άνθρακας αντιπροσώπευε τα τρία τέταρτα της ενεργειακής παγκόσμιας κατανάλωσης με ευρεία χρήση του ως καύσιμο για τη θέρμανση χώρων, το μαγείρεμα, τις βιομηχανικές διεργασίες, και τη μεταφορά (τραίνα ατμού και πλοία). (Dell & Rand, 2004)

2.2 ΤΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ ΤΟΝ 19^ο ΑΙΩΝΑ ΕΩΣ ΤΗΝ ΚΡΙΣΗ ΤΟΥ 1973

Όπως μπορεί να γίνει εύκολα αντιληπτό, το πετρέλαιο είναι το πιο συνηθισμένο εμπορεύσιμο ορυκτό καύσιμο από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα και παραμένει έτσι έως σήμερα. Σε συνδυασμό με την εξέλιξη της ενέργειας τον περασμένο αιώνα ως βασικό στοιχείο του παγκόσμιου οικονομικού συστήματος, συμπεραίνει κανείς ότι οι ισορροπίες στο παγκόσμιο εμπόριο καθορίστηκαν σε ένα βαθμό από την ιστορική εξέλιξη της παραγωγής και κατανάλωσης πετρελαίου.



Εικόνα 2.1: Πίδακας πετρελαίου από άντληση το 1900. (πηγή: διαδίκτυο)
<http://furcuta.blogspot.com/2009/10/romanian-petroleum-history.html>

Στο βιβλίο “Clean Energy” οι συγγραφείς αναδημοσιεύουν την πρώτη περιγραφή του πετρελαίου: «Μια νέα πηγή ενέργειας, η οποία καίει απόσταγμα της κηροζίνης που ονομάζεται βενζίνη, έχει παραχθεί από έναν μηχανικό της Βοστώνης. Αντί της καύσης του καυσίμου κάτω από ένα λέβητα, αυτό εκρήγνυται στο εσωτερικό του κυλίνδρου του κινητήρα. Αυτός ο αποκαλούμενος κινητήρας εσωτερικής καύσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί υπό ορισμένες προϋποθέσεις σαν συμπλήρωμα για τις ατμομηχανές. Πειράματα βρίσκονται σε εξέλιξη για τη χρησιμοποίηση ενός κινητήρα για να κινήσει ένα όχημα. Η ανακάλυψη αυτή ξεκινά μια νέα εποχή στην ιστορία του πολιτισμού. Μπορεί κάποια μέρα να αποδειχθεί ότι είναι πιο επαναστατική για την ανάπτυξη της ανθρώπινης κοινωνίας από την εφεύρεση του τροχού, τη χρήση των μετάλλων ή την ατμομηχανή.» (Dell & Rand, 2004)



Εικόνα 2.2: Πίδακας πετρελαίου από άντληση το 1900. (πηγή: *Chiras & Reganold, 2010*)

Σύμφωνα με την Βλάχου (2001), οι γνωστοί και περιβόητοι μέχρι τις μέρες μας πετρελαϊκοί κολοσσοί πρωτοπαρουσιάστηκαν στον 19^ο αιώνα, όταν ο Rockefeller το 1870 ίδρυσε τη Standard Oil. Αργότερα, το 1901, εμφανίζονται η Gulf Oil, η Texas Corporation και η Shell Transport and Trading Company του Λονδίνου. Το 1911, ο αντιμονοπωλιακός νόμος στις ΗΠΑ διέλυσε το μονοπώλιο της Standard Oil, η οποία χωρίστηκε σε πέντε εταιρίες. Τρεις από αυτές, η Exxon (αρχικά ονομαζόταν Standard oil of New Jersey), η Mobil (αρχικά με το όνομα Standard Oil of New York) και η Standard Oil of California μαζί με τις Gulf, Texaco, Royal Dutch Shell και British Petroleum αναπτύχθηκαν σε επτά μεγάλες πολυεθνικές εταιρίες πετρελαίου, γνωστές σαν «Επτά Αδελφές». Σημαντικός παράγοντας για να γίνουν οι εταιρίες αυτές πολυεθνικές ήταν η απόκτηση ελέγχου πάνω στα κοιτάσματα του αργού πετρελαίου της Μ. Ανατολής, τα οποία είχαν πολύ χαμηλό κόστος εξόρυξης. Παράλληλα, απέκτησαν έλεγχο πάνω στα αποθέματα αργού πετρελαίου, στην εξόρυξή του και στη διύλισή του, σ' όλες σχεδόν τις γεωγραφικές περιοχές που υπήρχαν είτε αξιόλογα αποθέματα είτε σημαντική κατανάλωση, όπως φαίνεται στον Πίνακα 2.1. Οι πολυεθνικές προχώρησαν στην καθετοποίηση της παραγωγής και διάθεσης των τελικών προϊόντων. Το 1972 οι επτά πολυεθνικές ελέγχουν σε

παγκόσμια κλίμακα, εκτός από τις ΗΠΑ και τις πρώην σοσιαλιστικές χώρες, το 71 % της παραγωγής αργού, το 67% των γνωστών αποθεμάτων του αργού, το 49% της δυναμικότητας διύλισης αργού, το 19% της δυναμικότητας των τάνκερς και το 54% της εμπορίας προϊόντων πετρελαίου.



Εικόνα 2.3: Εργάτες εταιρίας άντλησης πετρελαίου. (πηγή διαδίκτυο)

<http://furcuta.blogspot.com/2009/10/romanian-petroleum-history.html>

	Αποθέματα (%)	Παραγωγή (%)	Δυναμικότητα διύλισης (%)
Μέση Ανατολή	83	83	63
Λατινική Αμερική	60	73	51
Δυτ. Ευρώπη	-	-	-
Άπω Ανατολή	74	71	34
Αφρική	25	47	30

Πίνακας 2.1 : Τα ποσοστά συμμετοχής των επτά μεγάλων ενεργειακών πολυεθνικών όσον αφορά το αργό πετρέλαιο το 1972. (πηγή: Βλάχου 2001)

Από τα στοιχεία του πίνακα 2.1 , μπορεί να εκτιμηθεί ότι τα μεγαλύτερα αποθέματα αργού πετρελαίου που ήταν κάτω από τον έλεγχο των επτά πολυεθνικών προερχόταν από τη Μ. Ανατολή, γι' αυτό και η Μ. Ανατολή απέκτησε ως περιοχή στρατηγική σημασία με όλες τις γνωστές συνέπειες στη γεωπολιτική σκακιέρα.

2.3 ΙΔΡΥΣΗ ΤΟΥ ΟΠΕΚ

Το 1960 υπήρξε μια μεγάλη πτώση της τιμής του αργού πετρελαίου με αποτέλεσμα κάποια κράτη παραγωγοί να ενοχληθούν. Πιο συγκεκριμένα, τα κράτη Σ. Αραβία, Κουβέιτ, Ιράκ, Ιράν και Βενεζουέλα, αντιδρώντας στην τότε πτώση της τιμής του αργού ιδρύουν τον Οργανισμό Πετρελαιοπαραγωγών και Εξαγωγικών Κρατών (ΟΠΕΚ). Κατά τις δύο δεκαετίες που ακολούθησαν προσχώρησαν η Αλγερία, η Λιβύη, τα Αραβικά Εμιράτα, η Ινδονησία, η Νιγηρία, το Κατάρ, ο Ισημερινός και το Γκαμπόν. Το 1961, ο ΟΠΕΚ παρήγαγε το 38,7% της παγκόσμιας παραγωγής του αργού, εξαιρουμένων των σοσιαλιστικών χωρών, το 1971 το 50,5% και το 1975 το 65,6%, ποσοστά που δείχνουν τη βαρύτητα του ΟΠΕΚ στο διεθνές ενεργειακό ισοζύγιο της περιόδου αυτής. Ο ΟΠΕΚ το 1960 κατόρθωσε μόνο να εμποδίζει τις παραπέρα πτώσεις των εξαγγελλόμενων τιμών του αργού. Μετά τις επιτυχείς κινήσεις του Ιράκ και της Λιβύης το 1970 για αυξήσεις τιμών, τις οποίες ακολούθησαν και οι άλλες χώρες, διαμορφώθηκε μια ευαίσθητη ισορροπία μεταξύ των χωρών-μελών του ΟΠΕΚ, ώστε να διαμορφώνουν μια ενιαία πολιτική προκειμένου να προωθήσουν τη θέση τους στο διεθνές οικονομικό σύστημα. Ο ΟΠΕΚ χρησιμοποιεί προς όφελός του μέρος της ολιγοπωλιακής δύναμης που έχει ήδη διαμορφωθεί στην αγορά και να αυξήσει τα έσοδά του. Το 1973 επέβαλε το εμπάργκο των εξαγωγών πετρελαίου, κορυφώνοντας έτσι την πολιτική πίεση στα υπόλοιπα κράτη. Ο ΟΠΕΚ ουσιαστικά κατάφερε να δημιουργήσει ένα πανίσχυρο καρτέλ στην αγορά ενέργειας καθορίζοντας τις παγκόσμιες τιμές του πετρελαίου. (Βλάχου 2001)

Σύμφωνα με τον Tietenberg (1997), κάθε μέλος του καρτέλ είχε ισχυρό κίνητρο να εξαπατήσει τα υπόλοιπα. Αν δεν γινόταν αντιληπτό από τους άλλους, το μέλος που

εξαπατάει μπορεί να μειώσει κρυφά την τιμή πώλησής του και να κερδίσει έτσι μέρος της αγοράς σε βάρος των άλλων μελών του καρτέλ. Εκτός από την εξαπάτηση, η σταθερότητα των καρτέλ απειλούνταν και από το βαθμό στον οποίο τα μέλη τους αδυνατούν να καταλήξουν σε συμφωνία ως προς τις τιμές και την παραγόμενη ποσότητα. Από το 1974, οπότε ο ΟΠΕΚ αναδείχθηκε σε παγκόσμια δύναμη, η Σαουδική Αραβία ενεργεί έτσι ώστε να συγκρατούνται οι τιμές.

Ένας πολύ σημαντικός λόγος είναι το μέγεθος των αποθεμάτων της Σαουδικής Αραβίας. Η χώρα αυτή έχει αποθέματά μεγαλύτερα από οποιοδήποτε άλλο μέλος του οργανισμού. Γι' αυτό και η Σαουδική Αραβία έχει κίνητρο να διατηρήσει την αξία των αποθεμάτων της. Παράλληλα, ανησυχεί για το ενδεχόμενο μήπως οι τιμές του ΟΠΕΚ είναι τόσο αυξημένες ώστε να υπονομεύεται η μελλοντική ζήτηση για πετρέλαιο. Το μέγεθος της παραγωγής της Σαουδικής Αραβίας επιτρέπει στη χώρα αυτή να επηρεάζει αποφασιστικά τις εξελίξεις. Η παραγωγική της ικανότητα είναι τόσο μεγάλη ώστε να μπορεί να επηρεάζει μονομερώς την παγκόσμια τιμή πετρελαίου. Για παράδειγμα, τον Ιανουάριο του 1981, η Σαουδική Αραβία παρήγαγε περίπου 10,3 εκατομμύρια βαρέλια αργού την ημέρα, ποσότητα που αντιπροσώπευε το 41 % της συνολικής παραγωγής του ΟΠΕΚ. (*Tietenberg, 1997*)

Ο Toman (*1993*) θεωρεί ότι μέχρι τις μέρες μας, οι διάφορες θεωρίες της συμπεριφοράς του ΟΠΕΚ καλύπτουν μια κλίμακα από ένα συνεκτικό καρτέλ (που περιγράφηκε πιο πάνω), έως μια απλή πολιτική συγκέντρωση ανταγωνιστικών φορέων του ίδιου προϊόντος. Οι περισσότεροι αναλυτές διεθνώς θεωρούν ότι ο ΟΠΕΚ θα μπορούσε να ασκήσει σημαντική ισχύ στην αγορά, ώστε να αποφέρει αποτελέσματα, όπου η τιμή του πετρελαίου υπερβαίνει πλήρως το οριακό κόστος της (συμπεριλαμβανομένου και του κόστους της αποκατάστασης αποθεμάτων). Ωστόσο, υπάρχει διαφωνία σχετικά με το βαθμό της επιρροής στην αγορά ενέργειας που ο ΟΠΕΚ έχει ασκήσει. Ορισμένοι αναλυτές έχουν υποστηρίξει ότι παράγοντες εκτός αγοράς αποτελούν μια εξήγηση της παρατηρούμενης συμπεριφοράς. Ακόμη και υπέρμαχοι της άποψης ότι ο ΟΠΕΚ διαθέτει σημαντική ισχύ στην αγορά δεν περιγράφουν την οργάνωση ως ένα σταθερό και μονολιθικό φορέα. μια τέτοια άποψη δεν θα μπορούσε να αντικατοπτρίζει την πραγματικότητα. Αντ' αυτού, η επικρατούσα υπόθεση (με αρκετές παραλλαγές) είναι ότι ο ΟΠΕΚ είναι μια χαλαρή

οντότητα που συνεχώς αγωνίζεται να ισορροπήσει τα κερδοσκοπικά συμφέροντα των μεμονωμένων μελών με την ανάγκη για συλλογική παραγωγική πειθαρχία. (Toman, 1993)

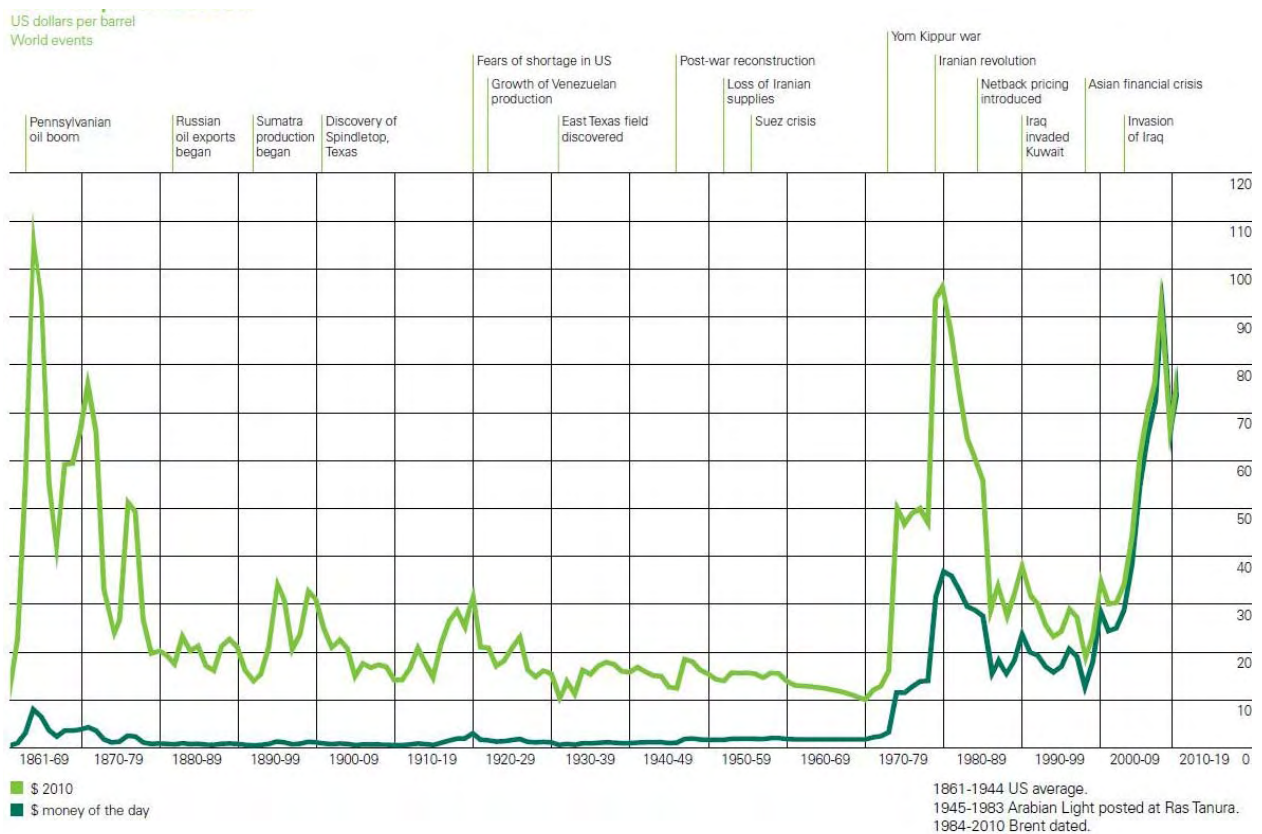


Εικόνα 2.4: Πύργος άντλησης πετρελαίου. (πηγή διαδίκτυο)

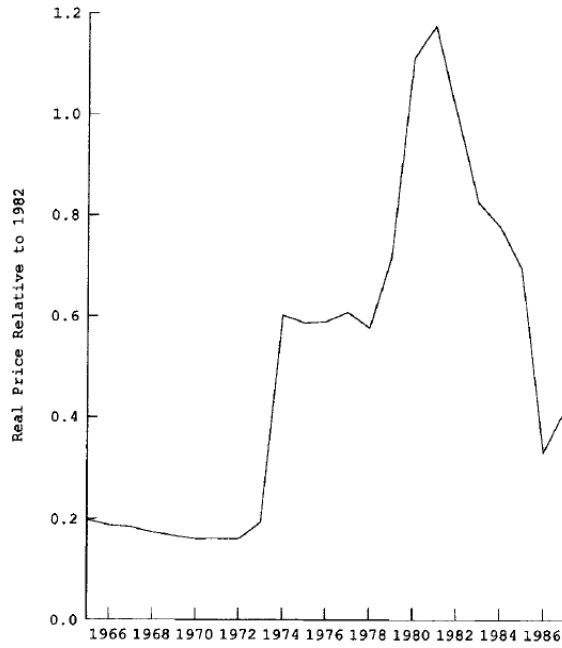
2.4 Η ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΡΙΣΗ

Τον Οκτώβριο του 1973 πανικός δημιουργείται στις ΗΠΑ και όλο το παγκόσμιο εμπόριο ενέργειας. Οι πετρελαιο-παραγωγικές από τη Μέση Ανατολή κόβουν τις εξαγωγές πετρελαίου σε δυτικές χώρες ως τιμωρία για τη συμμετοχή τους στην πρόσφατη αραβο-ισραηλινή σύγκρουση, γνωστή ως ο πόλεμος των 10 ημερών. Το εμπάργκο πετρελαίου είχε τεράστια επίδραση στην παγκόσμια αγορά και ο πανικός των επενδυτών και των εταιρειών πετρελαίου που προκλήθηκε ήταν η αιτία για μια

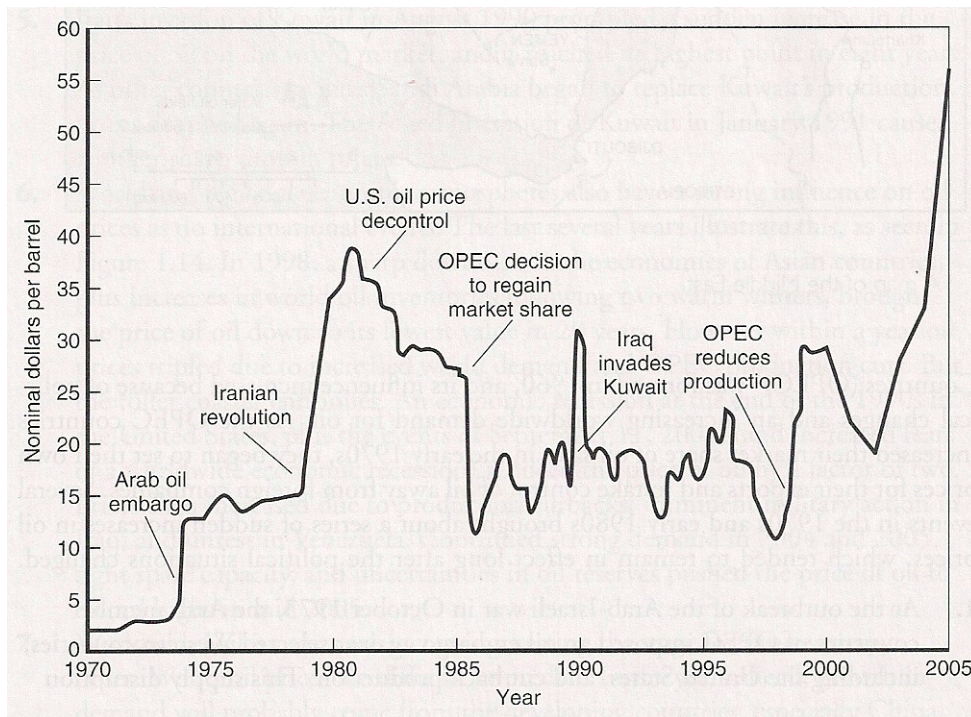
γιγαντιαία αύξηση των τιμών του πετρελαίου. Η τιμή του πετρελαίου σχεδόν τετραπλασιάστηκε αφού την μείωση της παραγωγής πετρελαίου συνοδεύτηκε από το φόβο και τον οικονομικό-εμπορικό πανικό (βλέπε διάγραμμα 2.1). Η επίδραση στις οικονομίες των δυτικών κρατών και ειδικά των ευρωπαϊκών και της Ιαπωνίας ήταν σημαντική αφού το ΑΕΠ τους μειώθηκε σημαντικά, θυμίζοντας στις χώρες αυτές τη σημασία της μη εξάρτησης από το εξωτερικό στον ενεργειακό τομέα. Οι κάτοικοι των ανεπτυγμένων κρατών του δυτικού κόσμου πανικόβλητοι σχηματίζουν ουρές στα πρατήρια φυσικού αερίου, λόγω μεγάλης έλλειψης πετρελαίου και των υψηλότερων τιμών βενζίνης. (*Energy Through History, διαδίκτυο, <http://library.thinkquest.org/20331/history/mideast.html>*)



Διάγραμμα 2.1: Ιστορική εξέλιξη τιμών πετρελαίου (πηγή: *BP Report, 2011*)



Διάγραμμα 2.2: Εξέλιξη τιμών πετρελαίου κατά την ενεργειακή κρίση κανονικοποιημένες στην τιμή του 1982. (πηγή: *Jorgenson and Wilcoxon, 1993*)



Διάγραμμα 2.3: Επεξήγηση των αυξομειώσεων της τιμής του πετρελαίου με βάση τις ιστορικές εξελίξεις. (πηγή: *Tietenberg, 1997*)

Οι δραματικές αυξήσεις στις διεθνείς τιμές πετρελαίου κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1970 ακολούθησαν μια σταδιακή μείωση των τιμών μεταξύ των ετών 1980 και 1985, που έδωσε τη θέση της σε μια απότομη πτώση το 1986. Μέχρι το 1987 οι πραγματικές τιμές του πετρελαίου είχαν σταθεροποιηθεί σε επίπεδα που ήταν περισσότερο από το διπλάσιο αυτών που επικρατούσαν το 1972. Η αύξηση των παγκόσμιων τιμών πετρελαίου έθεσε το πραγματικό κόστος της ενέργειας στις ΗΠΑ και τα υπόλοιπα κράτη για όλες τις μορφές ενέργειας. (*Jorgenson and Wilcoxon, 1993*)

Η αύξηση αυτή των τιμών της ενέργειας οδήγησε σε σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας και σταθεροποίηση στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα για μια περίοδο δεκαπέντε ετών μεταξύ 1972 και 1987. Στο διάγραμμα 2.2 παρουσιάζονται τα ιστορικά στοιχεία για τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα για την περίοδο 1965 - 1987. Το 1972, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα είναι 1224 εκατομμύρια τόνοι. Δεκαπέντε χρόνια αργότερα, το 1987, οι εκπομπές ήταν πανομοιότυπες. (*Jorgenson and Wilcoxon, 1993*)

Οι διακυμάνσεις τις τιμής του πετρελαίου με βάση τις ιστορικές εξελίξεις φαίνονται με πολύ ωραίο τρόπο στο διάγραμμα 2.3 του *Tietenberg, (1997)*.

Παρατηρούμε ότι κάθε μεγάλο γεγονός αύξανε κατακόρυφα την τιμή του μαύρου χρυσού, ενώ όταν «ηρεμούσε» η αγορά, η τιμή επανέρχονταν. Όμως είναι φανερή μια αυξητική τάση κατά μέσο όρο την περίοδο 1970-2000.

Την πρώτη δεκαετία του 2000 η τιμή του πετρελαίου έχει φτάσει ή ξεπεράσει την τιμή μετά την ενεργειακή κρίση της δεκαετίας του 70 και μάλιστα χωρίς προφανή λόγο.

2.5 Η ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΡΙΣΗ

Όπως τονίστηκε πιο πάνω η επίδραση από τις οικονομικές κρίσεις στην ενέργεια στις οικονομίες των δυτικών κυρίως κρατών ήταν σημαντική, θυμίζοντας στις χώρες όλου του κόσμου τη σημασία της μη εξάρτησης από το εξωτερικό στον ενεργειακό τομέα. Έτσι, καταβλήθηκαν προσπάθειες παγκοσμίως για μείωση της εξάρτησης από τις εισαγωγές πετρελαίου και ιδιαίτερα από τις χώρες της Μέσης Ανατολής και του ΟΠΕΚ. (Tietenberg, 1997)

Οι υψηλότερες τιμές έδωσαν επίσης κίνητρο για την αξιοποίηση κοιτασμάτων υψηλού κόστους σε χώρες που δεν ήταν μέλη του ΟΠΕΚ. Επίσης έδωσαν κίνητρο για έρευνες και ανακαλύψεις νέων κοιτασμάτων. Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκε η ανακάλυψη και αξιοποίηση κοιτασμάτων στην Αλάσκα, τη Βόρεια Θάλασσα, το Μεξικό, την Υεμένη, την Αίγυπτο και το Ομάν. Επιπλέον, εντάθηκαν η έρευνα και ανάπτυξη υποκατάστατων ενεργειακών μορφών ενέργειας, καθώς και η βελτίωση της τεχνολογίας για μια καλύτερη και σταθερή διασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού. Ως αποτέλεσμα της αύξησης της παγκόσμιας παραγωγής πετρελαίου σε συνδυασμό με την περιορισμένη αύξηση της ζήτησης, παρατηρείται μια ραγδαία πτώση της τιμής του αργού πετρελαίου (βάση αναφοράς της είναι το αργό πετρέλαιο West Texas intermediate) στις αρχές του 1986, κατά 68,5% σε σχέση με την τιμή του 1985 (37,75 δολ. ανά βαρέλι), φθάνοντας στο επίπεδο των 10 δολαρίων το βαρέλι. (Βλάχου 2001; Jorgenson and Wilcoxon, 1993)

Η παγκόσμια αγορά πετρελαίου παρουσίασε μια σταθερότητα κρατώντας μία ισορροπία στην τιμή του μαύρου χρυσού μέχρι το 1990 όπου η κατάσταση χειροτέρευσε για μία ακόμη φορά, και πάλι για γεωπολιτικούς λόγους. Το έτος αυτό ξεσπάει ο «Πόλεμος του Κόλπου» και επικρατεί για λίγους μήνες αστάθεια και αναστάτωση στην αγορά, ενώ η τιμή αργού πετρελαίου ανέρχεται στα 40 δολάρια το βαρέλι. Η εξάπλωση των επενδύσεων από τις πετρελαιο-παραγωγές χώρες της Μέσης Ανατολής προς τις καταναλώτριες χώρες προσωρινά αναστέλλεται λόγω μεγάλων εξόδων για τη χρηματοδότηση των αναγκών του πολέμου, που

επιβαρύνουν κυρίως τη Σαουδική Αραβία και το Κουβέιτ. ΟΙ ΗΠΑ διαθέτουν στην αγορά μέρος των στρατηγικών αποθεμάτων τους το 1991 και έτσι σύντομα μετά τη λήξη του πολέμου η τιμή του πετρελαίου διαμορφώνεται πάλι σε φυσιολογικά επίπεδα γύρω στα 20 δολάρια το βαρέλι. Μετά τη λήξη του πολέμου, τα κράτη-μέλη του ΟΠΕΚ συνεχίζουν την πολιτική εξαγορών και επενδύσεων στις χώρες της Δυτικής Ευρώπης. Οι χώρες με καθετοποιημένες επιχειρήσεις ίσως προβούν σε συντονισμό της παραγωγής τους για να ασκήσουν ολιγοπωλιακή συμπεριφορά προκειμένου να προάγουν τη θέση τους, ενώ οι χώρες του οργανισμού με μη καθετοποιημένες επιχειρήσεις ίσως αναγκαστούν να ακολουθούν την ήδη καθορισμένη τιμή. (Βλάχου 2001)

Οι πολυεθνικές, προσπαθούν να εκσυγχρονιστούν τεχνολογικά, να επωφεληθούν από τις δημιουργούμενες οικονομίες κλίμακας, και να αποκτήσουν μεγαλύτερο μερίδιο της αγοράς.

Οι πετρελαϊκοί κολοσσοί δεν άλλαξαν την πολιτική τους ούτε μετά το 1990 συνεχίζοντας τις συγχωνεύσεις και συνεργασίες με γρήγορους ρυθμούς και καταγράφονται πλέον εντυπωσιακές επιχειρηματικές κινήσεις και συνεργασίες, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται επιχειρήσεις κολοσσοί και πρωτόγνωρα σε μέγεθος και κύκλο εργασιών/ έσοδα εταιρικά σχήματα, δείχνοντας μια σαφή τάση καθετοποίησης της παραγωγής.

Συνοπτικά, η θέση των πέντε πρώτων εταιριών ως προς τα ακαθάριστα έσοδα και τα μερίδια αγοράς επί των ακαθάριστων εσόδων που κατέχουν παγκοσμίως, ύστερα από τις αλληπάλληλες συγχωνεύσεις και συνεργασίες, με βάση τα στοιχεία του έτους 1997, παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.2.

Εταιρίες / Όμιλοι	Συνολικά έσοδα	Μερίδιο αγοράς (%)
1. Exxon/ Mobil	203	13,8
2. Royal Dutch/ Shell	171	11,6
3. BP/ Amoco/ Arco	143	9,7
4. Elf Aquitaine/ Total Petrofina	98	6,6
5. Chevron/Texaco	88	6,0

Πίνακας 2.2 : Έσοδα πολυεθνικών εταιριών ενέργειας το 1997 σε δισεκατομμύρια δολάρια.
(πηγή: Βλάχου 2001)

Σύμφωνα με τον Weston (2002), μόνο την τετραετία 1998-2001 πραγματοποιήθηκαν οι εξής εξαγορές/ συγχωνεύσεις :

- *Amoco από την BP στις 8/11/1998*
- *PetroFina από την Total στις 12/1/1998*
- *Mobil από την Exxon στις 12/1/1998*
- *Arco από την BP στις 4/1/1999*
- *Elf από την Acquitaine TotalFina στις 7/5/1999*
- *Texaco από την Chevron στις 10/16/2000*
- *Tosco από την Phillips στις 2/4/2001*
- *Gulf από την Canada Conoco στις 5/29/2001*
- *Conoco από την Phillips στις 11/18/2001*

Επικρατεί έντονος προβληματισμός για το γεγονός ότι με τις γιγαντιαίες συγχωνεύσεις πολυεθνικών το μισό μερίδιο στην παγκόσμια αγορά ανήκει σε πέντε μόλις εταιρίες. (Weston, 2002)

Στη δεκαετία του 1990, η ανακάλυψη εκμεταλλεύσιμων κοιτασμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου στην περιοχή της Κασπίας Θάλασσας έδωσε μια νέα τροπή στην κατάσταση της αγοράς και στα σχέδια των πολυεθνικών πετρελαίου, αλλάζοντας επίσης και την κατάσταση του παγκόσμιου ενεργειακού ισοζυγίου. Υπάρχουν μεγάλα κοιτάσματα αργού πετρελαίου και φυσικού αερίου στο Αζερμπαϊτζάν και το Καζακστάν, καθώς επίσης και στη Γεωργία. Πρόσφατες έρευνες έδειξαν ότι τα

αποθέματα αρχικώς είχαν υπερεκτιμηθεί, αλλά παρ' όλα αυτά, τα κοιτάσματα στην περιοχή της Κασπίας είναι τουλάχιστον του ίδιου δυναμικού με αυτά της Βόρειας Θάλασσας και των ΗΠΑ, δηλαδή γύρω στα 25 δισεκατομμύρια βαρέλια. (*Βλάχου 2001*)

Σημαντική θέση έως σήμερα σε όλες τις παραμέτρους της παγκόσμιας αγοράς έχει ο ΟΠΕΚ και το κυρίαρχο μέλος του, η Σαουδική Αραβία. Στις διάφορες σύγχρονες οικονομικές εκδοχές του παγκόσμιου εμπορίου ενέργειας (κυρίως πετρελαίου), ο κυρίαρχος παραγωγός, η Σαουδική Αραβία, θέτει την τιμή, επιτρέπει στους άλλους παραγωγούς του ΟΠΕΚ να πουλήσουν ότι θέλουν, και με τη σειρά της ικανοποιεί τις υπόλοιπες ανάγκες της παγκόσμιας αγοράς. Η Σαουδική Αραβία, όπως θα δούμε στο *Κεφαλαίο 3*, παράγει περίπου το ένα πέμπτο της παγκόσμιας παραγωγής. Είναι λοιπόν ο «εγγυητής της ισορροπίας», δηλαδή ο στρατηγικός παραγωγός που φροντίζει για την απορρόφηση των διακυμάνσεων της ζήτησης και της προσφοράς, προκειμένου να διατηρηθεί το μονοπώλιο των τιμών. (*Teece et. al, 1993*)

Μια τέτοια ρύθμιση δεν δημιουργεί προβλήματα στο καρτέλ. η παγκόσμια τιμή δεν εξαρτάται κατ' ανάγκη τα πλεονεκτήματα και τις αδυναμίες της συνοχής του καρτέλ. Στην απλούστερη εκδοχή ενός οικονομικού μοντέλου, ο κυρίαρχος παραγωγός επιλέγει την καλύτερη τιμή από τη δική του άποψη και συμφέροντα, λαμβάνοντας υπόψη τόσο τη σημερινή όσο και τη μελλοντική ζήτηση και προσφορά. Το πρόβλημα που αντιμετωπίζει η Σαουδική Αραβία είναι να επιλέξει μία τιμολογιακή πολιτική που να μεγιστοποιεί τον πλούτο της με την πάροδο του χρόνου. (*Teece et. al, 1993*)

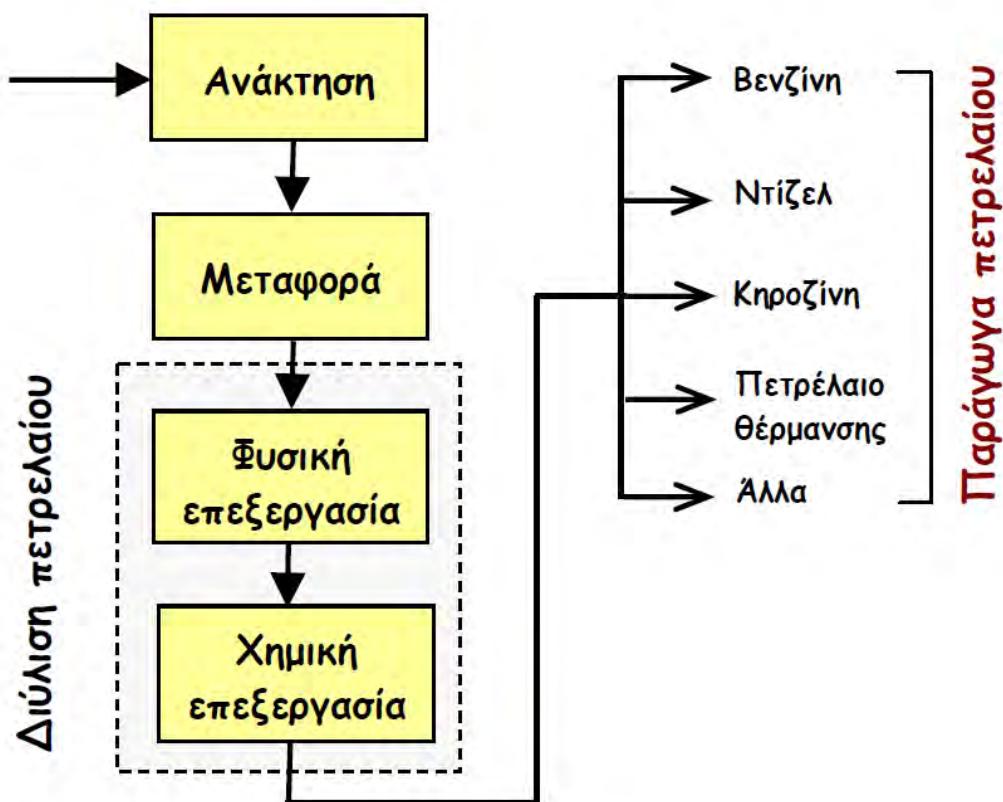
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΗΜΕΡΑ

ΟΡΥΚΤΑ ΚΑΥΣΙΜΑ – ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

3.1. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

Η αξιοποίηση του αργού πετρελαίου είναι μία αρκετά σύνθετη διεργασία. Η όλη προετοιμασία-επεξεργασία του πετρελαίου περνάει από πολλά στάδια και λόγος είναι ότι τα διάφορα είδη αργού πετρελαίου έχουν πολύ διαφορετική χημική δομή. Από το αργό πετρέλαιο παράγονται, εκτός από διάφορα είδη υγρών καυσίμων, και διάφορα προϊόντα που έχουν πολλές βιομηχανικές και εμπορικές χρήσεις.



Σχήμα 3.1 : Διαδικασία επεξεργασίας αργού πετρελαίου (Ανδρίτσος, 2009)

3.1.1 Παγκόσμια Αποδεδειγμένα Αποθέματα Πετρελαίου

Στον Πίνακα 3.1 παρουσιάζονται τα γνωστά-αποδεδειγμένα αποθέματα πετρελαίου (proven reserves) στις βασικές περιοχές του κόσμου. Βλέπουμε επίσης και την ιστορική εξέλιξη αυτών των αποθεμάτων.

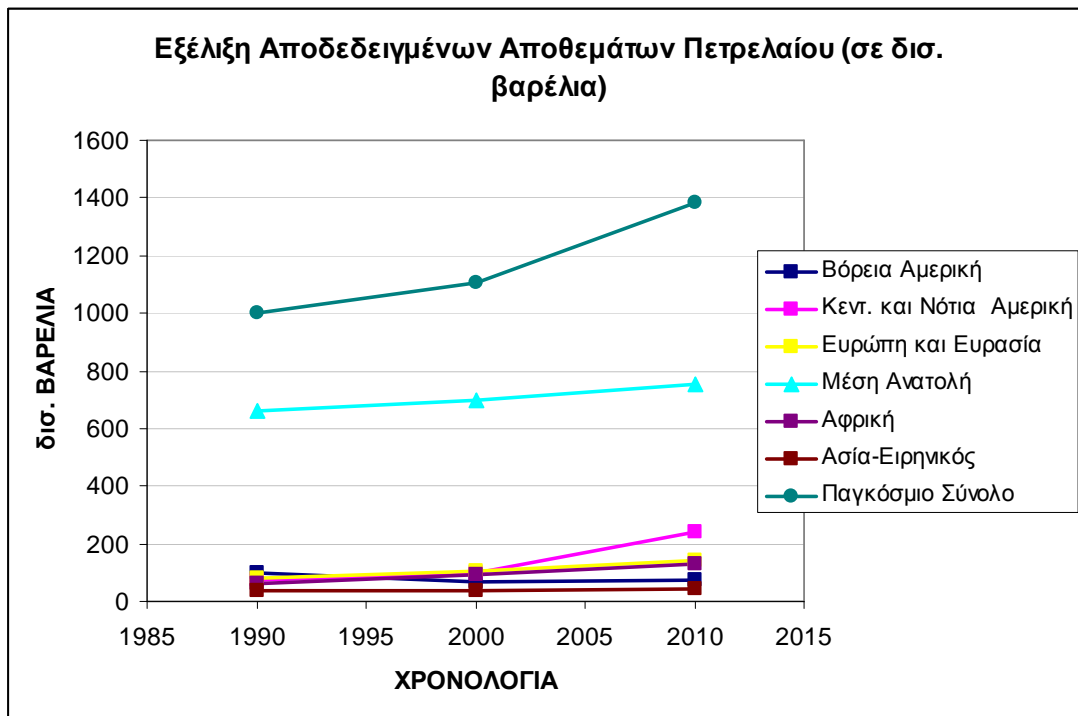
Περιοχή	Αποδεδειγμένα αποθέματα πετρελαίου							
	Δισεκατ. Βαρέλια 1990	%	Δισεκατ. Βαρέλια 2000	%	Δισεκατ. Βαρέλια 2010	%	Δισεκατ. Τόνοι 2010	%
Βόρεια Αμερική	96,3	10	68,9	6	74,3	5	10,3	5
Κεντ. και Νότια Αμερική	71,5	7	97,9	9	239,4	17	34,3	18
Ευρώπη και Ευρασία	80,8	8	107,9	10	139,7	10	19,0	10
Μέση Ανατολή	659,6	66	696,7	63	752,5	54	101,8	54
Αφρική	58,7	6	93,4	8	132,1	10	17,4	9
Ασία- Ειρηνικός	36,3	4	40,1	4	45,2	3	6,0	3
Παγκόσμιο Σύνολο	1003,2	100	1104,9	100	1383,2	100	188,8	100

Πίνακας 3.1 : Τα αποδεδειγμένα αποθέματα πετρελαίου στον κόσμο και ιστορική τους εξέλιξη μέχρι σήμερα. (πηγή: ίδια επεξεργασία από στοιχεία του BP Report 2011)

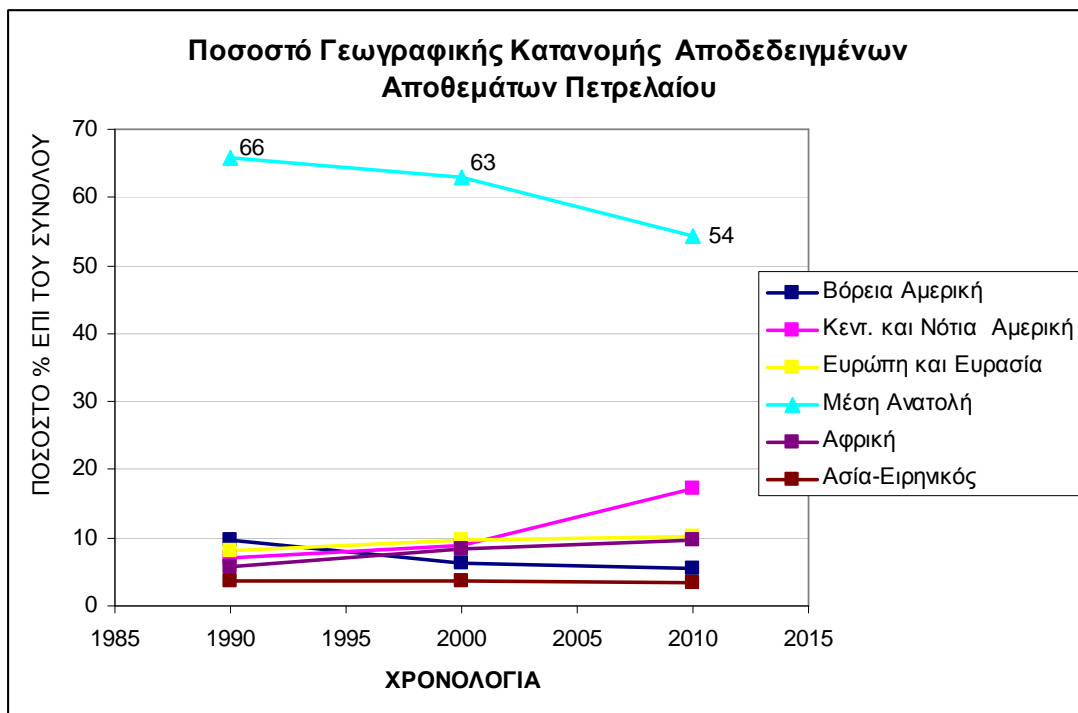
Στον Πίνακα 3.1 παρουσιάζεται η γεωγραφική κατανομή των γνωστών αποθεμάτων πετρελαίου. Μπορεί να παρατηρήσει κανείς ότι δεν υπάρχει ομοιόμορφη κατανομή στις διάφορες γεωγραφικές περιοχές του πλανήτη. Από τον πίνακα και από το διάγραμμα 3.1 είναι φανερό η σημαντική θέση της Μέσης Ανατολής όσον αφορά στα αποθέματα πετρελαίου, με ποσοστό 54% των γνωστών παγκόσμιων αποθεμάτων. Εξέχουσα θέση στη Μέση Ανατολή κατέχει η Σαουδική Αραβία η οποία κατέχει το 1/5 των παγκόσμιων γνωστών αποθεμάτων πετρελαίου.

Η Ευρώπη έχει μικρά αποθέματα πετρελαίου εκ των οποίων το 55% περίπου βρίσκεται στην Ρωσία και την Κασπία Θάλασσα. Επίσης μικρά αποθέματα πετρελαίου έχουν οι ΗΠΑ. Από την άλλη, είναι γνωστό πόσο μεγάλη κατανάλωση πετρελαίου υπάρχει στις ΗΠΑ και στα αναπτυσσόμενα ευρωπαϊκά κράτη κάτι που μας

οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η Ευρώπη και η Αμερική, δηλαδή ο «Δυτικός Κόσμος», είναι απόλυτα εξαρτημένες ενεργειακά από το εξωτερικό.



Διάγραμμα 3.1 : Εξέλιξη Αποδεδειγμένων Αποθεμάτων Πετρελαίου (σε δισ. βαρέλια)
(πηγή: ίδια επεξεργασία από επιλεγμένα στοιχεία του BP Report 2011)



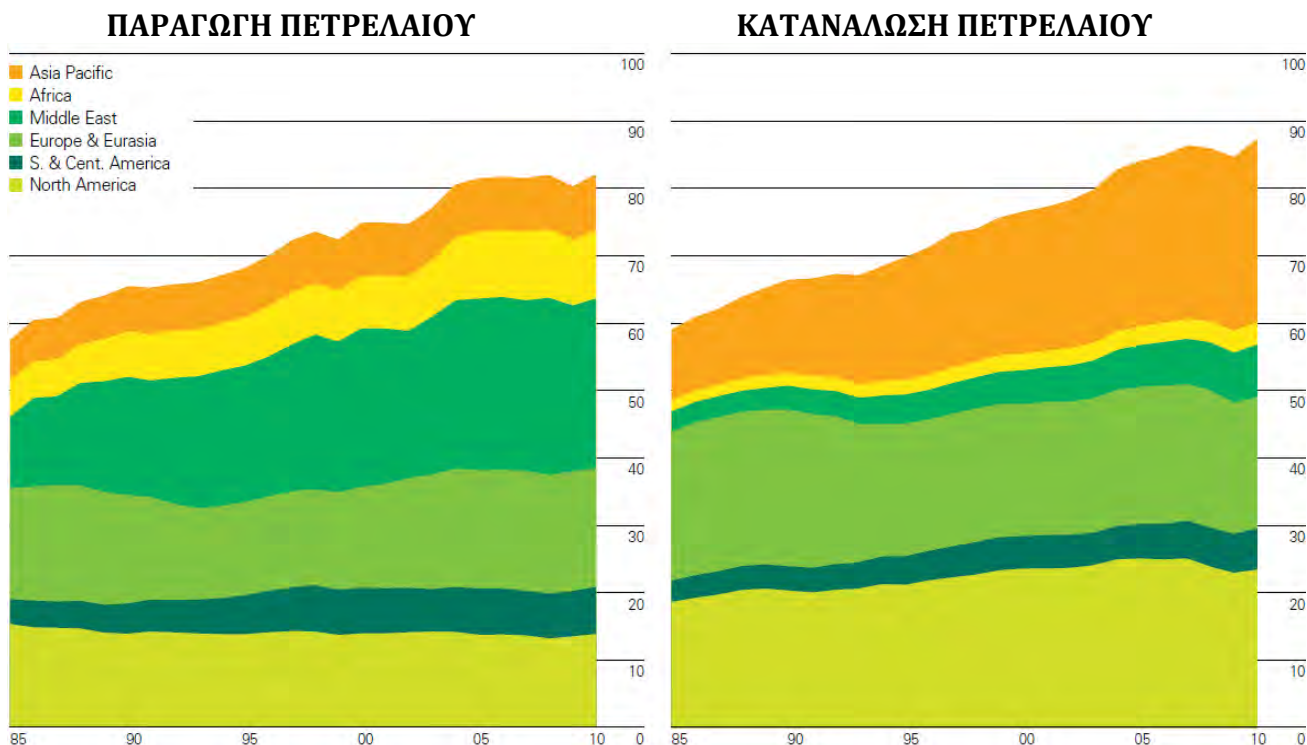
Διάγραμμα 3.2 : Εξέλιξη Αποδεδειγμένων Αποθεμάτων Πετρελαίου σε ποσοστό επί του συνόλου. (πηγή: ίδια επεξεργασία από επιλεγμένα στοιχεία του BP Report 2011)

Στο διάγραμμα 3.2 φαίνεται η επί τοις εκατό εξέλιξη των γνωστών αποθεμάτων πετρελαίου ανά γεωγραφική περιοχή. Φαίνεται καθαρά ότι πάνω από τα μισά αποθέματα πετρελαίου βρίσκονται στη Μέση Ανατολή. Σημαντικό στοιχείο, όμως, είναι ότι το ποσοστό αυτό είναι συνεχώς μειούμενο τα τελευταία 20 χρόνια. Μια λογική εξήγηση γι' αυτό είναι ότι οι διεθνείς τιμές του αργού πετρελαίου έχουν αυξηθεί δυσθεώρητα, ειδικά την τελευταία δεκαετία. Το αποτέλεσμα είναι να καταστεί συμφέρον από τοις υπόλοιπες χώρες να αξιοποιήσουν δικά τους αποθέματα, τα οποία με πιο χαμηλή τιμή του αργού θα ήταν ασύμφορο να αξιοποιηθούν.

Η υψηλή τιμή στο αργό εκτοξεύει τα κέρδη των χωρών του ΟΠΕΚ στα ύψη αλλά παράλληλα δημιουργεί την ανάγκη στα υπόλοιπα κράτη να βρουν εναλλακτικούς προμηθευτές. Μάλιστα, με την ανάπτυξη της τεχνολογίας έχουν ανακαλυφθεί κοιτάσματα σε πολλές περιοχές του πλανήτη όπως η Βόρεια Θάλασσα και η Σιβηρία και ο κόλπος του Μεξικού.

3.1.2 Παραγωγή (Άντληση) Πετρελαίου

Η χρονική εξέλιξη της άντλησης και κατανάλωσης πετρελαίου ανά γεωγραφική περιοχή φαίνεται στο διάγραμμα 3.3. Από το διάγραμμα φαίνεται καθαρά μία συνεχής αύξηση της ζήτησης πετρελαίου κάθε χρόνο.



Διάγραμμα 3.3 : Εξέλιξη άντλησης και κατανάλωσης πετρελαίου ανά γεωγραφική περιοχή σε εκατομμύρια βαρέλια την ημέρα. (πηγή: BP Report, 2011)

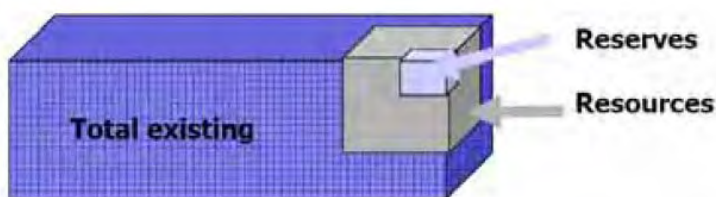
Σχεδόν το μισό της παγκόσμιας ζήτησης του πετρελαίου συγκεντρώνεται από τις χώρες της Β. Αμερικής και της Ευρώπης, τη στιγμή μάλιστα που κατέχουν λιγότερο από το 10% των γνωστών αποθεμάτων. Το αντίθετο συμβαίνει με τις χώρες της Μέσης Ανατολής οι οποίες έχουν μερίδιο στην παγκόσμια ζήτηση κάτω από 5%, ενώ κατέχουν πάνω από τα μισά γνωστά παγκόσμια αποθέματα.

3.1.3 Σύγκριση Άντλησης - Αποθεμάτων Πετρελαίου

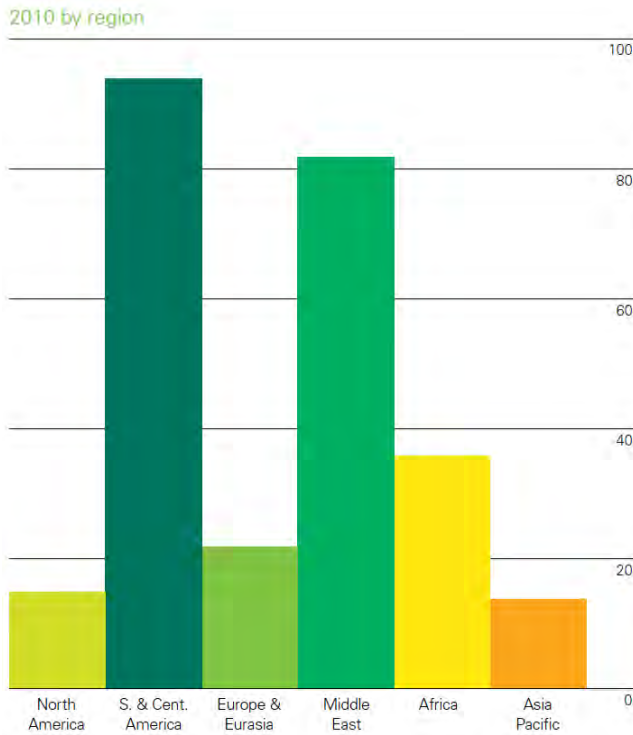
Με βάση τα δεδομένα των δύο προηγούμενων ενοτήτων μπορεί να γίνει μια απλοϊκή σύγκριση των γνωστών αποθεμάτων πετρελαίου με την σημερινή κατανάλωση. Το αποτέλεσμα της σύγκρισης, που φαίνεται στο διάγραμμα 3.4, μας δείχνει (με αυτόν τον απλοϊκό τρόπο) σε πόσα χρόνια θα εξαντληθεί το πετρέλαιο αν τα αποθέματα και η άντλησή του διατηρηθούν σταθερά. Σύμφωνα με το BP Report (2001), ο μέσος όρος σε παγκόσμιο επίπεδο είναι για το έτος 2010 τα **46 χρόνια**.

Η απλοϊκή μέθοδος αυτή δεν είναι αξιόπιστη λόγω του ότι ούτε τα αποθέματα πετρελαίου παραμένουν σταθερά, αφού συνεχώς ανακαλύπτονται νέα, ούτε η παραγωγή του γίνεται με σταθερό ρυθμό. Απόδειξη σε αυτό αποτελεί και το διάγραμμα 3.5 το οποίο δείχνει την ιστορική εξέλιξη του λόγου «Αποθέματα/Παραγωγή» Πετρελαίου. Όπως φαίνεται στο διάγραμμα αυτό, κάθε χρόνο οι τιμή του λόγου μεταβάλλεται, και μάλιστα με ελαφρώς αυξητική τάση τουλάχιστον τα τελευταία 20 χρόνια.

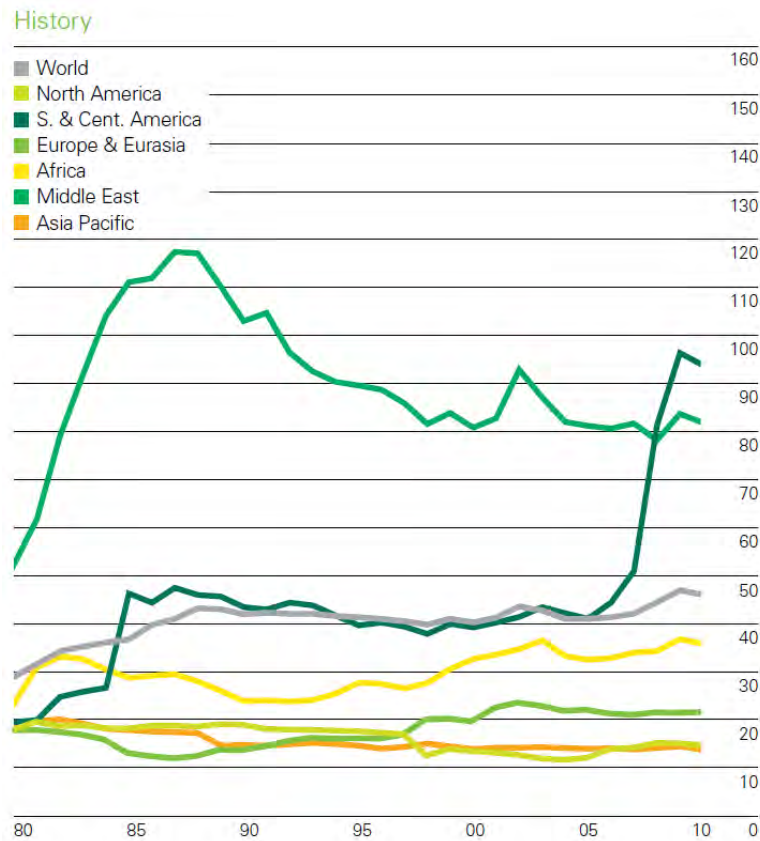
Η ποσότητα του αργού πετρελαίου που αντλείται κάθε χρόνο εξαρτάται όχι τόσο από τη ζήτηση αλλά από οικονομικούς, πολιτικούς και γεωστρατηγικούς παράγοντες. Έτσι, συμπερασματικά, δεν μπορούμε να εμπιστευτούμε το αποτέλεσμα που προκύπτει από το λόγο «Αποθέματα/Παραγωγή» Πετρελαίου. Παρ' όλα αυτά, όμως, η τιμή του λόγου αυτού, δηλαδή τα 46 χρόνια, είναι ιδιαίτερα ανησυχητική αφού μας δείχνει ότι οι σοβαρές αλλαγές που πρέπει να γίνουν στην ενέργεια δεν πρέπει να γίνουν στο μακρινό μέλλον αλλά στα επόμενα χρόνια.



Εικόνα 3.1 Τα αποθέματα πετρελαίου (Reserves) δεν είναι σταθερά. (πηγή: Ανδρίτσος, 2009)



Διάγραμμα 3.4 : Λόγος «Αποθέματα/Παραγωγή» Πετρελαίου.
(πηγή: BP Report, 2011)



Διάγραμμα 3.5 : Ιστορική εξέλιξη λόγου «Αποθέματα/Παραγωγή» Πετρελαίου.
(πηγή: BP Report, 2011)

3.2 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

Το φυσικό αέριο, όπως φαίνεται στον πίνακα 3.2, είναι ένα μίγμα HC, σε αέρια κατάσταση, το οποίο αποτελείται κυρίως από CH₄. Συνήθως βρίσκεται σε ξεχωριστούς ταμιευτήρες στο φλοιό της γης ή εν διαλύσει στο πετρέλαιο. Η σύσταση του φυσικού αερίου στην έξοδο της γεώτρησης ποικίλλει σημαντικά τόσο ως προς τα συστατικά, όσο και ως προς τη συγκέντρωση αυτών των συστατικών και εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του κάθε ταμιευτήρα.

Συστατικό, mol %	Ρωσία	Αλγερία
CH ₄	98,0	91,2
C ₂ H ₆	0,6	6,5
C ₃ H ₈	0,2	1,1
C ₄ H ₁₀	0,2	0,2
C ₅ H ₁₂	0,1	-
N ₂	0,8	1,0
H ₂ S	-	-
CO ₂	0,1	-

Πίνακας 3.2 : Χημική Σύσταση Φυσικού Αερίου (Ανδρίτσος, 2009)

Από πολλές απόψεις, το φυσικό αέριο αποτελεί το ιδανικό καύσιμο

- Έχει σχετικά απλή και σχεδόν σταθερή χημική σύσταση.
- Έχει υψηλή θερμογόνο δύναμη και χρειάζεται πολλή μικρή προετοιμασία πριν από τη χρήση του σε σχέση με το πετρέλαιο και τον άνθρακα.
- Επειδή είναι αέριο, αναμιγνύεται εύκολα με τον αέρα για αποδοτική και πλήρη καύση.
- Δεν περιέχει στερεά συστατικά και συνεπώς δεν παράγει τέφρα.

3.2.1 Παγκόσμια Αποδεδειγμένα Αποθέματα Φυσικού Αερίου

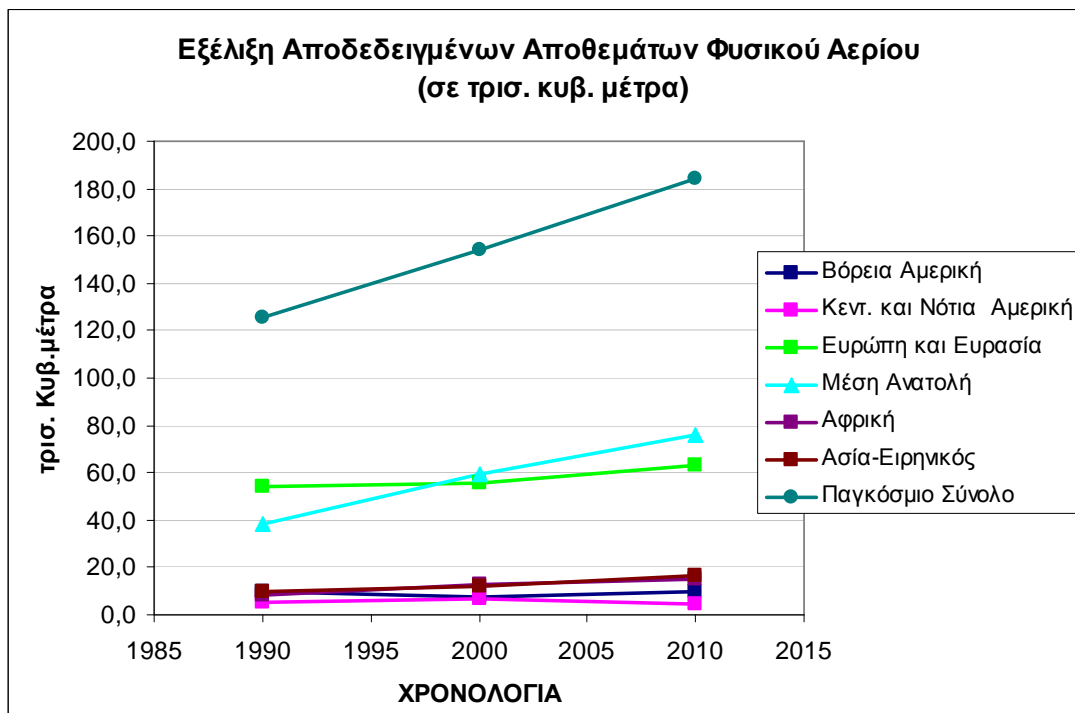
Στον Πίνακα 3.3 παρουσιάζονται τα γνωστά-αποδεδειγμένα αποθέματα φυσικού αερίου (proven reserves) στις βασικές περιοχές του κόσμου. Βλέπουμε επίσης και την ιστορική εξέλιξη αυτών των αποθεμάτων.

Περιοχή	Αποδεδειγμένα αποθέματα φυσικού αερίου					
	Τρισεκ. κυβ.μέτρα 1990	%	Τρισεκ. κυβ.μέτρα 2000	%	Τρισεκ. κυβ.μέτρα 2010	%
Βόρεια Αμερική	9,5	8	7,5	5	9,9	5
Κεντ. και Νότια Αμερική	5,2	4	6,9	4	4,7	3
Ευρώπη και Ευρασία	54,5	43	55,9	36	63,1	34
Μέση Ανατολή	38,0	30	59,1	38	75,8	41
Αφρική	8,6	7	12,5	8	14,7	8
Ασία-Ειρηνικός	9,9	8	12,3	8	16,2	9
Παγκόσμιο Σύνολο	125,7	100	154,2	100	184,4	100

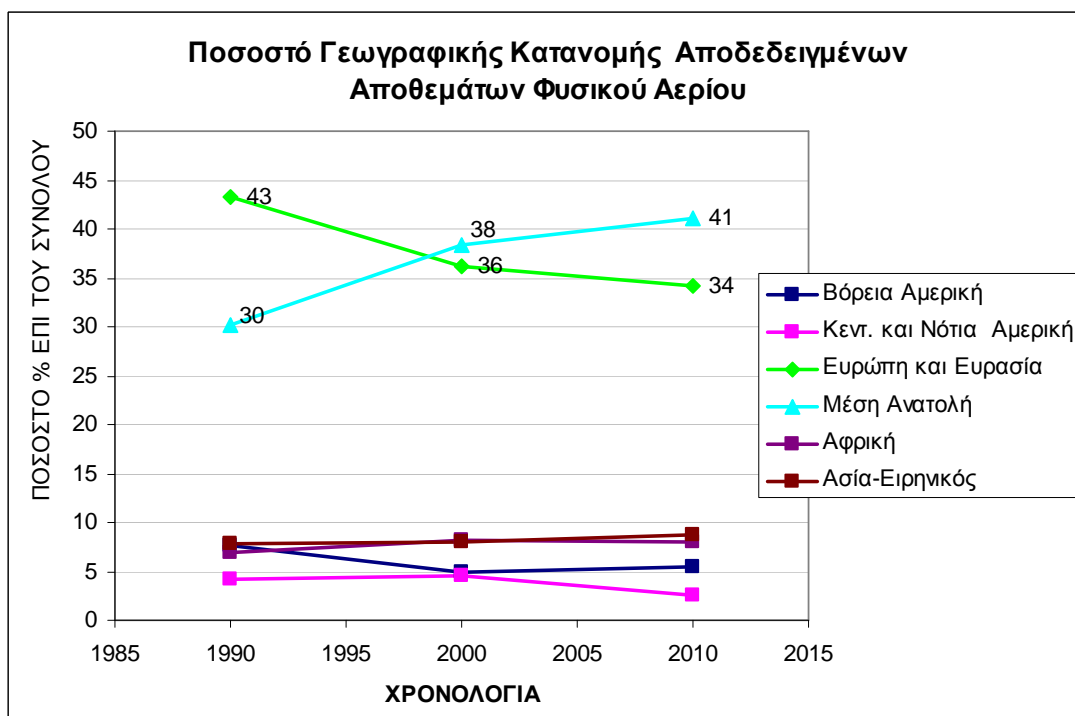
Πίνακας 3.3 : Τα αποδεδειγμένα αποθέματα φυσικού αερίου στον κόσμο και ιστορική τους εξέλιξη μέχρι σήμερα. (πηγή: Ίδια επεξεργασία από στοιχεία του BP Report 2011)

Στον Πίνακα 3.3 παρουσιάζεται η γεωγραφική κατανομή των γνωστών αποθεμάτων φυσικού αερίου. Μπορεί να παρατηρήσει κανείς ότι δεν υπάρχει ομοιόμορφη κατανομή στις διάφορες γεωγραφικές περιοχές του πλανήτη. Από τον πίνακα και από το διάγραμμα 3.6 είναι φανερή η σημαντική θέση της Μέσης Ανατολής όσον αφορά στα αποθέματα φυσικού αερίου, με ποσοστό 41% των γνωστών παγκόσμιων αποθεμάτων. Αντίθετα με το πετρέλαιο, όμως, σημαντική θέση κατέχει και η Ευρώπη- Ευρασία με ποσοστό 34%. Στη **Ρωσία** βρίσκονται περισσότερο από τα 2/3 αυτών των ευρωπαϊκών ποσοτήτων φυσικού αερίου. Η Ρωσία μάλιστα κατέχει σχεδόν το ¼ των παγκόσμιων γνωστών αποθεμάτων φυσικού αερίου.

Η Ευρώπη, λοιπόν, έχει μεγάλα αποθέματα φυσικού αερίου εκ των οποίων το 71% περίπου βρίσκεται στην Ρωσία. Η Ευρώπη έχει βρει νέο στρατηγικό προμηθευτή που δεν είναι άλλος από τη Ρωσία. Αυτή η νέα εξάρτηση σπάει το μονοπώλιο της ενεργειακής εξάρτησης της ΕΕ από τη Μέση Ανατολή.



Διάγραμμα 3.6 : Εξέλιξη αποδεδειγμένων αποθεμάτων φυσικού αερίου (σε τρισ. κυβ.μέτρα) (πηγή: ίδια επεξεργασία από επιλεγμένα στοιχεία του BP Report 2011)



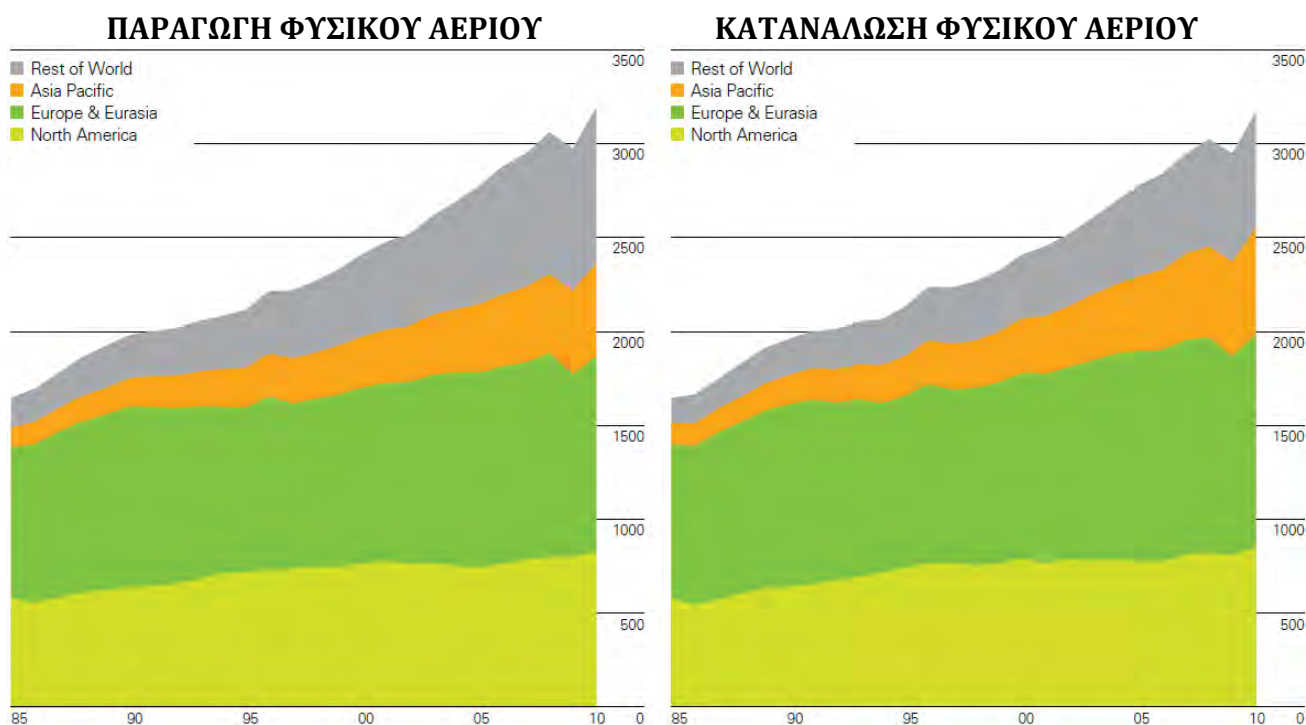
Διάγραμμα 3.7 : Εξέλιξη αποδεδειγμένων αποθεμάτων φυσικού αερίου σε ποσοστό επί του συνόλου. (πηγή: ίδια επεξεργασία από επιλεγμένα στοιχεία του BP Report 2011)

Στο διάγραμμα 3.7 φαίνεται η επί τοις εκατό εξέλιξη των γνωστών αποθεμάτων φυσικού αερίου ανά γεωγραφική περιοχή. Φαίνεται καθαρά ότι, αντίθετα με το

πετρέλαιο, σημαντική θέση στα γνωστά παγκόσμια αποθέματα κατέχει και η Ευρώπη- Ευρασία με ποσοστό 34%. Η Ρωσία κατέχει σχεδόν το ¼ των παγκόσμιων γνωστών αποθεμάτων φυσικού αερίου και αυτό την καθιστά παγκόσμια ενεργειακή δύναμη από την οποία εξαρτάται και τροφοδοτείται η Ευρώπη.

3.2.2 Παραγωγή (Άντληση) Φυσικού Αερίου

Η χρονική εξέλιξη της άντλησης και κατανάλωσης φυσικού αερίου ανά γεωγραφική περιοχή φαίνεται στο διάγραμμα 3.8. Από το διάγραμμα φαίνεται καθαρά μία συνεχής αύξηση της ζήτησης φυσικού αερίου κάθε χρόνο.



Διάγραμμα 3.8 : Εξέλιξη άντλησης και κατανάλωσης φυσικού αερίου ανά γεωγραφική περιοχή σε δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα. (πηγή: BP Report, 2011)

Η παραγωγή φυσικού αερίου αυξήθηκε την περασμένη χρονιά κατά 7,3%, μια αύξηση η οποία είναι η μεγαλύτερη από το 1984. Η αύξηση της ζήτησης φυσικού

αερίου είναι αλματώδης αφού θεωρείται το πιο αποτελεσματικό υποκατάστατο του πετρελαίου. Επιπροσθέτως, είναι και πιο οικολογικό.

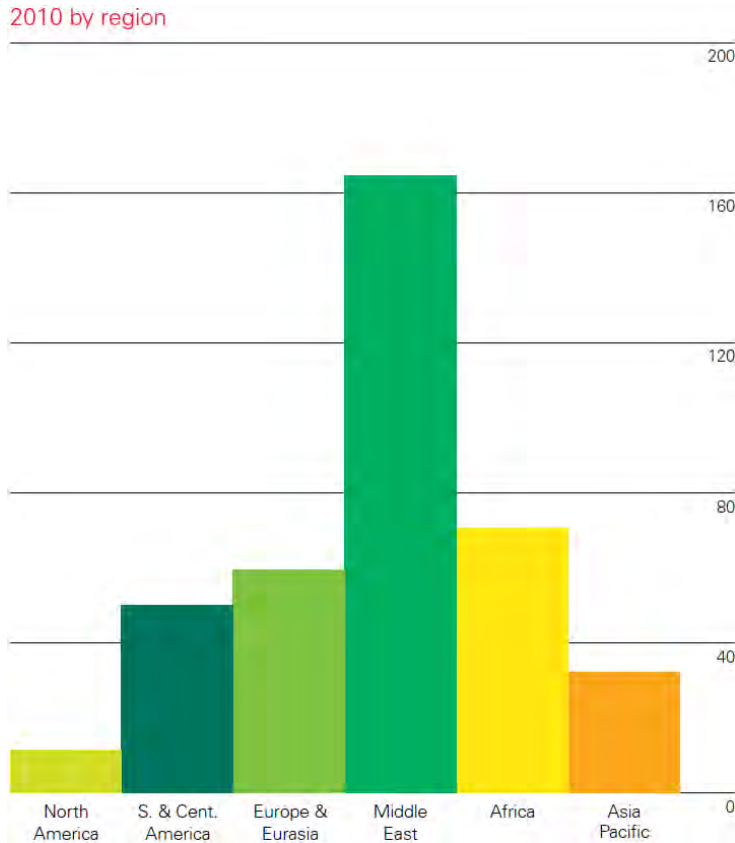
3.2.3 Σύγκριση Κατανάλωσης - Αποθεμάτων Φυσικού Αερίου

Με βάση τα δεδομένα του των δύο προηγούμενων ενοτήτων μπορεί να γίνει μια απλοϊκή σύγκριση των γνωστών αποθεμάτων φυσικού αερίου με την σημερινή κατανάλωση. Το αποτέλεσμα της σύγκρισης, που φαίνεται στο διάγραμμα 3.9, μας δείχνει (με αυτόν τον απλοϊκό τρόπο) σε πόσα χρόνια θα εξαντληθεί το φυσικό αέριο αν τα αποθέματα και η άντλησή του διατηρηθούν σταθερά. Σύμφωνα με το BP Report (2001), ο μέσος όρος σε παγκόσμιο επίπεδο είναι για το έτος 2010 τα **58,6 χρόνια** (θυμίζουμε ότι στο πετρέλαιο ήταν 46 χρόνια).

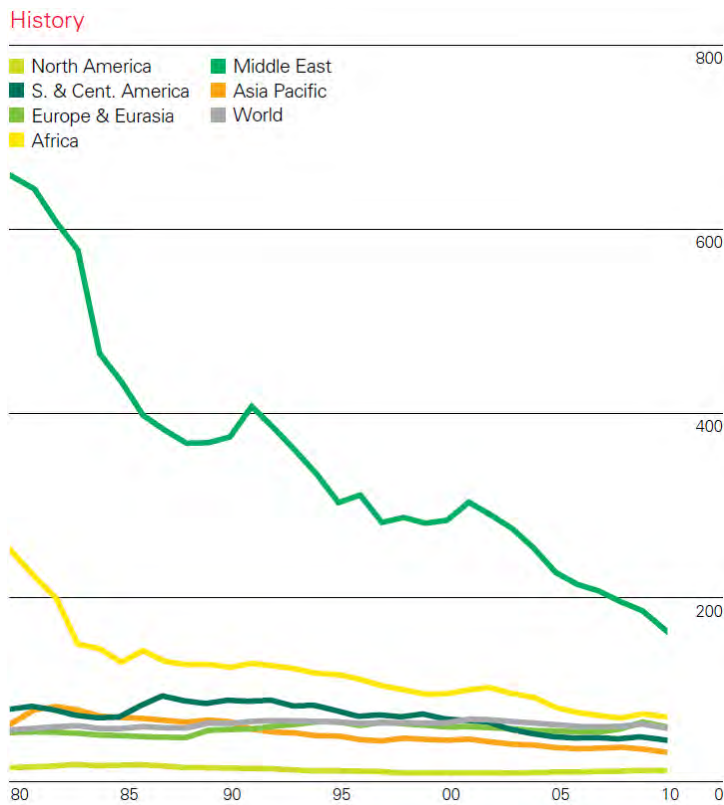
Η απλοϊκή μέθοδος αυτή δεν είναι αξιόπιστη λόγω του ότι ούτε τα αποθέματα φυσικού αερίου παραμένουν σταθερά, αφού συνεχώς ανακαλύπτονται νέα, ούτε η παραγωγή του γίνεται με σταθερό ρυθμό.

Από το διάγραμμα 3.10, το οποίο δείχνει την ιστορική εξέλιξη του λόγου «Αποθέματα/Παραγωγή» Πετρελαίου, μπορούμε να δούμε ότι στις αρχές της δεκαετίας του 1980 το φυσικό αέριο δεν χρησιμοποιούνταν τόσο πολύ και γι' αυτό ο χρόνος εξάντλησής του τότε ήταν πάνω από 300 χρόνια. Όπως φαίνεται στο διάγραμμα αυτό, κάθε χρόνο οι τιμές του λόγου μεταβάλλεται, με εντόνως μειωτική τάση.

Όπως και στο πετρέλαιο, η ποσότητα του φυσικού αερίου που αντλείται κάθε χρόνο εξαρτάται όχι τόσο από τη ζήτηση αλλά από οικονομικούς, πολιτικούς και γεωστρατηγικούς παράγοντες. Έτσι, συμπερασματικά, δεν μπορούμε να εμπιστευτούμε το αποτέλεσμα που προκύπτει από το λόγο «Αποθέματα/Παραγωγή». Παρ' όλα αυτά, όμως, η τιμή του λόγου αυτού, δηλαδή τα 58,6 χρόνια, είναι ιδιαίτερα ανησυχητική (όπως και στην περίπτωση του πετρελαίου).



Διάγραμμα 3.9 : Λόγος «Αποθέματα/Παραγωγή» φυσικού αερίου.
(πηγή: BP Report, 2011)

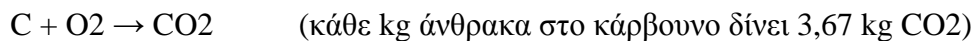


Διάγραμμα 3.10 : Ιστορική εξέλιξη λόγου «Αποθέματα/Παραγωγή» φυσικού αερίου.
(πηγή: BP Report, 2011)

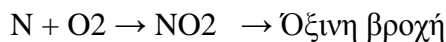
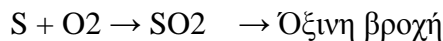
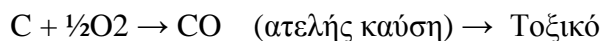
3.3 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΝΘΡΑΚΑ

Καύση του για την παραγωγή θερμότητας ή ατμού (ηλεκτροπαραγωγή, βιομηχανική & οικιακή θέρμανση). Η καύση γίνεται με την παρουσία αέρα και έχει ως αποτέλεσμα την απελευθέρωση θερμικής ενέργειας (θερμότητας).

Η κύρια και επιθυμητή αντίδραση της καύσης είναι η τέλεια καύση προς παραγωγή CO₂:



Συγχρόνως όμως μπορεί να συμβούν και πολλές άλλες αντιδράσεις, οι κυριότερες από τις οποίες είναι:



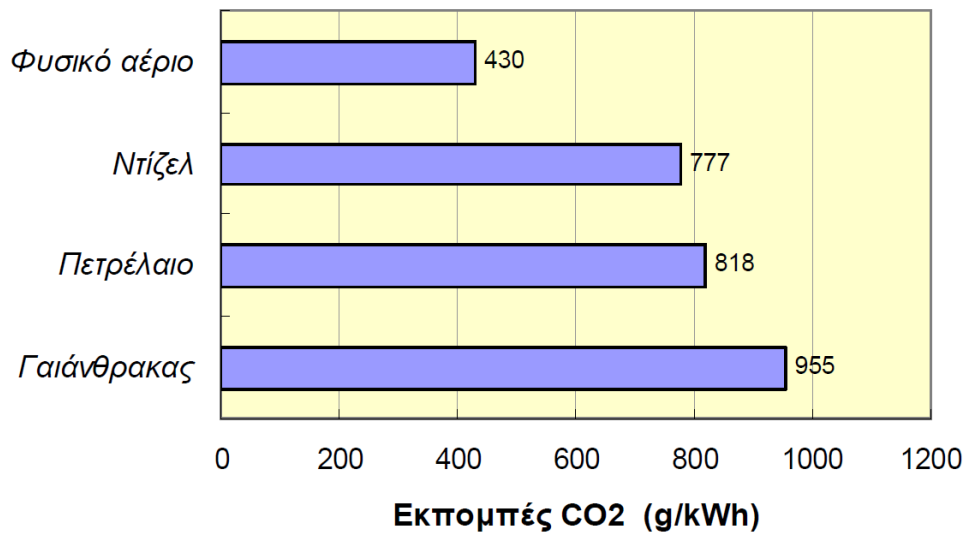
Παραπροϊόν: τέφρα

Περισσότερο από το 80% της παραγωγής του άνθρακα καταναλώνεται σε Ατμοηλεκτρικές Μονάδες παραγωγής ηλεκτρισμού.

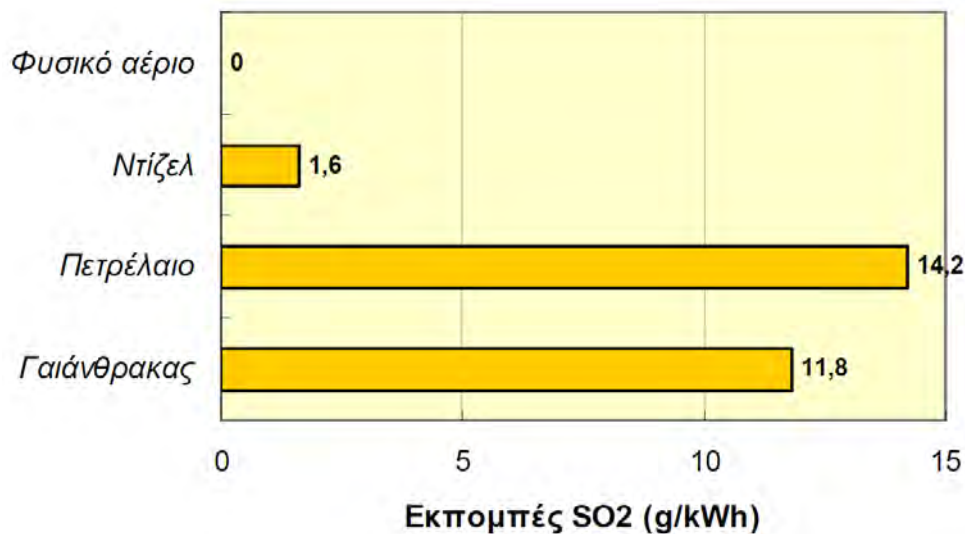
Απαιτήσεις καυσίμων μιας Μονάδας Ηλεκτροπαραγωγής 1000 MWe		
Άνθρακας (πισσούχος):	9000 τόνοι/ημέρα	1 τρένο με 100 βαγόνια κάρβουνο
Πετρέλαιο:	40.000 BBL/ημέρα	1 δεξαμενόπλοιο κάθε 3 εβδομάδες
Φυσικό αέριο:	6,6x10 ⁶ m ³ /ημέρα	
Πυρηνική σχάση:	3 kg/ημέρα Ουράνιο (ως ²³⁵ U) (προερχόμενο από ½ τόνο ουρανίου)	
Πυρηνική σύντηξη(;):	13 g Δευτέριο + 220 g Τρίτιο/ημέρα	

Πίνακας 3.4 : Σύγκριση συμβατικών μορφών ενέργειας για παραγωγή ηλεκτρισμού (Ανδρίτσος, 2009)

Ο άνθρακας θεωρείται από πολλούς ερευνητές ως το λιγότερο καθαρό καύσιμο.



Διάγραμμα 3.11 : Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από την καύση συμβατικών καυσίμων. (πηγή: Ανδρίτσος,2009)



Διάγραμμα 3.12 : Εκπομπές διοξειδίου του θείου από την καύση συμβατικών καυσίμων. (πηγή: Ανδρίτσος,2009)

Μπορεί κανείς να παρατηρήσει από τα διαγράμματα 3.11 και 3.12 ότι τα περισσότερα καυσαέρια προκύπτουν από την καύση άνθρακα. Ο άνθρακας θεωρείται ως πεπαλαιωμένο είδος καυσίμου αλλά είναι φθηνότερος από όλα τα άλλα. Έτσι, χρησιμοποιείται μόνο από χώρες που δεν έχουν οικονομική δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν άλλες μορφές καυσίμου.

3.3.1 Παγκόσμια Αποδεδειγμένα Αποθέματα Άνθρακα

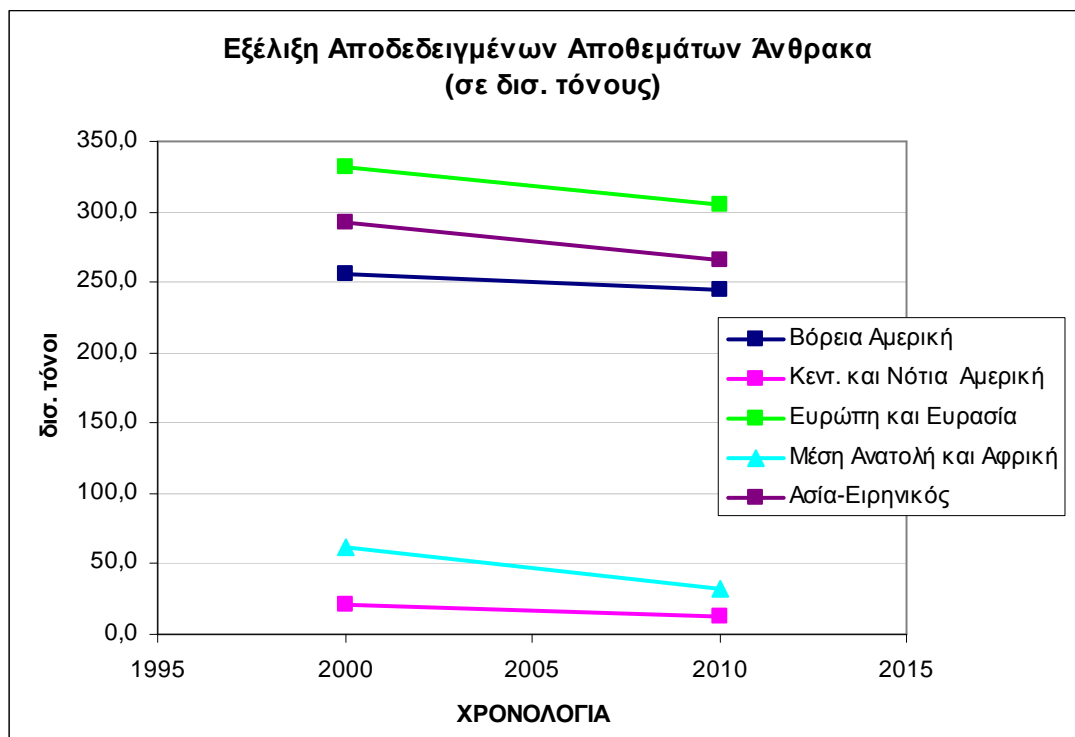
Στον Πίνακα 3.5 παρουσιάζονται τα γνωστά-αποδεδειγμένα αποθέματα άνθρακα (proven reserves) στις βασικές περιοχές του κόσμου. Βλέπουμε επίσης και την ιστορική εξέλιξη αυτών των αποθεμάτων.

Αποδεδειγμένα αποθέματα Άνθρακα				
Περιοχή	Δισεκ.τόνοι έτος 2000	%	Δισεκ.τόνοι έτος 2010	%
Βόρεια Αμερική	256,5	27	245,1	28
Κεντ. και Νότια Αμερική	21,6	2	12,5	1
Ευρώπη και Ευρασία	332,2	34	304,6	35
Μέση Ανατολή και Αφρική	61,6	6	32,9	4
Ασία- Ειρηνικός	292,3	30	265,8	31
Παγκόσμιο Σύνολο	964,2	100	860,9	100

Πίνακας 3.5 : Τα αποδεδειγμένα αποθέματα άνθρακα στον κόσμο και ιστορική τους εξέλιξη μέχρι σήμερα. (πηγή: BP Report 2011)

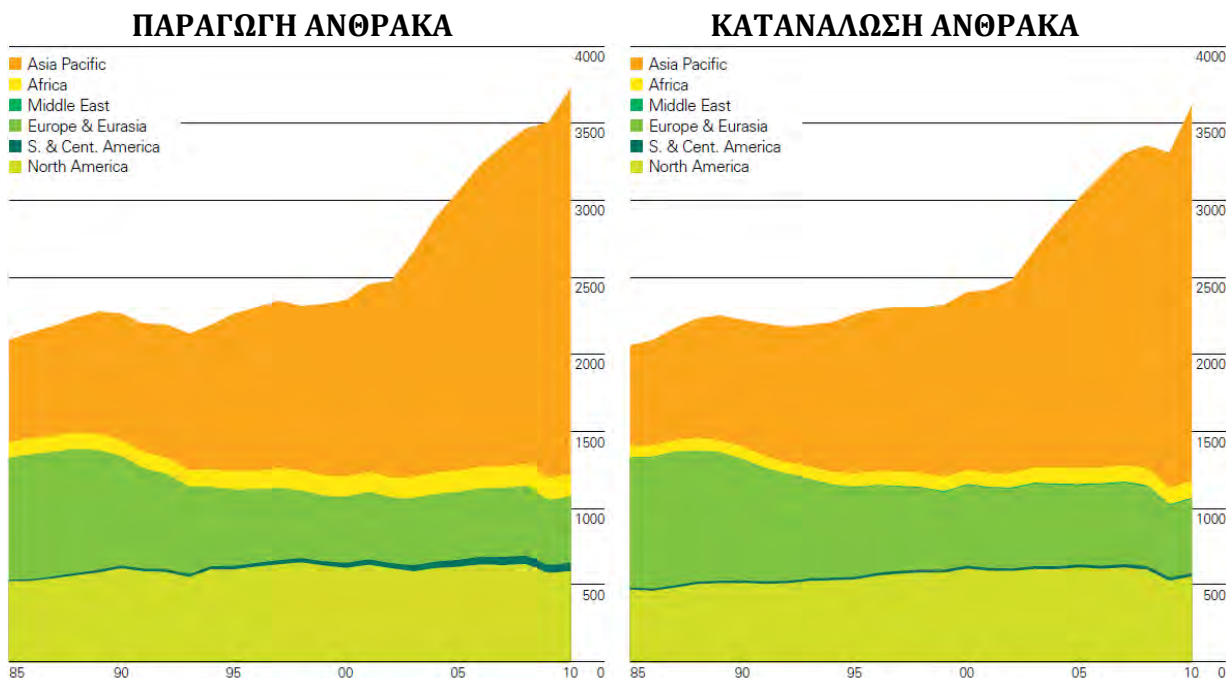
Στον Πίνακα 3.5 παρουσιάζεται η γεωγραφική κατανομή των γνωστών αποθεμάτων άνθρακα. Μπορεί να παρατηρήσει κανείς ότι δεν υπάρχει ομοιόμορφη κατανομή στις διάφορες γεωγραφικές περιοχές του πλανήτη. Από τον πίνακα και από το διάγραμμα 3.13 φαίνεται ότι η Ευρώπη, η Ασία και η Βόρεια Αμερική έχουν ικανή ποσότητα άνθρακα.

Η Ευρώπη έχει μεγάλα αποθέματα άνθρακα εκ των οποίων τα μισά περίπου βρίσκεται στην Ρωσία. Πολλές ευρωπαϊκές χώρες, λόγω έλλειψης άλλων συμβατικών καυσίμων, αναγκάζονται να χρησιμοποιούν άνθρακα παρόλες τις συνέπειες που έχει η καύση του για το περιβάλλον. Μία τέτοια χώρα είναι και η Ελλάδα.



Διάγραμμα 3.13 : Εξέλιξη Αποδεδειγμένων Αποθεμάτων άνθρακα (σε δισ. τόνους)
(πηγή: Ίδια επεξεργασία από επιλεγμένα στοιχεία του BP Report 2011)

3.3.2 Παραγωγή (Εξόρυξη) Άνθρακα



Διάγραμμα 3.14 : Εξέλιξη εξόρυξης και κατανάλωσης άνθρακα ανά γεωγραφική περιοχή σε εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου πετρελαίου. (πηγή: BP Report, 2011)

1 τόνος ισοδύναμου πετρελαίου ισοδυναμεί με 7,33 βαρέλια πετρελαίου. 1,5 τόνοι άνθρακα ισοδυναμούν με 1 ΤΠΠ.

Η χρονική εξέλιξη της εξόρυξης και κατανάλωσης άνθρακα ανά γεωγραφική περιοχή φαίνεται στο διάγραμμα 3.14. Από το διάγραμμα φαίνεται καθαρά μία συνεχής αύξηση της ζήτησης άνθρακα κάθε χρόνο, ενώ από το 2000 και μετά η αύξηση είναι πολύ εντονότερη. Αυτό μπορεί να ερμηνευθεί από την τεράστια αύξηση στην τιμή του πετρελαίου την τελευταία δεκαετία.

Η χώρα με την μεγαλύτερη κατανάλωση άνθρακα παγκοσμίως είναι η Κίνα αφού καταναλώνει το 10% της παγκόσμιας παραγωγής. Στη χώρα αυτή δεν αποτελεί προτεραιότητα η προστασία του περιβάλλοντος αφού ο τεράστιος πληθυσμός της έχει εξίσου τεράστιες ανάγκες για φθηνή ενέργεια.

Η Ελλάδα έχει στο υπέδαφός της 3,02 δισεκατομμύρια τόνους λιγνίτη, ένα είδος ορυκτού άνθρακα. Σαν ποσότητα έχει το 0,4% των παγκόσμιων αποθεμάτων. Η Ελλάδα, όπως και άλλες χώρες, λόγω έλλειψης άλλων καυσίμων αναγκάζεται να χρησιμοποιεί το λιγνίτη για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η παραγωγή άνθρακα σε παγκόσμιο επίπεδο αυξήθηκε την περασμένη χρονιά κατά 6,3%, μια αύξηση η οποία είναι μεγαλύτερη από το μέσο όρο. Η αύξηση της ζήτησης άνθρακα είναι αλματώδης αφού είναι το πιο φθινό υποκατάστατο του πετρελαίου, παρόλο που είναι το πιο αντι-οικολογικό.

3.3.3 Σύγκριση Κατανάλωσης - Αποθεμάτων Άνθρακα

Με βάση τα δεδομένα του των δύο προηγούμενων ενοτήτων μπορεί να γίνει μια απλοϊκή σύγκριση των γνωστών αποθεμάτων άνθρακα με την σημερινή κατανάλωση. Το αποτέλεσμα της σύγκρισης, που φαίνεται στο διάγραμμα 3.15, μας δείχνει (με αυτόν τον απλοϊκό τρόπο) σε πόσα χρόνια θα εξαντληθεί το φυσικό αέριο

αν τα αποθέματα και η άντλησή του διατηρηθούν σταθερά . Ο μέσος όρος σε παγκόσμιο επίπεδο είναι για το έτος 2010 τα **118 χρόνια** (θυμίζουμε ότι στο πετρέλαιο ήταν 46 χρόνια και στο φυσικό αέριο 58,6 χρόνια). (πηγή: *BP Report, 2011*)

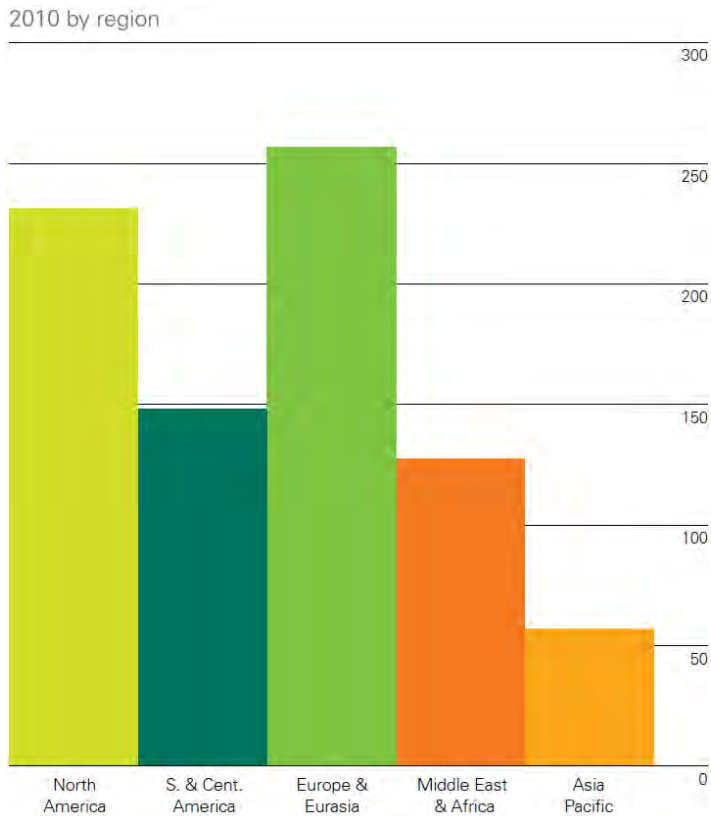
Η απλοϊκή μέθοδος αυτή δεν είναι αξιόπιστη λόγω του ότι ούτε τα αποθέματα άνθρακα παραμένουν σταθερά, αφού συνεχώς ανακαλύπτονται νέα, ούτε η παραγωγή του γίνεται με σταθερό ρυθμό.

Ο λόγος «Αποθέματα/Παραγωγή» άνθρακα για την Ελλάδα είναι τα 44 χρόνια. Αυτό σημαίνει ότι αν διατηρήσουμε τον ίδιο ρυθμό κατανάλωσης λιγνίτη για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ταυτόχρονα δεν βρεθούν νέα κοιτάσματα, ο λιγνίτης θα εξαντληθεί σε 44 χρόνια.

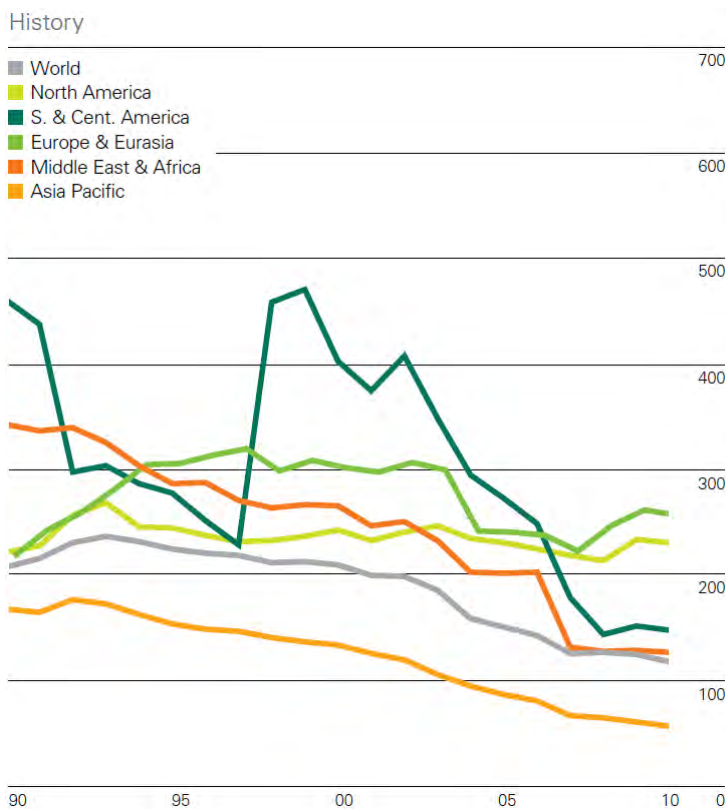
Από το διάγραμμα 3.16, το οποίο δείχνει την ιστορική εξέλιξη του λόγου «Αποθέματα/Παραγωγή» άνθρακα, μπορούμε να δούμε ότι στις αρχές της δεκαετίας του 1980 ο χρόνος εξάντλησής του άνθρακα ήταν πάνω από 200 χρόνια. Όπως φαίνεται στο διάγραμμα αυτό, κάθε χρόνο οι τιμή του λόγου μεταβάλλεται, με μειούμενη τάση.

Αντίθετα με το πετρέλαιο και το φυσικό αερίου, η ποσότητα του άνθρακα που παράγεται κάθε χρόνο δεν εξαρτάται από οικονομικούς, πολιτικούς και γεωστρατηγικούς παράγοντες. Αυτό συμβαίνει επειδή τα κράτη που χρισσιμοποιούν άνθρακα στην πραγματικότητα δεν έχουν άλλη επιλογή αφού ο άνθρακας είναι η φθηνότερη λύση. Έτσι, συμπερασματικά, θα μπορούσαμε ίσως να εμπιστευτούμε το αποτέλεσμα που προκύπτει από το λόγο «Αποθέματα/Παραγωγή», τουλάχιστον περισσότερο από αυτό που προκύπτει για τις άλλες μορφές καυσίμων.

Η τιμή του λόγου «Αποθέματα/Παραγωγή» του άνθρακα, δηλαδή τα 118 χρόνια, δεν είναι πολύ μικρή όπως σε άλλες περιπτώσεις. Στην Ελλάδα όμως η τιμή του λόγού είναι μόλις 44 χρόνια, γεγονός που πρέπει να μας ανησυχήσει ιδιαίτερα.



Διάγραμμα 3.15 : Λόγος «Αποθέματα/Παραγωγή» άνθρακα.
(πηγή: BP Report, 2011)



Διάγραμμα 3.16 : Ιστορική εξέλιξη λόγου «Αποθέματα/Παραγωγή» άνθρακα.
(πηγή: BP Report, 2011)

3.4 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΥΡΗΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η πυρηνική ενέργεια έχει να κάνει με την τεχνητή μη μαζική σχάση /διάσπαση πυρήνων σε ατομικούς αντιδραστήρες, η οποία παράγει μεγάλες ποσότητες θερμότητας που αξιοποιούνται στην παραγωγή ατμού με στόχο τη λειτουργία στροβιλογεννητήριων.

Το 100% της πυρηνικής ενέργειας χρησιμοποιείται σε εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρισμού σε αντίθεση με τις υπόλοιπες μορφές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πηγές πρωτογενούς ενέργειας.

Οι επιλογές για να συντηρηθεί η πυρηνική αντίδραση είναι:

- α) Καύσιμο: φυσικό ουράνιο, επιβραδυντής: βαρύ ύδωρ (>99,5% σε δευτέριο D- δηλ. Υδρογόνο με 2 νετρόνια).
- β) Καύσιμο: εμπλουτισμένο ουράνιο (2,5-3,5% σε U-235) ,επιβραδυντής: φυσικό νερό. (*Hinrichs & Kleinbach, 2006*)

Το βαρύ ύδωρ συνδυάζει πολλά επιθυμητά χαρακτηριστικά. Παρουσιάζει μικρότερη πιθανότητα “σύλληψης” των νετρονίων σε σχέση με το φυσικό νερό και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως επιβραδυντής σε αντιδραστήρες που ως καύσιμο χρησιμοποιούν φυσικό ουράνιο. Ακόμη ως υγρό, σε σχέση με τους στερεούς επιβραδυντές (π.χ. τον γραφίτη), έχει τη δυνατότητα κυκλοφορίας και μπορεί να δράσει ως μέσο ψύξης και μεταφοράς θερμότητας σε κλειστό βρόχο, από τον πυρήνα του αντιδραστήρα σε γεννήτριες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Σήμερα, στους περισσότερους πυρηνικούς αντιδραστήρες παραγωγής ενέργειας, χρησιμοποιείται φυσικό νερό, αφού έγινε εφικτή η παραγωγή εμπλουτισμένου ουρανίου. (*www.Chemist.gr, “η σελίδα των χημικών”*)

Η πυρηνική ενέργεια έχει διχάσει όσο καμία άλλη την επιστημονική κοινότητα λόγω της δυσκολίας ασφαλούς απόθεσης των πυρηνικών αποβλήτων και λόγω της συνεχούς επισφαλούς λειτουργίας των πυρηνικών εργοστασίων.

3.4.1 Παγκόσμια Αποδεδειγμένα Αποθέματα Ουρανίου

Η Αυστραλία έχει τα περισσότερα αποδεδειγμένα αποθέματα ουρανίου παγκοσμίως. Στον παρακάτω Πίνακα 8.2 παρουσιάζονται επιλεγμένες χώρες με τα μεγαλύτερα γνωστά αποθέματα ουρανίου στον κόσμο. Ως γνωστά αποθέματα ορίζονται τα αποθέματα ουρανίου τα οποία μπορούν να εξορυχτούν με τις υπάρχουσες τεχνολογίες εξόρυξης με κόστος ίσο ή μικρότερο των 80 δολαρίων ανά τόνο, για το έτος 1994.

<i>Χώρα</i>	<i>Μετρικοί τόνοι ουρανίου</i>
Αυστραλία	' 462.000
Καναδάς	277.000
Βραζιλία	162.000
Νιγηρία	159.170
Νότια Αφρική	144.400
Ηνωμένες Πολιτείες	114.000
Ναμίμπια	80.620
Αλγερία	26.000
Γαλλία	19.850
Ισπανία	17.850
Τσεχία	15.850

Πίνακας 3.6: Τα μεγαλύτερα γνωστά αποθέματα ουρανίου το 1994. (πηγή: Βλάχου, 2001)

3.4.2 Εξέλιξη χρήσης πυρηνικής ενέργειας στον κόσμο

Στον πίνακα 3.7 παρατηρούμε μία ελαφρώς μειούμενη χρήση της πυρηνικής ενέργειας την τελευταία δεκαετία. Επίσης, από τα διαγράμματα 3.17 και 3.18, είναι εμφανής η πρωτοπορία της Ευρώπης και της βόρειας Αμερικής στην παγκόσμια χρήση της.

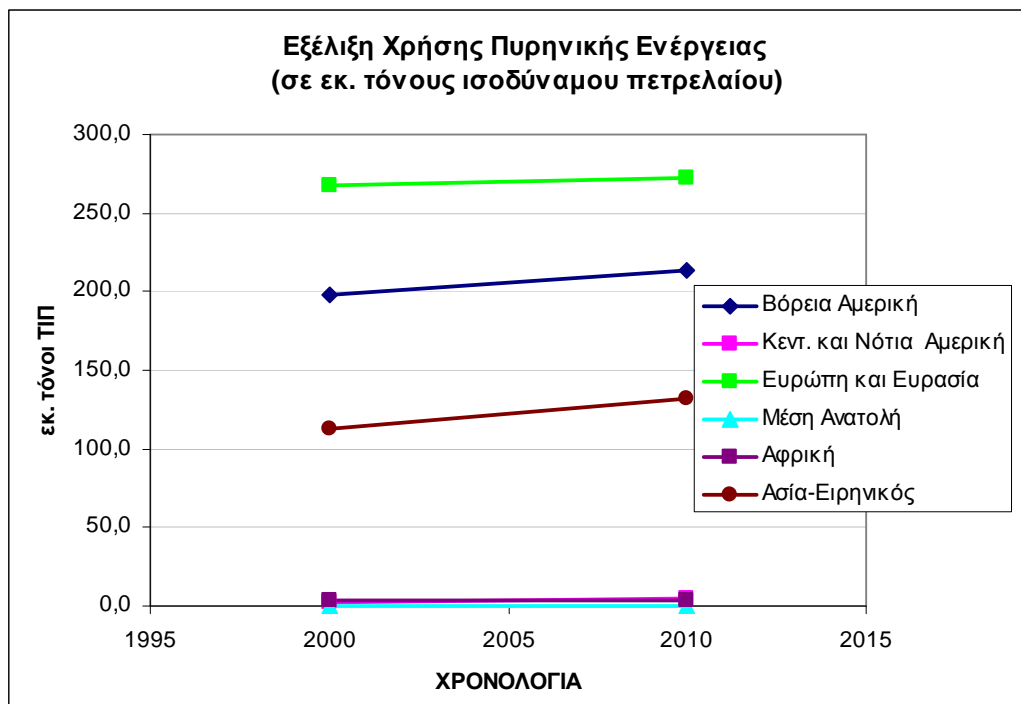
Η πρώτη χώρα σε ποσότητα παραγωγής πυρηνικής ενέργειας παγκοσμίως είναι οι ΗΠΑ με 192,2 τόνους ισοδύναμου πετρελαίου (ΤΙΠ). Η δεύτερη είναι η Γαλλία με 96,9 ΤΙΠ και τρίτη η Ιαπωνία με 66,2 ΤΙΠ. Την πρώτη εξάδα συμπληρώνουν η Ρωσία με 38,5 , η Νότιος Κορέα με 33,4 ΤΙΠ και η Γερμανία με 31,8 ΤΙΠ.

Η Τρίτη χώρα παγκοσμίως στην παραγωγή πυρηνικής ενέργειας, η Ιαπωνία, πλήρωσε πρόσφατα αυτήν της την επιλογή με τον χειρότερο τρόπο. Το εργοστάσιο παραγωγής πυρηνικής ενέργειας της πόλης χτυπήθηκε από θαλάσσιο κύμα που προκλήθηκε από υποθαλάσσιο σεισμό.

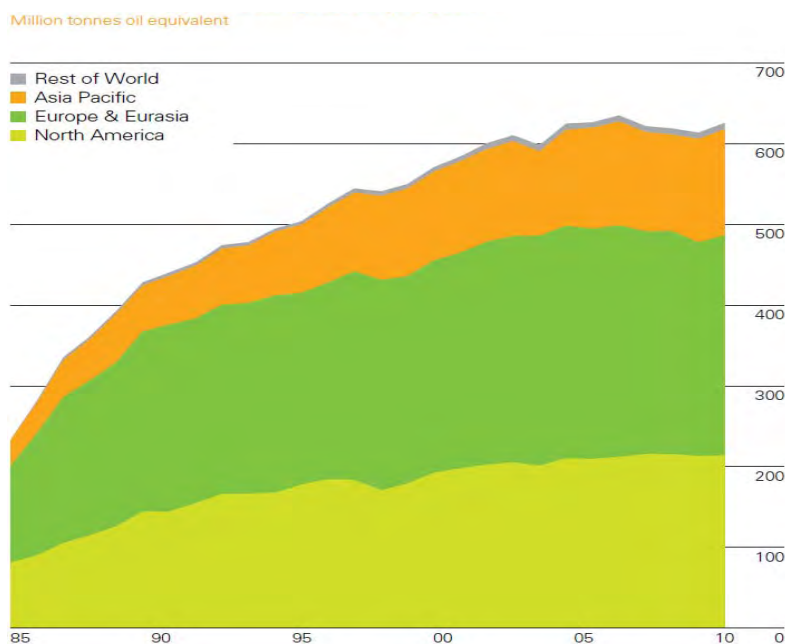
Το αποτέλεσμα ήταν καταστροφικό. Η σύγκριση με τη Χιροσίμα δίνει μια εικόνα για το μέγεθος της νέας καταστροφής. Οι ερευνητές της ιαπωνικής κυβέρνησης εκτιμούν ότι από τη Φουκουσίμα έχει διαρρεύσει μέχρι σήμερα καίσιο-137 που αντιστοιχεί με 15.000 terabecquerel. Συγκριτικά, η βόμβα ουρανίου που έριξαν οι Αμερικανοί στη Χιροσίμα τις τελευταίες ημέρες του Β' Παγκόσμιου Πολέμου απελευθέρωσε 89 terabecquerel. Οι ειδικοί εκτιμούν ότι η ποσότητα ραδιενέργειας που διέρρευσε είναι ανάλογη με αυτή του Τσερνομπίλ. (Τζιανουδάκης, *chemview.gr*)

Χρήση Πυρηνικής Ενέργειας				
Περιοχή	εκατομ.τόνοι ισοδύν.πετρελαίου έτος 2000	%	εκατομ.τόνοι ισοδύν.πετρελαίου έτος 2010	%
Βόρεια Αμερική	197,8	34	213,8	34
Κεντ. και Νότια Αμερική	2,8	0	4,9	1
Ευρώπη και Ευρασία	267,4	46	272,8	44
Μέση Ανατολή	0,0	0	0,0	0
Αφρική	3,1	1	3,1	0
Ασία- Ειρηνικός	113,3	19	131,6	21
Παγκόσμιο Σύνολο	584,4	100	626,2	100

Πίνακας 3.7: Χάρτης χρήσης πυρηνικής ενέργειας στον κόσμο σε εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου πετρελαίου (πηγή: επιλεγμένα και επεξεργασμένα στοιχεία του *BP Report 2011*)



Διάγραμμα 3.17 : Εξέλιξη χρήσης πυρηνικής ενέργειας σε εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου πετρελαίου. (πηγή: Ίδια επεξεργασία από επιλεγμένα στοιχεία του BP Report 2011)



Διάγραμμα 3.18 : Εξέλιξη Χρήσης πυρηνικής ενέργειας σε εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου πετρελαίου. (πηγή: BP Report 2011)

Σημείωση: 1 τόνος ισοδύναμου πετρελαίου (ΤΙΠ) ισοδυναμεί με 7,33 βαρέλια πετρελαίου, 1,5 τόνο άνθρακα και 1,111 κυβικά μέτρα φυσικού αερίου.

3.5 ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Στον πίνακα 3.8 φαίνονται συγκεντρωμένα τα στατιστικά στοιχεία που αφορούν την παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας το 2010 σε εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου πετρελαίου στις βασικές περιοχές του πλανήτη.

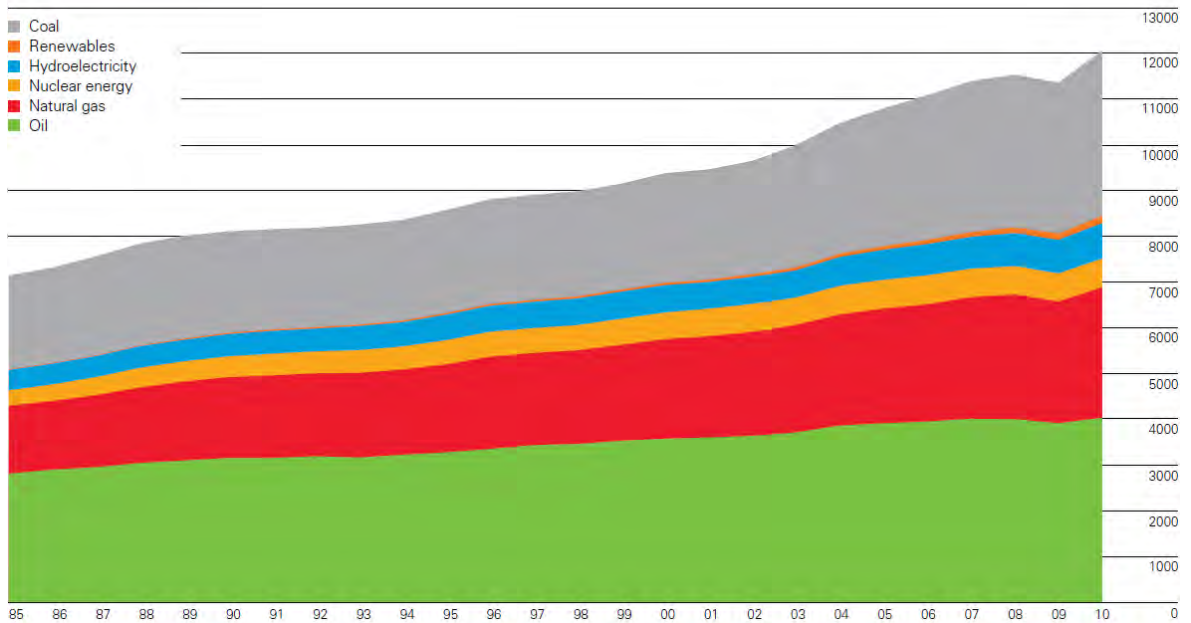
Περιοχή	Κατανάλωση Ενέργειας σε ΤΗΠ το 2010											
	Πετρέλαιο	%	Φ.Αέριο	%	Άνθρακας	%	Πυρηνική	%	Υδροηλ.	%	Ανανεώσιμες	%
Βόρεια Αμερική	1039,7	26	767,4	27	556,3	16	213,8	34	149,9	19	44,2	28
Κεντ. και Νότια Αμερική	282,0	7	132,9	5	23,8	1	4,9	1	157,2	20	11,1	7
Ευρώπη και Ευρασία	922,9	23	1023,5	36	486,8	14	272,8	44	195,9	25	69,6	44
Μέση Ανατολή	360,2	9	329,0	12	8,8	0	0,0	0	3,0	0	0,1	0
Αφρική	155,5	4	94,5	3	95,3	3	3,1	0	23,2	3	1,1	1
Ασία-Ειρηνικός	1267,8	31	510,8	18	2384,7	67	131,6	21	246,4	32	32,6	21
Παγκόσμιο Σύνολο	4028,1	100	2858,1	100	3555,7	100	626,2	100	775,6	100	158,7	100

Πίνακας 3.8: Χάρτης Παγκόσμιας Κατανάλωσης Ενέργειας το 2010 σε εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου πετρελαίου (πηγή: Ίδια επεξεργασία από στοιχεία του BP Report 2011)

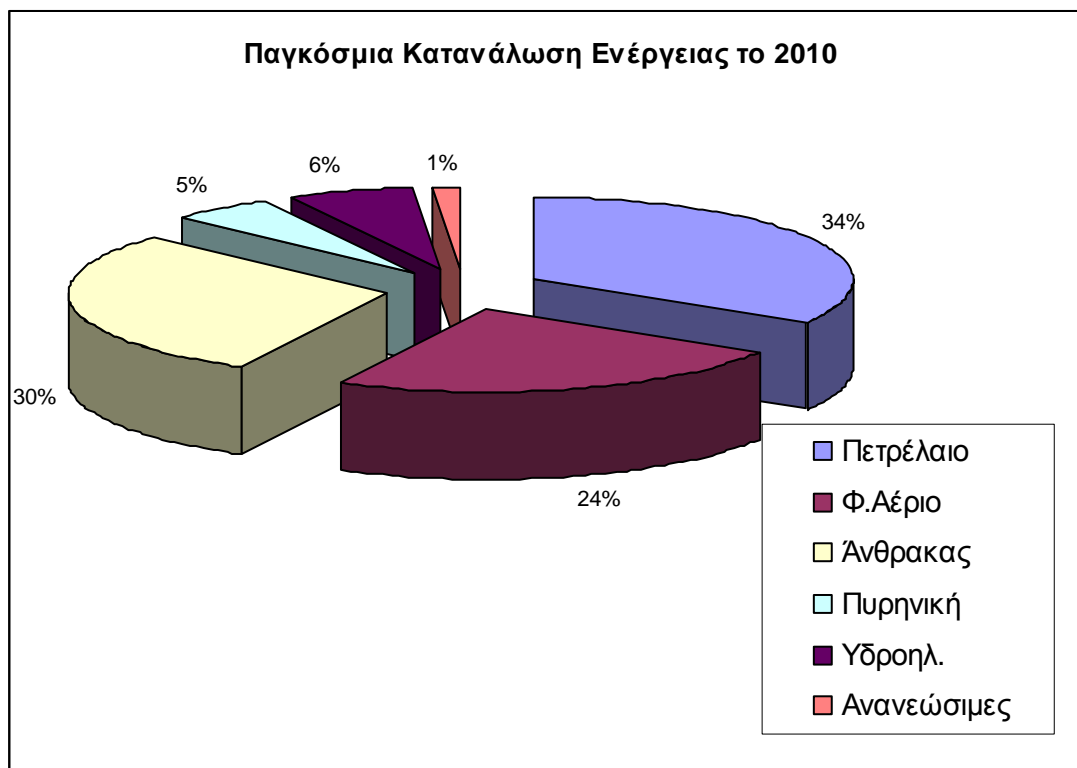
Τα αποτελέσματα που φαίνονται στα διαγράμματα που ακολουθούν, είναι εντυπωσιακά και πολλές φορές μη αναμενόμενα.

- Το πετρέλαιο είναι το πιο δημοφιλές καύσιμο παγκοσμίως σε ποσοστό 34%.
- Οι ανανεώσιμες μορφές ενέργειας καταλαμβάνουν μόλις το 1% παρόλο που για τους περισσότερους ερευνητές αποτελεί τη μόνη λύση για το ενεργειακό πρόβλημα του μέλλοντος.
- Η χρήση άνθρακα παγκοσμίως ανέρχεται στο 30% και όλα αυτά τα χρόνια όχι μόνο αυξάνεται σε ποσότητα χρήσης, αλλά και ως ποσοστό επι του συνόλου. Αυτό εξηγείται από την φρενήρη αύξηση της τιμής του πετρελαίου αναγκάζοντας τα φτωχά κράτη να στραφούν σε φθηνότερες μορφές ενέργειας.
- Το 2010 καταναλώθηκαν στον κόσμο **12 δισεκατομμύρια τόνοι** ισοδύναμου πετρελαίου.

World consumption
Million tonnes oil equivalent



Διάγραμμα 3.19 : Παγκόσμια Κατανάλωση Ενέργειας το 2010 σε εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου πετρελαίου. (πηγή: BP Report 2011)



Διάγραμμα 3.20 : Παγκόσμια Κατανάλωση Ενέργειας το 2010 σε ποσοστό επί του συνόλου (πηγή: Ίδια επεξεργασία από επιλεγμένα στοιχεία του BP Report 2011)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ – ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ

4.1. ΠΟΙΟ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ

Το Ενεργειακό πρόβλημα διατυπώθηκε στις αρχές του 50, αλλά συνειδητοποιήθηκε με τραγικό για την οικονομία τρόπο με τις ενεργειακές κρίσεις της δεκαετίας του 1970.

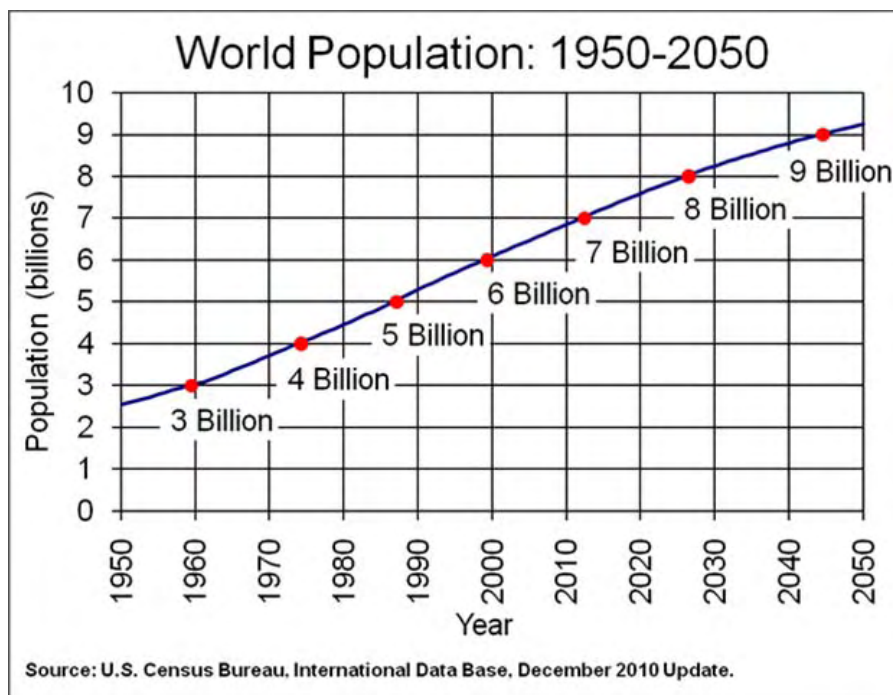
Το πρόβλημα σύμφωνα με τον Ανδρίτσο (2009) μπορεί να τεθεί με μια σειρά ερωτήσεων:

- Αντιμετωπίζουμε εξάντληση των συμβατικών ενεργειακών πόρων;
- Η ενεργειακή τροφοδοσία, αλλά και οι τιμές της ενέργειας, θα μείνουν σταθερές;
- Μπορούμε να μειώσουμε τις εκπομπές επιβλαβών ουσιών;
- Η τιμή - κόστος της ενέργειας επηρεάζει τη ζωή μας;
- Πως μπορούμε να μη εξαρτόμαστε από το πετρέλαιο;
- Πως εξασφαλίζεται η απρόσκοπτη παραγωγή ενέργειας χωρίς να τίθεται σε κίνδυνο το μέλλον της ανθρωπότητας; Με τις ΑΠΕ;
- Ποιο είναι το μέλλον της πυρηνικής ενέργειας;

Σημερινά δεδομένα

1. Ο πληθυσμός της Γης σήμερα ξεπερνά τα 6,8 δισεκατομμύρια και προβλέπεται ότι μπορεί να ξεπεράσει τα 10 δισεκατομμύρια σε 30 χρόνια. (*διαδίκτυο, census.gov*)
2. Η συντριπτική πλειονότητα των ανθρώπων ζουν σε συνθήκες διαβίωσης από μη ικανοποιητικές έως άθλιες. Το κατά κεφαλήν εισόδημα συσχετίζεται προσεγγιστικά με την κατανάλωση ενέργειας.

3. Σχεδόν > 85% των αναγκών της ανθρωπότητας σε ενέργεια προέρχεται από την καύση ορυκτών καυσίμων
4. Είναι δεδομένη η εξαντλησιμότητα των ορυκτών καυσίμων και μη δημοκρατική κατανομή τους.
5. Η αύξηση του πληθυσμού της γης και η προσπάθεια των αναπτυσσόμενων χωρών για αύξηση του βιοτικού τους επιπέδου θα οδηγήσει αναπόφευκτα σε μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας και μεγαλύτερη περιβαλλοντική υποβάθμιση.



Διάγραμμα 4.1 : Ο πληθυσμός της γης και η εξέλιξή του.
(πηγή: *US Census Bureau, net, 2010*)

Λόγω της σημαντικότητας του πληθυσμού, οι πόλεις κρατούν το κλειδί για ένα φιλικό και βιώσιμο ενεργειακό μέλλον. Σήμερα, οι πόλεις στις οποίες κατοικεί το 50 τοις εκατό του παγκόσμιου πληθυσμού - ποσοστό που αναμένεται να αυξηθεί στο 60 τοις εκατό έως το 2025. Οι κύριες μορφές ενέργειας που κυριαρχούν μέσα στις πόλεις είναι ορυκτά καύσιμα όπως το πετρέλαιο, ο άνθρακας και το φυσικό αέριο, μειώνοντας εκτός των άλλων την ποιότητα ζωής, ειδικά στα κέντρα των πόλεων. Οι πόλεις άμεσα και έμμεσα αντιπροσωπεύουν την πλειοψηφία της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας και τις αντίστοιχες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.

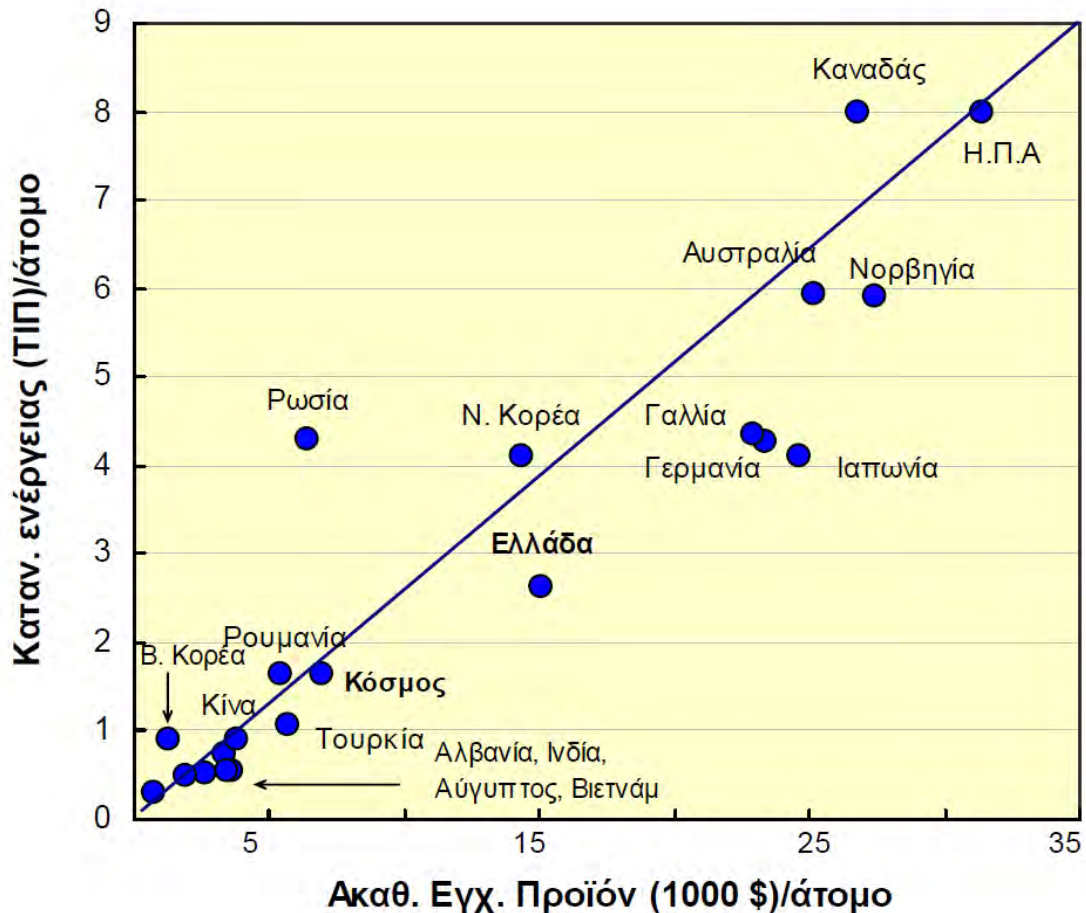
(*Lechtenböhrer, 2009*)

4.1.1 Εξάντληση Καυσίμων

Οι φυσικοί πόροι διακρίνονται σε εξαντλήσιμους και ανανεώσιμους πόρους, ανάλογα με το ρυθμό αναπλήρωσής τους από τη φύση. Η αναπλήρωση των εξαντλήσιμων πόρων από τη φύση γίνεται με πολύ αργό ρυθμό ώστε τα αποθέματά τους να θεωρούνται πεπερασμένα. Η χρήση, ως εκ τούτου, των μη ανανεώσιμων πόρων οδηγεί σταδιακά στη εξάντλησή τους. Παράδειγμα εξαντλήσιμων φυσικών πόρων αποτελούν τα ορυκτά καύσιμα και οι ενεργειακοί πόροι. Απαιτούνται, λοιπόν, νέοι ενεργειακοί πόροι ή ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ώστε να μην εξαντληθεί η ενέργεια ενός συστήματος.

Στο προηγούμενο κεφάλαιο είδαμε πότε αναμένεται να εξαντληθούν τα ορυκτά καύσιμα αν τα γνωστά αποθέματά τους και ο ρυθμός χρήσης τους μείνουν σταθερά. Η μέθοδος είναι απλοϊκή και μη έμπιστη. Όμως, ένα είναι το σίγουρο και κανένας ερευνητής παγκοσμίως δεν το αρνείται: Τα συμβατικά ορυκτά καύσιμα έχουν πεπερασμένη ποσότητα, χρησιμοποιούνται με φρενήρη ρυθμό και άρα η εξάντλησή τους είναι δεδομένη. Το μοναδικό ερώτημα είναι το πότε. Επειδή το «πότε» είναι ακόμα αδύνατο να υπολογισθεί με ασφάλεια και σαφήνεια, πρέπει όλες οι χώρες να προετοιμαστούν από τώρα.

Η κατανάλωση ενέργειας εξαρτάται άμεσα από την οικονομική κατάσταση των ανθρώπων. Στη σύγχρονη εποχή, η ευημερία επιτείνει το ήδη σοβαρό πρόβλημα της εξάντλησης. Στο διάγραμμα 4.2 φαίνεται αυτή η σχέση κατανάλωσης ενέργειας με την ευημερία.



Διάγραμμα 4.2 : Σχέση ενέργειας και ευημερίας
(πηγή: Ανδρίτσος, 2009)

4.1.2 Εξάρτηση Κρατών από το Εξωτερικό

Τα κράτη που δεν παράγουν ενέργεια και στηρίζονται στις εισαγωγές αντιμετωπίζουν ένα μεγάλο κίνδυνο. Η οικονομία, γενικά, εξαρτάται άμεσα από τη διαθεσιμότητα της ενέργειας. Έτσι, όλη η οικονομική δραστηριότητα αυτών των κρατών εξαρτάται από το εξωτερικό, κάνοντάς αυτές έρμαιο των πετρελαιοπαραγωγών, κυρίως, χωρών. Οι χώρες του ΟΠΕΚ έχουν αντιληφτεί την μεγάλη δύναμη που έχουν στα χέρια τους και γι' αυτό έχουν μετατραπεί σε καρτέλ το οποίο αυτή τη στιγμή επηρεάζει την παγκόσμια οικονομία. Όλοι θυμούνται την ενεργειακή κρίση στο τέλος της δεκαετίας του 1970 η οποία είχε ως αποτέλεσμα την ύφεση στις οικονομίες πολλών κρατών του κόσμου.

Ο Κάπρος (2006) αναφέρει ότι η ενεργειακή εξάρτηση ενός κράτους από το εξωτερικό περιγράφεται στατιστικά από τον «δείκτη ενεργειακής εξάρτησης».

Δείκτης ενεργειακής εξάρτησης

Δείκτης ο οποίος μετράει το ποσοστό των εισαγωγών ενέργειας στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση. Δηλαδή, το ποσοστό της ενέργειας που μια χώρα ή μια ευρύτερη περιοχή δεν μπορεί να το παράξει από δικούς της πόρους αλλά από εισαγόμενους από άλλες χώρες ή περιοχές καλείται ποσοστό ενεργειακής εξάρτησης. Στο διάγραμμα 4.3 φαίνεται αυτό το ποσοστό για τα κράτη της Ευρώπης.

- Αριθμητής: ποσότητα εισαγωγών
- Παρονομαστής: συνολική ακαθάριστη εγχώρια κατανάλωση καυσίμων

Οι διαφορές μεταξύ των χωρών οφείλονται

- Στην διαθεσιμότητα εγχώριων μορφών ενέργειας στην κάθε χώρα
- Στο βαθμό εκμετάλλευσής τους (συμπεριλαμβανομένων των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας)

(Κάπρος, 2006)



Διάγραμμα 4.3: Ο δείκτης επί τοις εκατό της ενεργειακής εξάρτησης κρατών στην Ευρώπη το 2005. (Κάπρος, 2006)

Όσο πιο εξαρτημένη ενεργειακά είναι μια χώρα, τόσο περισσότερο επηρεάζεται από τις διεθνείς αυξήσεις της τιμής των καυσίμων. Η Ευρώπη για να αντισταθμίσει την υπερβολική εξάρτηση από τις χώρες του ΟΠΕΚ, έκανε στρατηγικές συμφωνίες με τη Ρωσία που αφορούν κυρίως την εισαγωγή φυσικού αερίου (εικόνα 4.1).



Εικόνα 4.1 : Αγωγοί μεταφοράς φυσικού αερίου που δείχνουν την εξάρτηση της Ευρώπης. (πηγή: BP report, 2011)

4.1.3 Επιπτώσεις στο Περιβάλλον

Η εξόρυξη των φυσικών ενεργειακών πόρων συχνά καταλήγει σε σημαντική φυσική διατάραξη του φυσικού περιβάλλοντος, όπου ο πόρος βρίσκεται. Αυτή η φυσική διακοπή του φυσικού περιβάλλοντος έχει συχνά ως αποτέλεσμα σημαντική απώλεια στις ανέσεις και στις επιστημονικές, ψυχαγωγικές, και αισθητικές αξίες του περιβάλλοντος. (Kolstad and Krautkraemer, 1993; Hinrichs and Kleinbach, 2006)

Οι περιβαλλοντικές επιδράσεις ξεχωριστά για κάθε ορυκτό καύσιμο όπως τις περιγράφουν οι Henry και Heinke (2006) είναι οι εξής:

- Πετρέλαιο: Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, CO₂, H₂S, SO₂, NO_x.
Εκρήξεις και διαρροές στη θάλασσα και στο έδαφος, ρύπανση.
Ενοχλήσεις και υποβάθμιση περιοχών άντλησης.
- Φυσικό Αέριο: Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, CO₂, H₂S, SO₂, σε μικρότερη ποσότητα απ' ό τι τα υπόλοιπα.
Ισχυρές και επικίνδυνες εκρήξεις.
Μικρότερες ενοχλήσεις και μικρή υποβάθμιση περιοχών άντλησης.
- Άνθρακας: Πολύ μεγάλη ποσότητα εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, CO₂, H₂S, SO₂, NO_x προκαλώντας τοπικά και διακρατικά προβλήματα.
Τεράστιες ενοχλήσεις και καθολική υποβάθμιση περιοχών εξόρυξης.
- Πυρηνική Ενέργεια: Μηδενικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.
Εξαιρετικά μεγάλος κίνδυνος ατυχήματος.
Καθολική καταστροφή σε περίπτωση αστοχίας και έκρηξης ή διαρροής ραδιενέργειας. (Henry & Heinke, 1996)

Διαρροές Πετρελαίου

Κλασικό παράδειγμα είναι η πρόσφατη περιβαλλοντική καταστροφή στον κόλπο του Μεξικού από ατύχημα σε μια εξέδρα άντλησης της εταιρείας BP.

Έχουν συμβεί πολλά ατυχήματα σε πετρελαιοφόρα τάνκερ με συνέπεια την διαρροή πετρελαίου στη θάλασσα. Τα πιο σημαντικά σύμφωνα με τον David Castillon είναι τα εξής:

- Το Amoco Cadiz στη Γαλλία το 1978 όπου διέρρευσαν 60 εκατομμύρια γαλόνια πετρέλαιο.
- Το Torrey Canyon στη Μεγάλη Βρετανία το 1967 όπου διέρρευσαν 36 εκατομμύρια γαλόνια πετρέλαιο.
- Το Exxon Valdez στην Αλάσκα το 1989 όπου διέρρευσαν 11 εκατομμύρια γαλόνια πετρέλαιο.

- Το Argo Merchant στη Μασαχουσέτη των ΗΠΑ το 1976 όπου διέρρευσαν 7,5 εκατομμύρια γαλόνια πετρέλαιο.
- Το Mega Borg στον Κόλπο του Μεξικού το 1990 όπου διέρρευσαν 4,3 εκατομμύρια γαλόνια πετρέλαιο.

(πηγή: *Castillon, 1992*)

Η εξόρυξη, επεξεργασία, και κατανάλωση των μη ανανεώσιμων φυσικών πόρων ενέργειας είναι η πηγή πολλών μεγάλων περιβαλλοντικών προβλημάτων, που συμπεριλαμβάνουν την όξινη βροχή από τις εκπομπές θείου, την κλιματική αλλαγή από τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, και την απώλεια του διατηρημένου φυσικού περιβάλλοντος κυρίως στα σημεία εξόρυξης και τις διαδρομές μεταφοράς.

(*Kolstad and Krautkraemer, 1993*)

Όξινη βροχή

Η όξινη βροχή, δηλαδή βροχή με όξινες εναποθέσεις, είναι το αποτέλεσμα από τις χημικές αντιδράσεις που αφορούν το διοξείδιο του θείου και οξείδια του αζώτου, κυρίως από την καύση άνθρακα σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (παλαιότερα και από οικιακή καύση άνθρακα, πχ στην Αγγλία). Αυτές οι αντιδράσεις δίνουν μια μορφή δευτερογενών ρύπων όπως το διοξείδιο του αζώτου, ατμών νιτρικού οξέος και σταγονίδια που περιέχουν νιτρικό οξύ. Οι ρύποι αυτοί τελικά παρουσιάζονται ως αέρια αερολύματα, και λεπτά σωματίδια και σε υγρή μορφή, τα γνωστά σε όλους αιωρούμενα σωματίδια. Ξηρά εναπόθεση εμφανίζεται συνήθως σχετικά κοντά στην πηγή και πλέον η προσοχή επικεντρώνεται στην υγρή εναπόθεση η οποία μπορεί να επιστρέψει στο έδαφος αρκετές ημέρες αργότερα και σε άλλη χώρα (φτάνοντας έως 1000-2000 χιλιόμετρα μακριά). Είναι σήμερα γενικά αποδεκτό ότι η όξινη βροχή επηρεάζει αρνητικά λίμνες γλυκού νερού και των ποτάμιων συστημάτων καθώς και τα δέντρα. Οι επιδράσεις αυτές παρατηρήθηκαν σε μειωμένη ποικιλία ειδών σε λίμνες που είχαν υποστεί «οξίνιση» ή ακόμα και σε ολική καταστροφή της πανίδας. (*Κούγκολος, 2007*)

Κατά τον Κώττη (1994), η ατμόσφαιρα έχει ορισμένη οξύτητα η οποία επηρεάζεται τόσο από πρωτογενείς όσο και από δευτερογενείς ρύπους. Οι σπουδαιότεροι τέτοιοι πρωτογενείς ρύποι είναι το διοξείδιο του θείου, τα οξείδια του αζώτου, το

υδροχλώριο και το υδροφθόριο. Στους σημαντικότερους δευτερογενείς ρύπους περιλαμβάνονται το θειικό οξύ, τα θειικά άλατα, το νιτρικό οξύ, τα νιτρικά άλατα, το νιτρώδες οξύ και το όζον. Η όξινη βροχή όμως μπορεί να έχει και μη ανθρωπογενή προέλευση αφού η ατμόσφαιρα περιέχει συνήθως και διάφορα σωματίδια Φυσικής προέλευσης, πχ χώμα, σκόνη, αερολύματα από τη θάλασσα, ενδεχομένως διάφορα αέρια από Φυσικές πηγές (πχ. αέρια που εκλύονται από ηφαίστεια ή από διεργασίες βιοαποδόμησης κλπ). (Κώτης, 1994)

Σύμφωνα με τους Mather και Chapman (1995), η «καθαρή» βροχόπτωση ποικίλλει σε οξύτητα και έχει περίπου κατά μέσο όρο 5.6. Οι τιμές κάτω από αυτό δεν είναι απαραίτητα «απόδειξη» όξινης βροχής, αλλά συγκρινόμενες με άλλες μετρήσεις στις ίδιες περιοχές παρέχουν ισχυρές έμμεσες αποδείξεις. Το φαινόμενο έγινε για πρώτη φορά δημόσια ζήτημα ως αποτέλεσμα των μελετών που διενεργήθηκαν στη Σκανδιναβία στα τέλη της δεκαετίας του 1960. Διαπιστώθηκε ότι, με την οικοδόμηση ψηλότερων καμινάδων ώστε να μειωθεί τοπικά το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε βρετανικές πόλεις, οι εκπομπές από σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ταξίδευαν σε όλη τη Βόρεια Θάλασσα. Ο Καναδάς έχει υποστεί ομοίως από τις Ηνωμένες Πολιτείες εισαγωγή όξινης βροχής αφού όταν επικρατούν νότιοι άνεμοι μεταφέρουν τα προϊόντα καύσης του σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας του Οχάιο σε μια κοιλάδα κατά μήκος των συνόρων.

(Mather and Chapman, 1995; Κούγκολος,, 2007)

Παρά την πίεση από τους γείτονές τους, τόσο στις Ηνωμένες Πολιτείες όσο και το Ηνωμένο Βασίλειο ήταν απρόθυμα να λάβουν μέτρα για τη μείωση των εκπομπών από σταθμούς παραγωγής ενέργειας τους. Σημαντικές βελτίωση θα μπορούσε να επιτευχθεί με την εγκατάσταση εξοπλισμό καύσης φυσικού αερίου σε νέους και υπάρχοντες σταθμούς. Ο εξοπλισμός αυτός είναι πολύ ακριβός, όμως, κάτω από την διεθνή πίεση αποφασίστηκε να γίνει ένα μεγάλο έργο για την εγκατάσταση πιο οικολογικού σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Το πρώτο στάδιο ολοκληρώθηκε μόλις το 1993, ενώ είναι απίθανο να επαναληφθεί σε άλλους σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας άνθρακα από την ιδιωτικοποιημένη βιομηχανία

παροχής ηλεκτρικής ενέργειας στο Ηνωμένο Βασίλειο. Τα οικονομικά δεδομένα των εταιρικών ισολογισμών συχνά παίρνουν το προβάδισμα έναντι του «κόστος» περιβάλλοντος. Θεωρητικά μάλιστα, το Ηνωμένο Βασίλειο υπόκειται σε υπερεθνική πίεση από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, στην πράξη όμως δεν είναι πρόθυμοι να ανταποκριθούν στη μείωση του διοξειδίου του θείου (από το 2003 έχουν συμφωνηθεί από τα περισσότερα άλλα κράτη μέλη της ΕΕ). (*Mather and Chapman, 1995*)

Καταλαβαίνει κανείς ότι αν αυτά που περιγράφηκαν γίνονται στην Ευρώπη του 21ου αιώνα, τι μπορεί να γίνεται σε άλλες χώρες όπως η Κίνα, η οποία είναι ο μεγαλύτερος χρήστης άνθρακα παγκοσμίως.

Φαινόμενο του θερμοκηπίου -Κλιματική αλλαγή

Το πρόβλημα όξινης βροχής δεν αντέχει σε σύγκριση με το θέμα της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Η ατμόσφαιρα της γης ρυθμίζει την διάχυση της ηλιακής ενέργειας. Μεγάλο μέρος από τη συνεχή ακτινοβολία (και πιο συγκεκριμένα από την υπεριώδη ακτινοβολία που επανεκπέμπει η γη στο διάστημα κατά τη διάρκεια κυρίως της νύχτας (*Κούκγολος, 2007*)) προσωρινά παγιδεύεται από τα «αέρια του θερμοκηπίου» (δηλαδή το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο και χλωροφθοράνθρακες (CFCs)) τα οποία είναι απαραίτητα για τη διατήρηση του περιβάλλοντος σε συνθήκες θερμοκρασίας που υποστηρίζουν τη ζωή στον πλανήτη. (*Κώτης, 1994; Κούκγολος, 2007*)

Αυτό συντελεί στην αύξηση της ικανότητας της ατμόσφαιρας να αποθηκεύει θερμότητα. Για το λόγο αυτό η μέση θερμοκρασία του πλανήτη μας τείνει να αυξάνεται με αργό μεν αλλά συνεχή ρυθμό. Με την αύξηση της θερμοκρασίας απειλείται μεταβολή των κλιματολογικών συνθηκών που θα επηρεάσει δυσμενώς τη δυνατότητα για γεωργική παραγωγή και θα προκαλέσει τη σταδιακή τήξη των πάγων των πολικών περιοχών. Αποτέλεσμα της τελευταίας θα είναι η αύξηση της στάθμης των θαλασσών και η κάλυψη από νερό όπου οι περιοχές της ξηράς που βρίσκονται δίπλα στις θάλασσες έχουν χαμηλό ύψος. Σύμφωνα με ορισμένες εκτιμήσεις, μάλιστα, η μέση θερμοκρασία της Γης αυξήθηκε κατά μισό περίπου βαθμό κελσίου

από το 1900 μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1980. Προβλέπεται δε ότι μπορεί να αυξηθεί για άλλους 1,5-4,5 βαθμούς κελσίου μέχρι το έτος 2050. (Κώτης, 1994)

Το ποσοστό του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα (κατά μέσο όρο το 2001 0,035 τοις εκατό) είναι γνωστό ότι δεν είναι σταθερό στο πέρασμα του χρόνου. Είναι, όμως, επίσης γνωστό ότι τα ποσοστά έχουν αυξηθεί κατά 25 τοις εκατό τα τελευταία 100 χρόνια. Η πρόσφατη αυτή αύξηση πιθανώς αντανακλά την ανθρώπινη δραστηριότητα. Η αποψίλωση των δασών έχει μεγάλη σημασία αλλά περισσότερο από το μισό του διοξειδίου του άνθρακα, που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα από το 1860, εκτιμάται ότι είναι αποτέλεσμα της καύσης ορυκτών καυσίμων. Η μέση θερμοκρασία της επιφάνειας του πλανήτη φαίνεται να έχει αυξηθεί κατά την ίδια περίοδο με ανάλογο τρόπο. (Mather and Chapman, 1995)

Είναι αδύνατο με τις υπάρχουσες επιστημονικές γνώσεις να αποδείξει κανείς ότι αυτή η αύξηση είναι ανθρωπογενής ή ακόμη ότι αποτελεί συνέπεια της αύξησης της ατμοσφαιρικής συγκέντρωσης των αερίων του θερμοκηπίου. Οι επιπτώσεις της περαιτέρω αύξησης της μέσης τιμής της θερμοκρασίας στα φυσικά οικοσυστήματα είναι ακόμα πιο αβέβαιη. (Mather and Chapman, 1995)

Εκπεμπόμενοι Ρύποι κατά την Καύση διαφόρων Καυσίμων σε Μονάδα Ατμοπαραγωγής (mg ανά MJ εισαγόμενης θερμότητας καυσίμου)					
Τύπος Καυσίμου	Σωματίδια	Οξείδια του Αζώτου	Διοξείδιο του Θείου	Μονοξείδιο του Άνθρακα	Υδρογονάνθρακες
Γαιάνθρακας	1.092	387	2.450	13	2
Μαζούτ	96	170	1.400	14	3
Ντίζελ	6	100	220	16	3
Φυσικό Αέριο	4	100	0,3	17	1

Πηγή: Δ.Ε.Π.Α & Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος των ΗΠΑ

Πίνακας 4.1 : Εκπεμπόμενοι ρύποι από συμβατικά καύσιμα. (πηγή: διαδίκτυο) <http://www.cie.org.cy/sxoliko.html#menu5-1>

4.2 ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Η αντιμετώπιση του ενεργειακού προβλήματος απασχολεί τις σύγχρονες χώρες εδώ και δεκαετίες, ενώ τα τελευταία χρόνια έχει καταστεί ως μία από τις σημαντικότερες προκλήσεις του κοντινού μέλλοντος. Γενικά, η στενότητα των φυσικών πόρων μπορεί να αντιμετωπιστεί, ή τουλάχιστον να μετριαστεί σημαντικά, με

- μέτρα ενεργειακής πολιτικής
- την τεχνολογική πρόοδο,
- τις ανακαλύψεις νέων κοιτασμάτων,
- την ανακύκλωση και
- την εύρεση υποκατάστατων πόρων οι οποίοι καλό θα ήταν να είναι ανανεώσιμοι.

Βέβαια, όσον αφορά τους ενεργειακούς πόρους, η ανακύκλωση δεν μπορεί να εφαρμοσθεί αφού γνωρίζουμε από την επιστήμη της φυσικής ότι καμιά μετατροπή ενέργειας από τη μια μορφή στην άλλη δεν είναι εντελώς αποτελεσματική, υπάρχει πάντοτε απώλεια κάποιου ποσού ενέργειας, ενώ η ενέργεια που χρησιμοποιήθηκε δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί εκ νέου για επιπλέον έργο. Η ανακύκλωση θα μπορούσε να εφαρμοσθεί στο πρόβλημα εξάντλησης των ορυκτών μετάλλων.

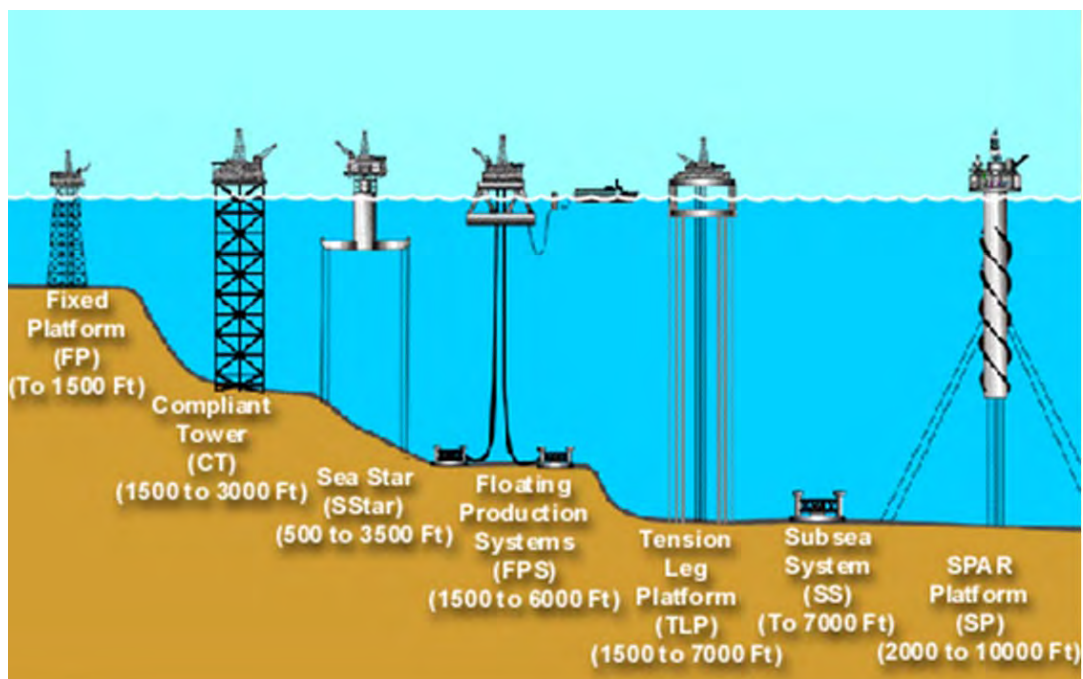
4.2.1 Τεχνολογική πρόοδος

Η τεχνολογική πρόοδος αφορά την τεχνολογία που υπάρχει για την ανακάλυψη νέων κοιτασμάτων ορυκτών καυσίμων. Όσο βελτιώνεται αυτή η τεχνολογία, τόσο μεγαλύτερα αποθέματα ανακαλύπτονται. Αυτό, μάλιστα, συμβαίνει και τις τελευταίες δεκαετίες. Ενώ θα περίμενε κανείς ότι τα αποθέματα πετρελαίου θα μειώνονταν, σήμερα τα αποθέματα αυτά είναι περίπου ίσα με τα γνωστά αποθέματα που υπήρχαν στον κόσμο το 1980.

Με άλλα λόγια η βελτίωση της τεχνολογίας θα μπορούσε να μας βοηθήσει να αυξήσουμε τα δυναμικά αποθέματα πετρελαίου ή και φυσικού αερίου ανακαλύπτοντας νέα κοιτάσματα.

Όμως, η βελτίωση της τεχνολογίας θα μπορούσε να έχει και άλλη μία σημαντική εφαρμογή. Τα αποδεδειγμένα αποθέματα είναι μέρος των συνολικών δυναμικών αποθεμάτων. Το αν ένα κοιτάσμα είναι οικονομικά εκμεταλλεύσιμο σήμερα εξαρτάται από το κόστος εξόρυξης του ενεργειακού πόρου το οποίο με τη σειρά του εξαρτάται από την τεχνολογία εξόρυξης.

Με την βελτίωση της τεχνολογίας θα μπορούσε να ανακαλυφθεί μια νέα καλύτερη μέθοδος εξόρυξης και ως εκ τούτου ένα δυναμικό κοιτάσμα πετρελαίου να γίνει εκμεταλλεύσιμο. Είτε επειδή το κόστος εξόρυξης μειώθηκε, είτε επειδή με την νέα τεχνολογία μπορούμε να αντλήσουμε από μεγαλύτερο βάθος.



Εικόνα 4.2: Εξέλιξη μεθόδων εξόρυξης σε υποθαλάσσια αποθέματα πετρελαίου στην προσπάθεια να αξιοποιηθούν τα πιο δυσπρόσιτα κοιτάσματα.

(πηγή: Σόλωνας Κασίνης, Εκπαιδευτικό πρόγραμμα για την ενέργεια)

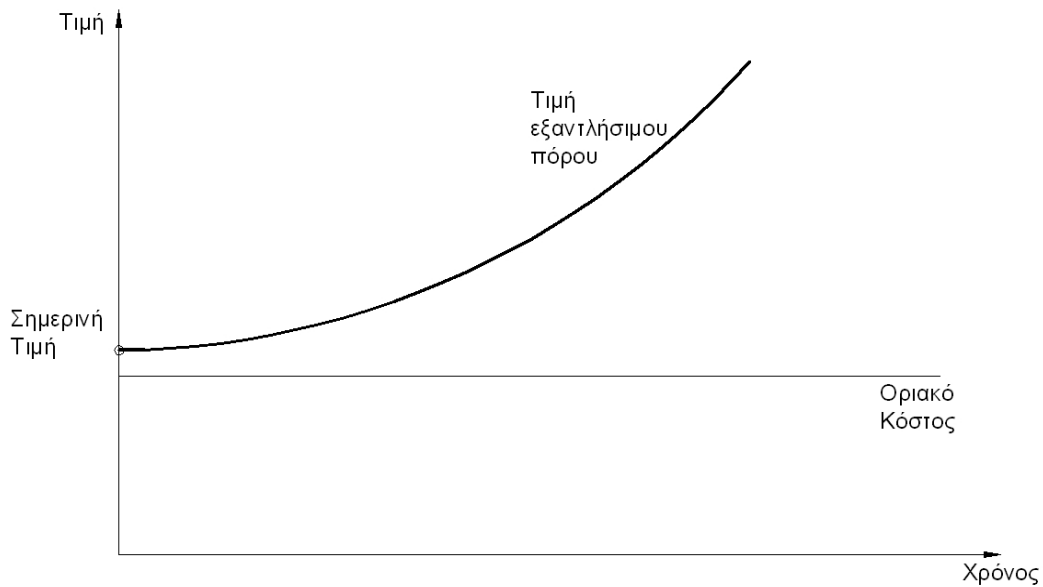
Πολλά κοιτάσματα ορυκτών καυσίμων δεν είναι καθαρά αλλά έχουν προσμίξεις και άχρηστα υλικά τα οποία δυσκολεύουν πολλές φορές το διαχωρισμό τους από το καθαρό καύσιμο. Η βελτίωση της τεχνολογίας θα μπορούσε να βοηθήσει και σε αυτή την περίπτωση.

Σε θεωρητικό επίπεδο, η βελτίωση της τεχνολογίας θα μπορούσε να κάνει πραγματικότητα την δημιουργία ενός εντελώς τεχνητού υποκατάστατου των ορυκτών καυσίμων. Αυτό όμως θεωρείται αδύνατο από πολλούς επιστήμονες τουλάχιστον για το ορατό μέλλον.

Όμως, θα μπορούσε να βελτιωθεί η απόδοση των υπάρχοντων υποκατάστατων όπως για παράδειγμα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Επίσης, η βελτίωση της τεχνολογίας θα είχε ως αποτέλεσμα την μείωση του κόστους παραγωγής του υποκατάστατου με αποτέλεσμα να υποκαταστήσει τα ορυκτά καύσιμα σε συντομότερο χρονικό διάστημα, όπως φαίνεται στο διάγραμμα 4.5.

4.2.2 Ύπαρξη Υποκατάστατου

Η ύπαρξη ενός υποκατάστατου, που μπορεί να προσφέρει τις ίδιες υπηρεσίες με τον εξαντλήσιμο πόρο, επηρεάζει τη διαχρονική εξέλιξη της τιμής του πόρου αυτού καθώς και της ποσότητας χρήσης του. Συνήθως, το υποκατάστατο μπορεί να προσφέρει τις ίδιες υπηρεσίες αλλά σε υψηλότερο κόστος.

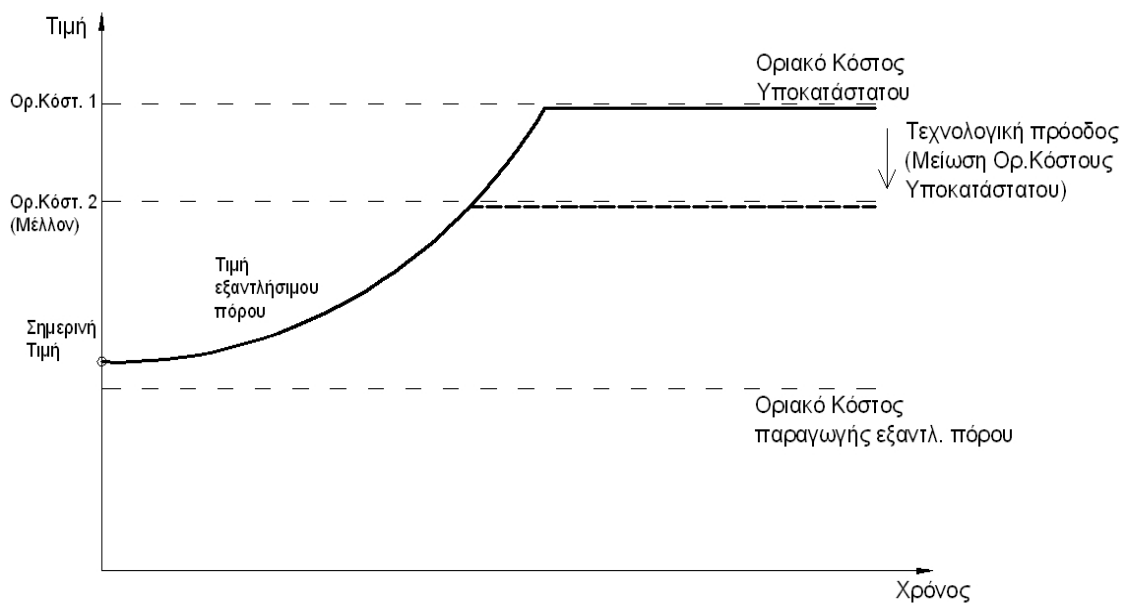


Διάγραμμα 4.4 : Η θεωρητική διαχρονική εξέλιξη της τιμής ενός εξαντλήσιμου πόρου (πχ ορυκτών καυσίμων) (πηγή: ίδια επεξεργασία από Βλάχου, 2001; Mather and Chapman, 1995)

Η τιμή του εξαντλήσιμου πόρου συνεχώς θα αυξάνεται με ρυθμό ανάλογο προς το ρυθμό εξάντλησης του, όπως φαίνεται στο διάγραμμα 4.4 . Το οριακό κόστος του υποκατάστατου (πχ ανανεώσιμου πόρου) αποτελεί το όριο μέχρι του οποίου μπορεί να αυξηθεί η τιμή του εξορυσσόμενου πόρου (διάγραμμα 4.5).

Για παράδειγμα, η τιμή του πετρελαίου θα αυξάνεται σταθερά με την εξάντλησή του μέχρι να φτάσει την τιμή των βιοκαυσίμων. Αν αυξηθεί λίγο περισσότερο, τότε όλη η αγορά θα στραφεί στα βιοκαύσιμα με αποτέλεσμα τον μηδενισμό, ίσως, της χρήσης πετρελαίου.

Αυτό που αναμένεται να συμβεί στην πραγματικότητα είναι ότι το υποκατάστατο μπορεί να χρησιμοποιείται για κάποιο χρονικό διάστημα παράλληλα με τον εξαντλήσιμο πόρο, βέβαια σε ίδια τιμή. (Βλάχου, 2001)



Διάγραμμα 4.5 : Η θεωρητική διαχρονική εξέλιξη της τιμής ενός εξαντλήσιμου πόρου (πχ ορυκτών καυσίμων) στην περίπτωση ύπαρξης υποκατάστατου.
(πηγή: ίδια επεξεργασία από Βλάχου, 2001)

Το φαινόμενο που περιγράφηκε είναι πιο περίπλοκο στην πραγματικότητα. Γενικεύοντας την απλουστευμένη ανάλυση που προηγήθηκε βλέπει κανείς ότι το κόστος εξόρυξης δεν είναι σταθερό αλλά επηρεάζεται τόσο από το επίπεδο εξόρυξης, όσο και από το μέγεθος του εναπομείναντος αποθέματος του εξαντλήσιμου πόρου.

Γενικά, μπορεί να πει κανείς ότι η πεπερασμένη φύση των ορυκτών και πυρηνικών πηγών ενέργειας γίνεται ολοένα και πιο εμφανής. Μεσοπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα δεν υπάρχει άλλη λύση από την πλήρη εξάρτηση από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ως υποκατάστατο των συμβατικών σημερινών μορφών ενέργειας. Η σκοπιμότητα αυτής της μετατροπής δεν είναι πλέον υπό αμφισβήτηση, αλλά ζητείται και απαιτείται πλέον από έναν αυξανόμενο αριθμό επιστημόνων και πολιτικών. Αυτό δεν είναι ένα ζήτημα του «αν» αλλά του «πότε» θα συμβεί. Στο πλαίσιο αυτό, τα σύγχρονα τουλάχιστον κράτη έχουν αποφασιστική λειτουργία για να προωθηθεί μια μετάβαση στην εποχή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

(Moser et al., 2009)

Σε ποιο ποσοστό όμως θα πρέπει να συμμετέχουν τα υποκατάστατα των ορυκτών καυσίμων; Σύμφωνα με ορισμένες πηγές η παγκόσμια κορύφωση της παραγωγής πετρελαίου έχει περάσει και το ποσοστό της μείωσης αναμένεται να υπερβεί το 3 τοις εκατό ετησίως. (*Schindler και Zittel, 2007*)

Η ατμόσφαιρα είναι υπερ-κορεσμένη με αέρια που προκαλούν παγίδευση της ηλιακής ακτινοβολίας. Μετά την οξίνιση, οι ωκεανοί του πλανήτη έχουν αρχίσει να απορρίπτουν και όχι να απορροφούν το εκπεμπόμενο διοξείδιο του άνθρακα. Η έκκληση, λοιπόν, είναι για υποκατάστατα σε ποσοστό 100 τοις εκατό, ένας στόχος ο οποίος δεν είναι συνεπώς μια ουτοπική πολεμική εναντίον της χρήσης ορυκτών καυσίμων, την κοινωνική αδικία και την υπερκατανάλωση, αλλά μια νηφάλια κίνηση για την εξασφάλιση της αρμονικής συνέχειας του πολιτισμού. Μας πιέζει έντονα η αντικατάσταση των συστημάτων καύσης ορυκτών καυσίμων με άλλα που χρησιμοποιούν τη δύναμη του ήλιου, τον αέρα, τη γη. Η μόνη λογική και, τελικά, συνολικός στόχος δεν είναι το 10, 20 ή 60 τοις εκατό από το σύνολο της παγκόσμιας ενέργειας, αλλά τίποτα λιγότερο από 100 τοις εκατό, που πρέπει να επιτευχθεί το συντομότερο δυνατό. (*Droege, 2009*)

Από το διάγραμμα 4.5 καταλαβαίνει κανείς αυτό που ισχυρίζονται πολλοί επιστήμονες σε όλο τον κόσμο, ότι δηλαδή το πετρέλαιο σαν πεπερασμένη ποσότητα δεν πρόκειται να εξαντληθεί ποτέ ακόμα και αν ανακαλυφθούν ως δια μαγείας όλα τα αποθέματά του και η τεχνολογική πρόοδος τα καταστήσει κάποια στιγμή πλήρως αξιοποιήσιμα. Με βάση απλούς νόμους της αγοράς, όσο θα μειώνονται τα αποθέματα πετρελαίου, αυτό θα καθίσταται ακριβότερο και μη συμφέρον. Απλά, λοιπόν, θα εξαντληθεί σιγά-σιγά το φθηνό και συμφέρον πετρέλαιο. (*Chiras and Reganold, 2010*)

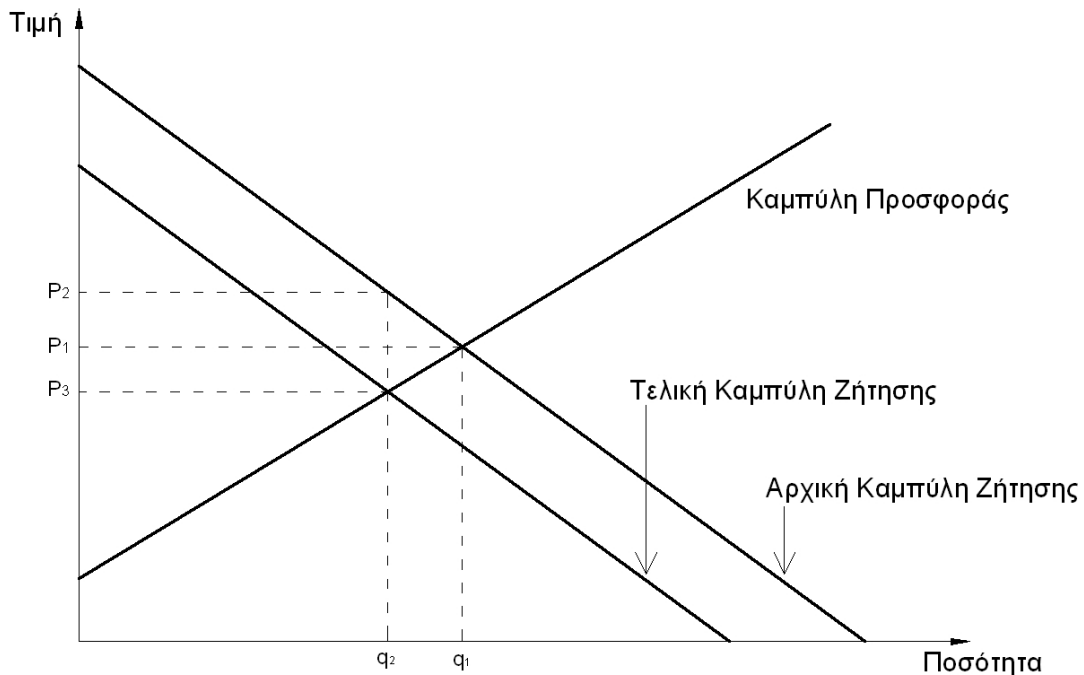
4.2.3 Μέτρα Ενεργειακής Πολιτικής

Το πετρέλαιο και τα άλλα ορυκτά καύσιμα είναι εξαντλήσιμοι πόροι και, επομένως, τίθεται θέμα αποτελεσματικής αξιοποίησης τους και ομαλής μετάβασης σε υποκατάστατα, κυρίως ανανεώσιμους πόρους. Μέτρα τα οποία ενθαρρύνουν την

εξοικονόμηση ενέργειας και τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης συντελούν στην αποτελεσματική αξιοποίηση των υπαρχόντων αποθεμάτων, ενώ μέτρα που βοηθούν την προώθηση των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας μετριάζουν τον κίνδυνο της εξάντλησης.

4.2.3.1 Προσαρμογή της λειτουργίας της αγοράς ενέργειας

Η λειτουργία της αγοράς ενέργειας παρέχει τα κίνητρα για αποτελεσματικές προσαρμογές σε νέες συνθήκες, με την προϋπόθεση να λειτουργεί σε συνθήκες πλήρους ανταγωνισμού. Για παράδειγμα, μια αύξηση της τιμής της ενέργειας από P1 σε P2, όπως φαίνεται στο διάγραμμα 4.6, δημιουργεί εξοικονόμηση ενέργειας q_1q_2 , δηλαδή μια μετακίνηση πάνω στην υπάρχουσα καμπύλη ζήτησης. Η εξοικονόμηση αυτή μπορεί να είναι το αποτέλεσμα πολλών μικρών αλλαγών στη χρήση ενέργειας (ορθολογικότερη χρήση ενέργειας για φωτισμό και θέρμανση, ορθολογικότερη χρήση αυτοκινήτου, κλπ). Η αύξηση της τιμής μπορεί όμως να αποτελέσει κίνητρο για τεχνολογική μεταβολή, η οποία, για παράδειγμα, βελτιώνει την ενεργειακή απόδοση στην τελική χρήση και άρα μειώνει την κατανάλωση. Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα τη μετατόπιση ολόκληρης της καμπύλης ζήτησης σε νέα θέση («τελική θέση» στο διάγραμμα 4.6). Η τελική καμπύλη ζήτησης τέμνει την καμπύλη προσφοράς σε μια ποσότητα q_2 , η οποία είναι μικρότερη από την αρχική, ώστε η εξοικονόμηση να είναι q_1q_2 , ενώ η τιμή μειώθηκε ταυτοχρόνως σε P3. Έτσι, ενώ μειώνεται η τιμή κάτω του αρχικού επιπέδου P1, επιτυγχάνεται εξοικονόμηση του ενεργειακού πόρου. Με την προϋπόθεση ότι θα υπάρξει τεχνολογική μεταβολή, η προαναφερθείσα πολιτική θεωρείται άκρως πετυχημένη. (Βλάχου, 2001)



Διάγραμμα 4.6 : Η προσαρμογή της αγοράς σε αλλαγές ενεργειακής πολιτικής.
(πηγή: Ίδια επεξεργασία από Βλάχου 2001)

4.2.3.2 Φόροι κατανάλωσης

Η πιθανότητα ότι οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τη χρήση ορυκτών καυσίμων μπορεί να οδηγήσει σε υπερθέρμανση του πλανήτη έχει γίνει μια πρωταγωνιστική περιβαλλοντική ανησυχία. Πολλές επιστημονικές και περιβαλλοντικές οργανώσεις έχουν ζητήσει την άμεση δράση για να περιοριστούν αυτές οι εκπομπές. Μια πιθανή πολιτική θα ήταν να εισαχθεί ένας παγκόσμιος φόρος για τη χρήση ορυκτών καυσίμων. Ειδικότερα, θα ήταν δυνατόν να εισαχθεί ο φόρος επί της περιεκτικότητας σε άνθρακα των ορυκτών καυσίμων. Ο φόρος στον άνθρακα θα μειώσει τη χρήση ορυκτών καυσίμων από την υποκατάσταση των ενεργειακών πηγών άνθρακα, πετρελαίου και φυσικού αερίου από άλλες όπως η ηλιακή, η πυρηνική και υδροηλεκτρική ενέργεια. (Jorgenson and Wilcoxon, 1993)

Αυτό πρότειναν οι συγγραφείς Jorgenson και Wilcoxon το 1993. Όπως θα περιγραφεί και πιο κάτω, το 2011 δεν έχει αλλάξει σε τίποτα αυτή η λογική, η οποία

όμως παραμένει σε θεωρητικό επίπεδο ακόμα και στις πιο σύγχρονες δυτικές χώρες. Επίσης, παρατηρεί κανείς ότι οι δύο προαναφερθέντες συγγραφείς προτιμούν την πυρηνική ενέργεια από την χρήση φυσικού αερίου, κάτι που δεν είναι αποδεκτό από την πλειοψηφία των ερευνητών σήμερα.

Το κράτος, λοιπόν, μπορεί να παρέμβει στην αγορά ενέργειας με μέτρα για την επίτευξη των στόχων της ενεργειακής πολιτικής. Αυτά μπορεί να είναι οι άμεσοι διοικητικοί περιορισμοί, ο φόρος επί της κατανάλωσης ενέργειας ή συγκεκριμένων μορφών της, προκειμένου να στραφεί η κατανάλωση προς άλλες μορφές, επιδοτήσεις της εγχώριας παραγωγής καθώς και της έρευνας και ανάπτυξης νέας τεχνολογίας, διατήρηση στρατηγικών αποθεμάτων, κλπ. Τα διοικητικά μέτρα θέτουν συνήθως προδιαγραφές σχετικά με την ενεργειακή απόδοση του μηχανικού εξοπλισμού (λέβητες, οικιακές συσκευές, κλπ.), ή σχετικά με την καθαρότητα των καυσίμων.

Ποια επίδραση θα είχε όμως ο κρατικός φόρος επί της κατανάλωσης ενέργειας; Αυτό που κάνει είναι ότι μετατοπίζει την καμπύλη ζήτησης προς τα αριστερά σε νέα θέση, ενώ, ταυτόχρονα, με δεδομένη την καμπύλη προσφοράς, επιτυγχάνει εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης $q_1 - q_2$. Οι φόροι μπορεί να τεθούν επιλεκτικά σε μεμονωμένες μορφές ενέργειας (πχ άνθρακα, βενζίνη), ώστε να αλλάξει η διάρθρωση της ενεργειακής κατανάλωσης και να επιτευχθεί ταυτόχρονα εξοικονόμηση. Πιο συγκεκριμένα, ο φόρος άνθρακα για την αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου αναμένεται να μειώσει τη ζήτηση για ορυκτά καύσιμα και να ενθαρρύνει τη ζήτηση για ανανεώσιμες μορφές ενέργειας. Ο φόρος επί της βενζίνης επιφέρει εξοικονόμηση καυσίμου. Με δεδομένη την καμπύλη προσφοράς, όσο πιο ελαστική είναι η καμπύλη ζήτησης, τόσο μεγαλύτερη θα είναι η επίδραση του φόρου. Με δεδομένη την καμπύλη ζήτησης, όσο πιο ελαστική είναι η καμπύλη προσφοράς τόσο μεγαλύτερη θα είναι η επίπτωση του φόρου στην καταναλωτική συμπεριφορά των καταναλωτών ενέργειας. (Βλάχου, 2001)

4.2.3.3 Εθνική οικονομική ασφάλεια

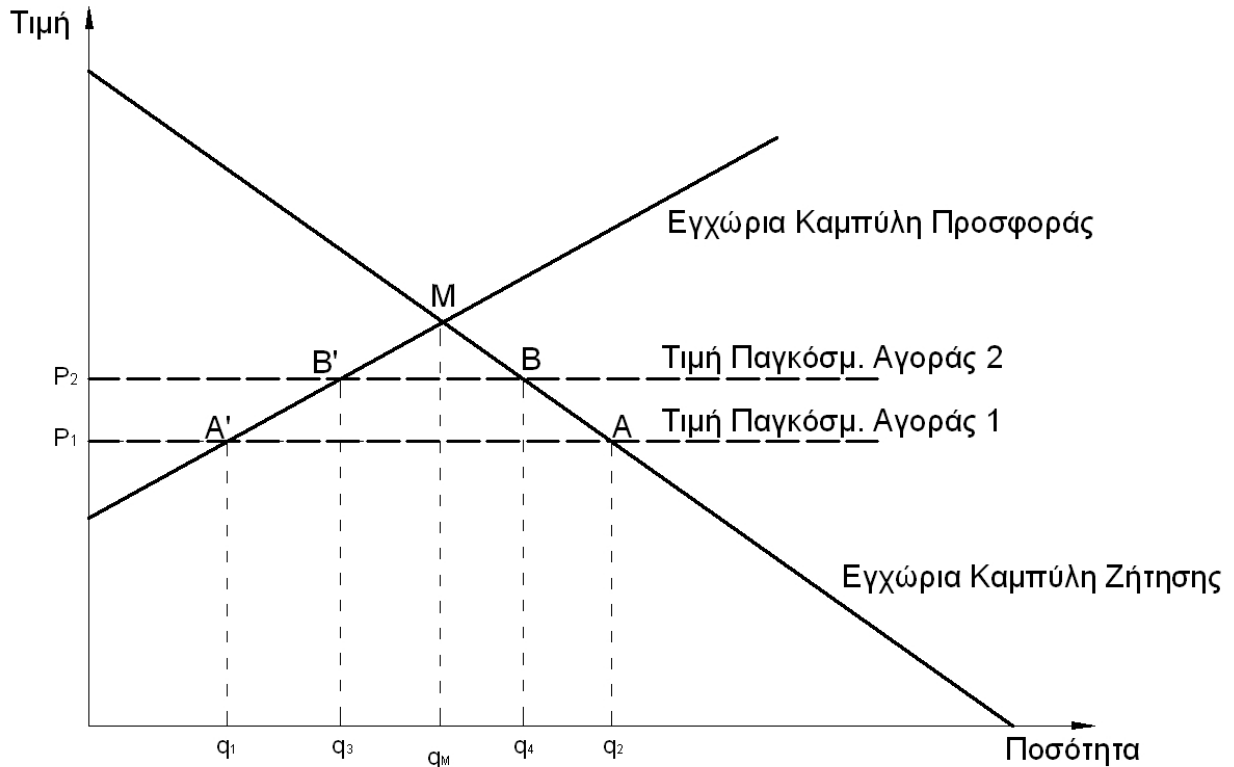
Στη σύγχρονη οικονομία η ενέργεια είναι στρατηγικής σημασίας και γι' αυτό οι μεγάλες εισαγωγές ενέργειας θέτουν σε κίνδυνο την εθνική οικονομική ασφάλεια μιας χώρας. Η εθνική ασφάλεια είναι καίριας σημασίας και δεν είναι δυνατόν να εξασφαλιστεί στα στενά πλαίσια της αγοράς, αντιθέτως χρειάζεται κρατική παρέμβαση.

Το ζήτημα των εισαγωγών ενέργειας και της εθνικής ασφαλείας παρουσιάζεται στο διάγραμμα 4.7. Οι δύο συνεχείς γραμμές στο διάγραμμα αποτελούν τις εγχώριες καμπύλες ζήτησης και προσφοράς, ενώ η διακεκομμένη αποτελεί την τιμή της παγκόσμιας αγοράς για τη συγκεκριμένη χώρα. Η χώρα αυτή επειδή είναι μικρή, λαμβάνει την τιμή της παγκόσμιας αγοράς ως δεδομένη. Το σημείο ισορροπίας της αγοράς είναι το Α, όπου ζητείται ποσότητα q_2 . Η ζητούμενη ποσότητα q_2 καλύπτεται με ποσότητα q_1 από την εγχώρια παραγωγή και με ποσότητα $(q_2 - q_1)$ από εισαγωγές. Σε περίπτωση εμπάργκο, η αγορά ισορροπεί στο σημείο Α' και σε ποσότητα q_1 που καλύπτεται από την εγχώρια παραγωγή. Βραχυχρόνια, η παραγωγή δεν είναι δυνατόν να προσαρμοστεί στο επίπεδο q_M , το οποίο αποτελεί τη νέα ισορροπία. Θα δημιουργηθούν προβλήματα στην ομαλή λειτουργία της οικονομίας και της αγοράς όλων των κλάδων, αφού απότομα δεν θα είναι διαθέσιμη στην αγορά η ποσότητα $(q_2 - q_1)$. Η ισορροπία στο σημείο Μ δεν θεωρείται αποτελεσματική, διότι, δεδομένου ότι δεν έχει ληφθεί υπόψη ο κίνδυνος για την εθνική ασφάλεια ως προς τον εφοδιασμό σε ενέργεια, το σημείο Μ απέχει πολύ από το σημείο Α' και άρα θα χρειαστεί μεγάλος χρόνος προσαρμογής. (Tietenberg, 1997; Βλάχου, 2001)

Ο Tietenberg θεωρεί ότι όταν λαμβάνεται υπόψη το ζήτημα της εθνικής ασφαλείας, η αγορά τείνει κατά κανόνα να καταναλώνει υπερβολικές ποσότητες πετρελαίου και η εγχώρια παραγωγή να είναι υπερβολικά μικρή. Και οι δύο αυτοί παράγοντες ανεβάζουν το επίπεδο των εισαγωγών ευαίσθητων φυσικών πόρων πάνω από εκείνο που θα ήταν οικονομικά αποτελεσματικό. Τι θα συνέβαινε στην περίπτωση επιβολής εμπάργκο; Από μια πρώτη ματιά, θα έλεγε κανείς ότι η κατανάλωση θα ήταν q_1 και θα καλυπτόταν αποκλειστικά από την εγχώρια παραγωγή. Πράγματι, είναι πολύ πιθανό να στηριχθούμε μόνο στο εγχώρια παραγόμενο πετρέλαιο. Η

καταναλισκόμενη όμως ποσότητα θα είναι η q_1 με την τιμή όμως που αντιστοιχεί η q_1 στην εγχώρια καμπύλη ζήτησης (και η οποία θα είναι εξαιρετικά υψηλή).

(Tietenberg, 1997)



Διάγραμμα 4.7 : Η εθνική ασφάλεια από την ενεργειακή εξάρτηση μιας χώρας στην οποία δεν επαρκεί η εγχώρια παραγωγή ενέργειας και αναγκάζεται να εισάγει.
(πηγή: Ίδια επεξεργασία από Βλάχου 2001 και Tietenberg, 1997)

Η Βλάχου (2001) γράφει ότι αν το ενδεχόμενο του εμπάργκο ληφθεί σοβαρά υπόψη από το κράτος αυτό, οι εισαγωγές δημιουργούν ένα πρόσθετο κόστος εθνικής ασφάλειας ύψους $(P_2 - P_1)$, ώστε η καμπύλη τιμής της παγκόσμιας αγοράς μετακινηθεί προς τα πάνω στη τιμή P_2 , όπως φαίνεται στο διάγραμμα 4.7. Η P_2 περιλαμβάνει και ένα ασφάλιστρο $(P_2 - P_1)$ για την ευάλωτη κατάσταση της χώρας λόγω εισαγωγών, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη συνέχεια για χρηματοδότηση στρατηγικών αποθεμάτων ώστε να αντιμετωπιστεί μια μελλοντική πιθανότητα νέας ενεργειακής κρίσης.

Η ισορροπία της αγοράς τώρα επιτυγχάνεται στο σημείο B του διαγράμματος 4.7 όπου ζητείται q_4 ποσότητα ενέργειας. Η ζητούμενη ποσότητα q_4 καλύπτεται με ποσό

q_3 από την εγχώρια παραγωγή και με ποσό ($q_4 - q_3$) από εισαγωγές. Η κατανομή αυτή είναι πολύ καλύτερη από την προηγούμενη περίπτωση αφού οι ποσότητες ενέργειας που εισάγεται δεν είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή που παράγεται στο εσωτερικό. Έτσι, μειώνεται, παράλληλα, και η εξάρτηση του κράτους αυτού από το εξωτερικό. (Βλάχου, 2001; Tietenberg, 1997)

Συνήθη μέτρα για την επίτευξη της ισορροπίας στο σημείο B είναι η επιβολή φόρου επί των εισαγωγών ύψους ($P_2 - P_1$) ανά μονάδα ενέργειας ή η επιβολή ποσοτικών περιορισμών ώστε να εισάγεται ποσότητα ($q_4 - q_3$). Στην περίπτωση φόρων, τα έσοδα Β'ΒΑΑ' τα ιδιοποιείται άμεσα το κράτος, ενώ στην περίπτωση ποσοτικών περιορισμών τα απολαμβάνουν οι εισαγωγείς, και αυτός είναι ο λόγος που συνήθως πιέζουν προς αυτή την κατεύθυνση. Τέλος, προκειμένου να αντιμετωπίσουν δυσχέρειες εφοδιασμού, τα κράτη διατηρούν στρατηγικά αποθέματα προϊόντων πετρελαίου. Μάλιστα, τα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι υποχρεωμένα να διατηρούν ένα ελάχιστο απόθεμα αργού πετρελαίου που να αντιστοιχεί σε 90 ημέρες κατανάλωσης. Αντίστοιχα, οι ΗΠΑ διατηρούν στρατηγικά αποθέματα πετρελαίου που αντιστοιχούν σε 75 ημέρες κατανάλωσης. Λαμβάνοντας υπόψη την τεράστια κατανάλωση πετρελαίου αυτών των κρατών, καταλαβαίνει κανείς πόσο μεγάλα είναι τα στρατηγικά αποθέματα. (Βλάχου, 2001; Tietenberg, 1997)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΠΡΟΟΠΤΙΚΗ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει μια προσπάθεια να εκτιμηθεί η μελλοντική κατανάλωση ενέργειας, με βάση την παγκόσμια οικονομική ανάπτυξη, την αύξηση του πληθυσμού και την υποστήριξη της πολιτικής για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Οι εκτιμήσεις θα αφορούν τη συνολική χρήση ενέργειας στην αρχή, και ξεχωριστά για το κάθε καύσιμο στη συνέχεια. Οι μελλοντικές εκτιμήσεις εμπεριέχουν κινδύνους και αβεβαιότητες ως προς την επιτυχία των προβλέψεων. Τα πραγματικά αποτελέσματα μπορεί να διαφέρουν με βάση διάφορους παράγοντες, όπως οι αναίτιες αυξομειώσεις στις τιμές, η πολιτική σταθερότητα, οι γενικές οικονομικές συνθήκες, οι νομικές και κανονιστικές εξελίξεις, η διαθεσιμότητα των νέων τεχνολογιών, οι δυσμενείς καιρικές συνθήκες, τυχόν πόλεμοι και τρομοκρατικές ενέργειες, και άλλους πιθανούς παράγοντες που δεν μπορούν να προβλεφθούν.

Σημαντικό στοιχείο είναι ότι δεν είναι εύκολο να γίνει κάποια πρόβλεψη της εξέλιξης των τιμών - κόστους της ενέργειας για το μέλλον γιατί, εκτός των άλλων, εξαρτώνται από γεωπολιτικούς παράγοντες που δεν είναι καθόλου προβλέψιμοι.

5.1 Η ΠΡΩΤΗ ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΟ 1950

Οι προβλέψεις για την κατανάλωση πετρελαίου ξεκίνησαν από παλιά. Από τότε απασχολούσε τους ερευνητές το πώς θα εξελιχθεί η διαφαινόμενη από τότε μελλοντική ενεργειακή κρίση.

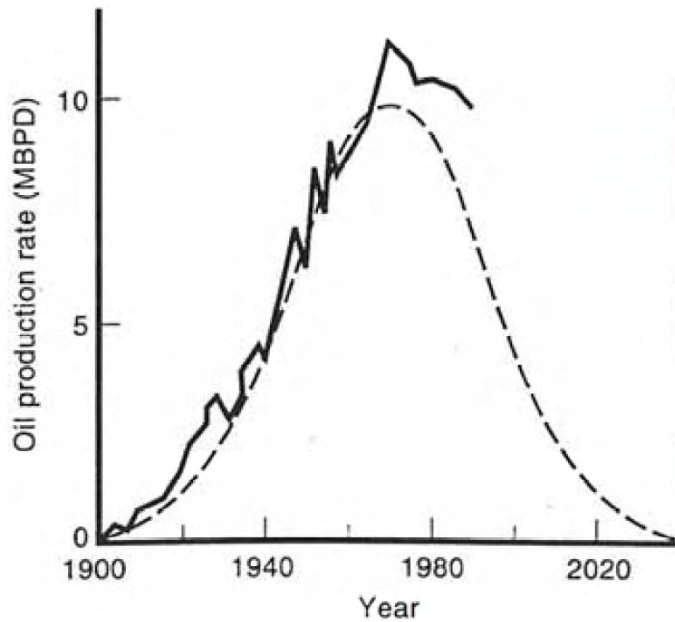
Ο ειδικός του USGS M. King Hubbert απέδειξε στη δεκαετία του 50 ότι η παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου έχει σχήμα καμπάνας, φτάνοντας σε ένα μέγιστο και ύστερα μειώνεται. Για συγκεκριμένα αποθέματα αυτό ισχύει (π.χ. παραγωγή

πετρελαίου ΗΠΑ). Όμως, βελτιώσεις στην τεχνολογία έρευνας και ανάκτησης των καυσίμων έχει ως αποτέλεσμα τα αποθέματα να παραμένουν περίπου σταθερά τα τελευταία 20 χρόνια. Όμως, σιγά-σιγά, τα ορυκτά καύσιμα εξαντλούνται.

Η θεωρία του είχε ως εξής: Ο χρόνος διπλασιασμού της ποσότητας παραγωγής και κατανάλωσης πετρελαίου είναι αντιστρόφως ανάλογος με το ποσοστό αύξησής της. Δηλαδή:

$$\text{Χρόνος διπλασιασμού (έτη)} = \frac{70 \text{ έτη}}{\% \text{ ρυθμός αύξησης}}$$

Από την συνάρτηση αυτή προκύπτει το ακόλουθο διάγραμμα 5.1. Το διάγραμμα μέχρι το 1990 επιβεβαιώθηκε αλλά μετά, ενώ προέβλεπε μείωση της παραγωγής, είχαμε αύξηση.



Διάγραμμα 5.1 : Η πρόβλεψη παραγωγής πετρελαίου στις ΗΠΑ από τον USGS M. King Hubbert (σε εκατομμύρια βαρέλια ημερησίως) (πηγή: Ανδρίτσος 2009)

Από αυτή την προσπάθεια του 1950 συμπεραίνει κανείς ότι η παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας δεν είναι καθόλου εύκολο να περιγραφεί επιτυχώς με μαθηματικά μοντέλα.

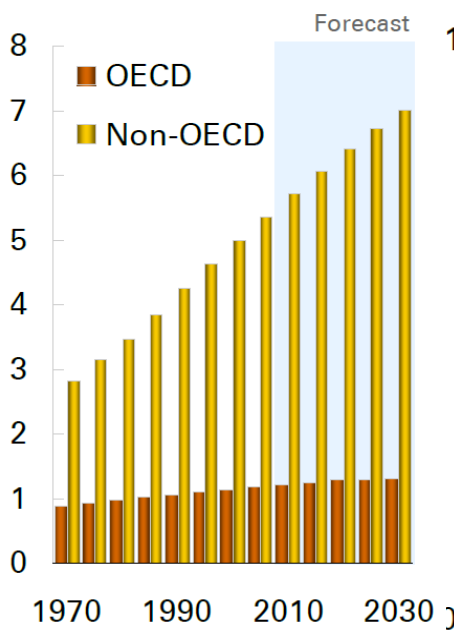
5.2 ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ ΧΡΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

5.2.1 Εξέλιξη Πληθυσμού - ΑΕΠ

Η αύξηση του πληθυσμού και του εισοδήματος είναι οι δύο πιο ισχυρές κινητήριες δυνάμεις πίσω από την ζήτηση για ενέργεια. Από το 1900 ο παγκόσμιος πληθυσμός έχει υπέρ-τετραπλασιαστεί, το πραγματικό εισόδημα έχει αυξηθεί 25 φορές, ενώ η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας 22,5 φορές.

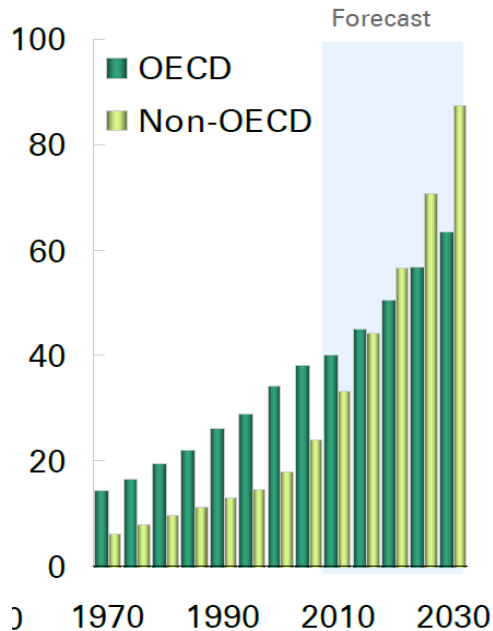
A. ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ

Billion

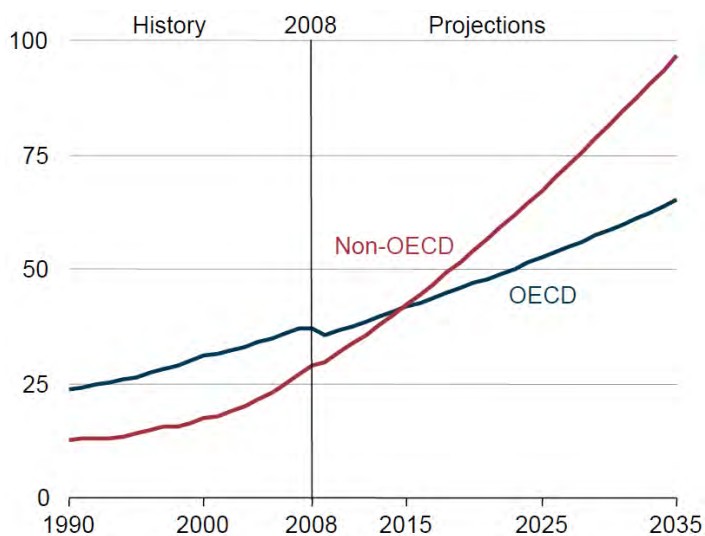


B. ΑΕΠ

Trillion, \$2009 PPP



Διάγραμμα 5.2 : Αναμενόμενη αύξηση πληθυσμού και μεγέθυνση του ΑΕΠ. (πηγή: BP Energy Outlook, 2011)

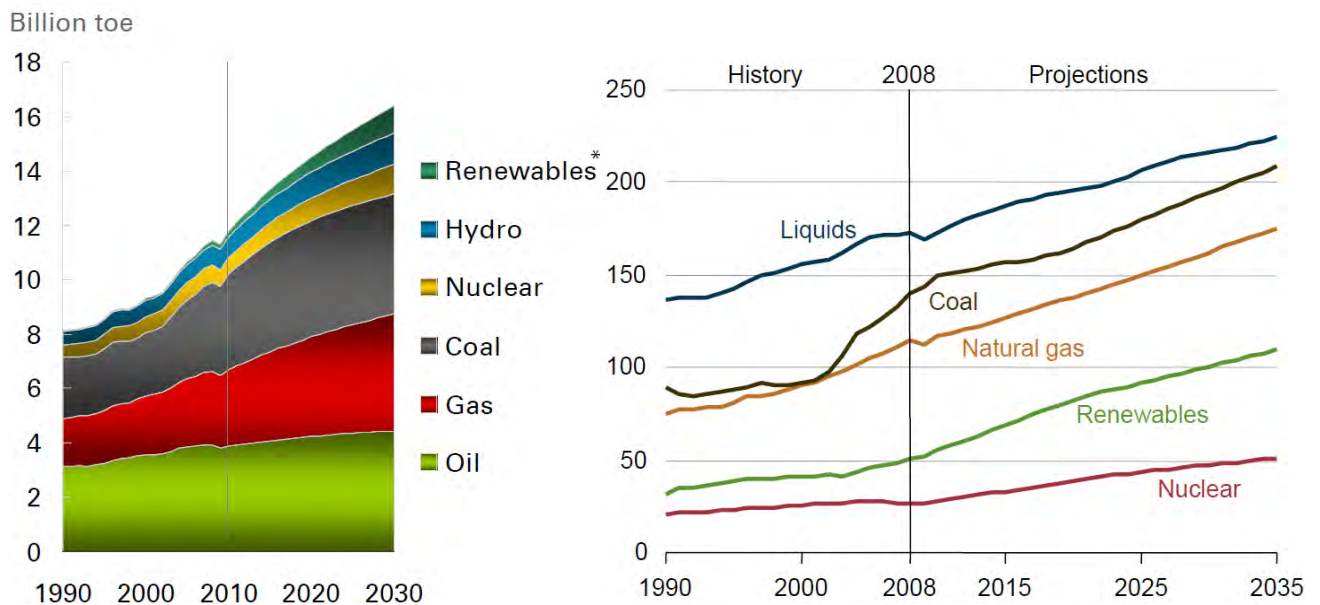


Διάγραμμα 5.3: Μεγέθυνση του ΑΕΠ. (πηγή: Energy Information Administration-EIA 2011)

Κατά τα τελευταία 20 χρόνια ο παγκόσμιος πληθυσμός αυξήθηκε κατά 1,6 δισεκατομμύρια ανθρώπους, και προβλέπεται να αυξηθεί κατά 1,4 δισ. κατά τα επόμενα 20 χρόνια. Πραγματικό εισόδημα του κόσμου έχει αυξηθεί κατά 87% τα τελευταία 20 χρόνια και είναι πιθανό να αυξηθεί κατά 100% τα επόμενα 20 χρόνια.

Σε παγκόσμιο επίπεδο, η σύνδεση της ενέργειας με την οικονομία παραμένει ισχυρή. Με άλλα λόγια, περισσότεροι άνθρωποι με περισσότερο εισόδημα σημαίνει ότι η παραγωγή και η κατανάλωση ενέργειας θα αυξηθεί.

5.2.2 Εξέλιξη Χρήσης Συμβατικών Καυσίμων



Διάγραμμα 5.4 : Παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας

α) σε δισ. TΠΠ (πηγή: *BP Energy Outlook, 2011*)

β) σε BTU x 10¹⁵ (πηγή: *Energy Information Administration-EIA, 2011*)

Σημείωση: 1 βαρέλι πετρελαίου (BBL) ισοδυναμεί περίπου με 5,67 εκατομμύρια BTU
1 TΠΠ ισοδυναμεί περίπου με 41,56 εκατομμύρια BTU και 7,33 BBL

Από το Διάγραμμα 5.4 φαίνεται ότι το μίγμα καυσίμων αλλάζει σχετικά αργά, λόγω της μακράς διάρκειας ζωής των αποθεμάτων, αλλά το φυσικό αέριο και τα μη ορυκτά καύσιμα κερδίζουν συνεχώς μερίδιο σε βάρος του άνθρακα και του πετρελαίου. Η ταχύτερα αναπτυσσόμενη ενέργεια δεν είναι άλλη από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (συμπεριλαμβανομένων των βιοκαυσίμων), οι οποίες αναμένεται να αυξηθούν κατά 8,2% ετησίως την εικοσαετία 2010-30. Μεταξύ των ορυκτών

καυσίμων, η χρήση του φυσικού αερίου αυξάνεται ταχύτερα (2,1% ετησίως), ίσως λόγω του ότι είναι πιο οικολογικό από τα υπόλοιπα.

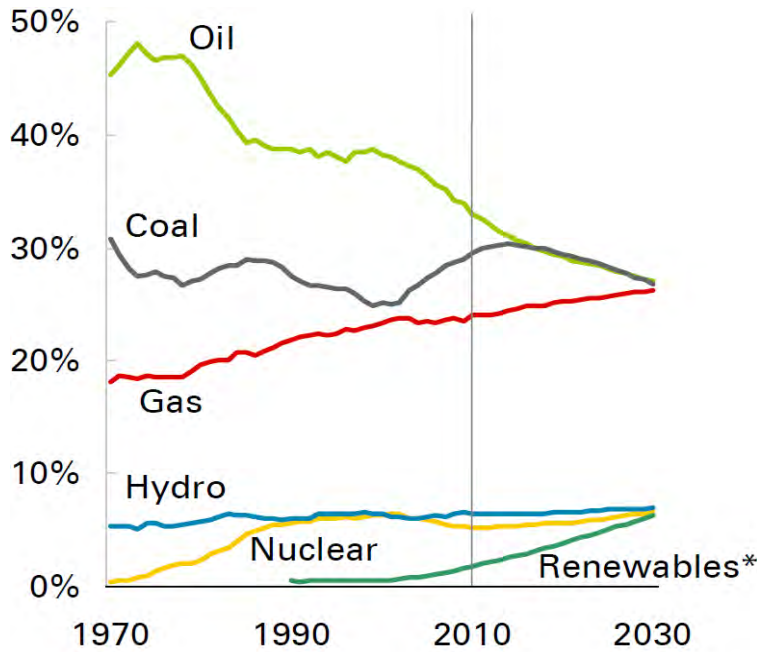
Στο διάγραμμα 5.5 φαίνεται η αναμενόμενη εξέλιξη του ποσοστού χρήσης των διάφορων μορφών ενέργειας μέχρι το 2030. Τα τρία είδη ορυκτών καυσίμων συγκλίνουν ως προς τα μερίδια αγοράς στο 26-27%, ενώ τα κυριότερα μη ορυκτά καύσιμα συγκλίνουν ως προς τα μερίδια αγοράς στο 7% το καθένα.

Το πετρέλαιο εξακολουθεί να υφίσταται μια μακρά ύφεση στο μερίδιό του στην αγορά, ενώ το φυσικό αέριο κερδίζει σταθερά. Τα πρόσφατα κέρδη άνθρακα στο μερίδιο αγοράς, στο πίσω μέρος της ταχείας εκβιομηχάνισης της Κίνας και της Ινδίας, αναμένεται να αντιστραφεί μέχρι το 2030.

Η διαφοροποίηση της συμμετοχής των καυσίμων στην αγορά μπορεί να εξηγηθεί πιο καθαρά από τη συμβολή τους στην αύξηση της ενέργειας. Κατά την περίοδο 1990-2010, τα ορυκτά καύσιμα συνεισέφεραν το 83% της αύξησης της ενέργειας. Μέσα στα επόμενα είκοσι χρόνια, τα ορυκτά καύσιμα αναμένεται να συνεισφέρουν το 64% της αύξησης.

Στο σύνολό τους, η συμβολή όλων των μη ορυκτών καυσίμων για την ανάπτυξη τα επόμενα είκοσι χρόνια (36%) είναι, για πρώτη φορά, μεγαλύτερη από αυτήν του κάθε επιμέρους ορυκτού καυσίμου. Αρκετά ενθαρρυντικό αλλά πολλά ακόμα θα πρέπει να γίνουν ακόμα και τότε.

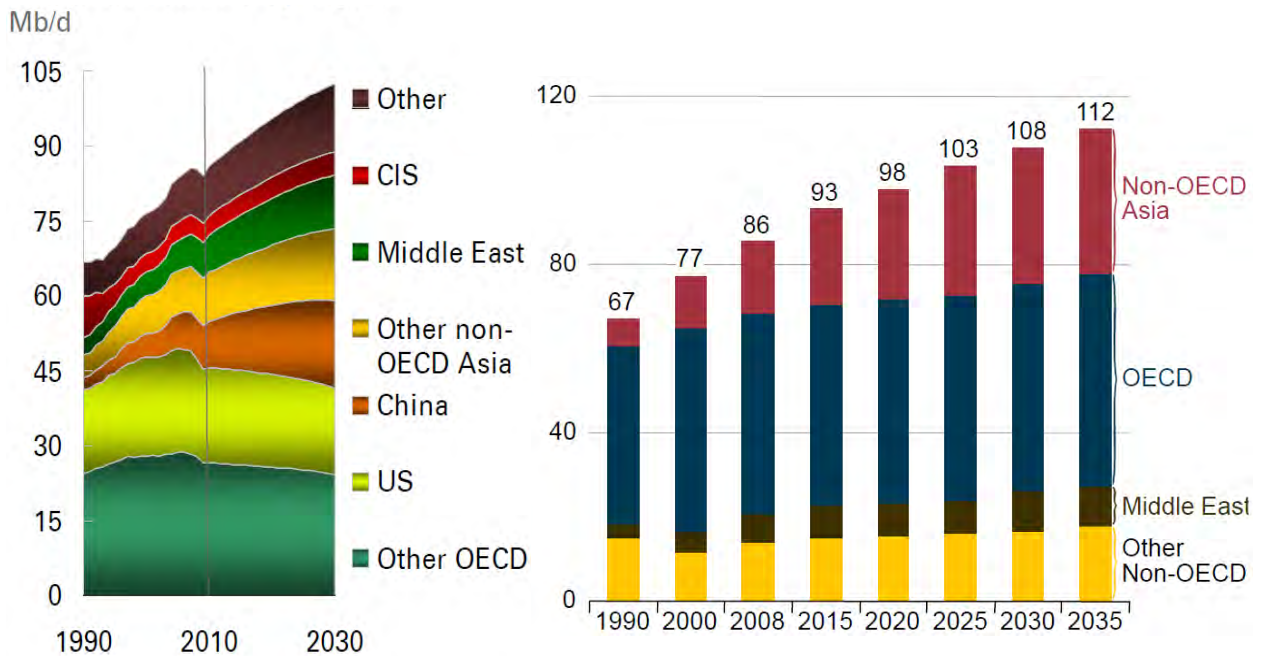
Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (συμπεριλαμβανομένων των βιοκαυσίμων) αντιπροσωπεύουν το 18% της αύξησης της ενέργειας έως το 2030. Ο ρυθμός με τον οποίο τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας διεισδύσουν στην παγκόσμια αγορά ενέργειας είναι παρόμοια με την εμφάνιση της πυρηνικής ενέργειας στη δεκαετία του 1970 και του 1980.



Διάγραμμα 5.5 : Αναμενόμενη εξέλιξη του ποσοστού χρήσης των διάφορων μορφών ενέργειας. (πηγή: BP Energy Outlook, 2011)

Πετρέλαιο

Το πετρέλαιο είναι το κυριότερο καύσιμο της εποχής μας και γι' αυτό οι προβλέψεις για την εξέλιξή του έχουν βαρύνουσα σημασία.



Διάγραμμα 5.7 : Αναμενόμενη εξέλιξη ζήτησης υγρών καυσίμων στις διάφορες περιοχές του κόσμου (σε εκ. βαρέλια ημερησίως)
 α) (πηγή: BP Energy Outlook, 2011)
 β) (πηγή: Energy Information Administration-EIA, 2011)

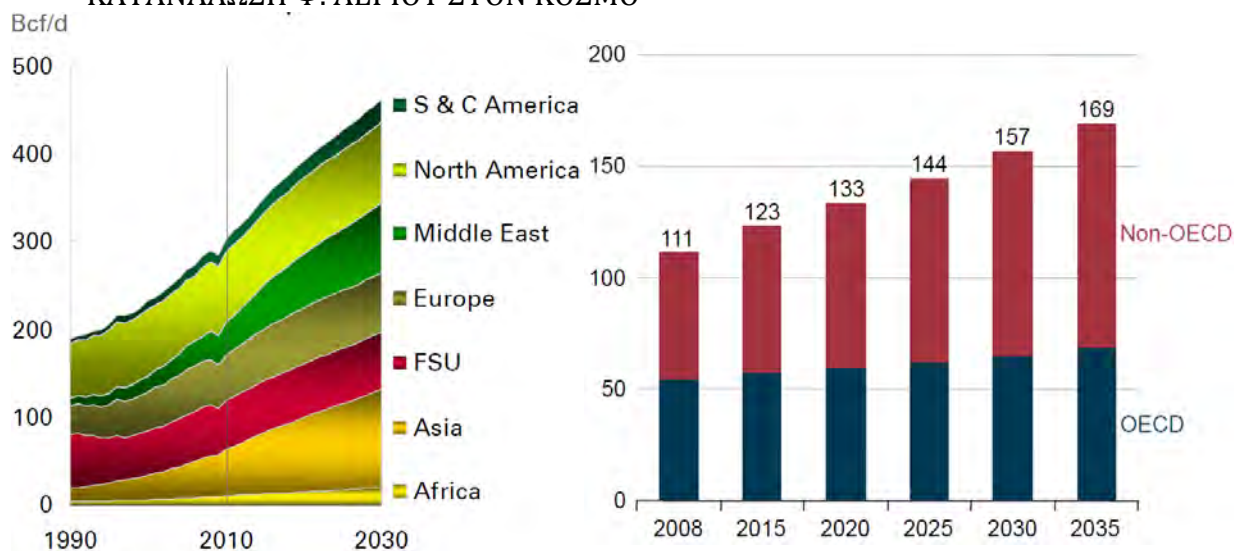
Στο διάγραμμα 5.7 φαίνεται ότι είναι πιθανό η παγκόσμια ζήτηση σε υγρά καύσιμα να υπερβεί τα 100 εκατομμύρια βαρέλια ημερησίως το 2030. Η αύξηση προέρχεται αποκλειστικά από τη ραγδαία μεγέθυνση στις αναπτυσσόμενες οικονομίες εκτός ΟΟΣΑ. Μη μέλη του ΟΟΣΑ στην Ασία αντιπροσωπεύουν περισσότερο από τα τρία τέταρτα της καθαρής παγκόσμιας αύξησης.

Είναι πρωταρχική ανάγκη να αντικατασταθεί το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο, ο άνθρακας και το ουράνιο με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, και όμως πολλές εταιρείες πετρελαίου και ερευνητικά ιδρύματα εξακολουθούν να υποστηρίζουν ότι δεν θα εμφανιστούν ελλείμματα στην προσφορά και κατανάλωση τις επόμενες δεκαετίες. Εναποθέτουν τις ελπίδες τους σε υπεράκτιες, βαθέων υδάτων γεωτρήσεις, σε περιοχές της Αρκτικής αλλά και χρήση μη συμβατικών πηγών πετρελαίου. (Fell, 2009)

Φυσικό Αέριο

Το φυσικό αέριο αναμένεται να είναι το ταχύτερα αναπτυσσόμενο είδος ορυκτών καυσίμων παγκοσμίως έως το 2030. Η παραγωγή του αυξάνεται σε όλες τις περιοχές εκτός της Ευρώπης στην οποία αναμένεται να υπάρχει μια σταθερότητα (διάγραμμα 5.8).

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ Φ. ΑΕΡΙΟΥ ΣΤΟΝ ΚΟΣΜΟ



Διάγραμμα 5.8 : Αναμενόμενη εξέλιξη κατανάλωσης φυσικού αερίου στον κόσμο (σε δισ. κυβικά πόδια ανά μέρα ~ billion cubic feet per day)

α) σε δισ. κυβικά πόδια ανά ημέρα ~ billion cubic feet/day (πηγή: BP Energy Outlook, 2011)

β) σε τισ. κυβικά πόδια ετησίως (πηγή: Energy Information Administration-EIA ,2011)

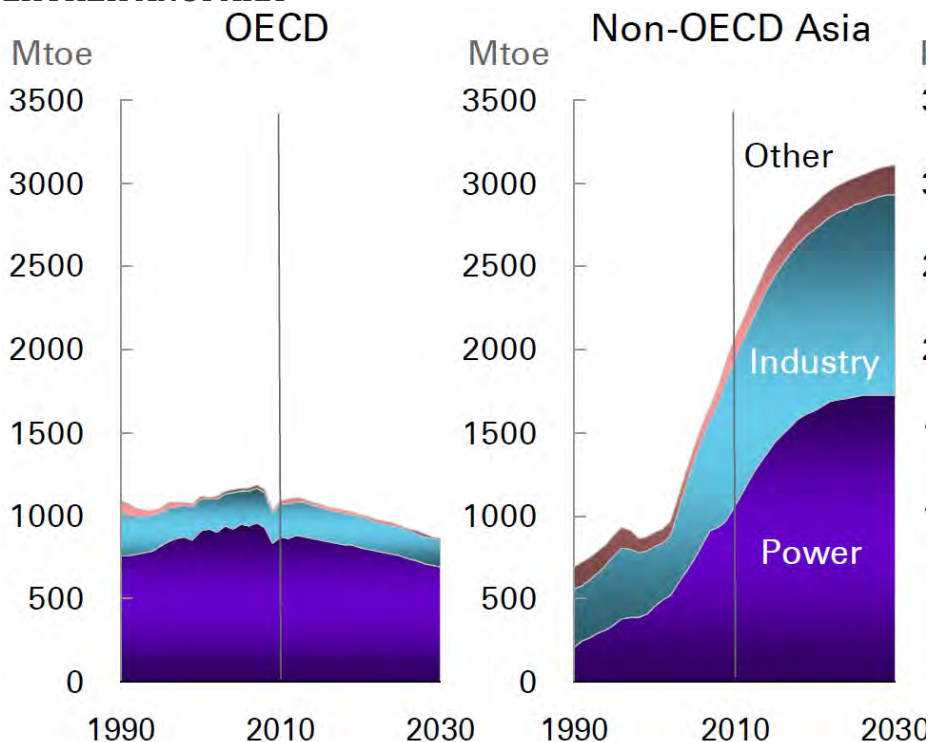
Η Ασία αντιπροσωπεύει το μεγαλύτερο μέρος των προσαυξήσεων της παγκόσμιας παραγωγής και κατανάλωσης αερίου. Η Κίνα οδηγεί το 56% της αύξησης της κατανάλωσης της ευρύτερης περιοχής. Η Μέση Ανατολή έχει τη δεύτερη μεγαλύτερη αναμενόμενη αύξηση στην παραγωγή στον κόσμο και προσαυξήσεις κατανάλωση.

Το φυσικό αέριο όταν χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας έχει τις μισές εκπομπές CO₂ συγκριτικά με τη συμβατική ηλεκτροπαραγωγή με χρήση άνθρακα, έχει, δε, σχεδόν μηδενικές εκπομπές θείου.

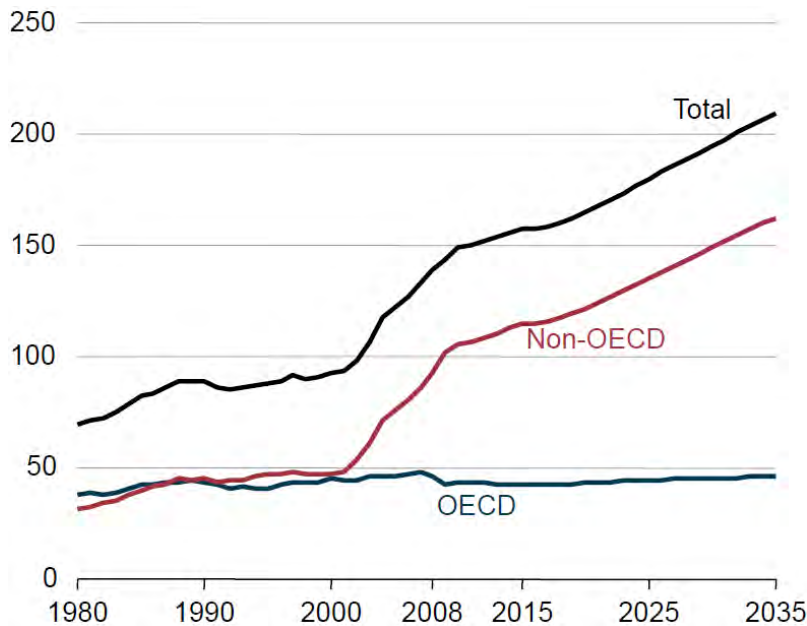
Άνθρακας

Στο διάγραμμα 5.9 φαίνεται ότι η σταδιακή αντικατάσταση του άνθρακα είναι πιθανό να είναι ισχυρότερη στην Ευρώπη, όπου η νομοθεσία είναι πιο αυστηρή. Σε παγκόσμιο επίπεδο, το φυσικό αέριο είναι το ταχύτερα αναπτυσσόμενο ορυκτό καύσιμο.

ΖΗΤΗΣΗ ΑΝΘΡΑΚΑ



Διάγραμμα 5.9 : Αναμενόμενη εξέλιξη ζήτησης άνθρακα ανά τομέα (σε εκ. ΤΙΠ)
(πηγή: *BP Energy Outlook, 2011*)



Διάγραμμα 5.10 : Αναμενόμενη εξέλιξη ζήτησης άνθρακα ανά τομέα (σε τισ. κυβικά πόδια)
(πηγή: *Energy Information Administration - EIA 2011*)

Ο άνθρακας είναι σε ύφεση στις χώρες του ΟΟΣΑ αλλά το κακό είναι ότι αντισταθμίζεται από την αύξηση στα μη μέλη του ΟΟΣΑ. Στην Κίνα και την Ινδία η φάση της ραγδαίας ανάπτυξης της κατανάλωσης τελειώνει γύρω στο 2020 σύμφωνα με προβλέψεις από τον κλάδο της οικονομίας. Σε άλλα μέρη του κόσμου εκτός ΟΟΣΑ η χρήση του άνθρακα συνεχίζει να αυξάνεται σταθερά.

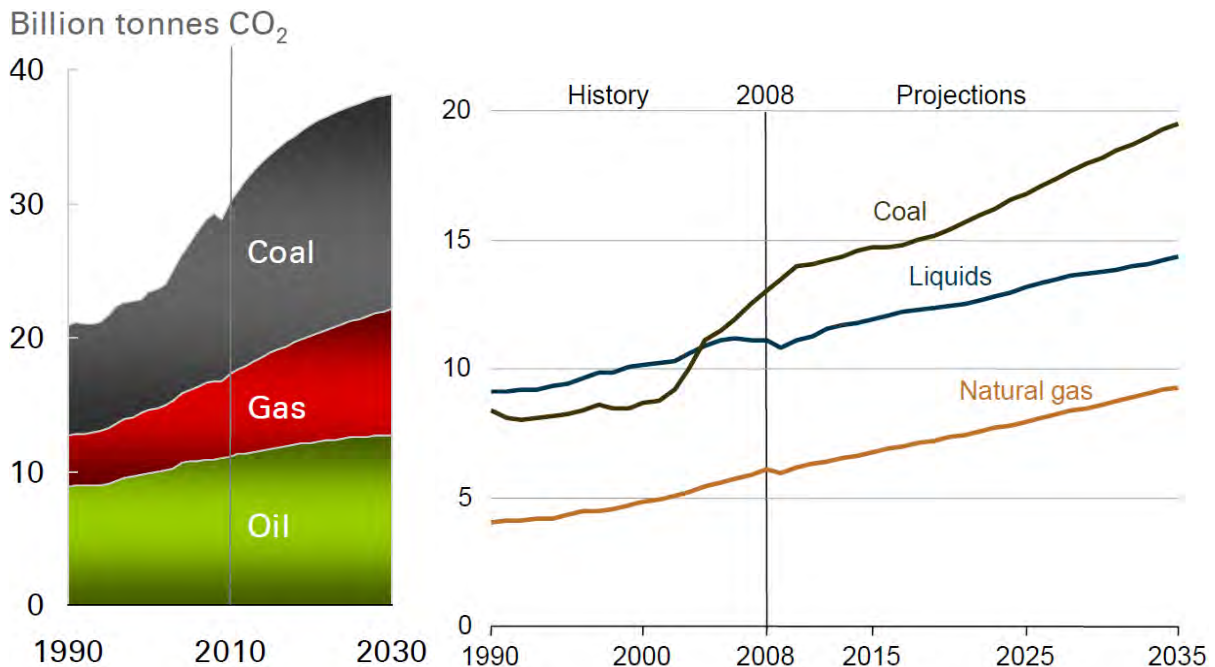
Η χρήση άνθρακα έχει κεντρική σημασία για την πρόσφατη ραγδαία οικονομική ανάπτυξη της Κίνας. Η Κίνα αντιπροσωπεύει το 47% της παγκόσμιας κατανάλωσης άνθρακα σήμερα, και αυτό είναι πιθανό να αυξηθεί σε 53% μέχρι το 2030. Η Κίνα συνεισφέρει στο 80% της αύξησης της ζήτησης άνθρακα στην παγκόσμια αγορά την εικοσαετία 1990-2010, και αναμένεται να αντιπροσωπεύει παρόμοιο ποσοστό της αύξησης μέχρι το 2030.

Υπάρχει μια σαφής αναγνώριση στο εσωτερικό της Κίνας ότι θα πρέπει να απομακρυνθεί από την μεγάλη της εξάρτηση από τον άνθρακα. Τους περιβαλλοντικούς περιορισμούς (τοπική ατμοσφαιρική ρύπανση όσο αφορά την

κλιματική αλλαγή) και το αυξανόμενο κόστος των εγχώριων πόρων άνθρακα αναμένεται να περιορίσει τελικά την φρενήρη κινεζική αύξηση χρήσης άνθρακα.

Σε μέρος της επιστημονικής κοινότητας υπάρχει η παραδοχή ότι ο άνθρακας θα είναι άμεσα διαθέσιμος για τα επόμενα 200 χρόνια. Αυτό όμως δεν είναι αλήθεια. Η EWG (Energy Watch Group) έχει επαληθεύσει ότι μέσα στις επόμενες δεκαετίες θα είναι ήδη αισθητή η έλλειψη προμήθειας άνθρακα. Συχνά, το επιχείρημα είναι ότι ο άνθρακας δεν μπορεί να αντικατασταθεί με λογικό κόστος από ορισμένες αναδυόμενες οικονομίες όπως η Κίνα, ή ότι οι μεγαλύτεροι εξαγωγείς άνθρακα στον κόσμο, όπως η Αυστραλία, έχουν έννομο ενδιαφέρον για τη συνέχιση της χρήσης του άνθρακα. Ο στόχος για σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας χωρίς καύση άνθρακα επιδιώκεται ολοένα και περισσότερο με τη μορφή διαφόρων δεσμευτικών διατάξεων όπως φορολογία ή κανονισμοί. (Hans-Josef Fell, 2009)

5.2.3 Εξέλιξη Εκπομπών Διοξειδίου του Άνθρακα



Διάγραμμα 5.6 : Αναμενόμενη εξέλιξη εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στον κόσμο (σε εκατομμύρια τόνους)

α) (πηγή: *BP Energy Outlook 2011*)

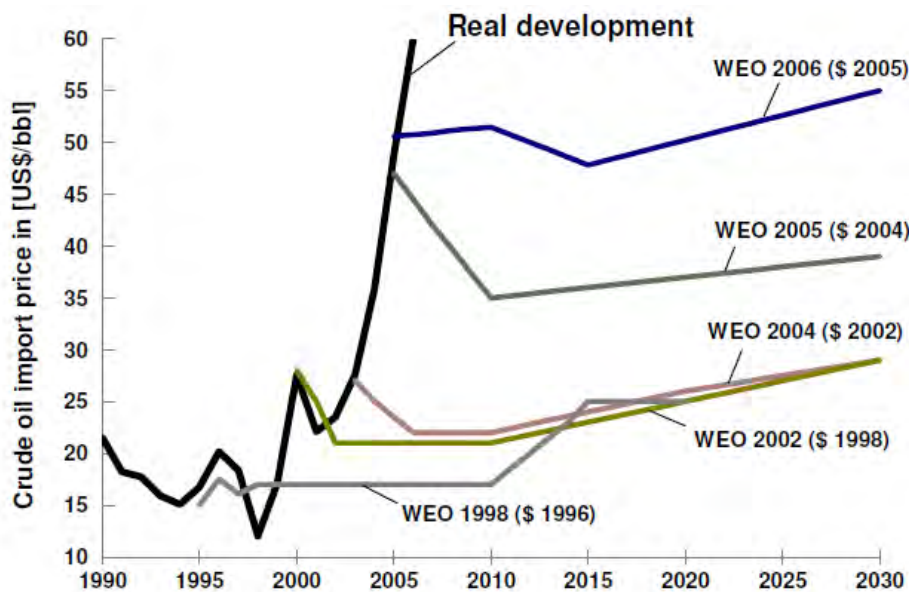
β) (πηγή: *Energy Information Administration-EIA, 2011*)

Οι πολιτικές για τον περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα αναμένεται να γίνουν αυστηρότερες σταδιακά. Έτσι, θα έχουν σημαντικότερο αντίκτυπο στην αύξηση των εκπομπών μέχρι το 2030. Θα αφορούν μάλιστα όλα τα σύγχρονα κράτη.

Ισχυρή αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας, ιδίως του άνθρακα, στα μη μέλη του ΟΟΣΑ, μεταφράζεται σε συνεχή ανάπτυξη των παγκόσμιων εκπομπών CO₂. Η αύξηση των παγκόσμιων εκπομπών CO₂ σε ποσοστό 1,2% ετησίως θα οδηγήσουν τις εκπομπές το 2030 να είναι κατά **27% περίπου υψηλότερες** από ότι σήμερα.

5.2.4 Εξέλιξη Τιμών Πετρελαίου

Σημαντικό στοιχείο που δεν πρέπει να ξεχάσουμε είναι ότι όσοι επιχειρήσαν να προβλέψουν την εξέλιξη της τιμής του πετρελαίου απέτυχαν χαρακτηριστικά, και άρα δεν μπορούμε να εμπιστευτούμε καμία τέτοια πρόβλεψη. Κλασικό παράδειγμα είναι το διάγραμμα του International Energy Agency που ακολουθεί.



Διάγραμμα 5.16 : Η αδυναμία των προβλέψεων στην τιμή του πετρελαίου σε έρευνες του "International Energy Agency". (σε \$/βαρέλι) (πηγή: Schindler et al, 2008)

5.3 ΣΥΝΟΠΤΙΚΕΣ ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ

Οι προβλέψεις που ακολουθούν προέρχονται από τα «BP Energy Outlook 2030» (2011) και «International Energy Outlook» (2011).

Συνολικές προβλέψεις για την παγκόσμια συμμετοχή των επιμέρους καυσίμων

Το παγκόσμιο μίγμα χρήσης ενέργειας συνεχίζει να διαφοροποιείται

- Τα μη ορυκτά καύσιμα θα καλύψουν αρκετά μεγάλο ποσοστό από την αύξηση της χρήσης ενέργειας.
- Η συμβολή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην αύξηση χρήσης της ενέργειας θα αυξηθεί από 5% (1990-2010) σε 18% (2010-2030).
- Ο άνθρακας και το πετρέλαιο χάνουν μερίδιο αγοράς ενώ το φυσικό αέριο είναι το ταχύτερα αναπτυσσόμενο ορυκτό καύσιμο.

Συνολικές προβλέψεις για την ενέργεια και εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα

Η ενεργειακή πολιτική και η βελτίωση της τεχνολογίας αναμένεται να οδηγήσει σε επιβράδυνση του ρυθμού αύξησης των εκπομπών CO₂ από τη χρήση ενέργειας - αλλά όχι αρκετά γρήγορα ώστε να θέσει τον κόσμο σε μια ασφαλή τροχιά μακριά από τις αρνητικές επιδράσεις του άνθρακα.

- Η παγκόσμια αύξηση εκπομπών CO₂ επιβραδύνεται από 1,9% ετησίως το 1990-2010 σε 1,2% ετησίως για το 2010-30. Στις χώρες μέλη του ΟΟΣΑ οι εκπομπές είναι χαμηλότερες το 2030 απ' ό τι το 2010, αλλά η μείωση αυτή αντισταθμίζεται από την αύξηση εκπομπών στα μη μέλη του ΟΟΣΑ.
- Πιο επιθετική πολιτική θα μπορούσε να αναγκάσει τις εκπομπές CO₂ από τη χρήση ενέργειας να αρχίσουν να μειώνονται μετά το 2020. Στις πλουσιότερες χώρες να απαγορευτεί εντελώς η καύση του άνθρακα, και στις αναπτυσσόμενες χώρες να μειωθεί η ένταση χρήσης του.
- Σε παγκόσμιο επίπεδο, τα μεγαλύτερα περιθώρια για μείωση των εκπομπών υπάρχουν στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Συμπεράσματα

Τα συνοπτικά συμπεράσματα που προκύπτουν από την παρούσα εργασία είναι ιδιαίτερα ενδιαφέροντα.

1. Το σημαντικότερο συμπέρασμα είναι, βέβαια, το γεγονός ότι δεν υπάρχει προοπτική ες αεί διατήρησης της χρήσης συμβατικών μορφών ενέργειας και κυρίως των ορυκτών καυσίμων.
2. Το πότε θα συμβεί η πολυσυζητημένη εξάντληση είναι άγνωστο αφού εξαρτάται από παράγοντες όπως η εξέλιξη της τεχνολογίας, η ανακάλυψη νέων κοιτασμάτων, οι γεωπολιτικές εξελίξεις και η εξέλιξη της τιμής του πετρελαίου (κατά κύριο λόγο) και των υπολοίπων ορυκτών καυσίμων.
3. Τυπικά, τα ορυκτά καύσιμα δεν αναμένεται να εξαντληθούν ως ποσότητα, αλλά σιγά-σιγά θα γίνει τελικά οικονομικά ασύμφορη η χρήση τους, μιας και η τιμή τους συνεχώς θα αυξάνεται ανάλογα με την μείωση της ποσότητάς τους.
4. Η πυρηνική ενέργεια για την πλειοψηφία των ερευνητών δεν αποτελεί λύση (αν και υπάρχουν αντικρουόμενες απόψεις), λόγω του ότι είναι ακριβή και κυρίως μη ασφαλής. Ο κόσμος, μετά και το πρόσφατο ατύχημα στην Ιαπωνία το 2011, έχει χάσει την εμπιστοσύνη του στην πυρηνική ενέργεια.
5. Το πετρέλαιο παραμένει μέχρι σήμερα το σημείο αναφοράς για την ενέργεια. Η σημερινή παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας έχει ως εξής: Πετρέλαιο 34%, Άνθρακας 30%, Φ. Αέριο 24%, Υδροηλεκτρική 6%, Πυρηνική ενέργεια 5% και χρήση ΑΠΕ μόλις 1%.

6. Η χρήση άνθρακα συνεχώς αυξάνεται(!), κυρίως λόγω της Κίνας.
7. Η Ευρώπη έχει σοβαρό πρόβλημα ενεργειακής εξάρτησης από το εξωτερικό. Για να απελευθερωθεί από το μονοπώλιο της Μέσης Ανατολής, σύναψε συμφωνίες με Ρωσία και Λιβύη, δημιουργώντας ένα πολυδαίδαλο δίκτυο αγωγών πετρελαίου και φυσικού αερίου.
8. Το ενεργειακό πρόβλημα που αντιμετωπίζουμε σήμερα δεν έχει να κάνει αποκλειστικά με την εξάντληση των ορυκτών καυσίμων. Αφορά επίσης την εξάρτηση των περισσότερων κρατών από τις πετρελαιοπαραγωγές χώρες και τις επιπτώσεις στο περιβάλλον από την χρήση των ορυκτών καυσίμων. Η εξάντληση είναι μελλοντικό πρόβλημα, η εξάρτηση των κρατών, δε, και η επιβάρυνση του περιβάλλοντος είναι σημερινά προβλήματα.
9. Παρ' όλη τη δυναμική που έχει αναπτυχθεί στην Ευρώπη και παγκοσμίως με τη χρήση των ΑΠΕ για αντικατάσταση των συμβατικών μορφών ενέργειας, η χρήση των ορυκτών καυσίμων μειώνεται μόνο ως ποσοστό επί του συνόλου και όχι ως ποσότητα. Μάλιστα αναμένεται και στο μέλλον να αυξηθεί η ποσότητα των ορυκτών καυσίμων που καταναλώνεται λόγω της αύξησης του πληθυσμού και του βιοτικού επιπέδου των αναπτυσσόμενων χωρών.
10. Η εξέλιξη της τιμής του πετρελαίου δεν είναι δυνατόν να προβλεφτεί. Εξαρτάται από μονοπωλιακούς και συντεχνιακούς κανόνες της αγοράς, ενώ εξαρτάται και από τις πολιτικές αποφάσεις διαφόρων κρατών.
11. Είναι γενικά αποδεκτό ότι υπάρχουν δύο καρτέλ στην ενέργεια σήμερα: Το ένα είναι οι πολυεθνικές (οι γνωστοί πετρελαϊκοί κολοσσοί) και το άλλο είναι οι χώρες του ΟΠΕΚ (Οργανισμός πετρελαιοπαραγωγών και εξαγωγικών κρατών). Αυτά τα δύο καρτέλ επηρεάζουν την τιμή του πετρελαίου.

Προτάσεις

Με βάσει τα δεδομένα που αναλύθηκαν στην παρούσα εργασία, προκύπτει ότι μπορούν να γίνουν κάποιες κινήσεις οι οποίες θα αμβλύνουν το πρόβλημα:

1. Θα πρέπει να γίνουν στρατηγικές ενεργειακές συμφωνίες μεταξύ των χωρών που καταναλώνουν και αυτών που παράγουν το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο έτσι ώστε να παραμένει σταθερή η τιμή τους και να μην αυξομειώνεται τεχνητά από συμφέροντα, θέτοντας σε κίνδυνο την αρμονική λειτουργία της αγοράς και της οικονομίας.
2. Σε αυτό θα βοηθούσε η ύπαρξη μιας ανεξάρτητης επιτροπής ελέγχου (ίσως στη δικαιοδοσία του ΟΗΕ) η οποία θα έθετε περιορισμούς στην ανεξέλεγκτη και αναίτια αύξηση της τιμής των ορυκτών καυσίμων.
3. Το πιο οικολογικό καύσιμο είναι το φυσικό αέριο και άρα θα πρέπει να δοθούν κίνητρα για να χρησιμοποιείται όσο περισσότερο γίνεται, έναντι των υπολοίπων.
4. Η βραχυπρόθεσμη λύση στο ενεργειακό πρόβλημα είναι τα μέτρα ενεργειακής πολιτικής, όπως οι φόροι ενέργειας, κυρίως για τη δραστική μείωση της χρήσης του άνθρακα, ο οποίος είναι ιδιαίτερα επιβαρυντικός για το περιβάλλον. Αυτό θα πρέπει να γίνει συντονισμένα από όλα τα κράτη του κόσμου.
5. Η μεσοπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη λύση είναι η παραγωγή υποκατάστατων των ορυκτών καυσίμων, όπως πχ τα βιοκαύσιμα αντί του πετρελαίου και οι ΑΠΕ για παραγωγή ηλεκτρισμού.
6. Η ανακάλυψη νέων κοιτασμάτων και η βελτίωση της τεχνολογίας απλά καθυστερεί την αναπόφευκτη εξάντληση των ορυκτών καυσίμων. Η πολιτική των περισσότερων κρατών του κόσμου είναι της λογικής «βλέποντας και κάνοντας». Πρέπει, λοιπόν, να γίνει μια παγκόσμια συντονισμένη προσπάθεια λύσης του προβλήματος από τώρα, και όχι να αναγκαστεί ο κόσμος την τελευταία στιγμή να πάρει έκτακτα μέτρα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική

1. Ανδρίτσος Νικόλαος, Πρακτικά σεμιναρίου εκπαίδευσης ενεργειακών επιθεωρητών κτιρίων, 1^η ενότητα: Κοινό θεωρητικό υπόβαθρο, διοργάνωση ΤΕΕ & ΚΕΤΕΑΘ, Λάρισα, 29/10/2009 – 06/11/2009
2. Βλάχου Ανδριάννα, Περιβάλλον και Φυσικοί πόροι. Οικονομική θεωρία και πολιτική, τόμος Α', εκδόσεις Κριτική, Αθήνα, 2001
3. Κάπρος Π., Βασικοί Δείκτες ενός Ενεργειακού Συστήματος, Σημειώσεις Ενεργειακής Οικονομίας, ΣΗΜΜΗΥ, 2006
4. Κούγκολος Αθανάσιος, “Εισαγωγή στην περιβαλλοντική μηχανική”, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη 2007
5. Κώτης Χ. Γεώργιος, «Οικολογία και Οικονομία», εκδόσεις Παπαζήση, Αθήνα 1994

Ξένη

6. BP Report, British Petroleum, “Statistical Review of World Energy Full Report 2011”, London, June 2011.
7. British Petroleum, “Energy Outlook 2030”, London, 2011.
8. Camp G. William, Daugherty B. Thomas, “Managing our Natural Resources 3rd edition”, ελληνική έκδοση “Διαχείριση και προστασία Φυσικών Πόρων” από εκδόσεις «ΙΩΝ», 1997
9. Castillon A. David, “Conservation of Natural Resources: A Resource Management Approach”, Wm. C. Brown Publishers, USA, 1992

10. Chiras D. Daniel and Reganold P. John, “Natural Resource Conservation: Management for a sustainable future”, 10th edition, Pearson Education, Inc, USA, 2010.
11. Dell R. M. & Rand D. A. J., “Clean Energy”, University of York, RSC, Clean Technology Monographs, UK 2004
12. Droege Peter, “100% Renewable Energy: The Essential Target”, 100% Renewable: Energy Autonomy in Action, published by Earthscan in the UK and USA, 2009.
13. Energy Information Administration U.S. (EIA), International Energy Outlook 2011, USA, 2011
14. Fell Hans-Josef, “The Renewable Imperative: Providing Climate Protection and Energy Security”, 100% Renewable: Energy Autonomy in Action, published by Earthscan in the UK and USA, 2009.
15. Henry J. Glynn, Heinke W. Gary, “Environmental Science and Engineering”, second edition, Prentice-Hall, Pearson Education, New Jersey, 1996.
16. Hinrichs A. Roger & Kleinbach Merlin, “EnergyQ Its Use and the Environment”, Fourth edition, Thomson Books/ Cole, Canada, 2006
17. Jorgenson W. Dale, Peter J. Wilcoxon, “ENERGY, THE ENVIRONMENT, AND ECONOMIC GROWTH”, Handbook of Natural Resource and Energy Economics, vol. III, edited by A. V. Kneese and J.L. Sweeney, Elsevier Science Publishers B. V., 1993
18. Kolstad D. Charles, Krautkraemer A. Jeffrey , “NATURAL RESOURCE USE AND THE ENVIRONMENT”, Handbook of Natural Resource and Energy Economics, vol. III, edited by A. V. Kneese and J.L. Sweeney, Elsevier Science Publishers B. V., 1993

19. Lechtenböhrer Stefan, “Paths to a Fossil CO₂-free Munich”, 100% Renewable: Energy Autonomy in Action, published by Earthscan in the UK and USA, 2009.

20. Mather A.S. & Chapman K., “Environmental Resources”, Longman Group Limited, 1-46, 136-162, first published 1995, reprinted 1997

21. Moser Peter, Kucharczak Lioba and Hoppenbrock Cord, “How to Achieve Renewable Energy Regions and Advance Sustainable Development: Integrated Models and Processes in Germany.”, 100% Renewable: Energy Autonomy in Action, published by Earthscan in the UK and USA, 2009.

22. Schindler, J. and Zittel, W. “Crude oil: The supply outlook”, Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH, Energy Watch Group / Ludwig-Boelkow-Foundation, Munich, 2008

23. Teece J. David, Sunding David, Mosakowski Elaine, “NATURAL RESOURCE CARTELS”, Handbook of Natural Resource and Energy Economics, vol. III, edited by A. V Kneese and J.L. Sweeney, Elsevier Science Publishers B. V., 1993

24. Tietenberg Tom, “Environmental and Natural Resource Economics”, first published by Harper College Publishers 1996, ελληνική μετάφραση από τον Παύλο Γρεβενίτη και ελληνική έκδοση από Gutenberg, 1997 (ανατύπωση 2002).

25. Toman A. Michael, “THE ECONOMICS OF ENERGY SECURITY: THEORY, EVIDENCE, POLICY”, Handbook of Natural Resource and Energy Economics, vol. III, edited by A. V Kneese and J.L. Sweeney, Elsevier Science Publishers B. V., 1993

26. Weston J. Fred, "The Exxon-Mobil Merger: An Archetype", Forthcoming Journal of Applied Finance, Financial Management Association, The Anderson School at UCLA, University of California, Los Angeles February 26, 2002.

27. World Energy Outlook (WEO) 2008, "International Energy Agency", 2008. (<http://www.iea.org/>)

Διαδίκτυο

1. Energy Through History

<http://library.thinkquest.org/20331/history/mideast.html>

2. Chemist.gr, η σελίδα των χημικών, <http://www.chemist.gr/2011/03/4964/>

3. Energy Watch Group <http://www.energywatchgroup.org>

4. Τζιανουδάκης Λεωνίδα (Κεφ3) <http://www.chemView.gr>

5. http://www.chemview.gr/index.php?option=com_k2&view=item&id=993

6. <http://www.cie.org.cy/sxoliko.html#menu5-1>

7. US Census Bureau <http://2010.census.gov/2010census/>

Εικόνες

Εξώφυλλο: 1. BP statistical_review_of_world_energy_full_report_2011_Page_07
2. BP statistical_review_of_world_energy_full_report_2011_Page_06
3. http://logdigi.com/client/product_info.php?products_id=50

Εικόνα 1.1: Εξόρυξη γαιάνθρακα

Πηγή: BP statistical_review_of_world_energy_full_report_2011

Εικόνα 1.2

[http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%93%CE%B1%CE%B9%CE%AC%CE%BD%CE%B8%CF%81%CE%B1%CE%BA%CE%B1%CF%82_\(%CE%BA%CE%B1%CF%8D%CF%83%CE%B9%CE%BC%CE%BF\)](http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%93%CE%B1%CE%B9%CE%AC%CE%BD%CE%B8%CF%81%CE%B1%CE%BA%CE%B1%CF%82_(%CE%BA%CE%B1%CF%8D%CF%83%CE%B9%CE%BC%CE%BF))

Εικόνα 2.1: Πίδακας πετρελαίου από άντληση το 1900.

<http://furcuta.blogspot.com/2009/10/romanian-petroleum-history.html>

Εικόνα 2.3: Εργάτες εταιρίας άντλησης πετρελαίου.

<http://furcuta.blogspot.com/2009/10/romanian-petroleum-history.html>

Εικόνα 2.4: Πύργος άντλησης πετρελαίου.

<http://furcuta.blogspot.com/2009/10/romanian-petroleum-history.html>

Σχήμα 3.1 : Διαδικασία επεξεργασίας αργού πετρελαίου (*Ανδρίτσος, 2009*)

Εικόνα 4.1 : Αγωγοί μεταφοράς φυσικού αερίου που δείχνουν την εξάρτηση της Ευρώπης. *πηγή: BP report, 2011*

Εικόνα 4.2: Εξέλιξη μεθόδων εξόρυξης σε υποθαλάσσια αποθέματα πετρελαίου στην προσπάθεια να αξιοποιηθούν τα πιο δυσπρόσιτα κοιτάσματα.
πηγή: <http://www.cie.org.cy/sxoliko.html#menu5-1>